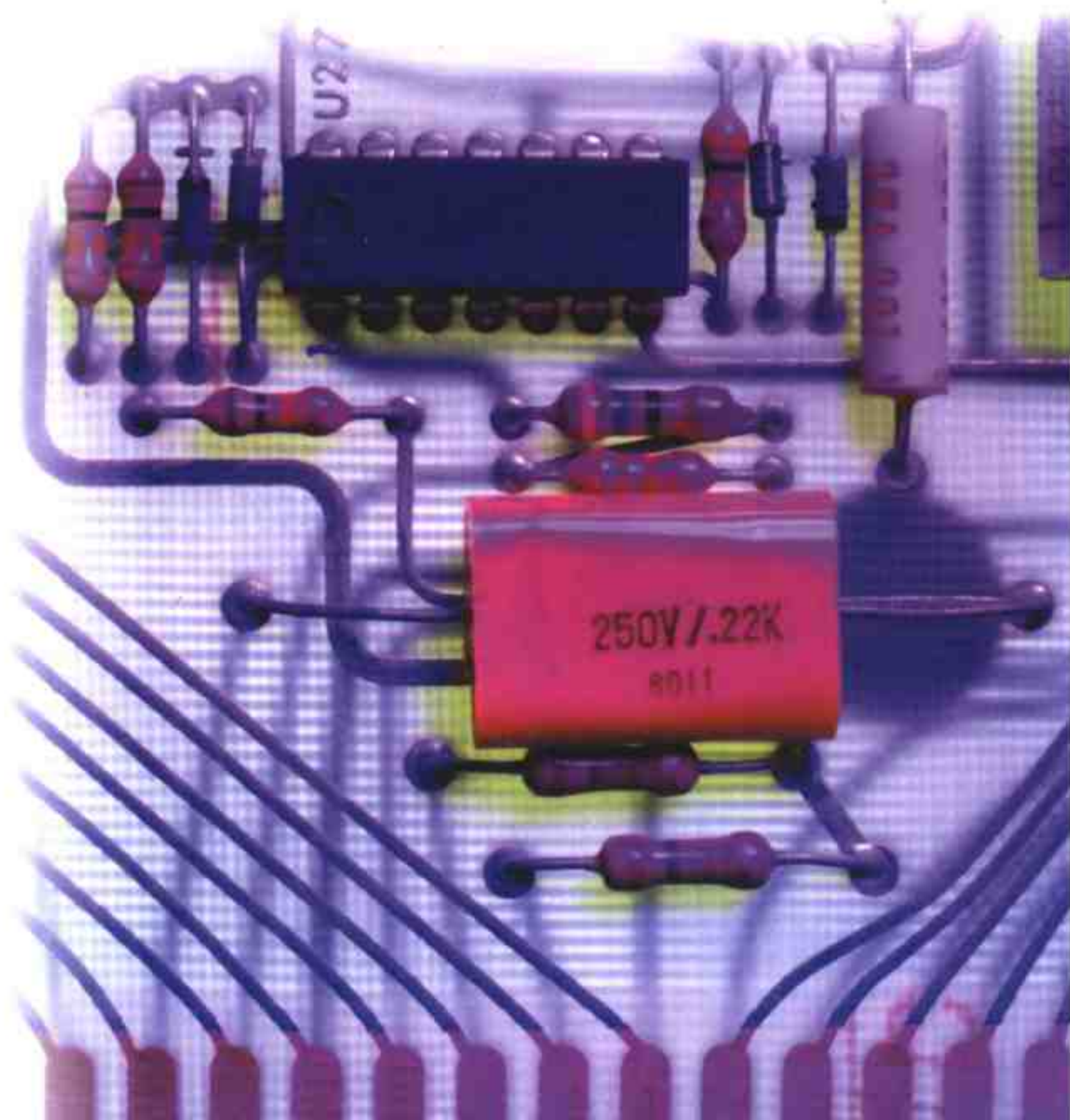


轻松入门系列丛书

集成电路识图

轻松入门

胡斌 编著



集成电路识图

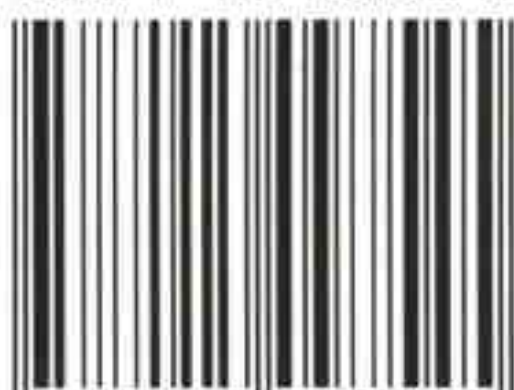
轻松入门

封面设计：王 易

轻松入门系列丛书

- | | | |
|-------|-------------------|--------|
| 09453 | 无线电识图与电路故障分析轻松入门 | 37.00元 |
| 09626 | 无线电元器件检测与修理技术轻松入门 | 33.00元 |
| 09754 | 集成电路识图轻松入门 | 27.00元 |

ISBN 7-115-09754-2



9 787115 097545 >

ISBN7-115-09754-2/TN·1807

定价:27.00元

人民邮电出版社

www.pptph.com.cn

764

764
451

轻松入门系列丛书

集成电路识图轻松入门

胡斌 编著



A0961072

人民邮电出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

集成电路识图轻松入门/胡斌编著. —北京: 人民邮电出版社, 2002.2
(轻松入门系列丛书)

ISBN 7-115-09754-2

I. 集... II. 胡... III. 集成电路 - 识图法 IV. TN4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 090591 号

内 容 提 要

本书是一本介绍集成电路识图的入门读物, 主要内容包括: 集成电路基础知识; 集成电路引脚的作用、识别方法及基本内电路; 集成电路故障检修方法; 音频类常用集成电路工作原理及故障检修; 其他类型集成电路工作原理及电路故障分析。书中通过对各类集成电路典型应用的剖析, 比较详细地叙述了集成电路的原理、引脚识别、性能测试、故障检修、拆装技巧及器件代换等使用知识和技能。

本书内容通俗易懂, 资料丰富, 图文并茂, 适合广大电子爱好者及家用电器维修人员阅读。

轻松入门系列丛书

集成电路识图轻松入门

◆ 编 著 胡 斌
责任编辑 唐素荣

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@pptph.com.cn
网址 <http://www.pptph.com.cn>
读者热线:010-67180876
北京汉魂图文设计有限公司制作
北京朝阳隆昌印刷厂印刷
新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本:787×1092 1/16
印张:20.5
字数:498 千字
印数:1-5 000 册

2002 年 2 月第 1 版

2002 年 2 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-09754-2/TN·1807

定价:27.00 元

本书如有印装质量问题,请与本社联系 电话:(010)67129223

前 言

现代家用电器和各种电子设备的整机电路中大量地使用了集成电路，初次接触集成电路的初学者，对于集成电路的工作原理分析倍感无从下手。如何才能看懂集成电路的电路图，应该从哪些方面去分析集成电路的工作原理，如何检修集成电路故障等等正是初学者在学习集成电路方面的知识时迫切希望了解的。本书正是应这类读者之所急，从怎样看集成电路和如何检修的角度出发，多层次、多角度地讲述了集成电路的识图方法、检修思路和检修方法。

本书共分五章。第一章主要介绍了分析集成电路所需要了解的一些基础知识，这些内容是看懂集成电路电路图和学会集成电路故障检修的“金钥匙”。

第二章详尽讲解了集成电路的常用引脚外电路特征和识图方法，通过学习这部分内容，读者可以初步掌握集成电路的分析方法和具体步骤。

第三章从理论、方法、故障机理、具体操作四个层面对集成电路的故障检修进行多方位、多层面的解说。

第四章全面且系统地讲解了常用的数十种集成电路的工作原理和故障检修思路、方法、步骤，其中包括单声道、双声道音频 OTL、OCL、BTL 功率放大器电路，扬声器电路及其保护电路，调幅收音电路，调频头电路，调频中放及鉴频器电路，立体声解码器电路，电子音量、音调、响度控制集成电路，电平指示器电路，自动选曲电路，动态降噪电路等。

第五章介绍了视频类集成电路、数字集成电路、微控制器集成电路的基础知识和识图方法。

由于本人长期从事基础电子电路的教学工作，书中总结的许多分析集成电路工作原理的方法、记忆经验都是针对教学中广大学生学习中的难点，所以具有很强的针对性和实用性。

本书适合初次接触集成电路分析的零起点无线电爱好者、电子技术产业工人、厂矿企业电工和各类家电培训班学员阅读。

为了广泛收集广大读者对本书的意见和辅导本书读者，本人专设了个人辅导网站，主页网址：go.163.com/gumuju/。网站设有专门为读者服务的文字和语音聊天室、电子爱好者俱乐部，本人将定期上线实时和通过电子邮件解答读者学习中遇到的难点问题，辅导读者阅读本书。欢迎本书读者前来咨询和结交同行朋友。本人 E-mail: WDJKW@163.net，专用 QICQ 号：13535069。

胡斌
于江苏大学

目 录

第一章 集成电路基础知识	1
第一节 集成电路 ABC	1
一、集成电路应用电路识图方法 ABC	1
二、个性简明的外形特征和变化多端的电路符号	3
三、名目繁多的集成电路	7
四、六种常见的故障特征	10
五、检修时用到的相关参数	11
六、集成电路的特点、优点和缺点	12
七、必须牢记的操作注意事项	13
第二节 集成电路型号识别方法	14
一、我国集成电路型号命名方法解读	15
二、进口集成电路型号命名方法	18
第三节 集成电路的常用资料解读	21
一、识图用资料解说	21
二、故障检修用资料解说	23
第二章 集成电路引脚的作用和识别方法与基本内电路	26
第一节 集成电路引脚分布规律及引脚号识别方法	26
一、识别引脚号意义重大	26
二、单列集成电路引脚分布规律及识别秘诀	27
三、双列集成电路引脚分布规律及识别秘诀	29
四、四列集成电路引脚分布规律和识别秘诀	31
五、金属封装集成电路引脚分布规律和识别秘诀	31
六、反向分布集成电路引脚分布规律和识别秘诀	31
第二节 集成电路电源引脚和接地引脚识别秘诀和外电路分析	32
一、分析电源引脚和接地引脚的实用意义	32
二、电源引脚和接地引脚种类	33
三、电源引脚和接地引脚四种电路组合形式及外电路分析	36
四、电源引脚和接地引脚外电路的特征及识图小结	39
第三节 集成电路信号输入引脚和信号输出引脚识别方法和外电路分析	41
一、分析信号输入引脚和信号输出引脚的意义	41
二、信号输入引脚和信号输出引脚的种类	42
三、信号输入引脚外电路特征和识图宝典	45
四、信号输出引脚外电路特征及识图宝典	50

五、集成电路信号输入和信号输出引脚外电路识图小结和信号传输分析	53
第四节 集成电路内电路主要元器件和基础单元电路识图	54
一、集成电路内电路几种主要元器件	54
二、集成电路内电路中最基本单元电路的识图	56
三、恒压源电路识图	58
四、恒流源电路识图	61
五、直流电平移位电路识图	63
六、差分和双差分放大器电路识图	65
第三章 集成电路故障检修方法	78
第一节 检修集成电路故障的常用检查手段和法宝	78
一、操作简单效果奇特的干扰检查法	78
二、专门对付噪声故障的短路检查法	83
三、简单实用功效奇特的参照检查法	86
四、集成电路故障的克星——电压检查法	88
五、检查结果十分准确的电流检查法	94
六、使用频率很高的电阻检查法	97
七、“立竿见影”的示波器检查法	99
八、操作简便的分割检查法	101
九、万能的代替检查法	102
十、全靠“手上功夫”的接触检查法	104
十一、虚焊故障的克星——熔焊处理法	105
第二节 集成电路更换、拆卸操作方法和选配原则	106
一、更换方法	106
二、一般装配条件下集成电路的五种拆卸方法	108
三、扁平封装的集成电路拆装方法	110
四、双层铜箔板上集成电路拆装方法	112
第三节 集成电路常见故障机理及故障检修程序	112
一、电路工作原理分析	112
二、完全无声故障机理和检修程序	122
三、无声故障机理和检修程序	125
四、音频前置放大器集成电路无声故障检修举例	127
五、声音轻故障机理和检修程序	130
六、音频前置放大器集成电路声音轻故障检修举例	134
七、噪声大故障机理和检修程序	136
八、前置放大器集成电路噪声大故障检修举例	137
九、啸叫故障机理和检修程序	138
十、前置放大器集成电路啸叫故障检修举例	140
第四节 集成电路选配原则和修理方法	140

一、集成电路代换方案	140
二、直接代换原则和方法	141
三、改动代换原则和方法	142
四、分立元器件代换原则和方法	142
第四章 音频类常用集成电路工作原理详解及故障检修程序	144
第一节 功率放大器集成电路详解及故障检修程序	144
一、单声道 OTL 功率放大器集成电路工作原理详解	144
二、单声道 OTL 功率放大器集成电路故障检修程序	153
三、双声道 OTL 音频功率放大器集成电路工作原理	156
四、双声道 OTL 音频功率放大器集成电路故障检修	158
五、单声道 OCL 音频功率放大器集成电路工作原理	161
六、单声道 OCL 音频功率放大器集成电路故障检修程序	163
七、BTL 音频功率放大器集成电路工作原理	165
八、BTL 功率放大器集成电路故障检修程序	170
九、扬声器保护电路工作原理解说及故障检修	172
第二节 调幅和调频收音集成电路工作原理解说和故障检修程序	178
一、调幅收音电路工作原理分析	178
二、调幅收音电路故障检修程序	186
三、调频头集成电路 TA7335P 工作原理解说	188
四、调频头集成电路 TA7335P 故障检修程序	191
五、调频中频放大器和鉴频器集成电路 LA1260S 工作原理	193
六、调频中频放大器和鉴频器集成电路 LA1260S 故障检修程序	198
七、立体声解码器集成电路 TA7343P 工作原理	198
八、立体声解码器集成电路 TA7343P 故障检修程序	204
第三节 其他音频类集成电路工作原理解说和故障检修程序	205
一、电子音量控制器集成电路 TA7630P 工作原理	205
二、电子音量控制器集成电路 TA7630P 故障检修程序	209
三、集成电路图示音调控制器工作原理	210
四、音调控制器电路故障检修程序	214
五、集成电路 LED 电平指示器工作原理	216
六、LED 电平指示器电路故障检修程序	221
七、动态降噪集成电路工作原理	223
八、动态降噪集成电路 LM1894 故障检修程序	226
九、选曲集成电路 D7341P 工作原理	227
十、选曲电路故障检修程序	229
第五章 其他类型集成电路工作原理详解及电路故障分析	231
第一节 电视集成电路工作原理详解及电路故障分析	231

一、公共通道集成电路 D7611AP 工作原理	231
二、公共通道电路故障分析	239
三、伴音集成电路 D7176AP 工作原理	240
四、伴音电路故障分析	249
五、扫描集成电路 D7609P 工作原理	250
六、集成电路扫描电路故障分析	257
七、稳压集成电路 KC582C 工作原理	259
八、稳压集成电路 KC582C 电路故障分析	262
第二节 步入数字集成电路天地	263
一、逻辑门电路	263
二、触发器电路	271
三、组合逻辑电路	277
四、时序逻辑电路	280
第三节 微控制器	282
一、微控制器组成	283
二、中央处理单元(CPU)	289
三、微控制器工作过程简介	297
四、微控制器集成电路电源引脚和接地引脚	304
五、多谐振荡器电路和微控制器集成电路外接振荡元件引脚	305
六、微控制器集成电路复位引脚电路	313
七、微控制器集成电路其他引脚	317

集成电路基础知识

电子电路可分为两大类，其一是分立元件电路，这是初学者非常熟悉和常见的电子电路，对这种电子电路往往有一种偏爱，认为电路具体、直观，易于分析。其二是集成电路，初学者对集成电路有一种神秘感，只见到集成电路的一个个方框(集成电路的电路符号)，不见其内部的具体电路，于是认为分析集成电路相当困难和无从下手。其实，这是认识上的误区。不论是电子电路系统的分析，还是电路故障的分析与检修，在同等功能的情况下，集成电路构成的电子电路要比分立元件电路简便得多。

在信息化时代的今天，各种电子电器无不大量地使用集成电路构成形形色色的电路系统，且新的、功能更强大的集成电路层出不穷，学习电子电路就必须掌握关于集成电路的方方面面的知识。

第一节 集成电路 ABC

集成电路是相对分立元器件而言的。将一些分立元器件、连接导线通过一定的工艺集中制作在陶瓷、玻璃或半导体基片上，再将整个电路封装起来，成为一个能够完成某一特定电路功能的整体，这就是集成电路。

一、集成电路应用电路识图方法 ABC

在无线电设备中，集成电路的应用日益广泛，对集成电路应用电路的识图也就成为电路分析中的一个重点。

1. 集成电路应用电路图的功能

集成电路应用电路图具有下列一些功能。

(1) 它表达了集成电路各引脚外电路结构、元器件参数等，从而表示了某一集成电路的完整工作情况。

(2) 有些集成电路的应用电路，画出了集成电路的内电路方框图，对分析集成电路应用电路是相当方便的，但这种表示方式并不多。

(3) 集成电路应用电路有典型应用电路和实用电路两种，前者在集成电路手册中可以查到，后者出现在实际电路中，这两种应用电路相差不大，根据这一特点，在没有实际应用电路时，可以用典型应用电路图作参考，这一方法在修理中常常采用。

(4) 一般情况集成电路应用电路表达了一个完整的单元电路，或一个电路系统，但有些情况下一个完整的电路系统要用到两个或更多的集成电路。

2. 集成电路应用电路特点

集成电路应用电路图具有下列一些特点。

(1) 大部分应用电路不给出集成电路内电路方框图，这对识图不利，给初学者进行电路分析时带来很大困难。

(2) 初学者分析集成电路的应用电路比分析分立元件电路难度更大，这是对集成电路内部电路不了解的缘故。实际上在入门以后，会感到识图也好、修理也好，集成电路比分立元件电路更为方便。

(3) 在分析集成电路应用电路时，大致了解集成电路内部电路和详细了解各引脚作用后，识图是比较方便的。因为同类型集成电路具有规律性，在掌握了它们的共性后，就可以方便地分析许多同功能不同型号的集成电路应用电路。

3. 集成电路应用电路识图方法和注意事项

分析集成电路的方法和注意事项主要有以下几点。

(1) 了解各引脚的作用是识图的关键

了解各引脚的作用可以查阅有关集成电路应用手册。知道了各引脚作用之后，分析各引脚外电路工作原理和元器件的作用就方便了。例如：知道①脚是输入引脚，那么与①脚所串联的电容就是输入端耦合电路，与①脚相连的电路则是输入电路。

(2) 了解集成电路各引脚作用的三种方法

了解集成电路各引脚作用有三种方法：一是查阅有关资料；二是根据集成电路的内电路方框图进行分析；三是根据集成电路应用电路中各引脚外电路的特征进行分析。第三种方法要求读者有比较好的电路分析基础。

(3) 电路分析的步骤

集成电路应用电路分析可以大致分为以下步骤。

a. 直流电路分析。这一步主要是进行电源和接地引脚外电路的分析。需要注意，若电源引脚有多个时要分清这几个电源之间的关系。例如，是否是前级、后级电路的电源引脚，或是左右声道的电源引脚；对多个接地引脚也要这样分清。分清多个电源引脚和接地引脚，对修理工作是十分有用的。

b. 信号传输分析：这一步主要分析信号输入引脚和输出引脚的外电路。当集成电路有多个输入、输出引脚时，要搞清楚是前级还是后级电路的输入、输出引脚；对于双声道电路还应分清左、右声道的输入和输出引脚。

c. 其他引脚外电路的分析。例如找出负反馈引脚、消振引脚等，这一步的分析是最困难的，对初学者而言要借助于引脚作用资料或内电路方框图。

d. 有了一定的识图能力后，要学会总结各种功能集成电路引脚外电路的规律，并要掌

握这种规律，这对提高识图速度是很有用的。例如，输入引脚外电路的规律是：通过一个耦合电容或一个耦合电路与前级电路的输出端相连；输出引脚外电路的规律是：通过一个耦合电路与后级电路的输入端相连。

e. 分析集成电路内电路对信号放大、处理过程时，最好查阅该集成电路内电路的方框图。分析内电路方框图时，可以通过信号传输线路中的箭头指示，知道信号经过了哪些电路的放大或处理，最后信号从哪个引脚输出。

f. 了解集成电路的一些关键测试点和引脚直流电压规律对检修电路是十分有用的。例如，OTL 电路输出端的直流电压等于集成电路直流工作电压的一半；OCL 电路输出端的直流电压等于 0V；BTL 电路两个输出端的直流电压是相等的，单电源供电时等于直流工作电压的一半，双电源供电时等于 0V。当集成电路两个引脚之间接有电阻时，该电阻将影响这两个引脚上的直流电压；当两个引脚之间接有线圈时，这两个引脚的直流电压是相等的，如不相等必定是线圈开路了；当两个引脚之间接有电容或接 RC 串联电路时，这两个引脚的直流电压肯定不相等，若相等说明该电容已经击穿。

g. 一般情况下不必要去分析集成电路内电路的工作原理。

二、个性简明的外形特征和变化多端的电路符号

1. 外形特征

集成电路的外形识别比较简单，它的外形比其他电子元器件更有特点，如图 1-1 所示是

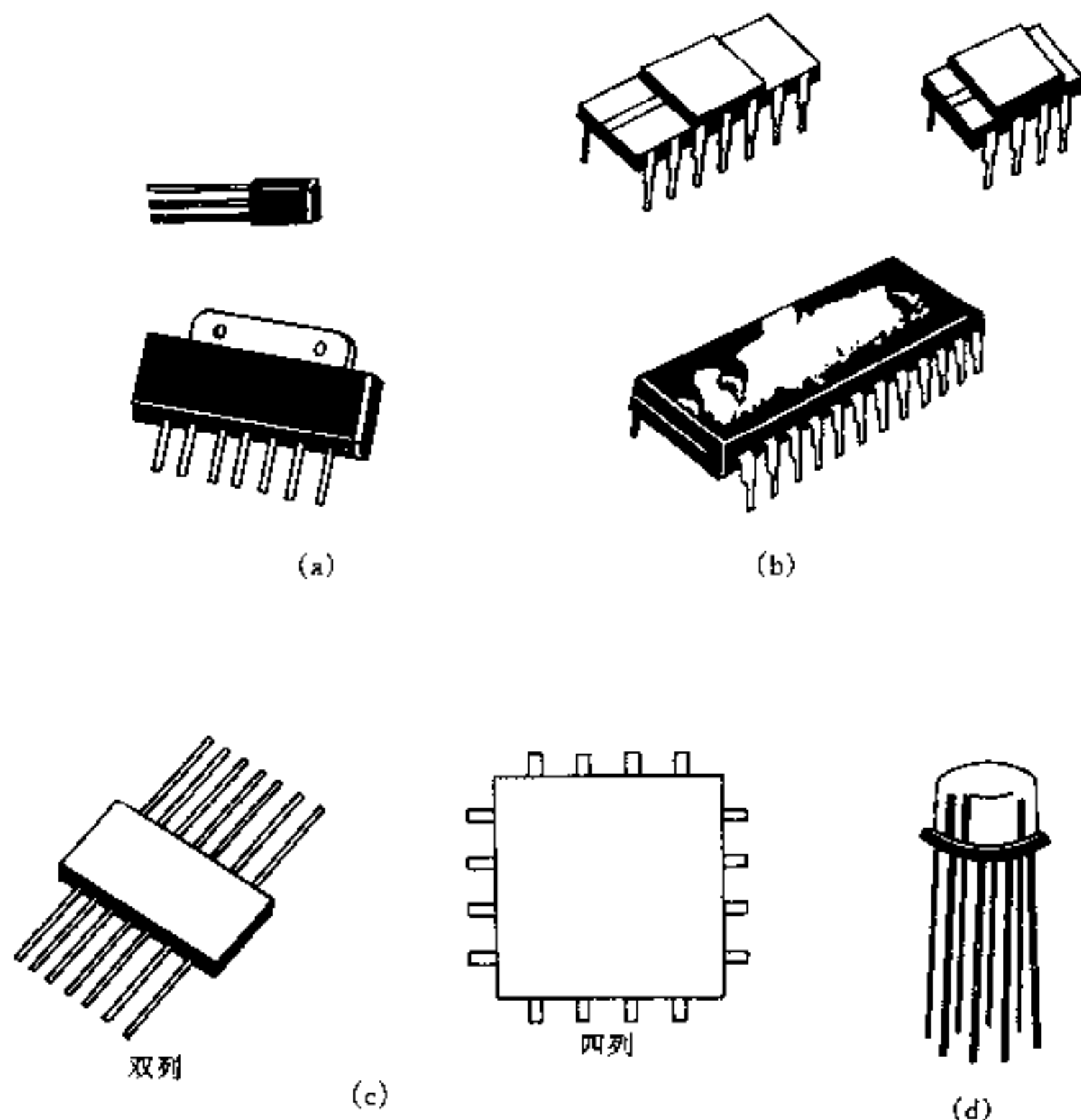


图 1-1 几种集成电路外形示意图

几种常用集成电路的外形示意图。图 1-1 (a) 是单列的集成电路，所谓单列是指集成电路的引脚只有一列(单列集成电路的外形还有许多种)；图 1-1 (b) 是双列直插的集成电路，它的引脚分成两列对称排列，双列集成电路产品最为常见；图 1-1 (c) 是双列和四列扁平封装的集成电路。四列扁平封装引脚分成四列对称排列，每一列的引脚数目相等，集成度高的集成电路、贴片式集成电路和数字集成电路常采用这种引脚排列方式；图 1-1 (d) 是金属外壳的集成电路，它的引脚分布呈圆形，现在这种集成电路已较少见到。

关于集成电路的外形特征需要说明以下几点。

(1) 集成电路的引脚为金属导体材料，引脚很细，长度仅为几毫米，贴片式集成电路的引脚更短。除了金属封装的集成电路引脚是呈圆形外，其他集成电路的引脚都是呈很薄的扁平状。

(2) 集成电路装在线路板上一般有两种形式：一是常见的把集成电路装在线路板元器件一面，引脚穿过线路板，引脚焊点在铜箔线路一面；二是集成电路本身就装在线路板的铜箔线路一面，引脚焊点也在铜箔线路一面。

(3) 引脚数量最少的集成电路只有 3 根引脚。集成电路的引脚一般比较多，且引脚均布，集成度愈高、功能愈完善的集成电路，其引脚数量愈多。

(4) 集成电路一般是长方形的或方块形的，比较薄，最常见的集成电路是黑色塑料封装形式的。

(5) 有的集成电路还带有金属的散热片，这些是有功率输出要求的集成电路，工作在大信号状态下，即输出功率比较大，这类集成电路的体积相对也比较大。工作在小信号状态的集成电路则没有散热片。

在机器中，根据集成电路的上述外形示意图和特征，很容易在电路板中识别出来，图 1-2 所示是 25 种常见集成电路的外形示意图，供识别时参考。

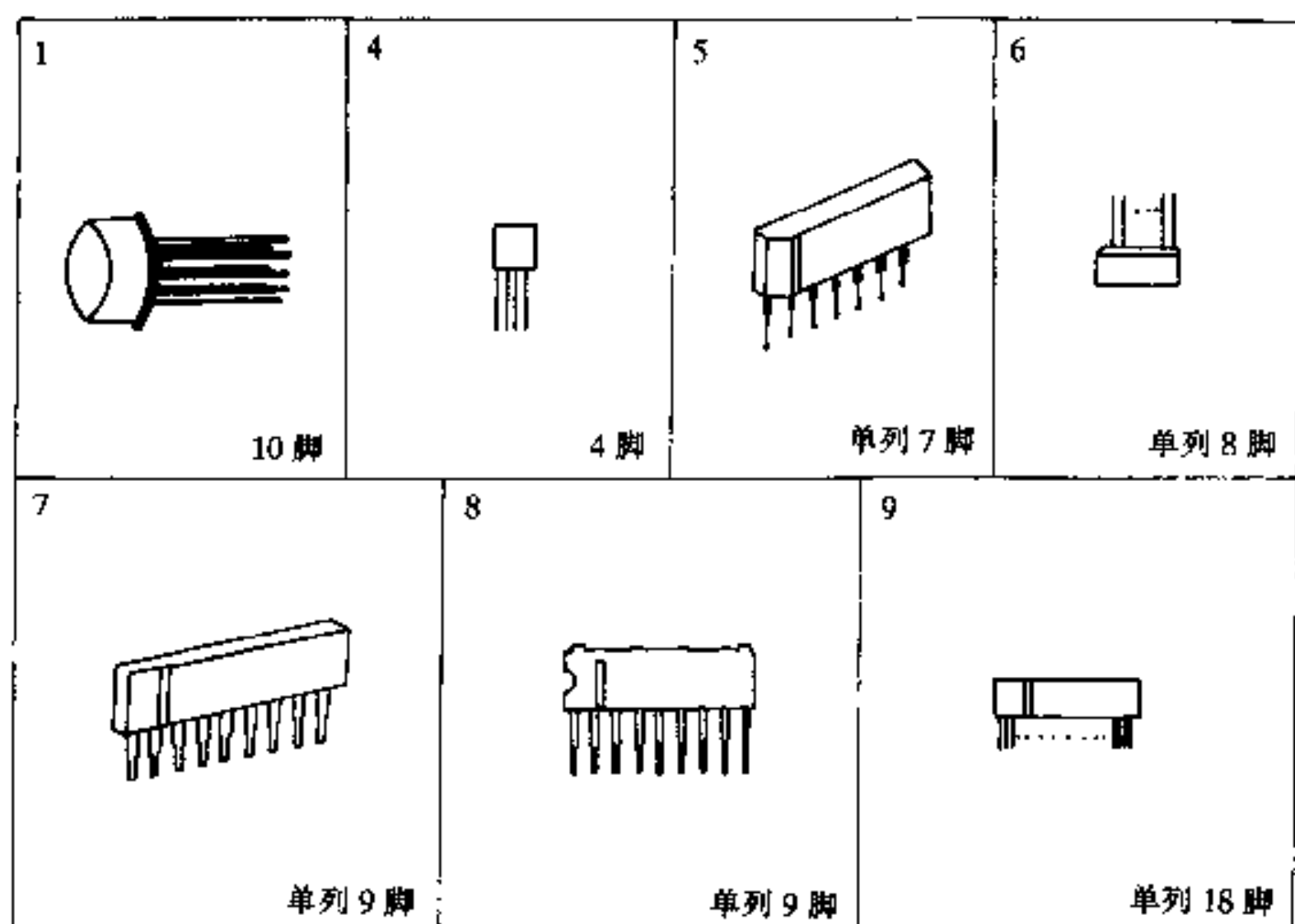


图 1-2 25 种常见集成电路外形示意图

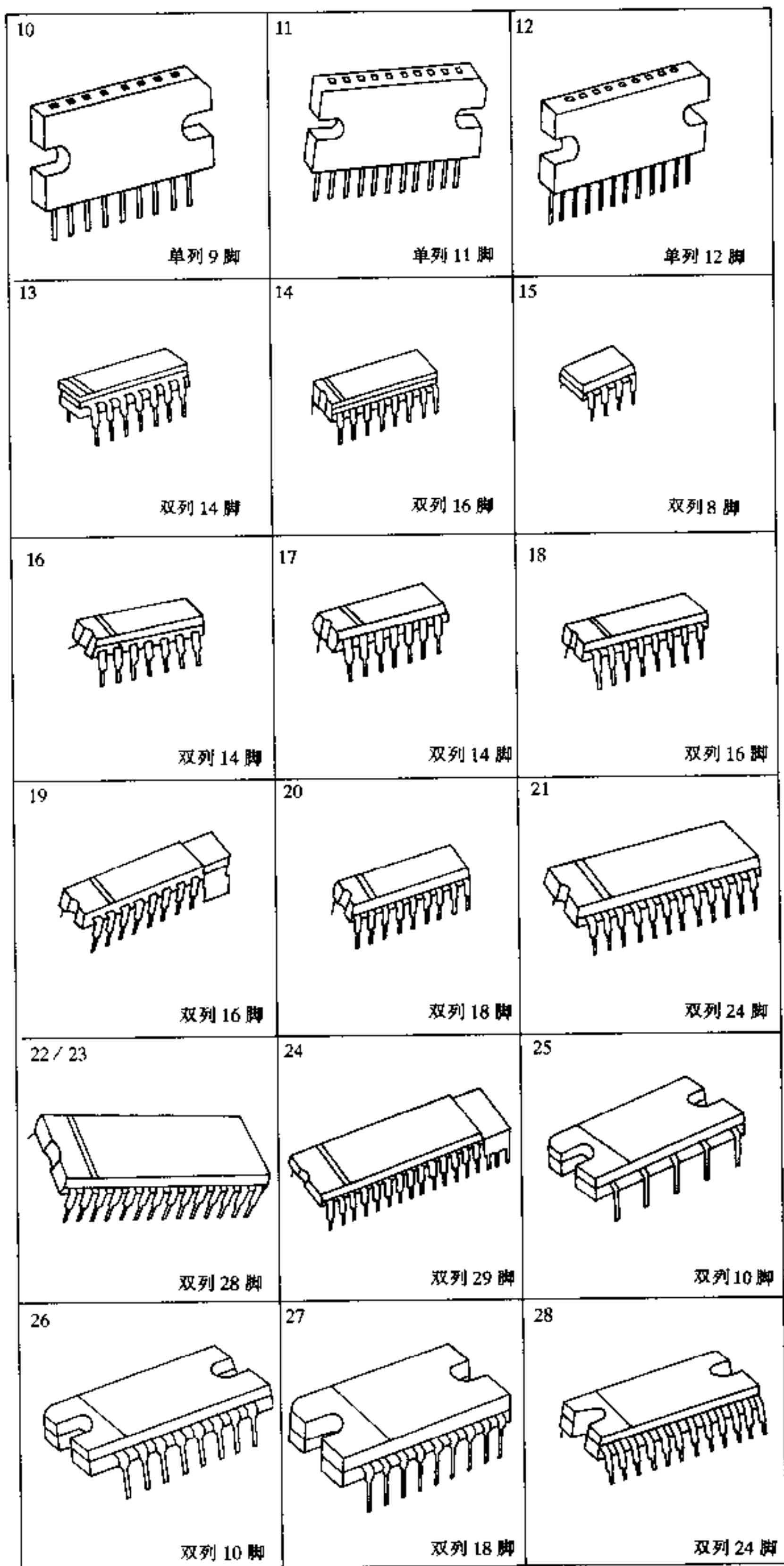


图 1-2 25 种常见集成电路外形示意图(续)

2. 电路符号

电子元器件在电路图中都有特定的符号，这就是电路符号，集成电路也不例外。集成电路的电路符号比较复杂，变化也比较多，图 1-3 是集成电路的几种电路符号。集成电路的电路符号所表达的具体含义很少(这一点不同于其他电子元器件的电路符号)，通常只能表达这种集成电路有几根引脚，至于各个引脚的作用、集成电路的功能是什么，等等，电路符号中均不能表示出来。

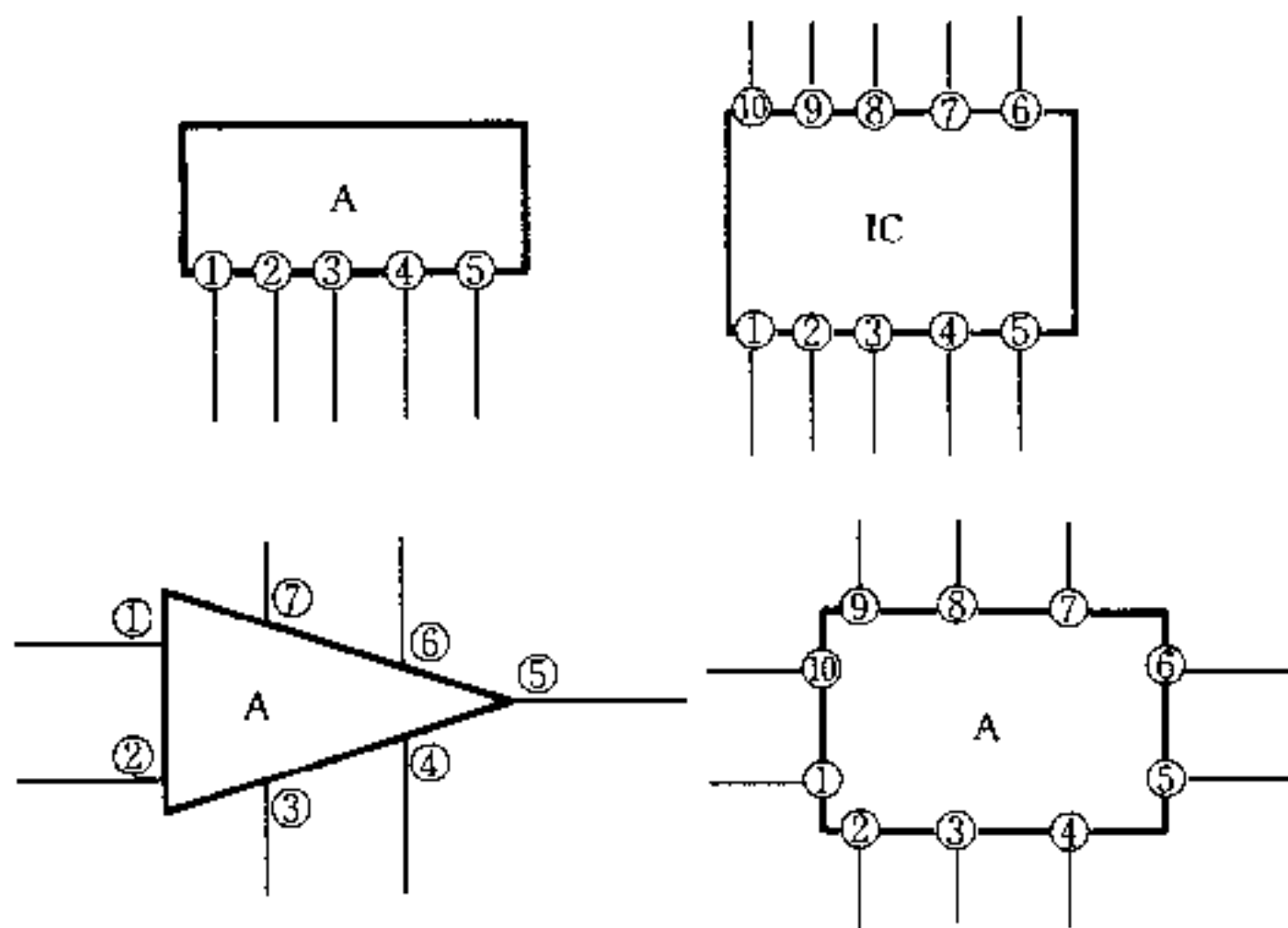


图 1-3 集成电路电路符号示例

关于集成电路的电路符号对分析电路工作原理和故障检修的作用主要有以下几点。

(1) 在电路符号中往往用字母或拼音来表示元器件，集成电路过去通常用 IC 表示，IC 是英文 Integrated Circuit 的缩写。在国产电器的电路图中，还有用 JC 表示的。最新的规定分为几种：用 A 表示模拟集成电路放大器，用 D 表示集成数字电路，但在许多电路图中并没有这样具体地区分，大都用 A 表示集成电路。

(2) 在进行电路工作原理分析时，从集成电路的电路符号上至少可以看出该集成电路有几根引脚，且与这些引脚相连的元器件与该集成电路一起构成一个完整的单元电路。一般情况下，引脚愈多的集成电路，其功能愈复杂，相应的外电路也复杂。

(3) 进行电路故障的检修时，有不少的集成电路在电路符号上都标出了各引脚的直流工作电压，如图 1-4 所示。这是一个十分重要的修理资料，有了它可以大大方便故障的检查。例如，①脚和②脚上标有 1.1V，表示在正常工作时，集成电路的这两根引脚的直流工作电压为 1.1V。④脚上标注有两种电压，这是该引脚在不同工作状态下的两个直流电压值，通常主要工作状态是上面(3V)这

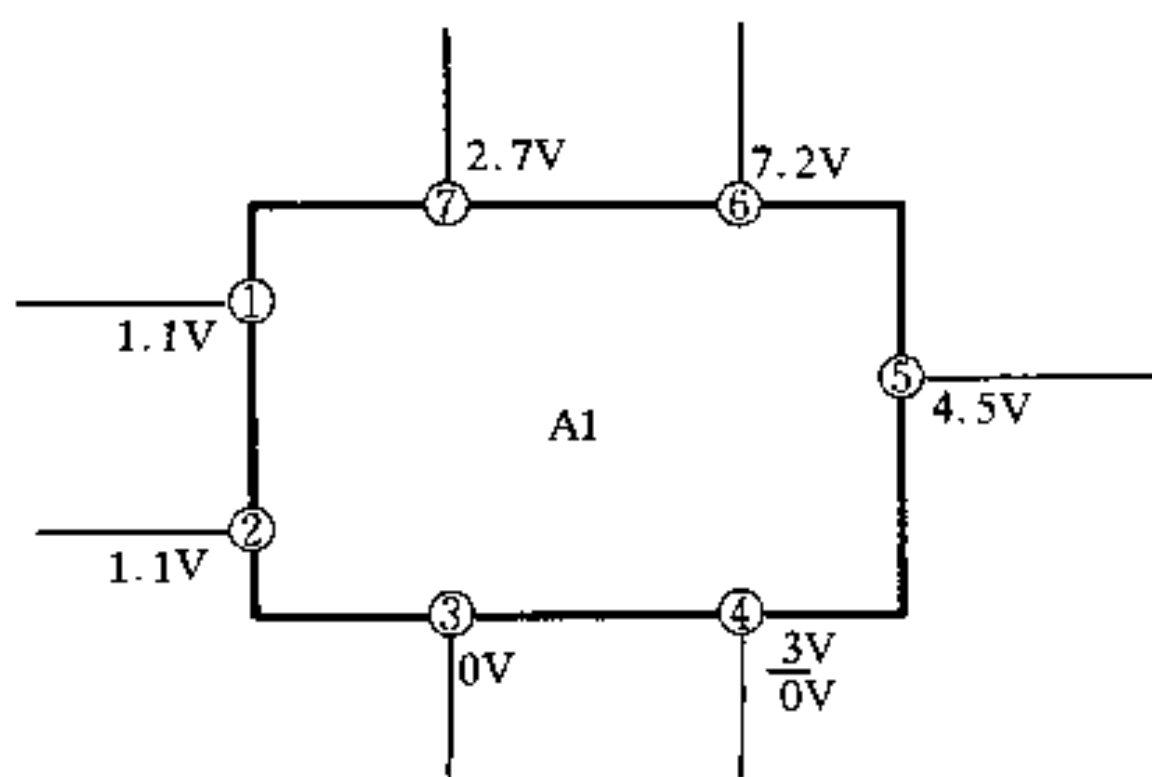


图 1-4 集成电路直流电压标注示意图

一电压值，在另一工作状态是下面(0V)电压值。所谓主要工作状态是指电子电路大部分时间所处的工作状态，如录音和放音电路中，放音是主要工作状态，录音则是非主要工作状态。

三、名目繁多的集成电路

集成电路的种类很多，按照不同的分类方法有不同类型的集成电路。

1. 按照使用功能划分

根据集成电路的使用功能可以分成四大类近 20 种。

(1) 模拟集成电路

所谓模拟集成电路就是用于处理模拟信号的集成电路，模拟信号是一种连续变化的信号。模拟集成电路按照电路功能可以分成下列多种。

a. 运算放大器集成电路：这是应用量最多的一种模拟集成电路，简称集成运放，是一种高增益低漂移的直流放大电路。

b. 音响集成电路：这是用于各类音响设备中的集成电路，例如用于录音机、收音机、组合音响和音响组合等设备中的集成电路，还有视频播放设备中的音频处理电路等。

c. 视频集成电路：这是用于各类视频设备中的集成电路，例如用于电视机、影碟机、录像机等设备中的集成电路。

d. 稳压集成电路：这是用于稳压电路中的集成电路，有各种电压等级的稳压集成电路。

e. 非线性集成电路：这是运算集成电路的一种非线性运用方式，此时集成运放处于无反馈或者带正反馈状态，它的输出量与输入量之间不成线性的关系，输出量不是处于正饱和的状态就是处于负饱和的状态。

(2) 数字集成电路

数字集成电路是用于数字电路中的集成电路，它所处理的都是数字信号(例如影碟机中的解码器集成电路等)，数字集成电路的应用十分广泛。

所谓数字信号是一个离散量，具体地说数字信号的电压或电流在时间和数值上都是离散的，不连续的。例如普通指针式万用表在测量电阻时，是通过表针的摆动和表面的刻度来指示电阻值，而数字式万用表则通过数字来指示电阻值。

数字集成电路按功能可分成多种，这里举两例说明。

a. 微机集成电路：这是用于计算机中的集成电路，例如 CPU 就是这一种数字集成电路。

b. 存储器集成电路：在数字电路系统中，常使用这种具有存储功能的集成电路，它是由门电路和触发器组合起来的集成电路。

(3) 接口集成电路

这是一种重要的电路，用于各类信号之间的转换，也可用于不同类型电路之间的连接。这类集成电路主要有以下几种。

a. 电压比较器集成电路：这是一种将模拟量按量值的大小转换成逻辑代码的集成电路。

b. 电平转换器集成电路：这是一种可以用来衔接不同类型器件的集成电路，是一种转换电平的专用集成电路。

c. 外围驱动器集成电路：这是一种微机与外围接口电路的驱动电路。

(4) 特殊集成电路

特殊用途的集成电路有许许多多的类型，举例如下。

a. 消费类集成电路：这是为适应消费商品而专门设计的各种功能的集成电路，应用面相当广泛。

b. 通信集成电路：这是为通信系统而设计的专用集成电路。

c. 传感器集成电路：这是为了配合各类传感器件而设计的专用集成电路，不同的传感器有不同的集成电路与之配合。

2. 按制作工艺划分

集成电路按照制作工艺可划分为三大类七种，分别介绍如下。

(1) 半导体集成电路

半导体集成电路是以半导体单晶为基础材料，以平面工艺为基本工艺而制作的集成电路。根据晶体管是采用双极型还是单极型的不同，可分为双极型集成电路、MOS型集成电路和兼容型集成电路，具体分为以下四类。

a. 双极型集成电路：这种集成电路是在半导体衬底硅片上，制作双极型晶体管、电阻、电容以及连线等，参与导电的是电子和空穴两种载流子。

b. NMOS型集成电路：这种集成电路是在硅片上，以N型沟道MOS器件构成的电路。集成电路内电路的放大管参与导电的载流子是电子。

c. PMOS型集成电路：这种集成电路是在硅片上，以P型沟道MOS器件构成电路。集成电路内电路的放大管参与导电的载流子是空穴。

d. CMOS集成电路：这种集成电路中采用P-MOS和N-MOS场效应管互补运用。

(2) 膜集成电路

这种集成电路可分为下列两种。

a. 厚膜集成电路：这种集成电路采用膜工艺制造，其中采用丝网漏印工艺制作厚膜电阻、电容，焊上晶体管芯，构成集成电路的内电路。

b. 薄膜集成电路：这种集成电路采用真空镀膜或溅射工艺制作薄膜元器件，或由薄膜元件与平面工艺为基本制作工艺。

(3) 混合集成电路

凡是一个完整的电路不能由膜工艺或半导体集成工艺单独制作，而是利用半导体集成工艺、膜工艺和分立元器件工艺三种中的任何二种以上工艺制作的集成电路都称为混合集成电路。

3. 按封装形式划分

集成电路按照封装的形式划分主要有以下四种。

(1) 单列直插扁平封装集成电路

这种集成电路的外壳采用陶瓷、低熔玻璃及塑料制成。采用这种封装的集成电路外形有

多种，可参见图 1-1 中的单列集成电路，有的像晶体三极管外形，只有三根引脚(集成电路最少得三根引脚,如三端稳压集成电路);有的引脚比较多,且排为一列。单列直插扁平封装集成电路的引脚数目一般少于 12 根,小规模、中规模的集成电路大多采用这种封装形式。在这种封装的集成电路中还有一种是单列曲插集成电路,即引脚也是单列,但引脚却是弯曲状的。

(2) 双列直插集成电路

集成电路的外壳采用陶瓷、低熔玻璃或塑料制成。采用这种封装的集成电路外形有多种(图 1-1 中的双列集成电路),它的引脚呈对称的两列排列,引脚数目一般在 12 根以上(也有少于 12 根引脚的),24 根以下,引脚数必是 2 的倍数。通常大规模集成电路多采用这种封装形式。

(3) 扁平封装集成电路

集成电路的外壳采用陶瓷、低熔玻璃或塑料制成。采用这种封装的集成电路外形有双列扁平封装和四列扁平封装两种(见图 1-1)。双列的或四列的引脚均对称排列。这种集成电路在安装时与前面的集成电路不同,它直接贴在电路板铜箔线路这面,引脚相当的短。通常数字集成电路和超大规模集成电路(四列形式)多采用这种封装形式。

(4) 铁壳封装集成电路

集成电路的外壳是金属的,如同中功率三极管,只是引脚数目比较多,最多可达十几根。这种封装的集成电路现在已经很少见到了。

4. 按集成度划分

集成电路的集成度是指一块基片上能制作的最多元器件数量,按此可以划分为以下四种集成电路。

(1) 小规模集成电路

小规模集成电路又称为普通集成电路,用英文缩写字母 SSI 表示。在小规模集成电路中,模拟电路中的元器件数目一般少于 100 个,数字电路中的门电路数目一般少于 30 个。

(2) 中规模集成电路

中规模集成电路用英文缩写字母 MSI 表示。在中规模集成电路中,模拟电路中的元器件数目一般在 100 ~ 1000 个之间,数字电路中的门电路数目为 30 ~ 100 个之间。

(3) 大规模集成电路

大规模集成电路用英文缩写字母 LSI 表示。在大规模集成电路中,模拟电路中的元器件数目一般在 1000 以上,数字电路中的门电路数目为 100 个以上。

(4) 超大规模集成电路

超大规模集成电路用英文缩写字母 ULSI 表示。在超大规模集成电路中,模拟电路中的元器件数目一般在 10 万个以上,数字电路中的门电路数目为 1000 个以上。

在民用无线电设备中,一般使用大规模集成电路以下集成度的集成电路。单片电视机中使用了大规模集成电路。在民用无线电设备中,大量使用的是模拟集成电路,还有为数不少的是数字集成电路,如一些录像机中的数字伺服集成电路、影碟机中的许多小信号处理集成电路等。

四、六种常见的故障特征

集成电路的故障主要表现为以下几种。

1. 集成电路烧坏

集成电路烧坏通常是由于过电压或过电流引起的，当集成电路烧坏时从外表上一般看不出什么明显的痕迹。严重时，集成电路上可能出一个小洞或有一条裂纹之类的痕迹。这种故障一般发生在功率放大器集成电路中，此时该集成电路上的散热片会非常烫手，小信号集成电路这种故障很少见。当整机电源电路电压异常升高时，就会造成集成电路的这种故障。

当集成电路出现烧坏故障时，某些引脚上的直流工作电压也出现了明显变化，所以采用常规检查方法就能发现故障部位。集成电路烧坏是一种硬性故障，对这种故障的检修是相当方便的。

2. 增益严重不足

当集成电路发生增益严重不足故障时，集成电路即已基本丧失放大能力，需要更换。对于增益略有下降的集成电路，这是集成电路的一种软故障，一般检测仪器很难发现这种故障，对于这种故障可以采取减小负反馈量的方法来进行补救，不仅相当的有效，且操作十分简单。

当集成电路出现增益严重不足故障时，某些引脚上的直流工作电压也出现了显著变化，所以采用常规检查方法就能发现故障部位。

3. 噪声大

当集成电路出现噪声大的故障时，虽然能够放大信号，但噪声也很大，使信噪比下降，影响了信号的正常放大和处理。对于音频类集成电路，噪声大将影响声音的清晰度，对于视频类集成电路，将出现杂波。当集成电路噪声大的故障不太明显时，则是集成电路的一种软故障，使用一般常规仪器检查起来相当困难。

当集成电路出现噪声大故障时，某些引脚上的直流工作电压也会出现变化，所以采用常规检查方法就能发现故障部位。

4. 性能变劣

集成电路的性能变劣是一种软故障，具体的故障现象多种多样，但集成电路引脚上直流工作电压的变化量一般很小，所以采用常规的检查手段往往无法发现这种故障，只有采用代替检查法，即对集成电路进行代替检查。

5. 内部某部分电路损坏

当集成电路出现内部的部分电路损坏时，与电路相关引脚上的直流工作电压已发生了很大变化，检修中很容易发现故障部位。对集成电路的这种故障，通常情况下得更换集成电路，但对于某些具体情况来说，可以进行修复，即用分立元器件代替内电路中损坏的局部电

路，但这样的操作相当复杂，且要求有集成电路的内电路详细资料，在无法购到新集成电路时，这样的处理是一种唯一的办法。

6. 引脚折断

集成电路的引脚折断故障并不常见，造成集成电路引脚折断的原因往往是在拨动集成电路引脚时不当所致，所以在操作集成电路时要小心。如果引脚断裂处还能焊上一根细铜丝，还能修复后使用，否则得更换集成电路。

五、检修时用到的相关参数

集成电路的主要参数资料对分析集成电路的工作原理作用不大，主要用于集成电路的故障检修中。

集成电路的参数可以分成下列两大类。

(1) 电参数。这是表征集成电路性能的一组重要参数，检查中判断集成电路好坏的重要依据就是这其中的一些参数，例如表 1-1 列举了音频前置放大器集成电路 BA314 的电参数。

表 1-1 音频前置放大器集成电路 BA314 的电参数 ($V_{CC} = 5V, T_s = 25^\circ C$)

参数名称	测试条件	参数值			单位
		最小值	典型值	最大值	
电源电流	$V_i = 0$, ④脚开路	0.5	1.1	2.2	mA
开环电压增益	$f = 1kHz$		70		dB
输出噪声电压	$BW = 30 - 20000Hz$		70	100	μV
最高输出电压	$f = 1kHz$	0.7	1		V
谐波失真	$f = 1kHz$		0.12	0.3	%

注：不同功能的集成电路其电参数的具体项目是不同的，且可能相差很多。

(2) 极限参数。这是保证集成电路使用中不致损坏的极限参数。举例说明，表 1-2 所示是音频前置放大器集成电路 BA314 的极限使用参数资料。

表 1-2 音频前置放大器集成电路 BA314 的极限使用参数

参数名称	参数值	单位
电源电压	15	V
功耗	550	mW
工作环境温度	-25 ~ 75	$^\circ C$
储存温度	-55 ~ 125	$^\circ C$

注：不同功能的集成电路其参数的具体项目是不同的。

1. 电参数

各种用途的集成电路，其电参数的具体项目也是不一样的，最基本的有以下几项（通常

是在典型直流工作电压下测量)。

(1) 静态工作电流

静态工作电流是指不给集成电路信号输入引脚加上输入信号的情况下,电源引脚回路中的直流电流(相当于三极管的集电极静态工作电流),这一参数对检修集成电路故障具有重要的意义。

通常,集成电路的静态工作电流均给出典型值、最小值、最大值。这一电参数对修理中的故障判断是有益的,如果此时集成电路的直流工作电压正常,且集成电路的接地引脚可靠接地,当测得集成电路静态电流大于或小于它的最大值、最小值时,说明集成电路发生了故障。

(2) 增益

增益是指集成电路放大器的放大能力,通常标出开环增益和闭环增益两项,也分别给出典型值、最小值、最大值三项指标。

在常规检修手段下(只有万用表一件检测仪表),无法测量集成电路的增益,只有使用专门的仪器才能进行增益测量。

(3) 最大输出功率

最大输出功率是指在信号失真度为一定值时(通常为10%),集成电路输出引脚所输出的电信号功率,一般也分别给出典型值、最小值、最大值三项指标,这一参数主要针对功率放大器集成电路。

当集成电路的输出功率不足时,某些引脚上的直流工作电压也出现了变化,通过测量发现集成电路上的引脚直流电压异常,就能发现故障部位。

2. 极限参数

集成电路的极限参数主要有下列几项。

(1) 电源电压

电源电压是指可以加在集成电路电源引脚与地端引脚之间直流工作电压的极限值,使用中不能超过此值,否则将会损坏集成电路。

(2) 功耗

功耗是指集成电路所能承受的最大耗散功率,主要用于功率放大器集成电路。

(3) 工作环境温度

工作环境温度是指集成电路在工作时的最低和最高环境温度。

(4) 储存温度

储存温度是指集成电路在储存时的最低和最高温度。

六、集成电路的特点、优点和缺点

1. 内电路特点

由于制造工艺等因素,集成电路的内电路具有下列一些特点。

(1) 集成电路内电路中,各级电路之间全部采用直接耦合形式,如若需要大容量电容作为级间耦合或其他用途,则要通过引脚来外接。

(2) 内电路中制造大电阻所占的硅芯片面积比较大,阻值愈大所占的面积愈大。为此,集成电路内电路中常常制造一个三极管,构成恒流源电路作为大电阻来使用。此外,也可以通过引脚外接大电阻(这种情况较少)。总之,集成电路内电路中不方便制造阻值很大的电阻器。

(3) 集成电路内电路中不制造容量较大的电容。对于容量很小的电容,可以通过 PN 结的结电容等方式来获得,不过这种方式获得的电容其容量很小。

(4) 集成电路内电路中也不制造电感,需要电感时通过引脚外接,因为制造电感十分不方便,且不经济。

(5) 在集成电路的内电路中,需要二极管时通常是制造一个三极管,利用三极管的一个 PN 结作为二极管,所以在集成电路内部电路图中,常会看到三极管接成二极管使用的电路,将在后面介绍集成电路内电路中详细分析。

2. 主要优点

集成电路有它的独特优点,归纳起来有以下几点。

(1) 由于采用了集成电路,可以大大地简化整机电路的设计、调试和安装,特别是采用一些专用集成电路,整机电路显得更为简洁。

(2) 相对于分立元件电路而言,采用集成电路构成整机电路其性能指标更高。例如,集成运放电路的增益之高,零点漂移之小是分立元件电路无法达到的。

(3) 由于集成电路具有可靠性高的优点,提高了整机电路工作的可靠性,提高了电路的工作性能和一致性。另外,采用集成电路后,电路中的焊点大幅度减少,整机电路出现虚焊的可能性大大下降,使整机电路工作更为可靠。

(4) 与分立元件电路相比,集成电路的成本比较低,这就降低了工业化大批量生产的成本。

(5) 集成电路还具有耗电小、体积小、经济等优点。同一功能的电路,采用集成电路,要比采用分立元件电路的功耗小许多。

(6) 由于集成电路的故障发生率相对分立元件电路而言比较低,所以降低了整机电路的故障发生率。

3. 主要缺点

集成电路的主要缺点有下列几个方面。

(1) 集成电路的引脚很多,给修理中的集成电路拆卸带来了很大的困难,特别是引脚很多的四列集成电路拆卸很不方便。

(2) 当集成电路内电路中的部分电路出现故障时,通常必须整块更换,这样就增加了修理成本。

(3) 相对分立元件电路而言,在检修某些特殊故障时,对准确地判断集成电路故障带来了不便。

七、必须牢记的操作注意事项

对于普通集成电路,在操作过程中并不需要有特别的注意事项,但对于 MOS 集成电路,

由于操作不当就很容易造成损坏。

1. MOS 集成电路主要防静电

MOS 集成电路主要由 MOS 晶体管构成，MOS 晶体管就是金属-氧化物-半导体场效应管，这种管子在栅极与基片之间有一层很薄的二氧化硅绝缘层，当不太强的静电加到栅极上时，其电场强度将超过 10^5kV/mm ，甚至更高。这么强的电场很容易击穿栅极二氧化硅绝缘层而造成管子的损坏，所以 MOS 集成电路防静电是十分重要的，必须按照有关 MOS 集成电路使用手册进行操作。

2. MOS 集成电路主要注意事项

操作 MOS 集成电路时特别要注意以下几点。

(1) 检修机器的工作台表面绝不可以使用高绝缘材料(例如绝缘橡胶板、塑料板、有机玻璃板等)，可以使用细钢丝网且良好接地，也可以使用导电橡胶。

(2) 焊接应使用 20W 内热式电烙铁，如果用普通电烙铁则应将其外壳接室内的保护性地线。

(3) 焊接 MOS 集成电路时，电烙铁头在焊点上停留的时间不能超过 5 秒，切不可对同一个焊点进行连续焊接。

(4) 严禁虚焊。

(5) 更换 MOS 集成电路时首先要切断机器的电源。

(6) 助焊剂最好使用 502 环氧助焊剂。

(7) 检修中所使用的仪器必须接室内保护性地线，以防止漏电。

(8) 检修电路故障时，不要穿尼龙衣料的服装。

3. MOS 集成电路使用的特殊要求

MOS 集成电路使用中的特殊要求，主要有下列几点。

(1) 检修时，必须给 MOS 集成电路加上直流工作电压，才能接通外加信号源的电源；在断电时，则应该先断开外接信号源的电源后，再断开 MOS 集成电路的直流工作电压。

(2) 在输入端如果有大电容或长引脚时，要在靠近 MOS 集成电路信号输入端引脚串入一只 $10\text{k}\Omega$ 电阻。

(3) MOS 集成电路的输出端不能短路，不能与电源端或地端短接。

第二节 集成电路型号识别方法

集成电路的型号命名有国家标准，这一标准是 1979 年后陆续制定的，其集成电路的功能、引脚排列和电特性均与国外同类产品一致。

在使用、检修、识别和进行电路分析时，都要了解集成电路的型号。集成电路的型号印在集成电路的正面，其型号的具体含义除一些常用功能的集成电路外，通常需要查阅集成电路手册。

一、我国集成电路型号命名方法解读

1. 国标规定的集成电路型号命名方法

最新的国标规定，我国生产的集成电路型号由五部分组成，以前各生产厂家的规定全部作废。国产集成电路的型号具体组成情况如下。

C	B	× × × ×	C	B
第一部分	第二部分	第三部分	第四部分	第五部分
字头符号	电路类型	电路型号数	温度范围	封装形式

(1) 第一部分含义

集成电路型号中的第一部分用一个字母 C 表示符合国家标准的集成电路。

(2) 第二部分含义

集成电路型号中的第二部分用字母表示电路的类型，可以是一个大写字母，也可是二个大写字母，具体含义如表 1-3 所示。

表 1-3 集成电路第二部分字母含义

字 母	第二部分表示的含义(电路的类型)
AD	模拟数字转换器
B	非线性电路(模拟开关;模拟乘、除法器;时基电路;锁相器;取样保持电路等)
C	COMS 电路
D	音响类电路;电视机类电路
DA	数字模拟转换器
E	ECL 电路
F	运算放大器;线性放大器
H	HTL 电路
J	接口电路(电压比较器;电平转换器;线电路;外围驱动电路)
M	存储器
S	特殊电路(机电仪表电路;传感器;通信电路;消费类电路)
T	TTL 电路
W	稳压器
μ	微型计算机电路

(3) 第三部分含义

集成电路型号中的第三部分用数字或字母表示产品的代号，与国外同功能集成电路保持一样的代号，即国产的集成电路与国外的集成电路第三部分代号一样时，为全仿制集成电路，不仅电路结构、引脚分布规律等同国外产品相同，还可以直接与国产集成电路代换使用。

(4) 第四部分含义

集成电路型号中的第四部分用一个大写字母表示工作温度，具体含义如表 1-4 所示。

表 1-4 集成电路第四部分含义

字 母	第四部分表示的含义(工作温度范围℃)
C	0 ~ 70
E	- 40 ~ 85
R	- 55 ~ 85
M	- 55 ~ 125

(5) 第五部分含义

集成电路型号中的第五部分用一个大写字母表示封装形式，具体含义如表 1-5 所示，共有七种。

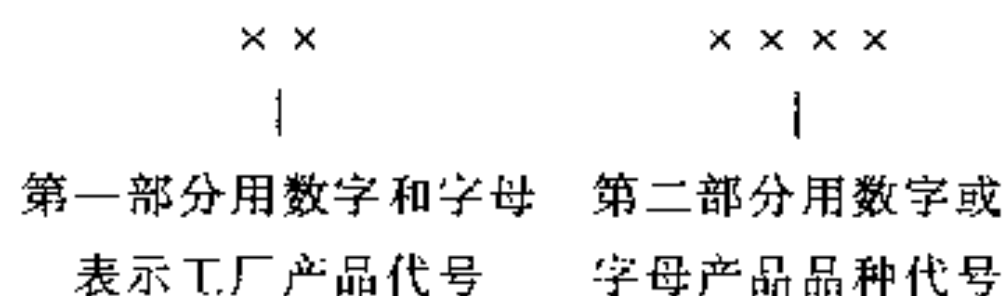
表 1-5 集成电路第五部分含义

字 母	第五部分表示的含义(封装形式)
D	多层陶瓷，双列直插
F	多层陶瓷，扁平
H	黑瓷低熔玻璃，扁平
J	黑瓷低熔玻璃，双列直插
K	金属，菱形
P	塑料，双列直插
T	金属，圆形

国标还规定，凡是家用电器专用集成电路(音响类、电视类)的型号，一律采用四部分组成，即将第一部分的字母省去，用 D××××××形式。

2. 非国标规定的集成电路型号命名方法

除国标规定的集成电路型号外，还会遇到一些早期生产的集成电路，它们采用非国标规定的集成电路型号命名方法，如下所示就是这种型号命名方法。



第一部分采用字母或是数字来表示集成电路生产厂家的产品代号，与国际上的集成电路型号标注方法一样。

第二部分则是用数字或字母表示集成电路产品和品种代号，也与国际上的集成电路型号标注方法一样。

表 1-6 所示是国内非国标集成电路生产厂家的字头符号，供使用、识别和代换时参考。

表 1-6

国内非国标集成电路生产厂家的字头符号

字头字符	生产厂家
D	国产集成电路标准字头
B、BO、BW、5G	北京市半导体器件五厂
BCD	北京半导体器件研究所
BH	北京半导体器件三厂
CA	广州音响电器厂
CH	上海无线电十四厂
CF、GF	常州半导体厂
DG	北京八七八厂
F、XFC	甘肃秦安七四九厂
F、FC、SF	上海无线电七厂
FD	苏州半导体器件总厂
FS	贵州都匀四四三三厂
FY、FZ	上海八三三一厂
LD	西安延河无线电厂
NT	南通晶体管厂
SL、5G	上海无线电十六厂
SG	长沙四四三一厂
TB	天津半导体器件厂
W	北京半导体器件五厂
X、BW	电子工业部第二十四研究所
XG	国营新光电子厂
19A	上海无线电十九厂

表 1-7 是国外集成电路生产厂家的字头符号含义。

表 1-7

国外集成电路生产厂家的字头符号含义

字头字符	生产厂家
AD	美国模拟器件公司
AN、DN	日本松下电器公司
CA、CD、CDP	美国无线电公司
CX、CXA	日本索尼公司
CS	美国齐瑞半导体公司
HA	日本日立公司
ICL、D、DG	美国英特锡尔公司
LA、LB、STK、LC	日本三洋公司
LC、IG	美国通用仪器公司
LM、TBA、TCA	美国国家半导体公司
M	日本三菱电机公司

续表

字头字符	生产厂家
MB	日本富士通有限公司
MC	美国摩托罗拉公司
MK	美国英斯特卡公司
MP	美国微功耗系统公司
ML、MH	加拿大米特尔半导体公司
N、NE、SA、SU、CA	美国西格尼蒂公司
NJM、NLM	日本新日元
RC、RM	美国 RTN
SAT、SAJ	美国 ITT
SAB、SAS	西德 SIEG
TA、TD、TC	日本东芝公司
TAA、TBA、TCA、TDA	欧洲电子联盟
TL	美国德克萨斯仪器公司
U	西德德律风根
ULN、ULS、ULX	美国史普拉格公司
UA、F、SH	美国仙童公司、FSC 公司
UPC、UPB	日本电气公司、美国电子公司

二、进口集成电路型号命名方法

这里介绍几种常见的进口集成电路生产厂家的型号组成及命名方法，供选配集成电路时参考。

1. 日本三洋半导体公司(SANYO)

日本三洋公司集成电路型号由两部分组成，如下所示。

$$\begin{array}{ccc} \text{LA} & & \times \times \times \times \\ | & & | \end{array}$$

第一部分字头符号 第二部分电路型号数

在这种集成电路型号中，第一部分的字头采用二或三个大写字母表示各种集成电路的类型；第二部分是产品的序号，无具体含义。表 1-8 给出这种集成电路型号中第一、二部分字符的具体含义。

表 1-8 日本三洋公司集成电路型号具体含义

第一部分		第二部分
LA	单块双极线性	用数字表示电路型号数
LB	双极数字	
LC	CMOS	
LE	MNMOS	
LM	PMOS, NMOS	
STK	厚膜	

2. 日本日立公司(HITACHI)

日本日立公司生产的集成电路型号由以下五个部分组成。

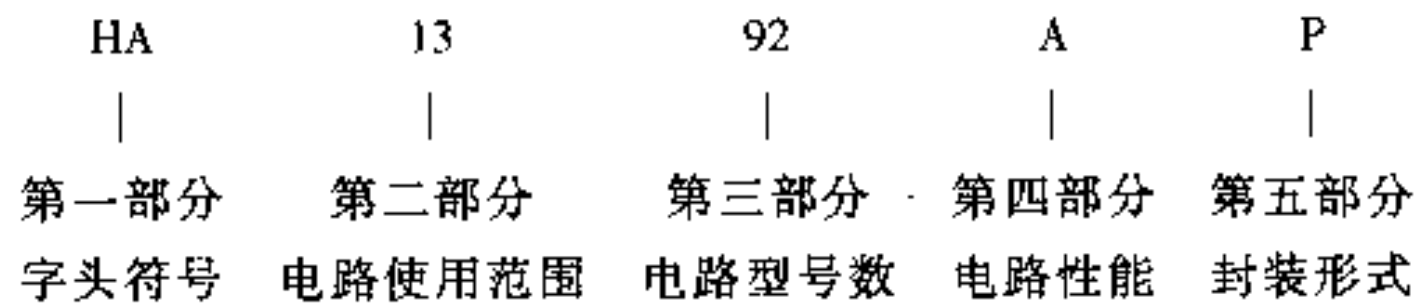


表 1-9 是日本日立公司集成电路型号各部分具体含义。

表 1-9 日本日立公司集成电路型号各部分具体含义

第一部分		第二部分		第三部分	第四部分		第二部分	
字头	含义	数字	含义	用数字表示电路型号	字母	含义	字母	含义
HA	模拟电路	11	高频用		A	改进型	P	塑料
HD	数字电路	12	高频用					
HM	存储器(RAM)	13	音频用					
HN	存储器(ROM)	14	音频用					

3. 日本东芝公司(TOSHIBA)

日本东芝公司生产的集成电路型号由以下三部分组成。

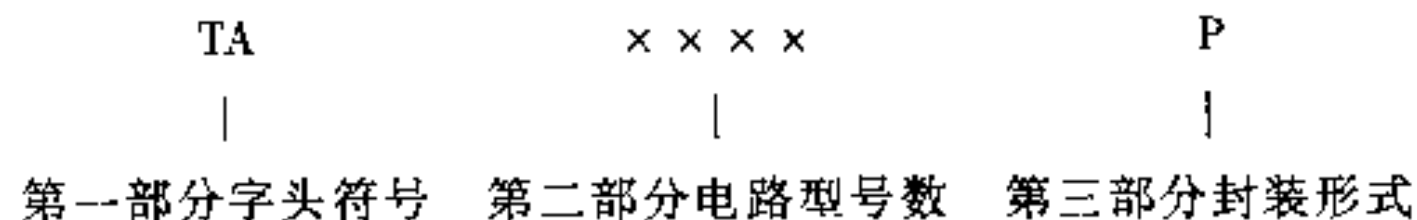


表 1-10 是日本东芝公司集成电路型号的具体含义。

表 1-10 日本东芝公司集成电路型号具体含义

第一部分		第二部分	第三部分		
字母	含义	用数字表示电路型号数	字母	含义	
TA	双极线性		用数字表示电路型号数	A	改进型
TC	CMOS			C	陶瓷封装
TD	双极数字			M	金属封装
TM	MOS			P	塑料封装

4. 日本松下电器公司(PANASONIC)

日本松下电器公司生产的集成电路型号由以下两部分组成。

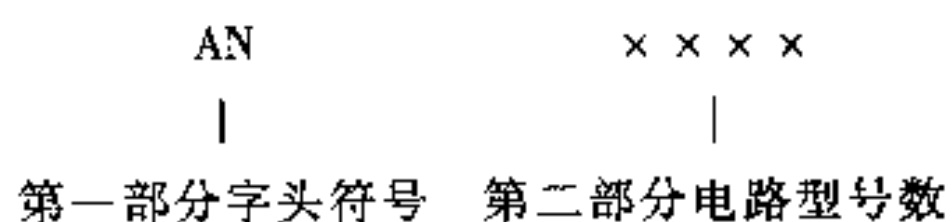


表 1-11 是日本松下电器公司集成电路型号的具体含义。

表 1-11

日本松下电器公司集成电路型号含义

第一部分		第二部分
字母	含义	用数字表示电路型号数
AN	模拟电路	
DN	双极性数字电路	

5. 日本三菱电机公司(MITSUBISHI)

日本三菱电机公司生产的集成电路型号由以下五部分组成。

M	5	1	95	P
第一部分	第二部分	第三部分	第四部分	第五部分
字头符号	温度范围	电路类型	电路型号数	封装形式

表 1-12 是日本三菱电机公司生产的集成电路型号的具体含义。

表 1-12 日本三菱电机公司集成电路型号含义

第一部分		第二部分		第三部分		第四部分	第五部分	
字母	含义	字母	含义	数字	含义		字母	含义
M	三菱公司产品	5	工业、商用	0	CMOS	用数字表示电路型号数	K	玻璃—陶瓷
		8	军用	1	线性		P	塑料
				3	TTL		S	金属—陶瓷
				10~19	线性电路			

6. 日本电气公司(NEC)

日本电气公司生产的集成电路型号由以下五部分组成。

UP	C	××××	C	X(S)
第一部分	第二部分	第三部分	第四部分	第五部分
字头符号	电路类型	电路型号数	封装形式	电路性能

如表 1-13 所示是日本电气公司集成电路型号具体含义。

表 1-13 日本电气公司集成电路型号具体含义

第一部分		第二部分		第三部分	第四部分		第五部分		
字母	含义	字母	含义	用数字表示电路类型号	字母	含义	字母	含义	
UP	微型器件	C	线性		用数字表示电路类型号	C	塑料封装	S	改进型
		A	分立器件			D	陶瓷双列		
		B	数字双极						
		D	CMOS 数字						

第三节 集成电路的常用资料解读

围绕电路工作分析和故障检修这两点，所需要的集成电路资料主要有下面两大类：(1)识图用的集成电路资料；(2)故障检修用的集成电路资料。

一、识图用资料解说

从分析集成电路的应用电路工作原理的角度出发，现在有些集成电路资料主要有下列三种：(1)集成电路的引脚作用资料；(2)集成电路的内电路方框图；(3)集成电路的内电路，即内部的详细电路图。

目前出版的电子类书刊中，这三类资料都有，但是都不够全面和完整，其中集成电路引脚作用资料较多，内电路方框图少些，内电路(详细电路)则更少。

1. 集成电路引脚作用资料

集成电路引脚作用资料主要出现在一些图书的附录中，或是出现在一些电子类杂志的合订本附录中，一些最新的集成电路引脚资料会出现在各种电子类刊物中，资料的系统性不强，目前还没有一本专门介绍集成电路引脚资料的图书。例如，表 1-14 所示是某型号集成电路引脚作用资料。

表 1-14 某型号集成电路引脚作用资料

引脚号	引脚作用
①	信号输入引脚(用来输入信号的引脚)
②	负反馈引脚(用来接负反馈电路的引脚)
③	信号输出引脚(用来输出经过该集成电路放大、处理后的信号)
④	电源引脚(集成电路内电路所需要的直流工作电压从该引脚输入)
⑤	接地引脚(集成电路内电路的所有接地点都从该引脚接线路板中的地线)
⑥	消振引脚 1(用来外接消振电容,消除集成电路可能发生的高频自激)
⑦	消振引脚 2(消振电容需要两根引脚)
⑧	退耦引脚(用来接入电源电路中的退耦电容)
⑨	旁路引脚(用来接入旁路电容)

这类资料给出了某个具体型号集成电路的各引脚资料(没有括号内的说明)，这无疑对该型号集成电路工作原理的分析，尤其是电路结构相当复杂的集成电路的分析更为有利，对一些引脚外电路特征十分相似的集成电路也很重要。例如，如图 1-5 所示电路，①脚和②脚的外电路都是接一个有极性电容，只是一个容量大点，一个小点。如果没有集成电路的引脚作用资料和内电路方框图、内电路，则很难知道这两个电容的具体作用。如果查到了引脚作用资料，可知①脚是旁路引脚，②脚是退耦引脚。这样，这一集成电路外电路分析就相当方便

了。电容 C1 是旁路电容，用来将①脚内电路中的信号旁路到地端。但是，这还不能说明是何种旁路，因为旁路也有多种，如基极旁路和发射极旁路等，如果引脚作用资料能进一步说明就更好了，如果有集成电路的内电路，也能分析出是什么性质的旁路。

根据②脚是退耦引脚可知，C2 是退耦电容，这一定是电源电路中的退耦电容，因为 C2 的容量比较大，只有电源退耦电容才使用这样大的电容。

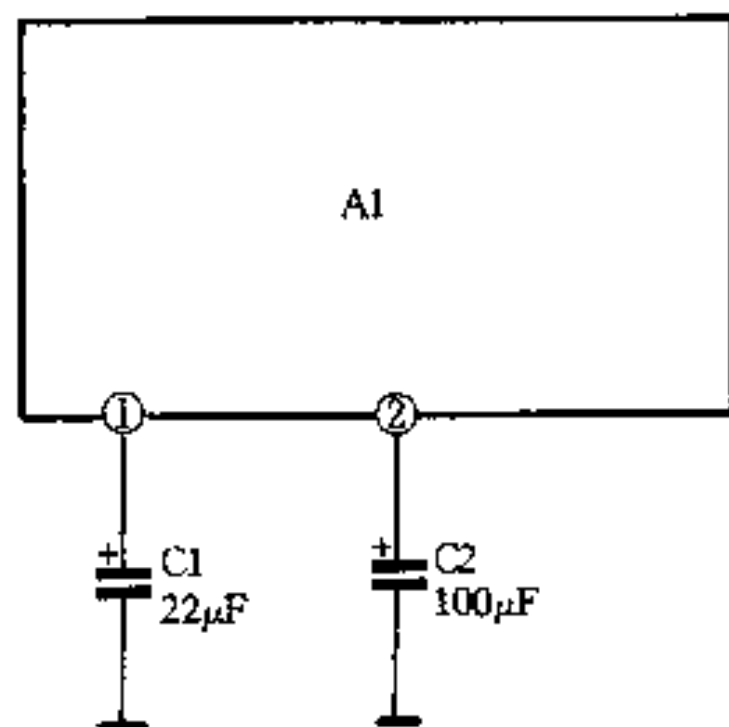


图 1-5 示意图

2. 内电路方框图资料

集成电路内电路方框图资料主要出现在集成电路手册中，此外一些整机电路图中的集成电路也会标出内电路方框图。

给出了集成电路内电路方框图，就可以知道集成电路的内电路组成、主要功能，还可得知这部分引脚的作用。这里以图 1-6 所示集成电路内电路方框图为例，说明方框图在分析集成电路工作原理时的作用。

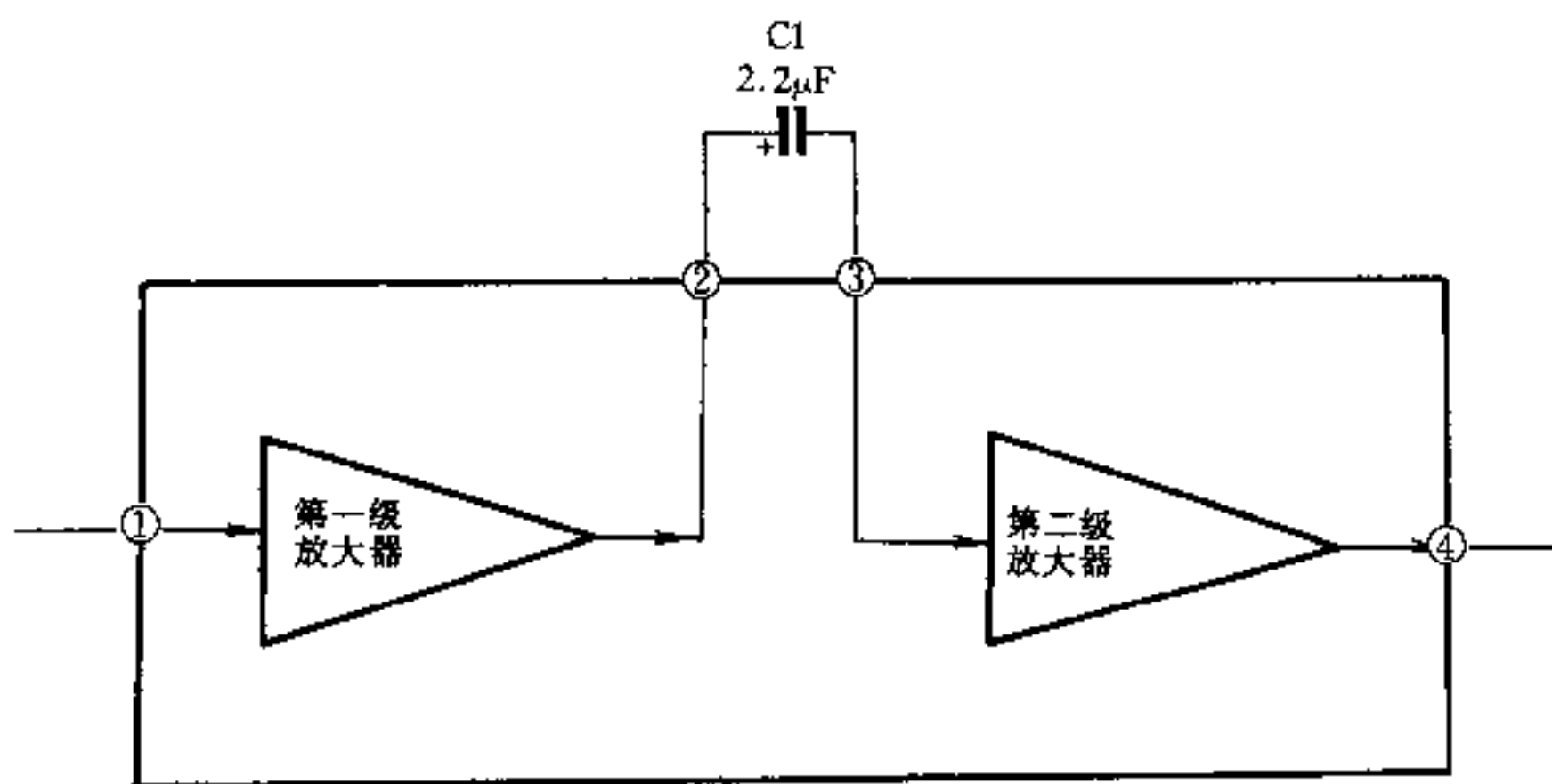


图 1-6 内电路方框图示意图

从这一方框图中可以看出，集成电路 A1 内部设有二级放大器，①脚是该集成电路的信号输入引脚，②脚是该集成电路第一级放大器的信号输出引脚，③脚是该集成电路内部第二级放大器的信号输入引脚，④脚是该集成电路的信号输出引脚。

电路中，②脚和③脚之间接有一只电容 C1，它是级间耦合电容，将该集成电路内电路中的二级放大器连接起来。如果没有集成电路的内电路方框图，就很难准确判断电容 C1 的具体作用，可见集成电路内电路的方框图对电路分析具有何等重要的作用。

3. 内电路资料

集成电路的内电路资料是很少的，在一些集成电路手册会给出一部分集成电路的内电路，且都是一些中、小规模集成电路。如图 1-7 所示，是某型号音频前置集成电路的内电路，这是一个功能非常简单的集成电路，但内电路却比较复杂。

在进行实际的电路分析时，由于集成电路的内电路一般比较复杂，所以很少对内电路进

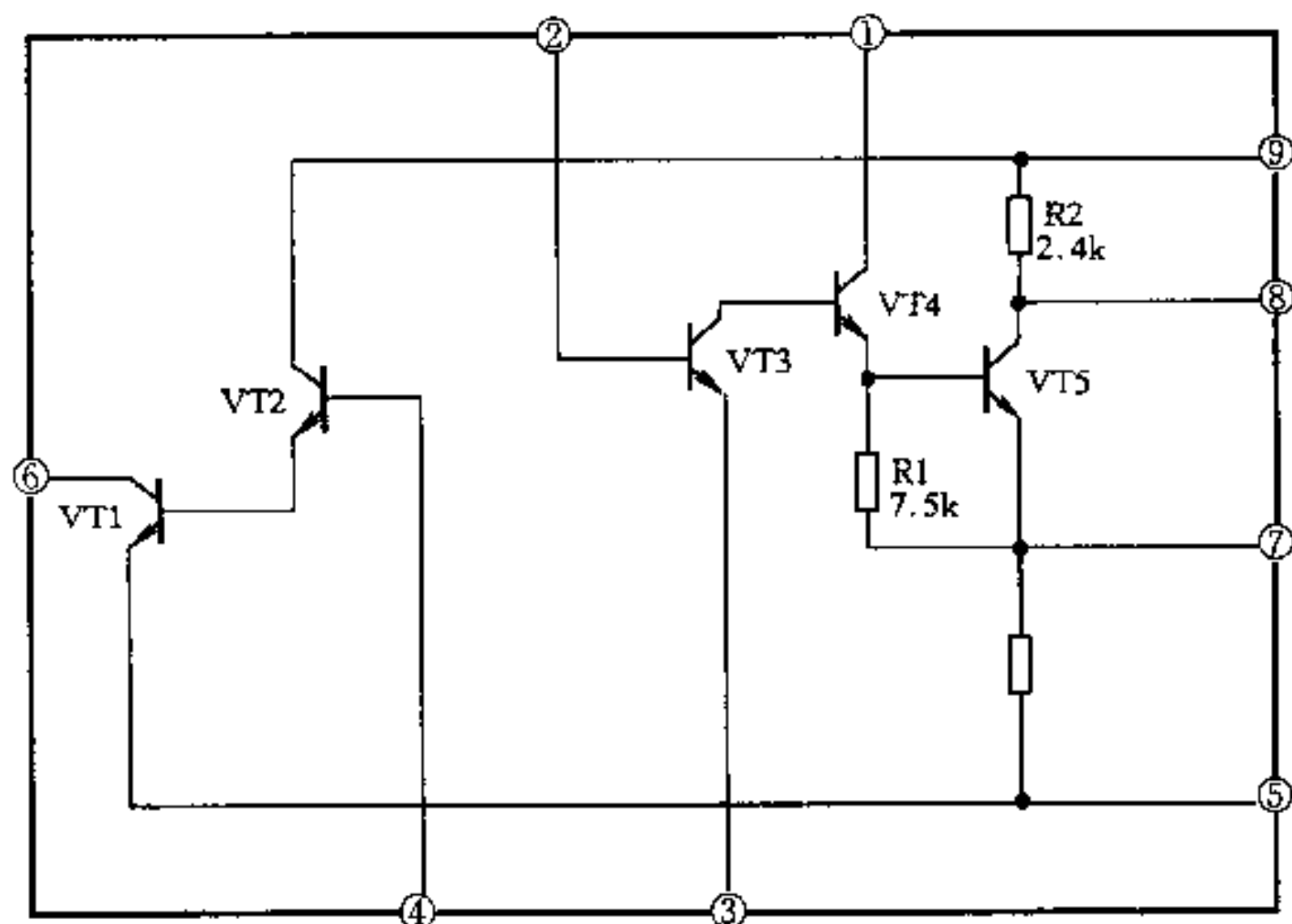


图 1-7 某集成电路内电路

行详细分析，在需要分析外电路工作原理时，最多是对连接某个引脚的局部内电路进行分析，这一点将在后面进行解说。

二、故障检修用资料解说

目前集成电路的检修资料有下列三种：(1)引脚直流电压资料；(2)引脚对地电阻值资料；(3)引脚信号波形资料。

在这三种中，引脚直流电压资料最为常见，且最为实用、有效，引脚信号波形资料主要出现在视频集成电路中。

1. 引脚直流工作电压资料

集成电路引脚的直流工作电压资料主要出现在整机电路图中，部分集成电路手册中也有这一资料，还有一些电子图书的附录和电子类杂志的合订本附录给出了这一资料，一些比较新的集成电路的引脚直流电压资料会出现在电子类杂志中。

集成电路的引脚直流电压资料是检修故障过程中最为重要的资料。修理中有了这一资料，对集成电路的故障判断准确性会大大提高，且便于检修。如表 1-15 所示就是这种检修资料。

表 1-15 某型号集成电路引脚直流工作电压资料

引脚号	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
有信号时直流电压(V)	4.2	12	3.8	3.8	1.1	7.5	0.8
无信号时直流电压(V)	4.2	12	3.7	3.7	0.94	7.5	5.5

这种检修资料有下列三种情况。

(1) 如表 1-15 一样, 将直流电压数据分成有信号和没有信号两种情况。

(2) 只给出一组直流电压数据时, 不说明是有信号还是没有信号。

(3) 还有一种情况是: 当集成电路工作在两种状态时, 如卡座中集成电路, 一种是工作在放音状态, 另一种是工作在录音状态, 这时集成电路的某个引脚的直流工作电压是不同的, 资料中也会加以说明, 如 2.2V (0V), 放音时为 2.2V, 录音时为 0V, 一般电路的常态(放音和录音两种中放音是常态)电压数据放在前面。

从上表中可以看出, 一些引脚在有信号和没有信号时的电压值相差不大, 而有的则相差很大, 在检修中这一点一定要搞清楚, 否则会产生误判。

所谓有信号是给集成电路通电, 并且集成电路中有信号。例如音响设备处于放音状态, 视频设备处于重放状态, 这时测量的引脚电压为有信号时的电压, 显然这是集成电路工作正常时的电压值, 若集成电路工作不正常, 则必然引起相关引脚上的直流电压值发生改变。故障检修中就是要寻找这些电压变化点, 以便判断故障部位和性质。

所谓无信号是给集成电路通电, 但不给集成电路输入信号。例如音响设备通电但不进入放音状态, 视频设备通电但不播放节目, 这时测量的引脚电压为无信号时电压, 若集成电路工作不正常, 则必然引起相关引脚上的直流电压值发生改变。

这里要注意一点: 一些书中的这一资料可能有误, 或是有偏差, 而整机电路图中出现的引脚直流电压数据最为准确。

在检修集成电路的过程中, 最困难的情况是没有该集成电路的引脚直流电压资料。

2. 引脚对地电阻值资料

引脚对地电阻值资料主要出现在一些电子类书刊的附录中, 只是一些常用的集成电路有这样的检修资料, 且都为实测的数据。举例说明, 如表 1-16 所示是某型号集成电路引脚对地电阻值资料举例。

表 1-16 某型号集成电路引脚对地电阻值资料

引 脚 号	在路电阻(kΩ)		开路电阻(kΩ)	
	红表棒测量 黑表棒接地	黑表棒测量 红表棒接地	红表棒测量 黑表棒接地	黑表棒测量 红表棒接地
①	1	1	6.7	7.3
②	0.8	0.8	3.4	6
③	13	17	35.8	7.9
④	12.5	16.1	45	8.7
⑤	5.1	5	55	5
⑥	12.8	17.5	65	12.5
⑦	6.6	6.6	5.9	7.8

集成电路引脚对地电阻值资料有以下两种。

(1) 在路电阻资料。这是指集成电路已经接入线路板之后所测量的某引脚与地线(接地引脚)之间的电阻值, 这一资料主要用于故障检修。

(2) 开路电阻值。这是集成电路还没有装入线路板时某引脚与接地引脚之间的电阻值,

这一资料主要用于购买集成电路时的质量检测，当然也可以用于怀疑集成电路已经损坏，且从线路板上拆下后的进一步验证检测。

在上述每一种资料中有两组测量阻值，一次是红表棒接地线(或是接地引脚)，黑表棒接某引脚所测量的阻值；另一个数据是红、黑表棒互换后再测量的数据。

在采用不同型号的万用表进行引脚对地电阻测量时会有一定的偏差，所以有的资料中会标注出采用什么型号万用表测量的数据，而在实际操作中很有可能没有同样型号的万用表，所以测量中会有一些偏差。如果测量中的偏差很大，说明集成电路已经损坏，若偏差小于5%则可以视为正常。

另外，集成电路的这种检测比较麻烦，操作的工作量比较大，需要对每个引脚进行两次测量，如果引脚数量多了，操作起来就显得相当不便，所以在检测集成电路故障时，一般不会首先采用这种检测方法。

这里要注意一点：一些书中的这一资料可能有误，或是有偏差。

3. 引脚信号波形资料

集成电路的引脚信号波形资料主要出现在绝大多数的整机电路图中，即绘在集成电路引脚附近，这种资料只出现在视频集成电路和一些伺服功能集成电路中，图 1-8 是某型号集成电路①脚上的信号波形示意图，对于音频集成电路等没有这种引脚信号的波形资料，因为检修中并不需要这种资料。

引脚信号波形资料是十分重要且非常有用的检修资料，当然集成电路工作正常时，①脚就应该有图示的信号波形，如果没有检测到这一信号波形则说明集成电路工作不正常。但是，这种检修资料只适合于仪器检修集成电路时使用，因为观察集成电路引脚上的信号波形需要有相应的信号发生器和示波器。

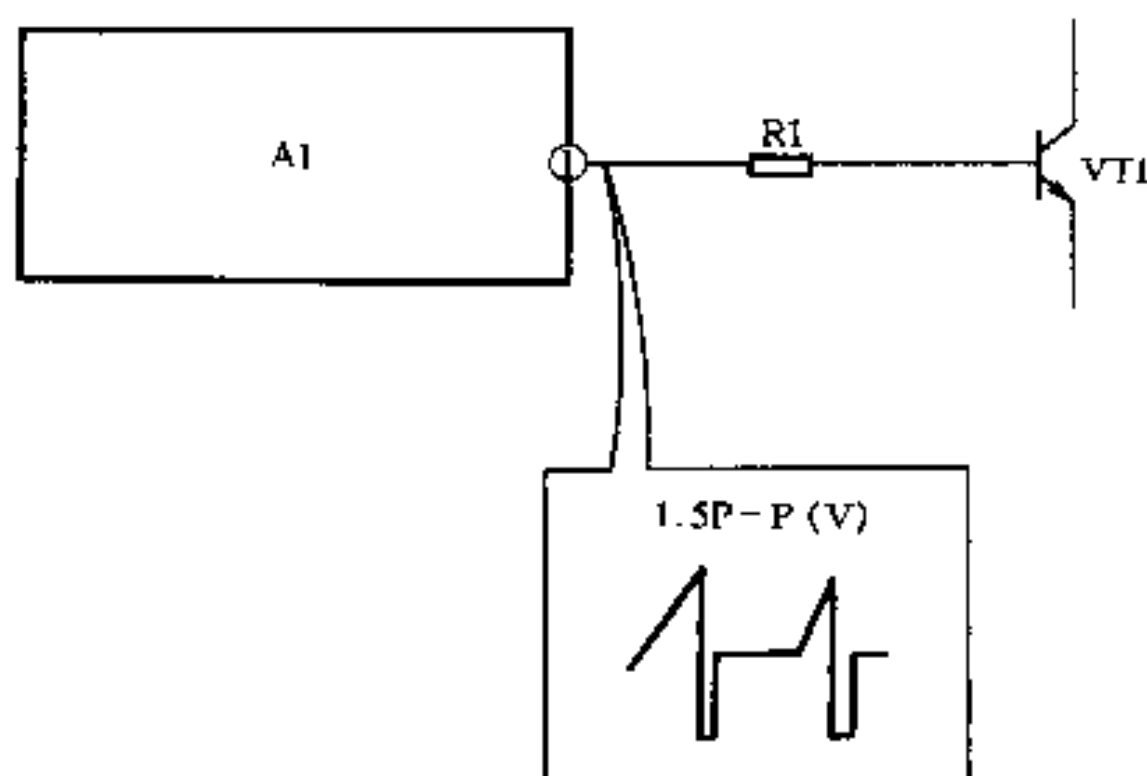


图 1-8 某型号集成电路①脚上的信号波形示意图

集成电路引脚的作用和识别方法与基本内电路

集成电路的引脚很多，各种用途的集成电路其各引脚的具体作用也是不同的，所以它们的引脚外电路也不相同。无论哪种功能或哪种类型的集成电路，它们都有一些作用相同的基本引脚，本章将介绍这些常用引脚的识别方法，掌握了这些常用引脚的识别方法，就可以分析各种类型集成电路的直流电压供给电路、接地引脚电路、信号的输入电路和输出电路，一个引脚最少的集成电路就是由这最基本的四根引脚组成，即电源引脚、接地引脚、信号输入引脚和信号输出引脚。每一种集成电路至少具有这四种功能的引脚，这一章先介绍各种集成电路这四根引脚外电路的一般特征和电路分析方法。

集成电路的基本内电路是分析集成电路内电路的基础，有些情况下，为了准确地分析某根引脚的外电路，还需要对该引脚内电路进行分析。

第一节 集成电路引脚分布规律及引脚号识别方法

在集成电路的引脚排列图中，可以看到它的各个引脚编号，如①脚、②脚、③脚等，在检修、更换集成电路过程中，往往需要在集成电路实物上找到相应的引脚。

例如，在一个9根引脚的集成电路中，要找到③脚。由于集成电路的型号很多，不可能根据型号去记忆它的各引脚位置，只能借助于集成电路的引脚分布规律，来识别形形色色集成电路的引脚号。

这里根据集成电路的不同封装形式，介绍各种集成电路的引脚分布规律和引脚号的识别方法。

一、识别引脚号意义重大

每一个集成电路的引脚都是确定的，这些引脚的序号与集成电路电路图中的编号是一一对应的。识别集成电路的引脚号对分析集成电路的工作原理和检修集成电路故障都有重要意义。

1. 识别引脚号对分析电路工作原理的作用

分析集成电路工作原理时，是根据电路图中集成电路的编号进行外电路的分析，仅这一点而言是没有必要进行集成电路的引脚号识别的。但是，在一些情况下由于没有集成电路及其外围电路的电路图，而需要根据电路实物画出它的电原理图时，就得用到集成电路的引脚号。

例如，先找出集成电路的第一根引脚，再观察线路板上哪些元器件与第一根引脚相连，这样可以先画出①脚的外电路图。用同样的方法，画出集成电路的各引脚外电路，就能得到该集成电路的电原理图。

2. 识别引脚号对检修故障的作用

对集成电路进行故障检修时，更需要识别集成电路的引脚号。下列几种情况都需要知道集成电路的引脚号。

(1) 测量某引脚上的直流工作电压，或观察某引脚上的信号波形。在故障检修中，往往依据电原理图进行分析，确定先测量某根引脚上的直流电压或观察信号波形，这时就得在集成电路的实物上找出该引脚。

(2) 查找线路板上的元器件时需要知道集成电路的引脚号。例如，要检查某集成电路⑨脚上的电容 1C7，因线路板上电容太多不容易找到，此时可先找到集成电路的⑨脚（因为线路板上的集成电路往往比较少），沿⑨脚铜箔线路就能比较方便地找到电容 1C7。

(3) 更换集成电路时，装上新的集成电路要对准原来的各引脚孔，方向装反了就会导致第一脚装在了最后一根引脚上。在一些线路板上，会标出集成电路的引脚号，如图 2-1 所示。从图中可看出，①脚在左边，⑨脚在右边，装上新集成电路时要识别出第一根引脚①脚，然后将第一根引脚对准线路板上的①脚孔。

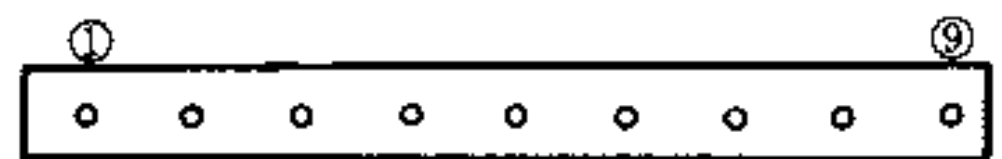


图 2-1 线路板上集成电路引脚号示意图

(4) 选配集成电路时需要知道引脚号。如果是同型号集成电路，进行直接代替时只要搞清楚引脚的方向即可，但有时需要进行改动代替，即新换上的集成电路与原集成电路之间的引脚号可能不对，或需要进行调整，或是在某引脚上另加元器件，这时就必须先识别集成电路的引脚号。

二、单列集成电路引脚分布规律及识别秘诀

单列集成电路有直插和曲插二种，二种单列集成电路的引脚分布规律相同，但在识别引脚号时则有所差异。

1. 单列直插集成电路

所谓单列直插集成电路就是它的引脚只有一列，且引脚为直的（不是弯曲的），这类集成电路的引脚分布规律可以用图 2-2 所示的示意图来说明。

在单列直插集成电路中，一般都有一个用来指示第一根引脚的标记。

图 2-2 (a)所示集成电路, 正面朝着自己, 引脚向下, 左侧端有一个小圆坑或其他标记, 是用来指示第一根引脚位置的, 即左侧端点的引脚为第一根引脚, 然后依次从左向右为各引脚。

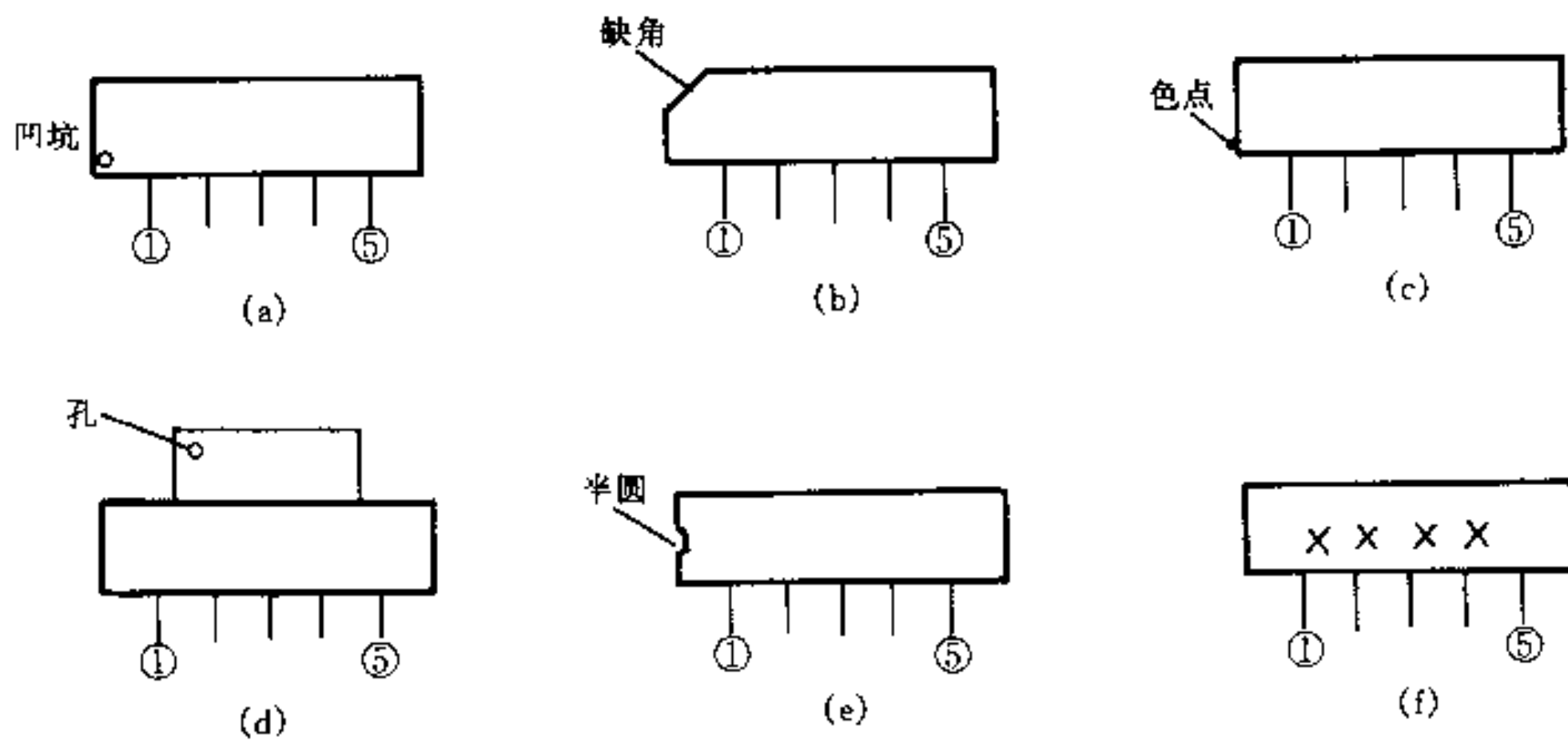


图 2-2 几种单列直插集成电路引脚分布示意图

图 2-2 (b)所示集成电路的左侧上方有一个缺角, 说明左侧端点第一根引脚为①脚, 依次从左向右为各引脚。

图 2-2 (c)所示集成电路左侧有一个色点, 用色点表示第一根引脚的位置, 也是从左向右依次为各引脚。

图 2-2 (d)所示集成电路, 在散热片左侧有一个小孔, 说明左侧端第一根引脚为①脚, 依次从左向右为各引脚。

图 2-2 (e)所示集成电路中左侧有一个半圆缺口, 说明左侧端第一根引脚为①脚, 依次从左向右为各引脚。

在单列直插集成电路中, 会出现图 2-2 (f)所示集成电路, 在外形上无任何第一根引脚的标记, 此时可将印有型号的一面朝着自己, 且将引脚朝下, 则最左端为第一根引脚, 依次为各引脚。

根据上述几种单列直插集成电路引脚分布规律, 除图 2-2 (f)所示集成电路外(这种情况很少见), 其他集成电路都有一个较为明显的标记(缺角、孔、色点等)来指示第一根引脚的位置, 而且都是自左向右依次为各引脚, 这是单列直插集成电路的引脚分布规律, 以此规律可以很方便地识别各引脚号。

2. 单列曲插集成电路

单列曲插集成电路的引脚也是呈一系列排列的, 但引脚不是直的, 而是弯曲的, 即相邻两根引脚弯曲方向不同。图 2-3 是几种单列曲插集成电路的引脚分布规律示意图。在单列曲插集成电路中, 将正面对着自己, 引脚朝下, 一般情况下集成电路的左边也有一个用来指示第一根引脚的标记。

图 2-3 (a)所示的曲插集成电路中, 它的左侧顶端上有一个半圆口, 表示左侧端点第一根引脚为①脚, 然后自左向右依次为各引脚, 见图中引脚分布所示。从图中可以看出, ①、

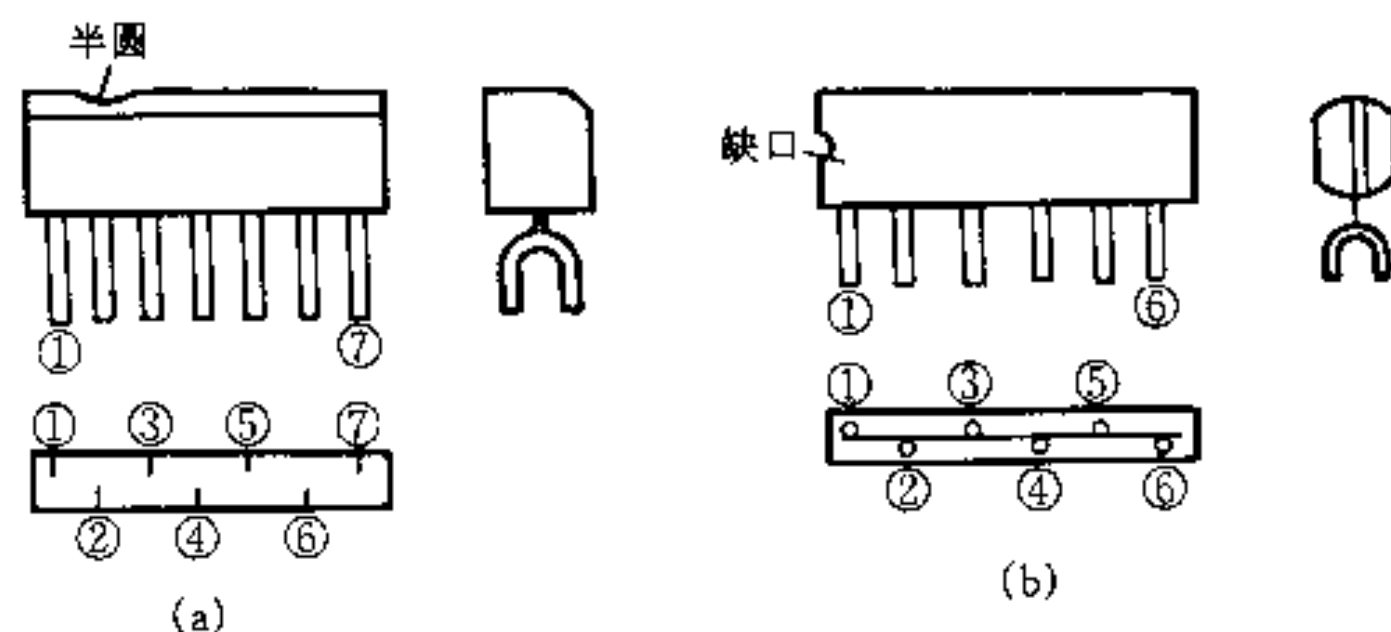


图 2-3 几种单列曲插集成电路引脚分布示意图

③、⑤单数引脚在弯曲一侧，②、④、⑥双数引脚在弯曲另一侧。

图 2-3 (b)所示的曲插集成电路中，它的左侧有一个缺口，此时最左端引脚为第一根引脚①脚，自左向右依次为各引脚，也是单数引脚在一侧排列，双数引脚在另一侧排列，见图中引脚分布所示。

单列曲插集成电路的外形远不止上述两种，但它们都有一个标记来指示第一根引脚的位置，然后依次从左向右为各引脚，单数引脚在一侧，双数引脚在另一侧，这是单列曲插集成电路的引脚分布规律，以此规律可以很方便地分辨出集成电路的各引脚号。

当集成电路上无明显标记时，可将集成电路型号一面朝着自己，引脚向下，然后最左侧第一根引脚是集成电路的①脚，从左向右依次为各引脚，且也是单数的引脚在一侧，双数引脚在另一侧。

三、双列集成电路引脚分布规律及识别秘诀

双列直插集成电路是使用量最多的一种集成电路，这种集成电路的外封装材料最常见的是塑料，也可以是陶瓷，集成电路的引脚分成两列，两列引脚数相等，引脚可以是直插的，也可以上曲插的，但曲插的双列集成电路很少见到。

二种双列集成电路的引脚分布规律相同，但在识别引脚号时则有所差异。

1. 双列直插集成电路

图 2-4 是 4 种双列直插集成电路的引脚分布示意图。在双列直插集成电路中，将印有型号的一面朝上，并将型号正对着自己，这时集成电路的左侧下方会有不同的标记来表示第一根引脚。

图 2-4 (a)所示双列直插集成电路中，它的左下端有一个凹坑标记，这用来指示左侧下端点第一根引脚为①脚，然后从①脚开始逆时针方向沿集成电路的一圈，各引脚依次排列，见图中的引脚排列示意图。

图 2-4 (b)所示双列直插集成电路中，它的左侧有一个半圆缺口，此时左侧下端点的第一根引脚为①脚，然后逆时针方向依次为各引脚，具体引脚分布见图中所示。

图 2-4 (c)所示是陶瓷封装双列直插集成电路，它的左侧有一个标记，此时左下方第一根脚为①脚，然后逆时针方向依次为各引脚，见图中引脚分布所示。注意，如果将这一集成

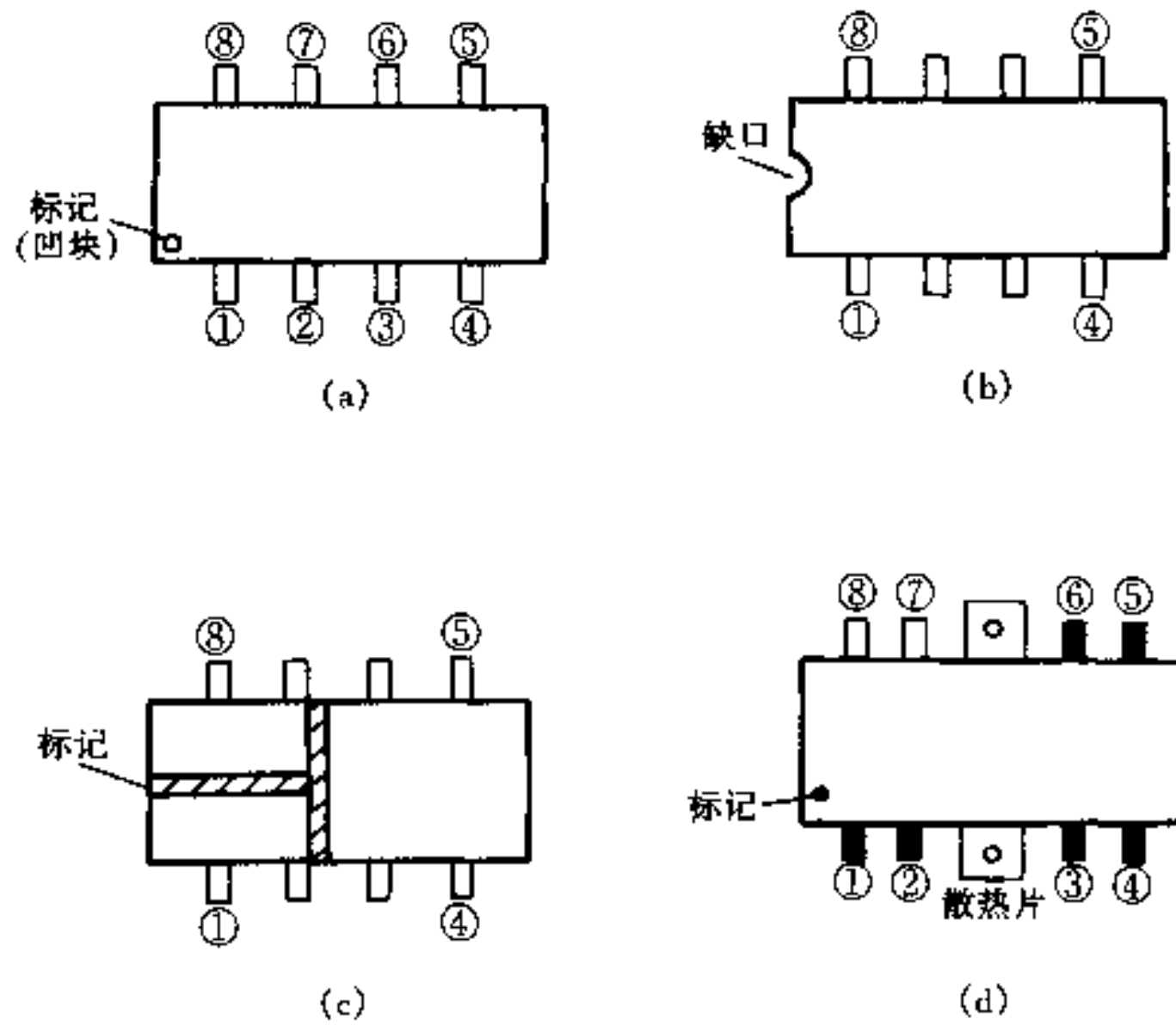


图 2-4 4 种双列直插集成电路引脚分布示意图

电路标记的放到右边时，引脚识别方向就错了。

图 2-4 (d) 所示双列直插集成电路中，它的引脚被散热片隔开，在集成电路的左侧下端有一个黑点标记，此时左下方第一根引为①脚，也是逆时针方向依次为各引脚(散热片不算)。

2. 双列曲插集成电路

图 2-5 是双列曲插集成电路引脚分布示意图，它的特点是引脚在集成电路的两侧排列，每一列的引脚还曲插(如同单列曲插一样)。

将印有型号一面的朝上，且将型号正对着自己，可见集成电路的左侧有一个半圆缺口，此时左下方第一根引脚为①脚，逆时针方向依次为各引脚。在每一列中，引脚是依次排列的，如同单列的一样。

3. 无标记双列直插集成电路

图 2-6 所示是无引脚识别标记的双列直插集成电路，它无任何明显的引脚识别标记，此时可将印有型号的一面朝着自己正向放置，则左侧下端第一个引脚为①脚，逆时针方向依次为各引脚，参见图中引脚分布。

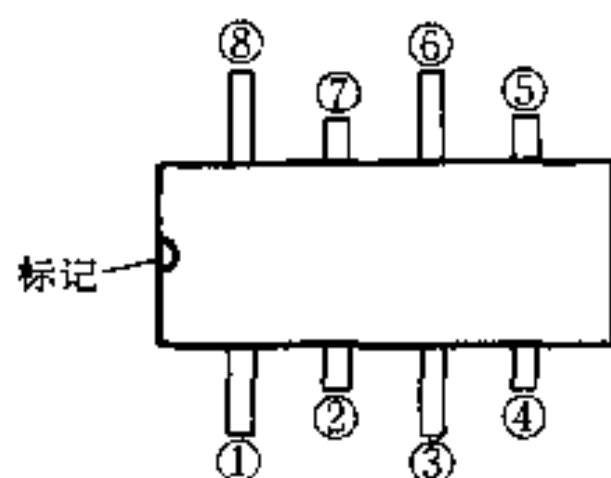


图 2-5 双列曲插集成电路
引脚分布示意图

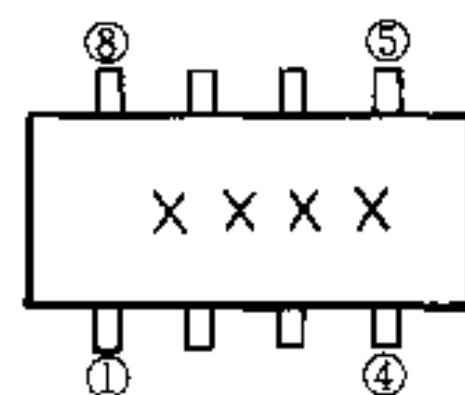


图 2-6 无引脚识别标记双列
直插集成电路引脚分布示意图

上面介绍的几种双列集成电路外形仅是众多双列集成电路中的几种，除最后一种集成电路外，一般都有各种形式的明显引脚识别标记，指明第一根引脚的位置，然后逆时针方向依次为各引脚，这是双列直插集成电路的引脚分布规律。

四、四列集成电路引脚分布规律和识别秘诀

四列集成电路的引脚分成四列，且每列的引脚数相等，所以这种集成电路的引脚是4的倍数。四列集成电路常见于贴片式集成电路和大规模集成电路和数字集成电路中，图2-7是四列集成电路引脚分布示意图。

将四列集成电路正面朝上，且将型号朝着自己，可见集成电路的左下方有一个标记，则左下方第一根引脚为①脚，然后逆时针方向依次为各引脚。如果集成电路左下方没有这一引脚识别标记，也是将集成电路如同图示一样放好，将印有型号面朝上，且正向面对自己，此时左下角的即为①脚。

这种四列集成电路许多是贴片式的，或称无引脚集成电路，其实这种集成电路还是有引脚的，只是很短，引脚不伸到线路板的背面，所以这种集成电路直接焊在印制线路这一面上，引脚直接与铜箔线路相焊接。

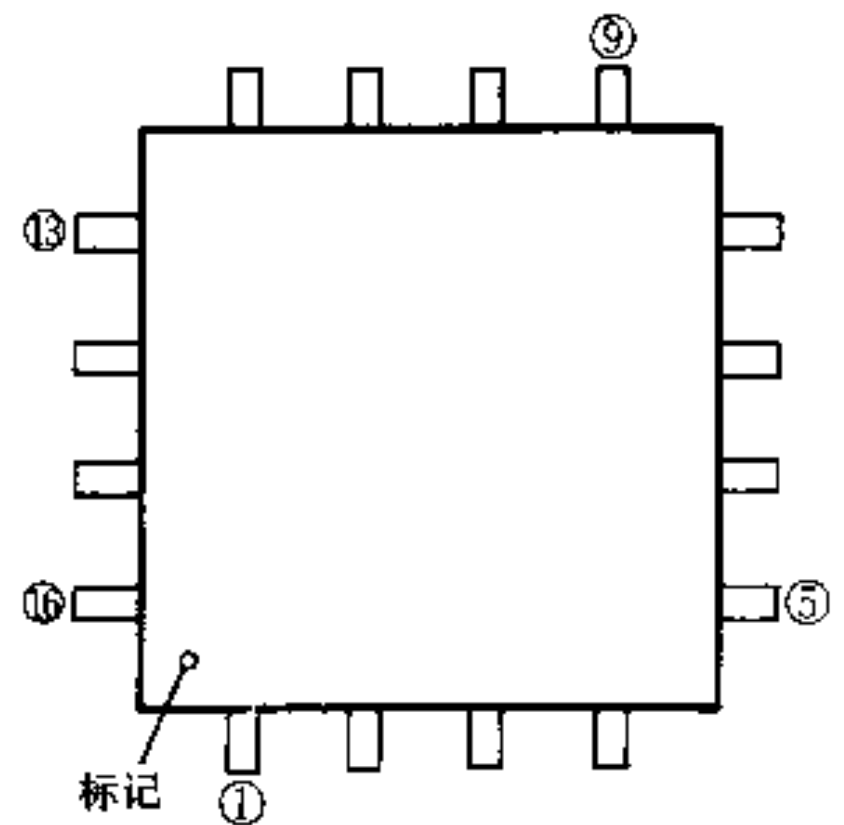


图 2-7 四列集成电路引脚分布示意图

五、金属封装集成电路引脚分布规律和识别秘诀

采用金属封装的集成电路现在已经比较少见，过去生产的集成电路常用这种封装形式。图2-8是金属封装集成电路的引脚分布示意图。这种集成电路的外壳是金属圆帽形的，引脚识别方法为：将引脚朝上，从突出键标记端起为①脚，顺时针方向依次为各引脚。

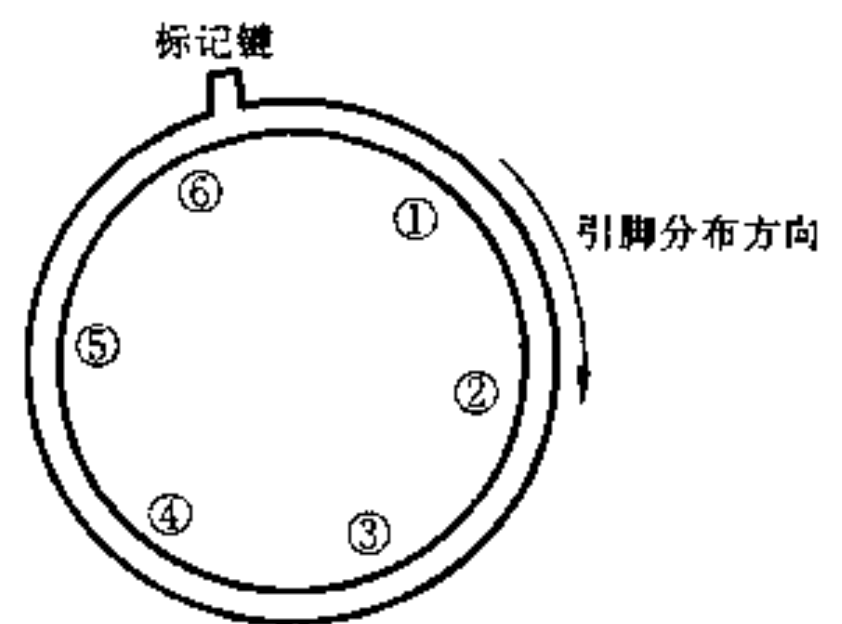


图 2-8 金属封装集成电路引脚分布示意图

六、反向分布集成电路引脚分布规律和识别秘诀

前面介绍的集成电路引脚分布规律和识别方法均为引脚正向分布的集成电路，即引脚是从左向右依次分布，或从左下方第一根引脚逆时针方向依次分布，集成电路的这种引脚分布为正向分布，但集成电路引脚还有反向分布的。

1. 引脚反向分布的单列集成电路

对于反向分布的单列集成电路，将集成电路型号一面正向对着自己，引脚朝下时第一根引脚在最右下方，从右向左依次分布各引脚，这一分布规律恰好与正向分布的单列集成电路相反。

2. 引脚反向分布的双列集成电路

对于反向分布的双列集成电路，将集成电路型号一面朝上，且正向对着自己，引脚朝下时第一根引脚在左侧上方(即引脚正向分布双列集成电路的最后一根引脚)，顺时针方向依次分布各引脚，这一引脚分布规律与引脚正向分布的双列集成电路相反。

引脚正向、反向分布规律可以从集成电路型号上看出，例如音频功放集成电路 HA1366W 引脚为正向分布，HA1366WR 引脚为反向分布，它们的不同之处是在型号最后多一个大写字母 R，R 表示这一集成电路的引脚为反向分布。

像 HA1366W 和 HA1366WR 这样引脚正、反向分布的集成电路，其内部电路结构、性能参数相同，只是引脚分布相反。HA1366W 的第一根引脚为 HA1366WR 的最后一根引脚，HA1366W 的最后一根引脚为 HA1366WR 的第一根引脚。

同型号的正向、反向集成电路之间进行直接代换时，对于单列直插集成电路可以反个方向装入即可，对于双列集成电路则要将换上的集成电路装到原线路板的背面。

第二节 集成电路电源引脚和接地引脚 识别秘诀和外电路分析

一、分析电源引脚和接地引脚的实用意义

1. 电源引脚的功能

集成电路的电源引脚用来将整机整流滤波电路输出的直流工作电压加到集成电路的内部电路中，为整个集成电路的内电路提供直流电源。

2. 接地引脚功能

集成电路的接地引脚用来将集成电路内电路中的地线与整机线路中的地线接通，使集成电路的电流形成回路。

3. 对电路原理分析的意义

在进行集成电路工作原理分析时，对电源引脚和接地引脚的识别和外电路的分析具有下列几个方面的实际意义。

a. 分析集成电路的直流电源电路工作原理时，首先要找出集成电路的电源引脚，在有多个电源引脚时，要分清各根电源引脚的具体作用。

b. 功率放大器集成电路的电源引脚在外电路与整机电源电路相连，这样在知道了集成电路的电源引脚后即可分析整机的直流电压供给电路，反过来在知道了整机直流电压供给电路后，可以找出功率放大器集成电路的电源引脚。

c. 在分析整机电路的直流电压供给电路时，为方便起见可以先找出附近电路中的集成

电路电源引脚，这样就能找出整机直流电压供给电路。

d. 集成电路的接地引脚接整机电路的地线，找到了集成电路的接地引脚，就能方便地找出整机电路的地线。

4. 对故障检修的意义

在进行集成电路故障检修时，对电源引脚和接地引脚的识别和外电路的分析具有下列几个方面的实用意义。

a. 在检修集成电路故障时，重点是检查它的直流电压供给情况，首先要测量集成电路电源引脚上的直流工作电压，它的直流工作电压在集成电路各引脚中最高，这一点要记住。有一个特殊情况是，具有自举电路的功率放大器集成电路，在大信号时自举引脚上的直流电压可以高于电源引脚上的直流电压。

b. 当集成电路各个引脚上均没有直流电压时，这时要检查集成电路电源引脚上是否有直流工作电压；当测量某些引脚上的直流电压偏低或偏高时，这时要测量电源引脚上的直流工作电压是否正常，因为电源引脚直流电压不正常，将会影响集成电路其他引脚上的直流工作电压大小。

c. 有时为了进一步证实集成电路有无故障，需要测量集成电路的静态工作电流，此时要找出集成电路的电源引脚。

d. 当集成电路电源引脚上有直流工作电压，但没有电流流过集成电路时，要检查集成电路的接地引脚是否正常接地。因为当集成电路的接地引脚与线路板地线开路后，因电路不成回路而无电流。

二、电源引脚和接地引脚种类

1. 电源引脚种类

除开关电源集成电路、稳压集成电路外，每一种集成电路一定有电源引脚，这一引脚用来给集成电路的内部电路提供直流工作电压。

一般情况下，集成电路的电源引脚只有一根，但是在下列几种情况下可能有多根电源引脚，或有与电源相关的引脚，或者集成电路没有电源引脚。

关于集成电路的电源引脚种类，有下面几点需要说明。

(1) 多于二根的电源引脚

集成电路在下列两种情况下有多于一根的电源引脚。

a. 一般情况下双声道的集成电路也只有一根电源引脚，但部分的双声道音频功率放大器集成电路，左、右声道各有一根电源引脚，这时集成电路就会有两根电源引脚。

b. 在采用正、负电源供电的电路中，集成电路有两根电源引脚，一根是正电源引脚，另一根是负电源引脚。关于正、负电源引脚的情况将在后面详细介绍，电源引脚与接地引脚之间的组合也有许多种。

(2) 负电源引脚。负电源引脚是相对于正电源引脚而言的，集成电路正常工作时使用直流工作电压，这种电压是有极性的。当采用正极性直流电压供电时，集成电路的电源引脚接

直流电源的正极；当采用负极性直流电压供电时，集成电路的电源引脚接直流电源的负极，此时集成电路电源引脚就是负电源引脚。

(3) 没有电源引脚。集成电路工作时都是需要直流工作电压的，所以必须有一个正的或负电源引脚，但是对于电源开关集成电路和稳压集成电路，因为输入信号就是直流电压，所以这种集成电路就可以没有电源引脚，如图 2-9 所示，这一点与其他类型集成电路有所不同。

图 2-9 (a) 是电源开关集成电路 STR6020 的内电路方框图，它共有 5 根引脚，没有电源引脚，300V 的直流电压从①脚输入，经过这一集成电路控制后的 110V 直流电压从④脚输出。在这种集成电路中，集成电路内部的电子电路也是需要直流工作电压的，只是不再专门设置电源引脚，而是用了①脚所输入的直流电压，通过内电路的降压电路得到所需要的直流工作电压，这样集成电路就没有专门的电源引脚。

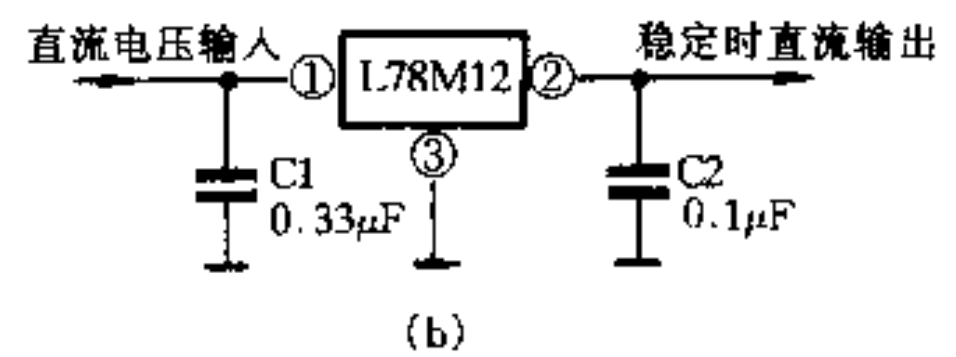
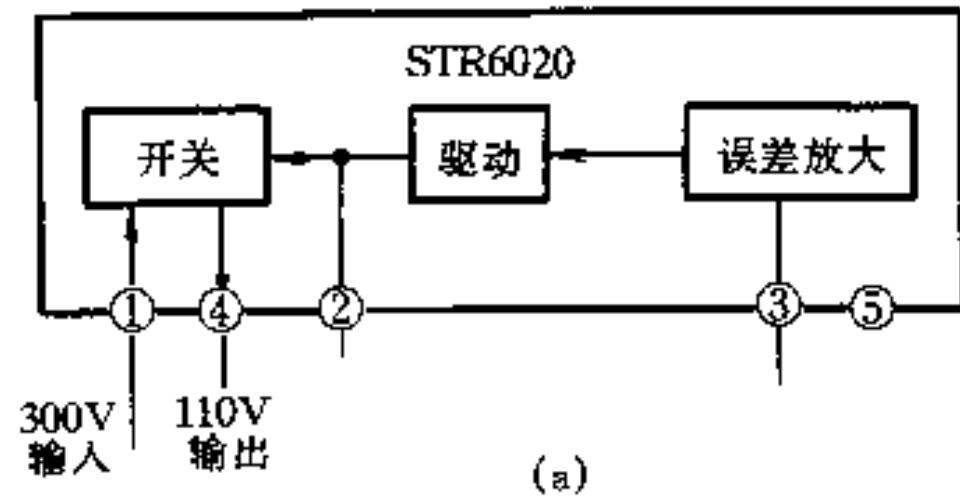


图 2-9 没有电源引脚的两种集成电路示意图

图 2-9 (b) 所示是常见的三端稳压集成电路示意图，图中为 L78M12，这种电源集成电路只有三根引脚。①脚是未经稳压的直流电压输入引脚，②脚是经过这一集成电路稳压后的直流电压输出引脚，③脚是接地引脚。这一集成电路内电路所需要的直流工作电压是由①脚输入电压提供的。

(4) 前级电路电源输入引脚。在一部分集成电路中，除了有一个电源引脚外，还有一个前级电源输入引脚，可用图 2-10 所示电路来说明这两种电源引脚的作用和外电路。这是一个厚膜音频功率放大器集成电路，⑦脚是这集成电路的电源引脚，直流工作电压 $+V_{CC}$ 通过⑦脚加到内电路的输出级放大器电路中。

从这一集成电路的内电路方框图中可以看出，前级电路与输出级电路之间的直流工作电压没有联系，前级电路所需要的直流工作电压是通过⑨脚提供的，直流工作电压 $+V_{CC}$ 通过 R_1 和 C_1 构成的退耦电路，从⑨脚加到内电路的前级电路中。无论是单声道的集成电路还是双声道的集成电路，其前级电源引脚都只有一根。

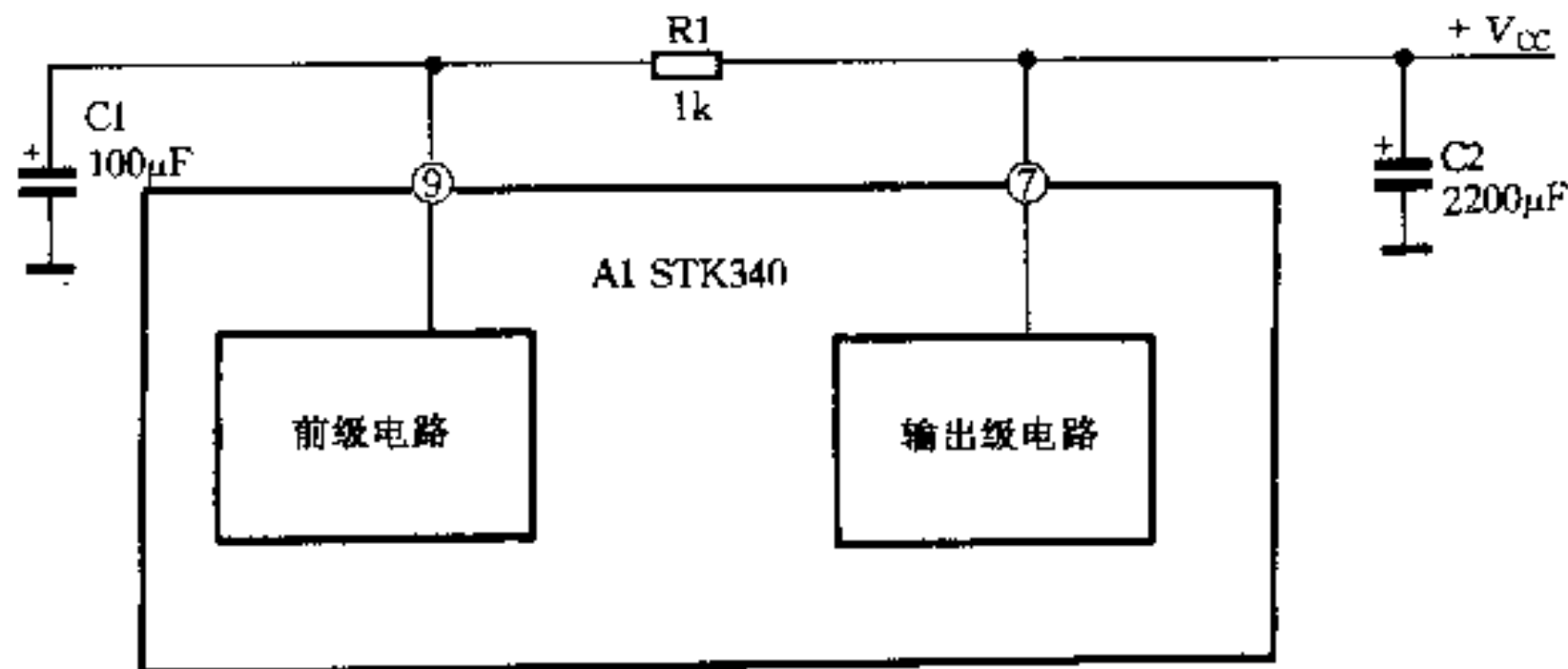


图 2-10 具有前级电源输入引脚的集成电路

(5) 前级电源输出引脚。在部分集成电路中设置了电子滤波电路，这样可以输出经过电子滤波器后的直流工作电压，供给前级电路使用，图 2-11 是具有前级电源输出引脚的集成电路示意图。

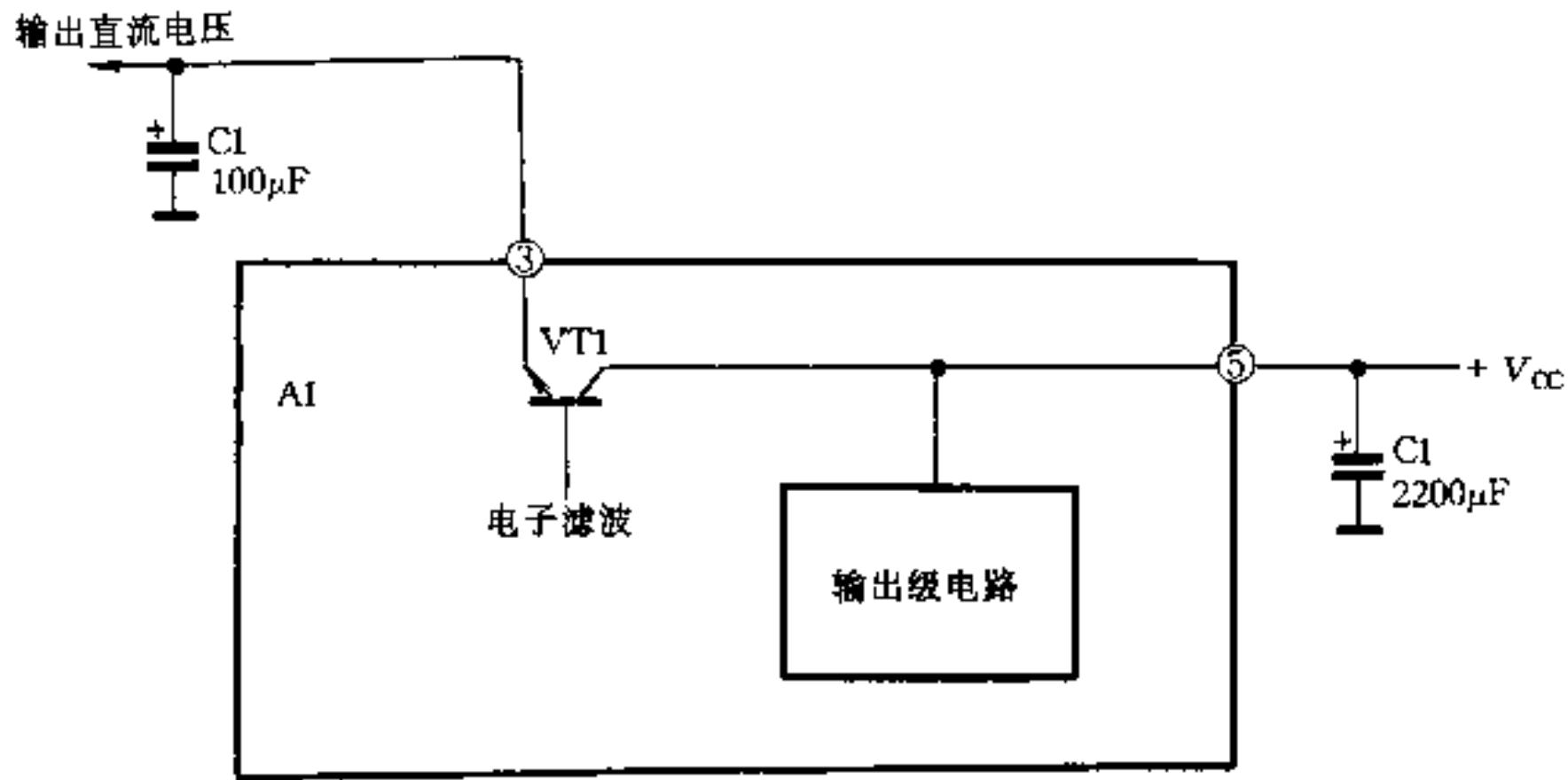


图 2-11 具有前级电源输出引脚的集成电路

图 2-11 中，⑤脚是这一集成电路的电源引脚，直流工作电压 $+V_{CC}$ 经⑤脚加到集成电路内电路中，一方面给内电路供电，同时加到了电子滤波管 VT1 管的集电极，经过这一电子滤波器后的直流电压从 VT1 管发射极输出，即从集成电路的③脚输出，供给前级的电路使用。所以，③脚是具有输出直流工作电压功能的电源输出引脚。

电路中，电容 C1 为前级电源的滤波电容，C2 为集成电路 A1 的电源滤波电容。

(6) 开关电源集成电路、稳压集成电路没有电源引脚，因为这两种集成电路处理的信号就是直流电压，内电路所需要的直流工作电压由输入引脚的直流电压提供，所以就不必再另设电源引脚。

(7) 部分的电子开关集成电路也没有电源引脚，这一点将在后面本章信号输入引脚一节中说明。

2. 接地引脚种类

接地引脚用来将集成电路内部电路的地线与外电路中的地线接通，集成电路内电路的地线与内电路中的各接地点相连，然后通过接地引脚与外电路地线相连，构成电路的电流回路。

关于集成电路接地引脚的种类需要说明下列几点。

(1) 一般情况下集成电路只有一根接地引脚。如图 2-9 所示电路，③脚是集成电路 L78M12 的接地引脚。

(2) 左、右声道接地引脚。在部分双声道的集成电路中，左、右声道的接地引脚是分开的，即左声道一个接地引脚，右声道一个接地引脚，这两个接地引脚在集成电路内电路中互不相连。在集成电路的外电路中，将这两根引脚分别接地，图 2-12 是这种集成电路接地引脚示意图。

电路中，厚膜音频功率放大器集成电路 STK437 的④脚是左声道电路接地引脚，⑫脚是

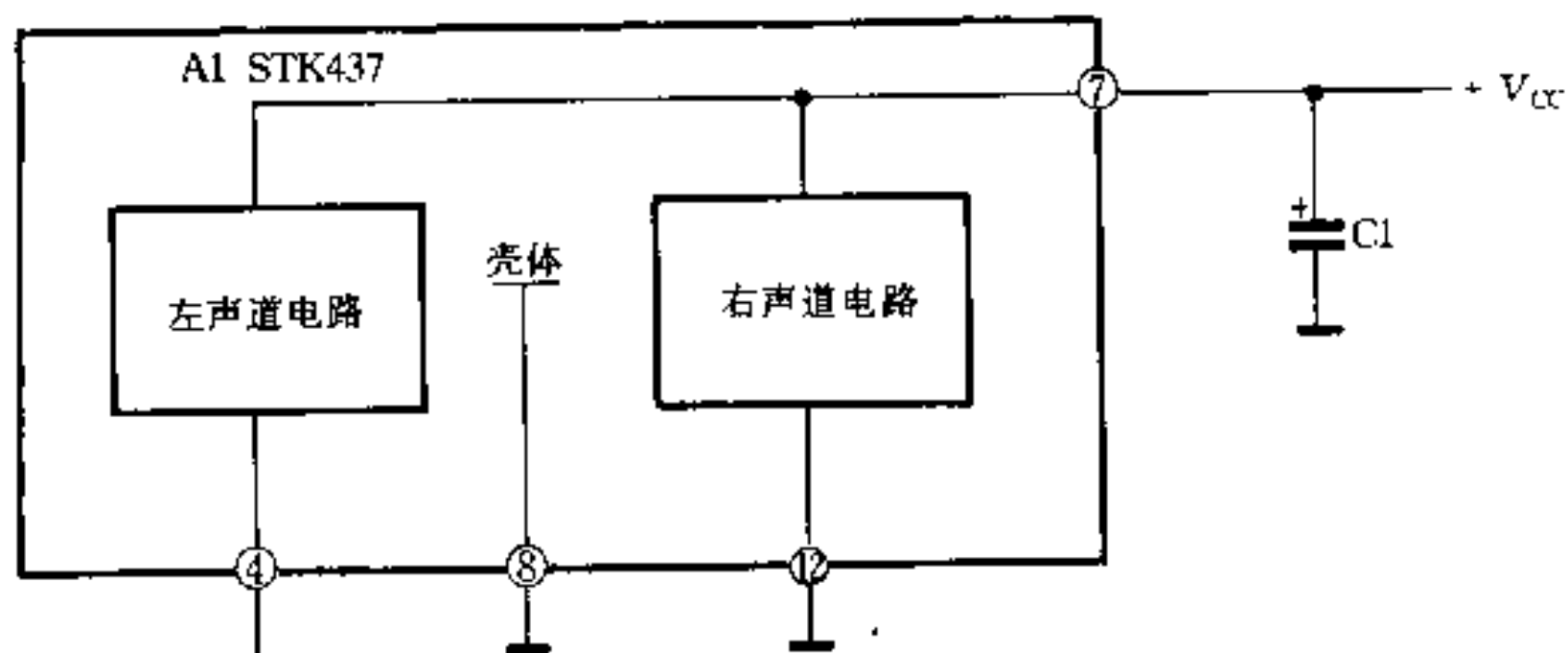


图 2-12 双声道集成电路左、右声道各一根接地引脚示意图

右声道电路的接地引脚，⑦脚是两声道共用的电源引脚，⑧脚也是一个接地引脚，为集成电路的壳体接地引脚，集成电路工作时这一引脚也要接线路板的地线。

(3) 前、后级电路接地引脚。在一些大规模集成电路中，由于内电路非常复杂，为了防止前级电路和后级电路之间的相互干扰，分别在前级电路和后级电路设置接地引脚，图 2-13 是这种集成电路的前、后级电路接地引脚示意图。

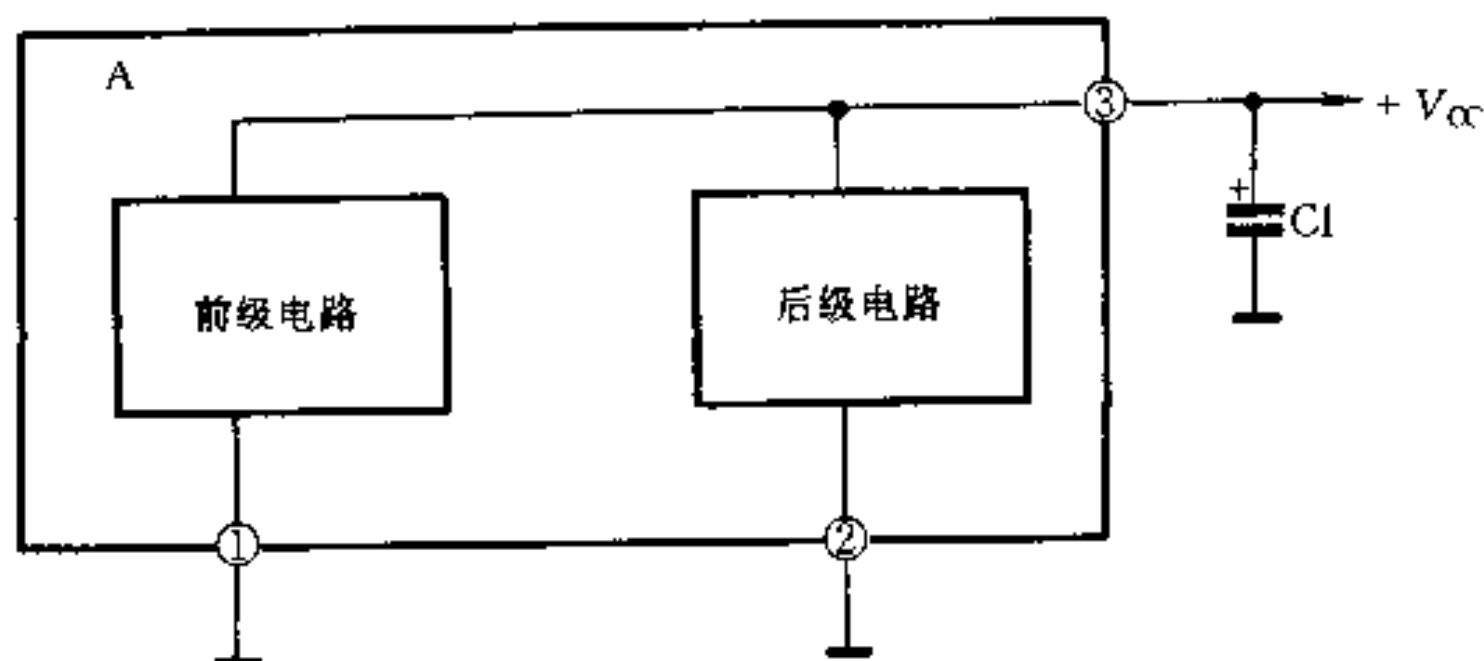


图 2-13 集成电路前、后级电路各一根接地引脚示意图

图 2-13 中，①脚是集成电路的前级电路接地引脚，②脚则是后级电路的接地引脚，③脚是电源引脚。

一些复合功能的集成电路中，两个接地引脚不是分成前级接地和后级接地，而是一个功能电路有一个接地引脚，另一个功能电路再设置另一个接地引脚。

(4) 衬底接地引脚。在一些集成电路中另设一个衬底接地引脚，如图 2-12 所示电路中的⑧脚，为壳体接地引脚。这一接地引脚与集成电路的内电路不相连，在使用时将这一接地引脚接线路板的地线。这时，集成电路可能是 2 根接地引脚，也可能是 3 根接地引脚，图 2-12 所示集成电路就有 3 根接地引脚。

(5) 个别集成电路中可以没有接地引脚。在一部分采用正、负对称电源供电的集成电路中就可以没有接地引脚，这一电路将在后面电路中介绍。

三、电源引脚和接地引脚四种电路组合形式及外电路分析

集成电路的电源引脚和接地引脚有下列四种电路组合形式。

- (1) 正极性电源供电电路，一根正极性电源引脚，一根接地引脚。
- (2) 负极性电源供电电路，一根负极性电源引脚，一根接地引脚。
- (3) 正、负极性电源供电电路，一根正极性电源引脚，一根负极性电源引脚，一根接地引脚。
- (4) 正、负极性电源供电电路，一根正极性电源引脚，一根负极性电源引脚，没有接地引脚。

1. 正极性电源供电电路

图 2-14 是集成电路的正极性电源供电电路，有一根正极性电源引脚，有一根接地引脚。电路中， $+V_{CC}$ 为正极性的直流工作电压，A1 为集成电路。②脚是电源引脚，直流工作电压 $+V_{CC}$ 通过②脚加入内电路中，为内电路提供所需要的直流工作电压，②脚外电路是与整机直流电压供给电路相连的，C1 是直流电压的高频滤波电容，C2 是直流电压滤波电容。注意，电容 C1 是一只容量很小的电容，在电路中起高频滤波的作用，即当电源回路中有高频干扰时，由这只小容将高频干扰旁路到地线。在前级电路中的集成电路电源电路引脚外电路不会出现这种作用的电容，它一般只出现在功率放大集成电路的电源电路中。①脚是接地引脚，与外电路中的地线相连。③脚是集成电路 A1 的信号输入引脚，④脚是信号输出引脚。

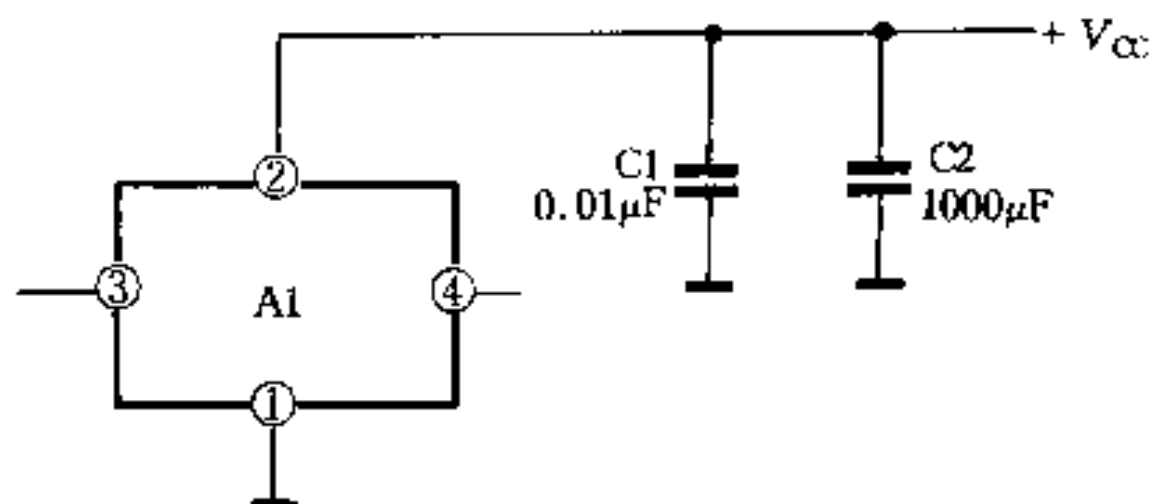


图 2-14 集成电路的正电源引脚和接地引脚

在这种结构的电路中，电流的回路为：直流电流从 $+V_{CC}$ 端出发，经集成电路 A1 的②脚进入内电路，然后从①脚流出，经地线到达电源的负极形成回路（在正极性供电的电路中，电源的负极是接地的）。

2. 负极性电源供电电路

集成电路除可以采用正极性直流电压供电外，还可以采用负极性的直流电压供电，如图 2-15 (a) 所示。电路中，①脚是接地引脚，②脚是负电源引脚，接负电源 $-V_{CC}$ 。③脚是集成电路 A1 的信号输入引脚，④脚是信号输出引脚。C1 和 C2 分别是电源的高频滤波电容和低频滤波电容。

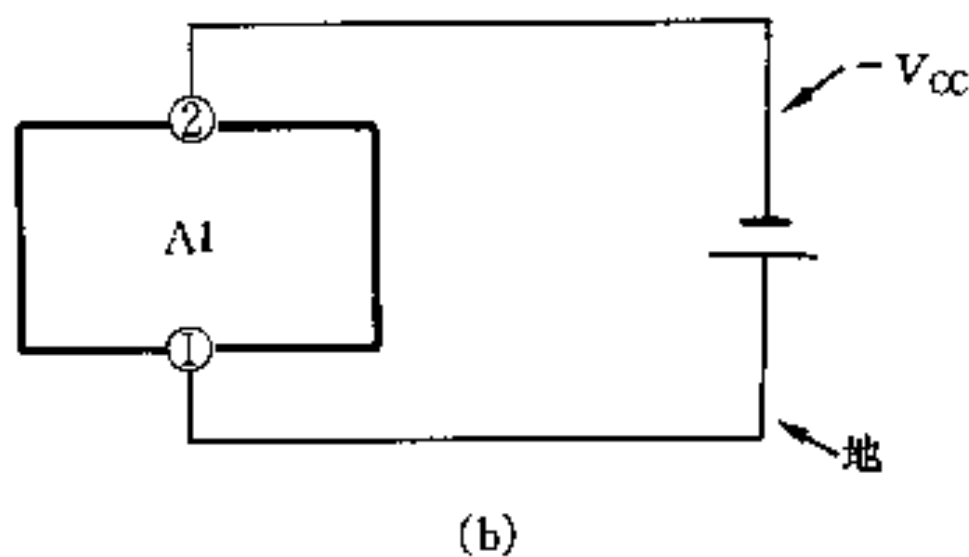
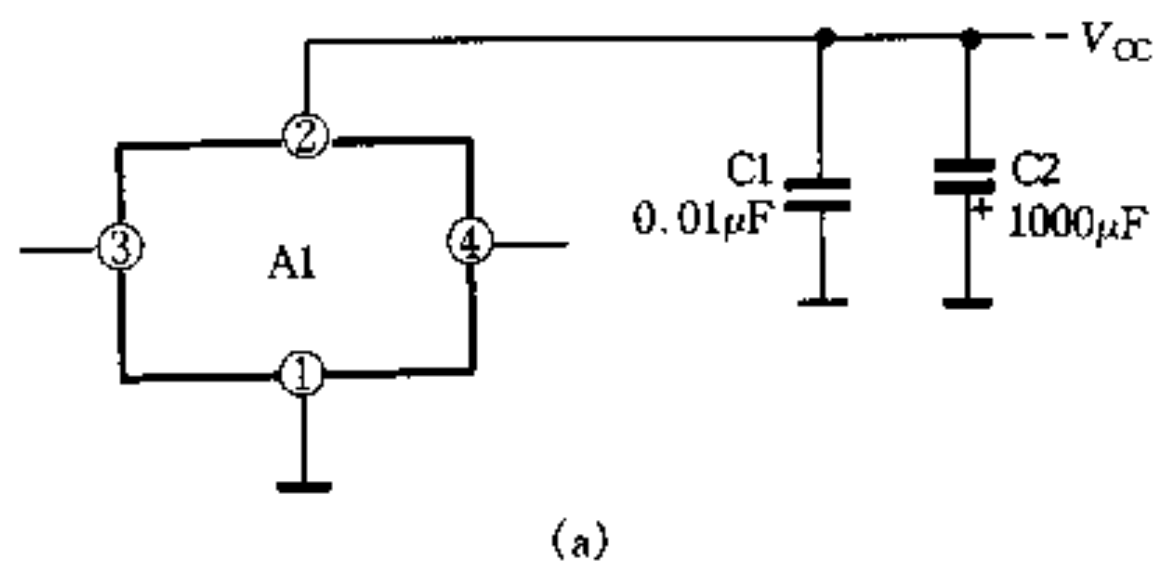


图 2-15 集成电路负电源引脚和接地引脚电路

负极性电源供电的情况不是很多，通常是采用正极性的电源供电。在分析负极性电源供电的集成电路时要注意，电源引脚上接滤波电容 C2 的正极接地，因为此时电路中地端的电位最高。检修中，更换这一电路中的电容时要注意，切不可将正、负极引脚接反，否则会引起新装上的电容爆炸。

在负极性供电的电路中，电路中的电流回路为：在图 2-15 (b) 所示的负电源供电等效电路中，电源电路用熟悉的电池等效， $-V_{CC}$ 端就是电池的负极，地线端就是电源的正极，所以电流从地端流出，经集成电路 A1 的①脚流入内电路，然后内电路中所有的电流从负电源端②脚流出，回到电池的负极 $-V_{CC}$ 端形成回路。

3. 正、负极性电源供电电路之一

集成电路除可以单独采用正电源或负电源供电外，还可以采用正、负极直流电源同时供电。在正、负电源供电电路中，一般是采用正、负对称电源供电，即正电源电压大小的绝对值等于负电源电压大小的绝对值。图 2-16 (a) 是采用正、负对称电源供电的集成电路，为没有接地引脚的电路。

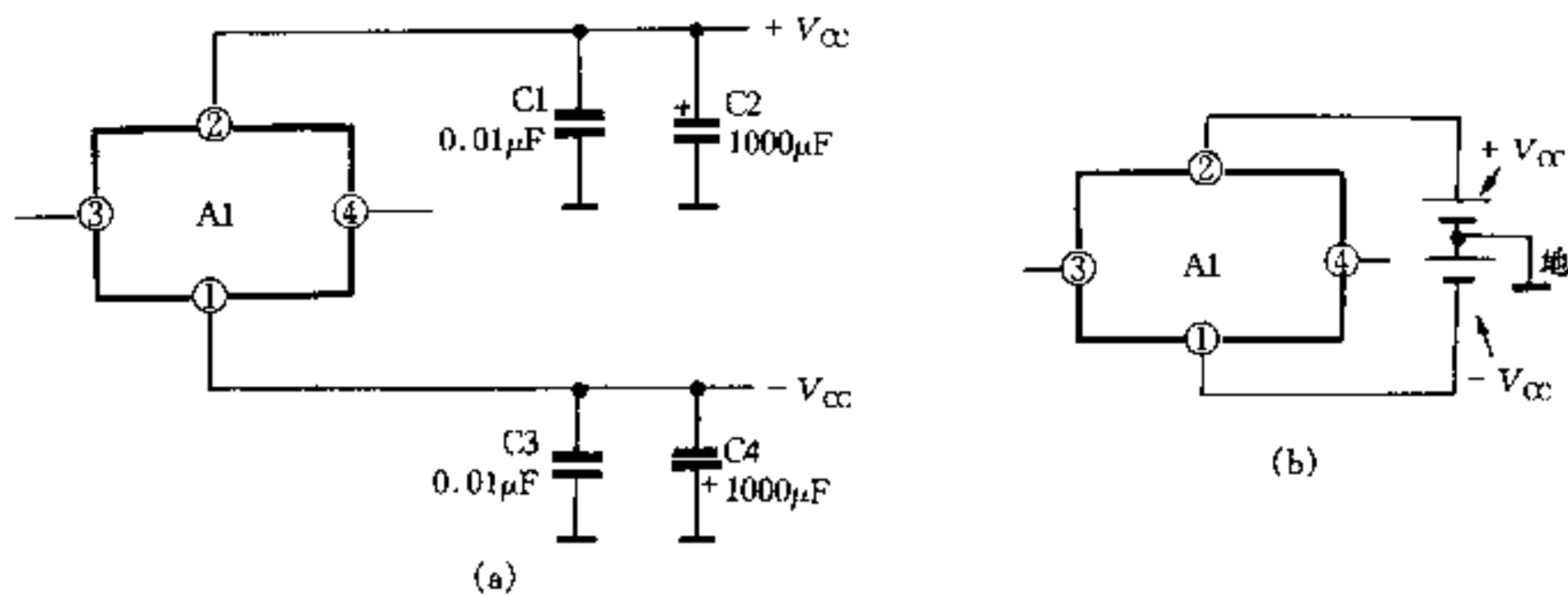


图 2-16 采用正、负对称电源供电没有接地引脚的电路

图 2-16 (a) 的电路中，①脚是集成电路 A1 的负电源引脚，与负极性直流工作电压 $-V_{CC}$ 相连。②脚是集成电路的正电源引脚，与电源的 $+V_{CC}$ 相连。③脚是集成电路 A1 的信号输入引脚，④脚是信号输出引脚。C1 和 C2 分别是正电源的高频滤波电容和低频滤波电容，C3 和 C4 分别是负电源的高频滤波电容和低频滤波电容。

这一电路的电流回路见图 2-16 (b)，由于集成电路没有接地引脚，所以流过集成电路的电流只有一路，即从 $+V_{CC}$ 经②脚流入集成电路，内电路的电流从①脚流出到 $-V_{CC}$ ，构成回路。

4. 正、负极性电源供电电路之二

图 2-17 (a) 所示电路是另一种采用正、负对称电源供电集成电路，是有接地引脚的电路。电路中，①脚是集成电路 A1 的负电源引脚，③脚是集成电路的正电源引脚，②脚是集成电路的接地引脚，④脚是集成电路 A1 的信号输入引脚，⑤脚是信号输出引脚。C1 和 C2 分别是正电源的高频滤波电容和低频滤波电容，C3 和 C4 分别是负电源的高频滤波电容和低频滤波电容。

对于这一电路中的直流电流回路，由于集成电路有了接地引脚，所以整个电流回路共有下列三种情况，如图 2-17 (b) 所示。

(1) 流过集成电路的电流从 $+V_{CC}$ 端经③脚和集成电路的内电路从①脚流出，到 $-V_{CC}$ 端，形成回路。

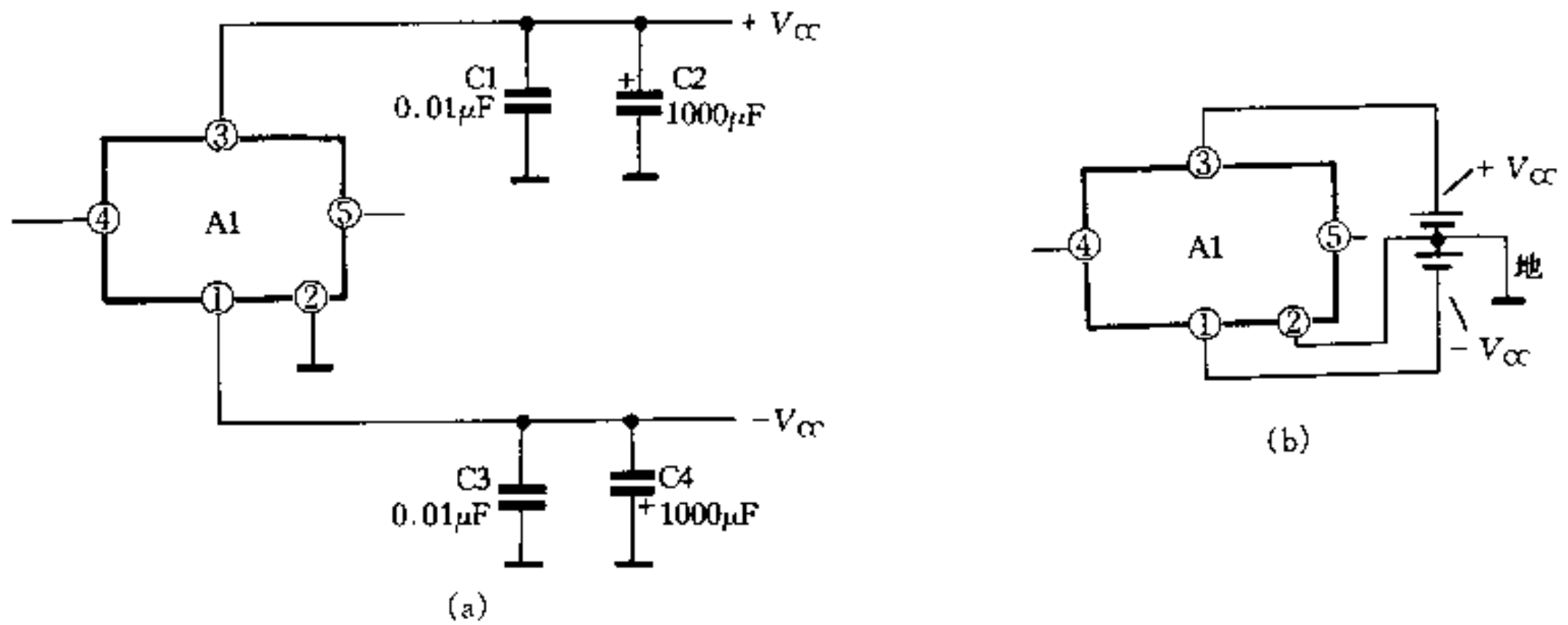


图 2-17 集成电路采用正、负对称电源供电有接地引脚的电路

(2) 流过集成电路的电流从 $+V_{CC}$ 端经③脚和集成电路的内电路，从②脚接地引脚流出，经外电路中的地线到正电源的负极(即地线)，构成回路。

(3) 从地端流出，即负电源的正极端，经②脚流入集成电路的内电路，再由①脚流出，到 $-V_{CC}$ 端，构成回路。

四、电源引脚和接地引脚外电路的特征及识图小结

1. 电源引脚外电路的特征和识图小结

关于集成电路电源引脚外电路的特征和识图小结需要说明以下几点。

(1) 功率放大器集成电路电源引脚外电路的特征是：电源引脚外电路与整机整流滤波电路直接相连，是整机电路中直流电压最高点，并且该引脚与地之间接有一只容量较大的滤波电容($1000\mu\text{F}$ 以上)，在很多情况下还并联有一只小电容($0.01\mu\text{F}$)，如图 2-14 所示。

根据这个大容量电容的特征可以确定哪根引脚是集成电路的电源引脚，因为在整机电路中像这样大容量的电容是很少的，只有 OTL 功放电路的输出端有一只同样容量大小的电容，如图 2-18 所示。

图 2-18 中，④脚是该集成电路的电源引脚，该引脚与地之间接有一只大电容 C_3 。③脚是该集成电路的信号输出引脚，该引脚上也接有一只大电容 C_1 。虽然 C_1 和 C_3 的容量都很大，但它们在电路中的连接是不同的， C_3 一端接地线，而 C_1 另一端不接地线，根据这一点可分辨出④脚是电源引脚。

(2) 其他集成电路的电源引脚外电路的特征是：电源引脚与整机直流电压供给电路相连，除功率放大器集成电路外，其他集成电路的电源引脚外电路特征基本相同，也与功率放大器集成电路电源的电路特征相似，只是有下列两点

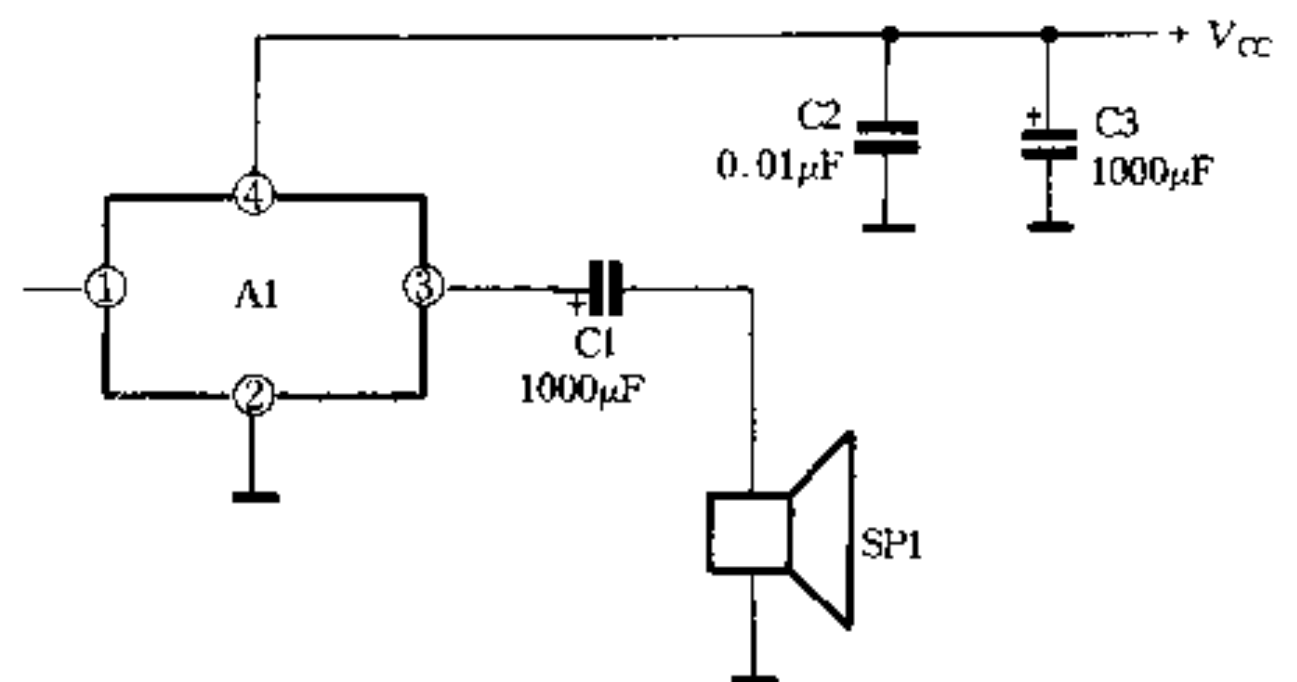


图 2-18 举例示意图

不同。

a. 电源引脚与地之间接有一只有极性的电解电容，但容量没有那么大，一般为 $100 \sim 200\mu\text{F}$ 左右。

b. 电源引脚与地之间接有一只 $0.01\mu\text{F}$ 的电容。

(3) 负电源引脚外电路的特征与正电源引脚的外电路特征相似，只是负电源引脚与地之间的那只有极性电源滤波电容的正极是接地的。

(4) 无论是哪种集成电路的电源引脚，其外电路都有一个明显的特征，即电源引脚与地之间接有一只电源滤波电容。

(5) 在集成电路中，正极性电源引脚上的直流电压是所有引脚中最高点，负电源引脚直流电压最低，如果电路图中标出了集成电路各引脚的直流工作电压，利用这一方法可以相当方便地识别出电源引脚。

(6) 集成电路的前级电源引脚外电路的特征是：如图 2-10 所示电路，前级电源引脚⑨脚具有下列两个电路特征。

a. 前级电源的引脚⑨脚与电源引脚⑦脚之间接有一只电阻 R_1 ，这一退耦电阻的阻值一般为几百欧至几千欧。

b. 前级电源引脚与地之间接有一只 $100\mu\text{F}$ 的电源退耦电容。

根据上述两个电路特征可以分辨哪个是集成电路的前级电源引脚。

(7) 集成电路前级电源输出引脚外电路的特征是：如图 2-11 所示电路，前级电源输出引脚③脚有下列两个外电路特征。

a. 前级电源输出引脚③脚与地线之间接有一只 $100\mu\text{F}$ 电源滤波电容。

b. 这一引脚输入的直流电压要供给整机电路的前级电路，所以③脚要与前级电路相连（图中未画出这部分电路）。

根据上述两个电路特征即可以分辨哪一个是集成电路的前级电源输出引脚。

(8) 分析集成电路的电源引脚主要有下列两种方法。

a. 根据上面介绍的电源引脚外电路特征来识别。

b. 可以查阅有关集成电路的引脚作用资料。由于电源引脚的外电路比较简单，且特征明显，所以常用第一种方法来识别。

2. 接地引脚外电路特征和识图小结

关于接地引脚外电路特征和识图小结主要说明下列几点。

(1) 接地引脚是很容易识别出来的，这一引脚与地端直接相连，以此特征很容易识别出集成电路的接地引脚。

(2) 这里有一个识别的误区，一些集成电路在某个具体应用电路中，当某一根或几根引脚不使用时，会将这几根引脚直接接地，这时会给接地引脚的识别造成困难，此时必须查阅集成电路的引脚作用资料或集成电路手册。

(3) 在正极性电源供电的集成电路中，接地引脚的直流电压最低，为 0V ；在负极性电源供电的集成电路中，接地引脚的直流电压最高，也为 0V 。

(4) 如果电路图中标出集成电路各引脚的直流工作电压，那么无论什么情况，接地引脚都是 0V ，但不能说明 0V 引脚都是接地引脚，因为有的引脚直流工作电压为 0V ，但不是接

地引脚。

第三节 集成电路信号输入引脚和信号输出 引脚识别方法和外电路分析

一、分析信号输入引脚和信号输出引脚的意义

1. 信号输入引脚功能

集成电路的信号输入引脚用来将需要放大或处理的信号送入到集成电路的内部电路中，信号输入引脚是处于集成电路最前端的引脚。

2. 信号输出引脚功能

集成电路的信号输出引脚用来将经过集成电路内电路放大、处理后的信号送出集成电路，信号输出引脚是处于集成电路最后端的引脚。

3. 对电路原理分析的意义

了解信号输入引脚和信号输出引脚对分析集成电路工作原理的具体意义如下。

(1) 在进行集成电路工作原理分析时，最基本的信号传输分析是找出信号从哪根引脚输入集成电路，又是从哪根引脚送出集成电路，这是集成电路工作原理分析的最基本要求，完成这一分析需要找出集成电路的信号输入引脚和信号输出引脚。

(2) 只有知道了集成电路的信号输入引脚，才能知道信号从哪个引脚输入集成电路内电路，对于信号在集成电路内部的处理只要知道结果就可以了，例如是放大还是衰减，不必详细分析，这样电路分析就会简单得多。

(3) 信号输入引脚是与前面一级电路输出端电路相连的，或是与整机电路的信号源电路相连，这样如果知道了集成电路的信号输入引脚，就可以从后级向前级方向进行电路分析，这在整机电路分析中时常采用。

(4) 只有知道了集成电路的信号输出引脚，才能知道信号经过放大或处理后是从哪个引脚输出，才能知道信号要传输到后级的什么电路中，所以识图中要找出集成电路的信号输出引脚。

4. 对故障检修的意义

了解信号输入引脚和信号输出引脚对检修集成电路故障的具体意义如下。

(1) 在集成电路的许多故障检修中，例如检修中无图像、无声故障等，只有确定了集成电路的信号输出引脚，才能进行下一步的检修，所以在集成电路中找出信号输出引脚是相当重要的。

(2) 故障检修时，要给集成电路的输入引脚人为地加入一个信号，以检查集成电路工作

是否正常，这是常规条件下检修集成电路故障最方便且最为有效的方法，所以这时需要找出集成电路的信号输出引脚。

(3) 为了确定信号是否已经加到集成电路的内电路，这就要找出集成电路的信号输入引脚；如果要用示波器观察信号输入引脚上的信号波形，此时也需要找出信号输入引脚；对于电源集成电路，更是要找出输入引脚，因为此时的输入信号就是输入集成电路的直流电压，没有这一电压的输入，肯定没有直流电压的输出。

(4) 故障检修中，在确定信号已进入集成电路内电路处理之后，下一步就是要知道信号从哪根引脚输出到外电路中。为了检查信号是否已经从集成电路的信号输出引脚输出，需要了解信号的输出引脚。

(5) 故障检修过程中，如果能够确定信号已从信号输入引脚加到集成电路，又能检测到信号已经从信号输出引脚输出，则可以证明这一集成电路工作正常。所以，信号输入引脚和信号输出引脚的识别在检修中必不可少，对确定集成电路是否有故障，或排除集成电路的故障都有重要作用。

二、信号输入引脚和信号输出引脚的种类

1. 信号输入引脚的种类

一般情况下，集成电路都有信号输入引脚和信号输出引脚，这是集成电路的基本引脚。一个集成电路有几个信号输入引脚和几个信号输出引脚，与该集成电路的功能、内电路结构、外电路等情况直接相关。

关于集成电路的信号输入引脚种类，需要说明下面几点。

(1) 通常情况下，集成电路只有一根信号输入引脚，如图 2-19 所示。在图 2-19 中，①脚是集成电路 A1 的信号输入引脚。由于该集成电路只有一根信号输入引脚，那么该引脚若没有信号输入，则该集成电路就一定没有输出信号了。

(2) 一般情况下双声道集成电路左、右声道各有一根信号输入引脚，图 2-20 是这种集成电路的信号输入引脚示意图。电路中，①脚是该集成电路的左声道电路的信号输入引脚，

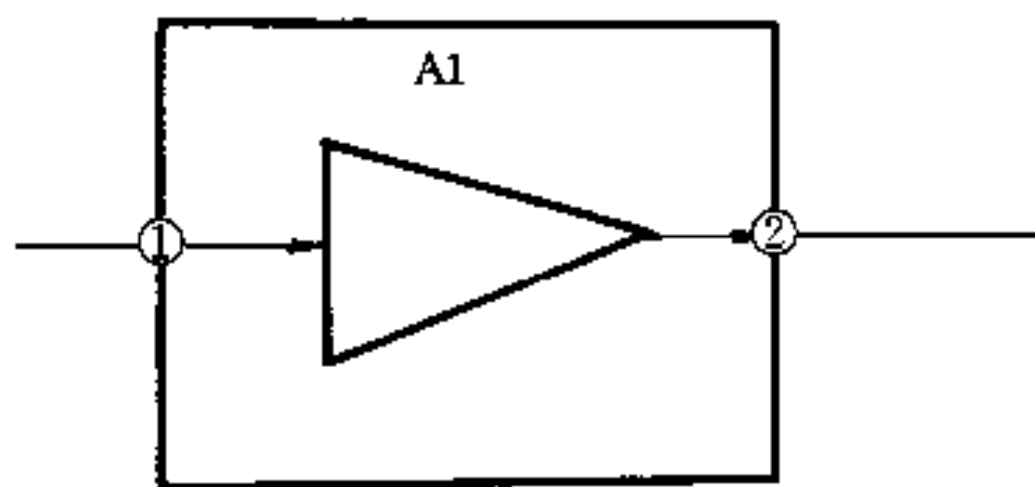


图 2-19 一根信号输入引脚的集成电路示意图

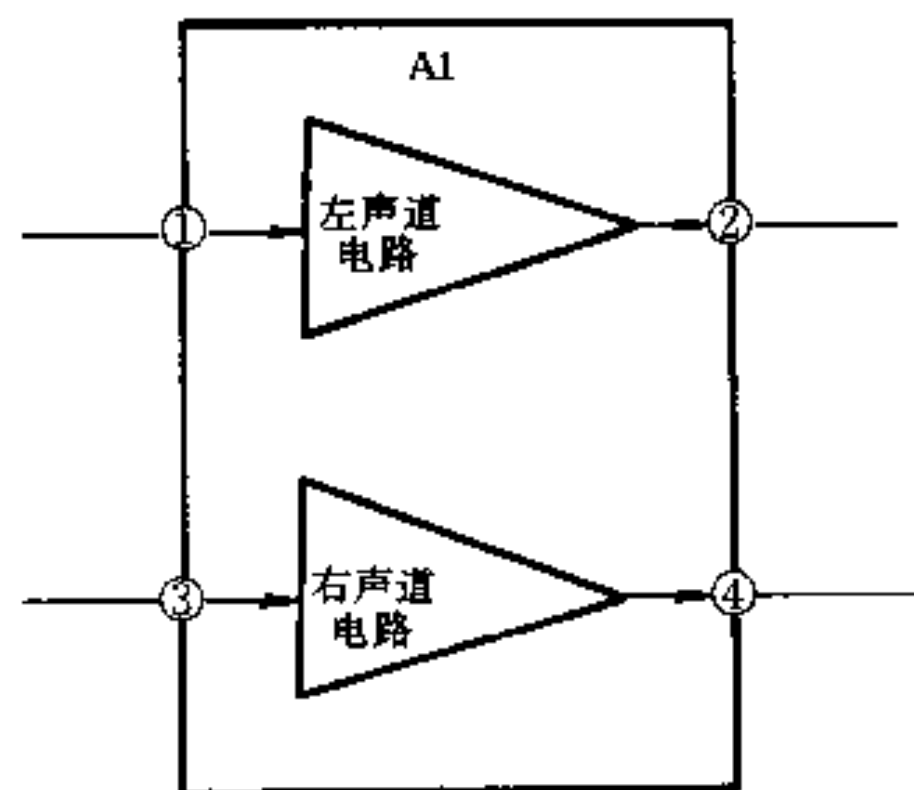


图 2-20 双声道集成电路左、右声道各一根信号输入引脚示意图

③脚该集成电路的右声道电路的信号输入引脚。由于左、右声道电路是相互独立的，所以各声道有自己的信号输入引脚。同理，如果是四声道的集成电路，则会有与此相同的四根信号输入引脚，每个声道有一根信号输入引脚。

从集成电路的内电路结构可以看出，当某一声道的信号输入引脚没有信号输入时，设左声道没有信号输入，只会影响左声道电路没有信号输出，只要右声道电路工作正常且有右声道信号的正常输入，就不会影响到右声道电路的正常信号输出，这一点是与单声道电路所不同的。

(3) 特殊情况下，双声道集成电路有四个信号输入引脚，图 2-21 是这种集成电路的信号输入引脚示意图。A1 是一个双声道集成电路，但它有四个信号输入端，每个声道电路有两个信号输入引脚。

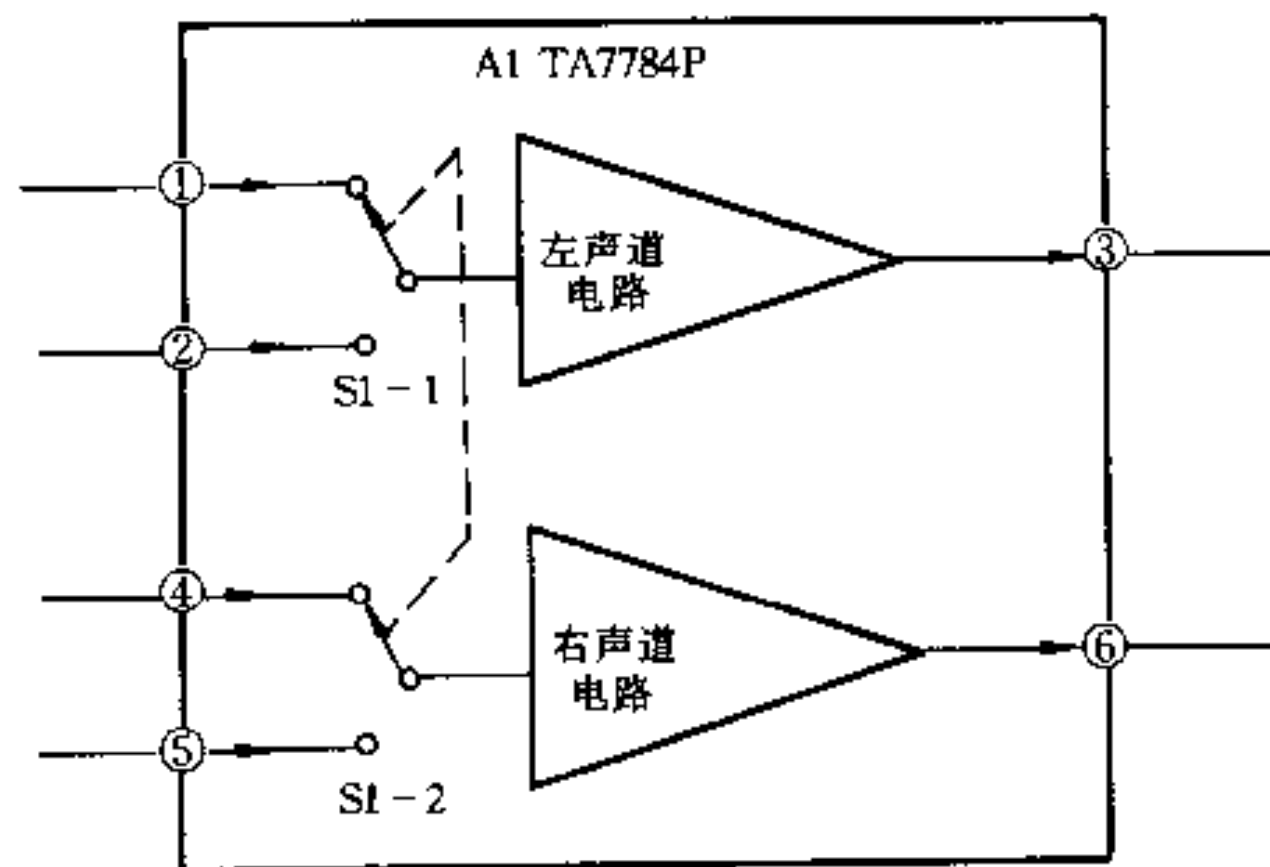


图 2-21 双声道集成电路四个信号输入引脚示意图

电路中，①、②和③脚构成一个声道电路，④、⑤和⑥脚构成另一个声道电路。其中，①脚是左声道信号输入引脚 1，②脚是左声道信号输入引脚 2，④脚是右声道信号输入引脚 1，⑤脚是右声道信号输入引脚 2。S1-1 和 S1-2 是内电路中的电子转换开关，两开关之间用虚线相连表示这两个开关是联动的，即同步转换，图示在①脚和④脚信号的输入状态，当 S1-1、S1-2 开关转换到另一位置时，处于②脚和⑤脚信号的输入状态。

(4) 没有信号输入引脚的振荡器集成电路。通常集成电路都应该至少有一根信号输入引脚，但振荡器集成电路就没有信号输入引脚，设置信号输入引脚是因为集成电路要放大或处理外部的信号，而振荡器电路本身不需要外部信号，是用来产生振荡信号的电路，所以振荡器集成电路没有信号输入引脚，但一定有信号输出引脚，这是振荡器集成电路与众不同之处。

(5) 电子转换开关集成电路有多个信号输入引脚，只有一个信号输出引脚，图 2-22 是一种四根信号输入引脚、一根信号输出引脚的电子转换开关集成电

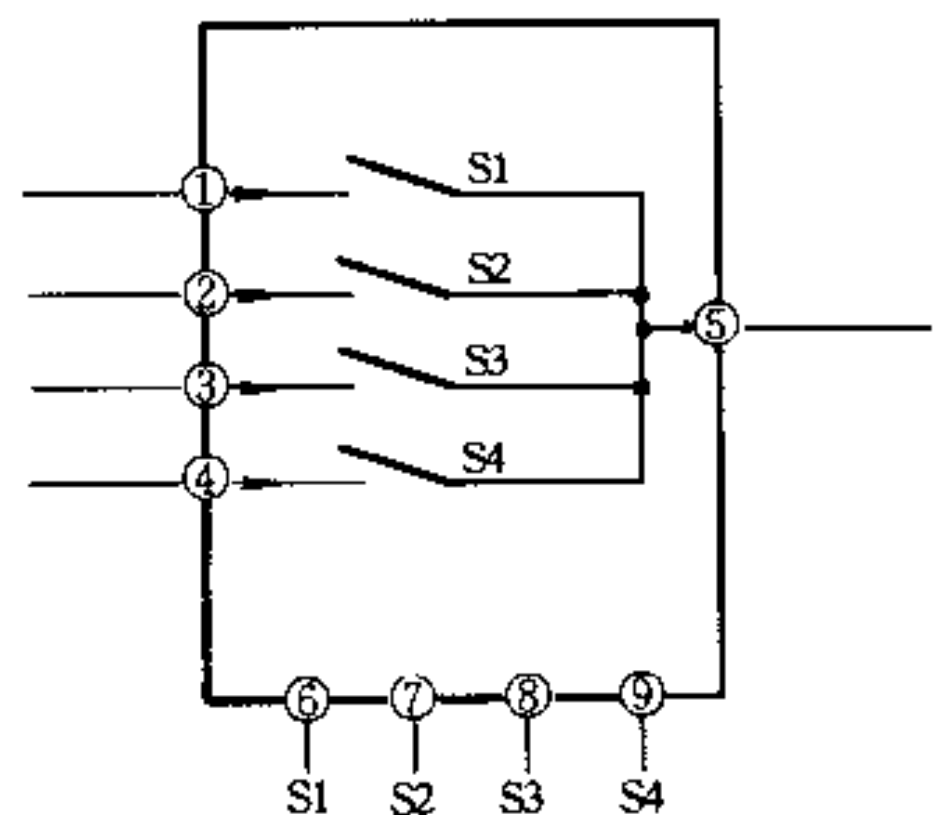


图 2-22 四根信号输入引脚的电子转换开关集成电路示意图

路。①、②、③和④脚分别是四根信号输入引脚，⑤脚是信号输出引脚，⑥、⑦、⑧和⑨脚分别是内电路中 S1、S2、S3 和 S4 四个电子开关的控制引脚。

这一电子开关转换电路的工作原理是：当⑥脚获得低电平触发后，内电路的电子开关 S1 接通，此时①脚作为这一集成电路的有效输入引脚，从⑤脚输出①脚输入信号；当⑦脚获得低电平有效触发后，开关 S1 断开，S2 自动接通，②脚作为这一集成电路的有效输入引脚，从⑤脚输出②脚输入信号；同理，⑧脚和⑨脚分别控制内电路中的电子开关 S3 和 S4，以控制相应的有效输入引脚。

2. 信号输出引脚种类

信号输出引脚是集成电路必有的引脚，经过集成电路放大、处理后的信号从该引脚输出到外电路中。集成电路可以没有信号输入引脚，但必须设有信号输出引脚。

关于集成电路的信号输出引脚种类，有下面几点需要说明。

(1) 通常集成电路只有一根信号输出引脚，如图 2-19 所示。②脚是这一集成电路 A1 的信号输出引脚。

(2) 双声道集成电路有二根信号输出引脚，左、右声各一根信号输出引脚，如图 2-20 所示。②脚是左声道信号输出引脚，④脚是右声道信号输出引脚。双声道电路在音响设备中最为常见。

(3) 集成电路的前级和后级信号输出引脚，这种情况也有两根信号输出引脚，如图 2-23 所示。电路中，①脚是信号输入引脚，③脚是信号输出引脚，②脚也是一根信号输出引脚。

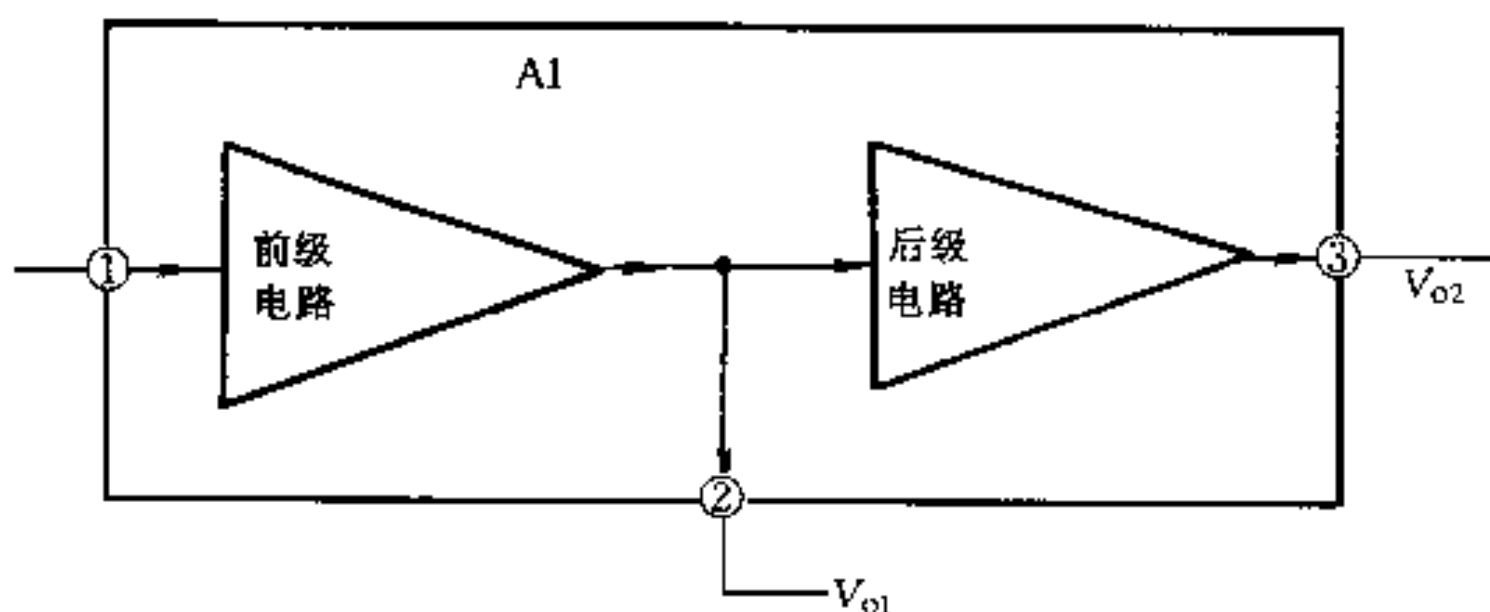


图 2-23 集成电路的前级和后级信号输出引脚示意图

从集成电路的内电路中可以看出，这两根信号输出引脚在内电路中的信号输出位置是不同的，从①脚输入的信号经内电路前级放大器放大后从②脚输出，同时这一信号还要继续加到内电路中的后级放大器电路中放大，放大后的信号从③脚输出。显然，在这种集成电路中，②脚和③脚均是输出同一个信号，但两引脚输出信号大小不同，从②脚输出的信号 V_{o1} 要小于从③脚输出的信号 V_{o2} 。

这里要说明一点，②脚对集成电路的前级电路而言是信号输出引脚，对后级电路而言就成了信号输入引脚，因为从②脚也能输入信号，加到集成电路的后级放大器电路中，经放大后从③脚输出。所以，集成电路 A1 采用不同的运用方式时，②脚可以是信号输入引脚，也可以是信号输出引脚，具体电路要进行具体分析，主要是根据②脚外电路进行分析，通常，②脚是作为信号输出引脚。

(4) 集成电路的信号输入、输出双重作用引脚，在数字集成电路中常见到这种功能的引脚，某引脚可以作为信号输入引脚为集成电路输入信号，也可以作为信号输出引脚，从集成电路内部输出信号，如图 2-24 所示。

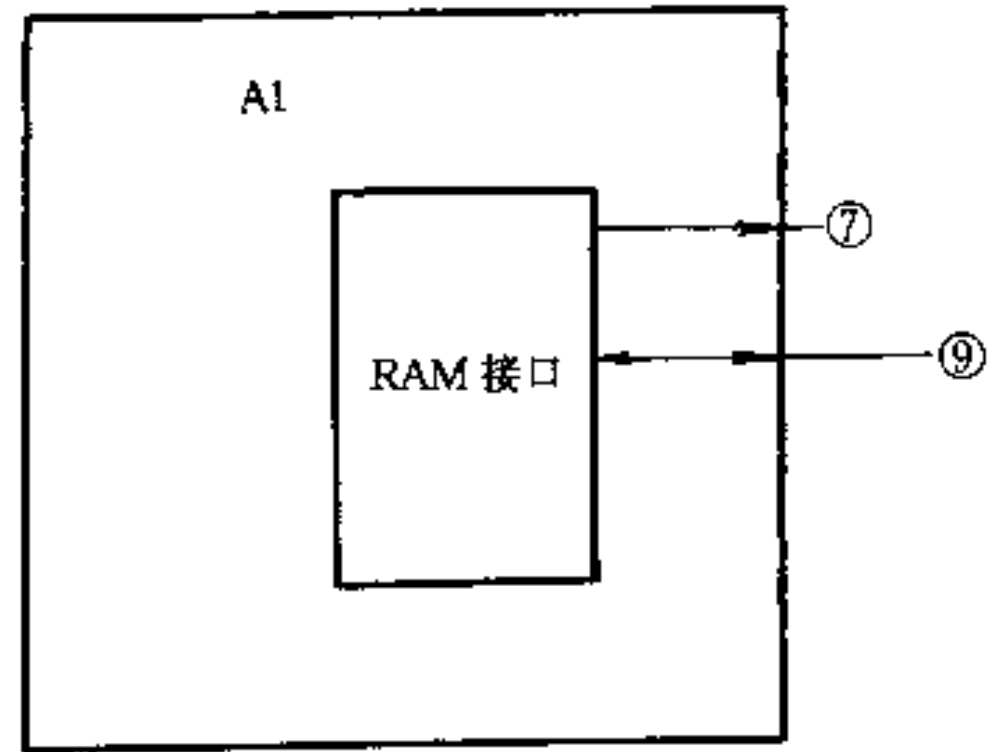


图 2-24 集成电路的信号输入、输出双重作用引脚示意图

电路中，⑦脚是一般的信号输出引脚，⑨脚是具有信号输入、输出双重作用的引脚，从该引脚的箭头上可以看出，这是一个双向箭头，可以输出信号也可以输入信号，在数字集成电路中常用这样的双向箭头表示能够双向传输数据的引脚。

(5) 数字集成电路的输入、输出引脚情况相当复杂，不是有几根信号输入引脚和几个信号输出引脚，而是有十多根甚至更多的信号输入引脚和信号输出引脚。关于数字集成电路的相关引脚识图方法将在后面介绍。

三、信号输入引脚外电路特征和识图宝典

由于各种功能的集成电路信号输入引脚的外电路特征不同，这里就常见集成电路信号输入引脚外电路特征和识图说明下列几个方面。

1. 音频前置放大器集成电路信号输入引脚外电路

音频前置放大器集成电路信号输入引脚外电路特征是：前置放大集成电路的信号输入引脚通过耦合电路与信号电路相连，图 2-25 (a)、(b) 是两种音频前置放大器集成电路信号输入引脚外电路特征和识图说明。

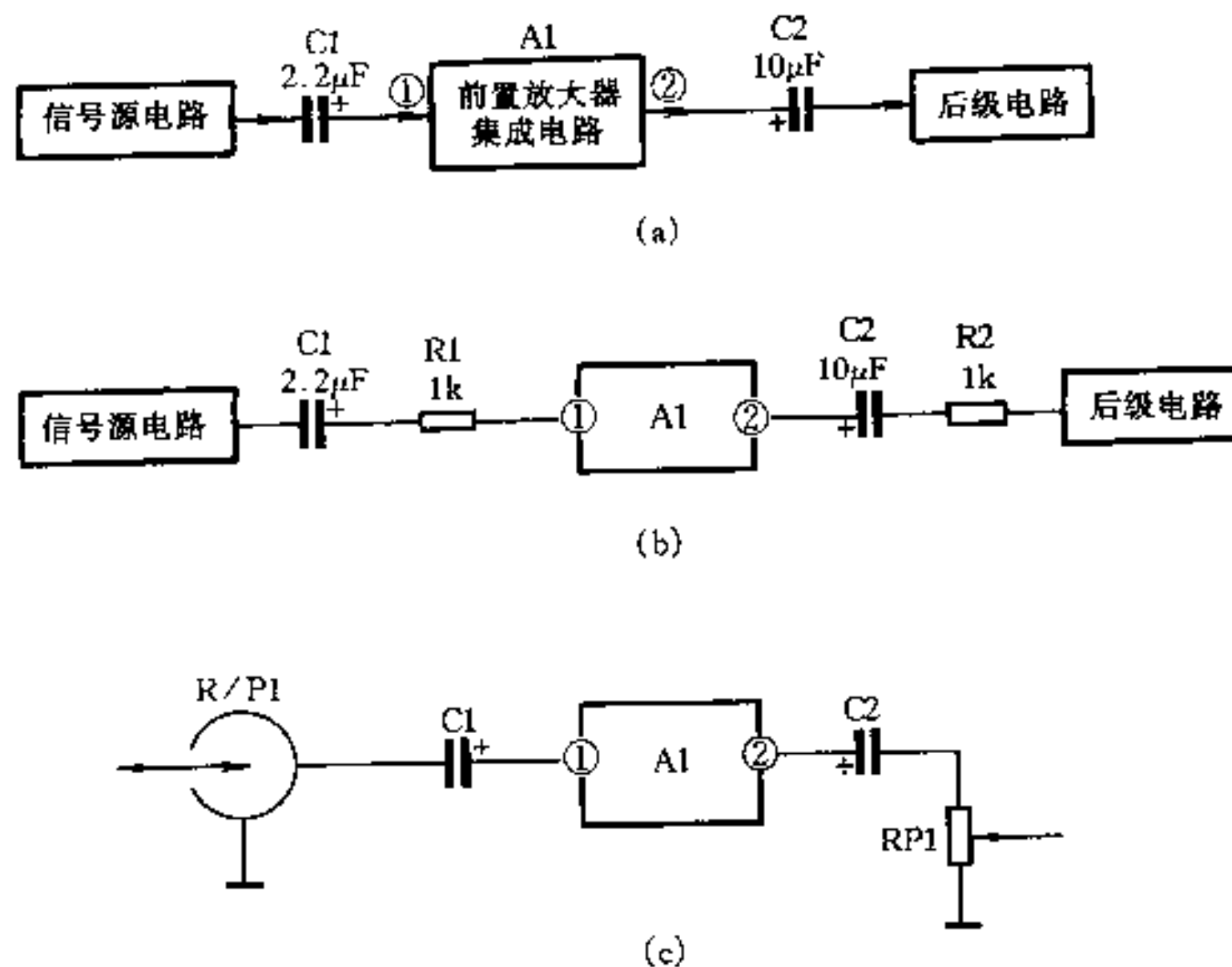


图 2-25 信号输入引脚外电路

入引脚外电路，电路中的 A1 是音频前置放大器集成电路，①脚为信号输入引脚，②脚为信号输出引脚。集成电路 A1 的前级电路是信号源电路，在不同的整机电路中，具体的信号源电路是不同的。

图 2-25 (a)所示电路中，集成电路 A1 的信号输入引脚①脚与信号源电路之间只有一只电容 C1，由于是音频前置放大器电路，所以信号源电路与集成电路 A1 之间的耦合电容 C1 容量比较大，为 $2.2\mu\text{F}$ 。

耦合电容 C1 的作用有下列两个方面。

(1) 将信号源电路输出的信号以最小的损耗传输到集成电路 A1 的①脚内电路中。由于是音频信号，频率比较低，为了做到耦合信号时对信号的损耗比较小，所以要求耦合电容 C1 的容量比较大。在音频放大器电路中的耦合电容，其容量一般为 $2.2 \sim 10\mu\text{F}$ 。依据耦合电容的容量这一特点，可以知道是不是音频电路。

(2) 耦合电容的另一个作用是，利用电容隔直流的特性，将信号源电路与集成电路①脚内电路之间的直流电路隔开，使它们之间的直流电路不能相互影响。具有电容隔直电路，检修起来比较方便。

另一种音频前置放大器集成电路信号输入引脚外电路特征如图 2-25 (b)所示，集成电路 A1 的信号输入引脚①脚与信号源电路之间有一只电容 C1 和电阻 R1，R1 为 $1\text{k}\Omega$ 。这一电路与图 2-25 (a)所示电路不同之处是，在信号源与集成电路 A1 的①脚之间的耦合电路中多了一只电阻 R1，加入 R1 可以防止电路出现高频自激，可以进一步提高整机电路的工作可靠性，这种电路一般出现在设计比较完善的电路中。

音频系统电路中的信号源电路根据不同的机器有不同的具体电路，图 2-25 (c)所示是磁带录音机中的信号源电路与前置放大器集成电路 A1 之间的实用连接电路。电路中，R/P1 是录放磁头(电路中处于放音磁头工作状态)，此时 R/P1 输出的放音信号经 C1 耦合，从①脚加到前置放大器集成电路 A1 的内电路中。

2. 特殊双声道音频前置放大器集成电路信号输入引脚外电路

特殊的双声道音频前置放大器集成电路信号输入引脚外电路特征如图 2-26 所示。这是特殊的前置集成电路信号输入引脚外电路。电路中，集成电路 A1 是一个双声道音频前置放大器电路，①脚是左声道信号输入引脚，②脚是右声道信号输入引脚，③脚是左声道信号输出引脚，④脚是右声道信号输出引脚。R/P1 是左声道放音磁头，R/P2 是右声道放音磁头。

这一信号输入引脚外电路与众不同之处是，信号输入引脚①脚与信号源 R/P1 之间采用直接耦合，即集成电路 A1 的①脚与 R/P1 直接相连，它们之间没有耦合电容。这是因为集成电路 A1 的内电路比较特殊，信号输入引脚①脚内电路要求①脚直流接地(这一点与一般的前置放大器集成电路有很大的不同，一般集成电路的信号输入引脚不能直流接地)，图

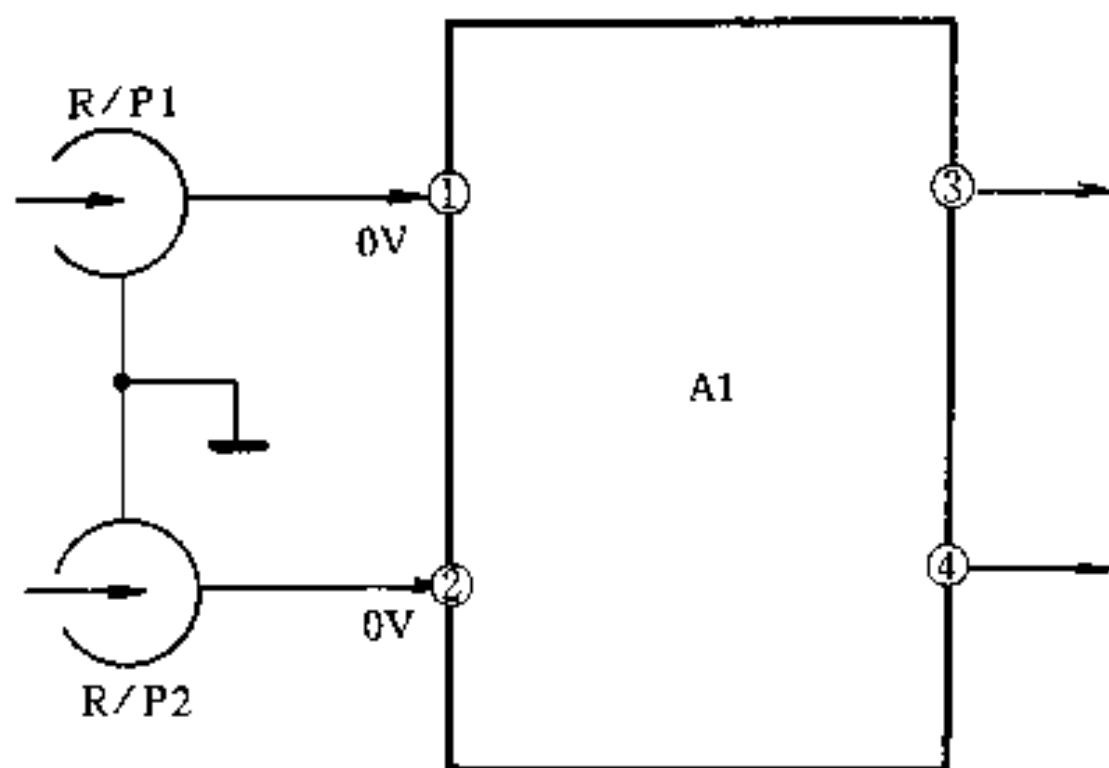


图 2-26 特殊的双声道音频前置放大器
集成电路信号输入引脚外电路

中标出①脚的直流工作电压为 0V。由于放音磁头的内部结构可知，R/P1 内部是一个线圈，而线圈的直流电阻很小，这样集成电路 A1 的①脚通过 R/P1 内部的线圈接地了，保证了集成电路 A1 的①脚内电路放大器的正常工作。

集成电路 A1 的②脚内电路和外电路与①脚情况一样，这里不再说明②脚内、外电路的工作原理。

3. 高频前置放大器集成电路信号输入引脚外电路

高频前置放大器集成电路信号输入引脚外电路特征是：在频率比较高的电路中（如收音机的前级电路，电视机高频和中频电路等），信号源电路与前置集成电路信号输入引脚之间的电路特征是基本相同的，只是耦合电容的容量很小，且信号频率愈高，耦合电容的容量愈小，一般为几百皮法(pF)至几千皮法之间。

4. 音频后级放大器集成电路信号输入引脚外电路

所谓后级放大器就是处于前置放大器之后的放大器，前置放大器放大后的信号要加到后级放大器中进一步进行放大，但并不是所有的系统中电路中都设有后级放大器，一些设计简单的电路系统中只设有前置放大器，而不设置后级放大器。

图 2-27 所示是音频后级放大器集成电路信号输入引脚外电路示意图。电路中，VT1 构成分立元件前置放大器电路，A1 是后级放大器集成电路，①脚为 A1 的信号输入引脚，②脚为 A1 的信号输出引脚。

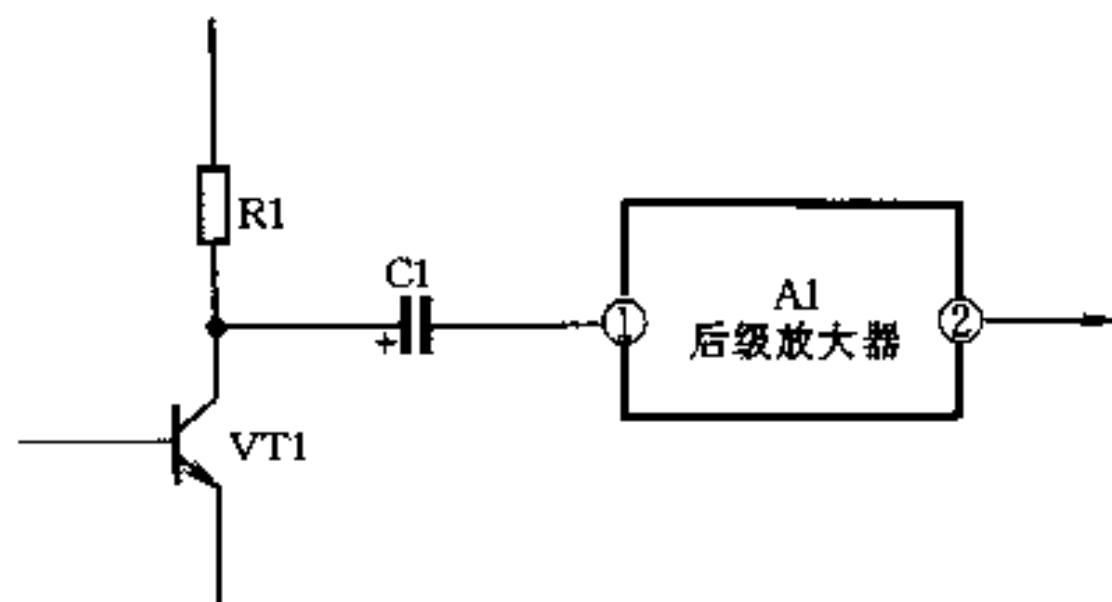


图 2-27 音频后级放大器集成电路信号输入引脚外电路

后级放大器集成电路的信号输入引脚外电路特征与前置放大器集成电路的信号输入引脚外电路特征一样，也是用一个耦合电容（或一个 RC 耦合电路）与前级放大器的输出端相连。在这一电路中，是通过电容 C1 与前置放大器 VT1 管的集电极相连。

5. 音频功率放大器集成电路信号输入引脚外电路

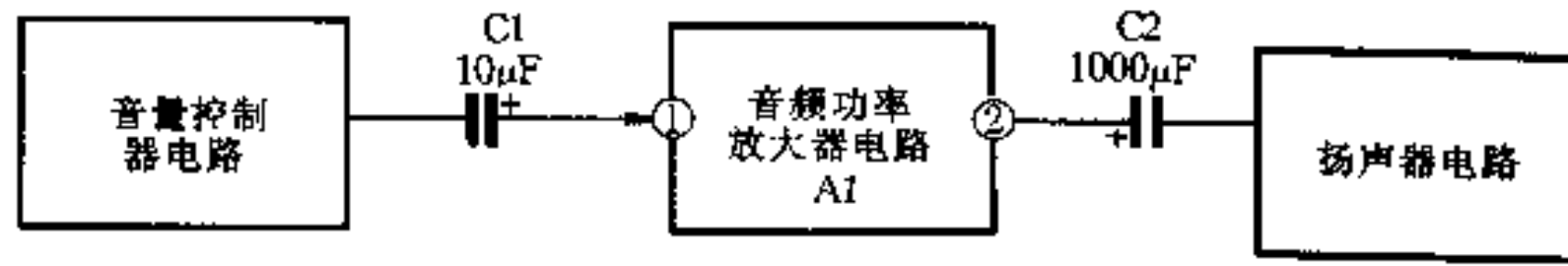
图 2-28 是音频功率放大器集成电路信号输入引脚外电路示意图。电路中，A1 是音频功率放大器集成电路，①脚是信号输入引脚，②脚是信号输出引脚。

一般情况下，音频功率放大器集成电路信号输入引脚通过耦合电容与前级的音量控制器电路相连，如图 2-28 (a) 所示。

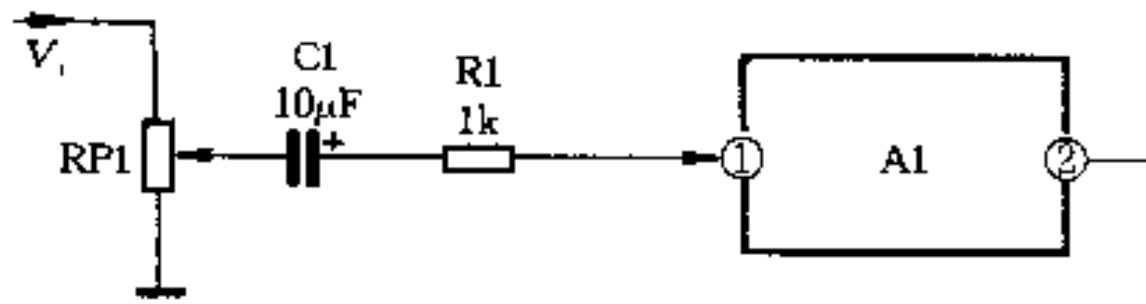
耦合电路还可以是阻容电路，如图 2-28 (b) 所示，通过 C1 和 R1 与电位器的动片相连，C1 起耦合作用，R1 用来消除可能出现的高频自激。

6. 特殊音频功率放大器集成电路信号输入引脚外电路

图 2-29 所示是特殊的音频功率放大器集成电路信号输入引脚外电路。电路中，A1 是集成电路 LA4505 双声道音频功率放大器集成电路，图中只画出它的一个声道电路，⑧脚是一



(a)



(b)

图 2-28 音频功率放大器集成电路信号输入引脚外电路特征示意图

个声道的信号输入引脚，④脚是同一声道的信号输出引脚。RP1 是音量电位器。

电路中，从音量电位器动片输出的音频信号，经电阻 R2 加到 A1 的信号输入引脚⑧脚，在这一电路中没有耦合电容，这是因为集成电路 A1 的⑧脚内电路比较特殊，可以用如图 2-30 所示集成电路 A1 的⑧脚局部内电路来说明这一问题。

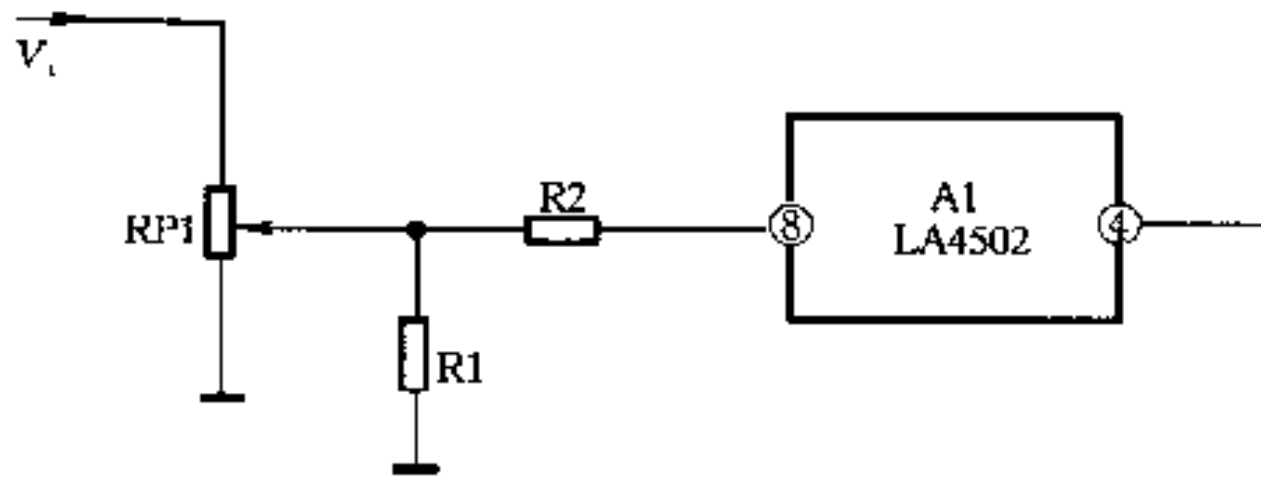


图 2-29 特殊音频功率放大器集成电路信号输入引脚外电路特征示意图

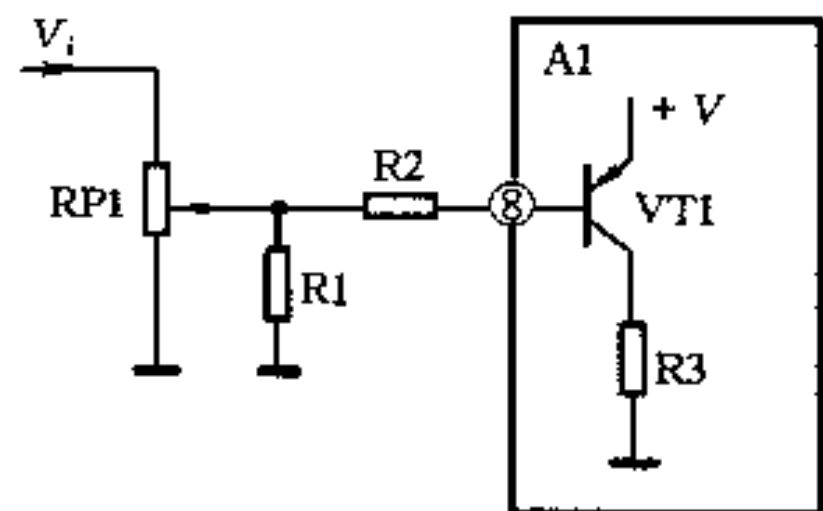


图 2-30 ⑧脚局部内电路示意图

从⑧脚内电路中可以看出，因为 VT1 是一只 PNP 型的三极管，在内电路中基极与地之间没有电阻，所以 VT1 管的基极电流不成回路，这样 VT1 管只靠内电路没有基极偏置电流，所以要通过⑧脚外电路中的电阻 R2、R1 和 RP1 构成 VT1 管的基极偏置电流回路，这样信号输入引脚⑧脚回路中不能设置耦合电容，因为耦合电容会隔开直流电流的回路，使 VT1 管无偏置电流，这就是这种集成电路的信号输入引脚回路为什么不设置耦合电容的原因。

7. 双声道集成电路信号输入引脚外电路

双声道集成电路信号输入引脚外电路如图 2-20 所示。A1 是双声道集成电路，一般双声道集成电路是用于音频信号放大和处理的集成电路，它的信号输入引脚外电路特征是左、右声道信号输入引脚外电路完全相同，且与单声道电路一样，分析双声道信号输入引脚外电路时，只需分析一个声道电路即可。

8. 集成电路多根信号输入引脚外电路

图 2-22 是 4 根信号输入引脚集成电路的示意图，它的各个信号输入引脚外电路基本一样，且与前面介绍的信号输入引脚外电路相同，只是在整机电路中 4 根信号输入引脚分别与 4 个信号源电路相连，所以在整机电路图中的分布比较广，这给识图造成了一定的困难，此时应以集成电路的信号输入引脚为识图的起点，反向地向前级电路进行识图。

9. 三端稳压集成电路输入引脚外电路

图 2-31 是三端稳压集成电路输入引脚外电路示意图。电路中，A1 是三端稳压集成电路，①脚是输入引脚，②脚是输出引脚，③脚是接地引脚。

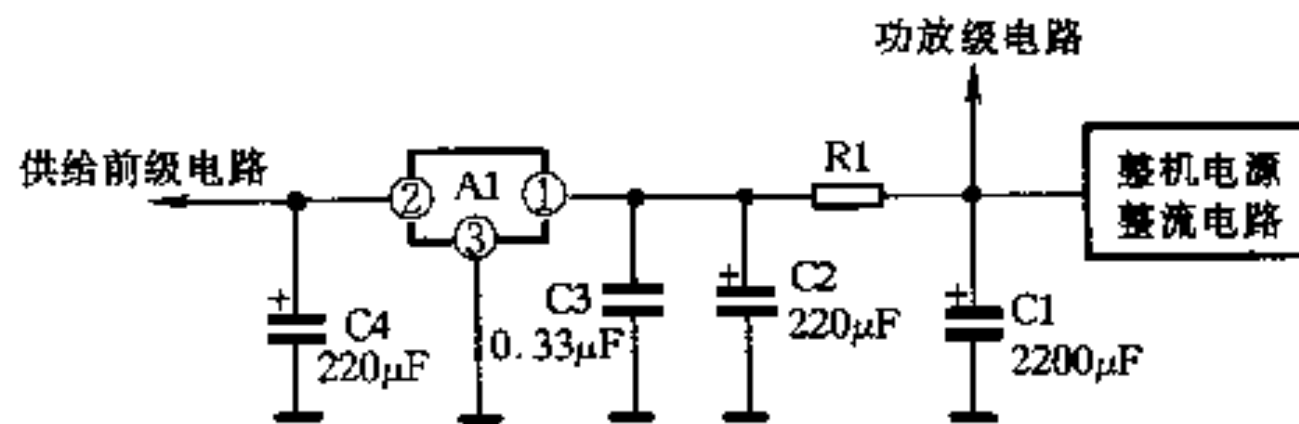


图 2-31 三端稳压集成电路输入引脚外电路

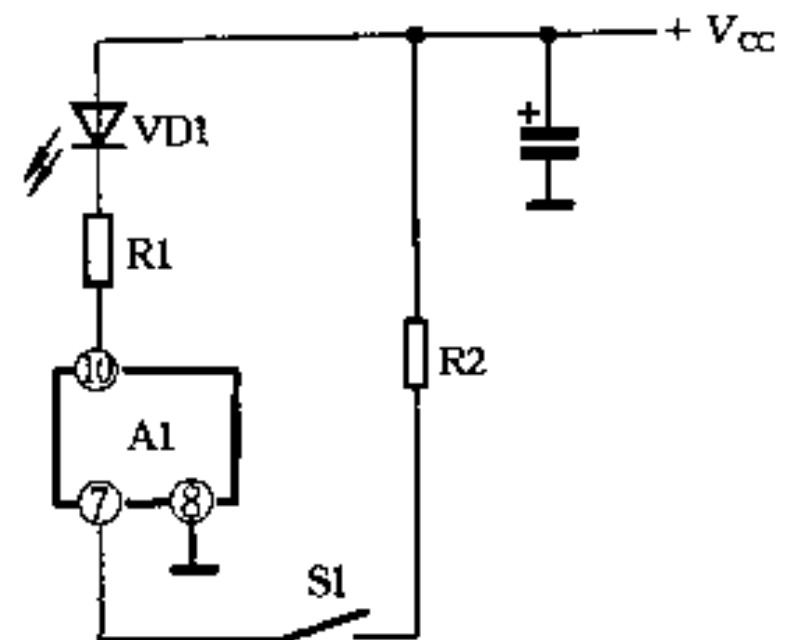
稳压集成电路电路的信号输入引脚①脚输入的不是交流信号，而是直流电压。电路中，整机电源电路输入的直流电压经 C1 滤波后，一路直接加到整机电路的功放级电路中，另一路经滤波电阻 R1 加到集成电路 A1 的信号引脚①脚，从①脚输入的是不稳定的直流电压，从②脚输出的是经过集成电路 A1 稳压后的直流电压，该稳定的直流电压加到整机电路的前级电路中。

从上述电路可以看出，三端稳压集成电路的输入引脚与整机电源的整流电路相连，这是三端稳压集成电路输入引脚外电路的特征。与前面所介绍的集成电路不同之处是，三端稳压集成电路的输入、输出引脚串联在整机的直流供电回路中。

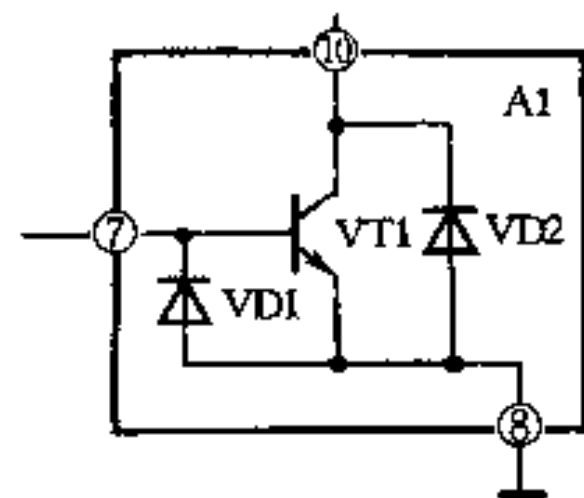
10. 开关集成电路输入引脚外电路

图 2-32 是开关集成电路输入引脚外电路示意图，A1 是开关集成电路，图中只画出了它的一组开关。电路中，图 2-32 (a) 所示是应用电路，图 2-32 (b) 所示是该集成电路的⑦、⑧和⑩脚局部的内电路，VT1 是电子开关管，工作在开关状态（三极管处于饱和导通和截止两种状态）。

电路中，⑦脚是输入引脚，严格地说是输入控制引脚。当⑦脚外电路中的开关 S1 接通时，⑦脚通过电阻 R2 从直流工作电压 +V_{CC} 端获得高电平，使⑦脚内电路中的电子开关管 VT1 基极有高电平，这一高电平使 VT1 管饱和导通，使其集电极即⑩脚为低电平。这样，发光二极管导



(a)



(b)

图 2-32 开关集成电路输入引脚外电路

通而发光指示, 流过 VD1 的电流回路为: 直流工作电压 + V_{CC} 端 → VD1 正极 → VD1 负极 → 限流保护电阻 R1 → 集成电路 A1 的⑩脚 → 内电路中的 VT1 管集电极 → VT1 管的发射极 → 集成电路 A1 的⑧脚 → 外电路的地线, 构成回路。

电子开关 A1 内电路中设有多组开关管, 这里只画出一组电路, 其他电路的工作原理与这一样。

11. 其他集成电路的信号输入引脚外电路

上面介绍了一些常用集成电路的信号输入引脚外电路特征, 由于各种功能的集成电路种类繁多, 其他集成电路的信号输入引脚外电路变化比较多, 这里不再一一举例说明它们的不同之处, 将在后面章节的分类集成电路分析中再加入解说。

四、信号输出引脚外电路特征及识图宝典

集成电路可以没有电源引脚、输入引脚、接地引脚, 但不会没有输出引脚。一般情况下, 集成电路只有一根信号输出引脚, 但信号输出引脚也会有许多变化(例如可以是两根甚至更多的信号输出引脚), 下面说明常见功能集成电路的信号输出引脚外电路特征及识图方法。

1. 音频前置放大器集成电路信号输出引脚外电路

音频前置放大器集成电路如图 2-25 所示。A1 是音频前置放大器集成电路, ②脚是信号输出引脚。从图中可以看出, 经过 A1 放大后的信号从②脚输出, 再经耦合电容 C2 加到后级电路。信号输出引脚与后级电路之间也是一只耦合电容, 也可如图 2-25 (b)所示电路那样是一个 C2 和 R2 的阻容耦合电路。图 2-25 (c)是一种实用电路, 其集成电路 A1 的信号输出引脚②脚输出的信号, 通过耦合电容 C2 加到音量电位器 RP1 上。由于这一电路中没有设置后级放大器, 所以集成电路 A1 的②脚输出信号直接加到音量电位器。

2. 双声道音频集成电路有两根信号输出引脚外电路

双声道音频集成电路通常有两根信号输出引脚, 左、右声道各一根信号输出引脚, 且外电路完全一样, 如图 2-20 所示。②脚是左声道信号输出引脚, ④脚是右声道信号输出引脚。双声道音频集成电路信号输出引脚的外电路特征和单声道集成电路的信号输出引脚外电路特征是一样的, 这里不再说明。

3. 三种常用音频功率放大器集成电路信号输出引脚外电路

常见的集成电路音频功率放大器电路有下列三种。

① OTL 功率放大器集成电路。这是最常见的一种功率放大器电路, 广泛地应用在各种功率放大器电路中。

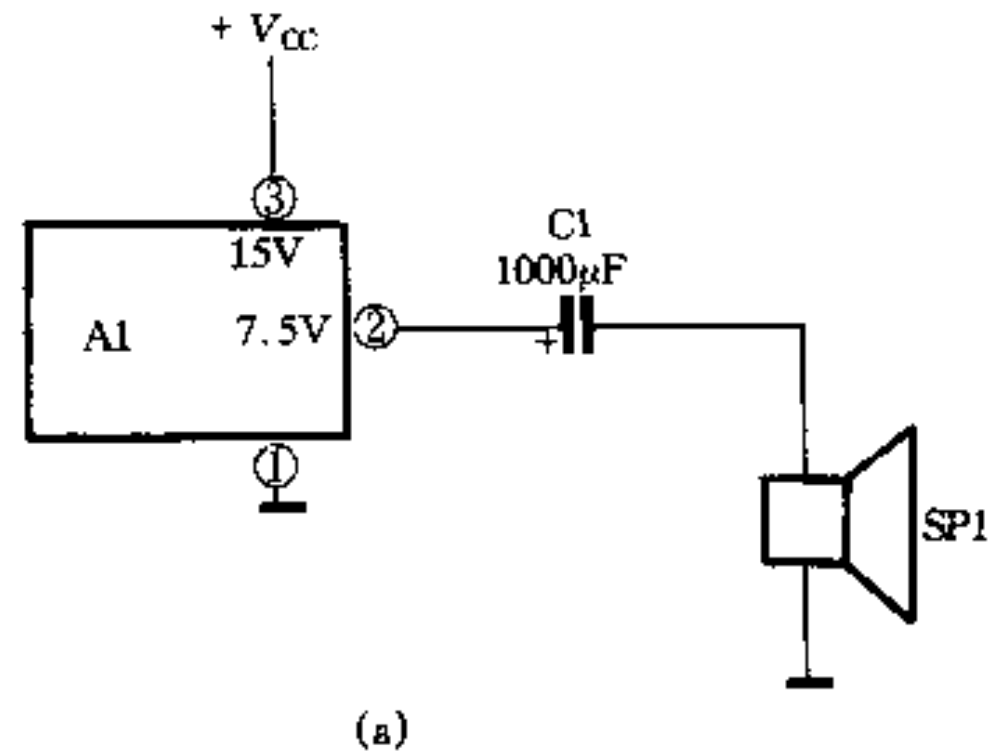
② OCL 功率放大器集成电路。这是一种输出功率很大的集成电路功率放大器电路, 应用比较广泛。

③ BTL 功率放大器集成电路, 这是一种输出功率更大的功率放大器电路。

这三种音频功率放大器集成电路的信号输出引脚外电路完全不同，且相差很大，利用三种信号输出引脚外电路特征，可以方便地分辨出这三种类型的集成电路功率放大器电路，对识图和故障检修都有重要的意义。图 2-33 是这三种功率放大器集成电路信号输出引脚的外电路示意图。

(1) OTL 功率放大器集成电路

图 2-33 (a) 所示电路中，A1 是 OTL 功率放大器集成电路，②脚是信号输出引脚。OTL 功率放大器集成电路 A1 的信号输出引脚②脚通过一只容量很大的电容 C1 与扬声器相连，C1 是输出端耦合电容，其容量在 $510 - 2200\mu\text{F}$ 之间。③脚是该集成电路的电源引脚，其直流工作电压为 15V，而信号输出引脚②脚的直流工作电压是电源引脚的一半，为 7.5V。

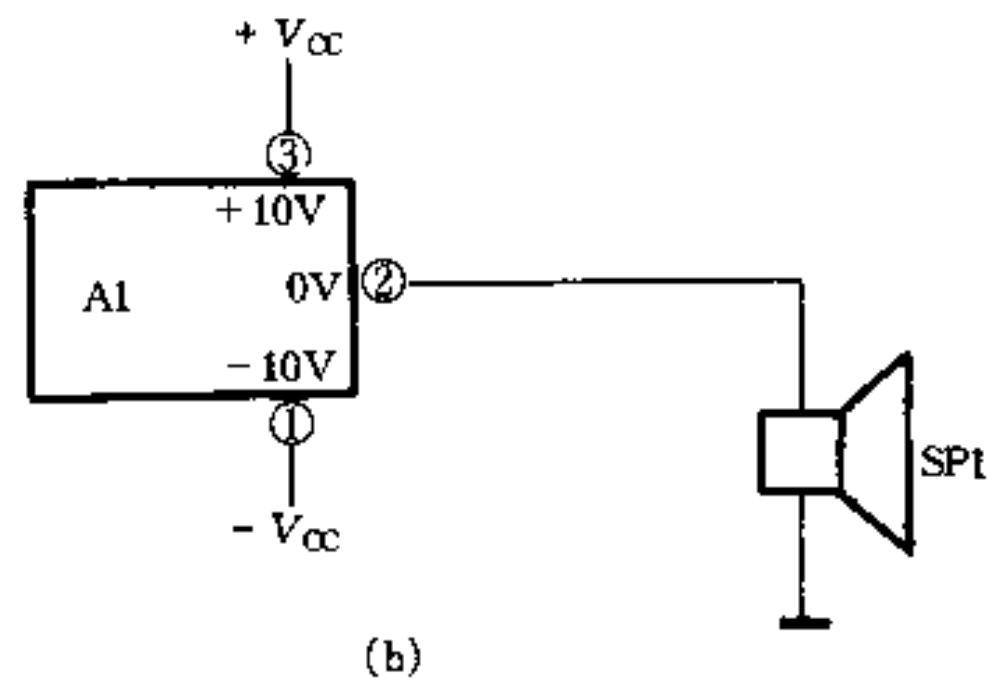


无论是什么类型的 OTL 功率放大器电路(这种电路也有多种类型)，信号输出引脚的直流电压都是电源电压的一半，这也是检修这种功率放大器电路故障的关键测试点。只要测量 OTL 功率放大器集成电路信号输出引脚的静态直流工作电压等于电源引脚直流电压的一半，就可以说明该集成电路工作正常。

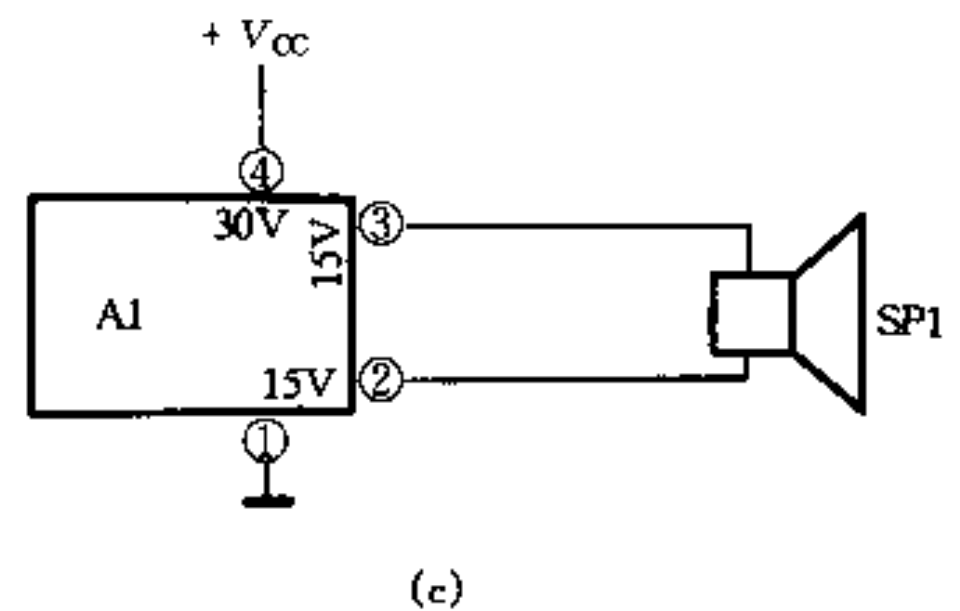
双声道 OTL 功率放大器集成电路，当两个声道信号输出引脚的静态直流工作电压都等于电源引脚直流电压的一半时，集成电路工作正常。如果有一个信号输出引脚的静态直流工作电压不等于电源引脚直流电压一半时，说明集成电路已出现故障。

(2) OCL 功率放大器集成电路

图 2-33 (b) 所示电路中，A1 是 OCL 功率放大器集成电路，②脚是信号输出引脚。OCL 功率放大器集成电路 A1 的信号输出引脚②脚与扬声器直接相连，没有耦合元件，这是 OCL 功率放大器电路信号输出引脚的一个明显特征，与 OTL 电路不同。



另外，OCL 功率放大器采用正、负对称电源供电。集成电路 A1 的①脚是负电源引脚，为 -10V 。③脚是正电源引脚，为 $+10\text{V}$ ，信号输出引脚②脚的直流电压为 0V ，这是 OCL 功率放大器电路的另一个特征。由于②脚有直流电压为 0V ，所以扬声器 SP1 可以直接地接在信号输出引脚②脚与地线之间，这时在扬声器两端没有直流电压，所以不会有直流电流流过扬声器 SP1。



当 OCL 功率放大器电路出现故障时，信号输出引脚②脚上的直流电压很可能不是 0V ，由于扬声器 SP1 的直流电阻很小，这样会有很大的直流电流流过扬声器 SP1，会烧坏扬声器

图 2-33 三种功率放大器集成电路信号输出引脚外电路

SP1。为此，在实用电路中常在信号输出引脚②脚与扬声器 SP1 之间接有扬声器保护电路。这扬声器保护电路可以是一个简单的过流熔断丝，也可以是专用的扬声器保护电路，所以在识图时要注意这一点。在 OTL 功率放大器电路的信号输出引脚回路设有一只大电容，因为电容的隔直作用，不会出现烧坏扬声器的现象，所以不必设置扬声器保护电路，这是 OCL 与 OTL 电路的另一个不同之处。

(3) BTL 功率放大器集成电路

图 2-33 (c)所示电路中，A1 是 BTL 功率放大器集成电路，这种功放集成电路有两根信号输出引脚②脚和③脚，如果是双声道 BTL 功率放大器集成电路则左、右声道各二根信号输出引脚，这一点与 OTL、OCL 功率放大器电路不同。扬声器直接地接在两根信号输出引脚之间，没有耦合元件，与 OCL 功率放大器电路相同，在实用电路中扬声器回路也要接入扬声器保护电路。

BTL 电路有两种构成方式：一种方式是采用二组 OTL 电路构成一组 BTL 电路，图 2-33 (c)所示就是这种形式，此时集成电路中只有一根电源引脚，即④脚是集成电路 A1 的电源脚，①脚是接地引脚。这时，二根信号输出引脚的直流工作电压是电源引脚上直流工作电压的一半。④脚直流工作电压为 30V，二个信号输出引脚③、④脚的直流工作电压均为 15V。由于③、④脚的直流工作电压相等，所以扬声器可以直接接在③、④脚之间。

另一种方式是采用二组 OCL 电路构成一组 BTL 电路，此时集成电路具有正、负二根电源引脚，而二根信号输出引脚的直流工作电压为 0V。根据集成电路有几根电源引脚可以方便地分辨出这二种 BTL 功率放大器电路。

4. 三端稳压集成电路信号输出引脚外电路

三端稳压集成电路如图 2-31 所示。②脚是集成电路 A1 的输出引脚，该引脚与地线之间接一只滤波电容 C4，其输出的直流电压供给前级电路作为直流工作电压。

5. 电子开关集成电路信号输出引脚外电路

电子开关集成电路如图 2-32 所示。⑩脚是集成电路 A1 的输出控制引脚，这一电路用来控制发光二极管 VD1 是否导通发光。电子开关集成电路的输出控制引脚外电路变化很丰富，在不同的控制电路中有不同的外电路特征，可根据电子开关集成电路的内电路进行输出控制引脚外电路的分析。

6. 其他功能集成电路信号输出引脚外电路

不同功能的集成电路其信号输出引脚外电路特征也不同的，这里需要说明如下几点。

(1) 在工作频率比较高的集成电路应用电路中，其信号输出引脚外电路回路中的耦合电容容量比较小，这一点与工作频率比较高的集成电路其信号输入引脚外电路中的耦合电容一样。

(2) 一些集成电路的信号输出引脚并不是用来输出信号，而是起控制作用，例如电子开关集成电路的输出引脚实际上是一个控制引脚。

(3) 数字集成电路中的输出引脚情况相当复杂，有的为一组二根输出引脚，例如触发器都有二个输出端，它们之间在工作正常情况下总是反相的关系，一个引脚输出高电平时，另

一个引脚输出低电平。

五、集成电路信号输入和信号输出引脚外电路识图小结和信号传输分析

1. 识图小结

上面介绍了常见功能集成电路的十多种信号输入引脚和信号输出引脚外电路特征及识图方法。分析集成电路的工作原理或检修集成电路故障，除要分析电源引脚和接地引脚外，信号输入引脚和信号输出引脚的分析就是最重要的。在电路故障检修时，如果能够正确找出和分析出集成电路信号输入引脚和信号输出引脚，便能很好地处理故障，达到事半功倍的效果。所以，对集成电路的信号输入引脚和信号输出引脚外电路的分析显得尤其重要。

集成电路信号输入引脚和输出引脚外电路识图小结如下。

(1) 前面介绍的十多种集成电路的信号输入引脚和信号输出引脚外电路是整机电路最常见的电路，应用广泛，必须熟练掌握。

(2) 分析集成电路信号输入引脚和信号输出引脚外电路的目的，是了解信号从哪根引脚输入到集成电路，经过集成电路的放大和处理后又是哪根引脚送出了集成电路。对于电路分析而言，这是整机电路信号传输分析的重点；对于故障检修而言，这是检查中跟踪信号踪迹的关键所在。

(3) 由于振荡器集成电路在工作时不需要输入信号，所以这种集成电路没有信号输入引脚，其他功能的集成电路则必有信号输入引脚。

(4) 一般的集成电路的信号输入引脚和信号输出引脚都是串联在信号传输回路中的(指交流信号回路)，但稳压集成电路、开关电源集成电路的信号输入和输出引脚却是串联在整机直流电压回路中的，所以与整机的交流信号回路无关。另外，电子开关集成电路的信号输入和输出引脚情况比较复杂，有串联也有并联，有与直流电路相关，也有与交流电路相关，具体情况不同电路变化也不相同。

(5) 集成电路可以没有信号输入引脚，但一定要有信号输出引脚。

(6) 除振荡器集成电路外，信号输出引脚与信号输入引脚之间存在着的必然的因果关系，有一个对应的输入信号，就会有一个与之对应的输出信号。

2. 信号传输分析

信号传输分析是指信号在电路环节中一节节传输过程的分析，是一种重要的电路分析方法，通过信号传输过程分析，可以清楚地知道信号应该出现在哪些电路环节，信号在这些电路环节上的幅度大小、相位等特性。这里对前面介绍的十多种常见集成电路输入、输出的信号传输分析归纳如下。

(1) 图 2-25 (a)所示电路的信号传输分析：信号源电路的输出信号→C1 (起耦合作用，让信号源的信号无损耗地传输到集成电路 A1 中)→集成电路 A1 的①脚(信号输入引脚，用来输入信号)→前置放大器集成电路 A1 放大和处理→集成电路 A1 的②脚(信号输出引脚，用来输出放大和处理的信号)→C2 (后级耦合电容，作用同 C1)→后级电路。

(2) 图 2-25 (b)所示电路的信号传输分析：信号源电路输出的信号→C1 (输入端耦合电

容)→消振电阻 R1 (用来防止可能出现的高频自激,以稳定电路的工作)→A1 的①脚(信号输入引脚)→A1 的放大和处理→②脚(信号输出引脚)→C2 (输出端耦合电容)→R2 (消振电阻)→后级电路。

(3) 图 2-25 (c)所示电路的信号传输分析:录放磁头输出的放音信号→C1 (输入端耦合电容)→A1 的①脚(信号输入引脚)→A1 的放大和处理→②脚(信号输出引脚)→C2 (输出端耦合电容)→音量电位器 RP1 的热端。

(4) 图 2-26 所示电路的信号传输分析:左声道放音磁头 R/P1 输出的左声道放音信号→A1 的①脚(信号输入引脚,为直接耦合)→A1 的放大和处理→③脚(信号输出引脚)→左声道后级电路;右声道放音磁头 R/P2 输出的右声道放音信号→A1 的②脚(信号输入引脚)→A1 的放大和处理→④脚(信号输出引脚)→右声道后级电路。由于左、右声道电路完全对称,这样的信号传输分析可以只分析其中的某一个声道电路,不必对左、右声道电路都进行分析。

(5) 图 2-27 所示电路的信号传输分析:前置放大器管 VT1 集电极输出信号→C1 (耦合)→A1 的①脚→A1 的后级放大和处理→②脚→送到后面电路中。

(6) 图 2-28 (a)所示电路的信号传输分析:音量控制器电路输出信号→C1 (耦合)→集成电路 A1 的①脚→A1 的音频功率放大器放大→集成电路 A1 的②脚→C2 (功率放大器输出端耦合电容)→扬声器电路中推动扬声器发声。

(7) 图 2-28 (b)所示电路的信号传输分析:来自前级电路的信号 V_i →音量电位器 RP1 控制后信号从其动片输出→C1 (耦合)→R (消振)→集成电路 A1 的①脚→A1 的音频功率放大器放大→集成电路 A1 的②脚。

(8) 图 2-31 所示电路的直流电压传输分析:整机电源整流电路输出直流电压→R1 (与 C2、C3 构成退耦电路)→集成电路 A1 的①脚→A1 的稳压处理→集成电路 A1 的②脚(输出稳定的直流电压)→前级电路,为前级电路提供直流工作电压。

第四节 集成电路内电路主要元器件和基础单元电路识图

在分析集成电路工作原理时,通常没有必要对其内电路工作原理进行详细分析,只需要知道集成电路的功能、内电路组成或内电路方框图。但是,在有些情况下为了准确分析某引脚外电路的工作原理和检修集成电路的疑难故障,需要对集成电路的某根引脚局部的内电路进行深入分析。

一、集成电路内电路几种主要元器件

在集成电路的内电路中,最基本的元器件主要有下列三种。

(1) 二极管。通常是用三极管改接二极管。

(2) 三极管。这在集成电路的内电路大量使用,这一点与分立元器件电路有着重大的不同。集成电路内电路中的三极管不仅作为放大之用,更多地还是作为二极管和恒流源等其他用途,因为在集成电路内电路中造一只三极管很简单。

(3) 电阻器。在集成电路内部制造电阻器比造一只三极管复杂,对于一些阻值很大的电

阻要在集成电路的外电路中接入。

1. 二极管

在集成电路内电路中，制作二极管主要有两种方式。

(1) 直接制造一个 PN 结。

(2) 先制造一个三极管，然后将三极管的集电极和基极短接，利用三极管的发射结作为二极管。这种二极管的正向压降小、存储时间短、开关速度快、但击穿电压低，图 2-34 是这种二极管的电路符号。

显然，集成电路的内电路中的二极管电路符号与分立元器件电路中的二极管电路符号不同，识图时要注意。

在用三极管作为二极管时，是使用的发射结这个 PN 结，从电路中可以看出这一点。

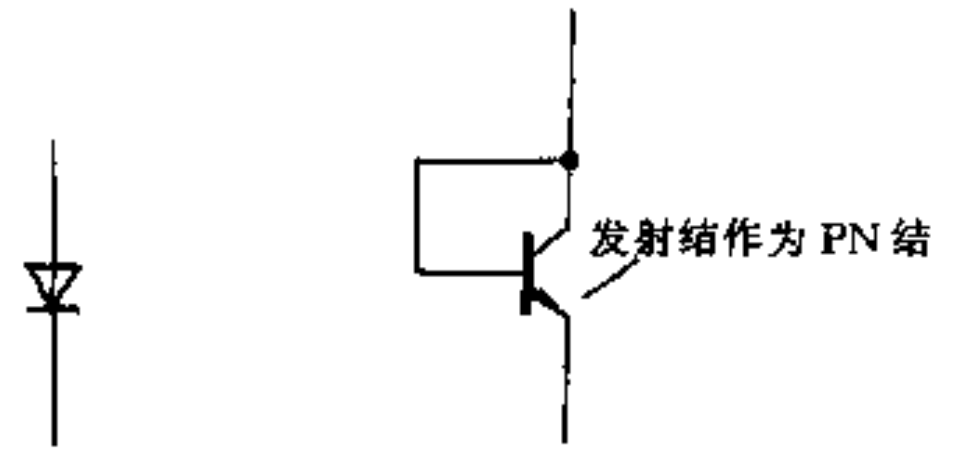


图 2-34 集成电路内电路中的二极管电路符号

2. 三极管

集成电路内电路中制造一只三极管所占芯片的面积很小，这样可以将电路结构设计得复杂些，以提高电路的性能，所以集成电路的内电路往往是相当复杂的，集成电路内电路中的三极管特别多是内电路的一个特点。

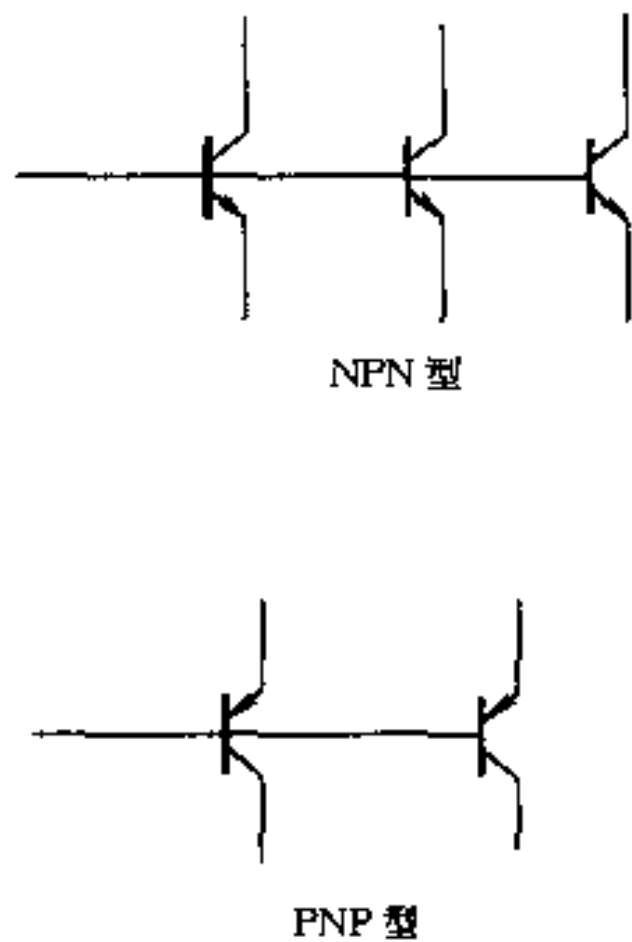


图 2-35 集成电路内电路中的三极管电路符号

另外，由于在制造三极管时的工艺、环境等是相同的，所以可以制成性能一致的三极管。集成电路内电路中的三极管 β 值一般在 100 ~ 200 之间。由于散热条件不好，集成电路中通常不宜制造大功率的三极管。

如图 2-35 所示是集成电路内电路中 PNP 型和 NPN 型三极管的电路符号，各管基极相连时可以采用这种省略的表示。注意，这一表示方式在分立元器件电路中是不采用的，只出现在集成电路的内电路中。

3. 电阻器

在集成电路中制造电阻器的方法有多种，可以利用晶体管的基区扩散电阻作为电阻器，其阻值一般在几欧至几十千欧。

由于在集成电路内部制造大阻值电阻器所占的芯片面积大，很不经济和合算，所以电路中如果必须采用大电阻时往往采用外接的方法，即通过一根引脚在外电路中接入大阻值的电阻器。

4. 电容器

集成电路中的电容器制造方法有下列三种。

(1) 利用 PN 结电容，这种电容器的容量较小，约为几皮法至十几皮法，只适合于高频电路中使用。

(2) 采用二氧化硅薄膜电容，这种电容器容量也很小，而且容量愈大所占芯片的面积也愈大。

(3) 采用 MOS 电容(MOS 是金属—氧化物—半导体的简写), 这种方式工艺复杂, 容量为几十皮法。

集成电路内电路中, 由于制造电容器不方便和不能制造大容量的电容器, 所以集成电路内电路通常采用直接耦合, 在必须采用大容量的耦合电容器时, 则通过引脚在外电路接入。

5. 其他元器件

在集成电路内电路中, 除制造上述几种基本的元器件之外, 还可以制造稳压二极管、电感器等元器件。

在集成电路内部, 制作电感器更难。如果集成电路工作中需要电感器, 一般情况下是通过引脚在外电路中外接。

集成电路内电路中常常用到电流源, 图 2-36 是这种电流源的电路符号, 电流源用来输出电流。

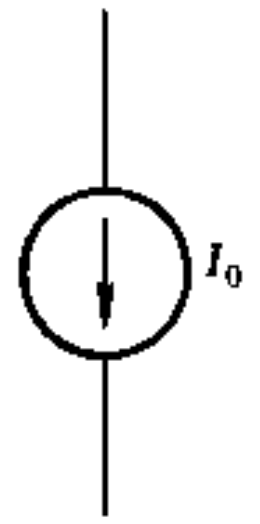


图 2-36 电流源电路符号

二、集成电路内电路中最基本单元电路的识图

集成电路的内电路中, 主要由下列一些最基本的单元电路构成集成电路中的各种专用功能电路: (1)恒压源电路; (2)恒流源电路; (3)直流电平移位电路; (4)差分 and 双差分放大电路等。

1. 恒压源电路

为了保证集成电路的稳定工作, 电路的直流工作电压必须稳定, 这样不仅要求在机器的整机电源电路中采用稳压电路, 而且在集成电路的内电路中要采用恒压源电路。

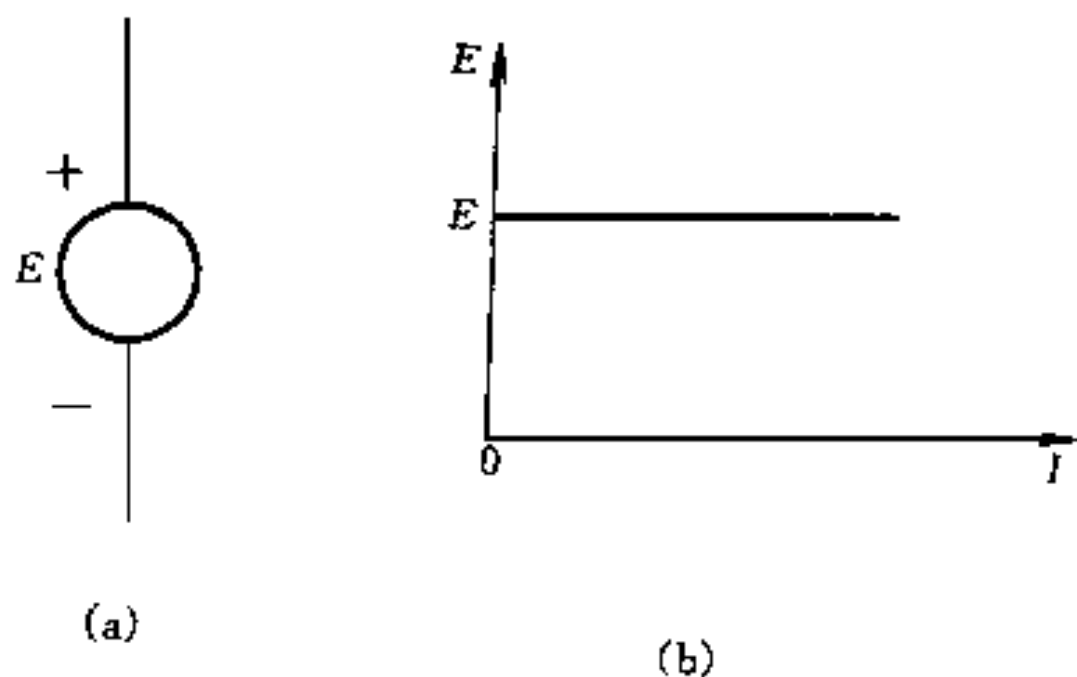


图 2-37 恒压源电路符号和电流—电压特性曲线

所谓恒压源就是当电流大小在一定范围内改变时, 输出电压恒定不变。图 2-37 (a) 是恒压源电路在电路图中的电路符号, 图 2-37 (b) 是它的电流—电压特性曲线。这是一个理想的恒压源特性曲线, 从曲线中可以看出, 当输出电流大小在变化时, 输出电压的大小保持恒定不变。

集成电路内电路中的恒压源电路主要有以下几种。

- (1) 利用二极管导通后管压降基本不变特性构成的恒压源电路。
- (2) 利用稳压二极管稳压特性构成的恒压源电路。
- (3) 采用电阻分压作为基准电压的恒压源电路。
- (4) 反馈型恒压源电路。
- (5) 电压倍增电路。
- (6) 并联型恒压源电路。

2. 恒流源电路

恒流源电路的基本特性是能够输出一个恒定不变的电流，这一输出电流不随电压变化而变化。图 2-38 (a)、(b)所示是恒流源在电路中的两种表示方式，图 2-38 (c)是它的电压—电流特性曲线，这是一条水平直线，是一个理想的恒流源特性曲线，它表明电压大小在改变时，电流源输出电流 I_0 的大小不变。

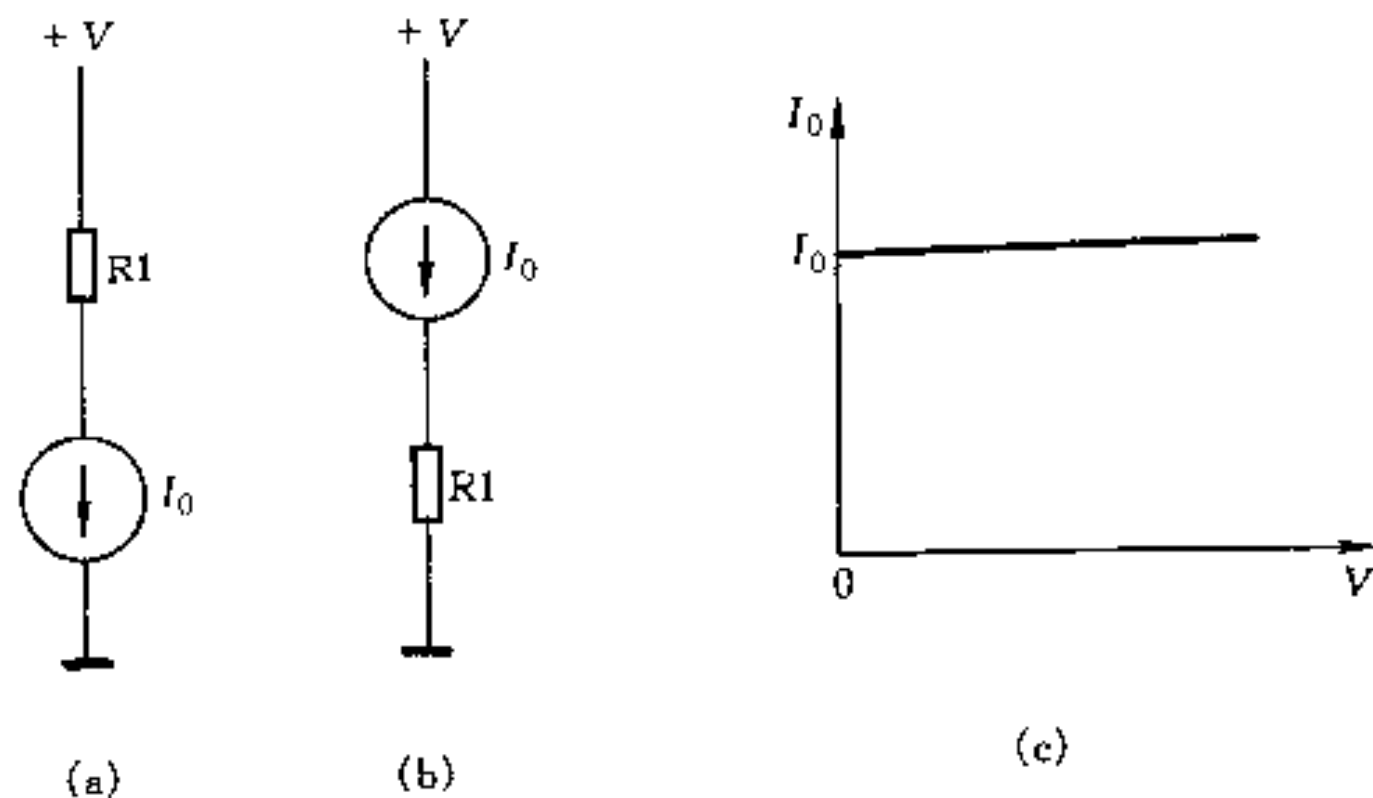


图 2-38 恒流源电路符号和电压—电流特性曲线

集成电路内电路中的恒流源有下列几种形式的电路。

- (1) 镜像恒流源电路。
- (2) 改进型镜像恒流源电路。
- (3) 多恒流源电路。
- (4) 电阻比值型恒流源电路。
- (5) 微电流恒流源电路。

3. 直流电平移位电路

集成电路内电路中，由于不便制作容量较大的耦合电容，而大量采用直接耦合电路。由于没有耦合电容的隔直作用，使多级放大器之间直流电平配置出现了问题，即经过若干级放大器电路直接耦合之后，后级电路直流电平愈来愈高，或愈来愈低，级数愈多，直流电平相差愈大，结果限制了信号的动态范围。这里用如图 2-39 所示的三级直接耦合放大器电路为例来说明直流电位移位问题。

由于每只三极管的集电极电压大于其基极电压，通过三级电路的直接耦合，后一级基极电压比前一级基极电压高，这样第三级三极管 VT3 的集电极电压 V_{C3} 比第一级三极管的基极电压 V_{B1} 大出许多，而接近 $+V$ ，这样 $+V$ 与 V_{C3} 之间的电压范围很小，限制了 VT3 管放大器正半周信号的幅度。为此，要在直接耦合的多级放大器电路中设置直流电平移位电路，将第三级三极管集电极静态直流电压 V_{C3} 降低。

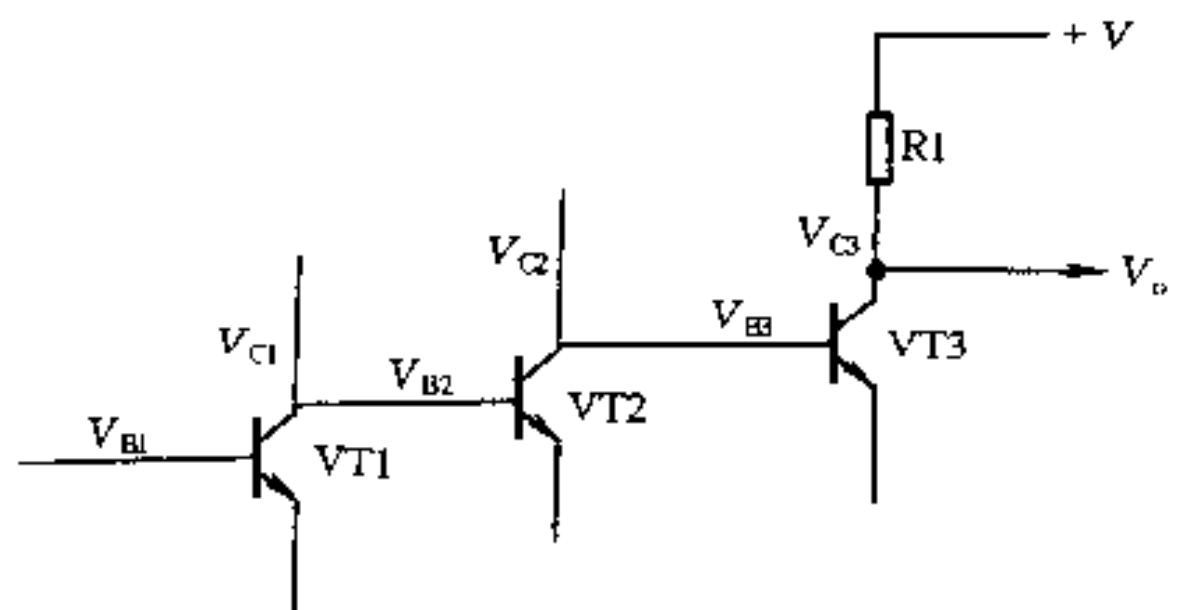


图 2-39 三级直接耦合放大器电路示意图

在集成电路内电路中，直流电平移位电路主要有以下几种形式。

- (1) 采用射极输出器构成直流电平移位电路。
- (2) 采用二极管构成直流电平移位电路。
- (3) 采用稳压二极管构成直流电平移位电路。
- (4) 采用电阻—恒流源分压构成直流电平移位电路。
- (5) 采用 NPN 型和 PNP 型级联构成直流电平移位电路。

4. 差分 and 双差分放大电路

由于集成电路内电路各级放大器之间大量采用直接耦合电路，这种耦合电路除造成直流电平移位外还会出现零点漂移的问题，为了解决这一问题，集成电路内电路中大量采用具有良好抑制零点漂移功能的差分放大器电路。

所谓零点漂移，是指没有给直接耦合的放大器输入信号时，放大器就能输出信号。这是由于温度变化等引起的信号被放大器所放大的结果，由于多级放大器之间是直接耦合，所以这些影响很大，出现所谓的零点漂移现象。

差分放大器有许多种，按照输出信号取出方式划分，有双端输出式和单端输出式两种电路；按照信号输入方式划分，有双端输入式和单端输入式两种电路；根据输入、输出方式不同的组合，可以划分成以下四种标准形式差分放大器电路(每种还有变异的电路)。

- (1) 标准形式的双端输入、双端输出式差分放大器电路。
- (2) 标准形式的双端输入、单端输出式差分放大器电路。
- (3) 标准形式的单端输入、双端输出式差分放大器电路。
- (4) 标准形式的单端输入、单端输出式差分放大器电路。

除上述四种标准形式的差分放大器电路外，还有一些结构变异的差分放大器电路，且各种实用的差分放大器电路结构变化相当复杂。

三、恒压源电路识图

1. 二极管恒压源电路识图

图 2-40 是采用二极管构成的恒压源电路。由二极管的主要特性可知，当二极管正向导通之后其管压降基本保持不变，这一恒压源电路就是利用二极管的管压降特性，用导通后二极管上的管压降作为恒压源的基础电压来构成恒压源电路。

二极管恒压源电路的工作原理是：直流工作电压 $+V$ 经 R_1 给 VD_1 、 VD_2 和 VD_3 提供正向偏置电压，使 3 只二极管处于导通状态。由于二极管导通后的压降基本不变， $+V$ 在一定范围内大小变化时，使 VT_1 管基极电压保持不变，由于 VT_1 管发射极电压是跟随基极电压的，这样 VT_1 管发射极电压也保持不变，使恒压源电路的输出电压 V_o 保持不变，获得恒压输出特性。

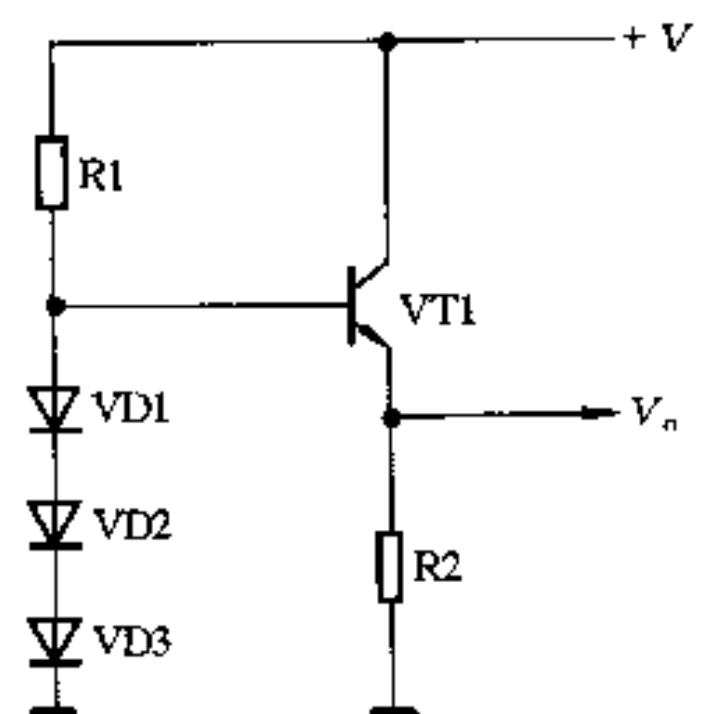


图 2-40 采用二极管构成的恒压源电路

如果调整电路中串联二极管的数目，可以改变输出电压 V_o 的大小；增加二极管的数量，可以提高输出电压 V_o 的大小。因为 VT1 管基极电压愈高，其发射极输出电压愈高；反之，减少串联二极管的数量，可降低输出电压 V_o 的大小。

二极管恒压源电路具有温度补偿特性。由于二极管导通后的管压降随温度升高而下降，而三极管 VT1 的发射结压降也是随温度升高而下降，这样 VT1 发射极输出电压 V_o 基本上不受温度的影响，具有温度补偿的作用。

2. 稳压二极管恒压源电路识图

图 2-41 是采用稳压二极管构成的恒压源电路。电路中，VD1、VD2 是普通二极管，VD3 是稳压二极管，R1 是 VT1 的偏置电阻，同时又给 VD1、VD2 和 VD3 提供导通电压，R1 又是各二极管的限流保护电阻。

由稳压二极管构成的恒压源电路其恒压原理是：由于 VD1、VD2 和 VD3 导通后，它们的管压降之和是稳定的，不随输入电压 $+V$ 的大小波动而变化，这样 VT1 管的基极电压也是稳定的。VT1 管发射极电压跟随基极电压，使 VT1 管发射极输出电压也同基极电压一样稳定，具有恒压特性。

电路中，普通二极管 VD1 和 VD2 用来起温度补偿作用，因为二极管 VD1 和 VD2 的 PN 结温度系数与稳压二极管 VD3 的 PN 结温度系数相反，所以当温度降低而使二极管的管压降增大时，稳压二极管的管压降则减小；当温度升高而使二极管的管压降减小时，稳压二极管的管压降却增大。这样，无论温度升高还是下降，通过两种 PN 结的相反温度特性进行互补，能够保证 VT1 基极电压不变，使输出电压 V_o 不受温度的影响，达到温度补偿的目的。

3. 反馈型恒压源电路识图

图 2-42 是反馈型恒压源电路。电路中， I_0 为恒流源，VT1 为取样放大管，VT2 为调整管，输出电压 V_o 取自 VT2 管发射极。电路中，R1、R2 构成取样电路，输出电压 V_o 的大小变化通过 R1、R2 分压电路取出，加到取样放大管 VT1 管的基极，构成反馈型的恒压源电路。

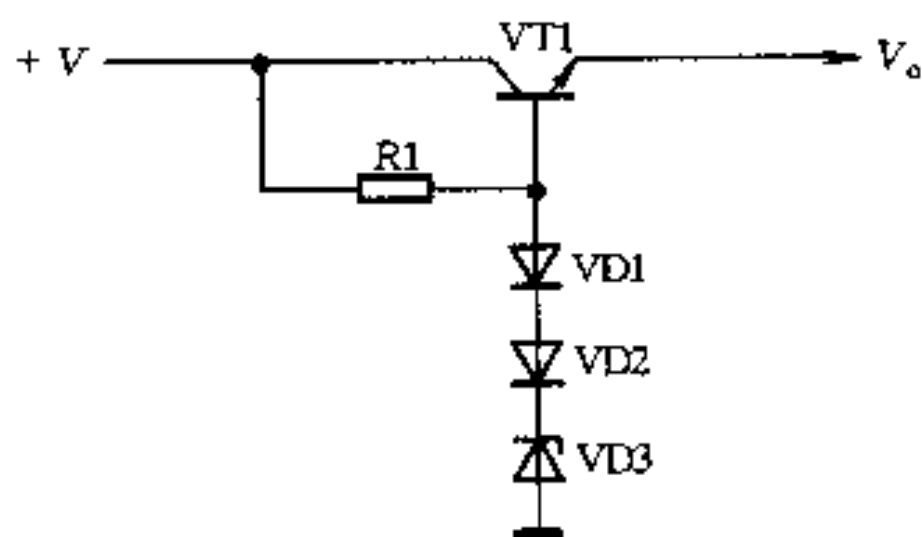


图 2-41 采用稳压二极管构成的恒压源电路

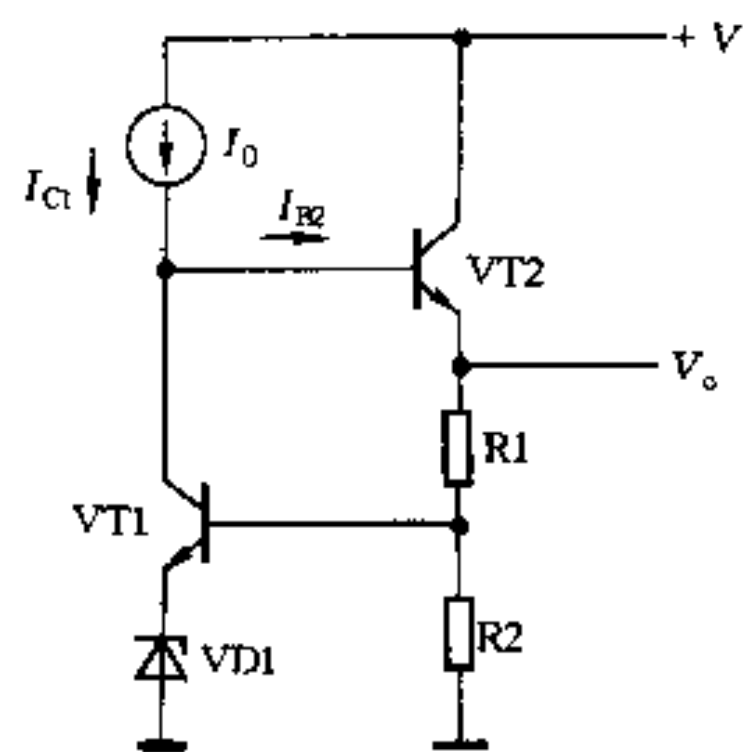


图 2-42 反馈型恒压源电路

反馈型恒压源电路利用负反馈原理稳定输出电压，负反馈过程是：设输出电压 $V_o \downarrow$ (下降) \rightarrow VT1 管基极电压 $V_{B1} \downarrow$ (通过取样电阻 R1) \rightarrow VT1 基极电流 $I_{B1} \downarrow$ (VT1 管发射极电压是稳压二极管上的电压，其电压不变，) \rightarrow VT1 管集电极电流 $I_{C1} \downarrow \rightarrow$ VT2 管基极电流 $I_{B2} \uparrow$ (I_0 是恒流源，

其电流大小不变, $I_0 = I_{C1} + I_{B2}$, I_{C1} 减小, 使 I_{B2} 增大) \rightarrow VT2 管集电极电流 $I_{C2} \uparrow \rightarrow$ VT2 管 $V_{CE2} \downarrow$ (集电极电流增大, 集电极与发射极之间管压降减小) \rightarrow 直流输出电压 $V_o \uparrow$ ($V_o = +V - V_{CE2}$)。

通过上述电路的负反馈作用, 当输出电压 V_o 下降时, 又能够使输出电压 V_o 上升, 起到稳定输出电压 V_o 的作用。同理, 当 V_o 增大时, 通过电路上述负反馈作用, 能使 V_o 减小, 达到稳定 V_o 的作用。

这种反馈型恒压源电路从恒压性能角度上讲, 优于前面几种恒压源电路。

4. 并联型恒压源电路

图 2-43 是并联型恒压源电路, 由于调整管 VT1、VT2 与负载并联, 所以称之为并联型恒压源。电路中, VD1 为稳压二极管, VT1 和 VT2 构成复合调整管, $+V$ 是输入直流工作电压, V_o 为经过稳压后的直流输出电压。

这一并联型恒压源电路的恒压原理是: 由图 2-43 可以看出, $I_1 = I_0 + I_2$, I_2 为流过 VT1 和 VT2 管的电流, I_0 为流过负载的电流。假设由于某种因素影响, 使输出电压 V_o 增大, 则电路发生如下变化。

$V_o \uparrow \rightarrow$ VT1 管基极电压 $V_{B1} \uparrow$ ($V_{B1} = V_o - V_Z$, V_Z 为稳压二极管 VD1 的稳压值, 其值大小不变) \rightarrow VT1 管基极电流 $I_{B1} \uparrow \rightarrow$ VT1 管发射极电流 $I_{E1} \uparrow \rightarrow$ VT2 管基极电流 $I_{B2} \uparrow \rightarrow I_2 \uparrow$ ($I_2 = I_{C1} + I_{C2}$) $\rightarrow I_1 \uparrow$ ($I_1 = I_0 + I_2$) \rightarrow 电阻 R1 上的电压降 $\uparrow \rightarrow$ 输出电压 V_o 减小, 因为输出电压 V_o 等于直流电压 $+V$ 减 R1 上的电压降。

同理, 当输出电压 V_o 减小时, 通过电路变化能使电流 I_1 减小, 这样在 R1 上的电压降减小, 使 V_o 增大, 达到稳压的目的。

5. 采用电阻分压器的恒压源电路

图 2-44 是采用电阻分压器构成的恒压源电路, 这种电路可以方便地获得多种电压等级的直流输出电压。

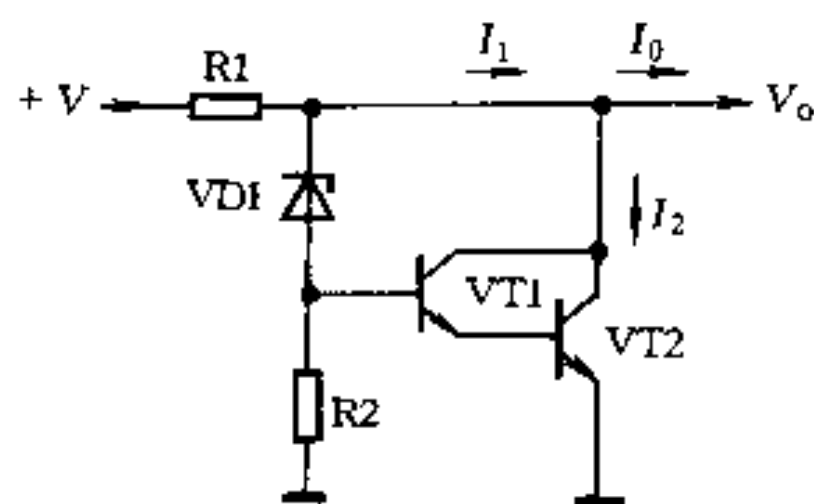


图 2-43 并联型恒压源电路

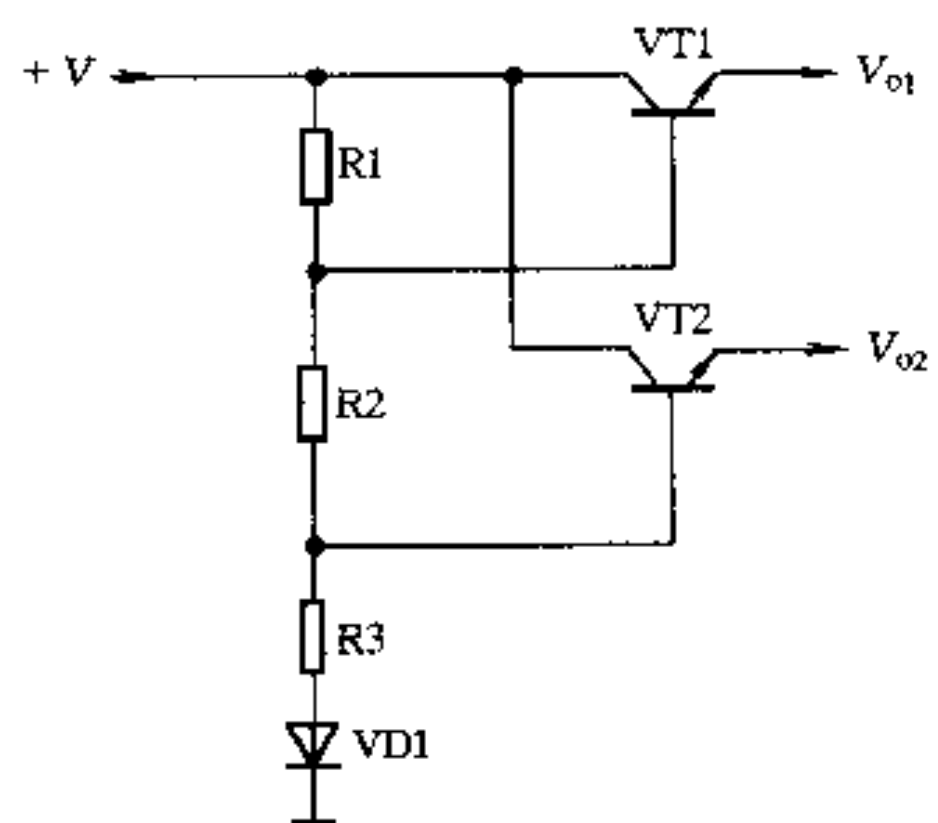


图 2-44 采用电阻分压器构成的恒压源电路

采用电阻分压器构成的恒压源电路工作原理是: R1、R2、R3 和 VD1 构成分压电路, 分别给 VT1、VT2 管提供正向偏置电压, 由于发射极电压是跟随基极电压的, 这样输出电压 V_{o1} 、 V_{o2} 便由各管的基极电压决定。改变电路中电阻的大小, 可以方便地获得所需要的直流

输出电压 V_{o1} 和 V_{o2} 。

电路中，VD1 用来补偿 VT1 和 VT2 管的温度特性，改善这一恒压源电路的温度特性。温度补偿电路的原理是：当温度升高时，二极管 VD1 的正向压降略有下降，而 VT1 和 VT2 管的发射结压降也是略有下降，这样直流输出电压 V_{o1} 和 V_{o2} 保持不变，因为 VD1 管压降下降量与 VT1 和 VT2 管的发射结压降下降量相等。同理，当温度下降时，VD1 管压降略升高，VT1 和 VT2 管的发射结压降也是略有升高，这样保持这一恒压源电路的直流输出电压 V_{o1} 和 V_{o2} 不变，达到温度补偿的目的。

四、恒流源电路识图

恒流源电路分析要比恒压源电路分析复杂一些，主要是理解电路工作原理的思路和方式有所不同。下面分析几种恒流源电路的工作原理。

1. 镜像恒流源电路

图 2-45 是镜像恒流源电路，它是各种恒流源电路的基本电路形式，所以又称基本型镜像恒流源。在集成电路内电路中设置了两只三极管 VT1 和 VT2，但是 VT1 管将集电极与基极短接后接成二极管，所以 VT1 是二极管。电路中，电阻 R1 和 VT1 管构成 VT2 管的基极偏置电路，VT2 为恒流管。

由于 VT1 和 VT2 管在制造时环境条件一样，所以两管的性能参数完全一样，这样即有 $V_{BE1} = V_{BE2}$ 、 $\beta_1 = \beta_2$ 、 $I_{B1} = I_{B2}$ ，那么 $I_{C1} = I_{C2}$ ，电路中集电极、基极各电流方向见图中所示。

根据节点电流定律，通过有关运算有如下结论

$$I_0 \approx +V/R_1$$

由上式可知，由于 $+V/R_1$ 是一个常数，所以 I_0 是恒定电流。改变 $+V$ 或 R_1 的大小，可改变 I_0 的大小。电路中，VT1 和 VT2 管中的电流一样大，如同是镜像一样，故称之为镜像恒流源电路。

2. 改进型镜像恒流源电路

图 2-46 是改进型的镜像恒流源电路。电路中，VT1、VT2 和 VT3 三只三极管的电流放大

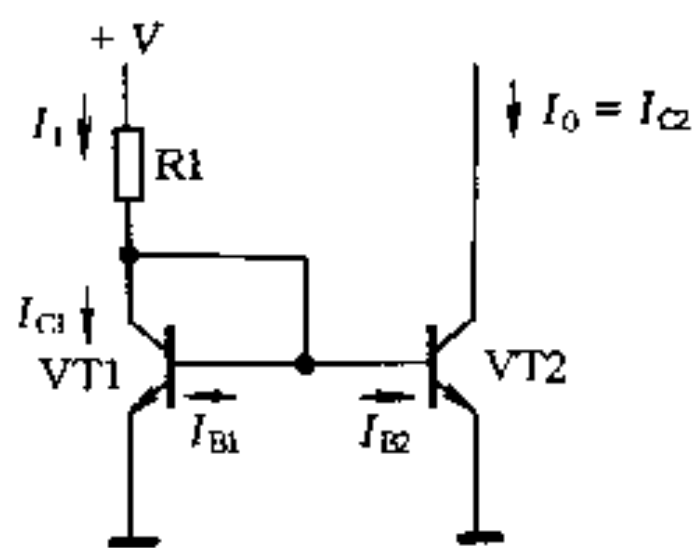


图 2-45 镜像恒流源电路

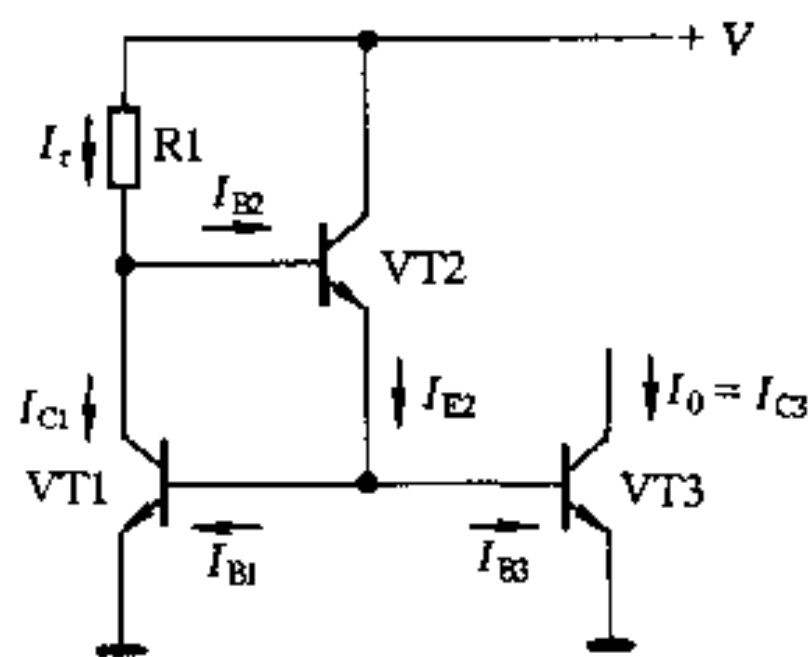


图 2-46 改进型镜像恒流源电路

器倍数 β 相同，而且各三极管的 V_{BE} 相同，各管的性能参数一致（例如各三极管的基极电流相同）。VT3 为恒流管，电路中的其他三极管与元器件构成了恒流管 VT3 的基极偏置电路。

在图 2-45 所示电路中，要求三极管的电流放大器倍数 β 远大于 2，在大批量生产中有可能会使管子的 β 不够大，采用改进型镜像恒流源电路后可以对三极管的电流放大倍数 β 值的要求降低，通过计算可知，这一电路只要做到 $\beta(\beta+1)$ 远大于 2 便能够可靠地保证 VT3 的恒流特性，而做到电流放大倍数 $\beta(\beta+1)$ 远大于 2 是很方便的，所以改进型镜像恒流源电路工作可靠性更高。

3. 多恒流源电路

图 2-47 是多恒流源电路。电路中，VT2、VT3、VT4 是三只恒流管，分别获得三个恒流源 I_{C2} 、 I_{C3} 和 I_{C4} 。VT1 及 R1 构成了三只恒流管的共用偏置电路。关于这一电路的工作原理同图 2-37 所示电路基本一样，只是用一只共用的偏置电路为三只恒流管提供基极偏置电流，其电路具体工作原理同前，在此不作赘述。

电路中，VT2、VT3 和 VT4 基极相连，所以电路图中采用这种画法，这在集成电路内电路中时常见到。

4. 电阻比例型恒流源电路

图 2-48 是电阻比例型恒流源电路。电路中，VT1 和 VT2 特性一致，这样 $V_{BE1} = V_{BE2}$ 。通过计算， $I_r \approx +V/(R_1 + R_2)$ ，当 $+V$ 、 R_1 、 R_2 确定后， I_r 便恒定了，调整 R3 阻值大小可改变电流 I_r ，而且 I_r 与电阻 R2、R3 的比值有关，所以称之为电阻比例型恒流源电路。

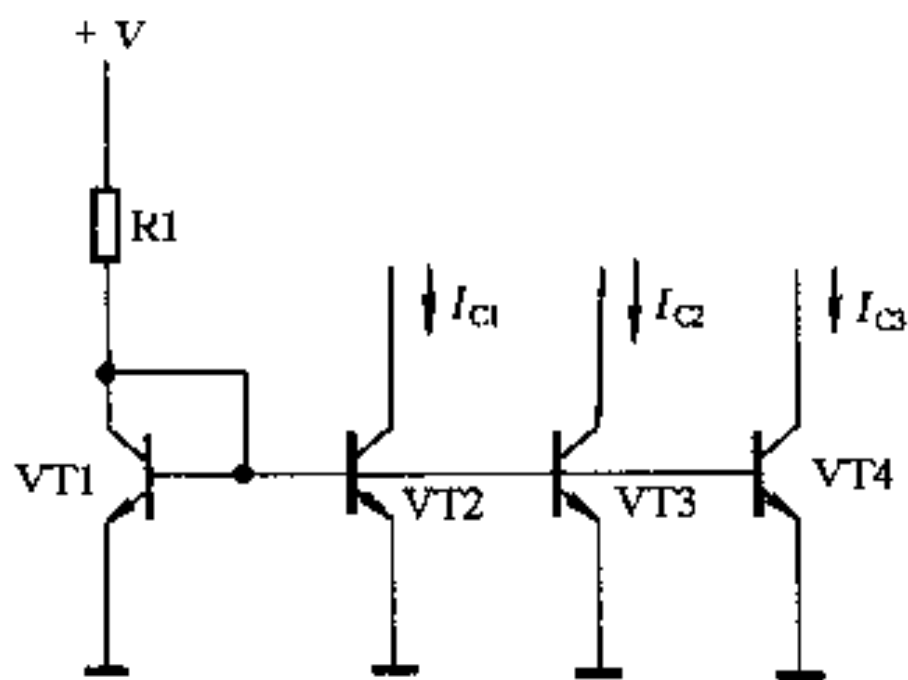


图 2-47 多恒流源电路

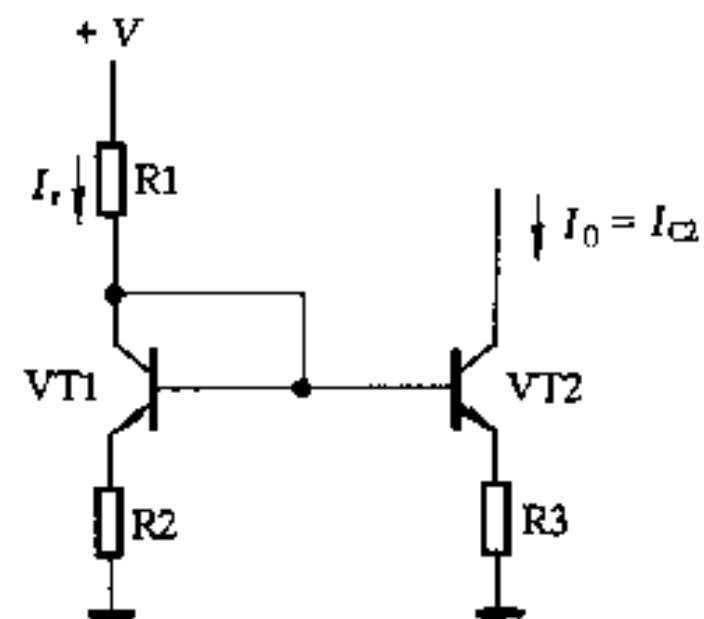


图 2-48 电阻比例型恒流源电路

5. 微电流恒流源电路

图 2-49 是一种微电流恒流源电路。这一电路与基本型镜像恒流源电路相比，恒流管中多了一只发射极电阻 R2。这样，这一恒流源电路的恒定电流很小，故称为微电流恒流源电路。

所谓微电流就是很小的电流，微电流恒流源电路是一种在输出电流很小状态下也能够恒定输出电流的恒流源电路。

根据如图 2-37 所示基本型镜像恒流源电路可知， $I_0 = +$

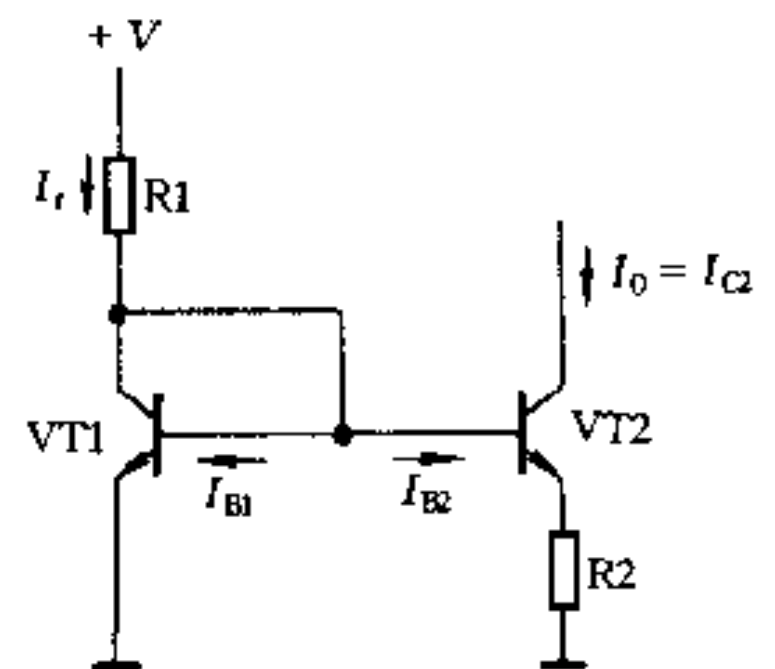


图 2-49 微电流恒流源电路

V/R_1 ，如若要求 I_0 很小很小，如 $10\mu\text{A}$ ，则要求电阻 R_1 高达几百千欧。由于集成电路中不宜制造大阻值的电阻器，所以要用微电流恒流源电路。

从电路可以看出， $V_{BE1} = V_{BE2} + I_{E2} \times R_2$ ，这样减小了 VT_2 的 V_{BE2} ，使其基极电流减小，达到减小 I_0 的目的。当 $+V = 10\text{V}$ 、 $R_1 = 10\text{k}\Omega$ 、 $R_2 = 12\text{k}\Omega$ 时， $I_r = 1\text{mA}$ ，而 $I_0 = 10\mu\text{A}$ 。

五、直流电平移位电路识图

下面分析几种集成电路内电路中常见的直流电平移位电路。

1. 射极输出器移位电路

图 2-50 是采用射极输出器构成的直流电平移位电路。电路中， V_i 为输入信号， V_o 为输出信号， VT_1 构成第一级放大器， VT_2 构成第二级放大器， VT_3 构成第三级放大器，其中 VT_2 管构成的是射极输出器电路，起直流电平移位的作用，没有这一级电路就不具备直流电平移位的作用。

射极输出器电路进行直流电平移位的原理是： VT_2 管的基极电压等于 VT_1 管的集电极电压， VT_2 管发射极电压等于 VT_3 管基极电压，利用硅管 VT_2 的发射结 0.6V 压降使 VT_3 管的基极电压比 VT_1 管的集电极电压低 0.6V ，这样降低了 VT_3 管基极直流电平，达到直流电平移位的目的。

射极输出器构成的直流电平移位电路的特点是，移位电平较小，只有 0.6V 。另外， VT_2 作为射极输出器，具有输入阻抗高、输出阻抗低的特点，可以在 VT_1 和 VT_3 两级放大器之间起隔离作用，这是电路的另一个优点，可以稳定整个三级放大器的工作稳定性，也有利于改善三级放大器的性能。

2. 二极管移位电路

图 2-51 是采用二极管构成的直流电平移位电路。电路中， V_i 为输入信号， V_o 为输出信号， VT_1 和 VT_2 构成两级直接耦合放大器。 VD_1 和 VD_2 构成直流电平移位电路，利用 VD_1 和 VD_2 上的压降来降低 VT_2 管的基极电压，达到移位目的。

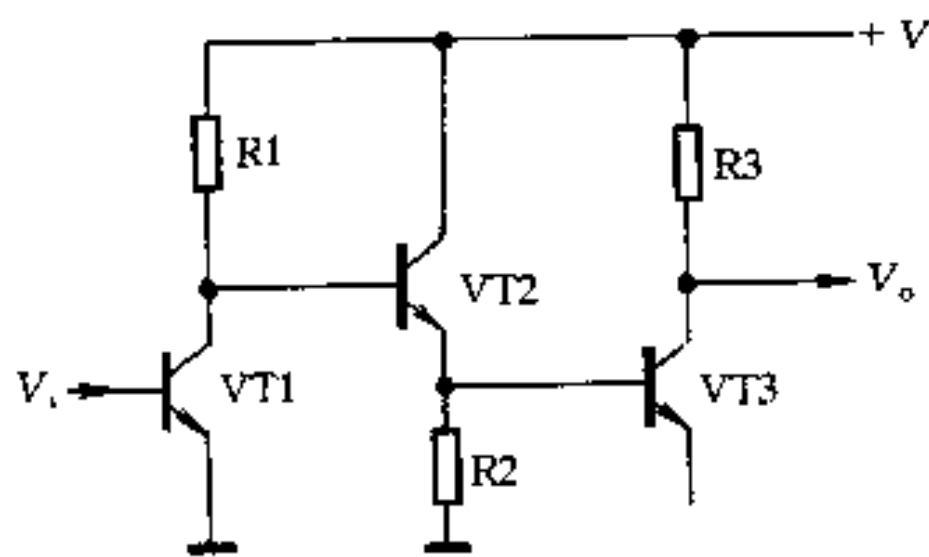


图 2-50 射极输出器构成的直流电平移位电路

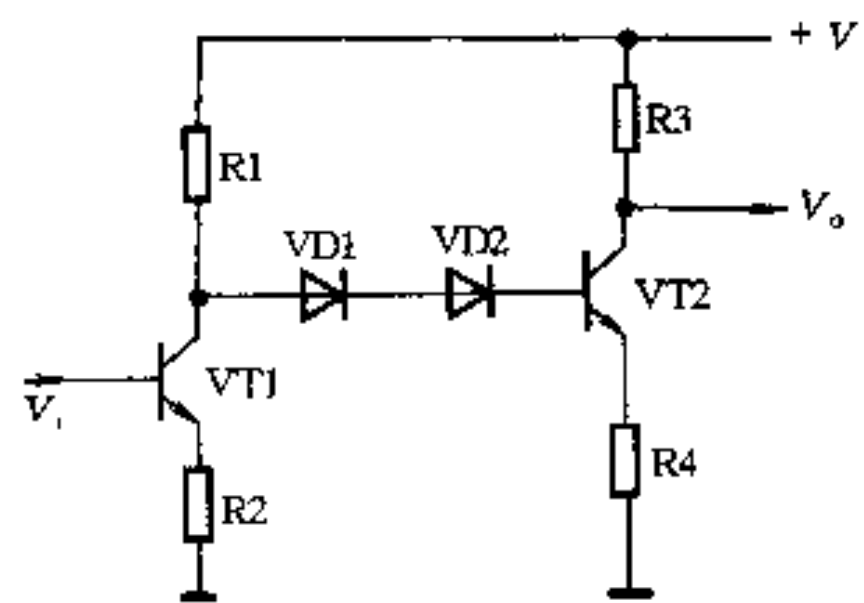


图 2-51 采用二极管构成的移位电路

这种二极管直流电平移位电路的特点是， VD_1 和 VD_2 会带来信号的额外损耗，但是由于 VD_1 和 VD_2 二极管处于导通状态，所以内阻相当小，信号的额外损耗也比较小。若在这

种电路中，多串几只二极管，可加大直流电位的移位量。通过调整串联二极管的数目，可以改变直流电位的位移量大小。

3. 稳压二极管移位电路

图 2-52 是采用稳压二极管构成的直流电位移位电路。电路中，VD1 是稳压二极管，利用它导通后的压降来降低 VT2 管的基极电压，达到移位目的。

这种直流电平移位对信号也存在较小的损耗。选用不同稳压值的稳压二极管，可获得不同电平量的位移，直流电平移位量的大小与稳压二极管的稳压值直接相关，稳压值大，直流电平的移位量大。

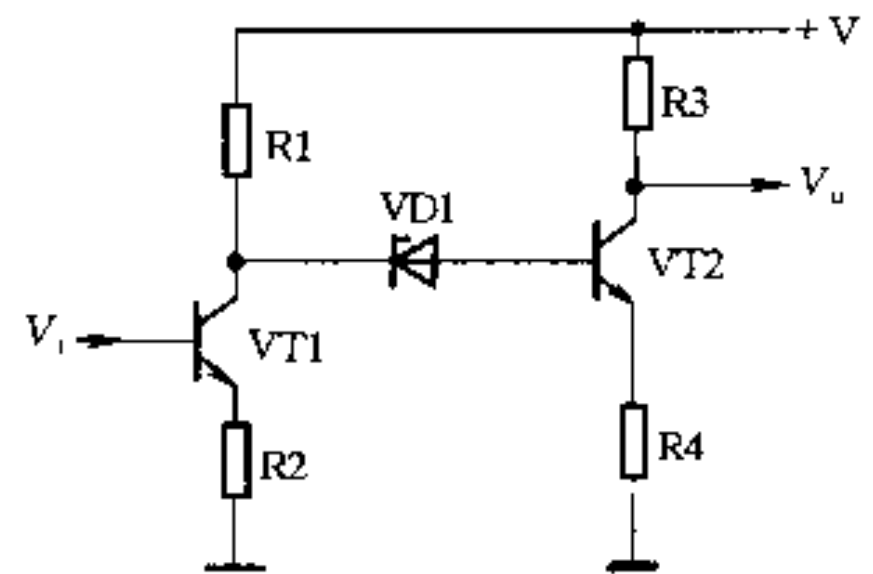


图 2-52 采用稳压二极管构成的移位电路

4. 电阻-恒流源分压移位电路

图 2-53 是采用电阻-恒流源分压构成的直流电平移位电路。图 2-53 (a) 是原理图，图 2-53 (b) 是实用电路。

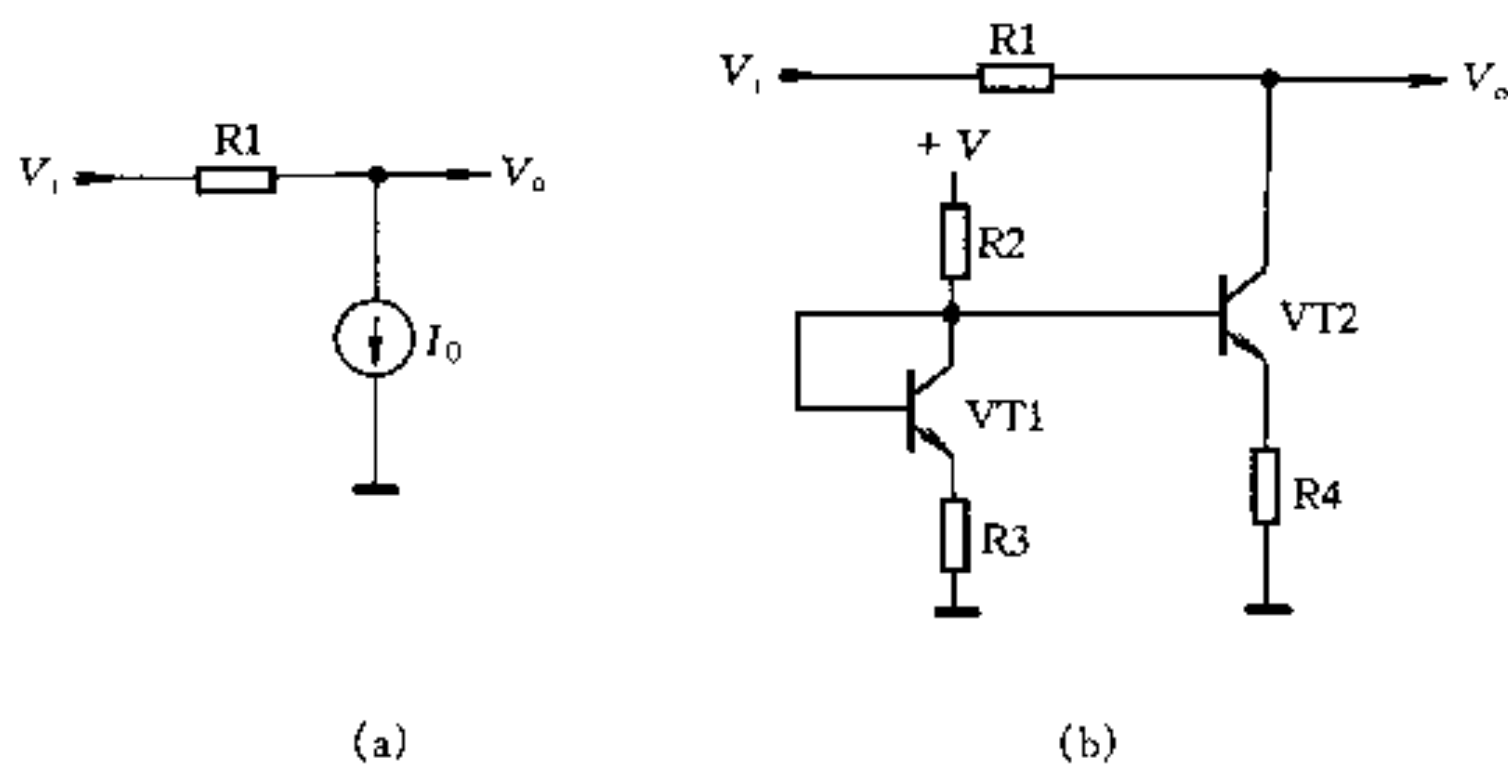


图 2-53 采用电阻-恒流源分压构成的移位电路

如若用两个电阻构成分压电路(而不是一个电阻和一个恒流源)，也能进行直流电平的移位，但在直流电平降低的同时，信号电平也有相同的衰减。所以，采用一只电阻 R1 和恒流源 I_0 构成分压电路，由于恒流源的直流电阻很小，所以对直流电平有较大的移位作用。同时，恒流源对信号的阻抗很大，所以对输入信号 V_i 几乎无衰减作用，因为 R1 和恒流源 I_0 对信号的阻抗构成对信号 V_i 的分压电路，恒流源 I_0 对信号的阻抗很大，信号的衰减也很小。

这一电路利用恒流源直流电阻小、交流电阻很大的特点，实现直流移位的同时，对信号基本无衰减。

图 2-53 (b) 所示电路，VT1 接成二极管运用形式，用的是 VT1 的发射结。+V 经 R2、VT1、R3 分压，给 VT2 管基极一个恒定电压，这样 VT2 管构成恒流源，它与 R1 构成电阻-恒流源移位电路。

5. NPN 型和 PNP 型管级联移位电路

图 2-54 是采用 NPN 型和 PNP 型管级联构成的直流电平移位电路。电路中， V_i 为输入信

号, V_o 为输出信号, VT1 和 VT2 管构成两级放大器, VT1 是 NPN 型三极管, VT2 为 PNP 型三极管。

这一 NPN 型和 PNP 型管级联直流电平移位工作原理是: 在 NPN 型管构成的放大器中, 要求集电极电压大于基极电压, 而在 PNP 型管构成的放大器中, 要求集电极电压小于基极电压。这样, 两只不同极性三极管直接耦合之后, VT1 管集电极电压增大了, 经 VT2 管后集电极电压又下降了, 达到直流电平移位的目的。

在集成电路内电路中, 另一种是采用 NPN 型和 PNP 型复合管进行直流电平移位的电路, 其直流移位的原理是一样的。

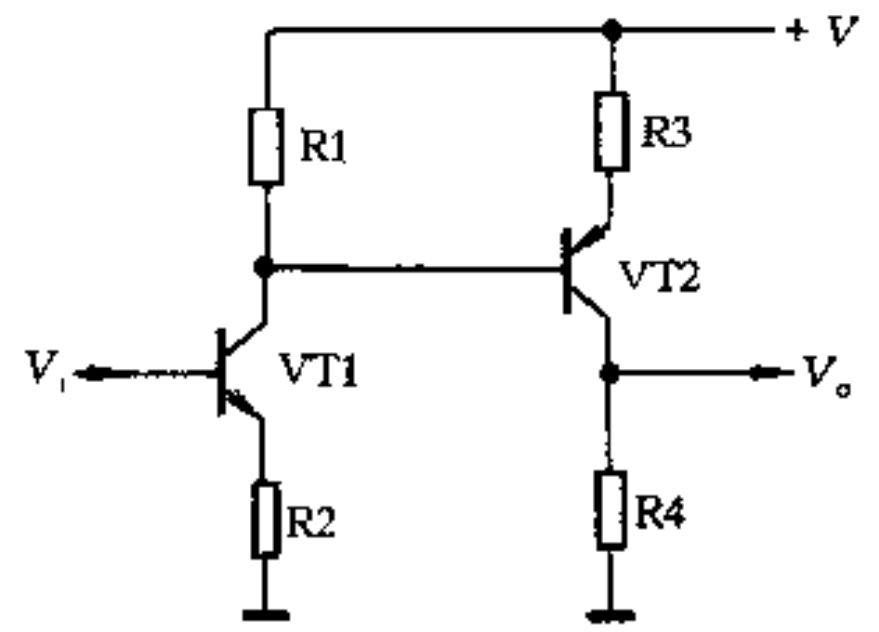


图 2-54 NPN 型和 PNP 型管级联移位电路

六、差分和双差分放大器电路识图

差分放大器是一种常见的放大器电路, 主要用于集成电路内电路和直流放大器电路中, 差分放大器又称差动放大电路。

1. 电路特点

差分放大器在电路结构上与一般放大器电路有较大的不同, 特性也有所不同, 主要有以下几个方面。

(1) 一级放大电路要用两只同型号、同性能的三极管组成, 在集成电路内电路中制造两只性能一致的三极管是相当方便的。

(2) 这种放大电路共有两个输出端和两个输入端, 在实用电路中可以用其中的一个输入端或输出端, 也可以两个同时使用二个输入端或输出端。

(3) 对差模信号具有放大能力, 对共模信号的放大能力很低, 要求对差模信号的放大倍数愈大愈好, 对共模信号的放大倍数愈小愈好。

差分放大器可以构成多级放大电路, 可以用来放大直流信号, 也可以用来放大交流信号, 还可以用来构成各种用途的放大电路, 是一种用途广泛的放大器。

2. 电路分析方法

差分放大器电路分析方法与一般放大器电路是基本一样的。由于这种放大器电路的特殊性, 在具体电路分析过程中也有一些不同之处, 主要说明以下几点。

(1) 双端输出式差分放大电路, 信号是从两只三极管的集电极之间输出, 不同于一般放大器电路从集电极与地端之间输出。

(2) 双端输入式差分放大电路, 输入信号从两只三极管基极之间输入, 而不是一般放大器电路中是从基极与地端之间输入的, 所以输入信号电流的回路是不同的。

(3) 分析差分放大电路时, 要分成差模信号和共模信号两种输入信号, 主要是对发射极负反馈电阻的负反馈分析。

(4) 差分放大电路分析的主要难点之一是, 单端输入式电路中输入信号对两只三极管的作用过程。这里主要是理解和记住, 当三极管在基极直流偏置电流的作用下, 三极管已处于

导通状态。

3. 双端输入、双端输出式差分放大电路识图

图 2-55 是一级双端输入、双端输出式差分放大电路。电路中，VT1 和 VT2 是两只型号和性能相同的三极管， V_{i1} 和 V_{i2} 是两个输入信号，这两个信号必须大小相等、相位相反，这样的信号称为差模信号， V_o 是这一差分放大器的输出信号。

(1) 直流电路分析

电路中，R1 和 R5 分别是 VT1 和 VT2 管的基极偏置电阻，R2 和 R4 分别是 VT1、VT2 管的集电极负载电阻，R3 是两管共用的发射极电阻。由于电阻 R1 等于 R5，R2 等于 R4，VT1 和 VT2 管性能一致，所以在静态工作状态下的两管工作电流是相同的，两管各电极上的直流电压也大小相同。

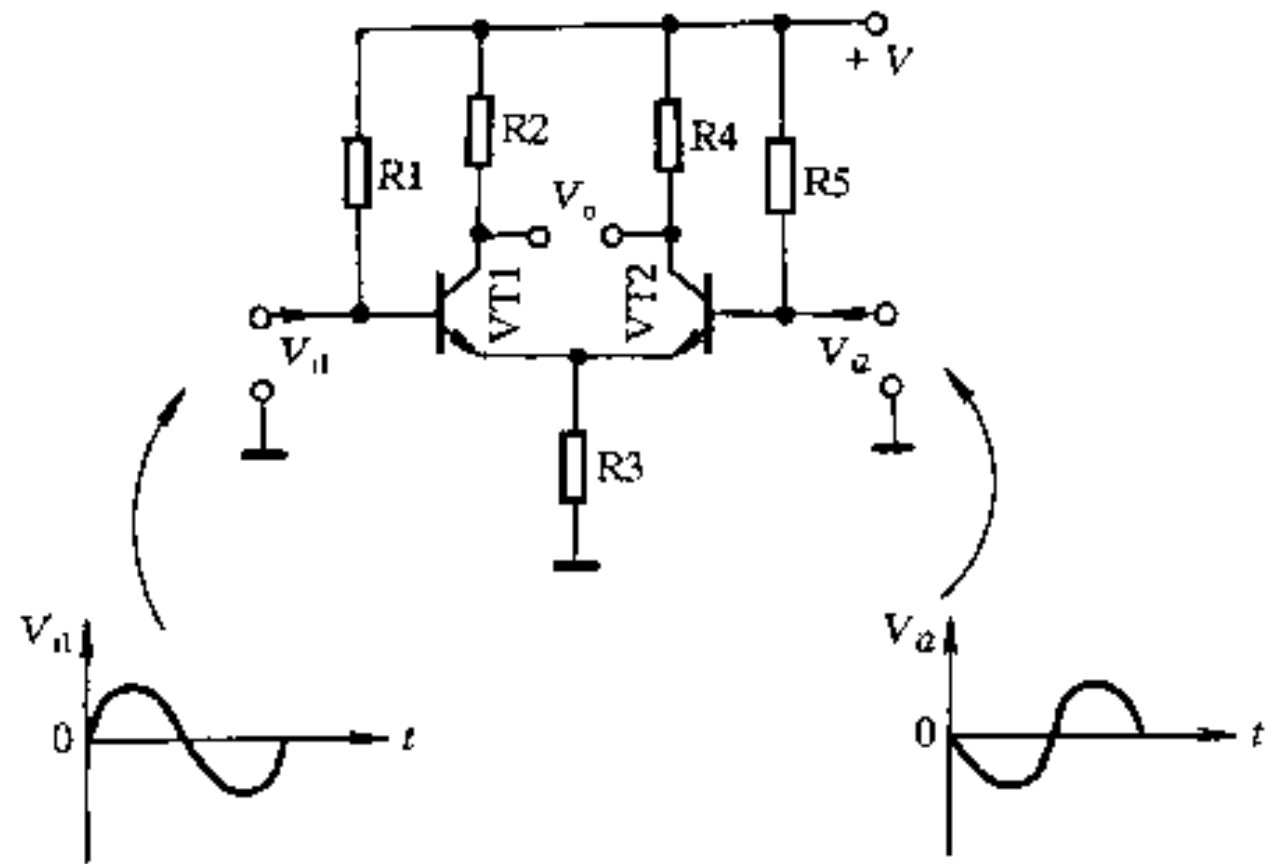


图 2-55 双端输入、双端输出式差分放大电路

(2) 差模信号

分析差分放大电路工作原理时，首先要了解差模信号和共模信号的概念。差分放大器电路中，差模信号是放大器所要放大的信号。

所谓差模信号就是分别加到两只三极管基极的信号，且这两个信号大小相等、相位相反，这样差模信号输入到差分放大器电路中后，将引起两只差分放大管基极电流向相反方向变化，即一只三极管的基极电流在增大时，另一只在减小。

(3) 共模信号

所谓共模信号也是加到两只差分放大管基极的信号，但这两个信号大小相等、相位相同，所以将引起两只放大管基极电流的相同方向变化，即一只三极管基极电流在增大时，另一只三极管基极电流也在等量增大。

共模信号是没有用的信号，是放大器电路所要抑制的信号。共模信号不是信号源加给差分放大器电路的，而是由下列一些原因产生的。

a. 温度对三极管影响引起的共模信号。当三极管的工作温度变化时，会引起三极管基极电流的相应变化。由于两只差分放大管处于同一个工作环境中，而且两只三极管的性能一致，所以温度对两管所产生的影响是相同的，即相当于给两只三极管输入一个大小、相位相同的共模信号。

b. 放大器电路直流工作电压波动引起的共模信号。当直流工作电压 $+V$ 大小波动时，对三极管的静态偏置电流大小是有影响的，由于这一差分放大器中 VT1 和 VT2 管电路是对称的 ($R1 = R5, R2 = R4$)，所以直流工作电压波动引起的三极管电流变化是相同的，即相当于给两只放大管基极输入了大小相等、方向相同的共模信号。

当给差分放大电路输入共模信号时，由于共模信号的相位相同、大小相同，所以当 VT1 管基极电流在增大时，VT2 管的基极电流也在增大；VT1 管的基极电流在减小时，VT2 管的

基极电流也在减小，并且两管的基极电流增大量和减小量大小相等，这一电流变化与差模信号不同。

通过上述分析可知，差模和共模两种信号输入到差分放大电路后，差分放大电路的工作状态是不相同的，所以会有不同的放大结果，这一点也是分析差分放大电路工作原理的关键之一。

(4) 双端输入电路分析

电路中，加在 VT1 和 VT2 管基极的两个信号是差模信号 V_{i1} 和 V_{i2} 。当 VT1 管基极上的输入信号为正半周时，使 VT1 管的基极电流增大，此时 VT2 管基极上的输入信号为负半周，使 VT2 管的基极电流减小；当输入信号变化到另一个半周后，VT1 管基极上的信号为负半周，使 VT1 管基极电流减小，此时 VT2 管基极上的信号为正半周，使 VT2 管基极电流增大，这是给差分放大器输入差模信号时的输入电路工作原理。

(5) 双端输出电路分析

电路中，差分放大器电路的输出信号取自 VT1 和 VT2 管集电极之间，这种输出方式称为双端输出。

双端输出式差分放大电路分析可分成以下三种情况。

a. 静态时输出电路分析

静态工作时，由于没有差模信号输入，VT1 和 VT2 两管中的基极电流是相等的（两管直流电路对称），所以两管的集电极直流电压相等（两只三极管的性能一致），输出信号电压等于两管的集电极电压之差，由于 VT1 和 VT2 的集电极电压相等，所以两管的集电极电压之差为 0V。

由此可见，当没有差模信号输入时的放大器输出信号电压为零。

b. 输入差模信号时输出电路分析

输入差模信号会引起两管的基极电流反方向的变化，两管的集电极电流变化也反相，即当一只三极管的集电极电流在增大时，另一只三极管的集电极电流在减小。由于两只三极管的集电极电流反方向变化，所以 VT1 和 VT2 管集电极电压相位也是反相的，当一只三极管集电极电压在增大时，另一只则在减小。VT1 和 VT2 管集电极电压之差即为放大器的输出信号 V_o ，在输入差模信号时放大器输出了放大后的差模信号。

c. 输入共模信号时输出电路分析

由共模信号的性质可知，这种信号引起两管的基极电流的变化是同相的，这样 VT1 和 VT2 管集电极电流变化也是同相的，即当一只三极管的集电极电流在增大时，另一只三极管的集电极电流也在相应地增大，并且增大的量相等，这样 VT1 和 VT2 管集电极电压同步下降，两管集电极电压之差等于零，即 $V_o = 0$ ，说明差分放大器不能放大共模信号，即对共模信号无放大能力。

双端输出式差分放大器，当 VT1 管基极上的输入信号电压为正时，VT1 管集电极上信号电压为负，此时 VT2 管基极上信号电压为负，VT2 管集电极上信号电压为正，输出信号电流从 VT2 管集电极流过放大器的负载（电路中未画出这一负载），再流向 VT1 管集电极。

当 VT1 管基极上信号为负时，VT2 管基极上信号为正，VT2 管集电极上的信号为负，VT1 管集电极上的信号为正，此时输出信号电流从 VT1 管集电极通过负载流向 VT2 管的集电极。

(6) 发射极电阻 R_3 分析

差分放大电路中发射极电阻对信号的反馈原理与一般放大器是不同的，它只对共模信号产生强烈的负反馈，而对差模信号则没有负反馈作用。对发射极电阻 R_3 的分析可分为下列两种不同输入信号情况。

a. 输入差模信号情况

输入差模信号时，一只三极管发射极电流在增大，另一只三极管发射极电流在减小，而且两管发射极电流的增大量和减小量相等。从电路中可以看出， VT_1 和 VT_2 管的发射极电流之和等于流过发射极电阻 R_3 的电流。由于 VT_1 管发射极电流增大量等于 VT_2 管发射极电流的减小量，相当于流过 R_3 的差模信号电流为零(流过 R_3 的电流只是静态的直流电流)，这样在 R_3 上不存在差模信号电流产生的电压降(没有电流就没有电压降)，也就没有负反馈。所以，在差分放大电路中，无论两管共用的发射极电阻的阻值有多大，它对差模信号不存在任何的负反馈作用，这是差分放大器电路的一个特点，在进行差分放大器电路发射极负反馈电阻工作原理分析时一定要注意这一特点。

b. 输入共模信号情况

当输入共模信号时，由于两只三极管的发射极电流同时增大、同时减小，所以有共模信号电流流过发射极电阻 R_3 ，在 R_3 上存在共模信号压降，由于 R_3 上存在共模信号的压降，所以 R_3 对共模信号存在负反馈作用。

(7) 零点漂移的概念

直流放大器电路中，由于放大的是直流信号，各级放大器电路之间要采用直接耦合，而这种耦合电路会使各级放大器之间的直流电路相互影响，出现所谓的零点漂移现象。

这里假设由于温度的影响，使直接耦合的多级放大器第一级放大管的基极直流电流发生了改变，这相当于给第一级放大管输入了一个信号，这一信号经多级放大器放大后，输出端的直流电压已经不再是原来的直流电压值了，即放大器的直流电压发生了漂移，这一现象称为零点漂移。

显然，在直接耦合放大电路中，除第一级放大器会出现上述现象之外，电路中的每级放大器都会出现上述现象，其中第一级放大器对零点漂移的影响最大，因为第一级放大器中的零点漂移信号要受到后面多级放大器的放大。

发生这种漂移的原因是因为各级放大器之间采用了直接耦合，在直流放大电路中这种漂移现象是不允许的，而采用差分放大器电路可以有效地抑制零点漂移。

图 2-55 所示的差分放大电路中有两条电路措施对抑制零点漂移起到了关键作用。

a. VT_1 和 VT_2 管直流电路是对称的，即两管的基极偏置电阻、集电极负载电阻阻值一样，两管的性能一样(如电流放大倍数 β 等参数一样)，这样在静态时对于共模信号而言(漂移就是共模信号)， VT_1 和 VT_2 管集电极直流电压相等，在采用双端输出式电路后输出信号电压 V_o 为零，即零点漂移的结果对输出信号电压 V_o 没有影响，可见采用差分放大器电路后可以抑制零点漂移，这是差分放大器最主要的特点。

b. 由于发射极电阻 R_3 对共模信号具有负反馈作用，在加大 R_3 阻值时对共模信号的负反馈量增大，使放大器的共模抑制比增大，可以提高抑制零点漂移的效果。注意，加大 R_3 阻值对差模信号是没有影响的。

(8) 电路分析说明

关于双端输入、双端输出式差分放大电路的分析需要说明以下几点。

a. 在双端输入式电路中，两只三极管基极要输入大小相等、相位相反的一对信号，即差模信号，这是双端输入式电路的特点。

b. 在双端输出式电路中，放大器的输出信号取自两只三极管集电极之间的电压差，此时与地端无关，这是双端输出式电路的一个明显特点。

c. 在分析差分放大器发射极电阻负反馈作用时，要将输入信号分成共模和差模两种情况来讨论。由于差分放大器对差模和共模信号存在不同的负反馈，所以对这两种信号的放大倍数是不同的，对差模信号的放大倍数远大于对共模信号的放大倍数。

d. 差分放大电路对两种信号的放大倍数之比表明了放大器的一个重要特性，这一比值用共模抑制比来表示，共模抑制比愈大，说明差分放大器对共模信号的抑制能力愈强。共模抑制比用 $CMRR$ 表示，它的定义公式如下

$$CMRR = \frac{A_d}{A_c}$$

式中： $CMRR$ 为共模抑制比；

A_d 为差分放大器对差模信号的放大倍数；

A_c 为差分放大器对共模信号的放大倍数。

差分放大器的 $CMRR$ 值愈大愈好。

4. 双端输入、单端输出式差分放大电路分析

图 2-56 是双端输入、单端输出式差分放大电路。电路中，两只三极管 VT_1 和 VT_2 管基极上分别加有大小相等、相位相反的信号，即差模信号，输出信号 V_o 取自 VT_1 管集电极与地端之间，为单端输出式电路。

电路中， VT_1 和 VT_2 管都是有直流偏置电压的， R_1 和 R_5 是两只三极管的基极偏置电阻， R_2 是 VT_1 管的集电极负载电阻， R_4 是 VT_2 管的集电极负载电阻， R_3 是两管共用的发射极电阻。

差模信号 V_{i1} 和 V_{i2} 分别加到 VT_1 和 VT_2 管基极，这一放大器的输出信号取自 VT_1 管集电极与地端之间，对于差模输出信号，信号只受到 VT_1 管的放大，即只有输入信号 V_{i1} 受到 VT_1 管的放大， VT_2 管对差模信号的输出没有起直接的作用（它的作用是用来抑制共模信号）。

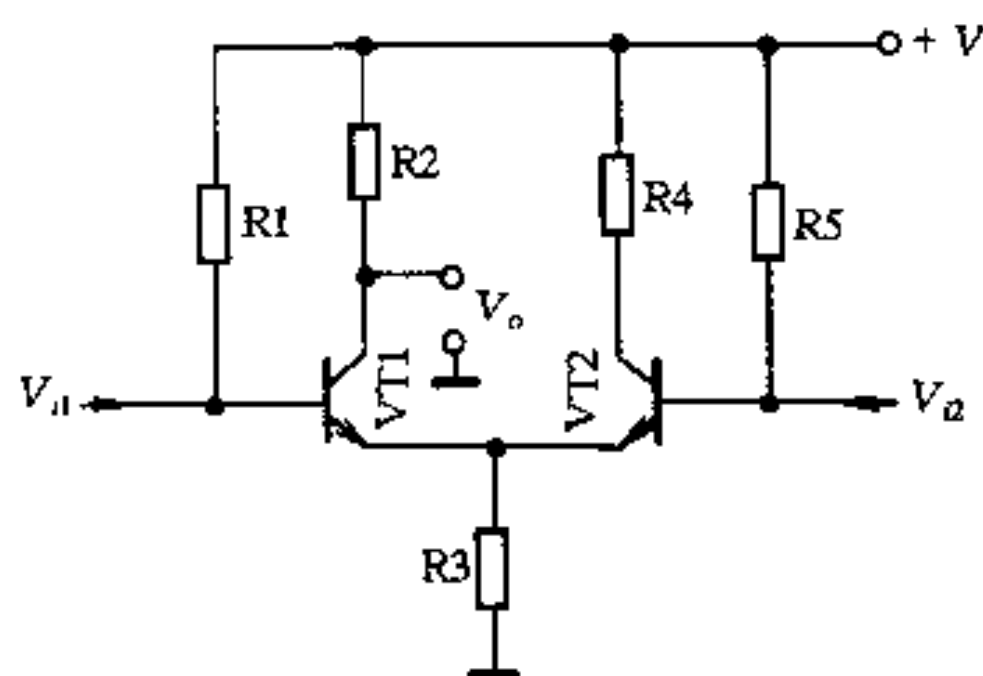


图 2-56 双端输入、单端输出式差分放大器电路

双端输入、单输出式差分放大电路与双端输入、双端输出式电路相比，输出信号的大小只有后者的一半，即电压放大倍数减小了一半。

关于双端输入、单输出式差分放大器电路还需要说明以下几点。

(1) 虽然 VT_2 管对差模信号的输出没有起到直接的作用，但由于 VT_2 管中也有差模信号，所以流过发射极电阻 R_3 的差模信号电流仍然为零，这样 R_3 对差模信号也不存在负反馈作用，提高了这种差分放大器对差模信号的放大倍数。

在差分放大电路中，为了抑制共模信号，必须设置阻值较大的发射极负反馈电阻，若这一电阻对差模信号也存在负反馈作用的话，会使差分放大器的共模抑制比下降。在单端输出式电路中，VT2管虽然对输出信号的放大没有起直接作用，但可以使发射极电阻对差模信号不存在负反馈。

(2) 在双端输入、单端输出式差分放大器电路中，输出信号有下列两种输出方式。

a. 输出信号从VT1管的集电极与地端之间输出。

b. 输出信号也可以从VT2管的集电极与地端之间输出，此时VT1管集电极就不再输出信号了。

这两种输出方式中，输出信号电压的相位是相反的。从VT1管集电极输出时，输出信号电压的相位与VT1管基极上信号电压相位相反，而与VT2管基极上的信号电压相位相同。如果从VT2管集电极输出信号时，则与VT1管基极上信号电压相位相同，与VT2管基极上信号电压相位相反。这样，当输出端确定之后，输入端就可以分为同相和反相两个输入端。

(3) 如果信号从VT1管集电极输出，VT1管基极为反相输入端，VT2管基极为同相输入端。如果信号从VT2管集电极输出，VT1管基极为同相输入端，VT2管基极为反相输入端。同相输入端与输出端之间的信号电压相位相同，当输入信号电压在增大时，输出信号电压在增大；当反相输入端的信号电压在增大时，输出信号电压在减小。

(4) 对零点漂移的抑制作用没有双端输出式电路好，此时电路中只有通过发射极电阻对共模信号的负反馈作用来抑制零点漂移。

关于双端输入、单端输出式差分放大器电路分析方法需要说明以下几点。

(1) 对输入电路的分析方法与双端输入、双端输出式差分放大器电路一样，差模信号将引起两只三极管工作电流的反方向变化，共模信号引起的两只三极管电流变化也是同相的。

(2) 对输出电压的分析方法同普通放大器电路的分析方法一样，但需要注意输出端与输入端之间相位的问题。

(3) 发射极电阻的负反馈过程分析方法与双端输入、双端输出式差分放大电路的分析方法一样。

5. 单端输入、单端输出式差分放大器电路分析

图 2-57 是单端输入、单端输出式差分放大电路，从图中可以看出输入信号 V_i 从 VT1 管基极与地端之间输入，VT2 管基极上没有另加输入信号，而是通过电容 C1 交流接地。因为电路中只有一个信号输入端，所以将这种差分放大电路称为单端输入式电路。电路中，输出信号 V_o 从 VT1 管集电极与地端之间输出，由于输出信号取自一只三极管 (VT1) 集电极与地之间，所以称为单端输出式电路。

(1) 直流电路分析

电路中，R2 为 VT1 管提供基极直流偏置电流，R6 为 VT2 管提供基极直流偏置电流，R4 是两管共用的发射极电阻，R3 和 R5 分别是 VT1 和 VT2 管的集电极负载电阻。VT1 和

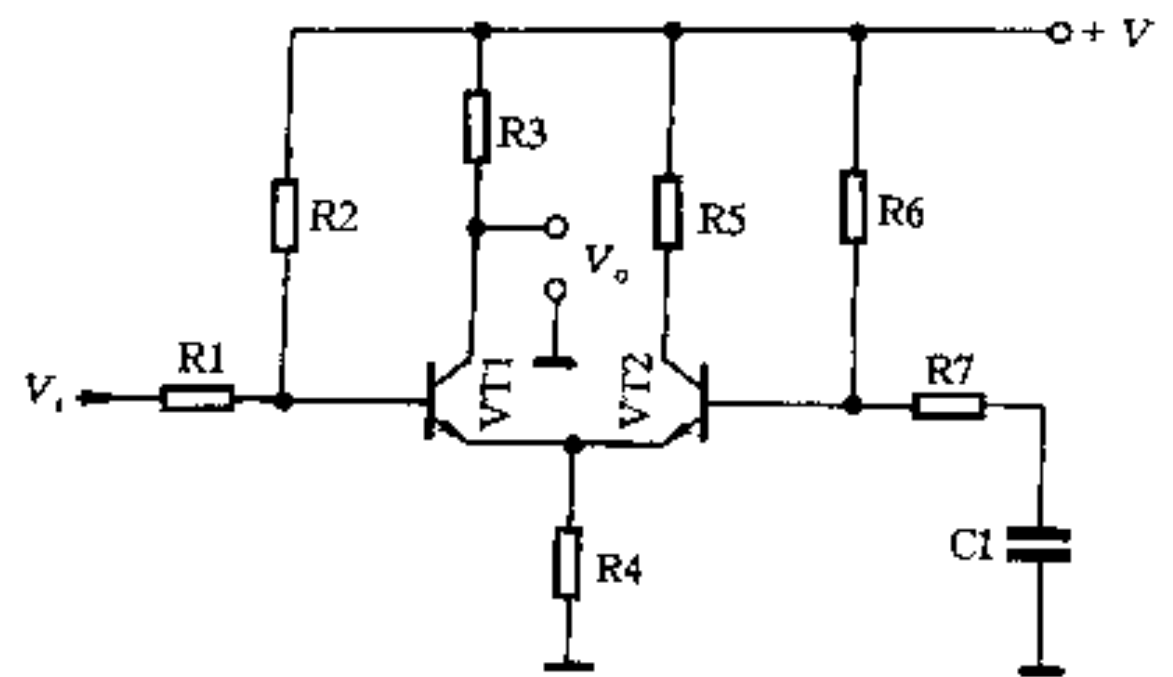


图 2-57 单端输入、单端输出式差分放大器电路

VT2 管工作在放大状态，且两管的直流工作状态是相同的。

分析这一电路时要注意，VT1 和 VT2 管均处于正向偏置，它们的基极电流均是从基极流入三极管，从发射极流出，通过 R4 流到地端，这一基极电流足够大。当三极管基极加上负半周信号时，会使发射结正向偏置电压减小，输入信号使基极电流减小，但仍然是有基极电流的，只要有基极电流，这一电流都是从基极流入，从发射极流出。

两管共用的发射极电阻 R4 阻值比较大，以便获得比较大的共模负反馈。

(2) 单端输入电路分析

对单端输入电路的工作原理理解有多种方法，方法之一是：由于发射极电阻 R4 的阻值比较大，可以看成是开路的(或理解成等效开路的状态)。另外，VT1 和 VT2 管的发射结均处于正向偏置后的导通状态，这样输入信号电流的回路为 $V_i \rightarrow R1 \rightarrow VT1$ 管基极 $\rightarrow VT1$ 管发射极 $\rightarrow VT2$ 管发射极 $\rightarrow VT2$ 管基极 $\rightarrow R7 \rightarrow$ 电容 C1 \rightarrow 地端，构成回路。

当输入信号电压为正时，输入信号给 VT1 管加的是正向偏置，加大了 VT1 管的基极电流，此时 VT1 管的基极电流在增大。对于 VT2 管的发射结而言，由于输入信号电压在发射极上为正(输入信号 V_i 为正，使 VT1 管发射极信号电压为正)，给 VT2 管发射结加的是反向偏置电压，输入信号电压减小了 VT2 管的基极正向偏置电压，所以使 VT2 管的基极电流在减小。这样，当输入信号电压为正时，引起 VT1 管基极电流增大，导致 VT2 管基极电流在减小，可见这是差模信号输入。

当输入信号电压 V_i 为负半周时，给 VT1 管发射结加的是反向偏置电压，使 VT1 管的基极电流小。同时，由于输入信号使 VT1 管发射极电压为负，即 VT2 管的发射极电压为负，这给 VT2 管发射结加的是正向偏置，使 VT2 管的基极电流在增大。这样，当输入信号 V_i 为负半周时，使 VT1 管基极电流减小，而使 VT2 管的基极电流增大，所以这这也是一个差模信号输入。

由上述输入电路分析可知，当给差分放大器输入一个信号时，也能引起两只三极管的基极电流的变化，并且是引起两管基极电流反向变化，这相当于给差分放大器电路输入了差模信号。

输入电路工作原理还可以这样去理解：当输入信号为正时，由于发射极电压跟随基极电压，所以 VT1 管的发射极电压也为正。由于 VT1 管发射极电压为正，使 VT2 管的发射结的正向偏置电压 V_{BE} 减小，将引起 VT2 管基极电流的减小。当输入信号电压 V_i 为负半周时，VT1 管发射极电压为负，此时对 VT2 管的发射结偏置电压而言是正向的，所以 VT2 管的基极电流增大。

VT1 和 VT2 管发射结在直流偏置电压下已经导通，由于正向偏置电压是相等的，所以两管发射结导通后内阻相等，两管发射结内阻串联后接在输入信号电压 V_i 上，这样两管发射结上的输入信号电压相等，且只有 V_i 的一半。VT1 和 VT2 每只三极管只相当于有一半的有效输入信号 V_i 。

在单端输入式电路中，对于共模信号而言，当温度变化时，引起两只三极管的电流同时增大或同时减小，这相当于一个共模信号，这一差分放大器对共模信号的抑制同前面电路相同。

(3) 交流电路分析

输入信号 V_i 加到 VT1 和 VT2 管后，两管分别放大输入信号，由于输出信号是从 VT1 管的集电极与地端之间取出，而输入到 VT1 管基极的信号只有输入信号 V_i 的一半，所以这一

放大器对差模信号的放大倍数也为双端输入、双端输出时的一半。

(4) 电路分析说明

关于单端输入、双端输出式差分放大电路分析需要说明以下几点。

a. 输出信号不仅可以从 VT1 管集电极与地端之间输出，也可以从 VT2 管集电极与地端之间输出。

b. 当从不同三极管集电极输出信号时，输出信号电压相位与输入信号电压相位不同。当输出信号取自 VT1 管集电极时，此时输出信号电压与输入信号电压反相；当从 VT2 管集电极输出信号时，输出信号电压与输入信号电压相位是同相的。

c. 在单端输入电路中，有一只三极管的基极要交流接地，形成单端输出方式，这样输入信号才能构成回路。

d. 只要是单端输入电路，加到每只三极管基极的信号只有输入信号的一半。只要是单端输出电路，差模输出信号只受到了一只三极管的放大。

6. 单端输入、双端输出式差分放大器电路分析

图 2-58 是单端输入、双端输出式差分放大电路。电路中，输入信号 V_i 从 VT1 管基极与地端之间输入，VT2 管基极上没有另加输入信号，而是通过电容 C1 交流接地。 V_o 是输出信号，它取自 VT1 和 VT2 管的集电极之间，即两管的集电极电压之差，所以称之为双端输出式电路。

单端输入、双端输出式差分放大电路的直流电路同前面的单端输入、单端输出式差分放大电路一样，通过直流偏置电路使 VT1 和 VT2 两管均处于放大状态，且直流工作状态相同。关于输入信号 V_i 加到 VT1 和 VT2 管中的原理，与前面介绍的单端输入式电路相同，这里不再说明。

输入信号 V_i 加到 VT1 和 VT2 管后，加在每只三极管上的输入信号大小只有输入信号 V_i 的一半，两管同时放大信号，从 VT1

和 VT2 管集电极之间输出。由于两管的集电极电流是反方向变化的，所以两管集电极电压变化相位也是相反的，这样从 VT1 和 VT2 管集电极之间就可以取出输出信号 V_o 。

这种单端输入、双端输出式差分放大电路中，由于 VT1 和 VT2 管的电流变化是相反的，所以也没有差模信号电流流过两管共用的发射极电阻 R4，R4 对差模信号不存在任何负反馈作用。

关于单端输入、双端输出式差分放大器电路分析需要说明以下几点。

(1) 单端输入、双端输出式差分放大电路中，由于实际加到两只三极管基极上的信号电压只有输入信号电压的一半，两只放大管分别放大一半信号之后再在输出端合并，所以放大器总的放大倍数相当于一只三极管放大了输入信号 V_i 。

(2) 在单端输入式电路中，只有两管共用的发射极电阻比较大时，VT2 管才能有接近一半 V_i 信号的输入，因为电阻 R4 对 VT1 管发射极上的信号存在着一定的对地分流衰减作用。

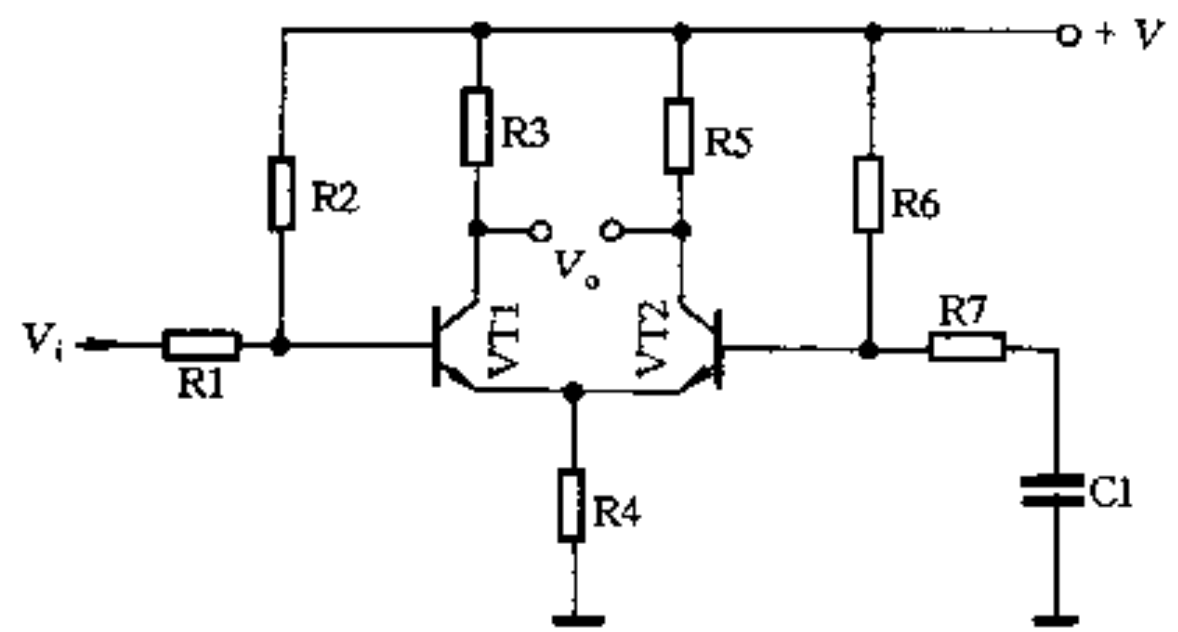


图 2-58 单端输入、双端输出式差分放大器电路

R4 阻值愈小，对输入信号 V_i 衰减愈大。

7. 带恒流源的差分放大电路分析

前面介绍了四种不同形式、标准的差分放大器，实用的差分放大器变化比较多，这里介绍一些变化后的差分放大电路，带恒流源的差分放大器电路就是其中的一种。

图 2-59 是具有恒流源的差分放大电路。电路中，VT1 和 VT2 管构成双端输入、双端输出式差分放大器，两管共用的发射极电阻由三极管 VT3 代替，VT3 和 VD1、R5 构成恒流源电路。

两管共用的发射极电阻对共模信号具有负反馈作用，这一电阻的阻值愈大，对共模信号的负反馈愈强烈。共模抑制比愈大，放大器的性能愈好。但是，发射极电阻的阻值太大之后，由于两管的静态发射极电流是同时流过这一电阻的，使两管的发射极直流电压比较高，在直流电压 $+V$ 不变时，发射极直流电压愈高，三极管集电极与发射极之间的工作电压愈小，这对提高放大器的性能是不利的，为此通过加入恒流源电路来解决这个矛盾。

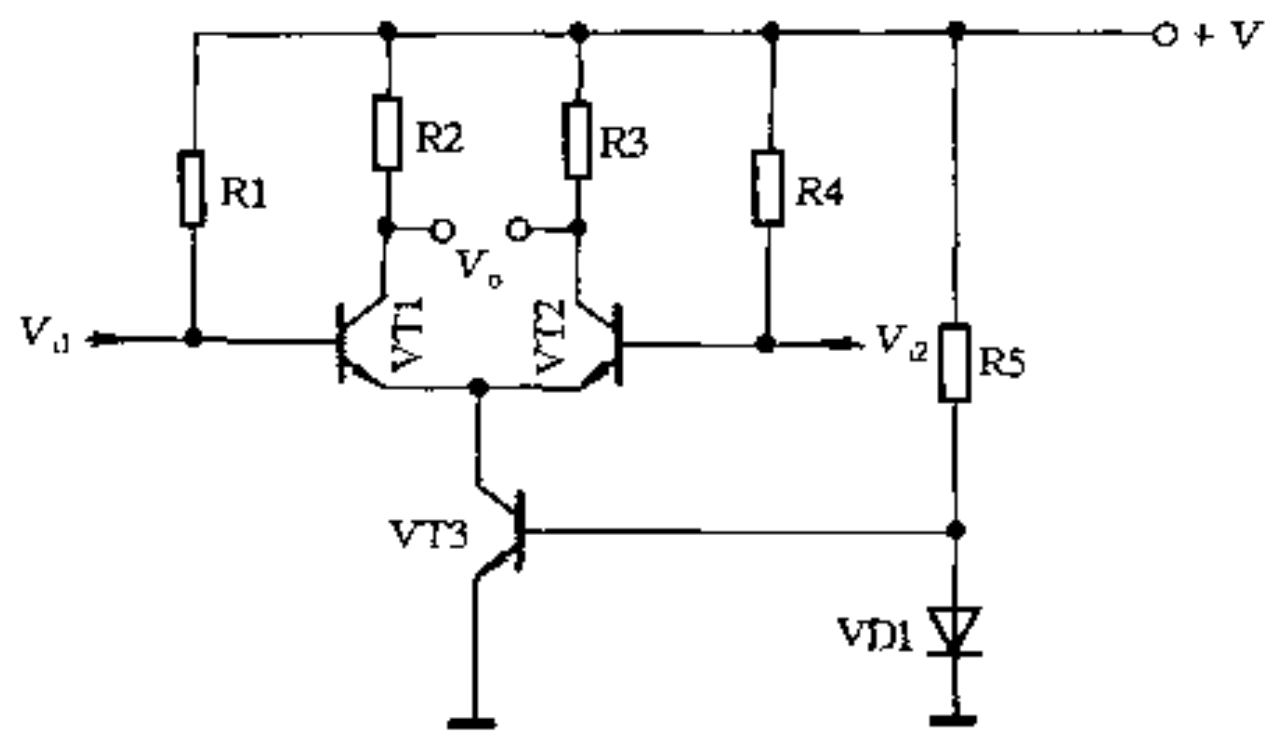


图 2-59 带恒流源的差分放大器电路

所谓恒流源就是输出电流大小恒定不变的电流源电路，电路中 VT3 管的基极偏置电压是通过 R5 和 VD1 这一特殊分压电路得到的。由于二极管 VD1 导通之后其管压降大小基本不变，这样 VT3 管的基极电压大小不变，它的基极电流大小不变，集电极电流大小也不变，所以 VT3 管构成一个恒流源。从电路中可以看出，VT1 和 VT2 管的发射极电流之和等于 VT3 管的集电极电流，由于 VT3 管的集电极电流大小不变，这样 VT1 和 VT2 管的发射极电流之和不变。

恒流源具有输出电阻很大的特性，这可以用三极管输出特性曲线来说明。在三极管输出特性曲线中，X 轴方向是加在三极管集电极与发射极之间的直流工作电压，Y 轴方向是三极管的集电极电流。输出特性中曲线基本上是水平的，这说明当基极电流一定时，集电极与发射极之间直流电压的大小变化时，集电极电流基本不变化，这样三极管的输出电阻很大，三极管的输出电阻定义如下

$$\Delta R_{CE} = \frac{\Delta V_{CE}}{\Delta I_C}$$

式中： ΔR_{CE} 为三极管输出电阻；

ΔV_{CE} 为三极管集电极与发射极之间的电压变化量；

ΔI_C 为 ΔV_{CE} 引起的集电极电流变化量。

由于 ΔI_C 很小，即远小于 ΔV_{CE} ，所以 ΔR_{CE} 很大。

从上述分析可知，图 2-51 所示电路中 VT3 管集电极与发射极之间的内阻很大，这样对共模信号的负反馈量很大。同时，由于 VT3 管集电极与发射极之间的直流电压降很小，使 VT1 和 VT2 管的发射极直流电压不高，这样 VT1 和 VT2 管既能获得很大的发射极电阻，同

时 VT1、VT2 管的发射极直流电压又不大，解决了接入大阻值电阻器带来的矛盾。在实用的各种差分放大器电路中，普遍采用这样的恒流源电路作为两管共用的发射极电阻。

8. 具有零点校正的差分放大电路分析

图 2-60 是具有零点校正电路的差分放大电路。电路中，VT1 和 VT2 管构成双端输入、双端输出式差分放大电路，R3 是两管共用的发射极电阻，RP1 接在两只三极管的发射极电路中，但不是两管共用的发射极电阻，因为 RP1 的动片将 RP1 分成两部分，其中动片左边的为 RP1-1，接在 VT1 管发射极回路中，只有 VT1 管的发射极电流流过它。RP1 动片右边的为 RP1-2，它接在 VT2 管发射极回路中，只有 VT2 管的发射极电流流过它。

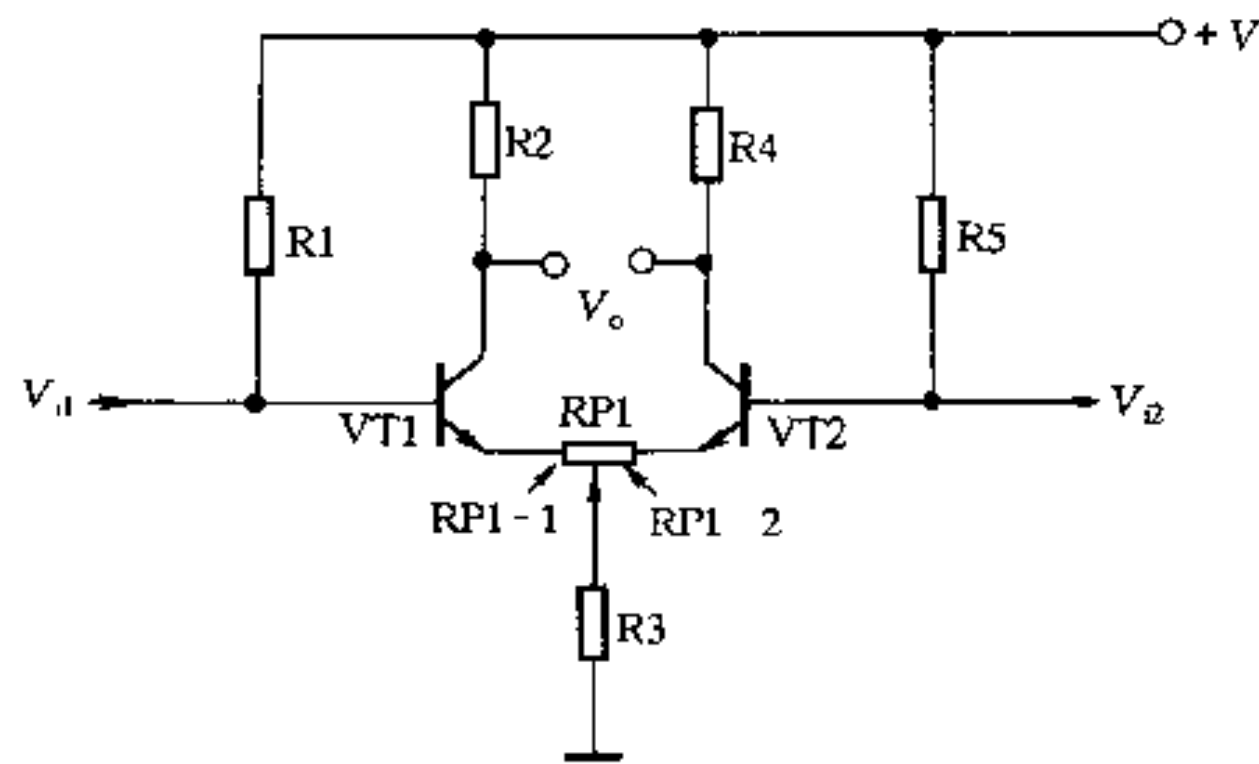


图 2-60 具有零点校正的差分放大器电路

电路中，VT1 和 VT2 管的直流电路是对称的，在理想状态下，VT1 管和 VT2 管的集电极直流电压大小相等，但不可避免地会存在偏差(如元器件参数的误差等)，这样 VT1 和 VT2 管的集电极直流电压大小可能不相等，使放大器在静态时输出信号电压 V_0 不等于零，为此可以加入零点校正电路。

在加入 RP1 后，当 RP1 动片在中间位置时，RP1-1 与 RP1-2 的阻值相等，对 VT1 和 VT2 管的直流电流影响是相同的，没有校正作用。当两只三极管的静态电流大小不同时，便会使输出信号电压在静态时不为零。此时可以调整 RP1 动片的位置，当动片向右侧调整时，RP1-1 阻值增大，RP1-2 阻值减小。

如果使 RP1-1 阻值增大，使 VT1 管的基极电流减小，集电极和发射极电流均减小，其集电极电压升高；如果使 RP1-2 阻值的减小，使 VT2 管的基极电流增大，它的集电极和发射极电流均增大，其集电极电压减小。

RP1 动片向右侧调整使 VT1 管集电极电压升高，使 VT2 管集电极电压减小；将 RP1 动片位置向左侧调整，使 VT1 管集电极电压下降，使 VT2 管集电极升高。

通过上述分析可知，只要 RP1 动片位置调整恰当，便能使 VT1 和 VT2 管的静态集电极电压大小相等，这样在静态时输出信号电压为零，实现零点校正。

接入 RP1 后，由于只有一只三极管的发射极电流流过 RP1-1、RP1-2，所以对差模信号也存在负反馈的作用。输入差模信号时，只有 VT1 管的发射极差模信号电流流过 RP1-1，在它上产生信号压降，这样 RP1-1 对 VT1 管的差模信号具有负反馈作用。同样，RP1-2 中也只有 VT2 管的差模发射极信号电流流过，对 VT2 管中的差模信号存在负反馈作用。由于 RP1-1、

RP1-2 对差模信号存在负反馈作用，所以差模放大倍数有所下降。

电路中，发射极电阻 R3 是两管共用的，所以只对共模信号产生负反馈作用，对差模信号无负反馈。RP1-1、RP1-2 对共模信号同样具有负反馈作用。在分析发射极电阻对差模信号是否存在负反馈时，主要看发射极电阻中是否流过两管的差模信号电流。

9. 多级差分放大器电路分析

图 2-61 是一个多级差分放大电路。电路中，VT1 和 VT2 管构成第一级放大电路，这是一级单端输入、双端输出式差分放大电路，VT3 和 VT4 管构成第二级放大电路，为第二级双端输入、双端输出式差分放大电路。

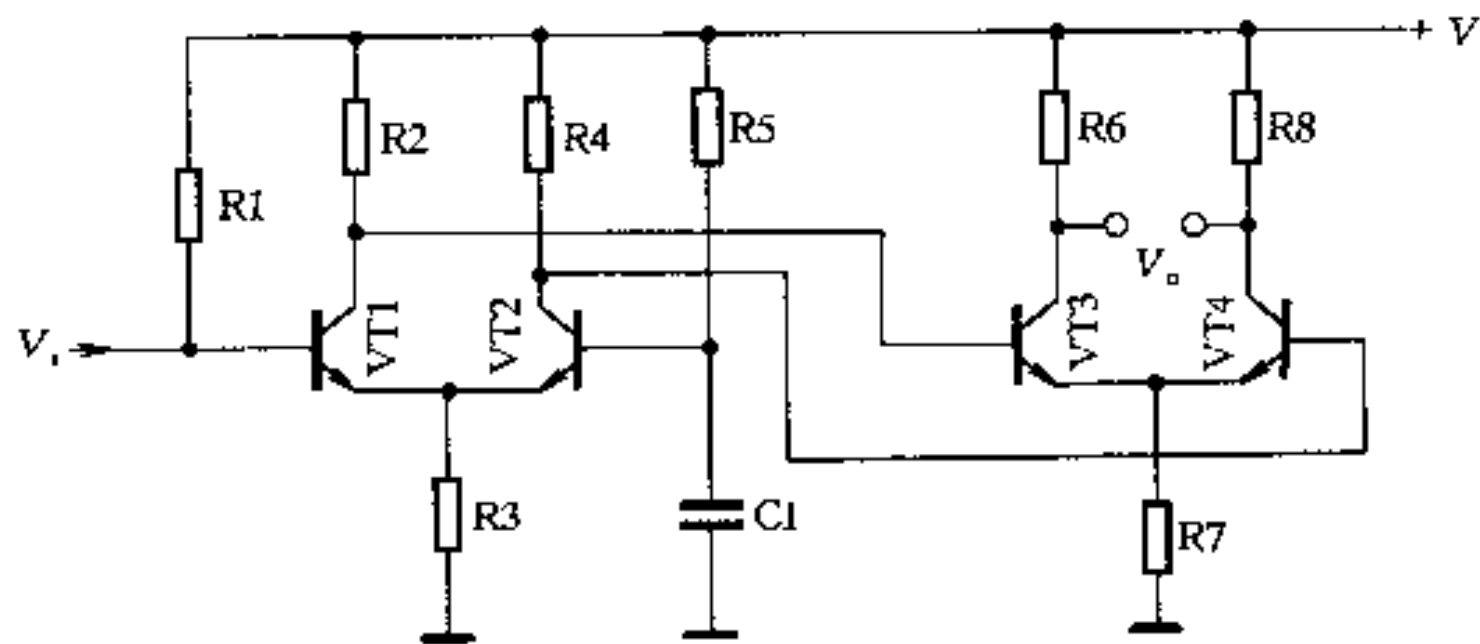


图 2-61 多级差分放大器电路

放大器的直流电路中，R1 和 R5 分别是 VT1 和 VT2 管的基极偏置电阻，R2 和 R4 分别是 VT1 和 VT2 管的集电极负载电阻，同时又是 VT3 和 VT4 管的上偏置电阻，R6 和 R8 分别是 VT3 和 VT4 管的集电极负载电阻。R3 是 VT1 和 VT2 管共用的发射极电阻，R7 是 VT3 和 VT4 管共用的发射极电阻。

放大器的交流电路中，输入信号 V_i 从 VT1 管基极输入，VT2 管的基极通过 C1 交流接地，构成了基极交流输入信号电流回路，C1 是 VT2 管的基极旁路电容。输入信号通过 VT1 和 VT2 管放大后，从它们的集电极输出，为双端输出式电路。这一输出信号分别加到 VT3 和 VT4 管基极上，送入第二级放大电路。信号经过 VT3 管和 VT4 管放大后，从它们的集电极输出，加到下一级放大电路中。

关于多级差分放大电路的输入、输出电路需要说明以下几点。

(1) 当输入级差分放大器采用双端输入式电路时，要求输入信号源电路是双端输出式电路；当输入放大器采用单端输入式电路时，要求输入信号源电路是单端输出式电路。

(2) 当某一级差分放大器采用双端输出式电路时，要求下一级放大器采用双端输入式电路；当某一级差分放大器采用单端输出式电路时，要求下一级放大器是单端输入式电路。

(3) 在如图 2-61 所示电路中，由于 VT2 管基极与地之间接入 VT2 管基极旁路电容 C1，由于电容 C1 只能让交流信号电流通过，不能让直流电流通过，所以这一差分放大器电路放大的是交流信号，即输入信号 V_i 是交流信号，不能放大直流信号。

10. 达林顿复合管差分放大电路

图 2-62 是由达林顿复合管构成的双端输入、双端输出差分放大电路。电路中，VT1 和

VT2 管构成一个复合管，这种复合管的连接形式称为达林顿复合管，VT3 和 VT4 管构成另一个复合管。达林顿复合管的特点是输入阻抗很大，加上复合管是接成射极输出器的电路形式，所以这种差分放大器电路具有输入阻抗很高的特点(是一个优点)，一般输入阻抗可高达 $10 \sim 20\text{M}\Omega$ 。

电路中， V_i 是输入信号， V_o 是输出信号， I_0 是恒流源。这一差分放大电路的工作原理同前面介绍的双端输入、双端输出差分放大器电路一样，在分析电路时将 VT1 和 VT2 管看成是一只三极管，将 VT3 和 VT4 管看成是另一只三极管。

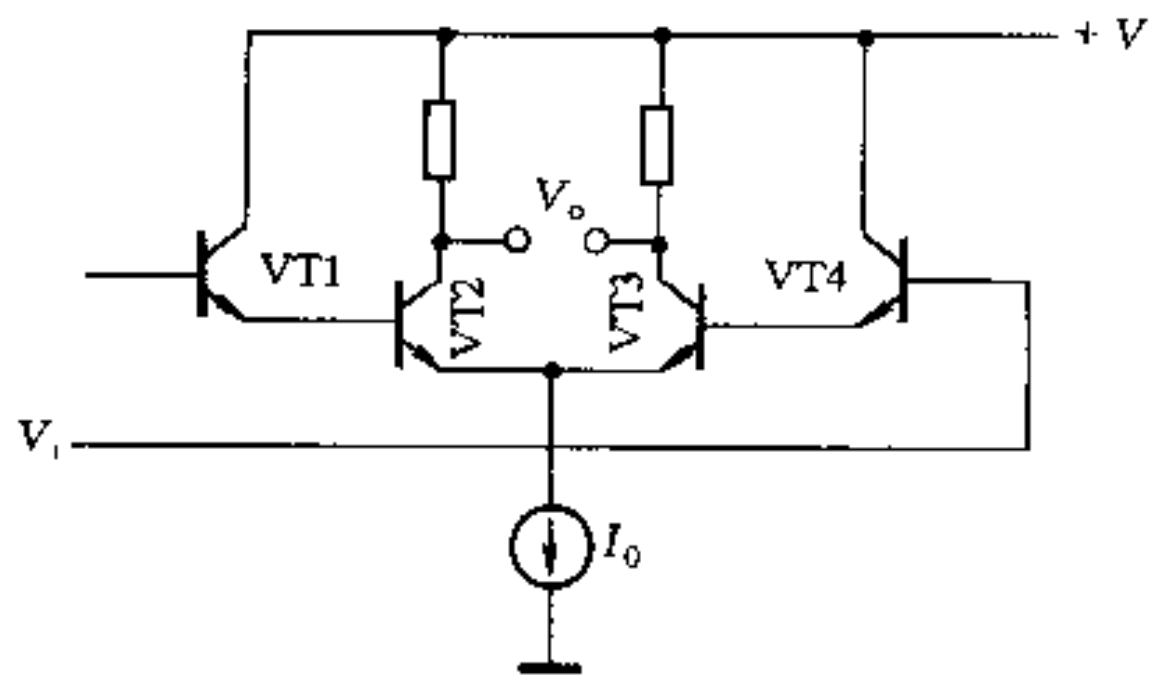


图 2-62 达林顿复合管差分放大器电路

11. 双差分放大器电路

双差分放大电路在集成电路内电路也有应用，它是一个性能良好的乘法电路，广泛用于调幅的检波器电路、调频的鉴频器电路、鉴相器电路和混频器电路等。所谓乘法电路是指输出信号电压与两个输入电压之积成正比的电路。图 2-63 所示是一个双差分电路。

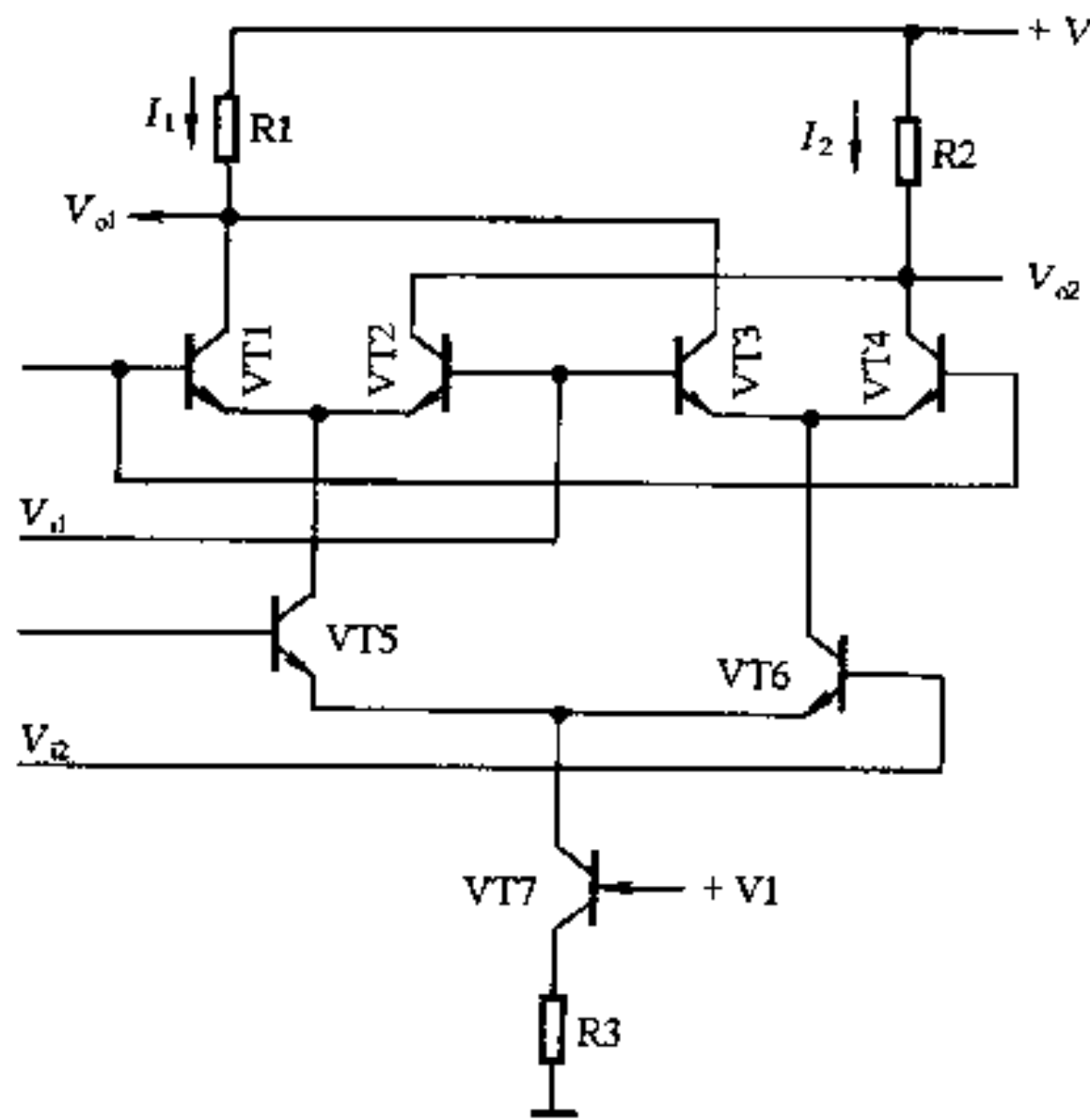


图 2-63 双差分放大器电路

从电路中可以看出，双差分电路共有七只三极管和几只电阻，它们组成三组差分电路。第一组差分电路由 VT1 和 VT2 组成，VT1 和 VT2 为差分对管。第二组差分电路由 VT3 和 VT4 管构成，这两只也是差分对管。第三组差分电路由 VT5 和 VT6 管构成，它们也是为差分对管。

电路中，输入信号有两个：即 V_{i1} 和 V_{i2} ，输出信号有 V_{o1} 和 V_{o2} 。

下面分几种情况分析这一双差分电路的基本工作原理。

(1) 输入信号 V_{i1}

从图中可以看出, V_{i1} 信号加到 VT1 ~ VT4 四只三极管的基极。当 V_{i1} 为正半周时, VT1 和 VT4 管获得正向偏置而导通, 此时 VT2 和 VT3 管因信号给予反向偏置而截止。反之, 当输入信号 V_{i1} 为负半周时, VT1 和 VT4 截止, 而 VT2 和 VT3 导通、放大。

(2) 输入信号 V_{i2}

输入信号 V_{i2} 加到 VT5 和 VT6 管的基极, 当 V_{i2} 为正半周时, VT5 管导通、放大, VT6 管截止; 当 V_{i2} 为负半周时, VT6 管导通、放大, VT5 管截止。

(3) 输出信号 V_{o1}

电路中, VT7 是恒流管, $+V_1$ 使 VT7 管有发射极电流。从电路中可以看出, 要使 V_{o1} 有输出信号, 必须使 VT1 和 VT5 管同时导通, 或者是 VT3 和 VT6 管同时导通, VT1 和 VT5、VT3 和 VT6 管的导通与否受输入信号电压 V_{i1} 、 V_{i2} 的正、负半周控制。

在 V_{i1} 、 V_{i2} 同时为正半周时, VT1 和 VT5 管同时导通, 其电流回路为: $+V \rightarrow R_1 \rightarrow$ VT1 管集电极和发射极 \rightarrow VT5 管集电极和发射极 \rightarrow VT7 管集电极和发射极 \rightarrow 地。电阻 R_1 是 VT1 和 VT3 管共用的集电极负载电阻。

(4) 输出信号 V_{o2}

要使电路有输出信号 V_{o2} , 必须要求 VT2 和 VT5 同时导通, 或者是 VT4 和 VT6 管同时导通。当 V_{i1} 为负半周、 V_{i2} 为正半周时, VT2 和 VT5 管同时导通, 其电流回路为 $+V \rightarrow R_2 \rightarrow$ VT2 管集电极和发射极 \rightarrow VT5 管集电极和发射极 \rightarrow VT7 管集电极和发射极 \rightarrow 地。

当 V_{i1} 为正半周、 V_{i2} 为负半周时, VT4 和 VT6 管同时导通, 其电流回路为 $+V \rightarrow R_2 \rightarrow$ VT4 管集电极和发射极 \rightarrow VT6 管集电极和发射极 \rightarrow VT7 管集电极和发射极 \rightarrow 地。 R_2 是 VT2 和 VT4 管共用的集电极负载电阻。

(5) 电流关系

VT1 ~ VT7 各管集电极电流 I_C (或发射极电流 I_B) 的关系如下(从图中可出这些关系)

$$I_1 = I_{C1} + I_{C3}$$

$$I_2 = I_{C2} + I_{C4}$$

$$I_{C5} = I_{B1} + I_{B2}$$

$$I_{C6} = I_{B3} + I_{B4}$$

$$I_{C7} = I_{B5} + I_{B6}$$

集成电路故障检修方法

集成电路故障检修的基本思路与分立元器件的故障检修思路是一样的，对故障逻辑推理的思路也是相同的，只是在具体的检修操作中采用的方法、技巧有所不同，应该将集成电路作为一个整体器件来对待。

集成电路故障检修的一般步骤和过程是：根据故障所表现的具体现象，确定并找出集成电路的关键测试点，进行电压或电阻、电流的测量，或进行各种干扰检查，然后根据检查结果在整机电路图中进行逻辑的推论，或是缩小故障的检查范围，或是直接找出故障的具体部位。

第一节 检修集成电路故障的常用检查手段和法宝

这一节介绍一些用于集成电路故障的检查方法，它们是检修集成电路故障的软件，灵活运用这些检查方法能够获得事半功倍之效果。

一、操作简单效果奇特的干扰检查法

干扰检查法是一种检查集成电路无声等电路故障十分有效的好方法，是信号注入检查法的简易形式，它利用人体感应信号作为注入的信号源，通过扬声器响声的有与无，或是通过显像管屏幕上有无杂波，以及响声的大小、杂波的大小来判断故障部位的方法。操作简便、检查有奇效，是这一检查法的两大特点。

1. 干扰检查法基本原理

人体能感应许多信号，当用手握住螺丝刀去接触集成电路放大器的信号输入引脚时，人身上的杂乱感应信号便被送入放大器电路中放大。当集成电路放大器工作在正常状态时，人身上的这些感应信号被施加到放大器传输线路的热端，这些信号的热端可以是集成电路的信号输入引脚，或是放大器中的耦合电容的一根引脚，或是电路中放大管的基极、集电极、发射极。

人身的干扰信号加入集成电路放大器后，经过放大器放大这些干扰信号，从集成电路的

信号输出引脚输出，然后加到扬声器中，扬声器便能发出人身感应响声。若是这些放大后的干扰信号出现在显像管屏幕上，即出现了杂波干扰。这些干扰响声、屏幕杂波是放大器放大干扰信号的结果，是干扰检查中所要观察的现象。

如果集成电路放大器出现了故障，集成电路就不能放大干扰信号了，扬声器无声或所发出的声音小，显像管屏幕上的杂波没有或很少。如果所检查的放大器电路正常，那么就会出现这些干扰响声和杂波。

干扰检查法就是根据扬声器发声正常、无声、声轻，显像管屏幕的杂波有无、多少等各种情况，判断电路中的故障部位。

2. 实施方法

这里以图 3-1 所示检修分元器件和集成电路混合型多级音频放大电路的无声故障为例，说明干扰检查法的实施步骤和具体方法，检查视频集成电路的方法基本一样，只是通过观看显像管屏幕的情况来判断故障部位。

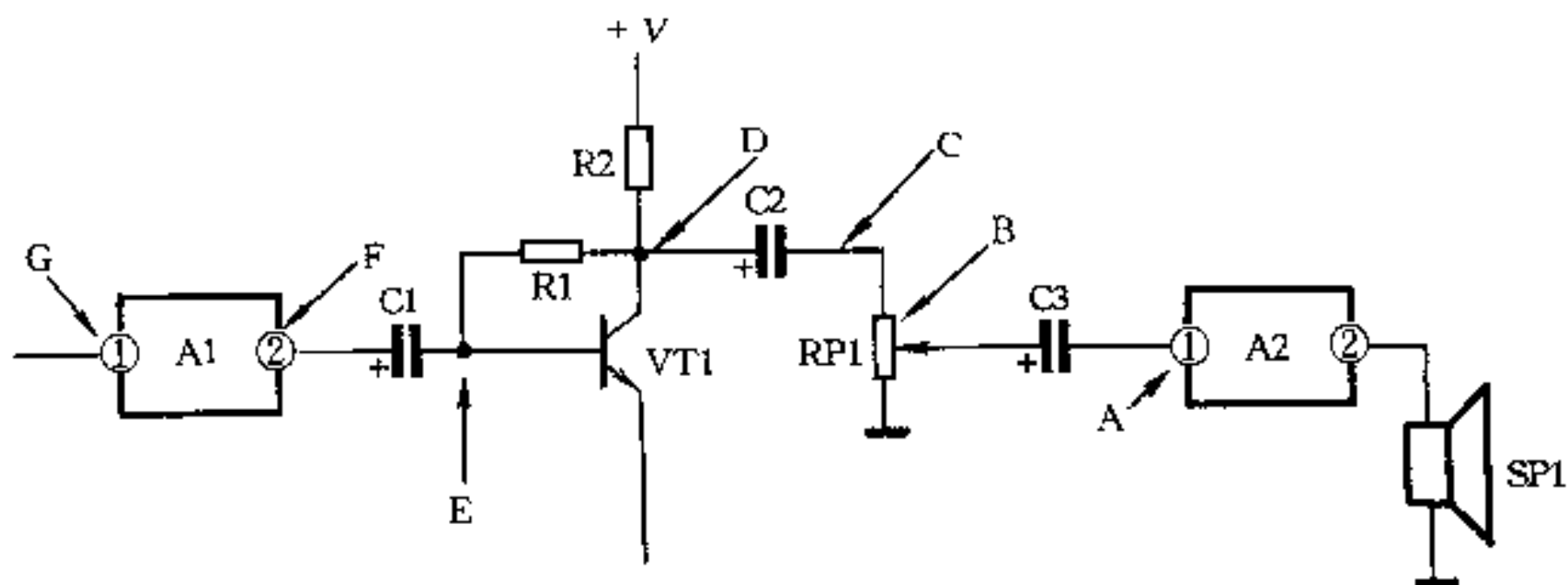


图 3-1 干扰检查法实施示意图

对这一电路而言，系统的干扰检查点见图中的许多干扰检查点，这些干扰检查点是用来输入人身干扰信号的。在进行故障检查时，使放大器进入通电工作状态，但不给放大器输入信号。

电路中，功率放大器采用集成电路 A2，前置放大器则采用集成电路 A1，VT1 等分立元器件构成后级放大电路。

关于对这一电路无声故障的具体、系统干扰检查步骤和过程说明如下。

(1) 干扰电路的 A 点

干扰检查方法的具体操作是，手握螺丝刀金属部位断续接触集成电路 A2 的信号输入引脚①脚（即电路中的 A 点）。

在进行这一步检查时，要开大音量电位器 RP1，如果功率放大器集成电路 A2 有故障，则扬声器发声应不正常；如果是声音轻，表明集成电路 A2 增益不足；如果是无声故障，表明干扰点 A 到扬声器 SP1 之间存在故障；当集成电路 A2 的信号输出引脚②脚以后电路工作正常时，声音轻、无声故障都表明集成电路 A2 出了故障。这样便能将故障范围缩小到集成电路 A2 中。

如若干扰电路中的 A 点时，扬声器响声很大，表明 A 点以后的电路工作正常，即集成电路 A2 工作正常，应继续向前进行干扰检查。

(2) 干扰电路中的 B 点

这一步检查应在干扰电路中 A 点正常之后进行，否则检查没有意义。

干扰电路中的 B 点时，若扬声器无声，说明故障部位出在电路中 A 点与 B 点之间的传输线路中，可能是耦合电容 C3 开路，或是 A 点与 B 点之间的这段铜箔线路存在开路，可对这二种故障原因分别检查。

注意，如若干扰检查时音量电位器 RP1 已关死，干扰 B 点等于干扰地线，扬声器无声是正常的，在干扰检查中要特别注意这一点，以免产生误判。

如若干扰 B 点时扬声器发声大小与干扰 A 点时大小一样，说明 B 点之后的电路工作也正常，应继续向前进行干扰检查。

(3) 干扰电路中的 C 点

若干扰电路中的 C 点无声，说明故障出在 B 点与 C 点之间的电路中。干扰 B 点时，变动音量电位器 RP1 动片时，将控制扬声器发出的干扰声大小。电位器动片开到最大且不变动的情况下，干扰电路中 A、B、C 点扬声器的响声应一样大小，因为它们之间无放大环节，也没有衰减环节。

干扰 B 点正常后，可干扰 D 点。D 点干扰正常后可再干扰 E 点。

(4) 干扰电路中的 E 点

干扰电路的 E 点若无声，说明故障出在 D 点与 E 点之间的电路中，一般是三极管 VT1 开路；若干扰响声与干扰 D 点时差不多，甚至响声更小，说明 VT1 管没有放大能力。正常时，干扰 E 点时的响声应比干扰 D 点响许多。

E 点检查正常后，逐步向前进行干扰，直至查出故障部位。

(5) 干扰电路中的 F 点

干扰电路中的 F 点(即集成电路 A1 的信号输出引脚②脚)，若此时扬声器发出很响的声音，且与干扰电路 E 点时的响声一样响，说明电路 E 点之后的各级放大器电路工作全部正常。

(6) 干扰电路中的 G 点

干扰电路中的 G 点，即干扰集成电路 A1 的信号输入引脚①脚，若此时无干扰响声，说明集成电路 A1 损坏；若干扰响声比干扰集成电路信号输出引脚②脚时的响声大出许多，可以说明整个多级放大器电路没有故障。

3. 干扰检查点确定方法

如何选择和确定电路中的干扰检查点是实施干扰检查中的一个关键环节，需要说明下列几点。

(1) 干扰点选择应该是放大器信号传输的热端，而不是冷端(地线)，如干扰耦合电容器的两根引脚，不能去干扰地线，若干扰到地线时，扬声器中无响声是正常的，这在检查电路时会产生错误的判断，运用干扰检查法时一定要避免。

(2) 对于集成电路放大器而言，可干扰信号输入引脚和信号输出引脚，但是对功率放大器集成电路，干扰信号输出引脚是错误的，这时不会有干扰响声和杂波出现，这是因为功率放大器集成电路信号输出引脚之后的电路中没有放大环节，干扰信号本身很小，不足以推动扬声器发出干扰响声。

(3) 对于分立元器件放大器电路，可以干扰三极管的基极，或耦合电容两根引脚中的一根。

(4) 干扰检查时干扰点分得愈细，干扰操作的工作量愈大，但干扰检查所能确定的故障范围就愈小。

4. 特点

干扰检查法具有下列一些特点。

- (1) 检查集成电路的无声故障、声音很轻故障十分有效。
- (2) 干扰操作过程简单、方便，检查的结果能够准确地说明问题。
- (3) 在通电的情况下实施干扰检查，干扰时使用螺丝刀。
- (4) 以扬声器响声或屏幕上的杂波情况来判断故障部位，十分方便。
- (5) 若有条件时可在扬声器两端接上真空管毫伏表或示波器进行观察，这时检查更加直观和方便。

5. 适用范围

干扰检查法主要适用于检查下列一些故障。

- (1) 无声故障。
- (2) 声音很轻的故障。
- (3) 没有图像或图像很弱的故障。

6. 注意事项

运用干扰检查法的注意事项很多，主要有以下几个方面。

(1) 干扰检查法并不适合检查所有功能的集成电路，通常只适合检查内电路中含放大器的集成电路，对于电源类的集成电路(例如三端稳压集成电路)干扰检查法无效，使用干扰检查法要注意这一点。

(2) 对于集成电路放大器可以采用快速检查的方法，即先干扰集成电路的信号输出引脚，在扬声器或屏幕上有正常的响声、杂波之后，再直接干扰集成电路的信号输入引脚，应该是响声和杂波更大，否则说明这一集成电路出了故障。在集成电路的故障检修中，经常使用这种快速干扰检查法。

(3) 干扰检查法最好从后级向前级作干扰检查，当然也可以从前级向后级进行干扰，但检查顺序不符合平时的习惯。

(4) 当两个干扰点之间存在衰减或放大环节，而衰减和放大的量又不大时，扬声器响声大小的变化量也不大，由于听感不灵敏，容易误判、漏判，此时要用其他检查方法来解决。

(5) 当所要检查的电路中存在放大环节时，干扰前级应比干扰后级的响声大；当存在衰减环节时，则干扰后级比前级要响；分别干扰耦合电容的两根引脚时，干扰响声应该一样。

(6) 对于彩色电视机的集成电路故障，切不可采用上述干扰方法，因为许多彩色电视机的线路板上是带电的(对大地存在 220V 电压)，不能用手握住螺丝刀直接去接触线路板，可以采用测量电压的方式用表棒断续接触电路中的测试点，在断续接触中就能给电路施加干扰信号，效果相同。

(7) 对于共发射极放大电路，干扰基极时的响声应比干扰集电极时要响；对共集电极放大电路，干扰基极时应比干扰发射极时要响，干扰集电极时无响声是正常的。要分清这两种放大电路之间的这一不同点。

(8) 干扰低放电路时，音量电位器动片位置不影响扬声器的响声大小，但干扰音量电位器动片或低放电路输入端耦合电容的两根引脚时，电位器应该开大，不能关死，记住这一点，以免误判。

(9) 图 3-2 是变压器耦合型推挽功率放大电路，干扰检查这种电路时有一个重要的注意事项，当干扰电路中某只三极管基极时，只要电路中有一只三极管能够正常工作(另一只三极管开路)，扬声器中就会有干扰响声出现。但是，由于这一干扰响声只是比两只三极管都正常工作时的声音轻一些，凭耳朵听很难发现声音轻一点的现象，这时往往认为功放输出级电路工作正常，而将这一故障点放过，在用干扰检查法检查变压器耦合型推挽功率放大电路时一定要注意这一点。

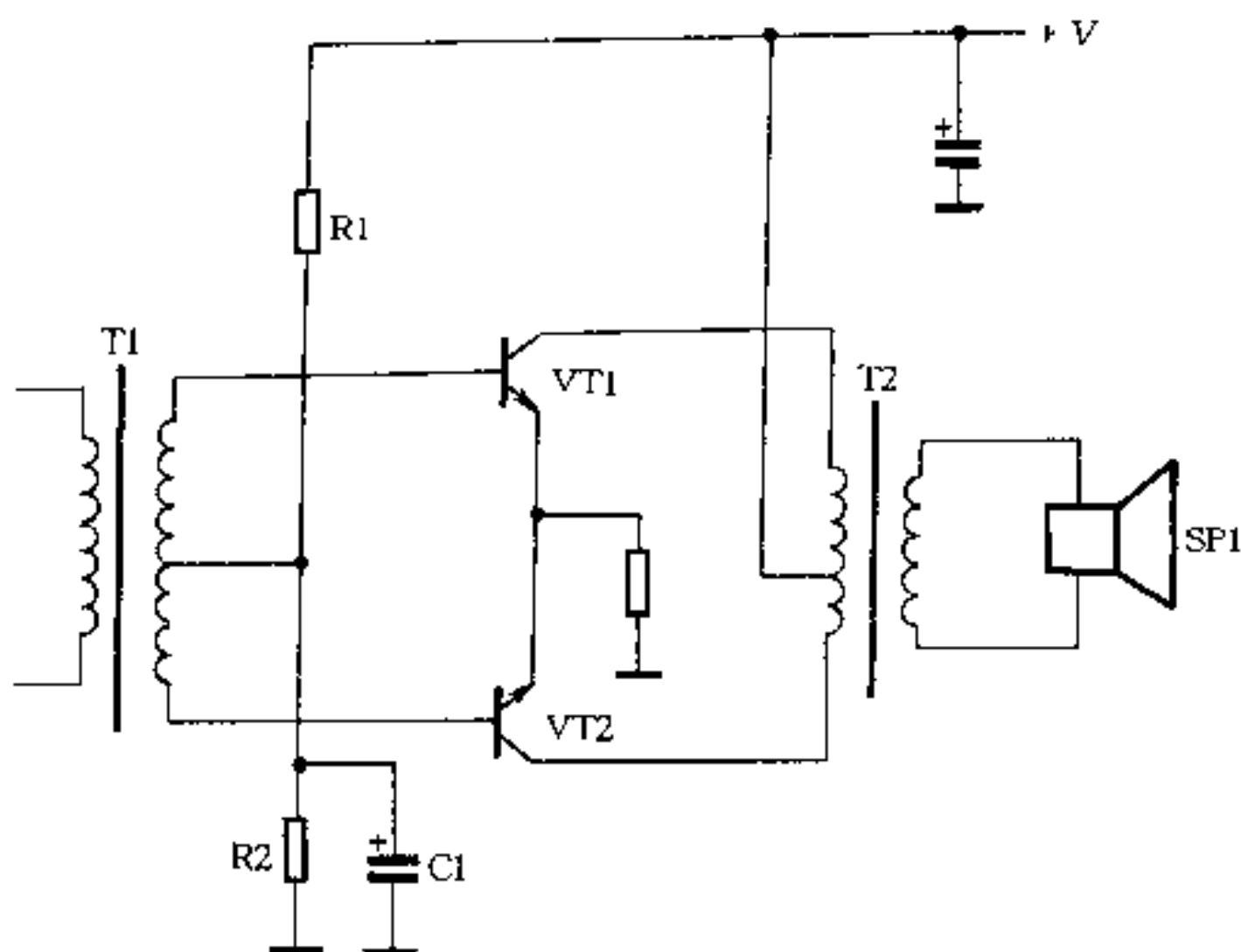


图 3-2 检查变压器耦合型推挽功率放大电路示意图

在这一电路中，两只三极管的直流电路是并联的，VT1 和 VT2 基极通过输入耦合变压器 T1 次级线圈并联，两管发射极直接相连，两管集电极通过输出耦合变压器 T2 初级线圈并联。设 VT1 管开路，当干扰 VT1 管基极时，其干扰信号通过输入耦合变压器 T1 的次级线圈加到了 VT2 管基极，而 VT2 管能够正常放大这一干扰信号，扬声器中出现干扰响声，很容易出现上述错误的判断结果，所以在用干扰检查法检查这种电路时一定要注意这一点，有效的检查方法是改用测量 VT1、VT2 管的集电极电流。

(10) 当干扰检查图 3-3 所示集电极—基极负反馈式偏置电路时，有一个重要的注意事项，干扰三极管 VT1 基极的信号通过基极与集电极之间的偏置电阻 R1 传输到下一级放大电路，所以当该放大管 VT1 不能工作时，扬声器中也会有干扰响声，但响声低，不细心会放过这个环节。所以，对这种偏置电路的放大器，要求干扰基极时的响声远大于干扰集电极时的响声，否则说明这一级放大电路有问题。

(11) 当没有所要修理机器的电原理图而需要采用干扰检查法时，可以只干扰三极管的

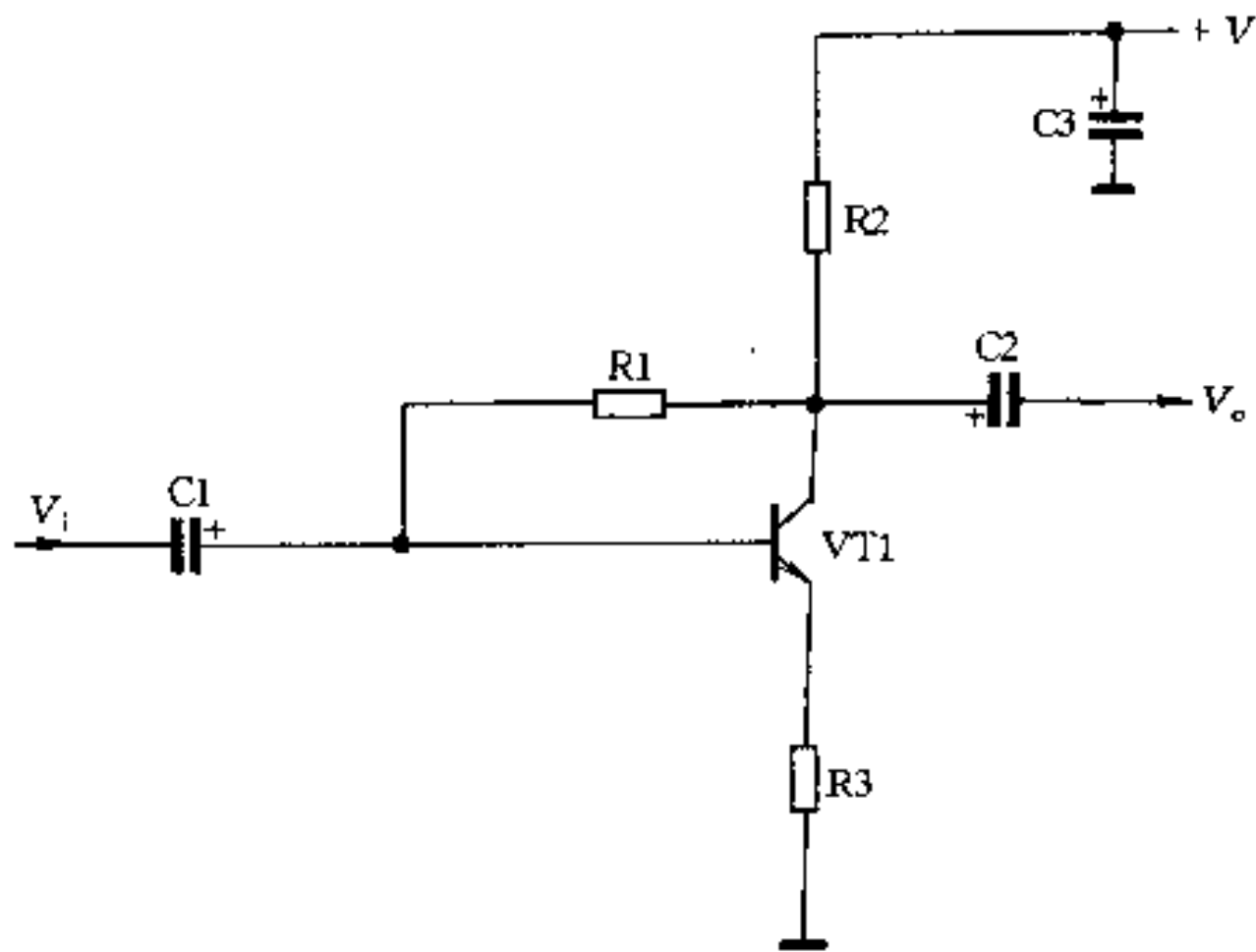


图 3-3 干扰检查集电极-基极负反馈式偏置电路示意图

基极和集电极，这是干扰检查法的简化方式，对共发射极放大电路是可行的，但对共集电极放大电路则不行，因为这种放大器电路的输出端是三极管的发射极而不是集电极。由于没有电原理图，不知道是什么类型放大电路，所以在干扰集电极无声后，应再干扰发射极，若干扰发射极也无响声，可认为这一干扰点之后的电路有故障。

图 3-4 是共集电极放大电路，当干扰 VT1 管集电极时，就相当于干扰电源端，而电源端对交流而言是接地的，所以干扰集电极时不会有干扰信号输入放大器中，出现无声是正常现象，干扰检查中要注意这一点，以免误判。

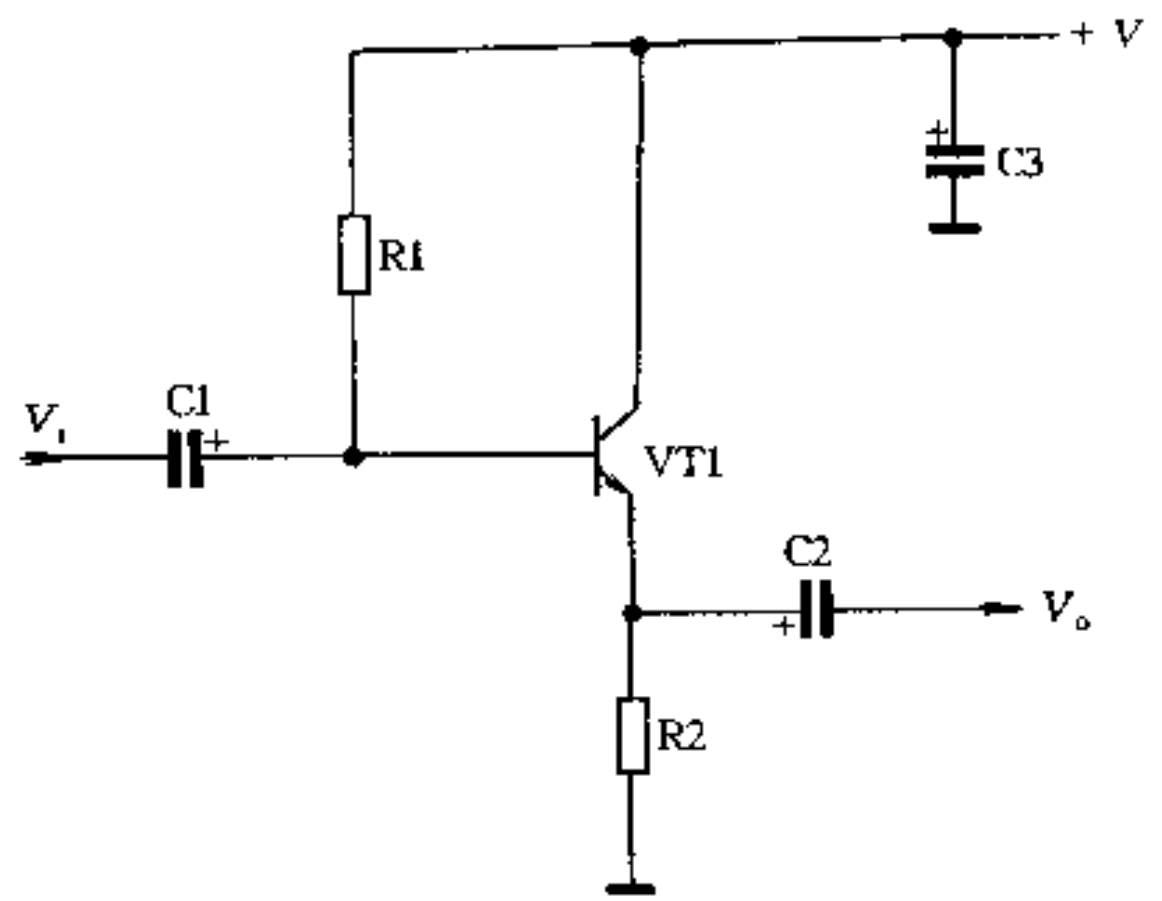


图 3-4 干扰检查共集电极放大电路示意图

二、专门对付噪声故障的短路检查法

短路检查法是一种运用有意识的手段将电路中某测试部位短接，不让信号从这一测试点通过加到后级电路中，或是通过短接使某部分电路暂时停止工作，然后根据扬声器中的响声进行故障部位的判断，对于视频电路则是短路后通过观察杂波变化来判断故障部位。短路检查法是一种专门用来检修噪声大和杂波大故障的有效、方便的检查方法。

1. 短路检查法基本原理

短路检查法主要用于修理噪声大故障(或电视机的杂波大故障)，噪声大故障的特点是电路会自发地产生“信号”，即噪声。短路检查法通过对电路中一些测试点的短接(主要是信号传输热端与地端之间的短接)，故意地使这部分电路不工作，当使它们不能工作时，噪声也随之消失，扬声器中也就没有噪声出现了。这样通过短路、比较便能发现产生噪声的部位，

找出具体的故障原因。

2. 实施方法

这里仍然以图 3-1 所示分立元件和集成电路混合多级放大电路为例,介绍用短路检查法检查这一电路的噪声大故障。

短路检查法一般是将检测点对地短接,检查集成电路时是将信号输入引脚对地端短接,检查放大管是将基极与发射极之间短接。短接一般是用镊子直接将电路短接,此时将直流和交流同时短接。在高电位对地短接时,对于音频放大器电路要用 $10\mu\text{F}$ 的电解电容去短接,对于高频电路可以用容量很小的电容(如 $0.01\mu\text{F}$)去短路,用电容短路时,由于电容的隔直作用,此时只是交流短接而不影响直流电路。

短路检查法可以从后级向前级逐点短接检查。在检查时,要给电路通电,使放大电路进入工作状态,但并不输入信号,这时只有噪声出现,具体操作过程如下。

(1) 电路中的 A 点对地短接检查

电路中的 A 点就是集成电路 A2 的信号输入引脚①脚,短接 A 点就是将集成电路 A2 的信号输入引脚①脚用电容对地短接($10\mu\text{F}$ 的电解电容一根引脚接集成电路 A2 的①脚,电容另一根引脚接地),对这一具体电路可以将音量电位器动片置于最小音量位置,此时扬声器中若仍然有噪声,说明噪声大故障出在电路中 A 点之后的电路中,也就是集成电路 A2 存在噪声大的故障,重点检查对象是集成电路 A2 及外围电路元件和引线等。

如若短接电路中的 A 点后噪声顿时消失,此时可继续向前级进行短路检查。

(2) 电路中的 C 点对地短接检查

电路中的 C 点对地短接检查时,此时若噪声存在(只是减小或大大减小),重点怀疑对象是耦合电容 C3,及 C3 两根引脚的铜箔线路开路。对 C 点的短接可以用镊子直接对地短接,因为有 C2 隔开 VT1 管集电极上的直流电流。如若短接 C 点后噪声消失,再检查下一个短路点。

(3) 电路中的 E 点对地短接检查

短接 E 点时可以直接将三极管 VT1 的基极接地。

进行这一步检查时,音量电位器可以控制噪声大小,适当开大音量电位器,让较大的噪声出现。

若短路电路中的 E 点后噪声仍然存在,重点检查部位应是 E 点与 C 点之间的这段电路,主要是三极管 VT1 噪声大,或电容 C2 漏电;如若 E 点短接后噪声消失,说明 E 点之后的放大电路无噪声故障,继续向前检查。

(4) 电路中的 G 点对地短接检查

短接电路中的 G 点就是将集成电路 A1 的信号输入引脚①脚用电容对地直接短接,若此时电路中的噪声消失,说明这个多级放大电路没有噪声大故障;如果短接 G 点后噪声仍然存在,说明集成电路 A1 存在噪声大故障的可能性,电容 C1 也存在漏电故障的可能。

3. 短路检查点确定方法

实施短路检查的关键是确定电路中的对地短接点,关于这一点需要说明下列几方面的问题。

(1) 对于集成电路放大器而言,对地短地点是信号的输入引脚,对集成电路的信号输出

引脚一般不能进行对地短接，以防止集成电路过载。

(2) 对于三极管放大电路而言，短接检查是将三极管的基极和发射极用螺丝刀直接短接，这样短接后三极管的基极偏置电压为零，三极管处于截止状态不工作，不仅三极管本身的噪声不能产生，前级电路中的噪声也因为三极管截止而不能传输到后级电路中，达到短路检查的目的。

(3) 除短接三极管的基极和发射极可以用螺丝刀直接短接外，其他情况下的短接一般都不能直接对地短接，而是要用电容进行交流信号的短接。对于音频电路可以用 $10\mu\text{F}$ 的电解电容进行短接，对于高频电路可以用 $0.01\mu\text{F}$ 的电容进行短接。

4. 特点

短路检查法具有以下几个特点。

(1) 这种检查法只适合于放大电路的噪声故障检查，对于啸叫故障则无能为力，因为啸叫故障的产生范围是某一个环路电路，当短接这一环路中的任何一处时，都将破坏了产生啸叫的幅度或相位条件而使啸叫声消失，所以无法进行正确的判断；对于视频类电路而言，这种检查方法可以用来检修杂波大的故障。

(2) 这种检查方法能够直接发现故障部位，或通过短路检查法将故障部位缩小到更小的电路范围内。

(3) 这种检查法操作方便，只用一把镊子或一只隔直电容器即可。

(4) 在无电原理图、印制板图的情况下也能进行短路检查，此时对集成电路只需要短接信号输入引脚，对三极管而言只需要短接三极管的基极与发射极。

(5) 用镊子直接短接结果准确，用电解电容短接时只能将噪声输出大大降低，不能使噪声完全消失，因而容易出现误判。

(6) 放大器电路要处于通电的工作状态，短路结果能够立即反映出来，具有检查迅速的特点。

(7) 无须给电路施加信号源，噪声本身就是一个被追踪的“信号源”。

5. 适用范围

短路检查法只适用于检查电路类故障中噪声大的故障，适用于图像类的杂波大故障，对于放大器的非线性失真故障、无声故障等没有检查效果。

6. 注意事项

使用短路检查法的过程中应注意以下几点。

(1) 对于音频类放大电路，短路检查法一般只需要检查音量电位器之前或之后的电路，无须两部分都去检查。在运用短路法之前将音量电位器关死，若扬声器仍有噪声，说明故障部位出现在音量电位器之后电路，只需短路检查音量电位器之后的低放电路；关死音量后，噪声消失，说明故障在音量电位器之前的电路中，此时调节音量电位器，噪声大小受控制，只需要检查电位器之前的电路。

(2) 短路检查法一般是从后级向前级检查，当然也可以倒过来，但不符合平时检查电路的习惯。

(3) 短路检查法也有简化形式, 即对集成电路可直接将信号输入引脚对地短接, 对于三极管放大电路只要将三极管的基极与发射极直接短接。当发现了具体部位后再进一步分细短接点, 修理中为提高检查速度往往是这样进行的。

(4) 在电路中的高电位点对地短接检查时, 不能用镊子进行短接, 要用电容对地短接交流通路, 以保证电路中的直流高电位不变, 所用电容的容量大小与所检查电路的工作频率有关, 能让噪声呈通路的电容即可。用电解电容去短接时要特别注意电容器的正、负极性, 正极接电路的高电位。

另外, 采用电容短接时要注意噪声变化, 因为电容不一定能够将所有噪声信号短接到地端, 噪声有明显减小就行, 这一步搞不好就不能达到预期检查目的, 运用短路检查时一定要注意这一点。

(5) 短路检查时可以在负载(如扬声器)上并接一只真空管毫伏表, 用来测量噪声电平的大小改变情况, 从量的角度上进行判断。

(6) 对于电源电路(整流、滤波、稳压), 切不可用短路检查方法检查交流声大的故障, 因为电源短路将引起电路中其他元器件的损坏。

(7) 对于噪声时有时无故障的检查, 短路点应用导线焊好, 或焊上用于短接的电容, 然后检查故障现象是否仍然存在。

(8) 短路法对啸叫故障无能为力, 也不能用于检查失真、无声等故障。

三、简单实用功效奇特的参照检查法

参照检查法是一种利用比较手段来判断故障部位的方法, 此法对解决一些疑难杂症具有较好的检查效果。

1. 参照检查法的基本原理

参照检查法利用一个工作正常的同型号家用电器、一套相同的机械机构、一张电路结构十分相近的电原理图、立体声音响设备的一个声道电路等为标准参照物, 运用移植、比较、借鉴、引伸、参照、对比等手段, 查出具体的故障部位。简单地讲, 这一检查方法是通过与一个标准物的对比, 发现故障部位。

理论上讲, 参照检查法查找故障部位可以是万能的, 可以查出各种各样的故障原因, 因为只要对标准物、故障机器进行系统的、仔细的对比, 必能发现工作正常机器和有故障机器在电路的某个部位上电压或电流不相同之处, 机械装置的某处不同, 往往就是具体的故障部位所在。但是, 如此使用参照检查法费功费时, 必须进行有选择地科学运用参照检查法, 才能获事半功倍之效果。

2. 实施方法

为了方便、高效地运用参照检查法, 可以在以下几个方面运用。

(1) 集成电路典型应用电路和电原理图参照检查

集成电路的典型应用电路参照是最有效的参照。

当没有集成电路应用电路图, 或没有电原理图, 无线电电器设备的修理可以采用图纸参

照法，这种参照可以有以下几种情况。

① 利用同牌号相近系列家用电器的电原理图作为参考电路图，如三洋牌机器可用其他三洋牌机器的电路图等。

② 利用在线路板上的直观检查，查出前置电路、功放电路等是采用什么类型，集成电路是什么型号等，然后去寻找典型应用电路图作为标准参考图。

对于集成电路，在线路板上找到集成电路实物，然后查看它的具体型号，再去查阅集成电路手册中的典型应用电路，用集成电路手册中的这一典型应用电路图来指导修理。集成电路手册中的典型应用电路与实用电路之间相当接近，可以用来作为电路分析和故障检修的参照电原理图。

(2) 实物参照检查

实物参照法可以包括以下几种方法。

① 修理双声道音响设备某一个声道的故障时，可以用另一个工作正常的声道作为标准参照物。例如，欲知输入三极管集电极上的直流电压大小，可在工作正常与不正常的两个声道输入三极管集电极上测量直流电压，两者相同，说明输入管工作正常，两者不相同说明故障部位就在输入级电路中。

② 利用另一台同型号机器作为标准参照物。例如，测量好的与坏的机器上相同功能的集成电路各引脚直流工作电压，进行每个引脚的直流工作电压值对比，电压值不相同的引脚及外电路就是故障所在。

(3) 机械机构参照检查

检查机械机构故障时，如修理录像机或录音机的机芯故障，对机芯上各机构工作原理不够了解，可以另找一只工作正常的机芯进行参照，对比一下它们的相同和不同之处，对不同之处再作进一步的分析、检查。

(4) 装配参照检查

在拆卸机壳或机芯上一些部件时，装配发生了困难，例如某零部件不知如何固定，此时可参照另一个相同部件或机器，将正常的机芯小心拆下，观察它是如何装配的，对双卡录音机上的机芯装配，此法更为有效。

3. 特点

参照检查法具有以下一些特点。

(1) 具体参照检查的方法、内容是很多的，需要灵活地、有选择地使用，才能得到事半功倍的效果。

(2) 这种检查方法能够直接查出故障部位。

(3) 需要有一定的修理资料基础，如各种家用电器电原理图册、音响和视频集成电路应用手册等。

(4) 运用此法中最重要的是进行比较，去同存异，这是最大的特点。

(5) 这种检查法关键是要有一个标准的参照物。

4. 适用范围

参照检查主要适用以下情况使用

- (1) 集成电路的典型应用电路参照。
- (2) 没有电原理图时的参照。
- (3) 装配十分困难、复杂时的参照。
- (4) 对机械故障无法下手时的参照。
- (5) 立体声音响设备中只有一个声道出现故障时的参照。
- (6) 双卡录音机机芯故障的参照。

5. 注意事项

在运用参照检查法过程中要注意以下几点。

(1) 避免盲目采用参照法，因为这样工作量很大，应在其他检查法做出初步判断后，对某一个比较具体的部位再运用参照法。

(2) 参照检查过程的操作要正确，如果在正常机器上采集的数据不准确，就无法进行比较，将把检查带入错误的方向中。

(3) 在进行装配参照时，小心拆卸工作正常的机械装置，否则好的拆下后会被搞坏，或不能重新装好。

四、集成电路故障的克星——电压检查法

在常规检查条件下，由于只有一只万用表，所以电压检查法是检查集成电路故障的最为有效和常用的检查手段。由于电压检查法是并联测量，无须变动电路，所以操作起来相当方便。

电子线路在正常工作时，电路中各点的工作电压表征了一定范围内元器件、电路的工作情况，当出现故障时相关部位的测试点工作电压必然发生改变。电压检查法运用电压表，查出这一电压异常情况，并根据电压的变异情况和电路工作原理做出推断，即可找出具体的故障原因和部位。

1. 电压检查法基本原理

电压检查法的基本原理是，通过检测电路某些测试点的工作电压有还是没有、偏大还是偏小，判别产生电压变化的原因，这一原因就是故障原因。

电路在正常工作时，各部分的工作电压值是唯一的(也有可能在很小范围内波动)，当电路出现开路、短路、元器件性能参数变化等故障时，电压值必然会发生相应的改变，电压检查法的任务是检测这一变化，并加以分析。

一般电压检查法主要是测量电路中关键测试点的直流电压，必要时也可以测量交流电压、信号电压大小等。

2. 关键测试点

电路中的关键测试点主要有以下几种类型。

a. 集成电路各引脚的直流电压，特别是电源引脚和信号输入引脚和信号输出引脚，以及一些重要的控制引脚上的直流电压。

- b. 放大管的集电极静态直流电压、基极静态直流电压、发射极静态直流电压。
- c. 电源电路供给电路中的直流工作电压。
- d. 一些控制电路中的直流工压等。

3. 实施方法

(1) 测量项目

各种家用电器中的电压测量项目是不同的，主要有以下几种电压类型。

- a. 交流市电压，它为 220V、50Hz。
- b. 交流低电压，它为几伏至几十伏，50Hz，不同情况下电压也是不同的。
- c. 直流工作电压，在音响类设备中它是几伏至几十伏，在视频类设备中为几百伏，高压则上万伏。
- d. 音频信号电压，可以几毫伏至几十伏。

检测上述几种电压，除电视机中的超高压外，需要交流电压表、直流电压表和真空管毫伏表等不同的测量仪表。

(2) 测量交流市电压

测量交流电压的方法也很简单，万用表交流 250V 挡或 500V 挡，测量电源变压器初级线圈两端，应为 220V；若没有测量到这一电压，再直接测量电源插口两端的电压，应该为 220V。

(3) 测量交流低电压

测量交流低电压的方法是用万用表的交流电压挡适当量程，测量电源变压器次级线圈的两个输出端，若有多个次级线圈时先要找出所要测量的次级线圈，再进行次级线圈交流电压的测量。

在交流市电压输入正常的情况下，若没有次级线圈的低压输出，则绝大多数是电源变压器的初级线圈开路，次级线圈因线径较粗断线的可能性很小。

(4) 测量直流工作电压

测量直流工作电压是电压检查法中最常用的检查项目，其具体的测量方法是使用万用表的直流电压挡，测量项目很多，主要有下列几项。

- a. 测量整机直流工作电压(指整流电路输出电压)。
- b. 集成电路各引脚工作电压。
- c. 测量电池电压。
- d. 测量某一放大级电路的工作电压或某一单元电路的工作电压。
- e. 测量晶体管的各电极直流工作电压。
- f. 测量直流电动机的直流工作电压等。

测量直流工作电压时，用万用表直流电压挡适当量程，黑表棒接线路板地线，红表棒分别接各所要测量点，整机电路中各关键测试点的正常直流工作电压有专门的资料，在无此资料时要根据实际情况进行分析。以下各项是最常见的测量项目，且这些测量结果都表明电路工作正常。

- a. 整机直流工作电压在空载时比工作时要高出许多(几伏)，高出愈多说明电源的内阻愈大。所以，在测量这一直流电压时要在机器进入工作状态下进行。

b. 整机电路中整流电路输出端直流电压最高，许多情况下这一电压等于功率放大器集成电路电源引脚上的直流工作电压。从整流电路输出端出发，沿着 RC 滤波电路、退耦电路电压逐节降低。

c. 测量电解电容两端的电压，正极端应高于负极端，如果测量结果电容两端的直流电压相等，说明该电容击穿，或电路中无直流工作电压。

d. 测量电容两端电压为 0V 时，只要电路中有直流工作电压，说明这一电容器已出现短路故障。

e. 测量电感线圈两端直流电压应十分接近于零，如果测量电压不为 0V，必是该线圈出现了开路故障。

f. 当电路中有直流工作电压时，电阻器工作时两端应有电压降，否则此电阻器所在电路必有故障。

(5) 音频信号电压

音频信号是一个交流变量，与交流市电相同，但工作频率很高。普通万用表的交流挡是根据 50Hz 交流电流设计的，所以无法用来准确测量音频信号的电压，测量音频信号电压必须使用真空管毫伏表。

由于真空管毫伏表不够普及，一般场合下不测量音频信号电压。在使用仪器进行故障检修时，通常使用真空管毫伏表，在检查故障时作如下测量。

a. 测量功率放大电路的输出信号功率。

b. 测量每一级放大器输入、输出信号电压，以检查放大器电路的工作状态。

c. 测量话筒输出信号电压，以检查话筒的工作状态。

4. 特点

电压检查法具有以下一些特点。

(1) 测量电压时万用表是并联连接，无须对元器件、线路作任何调整，所以操作相当方便，故障检修中往往是先进行电压的测量。

(2) 电路中的电压数据很能说明问题，对故障的判断十分可靠。

(3) 详细、准确的电压测量需要整机电路图中的有关电压数据。

5. 适用范围

电压检查法适用于各种有源电路故障的检查(无源电路不用电压检查法)，主要适用于下列一些电路故障的检修。

(1) 交流电路故障。

(2) 直流电路故障。

(3) 对其他有源电路故障也有良好的检查效果。

6. 注意事项

电压检查法使用不当会出现问题，所以要注意以下几点。

(1) 测量交流市电压时要用单手操作，安全第一。测量交流市电压之前，先要检查电压量程，以免损坏万用表。

(2) 测量前要分清交流挡、直流挡,对直流电压还要分清极性,红、黑表棒接反后表针将反方向偏转。

(3) 在测量很小的音频信号电压(例如测量话筒输出信号电压)时,要选择好量程,否则测不到、测不准,影响正确判断。使用真空管毫伏表时要先预热一段时间,使用一段时间后要校零,以保证低电平信号测量的精度。

(4) 有标准电压数据时,将测量的电压值与标准值对比;在没有标准数据时电压检查法的运用有些困难,要根据各种具体情况进行分析和判断。

7. 电压检查法检查集成电路举例

检测集成电路的方法有多种,各种故障下的具体检查方法也不一样,集成电路装在电路中和不装在电路中时的检测方法也不同。这里介绍使用电压检查法来检查集成电路,这是最常用的检查方法。

电压检查法检查集成电路时,要给集成电路所在电路通电,并不给集成电路输入信号(即使之处于静态),用万用表直流电压挡的适当量程,测量集成电路各引脚对地之间的直流工作电压(或部分有关引脚对地的直流电压),根据测量结果,通过与这一集成电路各引脚标准电压值的比较(各种集成电路的引脚直流电压有专门的资料),判断集成电路是否有问题,还是集成电路外围电路中的元器件出现故障。

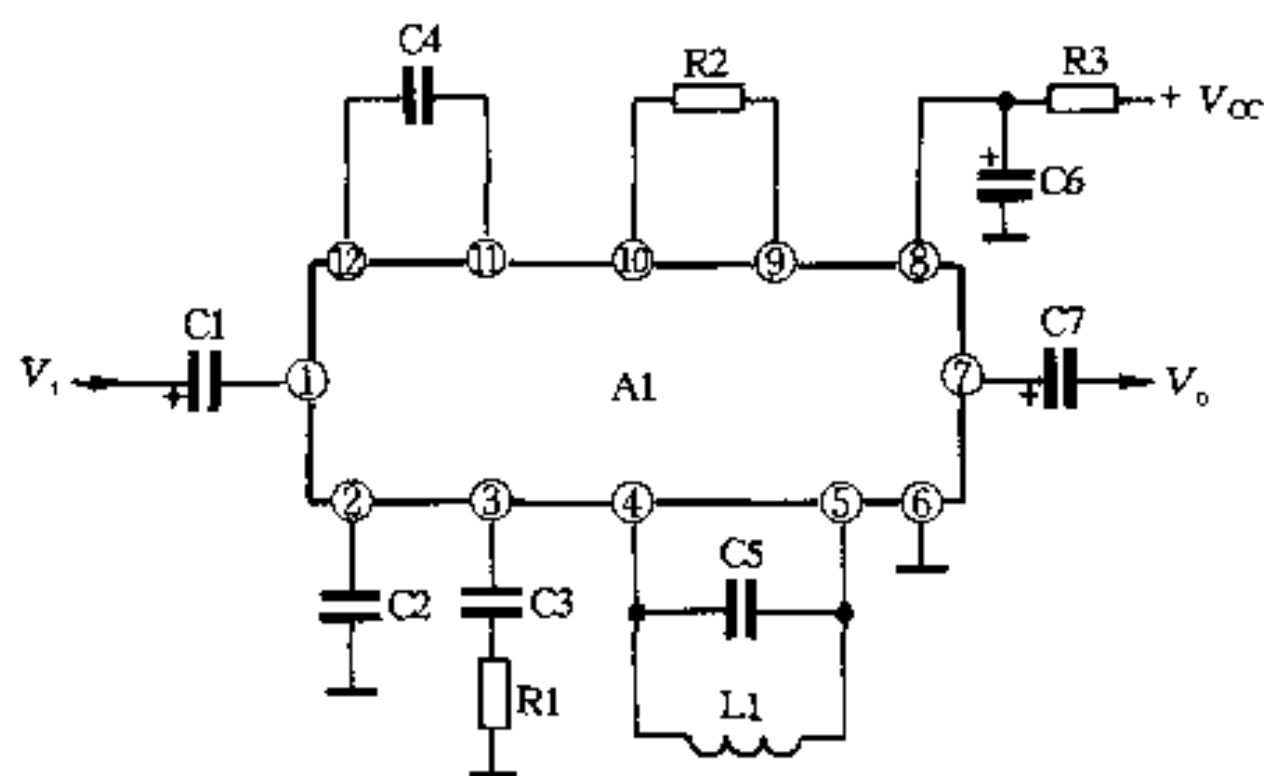


图 3-5 电压检查法检测集成电路示意图

这里以如图 3-5 所示集成电路为例,介绍电压检查法的具体实施步骤和方法。电路中, A1 是集成电路,它共有 12 根引脚,其中⑧脚是它的电源引脚,⑥脚为接地引脚,①脚为信号输入引脚,⑦脚为信号输出引脚。

具体检查步骤和方法如下。

(1) 找出集成电路的标准工作电压数据

根据集成电路的具体型号,查找有关集成电路资料手册,找出集成电路 A1 的各引脚电压数据,各引脚直流工作电压如表 3-1 所示。

表 3-1 集成电路 A1 各引脚直流电压数据

引脚	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫
电压(V)	1.5	0.7	1.5	5	5	0	3	9	6	3.1	2.7	3.4

(2) 测量集成电路 A1 的直流工作电压

万用表直流电压挡,测量集成电路 A1 电源引脚⑧脚的直流工作电压。这一引脚电压的测量结果可能有下列几种情况。

a. 若测量为 0V, 说明集成电路 A1 的电源引脚上没有直流工作电压 $+V_{CC}$, 此时可断开电容 C6 的一根引脚后再次测量集成电路 A1 的⑧脚电压, 若恢复正常, 说明电容 C6 击穿; 若集成电路 A1 的⑧脚电压仍为 0V, 则说明直流工作电压 $+V_{CC}$ 端没有电压, 要检查 $+V_{CC}$ 电压的供给电路。

b. 若测量集成电路 A1 的⑧脚电压远低于 9V 正常值, 也可断开电容 C6 后再次测量。若恢复正常, 说明 C6 严重漏电; 若仍低, 可断开⑧脚的铜箔线路(用刀片沿集成电路 A1 的⑧脚铜箔线路根部切断, 不必担心这样会损坏铜箔线路), 测量 $+V_{CC}$ 端的电压。若为 9V, 说明集成电路 A1 的⑧脚内部与地线之间出现击穿的可能很大(也可用后面介绍的电流检查法进一步测量集成电路的静态工作电流); 如果测量 $+V_{CC}$ 端的电压仍低, 说明 $+V_{CC}$ 供给电路出了故障, 即从电源电路送过来的直流电压就低。

c. 当测量集成电路 A1 的⑧脚为 9V 正常电压值时, 说明集成电路的直流电压供给电路工作正常, 可以进行下一步的检测。

(3) 测量集成电路 A1 接地引脚⑥脚电压

集成电路 A1 的⑥脚为接地引脚, 应该是 0V。若测量的结果不是 0V, 说明集成电路 A1 的⑥脚铜箔线路开裂(与地线之间断开了), 或 A1 的⑥脚假焊(重新熔焊)。在测量集成电路 A1 的⑥脚电压为 0V 后, 进行下一步检查。

(4) 测量集成电路各引脚直流电压

全面测量集成电路 A1 各引脚直流工作电压, 然后与标准电压数据进行比较, 发现两者有相差较大者(一般为 0.2~0.5V 以上), 对该引脚上的外围电路进行故障分析和检查, 即可找出故障部位和原因。下面根据图 3-5 所示电路, 分析各引脚出现电压异常时的各种可能故障原因。

a. 当集成电路 A1 的②脚直流工作电压低于正常值时, 由于②脚与地之间只有电容 C2, 电容具有隔直作用。当 C2 开路时不影响集成电路 A1 ②脚的直流电压, 当它击穿时将使②脚直流工作电压为 0V, 当它漏电时将使②脚直流工作电压下降, 且 C2 漏电愈严重, ②脚的直流电压下降得愈多。

通过上述故障分析可知, 当②脚直流电压下降时, 不怀疑 C2 开路或击穿, 只怀疑 C2 漏电。此时, 为了进一步确定是否是 C2 漏电造成集成电路 A1 的②脚电压下降, 可断开 C2 后再次测量②脚电压, 若恢复正常, 说明与②脚外电路有关(与 C2 有关, 漏电故障)。若仍然低, 说明集成电路 A1 内电路有问题。

b. 当测量 A1 的③脚电压异常时, 从电路中可以看出, 集成电路 A1 ③脚外电路与②脚的外电路是基本相同的, ③脚与地之间是一个 RC 串联电路, 由于 C3 隔直作用, 这一 RC 串联电路正常时对③脚的直流电压无影响。即当 C3 或 R1 开路时, 不影响集成电路 A1 ③脚的直流电压, 当 R1 出现任何故障时, 由于 C3 的隔直作用, 也不影响③脚的直流电压。只有当 C3 击穿或漏电时, 才使集成电路 A1 ③脚直流工作电压下降。

当集成电路 A1 的③脚直流电压下降时, 与 A1 的②脚直流电压下降故障处理步骤和方法相同。另外, 若 A1 的③脚直流电压为 0V, 也说明与 R1 和 C3 无关, 因为即使 C3 击穿, 由于③脚流出的电流要流过 R1, 在 R1 上有压降, ③脚直流电压是不为 0V 的。这样, 当③脚直流电压为 0V 时, 说明集成电路 A1 有问题。

c. 集成电路 A1 的④脚和⑤脚直流电压应该一样大小, 即使无 A1 的各引脚标准电压数

据也应该知道这一点，因为④、⑤脚之间接有线圈 L1，L1 电阻很小，L1 对直流电几乎无压降。所以，④脚与⑤脚上的直流电压应该是相等的。如若测量结果④脚和⑤脚上的直流电压不相等，应首先检查 L1 是否开路(可用万用表 R×1Ω 挡在断电后测量集成电路④、⑤脚之间的直流电阻)。

d. 集成电路 A1 的⑨脚和⑩脚直流电压是相关的，因为⑨脚与⑩脚之间只有电阻 R2，电阻可以通直流电，这里的 R2 用来构成⑨脚和⑩脚内电路直流通路。如若⑨脚和⑩脚上直流电压明显变小，说明 R2 开路的可能性很大。

e. 集成电路 A1 的⑪脚与⑫脚直流电压不相等，因为这两根引脚之间接的是具有隔直特性的电容 C4，如若这两根引脚的直流电压正常时是相等的，就可以省去电容 C4。当这两根引脚直流电压发生异常时，只要检查 C4 是否漏电或击穿。当⑪脚和⑫脚的直流电压相等时，说明 C4 已经击穿。

f. 集成电路 A1 的⑬脚或⑭脚上直流电压异常时，也只要检查 C1 或 C7 是否漏电或击穿，而不必怀疑电容出现开路故障。

(5) 电压检查法检查集成电路中的注意事项

关于采用电压检查法测量、检查和分析集成电路各引脚直流工作电压的过程中，要注意以下几个方面的问题。

a. 在没有所要检查的集成电路各引脚标准工作电压数据时，要利用各引脚外围电路的特征来判别引脚电压的明显异常现象。实在无法确定时，可找另一台相同型号的电器设备，通过实测相同部位的集成电路各引脚直流电压来进行比较、分析，这一检查方法的结果是十分准确的。

b. 集成电路引脚电压发生异常时，对电容只要怀疑它是否击穿、漏电，对电感线圈只要怀疑它是否开路，对电阻器只要怀疑它是否开路和短路。

c. 当集成电路中有多个引脚电压同时发生改变时，往往是一个故障原因引起的，因为集成电路内电路各级间采用直接耦合方式，各级电路之间直流电压会相互影响。如若集成电路与其他电路的连接引脚(见图 3-5 所示电路中的①脚输入端和⑦脚输出端)是采用阻容耦合时(图 3-5 所示电路中的 C1、C7 为耦合电容)，那么各引脚电压偏差的故障是由于集成电路 A1 本身造成的。如若输入端或输出端采用直接耦合(无隔直电容)，那么也有可能是前级或后级电路故障造成集成电路 A1 的多个引脚直流电压发生偏差。

d. 集成电路电源引脚直流工作电压不正常(通常是直流工作电压低于正常值)，若其他各引脚电压也不正常，应重点检查电源引脚的外电路。在排除外电路出现故障的可能后，说明集成电路有问题，当电源引脚上直流工作电压低时，很可能是集成电路电源引脚内电路存在短路故障。

e. 一些专用集成电路，有些引脚的直流工作电压与电源引脚上的工作电压之间有固定的比例关系，无论什么具体型号的集成电路这一关系均不变，这对无集成电路各引脚标准电压的情况下检查故障是很有用的。例如，OTL 功率放大器集成电路的信号输出引脚直流电压等于电源引脚上直流电压的一半；OCL 功率放大器集成电路的信号输出引脚直流电压等于 0V；BTL 功率放大器集成电路的两根信号输出引脚直流电压相等，或是等于电源引脚上直流电压的一半，或是等于 0V。

f. 在各种集成电路中，电源引脚上的直流电压是最高的，在没有任何资料时也应该知道

这一点。

g. 电压检查法检查集成电路故障是一个主要检查手段，而且行之有效，操作简便。通常，应在已经确定故障出在集成电路这部分电路中之后，再用电压检查法。在电压检查法还不能确定故障时，可用其他检查法进一步检查。

h. 采用电压检查法检查集成电路，最好要有集成电路的各引脚直流电压数据，否则也是比较困难的。

五、检查结果十分准确的电流检查法

电流检查法是通过测量电路中流过某测试点工作电流的大小，判断故障的部位。电流检查法通常是测量直流电流，由于仪表限制一般情况下不进行交流电流的测量。

通常情况下，电流检查法使用万用表的直流电流挡。

1. 电流检查法基本原理

电子电路中都是采用集成电路、晶体管作为放大器，在这种电路中直流工作电压是整个电子电路工作的必要条件，直流电路的工作正常与否直接关系到整个电路的工作状态，例如为了使放大器能够正常放大信号，给放大器施加了静态直流偏置电流，直流工作电流的大小，直接关系到对音频信号的放大情况。

电流检查法主要是测量电路中流过某一测试点的直流电流的有无和大小，以直流电流大小情况来判断交流电路的工作情况，从而能够找出故障原因。

电流检查法不仅可以测量电路中直流电流大小，还可以测量交流电流的大小，但由于一般情况下没有交流电流表，所以通常不去测量交流电流。

电流检查法采用串联测量方式，所以检查中的操作比较繁琐。

2. 实施方法

(1) 测量项目

电流检查法主要有以下几种测量项目，在针对不同的故障时选择使用。

- 测量集成电路的静态直流工作电流。
- 测量三极管集电极的静态直流工作电流。
- 测量整机电路的直流工作电流。
- 测量电动机的直流工作电流。
- 测量交流电流。

(2) 集成电路静态直流工作电流测量方法

测量集成电路静态直流工作电流方法如图 3-6 所示。④脚是集成电路 A1 的电源引脚，万用表直流电流挡串联在集成电路的电源引脚④脚回路中，即断开集成电路电源引脚④脚的铜箔线路，黑表棒接已断开的集成电路电源引脚④脚，红表棒接另一断头，不给集成电路输入信号，此时所测量的电流为集成电路的静态直流工作电流。

每种型号的集成电路都有它特定的静态直流工作电流参数，这些参数可以查阅相关的集

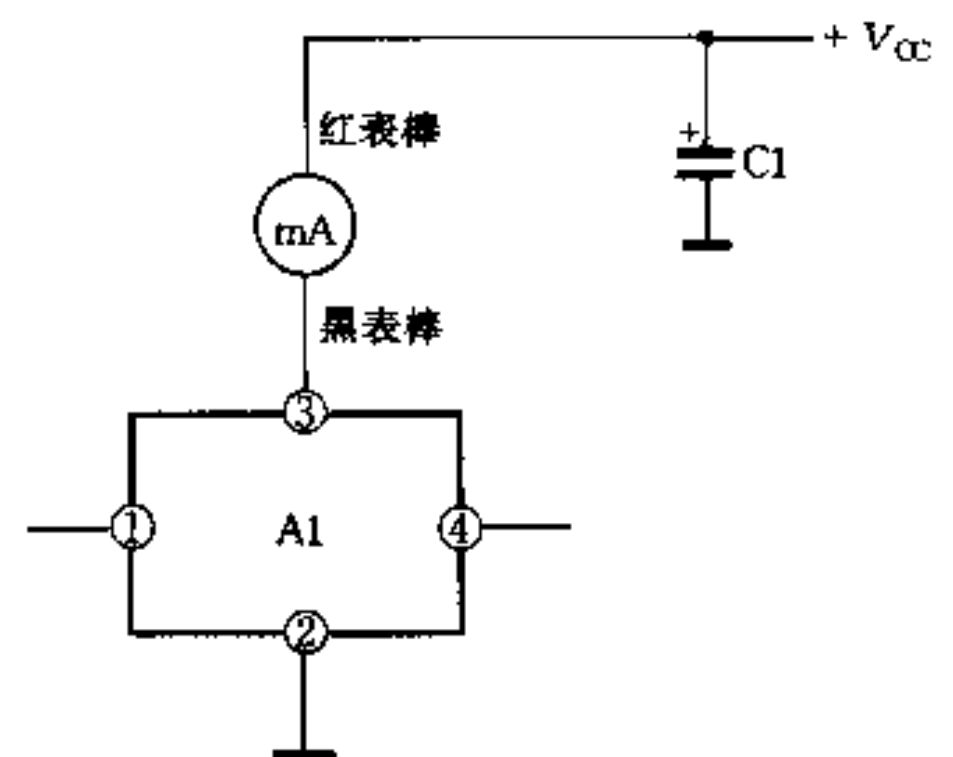


图 3-6 测量集成电路静态工作电流示意图

成电路应用手册。

(3) 三极管集电极静态直流工作电流测量方法

测量三极管的集电极静态直流工作电流能够了解三极管当前的工作状态，例如是饱和还是截止，具体方法是：断开集电极回路，串入直流电流表（万用表的直流电流挡），具体接线如图 3-7 所示，对于图示 NPN 型正电源供电的放大电路而言，黑表棒接 VT1 管的集电极。使电路处于通电状态，在无输入信号情况下所测量的直流电流为三极管的静态直流工作电流。

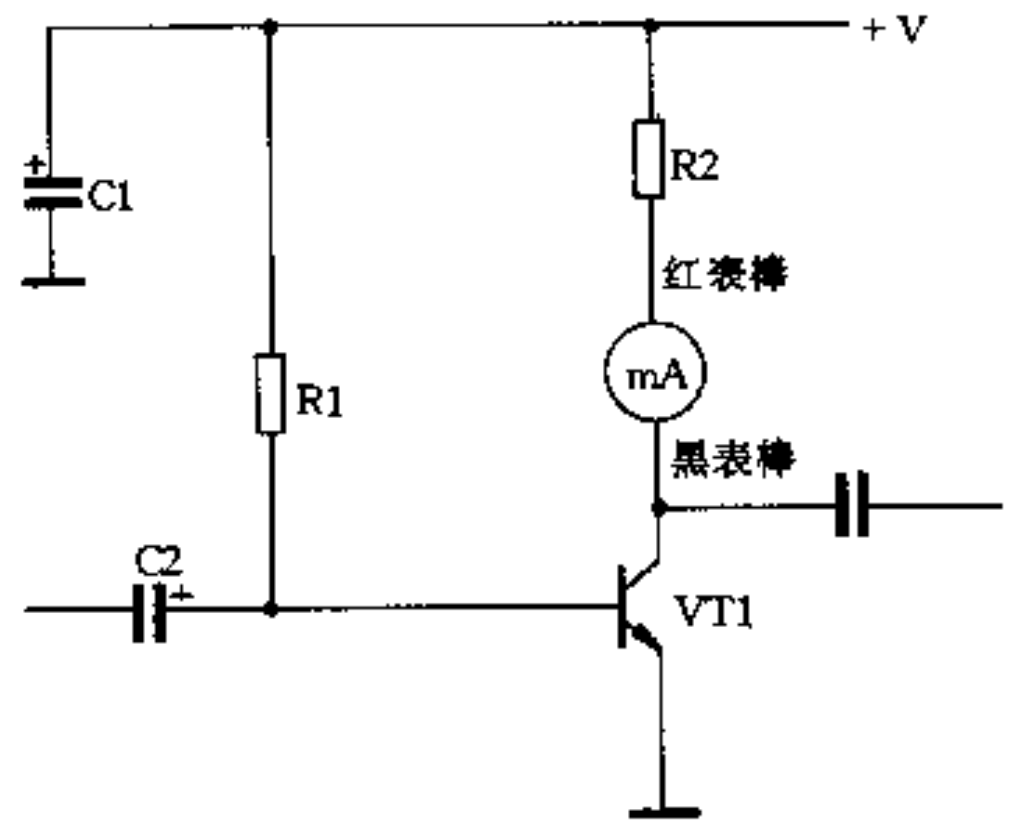


图 3-7 测量三极管集电极电流示意图

关于这一电流测量检查需要说明以下几点。

a. 测量电流要在直流工作电压正常的情况下进行。

b. 当所测量的电流为零时，说明三极管处于截止状态，若测量的电流很大，则是三极管饱和了，两种情况都是故障，应重点检查偏置电路。

c. 具体工作电流大小应查找有关修理资料，在有这方面资料的情况下，将所测量的电流数据与标准资料进行比较，偏大或偏小均说明测试点所在电路出现了故障。

d. 没有具体电流资料时，要了解前级放大电路中的三极管直流工作电流是比较小的，后面各级的静态工作电流逐级略有增大。

e. 功放推挽管的静态直流工作电流在整机电路各放大管中为最大，约为 8mA 左右，两个推挽管的直流电流相同。

(4) 整机直流工作电流测量方法

检修故障中，有时需要通过测量整机直流工作电流的大小来判断故障性质，因为这一电流能够大体上反映出机器的工作状态。当工作电流很大时，说明电路中存在短路现象；工作电流很小时，说明电路存在开路故障。

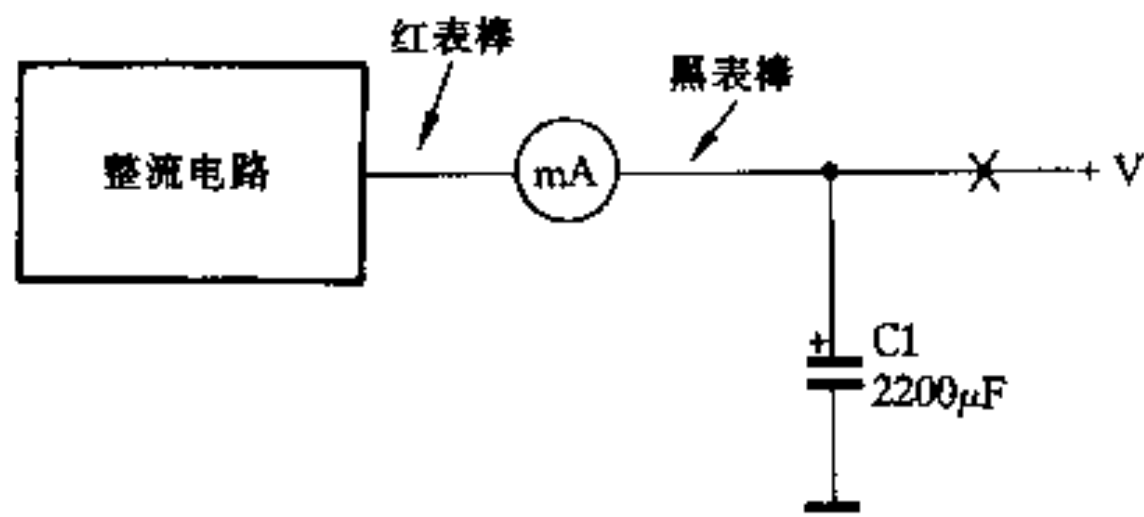


图 3-8 测量整机直流电流示意图

测量整机工作电流大小应在机器直流工作电压正常的情况下进行。断开整流电路输出端（若输出回路有保险丝管，可取下保险丝管），串入万用表的直流电流挡，如图 3-8 所示。如若测量电流很大，可焊好原测量口的断点，再在电路的“X”处串联万用表的直

流电流挡，再测量一次，若这次测量正常，说明滤波电容 C1 短路。

各种机器的整机直流电流大小是不相同的，应查有关修理资料。

(5) 测量交流工作电流

测量交流工作电流主要是检查电源变压器空载时的损耗，一般是在重新绕制电源变压器、电源变压器空载发热时才去测量。测量时用交流电流表（一般万用表上无此挡）串联在交流市电回路，如图 3-9 所示，测量交流电流时表棒没有极性之分。

3. 特点

电流检查法具有以下几个特点。

(1) 在电压检查法、干扰检查法失效时，电流检查法往往能起决定性作用，例如推挽管开路故障的检查等。

(2) 电流表必须串联在回路中，所以需要断开测试点线路，操作比较麻烦。

(3) 电流检查法可以迅速查出三极管和其他元器件发热的原因。

(4) 测量三极管集电极直流电流、集成电路直流工作电流时，如若输入音频信号，电流表指针将忽左忽右地摆动，这能粗略估计三极管、集成电路的工作状况，表针摆动说明它们能够放大信号，表针摆动的幅度愈大，说明信号愈大。

(5) 电流检查法需要了解一些电流资料，当有准确的电流数据时它能迅速判断故障的具体位置，没有修理资料时确定故障比较困难。

4. 适用范围

电流检查法主要适用于修理过电流、无声、声音轻等故障。

5. 注意事项

电流检查法在运用中应注意以下几点。

(1) 因为测量中要断开线路，有时是断开铜箔线路，记住测量完毕要焊好断口，否则影响下一步的检查。

(2) 在测量大电流时要注意表的量程，以免损坏电表。

(3) 测量直流电流时要注意表棒的极性，在认清电流流向后再串入电表，红表棒是流入电流的，以免电表反偏转而打弯表针，损坏表头精度。

(4) 对于发热、短路故障，测量电流时要注意通电时间越短越好，做好各项准备工作后再通电，以免无意中烧坏元器件。

(5) 由于电流测量比电压测量麻烦，所以应该是先用电压检查法检查，必要时再用电流检查法。

6. 电流检查法检查集成电路举例

在检修集成电路故障时，电流检查方法主要用来测量集成电路电源引脚回路中的静态工作电流大小，以测得的静态工作电流大小来判断故障是否与集成电路有关。图 3-10 所示是采用电流检查法测量集成电路静态工作电流的接线示意图。图中，A1 为集成电路，①脚是集成电路的信号输入引脚，②脚是接地引脚，③脚是信号输出引脚，④脚是电源引脚，万用表的直流电流挡串联在电源引脚④脚回路中。

具体检查步骤和方法如下。

(1) 根据电路图指示，找出集成电路的电源引脚是哪一根引脚，如图 3-10 (a) 所示集成电路 A1 的电源引脚④脚。

(2) 在线路板上找到集成电路 A1 的实物，再运用集成电路的引脚分布规律找到 A1 的

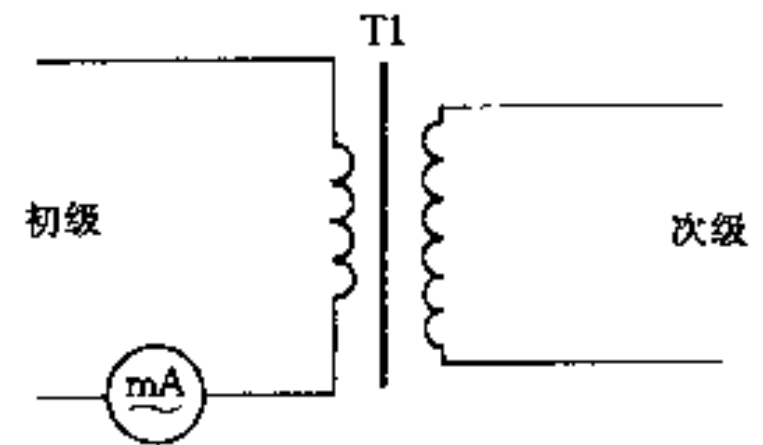


图 3-9 测量交流电流示意图

④脚。

(3) 将集成电路 A1 的④脚上铜箔线路切断, 见图 3-10 (b) 所示, 然后将万用表置于直流电流挡 (适当量程), 黑表棒接④脚端铜箔线路断口, 红表棒接断口的另一端, 让直流电流从红表棒流入, 从黑表棒流出。

(4) 给电路通电, 但不给集成电路加入信号, 此时表中所指示的电流值为集成电路 A1 的静态直流工作电流。

(5) 查阅有关集成电路手册, 对照测量的实际电流。若实际所测量的电流值在最小值和最大值之间, 说明集成电路直流电路基本工作正常, 不存在内部短路或开路故障, 重点检查集成电路外围电路中的电容是否开路; 如若实际电流大于最大值许多, 说明集成电路有短路故障的可能; 如若实际电流为零或远小于最小值, 则说明集成电路有开路或局部开路故障。

使用电流检查法检查集成电路静态电流过程中, 要注意以下几方面的问题。

(1) 需要有所要检查集成电路的静态工作电流数据, 这一资料在集成电路手册中通常能够查到。

(2) 电流检查法由于操作不够方便(电流表要串联在电源引脚回路中), 往往是在电压检查法已大体认为集成电路有故障后, 为了多方面证实故障原因才采取的检查步骤。一般不首先使用电流检查法。

(3) 集成电路静态工作电流要在无输入信号的情况下才能测量准确, 不加输入信号的方法有多种, 各种用途集成电路有不同的方法。

(4) 要注意红、黑表棒的接线位置, 否则会使表针反向偏转。另外, 在测试完毕要记住即时焊好断口。还要注意, 铜箔断开后, 由于铜箔线路表面有一层绿色的绝缘漆, 要去掉这一绝缘漆后再接表棒, 或将表棒接在与断口铜箔相连的焊点上。

(5) 对集成电路的电流检查主要是用来判断集成电路的静态工作电流大小, 对于一些集成电路的软性故障, 由于在集成电路静态工作电流上不能明显反映出, 这时采用电流检查法收效不佳。

六、使用频率很高的电阻检查法

电阻检查法是一种通过万用表欧姆挡检测元器件质量、线路的通与断、电阻值的大小, 来判断具体故障原因的检查方法。

1. 电阻检查法基本原理

一个工作正常的电路在常态时(未通电), 某些线路应呈通路, 有些应呈开路, 有的则有

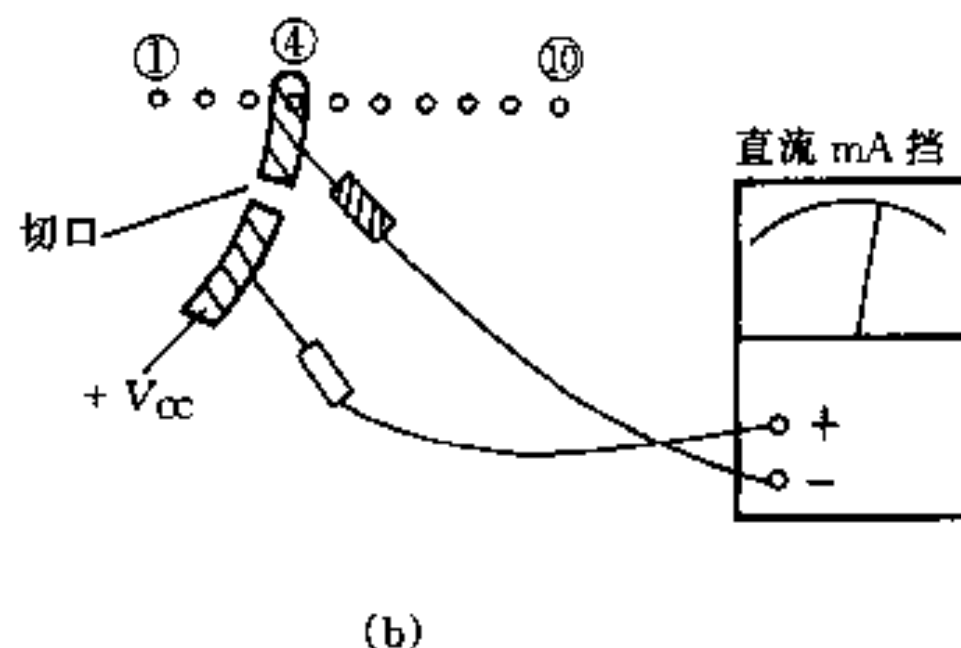
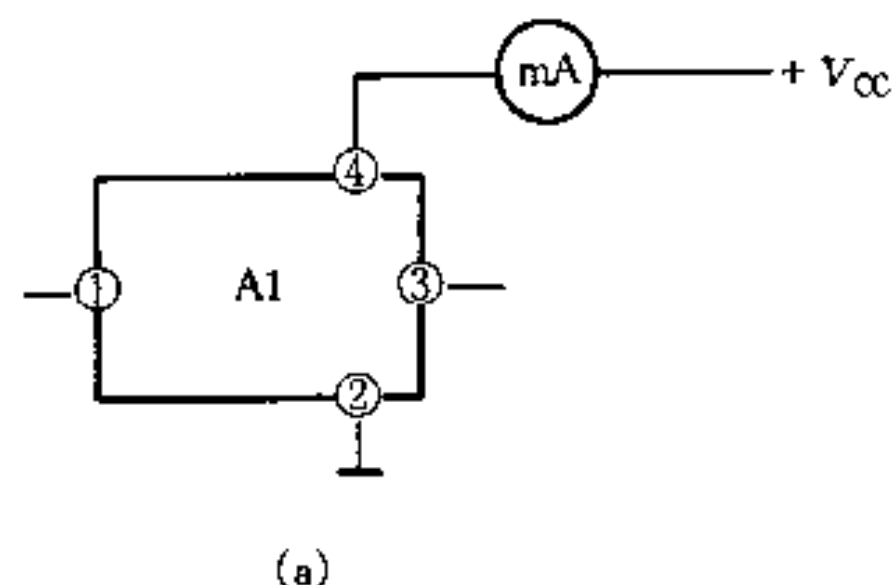


图 3-10 测量集成电路静态电流示意图

一个确切的电阻值。电路工作失常时，这些电路、阻值状态会发生变化。如阻值变大或变小，电路由开路变成通路、电路由通路变成开路，电阻检查法要查出这些变化，根据这些变化判断故障部位。

另外，许多电子元器件可以通过万用表的欧姆挡对其质量进行检测，也属于电阻检查法的范畴。

2. 实施方法

(1) 检测项目

电阻检查法主要有以下几个检查项目。

- a. 开关件的通路与断路检查。
- b. 接插件的通路与断路检查。
- c. 铜箔线路的通路与断路，线路的通路与断路检查。
- d. 元器件质量的检测。

(2) 铜箔线路通与断的检测方法

铜箔线路较细又薄，常有断裂故障，而且发生断裂时肉眼很难发现，此时要借助于电阻检查法。测量时，可以分段测量，当发现某一段铜箔线路开路时，先在 $2/3$ 处划开铜箔线路上的绝缘层，测量两段铜箔线路，再在存在开路的那一段继续测量或分割后测量。断头一般容易出现在集成电路引脚、元器件引脚焊点附近，或在线路板容易弯曲处。

电阻检查法还可以确定铜箔线路的走向。由于一些铜箔线路弯弯曲曲而且很长，凭肉眼不易发现线路从这端走向另一端，可用测量电阻法的方法确定，电阻为零的是同一根铜箔线路，否则不是同一段铜箔线路。

(3) 元器件质量检测

这是最常用的检测手段之一，当检测到线路板上某个元器件损坏后，也就找到了故障部位所在。

3. 特点

电阻检查法具有以下一些特点。

(1) 检查线路通与断有奇特效果，判断结果十分明确，对开关件、插口、接插件的检查很方便、可靠。

(2) 电阻检查法可以在线路板上直接进行检测，使用方便。

(3) 修理中大量用到测量通、断、阻值，电阻检查法全部可以胜任。

(4) 当使用某些通路时能发出响声的数字式万用表时，检查通路时很方便，不必查看表头，听声音即可。

(5) 这种检查方法可以直接找出故障部位。

4. 适用范围

电阻检查法适用于所有电路类故障检查，不适合机械类故障的检查，这一检查方法对确定开路、短路故障有特效。

5. 注意事项

运用电阻检查法时应注意以下一些问题。

(1) 严禁在通电情况下使用电阻检查法。

(2) 测量通路时用 $R \times 1$ 挡或 $R \times 10$ 挡。

(3) 在线路板上测量时，应测量两次，以两次中电阻大的一次为准(或作参考值)，不过在使用数字式万用表时不必测量两次。

(4) 在路检测元器件质量有怀疑时，可从线路板上拆下该元器件后再检测，对多引脚元器件则要另用其他方法进行检查。

(5) 表棒搭在铜箔线路上时，要注意铜箔线路是涂有绝缘漆的，要先用刀片刮去绝缘漆后再去进行测量。

(6) 在检测接触不良故障时，表棒可用夹子夹住测试点，再摆动线路板，如若表针有断续指示电阻值大时，说明存在接触不良故障。

七、“立竿见影”的示波器检查法

示波器检查法是利用示波器作为检修仪器的检查方法，检查音频放大器电路时，一台普通示波器和一台音频信号发生器就能胜任，而在一般专业修理部门示波器是必不可少的。在检查视频电路时，要用到频率更高的示波器和其他视频信号发生器。

采用示波器观察集成电路有关引脚上的信号波形，是检修视频类等集成电路故障一个十分直观和有效的检查方法。

1. 示波器检查法基本原理

利用示波器能够直观显示放大器输出波形的特点，根据示波器上所显示信号波形的情况，如波形有还是没有，失真与否，波形在 Y 轴幅度的大还是小，噪声的有无及频率高低，判断故障部位。

2. 实施方法

示波器检查法在检查音频放大器电路时需要一台音频信号发生器作为信号源，当检查电视机电路时需要电视信号发生器作为信号源。检查时，示波器接在某一级放大电路的输出端，或接在整机电路的输出端，根据不同的检查项目，示波器的接线位置也不同。

这里以图 3-1 所示分立元器件和集成电路混合放大器电路为例，介绍示波器检查法的具体实施过程和方法。仪器具体接线是，示波器并联在扬声器 SP1 的两端，音频信号发生器输出正弦信号，作为检查中的信号源。

示波器检查法主要是通过观察放大电路输出端的输出波形来判断故障性质和部位。检查时，给放大器电路通电，使之进入工作状态，在被检查电路的输入端送入标准测试信号，示波器接在某一级放大电路的输出端，观察输出信号波形。为了查出具体是哪一级电路发生了故障，可将示波器逐点向前移动，直至查出存在故障的放大级。

首先将音频信号发生器的输出信号加到集成电路 A1 的信号输入引脚①脚，示波器并联

在扬声器 SP1 两端，若此时示波器上有标准的正弦信号显示，说明这一多级放大电路工作正常；若此时没有波形显示，进行下一步的检查。

音频信号发生器的输出信号加到集成电路 A1 的信号输出引脚②脚，若此时示波器上有标准的正弦信号显示，说明集成电路 A1 的②脚之后电路工作正常，故障出在集成电路 A1 本身；如果信号加在集成电路 A1 的②脚时，示波器上没有正常的正弦信号显示，将信号发生器的输出信号从电路中的 C 点加入，若此时示波器显示正常的信号，说明电路故障出在集成电路 A1 的②脚和电路中 C 点之间的电路中。

如果将音频信号发生器的输出信号从电路中的 A 点加入，即加到集成电路 A2 的信号输入引脚①脚，若这时示波器上没有信号波形显示，说明集成电路 A2 及之后的电路存在故障，重点检查这部分电路。

3. 特点

示波器检查法具有下列一些特点。

- (1) 非常直观，能直接观察到故障信号的波形，易于掌握。
- (2) 示波器检查法在寻迹检查法的配合下，可以进一步缩小故障范围。
- (3) 这种检查法为检查振荡器电路故障提供了强有力手段，能客观、醒目地指示振荡器工作状态，比用其他方法检查更为方便和有效。
- (4) 需要一台示波器及相应的信号源。

4. 适用范围

示波器检查法主要适用于下列一些电路故障的检查。

- (1) 一些视频集成电路故障的检查，通过观察某些引脚上的视频信号波形，可以方便地确定故障部位和性质。
- (2) 电路类失真故障的检查，因为这类非线性失真故障没有其他比较有效的检查方法，所以使用示波器检查法就显得格外有效。
- (3) 无声类故障，对付这种故障十分有效，只是采用示波器检查操作起来比较麻烦，另外无声类故障用其他检查方法也是比较有效的，所以一般情况下无声故障就不使用示波器检查。
- (4) 声音轻故障。
- (5) 噪声大故障。
- (6) 对检查振荡器电路故障也是很有有效的。

5. 注意事项

运用示波器检查法应注意以下几点。

- (1) 仪器的测试引线要经常检查，因为引线经常扭折容易在皮线内部发生断线，会给检查、判断带来错误的结果。
- (2) 要正确掌握示波器操作方法，信号源的输出信号电压大小调整要恰当，输入信号电压太大将会损坏放大电路，造成额外故障。
- (3) 示波器检查法的操作过程比较麻烦，要耐心、细心。

(4) 示波器 Y 轴方向幅度表征信号的大小，幅度大，信号强，反之则弱。当然，在不同的衰减下是不能一概而论的。

(5) 射极输出器电路中三极管基极和发射极上信号的电压大小基本相等，要注意到这一特殊情况。

八、操作简便的分割检查法

分割检查法主要用于噪声大故障的检查，是一种通过切断信号传输线路进行缩小故障范围的检查方法。

1. 分割检查法基本原理

当噪声出现时，说明噪声产生处之后的电路处于正常工作状态，若将信号传输线路中的某一点切断后噪声消失，说明噪声的产生部位在这一切割点之前的电路中。若切割后噪声仍然存在，说明故障出在切割点之后的电路中。通过分段切割电路，可以将故障缩小在很小的范围之内。

2. 实施方法

先通过试听检查法将故障范围缩小，再将故障范围内的电路分割。例如断开某级间耦合电容的一根引脚，在不输入信号的情况下通电试听，若噪声消失则接好断开的电容后将前面一级电路的耦合电容断开，若此时噪声出现，这样可以将故障缩小到两只耦合电容之间的电路中。

对于集成电路，可先断开集成电路信号输出引脚回路中的耦合电容，若此时噪声消失，再断开集成电路信号输入引脚回路中的耦合电容，若此时噪声存在，可以说明这一集成电路存在噪声大的故障。

3. 特点

这种检查方法具有以下特点。

- (1) 检查中需要断开信号的传输线路，有时操作不够方便。
- (2) 对于噪声故障的检查比短路检查法更为准确。
- (3) 有时对线路的分割要切断铜箔线路，对线路板会有一些损伤。

4. 适用范围

这一检查法主要用于噪声大故障和视频类电路杂波大故障的检查。

5. 注意事项

在运用这一检查方法的过程中要注意以下几点。

(1) 对于噪声大的故障要先用短路检查法，只有当这一检查方法不能确定故障部位时再用分割检查法。

(2) 在对线路进行切割、检查后，要及时将线路的断点焊好，恢复原样，以免造成新的

故障现象而影响正常检查。

(3) 在对线路进行分割时,要在断电情况下进行。

九、万能的代替检查法

代替检查法又称万能检查法,它是一种对所怀疑部位(元器件和部分电路)进行代替检查的方法。

1. 万能检查法的基本原理

当对电路中的某个元器件产生怀疑时,可以运用质量可靠的元器件去替代它工作(更换所怀疑的元器件),如若替代后故障现象消失,说明怀疑、判断属实,也就找到了故障部位。如若代替后故障现象仍然存在,说明怀疑错误,同时也排除了所怀疑部位,缩小了故障范围,这是一个几乎不动脑筋的检查方法。

理论上讲,代替检查法能检查任何一种故障,即使十分隐蔽的故障原因,只要通过一步步的代替处理,最终是一定能够找到故障部位的。但是,这样做是不切实际的:一是代替过程中的操作工作量大,二是代替操作过程中会损坏线路板或电路中的其他元器件。所以,代替检查法必须坚持简便、速效、创伤小为原则,要有选择地运用,切不可盲目、大面积地采用这种检查法。

2. 实施方法

考虑到代替检查法操作过程的特殊性,可在下列几种情况下采用代替检查法。

(1) 某一部分电路的代替检查

在检修故障中,当怀疑故障出在某个集成电路或某一级(或几级)放大电路中时,可以将这一集成电路或这几级电路作整体代替,而不是只代替某个元器件,通过这样的代替检查可以确定、缩小故障范围。

若怀疑某集成电路存在故障,找一台相同型号的机器,将两台机器中集成电路的输入、输出回路耦合电容全部拆下,然后将好的一台机器的集成电路(包括全部的外电路)通过输入、输出回路的耦合电容接入有故障的一台机器中,通电后若故障现象消失,说明集成电路及外电路存在故障。

这种检查的操作过程比较繁杂,所以要先用其他检查法对集成电路外电路进行一次检查后进行,或对于疑难杂症采用这样的代替检查进行故障部位的精确确定。

(2) 只有两根引脚的元器件代替检查

当怀疑某个两根引脚的元器件出现开路故障时,可在不拆下所怀疑元器件的情况下,用一只质量好的元器件直接并在所怀疑元器件的两根引脚焊点上。如若怀疑属实,机器在代替后应恢复正常工作,否则怀疑不对。这样代替检查操作很方便,无需使用电烙铁焊下所要代替的元器件。

(3) 贵重元器件代替检查

为确定一些价格较贵的元器件是否出了问题,可先进行代替检查,在确定它们确有问题后再买新的,以免盲目买来而造成浪费。

(4) 操作方便的元器件代替检查

如果所需要代替检查的元器件、零部件暴露在外，具有足够的操作空间方便拆卸，这种情况下可以考虑采用代替检查法，但对那些多引脚元器件不宜轻易采用此法。

(5) 疑难杂症故障的代替检查

对于软故障，由于检查相当不方便，此时可以对所怀疑的元器件适当进行较大面积的代替检查，如对小电容漏电故障的检查等。

3. 特点

代替检查法有以下一些特点。

(1) 这一检查法能够直接确定故障部位，对故障检查的正确率为百分之百，这是它的最大优点。

(2) 需要一些部件、元器件的备件才能方便实施。

(3) 合理应用、有选择地运用代替检查法才能获得较好的效果，否则不但没有收获，反而会进一步损坏线路。

(4) 在有些场合下拆卸的工作量较大，比较麻烦。

4. 适用范围

代替检查适用于任何一种故障的检查，电路类或机械类故障，对集成电路的疑难故障更为有效。

5. 注意事项

运用代替检查法过程中要注意以下几点。

(1) 在对集成电路进行代替检查时，往往已是检查的最后阶段，当很有把握认为集成电路出毛病时，才采用代替检查法。

(2) 切不可在初步怀疑集成电路出故障后便采用此法，这是因为拆卸和装配集成电路不方便，而且容易损坏集成电路和线路板上的铜箔线路。

(3) 代替检查法往往用于电压检查法或电流检查法认为集成电路有故障之后。

(4) 对于多引脚元器件(如多功能开关件等)不要首先采用代替检查法，应先采用其他方法确定故障。

(5) 坚决严禁大面积采用代替检查法，这显然是盲目的，带有破坏性的。

(6) 在进行代替时，主要操作是对元器件的拆卸，拆卸元器件时要小心，操作不仔细会造成新的问题。在代替完毕后的元器件装配也要小心，否则留下新的故障部位，影响下一步的检查。

(7) 当所需要代替检查的元器件在机壳底部且操作不方便时，如其他办法不能确定故障，只得使用代替检查法时，应先进行一些拆卸工作，将所要代替的元器件充分暴露在外，以便有较大的操作空间。

(8) 代替检查法若采用直接并联的方法，可在机器通电的情况下直接临时并上去，也可以在断电后用烙铁焊上。对需要焊下元器件的代替检查，一定要在断电下操作。

(9) 代替检查法应该是在检查工作的最后几步才采用，即在故障范围已经缩小的情况下

使用，切不可检查一开始就用。

(10) 除有利于使用代替检查法的情况外，其他情况应首先考虑采用其他检查法。

十、全靠“手上功夫”的接触检查法

所谓接触检查法是通过对所怀疑部件、元器件的手感接触，来诊断故障部位，这是一个经验性比较强的检查方法。

1. 基本原理

接触检查法通过接触所怀疑的元器件、机械零部件时的手感，如烫手、振动、拉力大小、压力大小、平滑程度、转矩大小等情况，来判断所怀疑的元器件是否出了故障。

这种方法存在一个经验问题，如温度多高为不正常，拉力多大为正常，多小则不正常；振动到什么程度可以判其不正常等等。解决这一问题靠平时经验的积累，也可以采用对比同类型机器的手感来确定。

2. 实施方法

接触检查法的具体方法主要有以下几种。

(1) 温度手感检查

这种接触检查法主要是用于检查功放集成电路、电源集成电路、电动机、功放管、流过大电流的元器件。当用手接触到这些元器件时，如若发现有烫手现象便可以说明有大电流流过了这些元器件，说明故障就在该元器件所在的电路中。

三极管、集成电路、电阻烫手，那是工作电流太大了，存在短路故障；电动机外壳烫手，那是转子擦定子；电源变压器烫手，那是次级负载存在短路故障。烫手的程度也反映了故障的严重程度。

(2) 拉力手感检查

这一接触检查主要是针对电器设备中机械类故障的，例如对电动机传动皮带张力的检查，方法是沿皮带法线方向用手指拉拉皮带，以感受皮带的松紧。一般正常情况下，手指稍用力，皮带变形不大。具体应该多大，初次采用此法时可在工作正常的机器上试一试，进行比较。

当皮带设在机壳的下面时，可用螺丝刀代替手指去试试皮带松紧。

拉力手感检查还适用于录音机中的录放小轴传动带、计数器传动带，收音机中的调谐打滑时的调盘拉线检查等。

(3) 振动手感检查

这一接触检查主要用于对电动机的振动检查，如对录音机、录像机中的电动机检查。电动机振动会引起录放磁头振动，导致放音出现抖晃失真，此时用手摸摸录放磁头的工作表面，在放音状态下是否感觉到磁头在振动。另外，也可以直接接触电动机外壳、电动机皮带轮，检查它们是否存在振动。

一些振动幅度不大的部件，用肉眼观察是不易发现的，而用这种接触检查法便能方便、灵敏地发现故障位置。

(4) 阻力手感检查

这一接触检查主要用于机械故障的检查，对机械机构上一些平动件进行检查，用手指拨动这些平动件滑动，根据受到阻力的大小来判断故障位置。此外，这一阻力手感检查还适合于转动件转动灵活性的检查，还可以用来检查压带轮对主导轴贴压力。

阻力手感检查对机械故障的检查项目很多：有磁头滑板、开门机构、各按键操作时作用力、阻尼开门机构、压带轮转动性能、磁带转动性能、卷带轮和供带轮转动时阻尼等。

3. 特点

接触检查法具有下列一些特点。

- (1) 对检查集成电路等元器件发热故障效果最好。
- (2) 这种检查方法方便、直观、操作简单。
- (3) 要求手感经验比较丰富，否则很难正确地确定故障位置。
- (4) 在进行有些手感检查时，不能准确判断故障部位，需用其他方法协助。
- (5) 这种检查方法能够直接找出故障的具体部位。
- (6) 具有直接发现、确定故障部位的功效。

4. 适用范围

接触检查法主要适用于机械类故障，对于电路中的过电流故障也有较好的检查效果，但对于其他类型的故障，这种检查方法是没有用的。

5. 注意事项

运用接触检查法过程中要注意以下几点。

- (1) 检查集成电路等元器件温度时，要用手指的背面去接触元器件，这样比较敏感。注意温度太高会烫伤手指，所以第一次接触元器件时要倍加小心。
- (2) 检查电源变压器时要注意人身安全，要在断电的情况下检查。另外要用手背迅速碰一下变压器外壳，以防止烫伤手指。
- (3) 温度手感检查能够直接确定故障部位，当元器件的温度很高时，说明流过该元器件的电流很大，但该元器件还没有烧成开路。
- (4) 在进行接触检查时，要注意安全，一般情况下要在断电后进行，对于彩色电视机切不可在通电状态进行接触检查。

十一、虚焊故障的克星——熔焊处理法

熔焊处理法是通过电烙铁重新熔焊一些焊点来排除故障的修理方法。

1. 熔焊处理法的基本原理

一些虚焊点、假焊点会造成各种故障现象，这些焊点有的看上去焊点表面不光滑，有的则表面光滑内部虚焊。熔焊处理法是有选择、有目的、有重点的重新熔焊一些焊点，排除虚焊后解决问题。

2. 实施方法

对于一些不稳定因素造成的故障，如时常无声故障等，先用试听功能判别方法将故障范围缩小，然后对所检查电路内的一些重要焊点、怀疑焊点重新熔焊。

熔焊主要对象是表面不光滑焊点、有毛孔焊点、集成电路引脚焊点、多引脚元器件的引脚焊点、引脚很粗的元器件引脚焊点、三极管引脚焊点等。

在熔焊时，不要给电路通电，以防止熔焊时短接电路。可以在熔焊一些焊点后试听检查一次，以检验处理效果。

3. 特点

熔焊修理法具有下列一些特点。

- (1) 不能准确查出故障点，但可以解决一些虚焊故障。
- (2) 不是一个主要检查法，只能作辅助处理，而且成功率不高。

4. 适用范围

熔焊修理法主要适用于一些现象不稳定的故障，如时常无声、时常出现噪声大等故障，对于处理无声、声音轻、噪声大等故障也有一定效果。

5. 注意事项

运用熔焊修理法过程中应注意以下几点。

- (1) 不可毫无目的地大面积熔焊线路板上的焊点。
- (2) 熔焊时焊点要光滑、细小，不要给焊点增添许多焊锡，以防止相邻的焊点相碰。另外，也不要过多地使用松香，否则线路板上不清洁。
- (3) 熔焊时要切断机器的电源。

第二节 集成电路更换、拆卸操作方法和选配原则

一、更换方法

集成电路的更换是所有电子元器件中比较复杂的，特别是一些小型化超薄的多引脚四列集成电路，将集成电路从线路上取下和装上新的集成电路，操作过程都比较复杂，有时还需要一些专用工具和专门的方法。

在确认集成电路故障后，或是在怀疑集成电路有故障而进行代替检查时，要进行更换集成电路的操作，具体的操作过程分成四步曲。

1. 清除引脚焊锡

断电后采用各种方法将集成电引脚上的焊锡除掉，再将集成电路从线板上整体脱出。由

于集成电路引脚多，而不能采用一根一根引脚抽出的方法拆卸，在更换集成电路过程中清除引脚是关键的一步，搞不好就会损坏线路板，即线路板上的铜箔线路就会起皮，这将严重影响集成电路的装配。

2. 清理线路板上的焊点及引脚孔

拆卸过程中很可能会导致线路板上的引脚孔被焊锡堵塞，或相邻焊点被焊锡接通等现象。对引脚孔中的焊锡，可用电烙铁熔解焊锡后，再用一根很尖的铜针伸入引脚孔中，如图 3-11 (a)所示，然后移开电烙铁，便能将引脚孔中的焊锡去除。用同样的方法一一去除集成电路各引脚孔的焊锡，使线路板上的引脚孔完全暴露出来，引脚孔内无焊锡，以方便装配集成电路。

对于相邻焊点被焊锡接通时，见图 3-11 (b)所示，可将电烙铁头上的焊锡甩干净，再用烙铁去熔解相连的焊锡，让焊锡吸附在电烙铁头上。再甩净，再吸，直至清除完毕。也可在焊锡熔解后，用刀片切开相邻的焊锡。

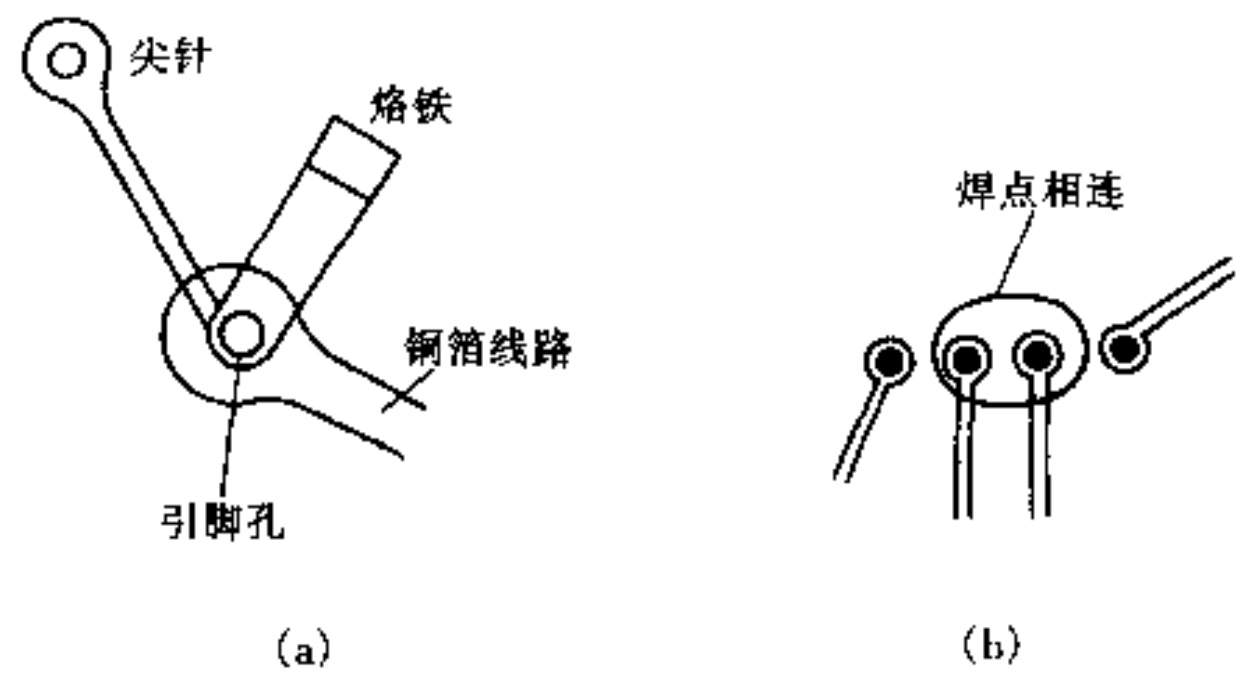


图 3-11 清除引脚孔焊锡示意图

3. 装配集成电路

清理好线路板上的各引脚孔之后，将新的集成电路各引脚伸入相应孔中，可拨动集成电路的各引脚，使之恰好伸入孔中。要注意，装入集成电路的引脚次序是否正确，即集成电路的①脚只能伸入线路板上①脚的孔中，不要伸入最后一根引脚孔中，否则通电后会损坏集成电路，而且还要重新更换。

所以，在拆下集成电路之前要记住集成电路各引脚安装位置，在装上而焊接之前要检查一下引脚是否装配错了。有的线路板上，在集成电路装配孔附近有集成电路的引脚编号，如图 3-12 所示，图 3-12 (a)所示是双列集成电路的示意图，图 3-12 (b)所示是单集成电路的示意图，有了这一安装示意图装配就方便了。

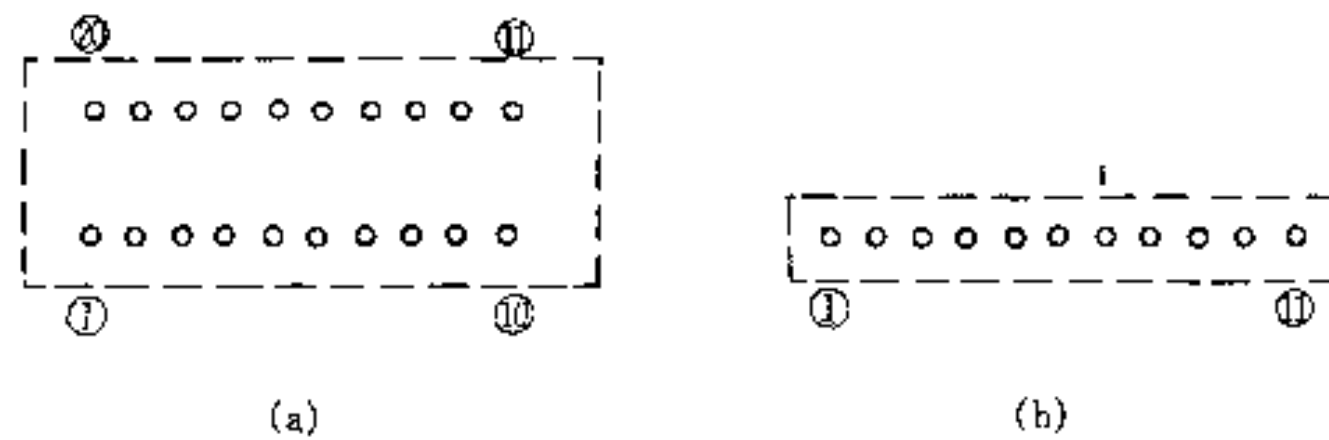


图 3-12 集成电路引脚号标注示意图

有些电路中集成电路装了引脚座，如图 3-13 所示是双列直插集成电路的引脚座(单列直插集成电路也有引脚座，与此类似)，这时集成电路更换就相当方便，断电后用平口螺丝刀轻轻撬起集成电路一端，再撬集成电路的另一端便能取下集成电路。

装配时，将集成电路上的半圆缺口对准引脚座上的缺口，见图 3-13 中所示，这样引脚的安装顺序就是正确的。

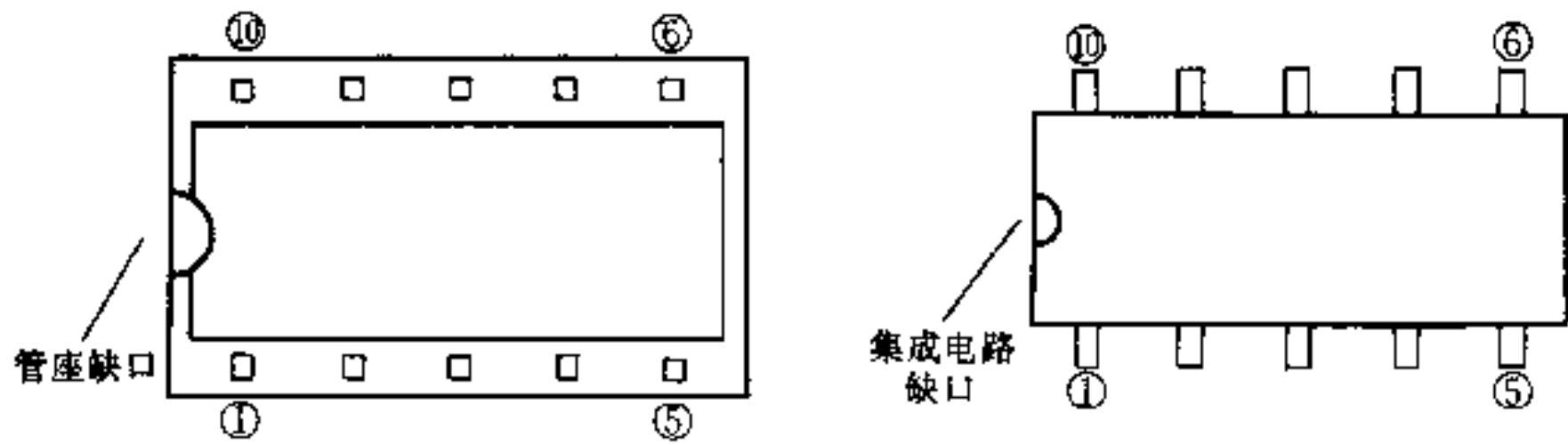


图 3-13 双列集成电路引脚座示意图

4. 焊接

集成电路装入线路板的各引脚孔后，检查引脚号是不是正确，检查无误后进行集成电路各引脚的焊接。

焊接时，左手持很细的焊锡丝，右手持电烙铁，焊锡丝和电烙铁头同时接触集成电路的一根引脚，就能很好地焊上引脚。注意，送锡的量不能太多，以免因焊锡太多而造成相邻焊点的相碰，对于四列集成电路因引脚间的间隔很小，更容易出现这种相邻焊点相碰现象，所以得倍加小心。注意焊点表面要光滑，各引脚焊点要大小均匀。

二、一般装配条件下集成电路的五种拆卸方法

这里所说的一般装配条件下集成电路是指常见的集成电路，它们都装在线路板元器件的一面，一般是单列、双列直插或曲插的集成电路。

拆卸集成电路并不是一件易事，由于它引脚多，所以不能像拆卸普通元器件那样来拆卸集成电路。这里介绍 5 种拆卸集成电路的专用工具和方法，在以下拆卸方法中，拆卸集成电路时均要将电路的电源切断。

1. 吸锡烙铁拆卸方法

吸锡烙铁首先是一个电烙铁，它是一个能够熔解焊锡的特殊电烙铁，同时它还具有吸掉焊锡的功能，图 3-14 所示是手持式和手枪式两种吸锡烙铁的外形示意图。吸锡烙铁在使用时，先熔化引脚上的焊锡，再将引脚焊点上的焊锡吸掉，一般情况下质量欠佳的吸锡烙铁其吸锡的效果较差。

使用吸锡烙铁拆卸集成电路的方法是，让电烙铁预热，压下吸锡烙铁上的一个压缩开关，然后将电烙铁头部的孔套在集成电路露出的引脚上（在线路板的背面，有焊点的一面），过一会儿后引脚焊点上的焊锡被电烙铁所

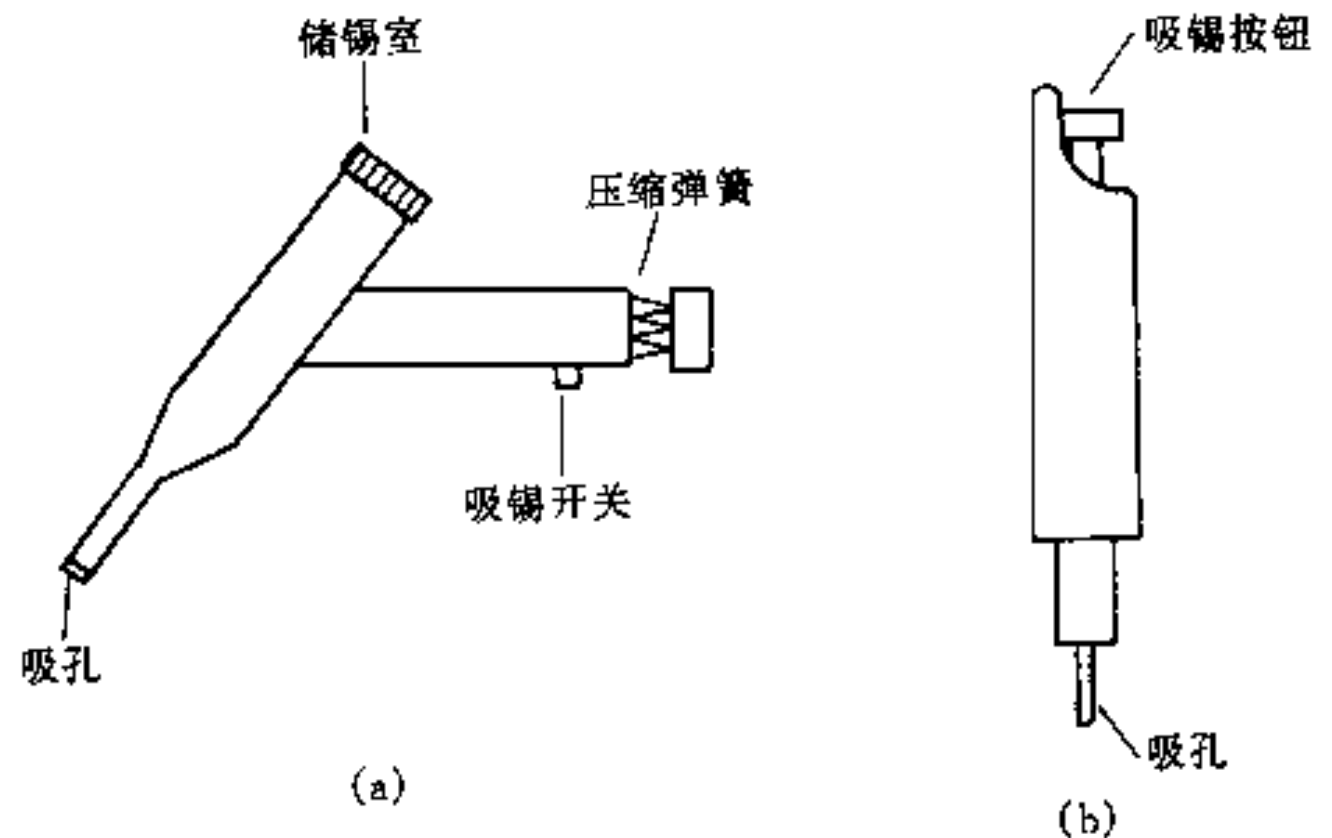


图 3-14 两种吸锡烙铁外形示意图

溶解，然后按动烙铁上的开关，听到一声响声后开始吸锡，将引脚焊点上的焊锡吸掉。

然后，再次压下吸焊烙铁上的压缩开关，用同样的方法一次一次地吸掉集成电路各引脚上的焊锡。集成电路各引脚上焊锡全部清除后，用螺丝刀沿集成电路边沿轻轻地撬起，集成电路便可整体脱离线路板。

在采用这种方法拆卸集成电路时要注意，由于一般吸锡烙铁吸锡效果不佳，一根引脚要吸多次才能吸尽引脚上的焊锡。有时吸多次后焊锡仍然吸不尽，此时用电烙铁熔解引脚焊锡后用螺丝刀去除焊锡。

2. 集成电路起拔器拆卸方法

图 3-15 所示是集成电路起拔器外形示意图，它由起拔器和脱焊器两部分组成，脱焊器有多种规格，以适合不同尺寸的双列集成电路。

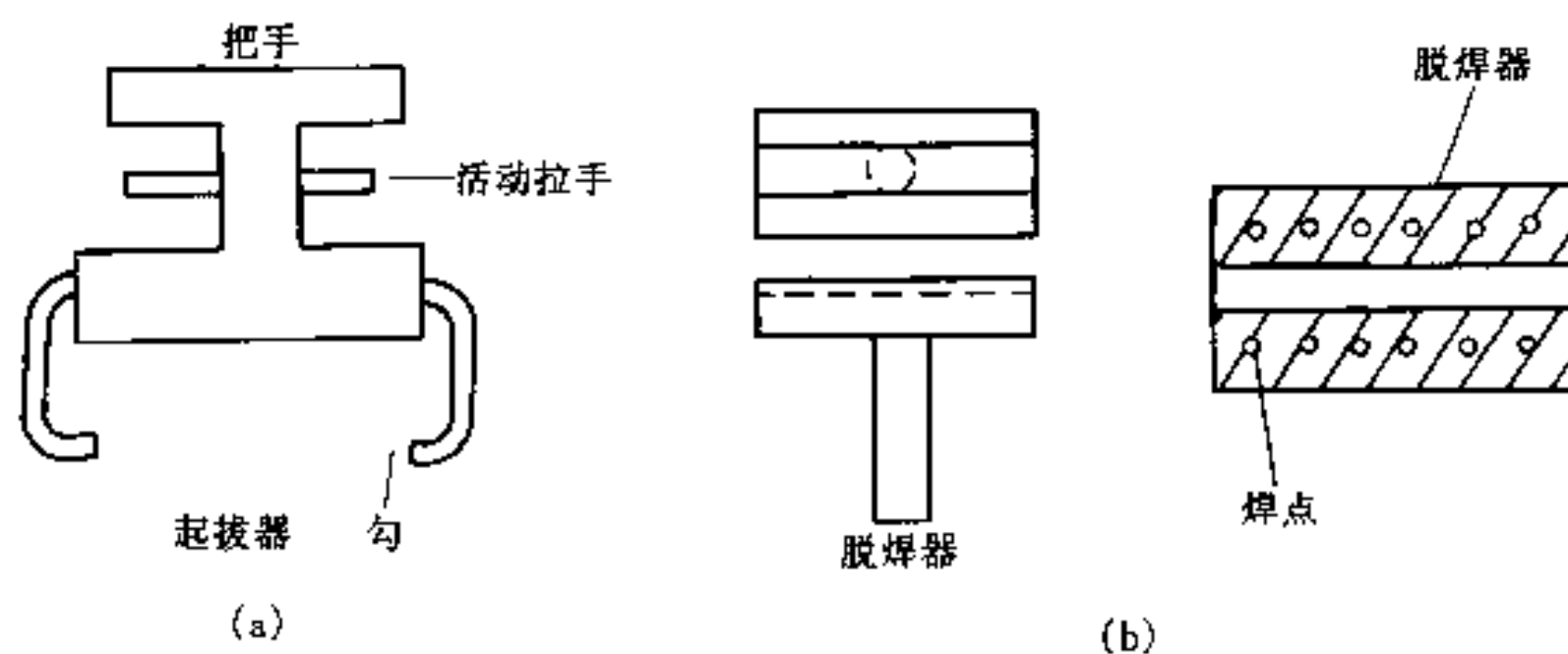


图 3-15 集成电路起拔器外形示意图

用这种工具拆卸集成电路时，将脱焊器细而长的一端伸入电烙铁中(专用的烙铁)，用脱焊器作为烙铁头。预热后，将脱焊器对准双列集成电路的两排引脚，见图 3-15 (b)所示，使两排所有引脚焊点上的焊锡全部熔解。然后，将起拔器卡在集成电路正面，拉起活动拉手，便能将集成电路整体拔出，拆下集成电路。

用这种方法有许多不便之处，如它只能拆卸双列的集成电路，操作不方便等，拆下集成电路后线路板引脚孔很容易被焊锡堵塞，并且处理起来相当不方便，所以实际处理中不用这种拆卸方法。

3. 针头拆卸方法

用一个医用挂水针头也可以拆卸集成电路，方法如图 3-16 所示。先清除电烙铁头部的所有焊锡，用电烙铁熔解集成电路一根引脚上的焊

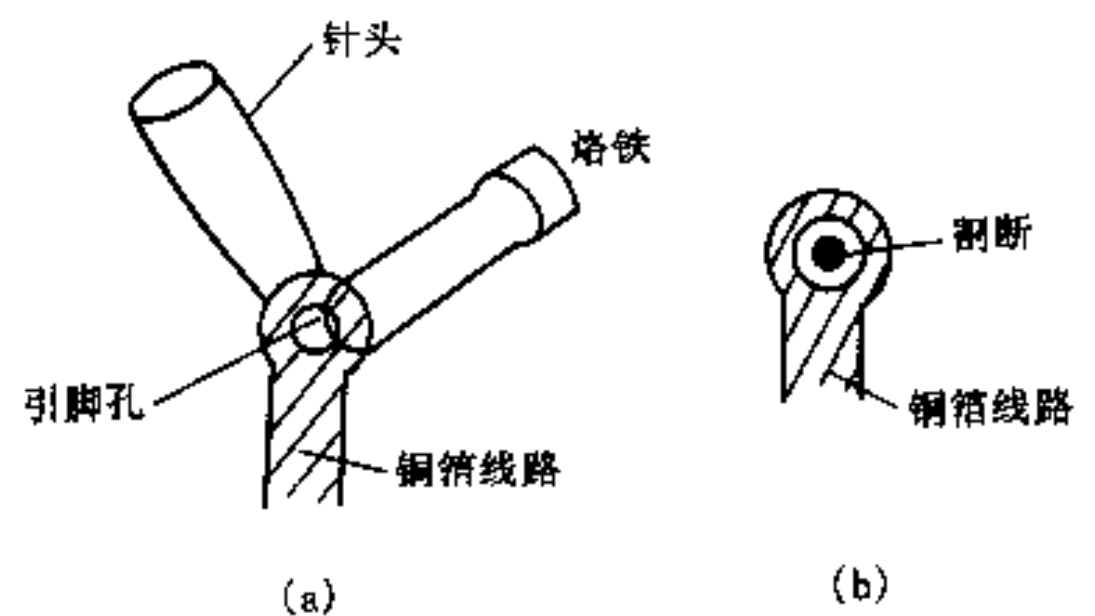


图 3-16 针头拆卸法示意图

锡，然后迅速伸入针头，同时移开烙铁，左右旋转针头，这样针头便将该引脚与线路板之间焊锡切断，使引脚脱开了线路板，如图 3-16 (b)所示。用同样的方法，一一切割集成电路各引脚上的焊点，便能将集成电路从线路板上整体脱出。

用针头拆卸集成电路无需专用工具，操作比较方便，所以常常使用这种方法，但要注意

选择适当大小的针头。

4. 清除焊锡方法

清除焊锡法拆卸集成电路时，先用电烙铁熔解集成电路一根引脚点上的焊锡，然后用硬刷子(如牙刷)在焊锡没有凝固前快速刷去引脚焊点上的焊锡。同样的方法将集成电路各引脚上焊锡去掉，便能将集成电路整体脱出线路板。

这里要注意，刷子刷去的焊锡不能让它到处乱落，否则它们会短接线路板上的其他焊点，通电后造成短路故障。另外，这种方法有时不能将引脚上所有焊锡清除，所以比较适合于对引脚焊锡作初步清除。

5. 吸锡绳拆卸方法

关于这一方法将在下面的拆卸特殊装配条件下集成电路中介绍，这种拆卸方法同样适用于一般装配条件下的集成电路。

拆卸集成电路的工具和方法还有许多，这里不一一介绍。在检修中，推荐使用吸锡烙铁和针头拆卸法。

另外，对于其他多引脚元器件的拆卸，也可以采用上述方法(但集成电路起拔器拆方法不适用)。

三、扁平封装的集成电路拆装方法

对于一般集成电路的拆卸往往是采用吸锡烙铁、针头等工具，但是对于扁平封装集成电路采用上述拆卸工具和方法是无济于事的，因为这种集成电路的装配方式比较特殊，如图 3-17 所示。

扁平封装的集成电路装在线路板的铜箔线路一面上，它的引脚是扁平的，线路板上没有引脚孔，这样吸锡烙铁、针头等一些吸锡工具对它无能为力，这时只能采用一些特殊的拆卸方法。

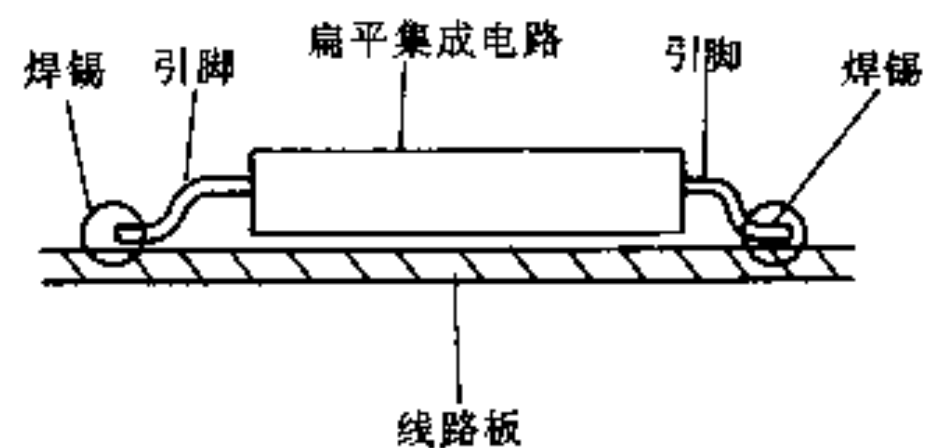


图 3-17 扁平封装的集成电路

1. 拆卸方法

扁平封装的集成电路有两种拆卸方法：一是采用吸锡绳拆卸方法，二是采用一根细漆包线拆卸方法。

(1) 吸锡绳拆卸方法

采用吸锡绳拆卸扁平封装的集成电路时，取一段吸锡绳(一种像编织网一样的金属网线，网中的空隙用来储存焊锡，元器件商店有售)，将电烙铁上的焊锡甩干净，再将吸锡绳放在松香上，用电烙铁熔解松香，使吸锡绳上粘些松香，以方便吸取焊锡，由于电烙铁上是没有焊锡的，所以粘上松香的吸锡绳上也没有焊锡。

将一段吸锡绳放在扁平封装集成电路的引脚上，用电烙铁隔着吸锡绳给集成电路引脚的焊点和吸锡绳同时加热，此时集成电路引脚上的焊锡熔解后会被吸锡绳吸入网孔内，一会儿后吸锡绳网孔内的焊锡就吸满了，这时移开电烙铁和吸锡绳，将吸满焊锡的吸锡绳剪掉，用

新的一段吸锡绳按同样的方法吸去集成电路引脚上的焊锡，通过这样的操作直到将集成电路全部引脚表面上的焊锡吸光。

吸光集成电路各引脚上焊锡后并不能直接取下集成电路，因为在集成电路引脚与铜箔线路板之间的焊锡是无法吸掉的，集成电路的引脚背面与铜箔线路之间仍然是被焊锡焊着的。这时，用电烙铁将某根引脚上的焊锡熔解后用一个刀片去撬开集成电路的该引脚，并用同样方法将各引脚全部撬开。

(2) 用细漆包线拆卸方法

采用细漆包线拆卸扁平封装集成电路的方法是，用一根很细的细漆包线(细漆包线为一种表面绝缘的细铜丝)，从集成电路一侧引脚的根部穿过各引脚(在四列集成电路的每一侧引脚的根部都有些间隙，可供细漆包线穿过)，然后将细漆包线的一端焊在线路板上的某焊点上，用手抓住另一端部，用电烙铁熔解引脚上的焊锡，同时向集成电路引脚外侧拉细漆包线，当焊锡熔解时细漆包线能够拉出引脚，此时移开电烙铁，这样细漆包线将引脚下面的焊锡切割开，使集成电路这一列的各引脚与线路板脱开。同样方法将集成电路四列的引脚全部脱开。

(3) 剪断引脚拆卸方法

上面介绍的拆卸方法是为了保证不损坏拆下的集成电路，对集成电路是否已经损坏不十分准确时可采用上面介绍的两种拆卸方法。如若已经十分肯定是集成电路损坏了，可以采用这样的拆卸方法：用刀片沿集成电路各引脚的根部切断各引脚，将集成电路芯片体与引脚分割开，然后可以用电烙铁熔解集成电路的一根引脚，用镊子拆下一根引脚，这种拆卸方法操作更加方便。

(4) 剥下集成电路的方法

当用前面方法去除集成电路各引脚上焊锡后，集成电路还是不能拆下，因为集成电路与线路板之间还用胶粘着。此时，再用刀片沿集成电路的四周小心切割，注意不要将集成电路下面的铜箔线路搞断(这类集成电路的下面往往会有铜箔线路)。

进行这样的切割之后，用小螺丝刀将集成电路向上撬(螺丝刀下垫个纸块)，这样才能在不损坏线路板上铜箔线路和集成电路本身的情况下拆下扁平封装的集成电路，若对集成电路的故障怀疑是错误的，拆下的集成电路还能使用。

2. 扁平集成电路的装配和焊接方法

扁平集成电路的装配相对拆卸而言是比较容易的，但是也要注意以下几点，否则会造成装配错误而返工。

(1) 装配时，集成电路引脚方向一定不要搞错，集成电路不能反个方向安装，否则把①脚装到最后一根脚的位置上，还得返工，而返工就会损坏铜箔线路，因为在拆卸时铜箔线路已经受到过一次损伤。

(2) 在焊接前，要将集成电路的各引脚与铜箔线路对齐，并要注意四列引脚都要对齐，由于这种集成电路各引脚的间隔很小，有一点点不对齐都会使相邻两根引脚的焊点之间相碰，造成焊点短接。

(3) 焊接时，最好将电烙铁头锉小些，且电烙铁头上的含锡量要少些。

四、双层铜箔板上集成电路拆装方法

1. 拆卸方法

对于装在双层铜箔线路板上的集成电路，在线路板的两面都有焊锡，且两层线路板之间也有焊锡，如图 3-18

所示，对于这种装配的集成电路，使用吸锡烙铁和针头都无法拆下集成电路。

对于这种情况下的集成电路只有采用切割集成电路引脚的方法来拆卸，即用刀片先沿集成电路的引脚根部将各引脚与集成电路芯片体切断，然后用吸锡烙铁先将线路板背面各引脚上的焊锡吸光，再用电烙铁熔解一根引脚正面上的焊锡，待引脚上焊锡熔化后，用镊子将该引脚镊走，用同样的方法将各引脚全部拆下。

2. 装配方法

在拆下集成电路后，先要清理各引脚孔，用电烙铁熔解一个引脚孔上的焊锡后，用一根尖针穿入孔内，挤去焊锡，使引脚孔畅通。

引脚核对正确后将集成电路装入引脚孔中，先焊背面引脚，再焊正面的焊点。

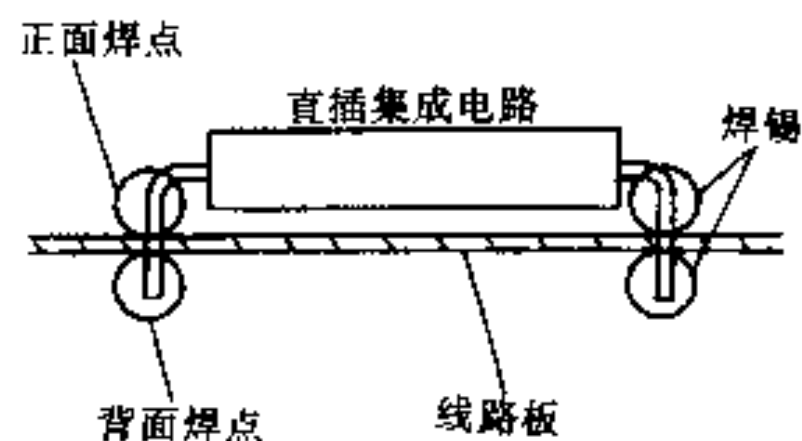


图 3-18 扁平封装的集成电路

第三节 集成电路常见故障机理及故障检修程序

集成电路按功能可分为许多种，本节将以最常见的音频前置放大器集成电路为例，全面、详尽地介绍集成电路 5 种典型故障的检修技术。

电子电路故障检修技术由电路工作原理分析能力、检修技术硬件和检修技术软件三大部分构成。其中，电路工作原理分析能力就是识图，是基础，看不懂电路原理图，检修就无从下手，也就无法进行故障的检修；检修技术硬件就是操作的动手能力（如焊接技术、拆卸技术等）和一些修理所必须具备的工具，例如万用表等；检修技术软件则是修理的理论知识，主要由下列三部分组成。

(1) 故障检查方法是检修电子电路故障的软件，是方法，是手段，这在本章的第一节中已经介绍。

(2) 故障机理是检修故障的理论基础，是分析故障原因，是推理故障部位的指导思想，也是故障检修的软件。

(3) 故障检修的具体步骤和方法，这是故障检修的程序。

一、电路工作原理分析

本节以录音机卡座专用前置放大器集成电路 TA7668BP 为例，先介绍其电路工作原理，再进行集成电路 5 种典型故障检修的解说。

图 3-19 是集成电路 TA7668BP 的实用电路。电路中，A1 是一个双声道前置放大器集成

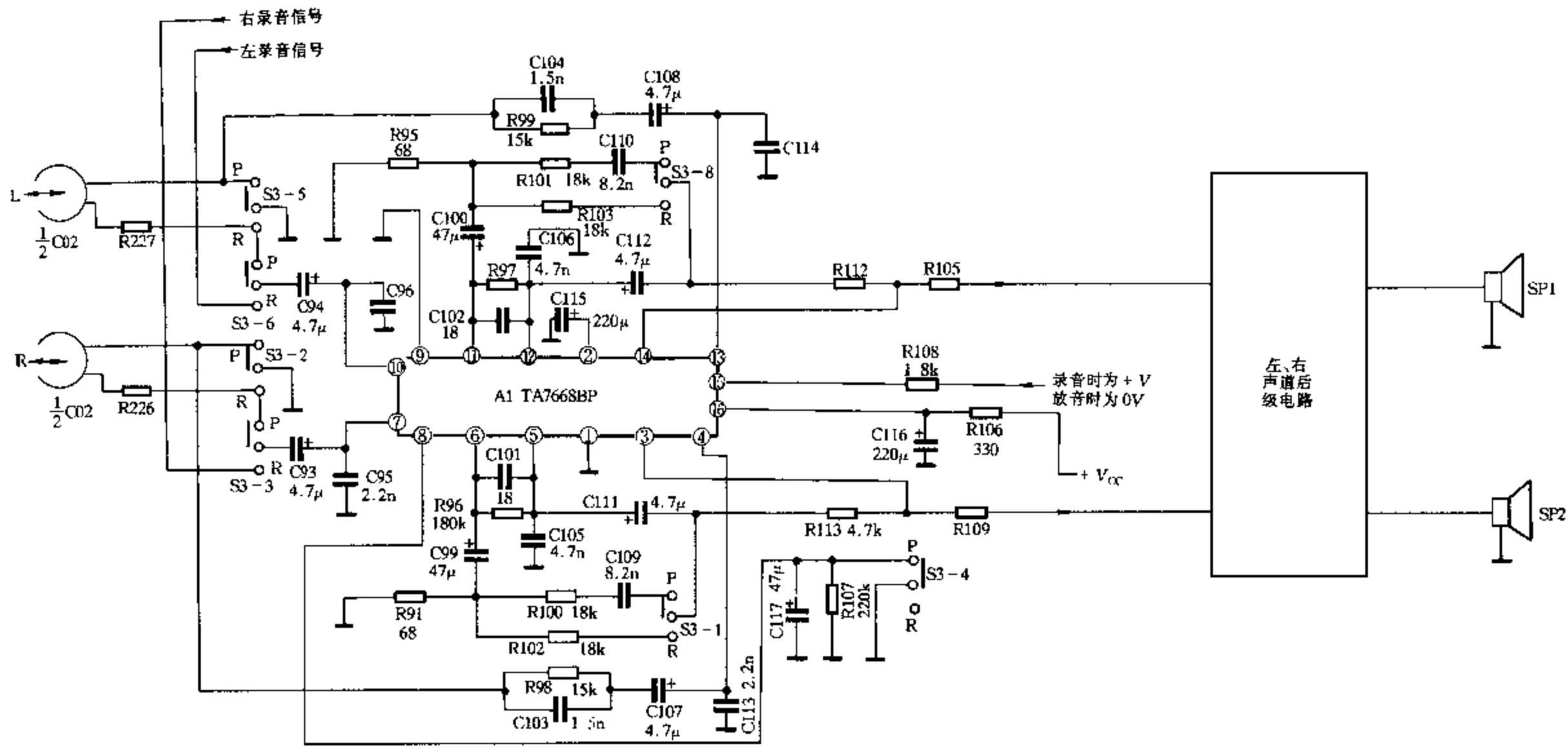


图 3-19 前置放大器集成电路 TA7668BP 实用电路

电路，S3 是录放开关，它是一个控制录音机进入放音或录音状态的一个专用多刀组开关，S3-1 至 S3-8 都是它的各刀组，图示录放开关 S3 处于放音状态，另一个状态是录音状态。

1. 引脚作用

在分析集成电路应用电路工作原理时，如果能找到该集成电路的引脚作用资料，无疑对集成电路工作原理的分析十分有益，尤其对初学者更是如此。表 3-2 所示是集成电路 TA7668BP 引脚作用资料，集成电路 TA7668BP 共 16 根引脚，采用双列直插形式，是一个十分常用的前置放大器集成电路。

表 3-2 前置放大器集成电路 TA7668BP 引脚作用资料

引脚号	作用	引脚号	作用
①	接地	⑨	接地
②	内电路稳压电路电源滤波	⑩	左声道信号输入
③	右声道静噪控制输出	⑪	左声道交流负反馈
④	右声道录音信号输出	⑫	左声道放音信号前置输出
⑤	右声道放音信号前置输出	⑬	左声道录音信号输出
⑥	右声道交流负反馈	⑭	左声道静噪控制输出
⑦	右声道信号输入	⑮	静噪控制输入
⑧	ALC (自动电平控制) 电路控制	⑯	电源

2. 内电路方框图

分析集成电路工作原理的第二步是最好能找出该集成电路的内电路方框图，它能帮助对集成电路应用电路的分析，了解集成电路内电路的组成。图 3-20 是集成电路 TA7668BP 的内

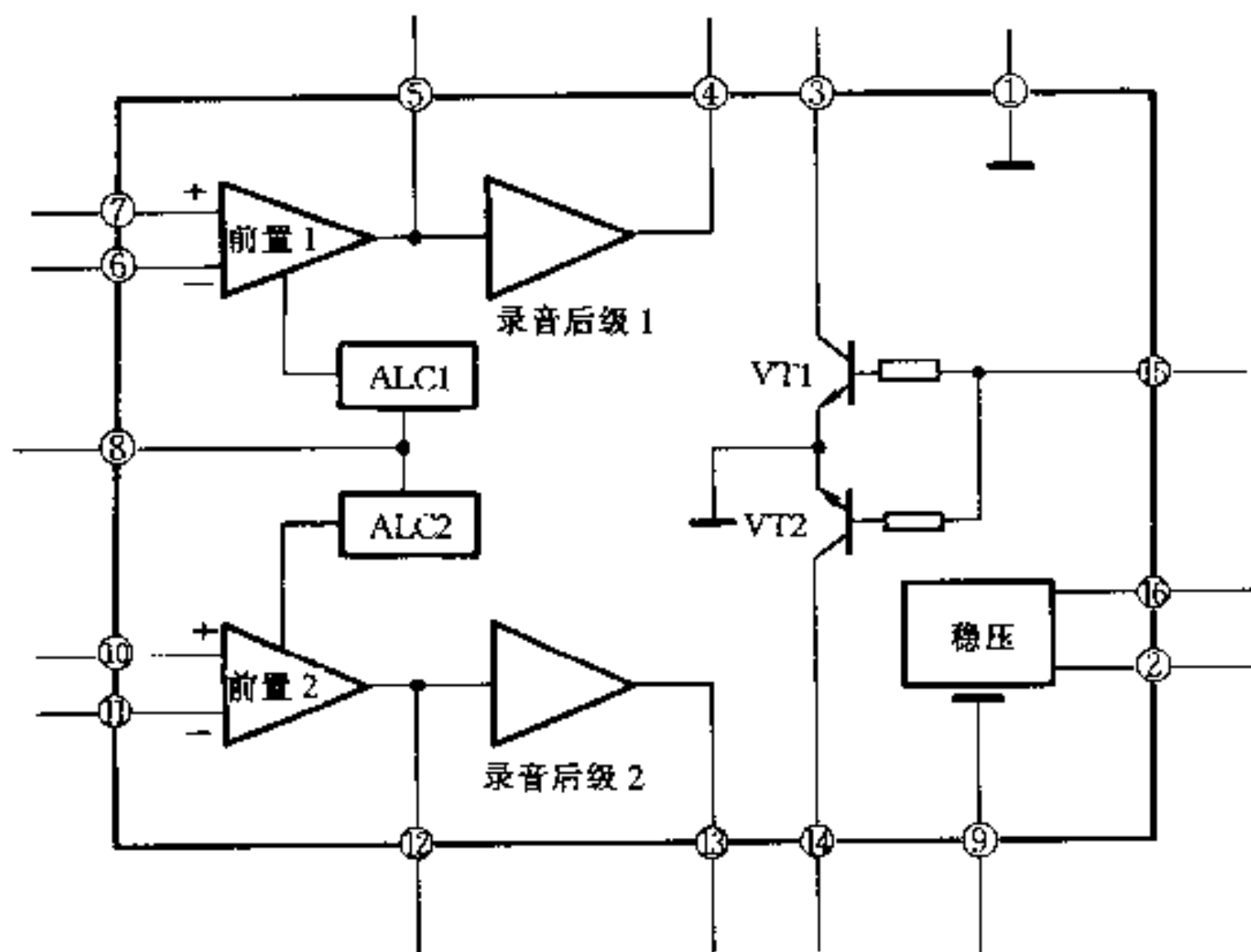


图 3-20 集成电路 TA7668BP 内电路方框图

电路方框图。

从内电路方框图中可以看出，下列几点有利于集成电路工作原理的分析。

(1) 这是一个双声道电路，且左、右声道对称(完全一样)。

(2) 每一个声道有一个前置放大器和录音放大器，通常情况下录音放大器只用于录音的放大，在放音状态下不使用，前置放大器电路则在放音和录音时都使用。

(3) 在左、右声道前置放大器电路中设有 ALC 电路，这是自动电平控制电路，是录音时的一种录音信号控制电路，在放音时这一电路不投入使用。

(4) 内电路设有静噪控制电路，由内电路中的 VT1 和 VT2 构成，这是一种噪声控制电路，它的工作状态受集成电路的⑮脚外电路控制。

(5) 内电路中还设有稳压电路，使集成电路的内电路工作更加稳定。

3. 直流电路分析

对集成电路工作原理的分析主要有五项内容：一是直流电路分析；二是信号传输过程分析；三是各引脚外电路分析；四是元器件作用分析，五是元器件故障分析。

直流电路分析主要是集成电路直流工作电压的供给电路分析，主要是集成电路电源引脚外电路的分析。查集成电路的引脚作用资料可知，⑮脚是这一集成电路的电源引脚，这样直流电路分析就相当简单。

图 3-19 所示为集成电路 A1 的⑮脚外电路中，分析⑮脚外电路有下列两种方法。

(1) 反向分析方法

从集成电路 A1 的⑮脚出发，向整机电源电路方向分析电路，这种情况比较适合于对整机电路中的集成电路电源引脚外电路的分析，在知道集成电路 A1 的⑮脚为电源引脚后，电路分析相当方便。

电路中，A1 的⑮脚通过电阻 R106 与直流工作电压 $+V_{CC}$ 端相连，实际上是直流工作电压 $+V_{CC}$ 通过电源退耦电阻 R106 为集成电路 A1 的⑮脚提供直流工作电压。电容 C116 是电源退耦电容，与电阻 R106 一起构成 RC 退耦电路，使供给集成电路 A1 的直流工作电压更加平滑，并可防止低频自激的产生。

(2) 正向分析方法

正向分析方法是从电源端向集成电路的电源引脚方向分析，这一方法适用于非整机电路图的分析，即集成电路单元电路的分析，此时电路中的直流工作电压一般用 $+V_{CC}$ 表示，如图 3-19 所示。电路中，直流工作电压 $+V_{CC}$ 经电阻 R106 和电容 C116 滤波和退耦后，加到集成电路 A1 的电源引脚⑮脚，作为集成电路的直流工作电压。

(3) 接地引脚分析

在分析了集成电路的电源引脚外电路之后，还要进行集成电路的接地引脚分析，从图 3-19 所示电路中可以看出，①脚和⑨脚是集成电路 A1 的接地引脚，根据电路图上的接地符号可以方便知道接地引脚，也可以查阅集成电路的引脚资料。

4. 信号传输过程分析

信号传输过程分析是交流电路分析的主要内容，它是对信号在电路中传输过程和信号受到电路处理的分析，对于集成电路的信号传输过程分析是比较简单的，关键是要知道集成电

路的信号输入引脚和信号输出引脚，及了解集成电路的内电路方框图，其实质是集成电路的信号输入引脚外电路分析和信号输出引脚外电路分析。

(1) 信号输入引脚外电路分析

图 3-19 所示电路中，A1 是一个双声道电路，左、右声道电路的内电路和外电路对称，所以只要分析一个声道电路即可，另一个声道电路是相同的。这里以右声道为例，分析信号输入引脚外电路。

查集成电路引脚作用资料可知，⑦脚是集成电路 A1 的右声道信号输入引脚，分析集成电路信号输入引脚外电路时，可以从信号输入引脚出发，向信号源(或前级)电路方向进行分析，采用这种分析方法是因为已经知道集成电路 A1 的⑦脚为右声道信号输入引脚。如果不知道集成电路的信号输入引脚，可以从信号源(或前级电路输出端)向集成电路信号输入引脚方向分析。

电路中，⑦脚经电容 C93、录放开关 S3 - 3、电阻 R226 与右声道录放磁头 R 相连，这样就可以知道右声道录放磁头 R 输出信号的传输过程。录放磁头 R 在放音时输出的右声道放音信号通过偏磁测量电阻 R226，经录放开关 S3 - 3 和输入端耦合电容 C93 从⑦脚送入集成电路 A1 (见图 3-20 内电路方框图)。从⑦脚送入的右声道放音信号经前置放大器 1 的放大，从⑤脚送出，⑤脚是集成电路 A1 的信号输出引脚。

(2) 信号输出引脚外电路分析

在图 3-19 所示电路中，从⑤脚输出的经过放大后的右声道放音信号，经电容 C111 耦合，通过隔离电阻 R113 和 R109 送到右声道后级电路中。

在进行集成电路信号输出引脚的外电路分析时，应以信号输出引脚为起点，向后级电路方向分析。

(3) 信号传输过程分析

在完成集成电路的信号输入引脚和信号输出引脚外电路分析之后，进行整个集成电路的信号传输过程分析就会相当的方便。

如图 3-19 所示电路，右声道放音信号的传输过程是：放音时，录放开关 S3 - 2 将右声道放音磁头 R 的一根引脚接地，另一根引脚输出右声道放音信号→电阻 R226 (偏置测量电阻)→录放开关 S3 - 3 (此时在放音位置,它用来转换录放磁头工作状态)→C93 (输入端耦合电容)→集成电路 A1 的⑦脚→集成电路 A1 的⑤脚(进行了前置放大)→电容 C111 (输出端耦合电容)→电阻 R113 (隔离电阻)→电阻 R109 (隔离电阻)→右声道后放大器电路中。

5. 各引脚外电路分析

如图 3-19 所示，对集成电路 A1 的各引脚外电路分析如下。

①脚是接地引脚。

②脚是内电路稳压电路的电源滤波引脚，用来外接电源滤波电容 C115。由这一集成电路的内电路方框图可以看出，②脚与稳压电路相连，而②脚与地之间接有一只 $220\mu\text{F}$ 电解电容，根据这两点特征可知②脚是集成电路内电路中稳压电源的电源滤波引脚。电容 C115 为电源滤波电容。

③脚是右声道静噪控制输出引脚，④脚是左声道静噪控制输出引脚，⑮脚是静噪控制输入引脚，这三根引脚的内电路构成静噪电路，为了说明这一电路工作原理，将这部分电路重

画成如图 3-21 所示电路。

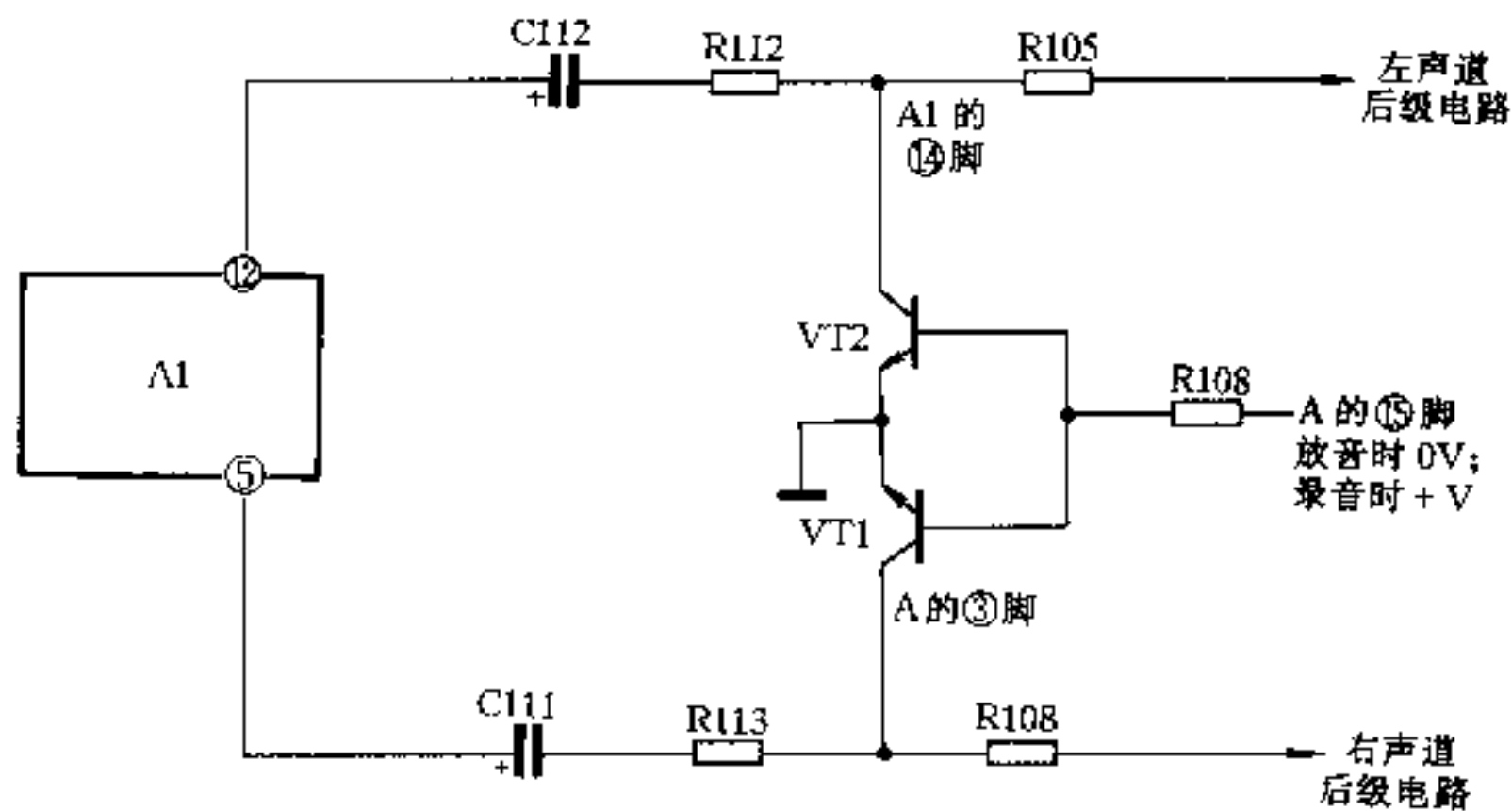


图 3-21 静噪电路

电路中，VT1 和 VT2 是③、④和⑤脚内电路的静噪电路，这两只三极管处于开关工作状态，两管或是同时饱和导通，或是同时截止，导通与截止受集成电路 A1 的⑤脚上直流电压控制。

放音时，集成电路 A1 的⑤脚上直流控制电压为 0V，即集成电路 A1 的⑤脚为 0V，使静噪控制三极管 VT1 和 VT2 处于截止状态，这时从集成电路 A1 的⑤脚输出的右声道放音信号经 C111、R113 和 R109 传输到右声道后级放大器电路中，从集成电路 A1 的⑫脚输出的左声道放音信号经 C112、R112 和 R105 传输到左声道后级放大器电路中。此时，VT1 和 VT2 构成的静噪电路不起作用。

录音时，集成电路 A1 的⑤脚上控制电压为 +V，即集成电路 A1 的⑤脚为 +V，使静噪控制三极管 VT1 和 VT2 处于饱和导通状态，其集电极与发射极之间的内阻很小，相当于通路。这时从⑤脚输出的右声道放音信号经 C111、R113 和导通的 VT1 集电极与发射极短接到地，使右声道信号不能加到右声道后级放大器电路中。同理，从⑫脚输出的左声道放音信号经 C112、R112 和导通的 VT2 管集电极与发射极短接到地，使左声道信号不能加到左声道后级放大器电路中，此时 VT1 和 VT2 构成的静噪电路将起作用。

电路中，隔离电阻 R113 和 R112 起隔离作用，在 VT1 和 VT2 饱和导通时使集成电路 A1 的信号输出端⑤脚和⑫脚对地不短路，因为这时分别有 R113 和 R112 接在信号输出端与地之间，这就是隔离电阻的作用。

④脚是右声道录音信号输出引脚。在录音时，集成电路 A1 从④脚输出右声道录音信号，这一信号经过了集成电路 A1 内电路中前置放大器 1 和录音后级放大器 1 两级放大(见集成电路的内电路方框图)。

⑤脚是右声道放音信号输出引脚，前面已详细介绍了该引脚外电路。

⑥脚是右声道交流负反馈引脚，这是集成电路常见的一种引脚外电路，为了说明交流负反馈电路和这一引脚外电路的工作原理，将⑥脚外电路局部的内电路重画成如图 3-22 所示电路。

负反馈引脚外电路有一个特征，即该引脚外电路与地之间接有一个 RC 串联电路，即 C99 和 R91。电容是隔直通交电容，在音频放大器电路中一般容量为几十微法；电阻是交流

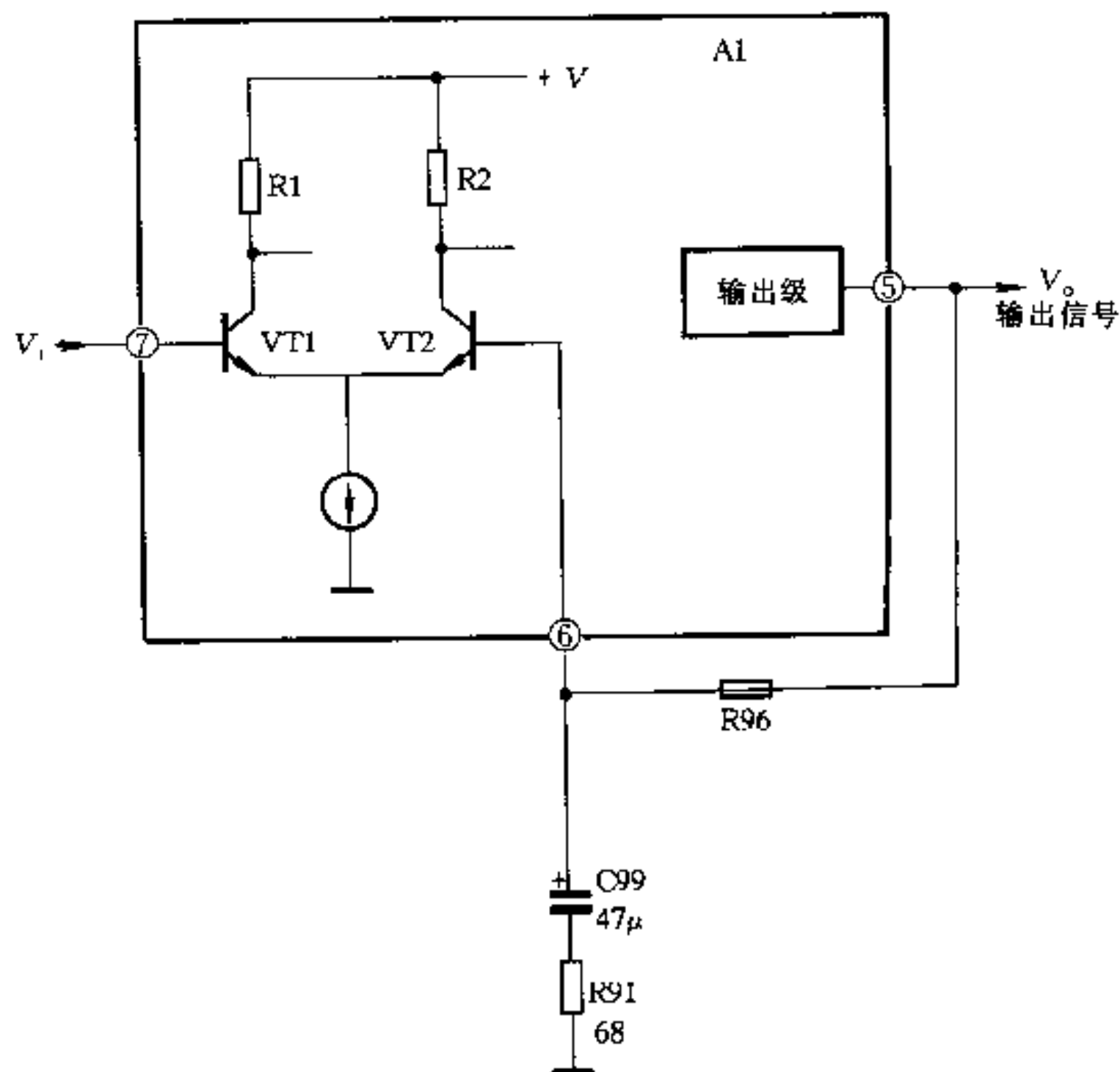


图 3-22 集成电路交流负反馈引脚外电路和局部内电路

负反馈电阻，在音频前置放大器电路中它一般为 100Ω 左右，在音频功率放大器电路中则为小于 10Ω 。

集成电路 A1 内电路中的输入级放大器采用 VT1 和 VT2 构成的单端输入、双端输出式差分放大器，从反相输入端 (VT2 管基极) 输入的信号愈大，电路的负反馈量愈大，放大器的放大倍数就愈小。从 ⑤ 脚输出的信号经反馈电阻 R96 和 R91 的分压，加到 VT2 管基极，进行负反馈。

在电阻 R96 阻值一定的情况下，交流负反馈电阻 R91 的阻值大，经 R96 和 R91 分压后的信号就大，加到 VT2 管基极的负反馈信号就大，负反馈量就大，放大器 (即集成电路 A1 内电路右声道前置放大器) 的放大倍数就小。反之，电阻 R91 阻值小，负反馈量小，放大器的放大倍数就大。所以，交流负反馈电阻 R91 的大小决定了集成电路内电路中右声道前置放大器的放大倍数。在检修集成电路放大倍数比较小的故障中，可以采用适当减小交流负反馈电阻 R91 的方法。

由于电容 C99 的隔直作用，从集成电路 A1 ⑤ 脚输出的直流电压与 R91 不能构成分压电路，所以全部的直流电压加到了 VT2 管的基极，这样直流负反量很大，通过这一直流负反馈来稳定放大器的直流工作状态。电容 C99 就是用来通交流隔开直流，让交流负反馈比较小，让直流负反馈达到最大。

集成电路负反馈引脚外电路还有一些变化，图 3-23 所示是一种变异电路，它将交流负反馈电阻 R3 设置在集成电路 A1 的内电路中，这时集成电路的交流负反馈引脚外电路中只有一只隔直通交电容 C1，而没有交流负反馈电阻，在识别这种变异的交流负反馈引脚时要注意这种变化。

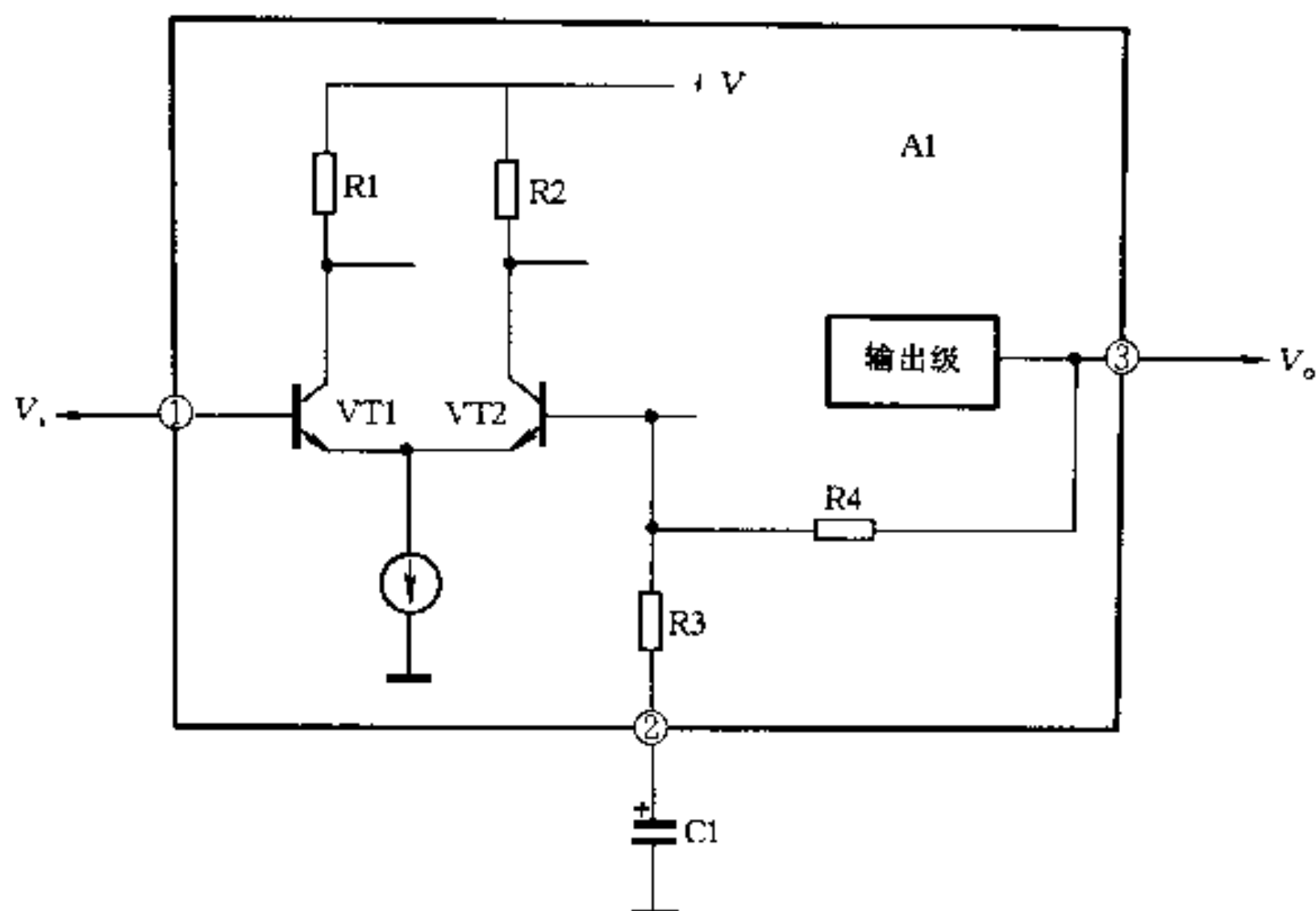


图 3-23 集成电路交流负反馈引脚外电路的一种变异电路

图 3-24 是双声道集成电路中交流负反馈引脚外电路的一种变异电路。电路中，③脚和④脚分别是集成电路 A1 的左声道和右声道交流负反馈引脚，外电路中的交流负反馈电阻一个用可变电阻器 RP1，一个则用固定电阻器 R1。

在双声道集成电路中，要求左、右声道的放大倍数相等，为了防止集成电路在制造时左、右声道放大器放大倍数的偏差和左、右声道各引脚外电路元器件参数的偏差，在集成电路的交流负反馈引脚外电路中设置了负反馈量调整电路，即可变电阻器 RP 是左、右声道放大器放大倍数调整电阻。

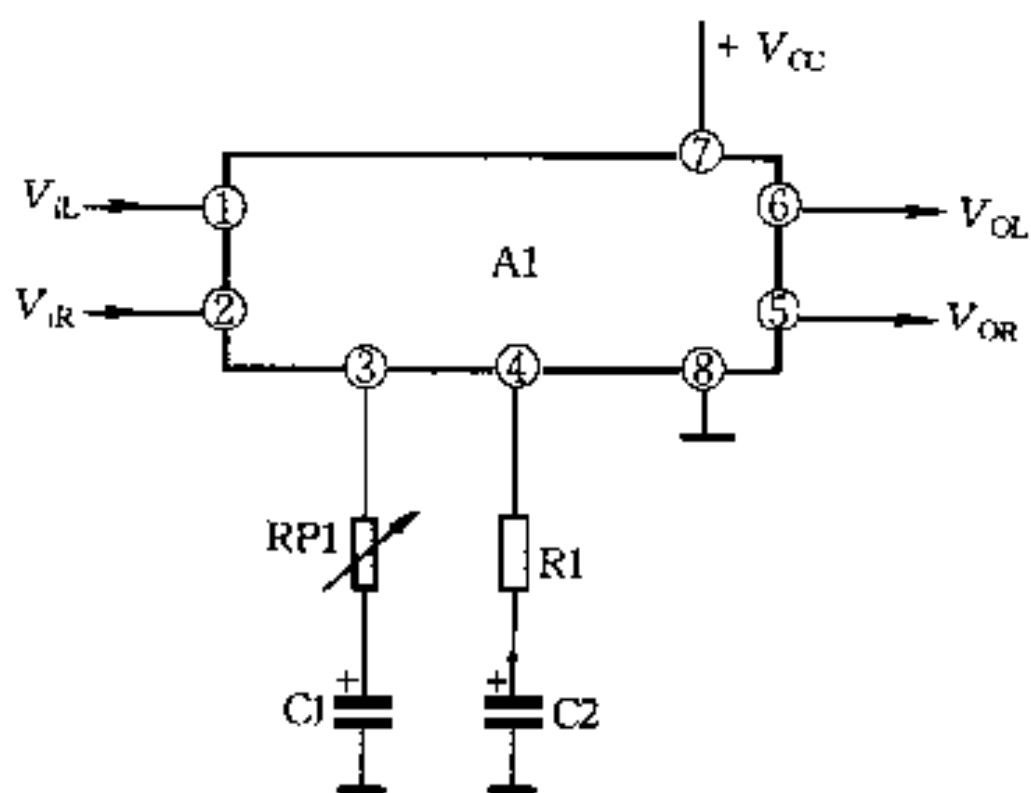


图 3-24 双声道集成电路交流负反馈引脚外电路的一种变异电路

当左、右声道放大器放大倍数相等时，RP1 调整到与电阻 R1 相同的阻值上；当左声道放大器放大倍数小于右声道放大器的放大倍数时，适当调小 RP1 阻值，使左声道放大器的放大倍数增大到与右声道放大器放大倍数一样大小。反小，则是将可变电阻器 RP1 的阻值调大一些。双声道集成电路设置了 RP1 这样的可变电阻器后，可以方便地平衡左、右声道放大器的放大倍数。

⑦脚是右声道放音信号输入引脚，前面已详细介绍了该引脚外电路。

⑧脚是 ALC (自动电平控制) 电路控制引脚。图 3-19 所示集成电路的⑧脚外电路，在放音时，录放开关 S3-4 在图示的放音(P)位置，此时使集成电路 A1 的⑧脚为 0V，⑧脚内电路(见内电路方框图)中的 ALC 电路不投入工作，对左、右声道前置放大器工作没有影响，因为 ALC 电路只有录音时才起作用。

在录音时，由于录放开关 S3-4 转换到另一位置，即录音(R)位置，此时集成电路 A1 的⑧脚不为 0V，⑧脚内电路(见内电路方框图)中的 ALC 电路投入工作，对左、右声道前置

放大器的放大倍数进行自动控制，这是录音电路工作的需要。

⑨脚是接地引脚。

⑩ ~ ⑬脚是左声道电路的引脚，在此省略解说。

⑮脚是电源引脚，前面已详细介绍了该引脚外电路。

6. 元器件作用分析

表 3-3 中对图 3-19 所示右声道电路的每个元器件作用进行分析(对录音电路分析省略)。

表 3-3 元器件作用分析

编 号	作 用
C93	右声道输入端耦合电容，隔直通交，将右声道放音信号送入集成电路 A1。这一耦合电容在音频放大器电路中一般小于 $10\mu\text{F}$
C95	右声道放音高频补偿电容，用来提升右声道放音高频信号
C101	右声道高频消振电容，引入高频负反馈，用来防止可能出现的右声道前置放大器高频自激，在音频放大器电路中通常这一电容的容量为 100pF 左右
R96	右声道前置放大器直流负反馈电阻，用来稳定放大器的工作，也是直流通路电阻
C99	右声道前置放大器交流负反馈电阻，阻值大，负反馈量大，右声道前置放大器放大倍数小；阻值小，则右声道前置放大器放大倍数大。它通常在 100Ω 左右
C105	右声道前置放大器滞后式消振补偿电容，用来消除可能出现的高频自激。这一电容容量比较小，在音频放大器电路中为 4.7n 左右，即为 4700pF
C111	右声道输出端耦合电容，隔直通交，将右声道放音信号送出集成电路。这一耦合电容在音频放大器电路中一般小于 $10\mu\text{F}$
R113	右声道前置放大器的隔离电阻，在集成电路 A1 内电路的静噪电路工作时，它作为右声道前置放大器的负载，防止前置放大输出端短路。这一电阻一般为几千欧
R109	右声道隔离电阻，起电路之间相互隔离的作用。这一电阻一般为几千欧
C116	集成电路 A1 的电源滤波电容，进行电源滤波和消除可能出现的低频自激
R106	集成电路 A1 的电源退耦、滤波电阻，进行电源滤波和退耦，消除可能出现的低频自激
R108	集成电路 A1 内电路静噪电路中的静噪管基极限流电阻，防止因外加电压太大而损坏集成电路 A1 的⑮脚内电路中两只静噪控制管
A1	双声道前置放大器集成电路，用来进行左、右声道前置放大
S4	录放开关，录音机和卡座中的特有转换开关，用来进行录音和放音状态的转换，是一个多刀组的开关，转换时各刀组同步切换

7. 元器件故障分析

集成电路元器件故障分析难度很大，它是直接为检修集成电路故障服务的，只有在完全掌握了集成电路工作原理的基础上，才能进行元器件故障分析，它也是检修过程中电路故障原因分析的逆过程。

表 3-4 是图 3-19 所示右声道电路中每个元器件的故障分析。对电容分为开路、短路和漏电三种故障情况；对于电阻分为开路、短种、阻值变大或阻值变小四种情况；对于开关件分为开路、短路和接触不良三种情况。

表 3-4

元器件故障分析

编 号	故障现象	故 障 分 析
C93	开路	右声道放音时无声, 因为没有右声道信号送入集成电路 A1
	短路	右声道放音时无声, 因为此时集成电路 A1 的⑦脚被电阻很小的磁头 R 短路, 使内电路的右声道前置放大器无法正常工作
	漏电	右声道放音声音小且有噪声大故障, 因为 C93 漏电后破坏了集成电路 A1 的⑦脚内电路前置放大器的正常工作, 所以出现声音小故障; 同时因 C93 漏电, 有漏电流进入⑦脚内电路前置放大器, 出现噪声大
C95	开路	右声道放音高频噪声大故障, 因为没有放音高频补偿作用
	短路	右声道放音时无声, 因为此时 C95 短路将集成电路 A1 信号输入引脚⑦脚对地短接, 将⑦脚上的右声道放音信号对地短路
	漏电	右声道放音声音小, C95 漏电使⑦脚上右声道放音信号对地分流
C101	开路	右声道放音可能出现高频啸叫(不一定都会出现), 因为开路右声道前置放大器电路无高频消振作用
	短路	右声道放音时无声, 使集成电路 A1 的⑤、⑥脚直流电压相等, 短路破坏了内电路右声道前置放大器正常工作的直流条件
	漏电	右声道放音声音小, 严重时无声, 因为漏电破坏了右声道前置放大器电路正常工作
R96	开路	右声道放音声音大, 出现声音堵塞而无声, 集成电路 A1 的⑤、⑥脚电压异常
	短路	同电容 C101 短路时一样
C99	开路	右声道放音声音小, 因为这时右声道前置放大器交流负反馈最大, 放大器放大倍数最小
	短路	右声道放音时无声, 因为 C99 短路使集成电路 A1 的⑥脚直流电压下降, 破坏了内电路中右声道前置放大器的正常工作
	漏电	右声道放音声音小, 严重时无声, 因为 C99 漏电使集成电路 A1 的⑥脚直流电压下降, 破坏了内电路中右声道前置放大器的正常工作
C105	开路	同电容 C101 开路时一样
	短路	右声道放音时无声, 因为 C105 短路使集成电路 A1 的⑤脚直流电压为 0V, 破坏了内电路中右声道前置放大器的正常工作
	漏电	右声道放音声音小, 严重时无声, 因为 C99 漏电使集成电路 A1 的⑤脚直流电压下降, 破坏了内电路中右声道前置放大器的正常工作
C111	开路	同电容 C93 开路时一样
	短路	右声道放音声音小, 因为 C111 短路使集成电路 A1 的⑤脚直流电压下降, 破坏了内电路中右声道前置放大器的正常工作
	漏电	同电容 C93 漏电一样, 只是噪声没有 C93 漏时大, 因为 C93 产生的噪声被右声道前置放大器放大了, 所以更大些
R91	开路	同电容 C99 开路时一样
	短路	右声道放音声音很大, 音质差, 因为这时右声道前的放大器没有交流负反馈, 放大器的放大倍数最大
	阻值变大	右声道放音声音小, 因为这时右声道前的放大器交流负反馈量变大, 放大器的放大倍数下降
	阻值变小	右声道放音声音大, 因为这时右声道前置放大器交流负反馈量变小, 放大器的放大倍数增大

续表

编 号	故障现象	故 障 分 析
C116	开路	左、右声道可能出现交流声大或低频自激, 因为集成电路 A1 没有电源滤波和退耦电路
	短路	左、右声道放音无声, 烧坏电阻 R106, 因为这时集成电路 A1 的电源引脚⑤脚直流工作电压为 0V
	漏电	左、右声道放音声音轻, 严重时出现左、右声道放音无声, 因为这时集成电路 A1 的电源引脚⑤脚直流工作电压下降
R106	开路	左、右声道放音无声, 因为这时集成电路 A1 的电源引脚⑤脚直流工作电压为 0V
	短路	基本无影响
R108	开路	对放音无影响, 录音时无静噪作用
	短路	对放音无影响, 录音时有可能烧坏集成电路内电路中的两种静噪管
R113	开路	同 C111 开路时一样
	短路	对放音无影响, 在录音时有可能烧坏集成电路 A1 的右声道前置放大器电路
R109	开路	同 C111 开路时一样
	短路	影响不大

二、完全无声故障机理和检修程序

检修故障的最终目标是要找出某一个出现故障的电子元件, 而且是根据具体的故障现象来找出某一个电子元件。处理故障过程中是不是要对每一个电子元件都进行地毯式检查呢?

电路故障分析理论解决了某个电子元件出现某种特定故障后, 整机电路会出现什么具体故障现象这一问题。故障机理这一修理理论要解决从具体故障现象迅速找出某个具体的出现故障的电子元件。故障机理具有如此神奇的本领是基于下列理论基础。

(1) 某一个电子元件出现某种特定故障后, 它所引起的整机故障现象非常具体, 甚至是唯一的。它可能引起某种特定的故障现象, 但绝不会造成多种故障现象。

(2) 某一个单元电路、某一个系统电路出现某种特定故障后, 它所引起的整机故障现象也是非常具体的。

(3) 整机电路工作的制约条件有许多, 当某一个工作条件不能满足时, 它也只是出现某种特定的故障现象。

(4) 整机电路中的各部分单元电路、系统电路存在不相容、重合、包含、交叉等逻辑关系, 它们对故障现象的具体影响通过逻辑推断可以方便地搞清楚。

(5) 整机电路出现故障后, 从修理的角度来看可能会有许许多多的故障原因, 在这些原因中有的主要的、根本性的, 有的则是次要的、甚至是可以不必引起注意的, 抓住主要矛盾就是抓住了根本。

(6) 修理经验、故障规律对故障机理的贡献举足轻重。

1. 完全无声故障定义

完全无声是对于音频放大系统电路而言的, 当扬声器中没有信号声音的同时, 也没有任

何的电流声、噪声，扬声器就像“死”了一样，什么响声都没有，这就是完全无声故障，它与后面介绍的无声故障有所不同。

2. 完全无声故障的二个根本原因

造成完全无声这一故障现象的唯一原因是扬声器中无任何电流流过，这是对这种故障进行分析的第一步，也是关键一步，要使扬声器回路中产生电流，必须同时满足两个条件：一是扬声器电路要成回路；二是功率放大器输出端或功率放大器集成电路信号输出引脚(扬声器电路的输入端)有电压(信号电压、噪声电压或直流电压)。这两个条件之一不满足，扬声器电路中无电流，便出现完全无声故障。所以，到这一步为止已将完全无声故障的机理推断出来，即完全无声故障有下列两个方面的根本原因。

(1) 扬声器回路开路。

(2) 功率放大器输出端无电压(直流和交流电压都没有)，对于功率放大器集成电路，就是信号输出端没有直流电压。

3. 开路故障分析

在扬声器回路开路故障的原因中，只要该回路中的任何一个部位出现开路，回路中就无电流，所以具体故障原因有以下几个方面。

(1) 功率放大器电路输出端或功率放大器集成电路信号输出引脚与音箱之间的连接插口接触不良、插口的地线(铜箔开裂)开路。

(2) 音箱的连线断路、音箱内的扬声器连线折断、扬声器的音圈断线。

(3) 扬声器(音箱)保护电路动作(此时扬声器与功率放大器电路之间被切断)。

(4) 对 OTL 功放电路还有输出端耦合电容开路、功率放大器电路的输出端铜箔线路开裂等。

4. 功率放大器集成电路信号输出引脚无电压故障分析

造成功率放大器集成电路信号输出引脚没有直流电压的原因有以下三个方面。

(1) 功率放大器集成电路电源引脚上没有直流电压

功率放大器集成电路电源引脚上无直流工作电压故障，主要是电源电路的故障或直流电压供给电路的故障，是电源电路存在开路或短路故障，具体原因很多，主要有以下几点。

a. 电源电路中的保险丝熔断。

b. 电源变压器初级开路。

c. 整流电路中的一对整流二极管开路。

d. 直流电压输出电路中的铜箔线路开裂。

e. 整机滤波电容击穿。

f. 功率放大器集成电路信号输出引脚对地短接。

注意，如果只是功率放大器集成电路电源引脚上直流电压低，是不会造成完全无声故障的。

(2) 功率放大器集成电路电源引脚上有直流电压，但信号输出引脚上无电压

这种情况说明功率放大器集成电路信号输出引脚与电源引脚之间的功放输出管(上功放

管)开路,由于上功放管开路而不能将直流电压加到信号输出引脚。这时,功率放大器集成电路已经损坏,需更换集成电路。

(3) 功率放大器集成电路信号输出引脚因对地短接而没有直流电压

这种情况是功率放大器集成电路信号输出引脚与地线之间的功放管(下功放管)击穿,这时应更换功放集成电路。

5. 完全无声故障处理程序

前面介绍了产生这种故障的根本原因,下面介绍这种故障的具体处理过程和步骤。

(1) 试听检查是首步,压缩故障范围最重要

由于音频设备结构上的差异,对完全无声故障还可以进一步分类,分类的目的是为了缩小故障范围和简化故障处理过程,通过简单的试听检查即可达到上述目的。

这里的试听检查就是在开机状态下试听左、右声道音箱的声音,听某一个音箱中高音、低音和中音扬声器的声音。通过试听检查可将故障分成以下三种具体情况。

① 左、右声道音箱中的各扬声器均完全无声,若某个声道音箱中只要有一只扬声器有任何声音均不属于这种完全无声故障。

② 一个声道正常另一个声道中各扬声器均完全无声,无论是左声道还是右声道故障都属于这种故障。

③ 某一声道音箱中的某一只扬声器存在完全无声故障,其他扬声器工作正常。此时可以是高音扬声器无声,或低音、中音扬声器无声。

(2) 左、右声道音箱中各扬声器均完全无声故障的处理思路

由于两只音箱电路不太可能同时出现开路故障,所以此时的检查重点是功率放大器集成电路电源引脚有无直流工作电压。

处理方法是用电表的直流电压挡测量功率放大器集成电路电源引脚上的直流电压,此引脚无电压时用电表电压检查法检查电源电路,即沿功率放大器集成电路电源引脚的直流电压供给线路查找直流电压中断的部位和具体原因,一直查到交流电源输入端。注意,查到电源变压器电路时要改用万用表的交流电压挡去测量。

如果测量功率放大器集成电路电源引脚的直流工作电压正常,不必再去检查电源电路,而是去检查扬声器保护电路(在一些采用 OCL、BTL 功放电路的中、高档机器中设有这种电路),这一电路同时对左、右声道扬声器进行保护,所以会出现两声道同时完全无声的故障现象。

(3) 某一声道完全无声故障

由于有一个声道电路工作正常,可以说明功率放大器集成电路的直流工作电压正常,所以不必去检查电源电路,而是重点检查该声道功率放大器集成电路信号输出引脚至扬声器之间电路的开路故障,如音箱引线断开、音箱插口接触不良等,主要的检查方法是用电表的欧姆挡测量线路是否存在开路故障。对于扬声器保护电路也只是检查有故障声道继电器触点是否有接触不良故障。

(4) 某一只扬声器完全无声故障

这一故障的检查很简单,打开音箱后检查该扬声器引线是否已经开路,以及该扬声器的音圈是否断线,或该扬声器的分频元件是否开路。检查过程中用电表的欧姆挡测量上述线

路的通断。

对功率放大器集成电路完全无声故障的检修举例将在后面功率放大器集成电路一节中详细解说。

三、无声故障机理和检修程序

1. 无声故障定义

无声故障是对于音频放大系统而言(对视频电路则为无图像故障)，当扬声器中没有信号声音时，说明出现了无声故障。无声故障与完全无声故障有区别，无声故障只是扬声器中没有信号声音，但一定要有噪声或电流声，甚至噪声很大，否则就变成了完全无声故障。

2. 无声故障的四个主要方面原因

无声故障要比完全无声故障复杂得多。根据故障理论分析可知，没有信号电流流过扬声器是产生无声故障的根本原因，由于扬声器中无信号声音的同时还有其他噪声等，这样可以说明扬声器回路正常，不开路，故障出在功率放大器输出级电路没有将信号输入扬声器电路中。

造成功率放大器输出级电路不能将信号送入扬声器的主要原因有以下四个方面。

(1) 前级电路无直流工作电压

这里讲的前级指功率放大器输出级之前的任何一级电路，没有直流工作电压导致前级电路不能正常工作，也就没有信号加到功率放大器输出级电路中。

(2) 信号传输中断

在前级电路有直流工作电压时，从信号源电路到功率放大器输出级之间电路中某一个部位出现故障使信号中断，也没有信号加到功放输出级电路中。

(3) 信号传输线路的热端对地短路

从信号源电路到功率放大器输出级之间的电路信号传输线路中某一个热端对地端短接，使短接点之后的电路中没有信号。

(4) 根本没有信号产生

这是信号源电路故障，信号源根本没有产生信号加到放大器电路中。

3. 前级电路无直流工作电压的故障分析

由于不是完全无声故障，说明功率放大器输出级电路有直流工作电压。当前级放大器电路无直流工作电压时，前级电路没有输出信号加到功率放大器输出级电路中，功率放大器输出级电路也就无信号送入扬声器中，这样就出现了无声故障。只要是功率放大器输出级之前的任何一级放大器电路无直流工作电压，都将出现无声故障。

造成前级放大器电路没有直流工作电压的具体原因主要有以下几点。

(1) 前级直流工作电压供给电路中的电子滤波管发射结由于过流而开路。

(2) 前级直流电压供给电路中的退耦电阻开路。

(3) 前级直流工作电压供给电路中的滤波电容严重漏电或击穿，有时是加电压后才击

穿，这时采用电压检查法很容易查出故障部位。

4. 信号传输中断的故障分析

一个放大系统是由许多级放大器和其他电路组成，信号是一级一级地放大、传输到功率放大器输出级电路中，只要其中有一级电路或一个环节中的信号传输中断，功率放大器输出级电路中便无信号，导致无声故障。

引起信号传输中断的具体原因很多，归纳起来主要有下列三个方面。

(1) 信号传输回路开路，例如耦合电容开路、后一级放大器电路输入回路开路、地线开路等。

(2) 电路中的某放大环节不仅不能放大信号，而且中断了信号的传输，如放大管截止、饱和或开路等。

(3) 某选频调谐回路严重失谐，致使该回路无法输出信号，如调谐器电路中的中频调谐回路出现故障等。

5. 信号传输线路中的热端对地短路故障分析

若信号传输线路的某个环节与地之间发生短路，就相当于将后级放大器的输入端对地短接，使信号无法传输到后面电路中，造成无声故障。

6. 根本没有信号产生的故障分析

如若信号源本身有故障而无信号输出，机器当然会出现无声故障。这方面原因主要有下列几种情况。

(1) 一次信号源本身故障

如卡座中的放音磁头引线开路，致使放音信号无法加到放音前置放大器电路中；又如，CD唱机的主轴电动机不转，激光拾音头无法拾取信号等。

(2) 二次信号源电路故障

所谓二次信号源电路就是解调器电路，如调谐器中的鉴频器电路、检波器电路等，在组合音响、电视机中有许多这样的电路。这些电路出现了故障，不能输出解调后所要的信号，将导致无声故障。

7. 无声故障的特征

在上述四个方面的原因都会导致机器出现无声故障，但是在伴随无声的同时具体的故障现象有所不同，了解这些不同之处对检查故障十分有利，通过这些故障现象可以了解到无声故障的类型。对此说明以下几点。

(1) 在没有直流工作电压时，由于机器的左、右声道电路往往是采用的一条供电线路，所以此时机器表现为左、右声道都无声的故障现象。反之，当机器出现左、右声道均无声故障时，直流电压供给电路是一个检查的重点。

(2) 在信号传输回路开路时，由于后级放大器的输入端处于“悬空”状态，并且后级放大器仍然具有放大能力，这时后级放大电路会拾取各种干扰信号，导致无声的同时还伴有噪声大的现象，开路处愈接近放大系统的前级，噪声就愈大。根据这一点可知，当无声的同时

伴有噪声大的故障时，要重点怀疑信号传输回路出现开路故障。

(3) 对于信号传输线路的热端与地之间短路故障，此时后级放大器的输入端被短接到地，使后级放大器不能放大信号的同时也不能拾取、输入各种干扰信号。所以，此时机器无声的同时也没有任何噪声。根据这一点可知，当出现无声且噪声很小时，重点检查信号传输线路是否存在对地短接故障。

(4) 根据无声的同时有没有噪声现象，还可以判断是开路还是短路引起的无声故障，这对判断无声故障的性质、检查这种故障非常有用。

(5) 对于一次信号源引起的无声故障，可以导致左、右声道同时无声，如电唱盘电动机不转动将导致左、右声道均无信号。也可以导致只有一个声道无声，如卡座中放音卡的一个声道磁头引线开路，此时就是该声道放音无声，另一个声道放音正常。

(6) 对于二次信号源电路出问题，只会出现左、右声道同时无声故障，如鉴频器电路故障会导致无立体声复合信号输出，此时没有左、右声道的音频信号输出。

8. 故障种类和判别方法

(1) 故障种类

音频设备无声故障的电路范围很宽，除了完全无声故障的电路范围之外的电路都是要检查的对象。为了提高修理速度，压缩所要检查的电路范围是十分必要的。所以，对无声故障的修理首步是进行试听检查，以压缩故障电路的范围。然后，才是对已压缩的电路进行系统检查。

根据无声故障的具体现象不同可以划分成以下两大类。

- ① 各节目源均无声，此时卡座放音、调谐器收音等均无声。
- ② 只是某一节目源无声，其他节目源重放声音均正常。

(2) 判断方法

判别方法是：先试听有故障节目源的重放(如卡座放音无声故障)，再试听调谐器收音，若此时也无声，则说明机器存在第一种类型的无声故障，即各种节目源重放均无声故障；如若收音正常，则说明只是卡座放音存在无声故障，是第二类的无声故障。对第二类无声故障在组合音响中有多种，除卡座放音无声外，还有调谐器无声、电唱盘无声，CD唱机无声等。

根据音频电器整机电路结构可知，若各节目源都有相同的故障，说明是各节目源信号所经过的共用电路出了问题，也就是从功能转换电路之后的电路出了故障，这部分电路是各节目源无声故障的电路检查范围。

对只有一个节目源重放出现无声的故障，由于有一种节目源重放正常，可以知道从功能转换电路之后的电路工作是正常的，故障只出现在有故障节目源的电路中，例如出现在调谐器电路中。

四、音频前置放大器集成电路无声故障检修举例

这里以图 3-19 所示音频前置放大器集成电路为例，介绍这一集成电路无声故障的检修程序。

在修理放音前置放大器集成电路无声故障时，首先要确定故障的性质和部位，即通过试

听检查搞清楚是两个声道都有无声还是只是一个声道无声，再搞清楚故障是否出现在前置放大器集成电路中。

1. 试听检查确定故障范围

(1) 通过试听检查确定故障性质

将机器进入工作状态，通过试听可以确定是两个声道无声故障还是只有一个声道存在无声故障，这对下一步的检查非常关键。

(2) 通过干扰检查确定故障是否出在前置放大器集成电路

第二步是通过干扰检查确定故障是否出在前置放大器集成电路电路中。若是两声道均无声故障，开大音量电位器，机器通电后用手指接触线路板上集成电路 A1 的⑤脚或⑫脚，若此时左、右声道扬声器中有很大的干扰响声。再用螺丝刀轻轻接触录音磁头的工作表面，此时左、右声道扬声器无响声，说明左、右声道无声故障出在集成电路 A1 中。

如果只是左声道无声故障，可用手指接触集成电路 A1 的⑫脚，若左声道扬声器中有很大的干扰响声。再用螺丝刀轻轻接触录音磁头的工作表面，此时左声道扬声器无响声，说明左声道无声故障出在集成电路 A1 的左声道电路中。

如果只是右声道无声故障，可用手指接触集成电路 A1 的⑤脚，若右声道扬声器中有很大的干扰响声。再用螺丝刀轻轻接触录音磁头的工作表面，此时右声道扬声器无响声，说明右声道无声故障出在集成电路 A1 的右声道电路中。

通过上述干扰检查可以将无声故障的范围确定在集成电路 A1 中。

2. 左、右声道无声故障检修程序

(1) 故障分析

由于左、右声道均表现为无声，说明是两声道共用的电路出了故障，检修这一故障的重点就是两声道共用的电路，主要有：集成电路 A1 的电源引脚外电路；集成电路 A1 的接地引脚外电路；集成电路 A1 的静噪电路(这是两声道共用的电路)；集成电路 A1 本身。

左、右声道无声故障检修的重点是集成电路电源引脚直流工作电压和电源引脚外电路，再检查集成电路本身是否损坏。

(2) 集成电路电源引脚外电路检查

测量集成电路 A1 的电源引脚⑬脚上直流工作电压。表 3-5 所示是集成电路 A1 (TA7668BP)在放音时各引脚直流工作电压数据。

表 3-5 集成电路 A1 (TA7668BP)在放音时各引脚直流工作电压数据

引脚号	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
电压(V)	0	8.2	0	3.6	1.6	1.6	0	0
引脚号	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮	⑯
电压(V)	0	0	1.6	1.6	3.6	0	0	8.4

检查分成下列几种情况进行。

a. 测量集成电路 A1 的⑬脚直流电压，如果为 0V，测量电阻 R106 的右端 + V_{CC} ，如果也

是 0V，说明是电源电路有故障。用电压检查法沿 R106 向整机电源电路方向检查，查找直流电压消失的部位；如果测量 +V_{CC} 端直流电压比较低（远低于 8.4V），断开电容 C116 后再次测量集成电路 A1 的⑩脚直流工作电压，若恢复正常（8.4V），说明电容 C116 击穿；如果测量 +V_{CC} 端直流电压比较高（高于 8.4V），用电阻检查法检查电阻 R106 是否开路。

b. 如果上述检查没有发现故障，集成电路 A1 的⑩脚电压仍然是 0V，在线路板上切断⑩脚的铜箔线路，用电阻检查法测量集成电路 A1 的⑩脚与地线之间的电阻，若很小（接近零），说明集成电路 A1 已经损坏，应予更换。

c. 如果测量集成电路 A1 的⑩脚上直流电压远远低于 8.4V，断开电容 C116 后再次测量集成电路 A1 的⑩脚上的直流电压，若电压恢复正常，说明 C116 严重漏或击穿，应予更换；若断开 C116 后测量集成电路 A1 的⑩脚上直流电压仍然更低，测量电阻 R106 右端的 +V_{CC} 端电压也很低，用电压检查法向整机电路方向检查直流电压低的原因；若测量电阻 R106 右端的 +V_{CC} 端电压正常（不低），而集成电路 A1 的⑩脚上直流电压低，用电阻检查法测量电阻 R106 是不是阻值变大许多，R106 阻值正常时检查集成电路 A1 的⑩脚对地是否短路。

d. 如果测量集成电路 A1 的电源引脚⑩脚上直流工作电压正常，再进行下一步的检查。

（3）检查集成电路的接地引脚

由于集成电路 A1 的电源引脚直流工作电压正常，所以需测量集成电路 A1 的接地引脚①脚和⑨脚上的直流工作电压，如果这两根引脚有一根直流电压不为 0V，再重点检查该引脚在线路板上的铜箔线路是否断裂，如有应将铜箔线路断口重新焊好。

如果两根接地引脚的直流电压都是 0V，进行下一步的检查。

（4）测量静噪控制引脚⑮脚直流电压

在放音状态下，如果测量集成电路 A1 的静噪控制引脚⑮脚上直流电压不是为 0V，而是比较大，说明静噪电路在不该工作时投入了工作，将左、右声道放音信号分别经集成电路 A1 的⑭脚和③脚旁路到地，造成了放音左、右声道无声。

在放音状态下，将集成电路 A1 的⑮脚用螺丝刀直接对地短接，此时左、右声道放音恢复正常，可以进一步证明是静噪声电路造成左、右声道放音无声。

用电压检查法沿集成电路 A1 的⑮脚外电路检查，查找放音状态下为什么会出现直流控制电压，通常是集成电路 A1 的⑮脚外电路回路中的录放开关（如图 3-19 所示电路中未画出）引脚相碰了，用刀片将相碰点切断。

如果测量集成电路 A1 的⑮脚直流电压为 0V，说明集成电路内电路中的静噪电路正常，进行下一步的检查。

（5）全面测量集成电路 A1 引脚直流电压

在上述检查仍然没有发现故障原因时，可以对集成电路 A1 的各引脚直流工作电压进行测量，然后与标准直流工作电压数据进行对比，哪根引脚直流工作电压与标准电压数据相差 0.5V 以上时，即对该引脚外电路中的元器件进行检查。

（6）更换集成电路 A1

如果上述检查没有发现问题，且以上检查没有出错，可对集成电路 A1 进行代替检查一试。

3. 某声道无声故障检修程序

这里仍然以图 3-19 所示音频前置放大器集成电路为例，设右声道无声故障，左声道放

音正常。

(1) 故障分析

由于左声道放音正常，说明集成电路 A1 电源引脚的直流工作电压正常，左、右声道所共用的电路工作正常，故障主要出在右声道所特有的电路中。

(2) 用干扰检查法进一步缩小故障范围

检查分成下列几种情况进行。

a. 干扰电阻 R109 的右端，如扬声器中有很大的干扰响声，再干扰 R113 和 R109 连接点，如果此时没有干扰响声，给机器断电后用电阻检查法测量集成电路 A1 的③脚对地电阻，若电阻值很小，切断集成电路 A1 的③脚后试听放音，若声音出现，说明集成电路 A1 损坏。

b. 若干扰 R113 和 R109 连接点时扬声器中响声大，再分别干扰 C111 的两根引脚，若是干扰一根时响，干扰另一根时不响，说明电容 C111 开路；若干扰两根引脚是一样的响，直接干扰集成电路 A1 的⑤脚，若没有响声，则用电阻检查法检查铜箔线路板上⑤脚至电容 C111 的铜箔线路是否开裂；若干扰⑤脚时响声很大，则进行下一步干扰检查。

c. 干扰集成电路 A1 的信号输入引脚⑦脚，若此时干扰响声比干扰⑤脚响得多，说明集成电路 A1 没有故障，问题出在⑦脚的输入回路中，此时可检查电容 C93 是否开路，C95 是否短路，并清洗录放开关 S3；如果干扰⑦脚时扬声器中没有响声，说明故障出在集成电路 A1 中，可采用电压检查法进行下一步检查。

(3) 用电压检查法检查集成电路 A1

由于只是右声道电路有故障，所以只要测量集成电路 A1 右声道的③、⑤、⑥和⑦脚直流工作电压，然后测量左声道相对应引脚⑭、⑫、⑪和⑩脚直流工作电压，一一进行对比，对相差 0.5V 以上引脚的外电路中元器件进行重点检查。

(4) 用代替检查法检查集成电路 A1

上述检查均正常，可进行集成电路 A1 的代替检查。

五、声音轻故障机理和检修程序

1. 声音轻故障定义

所谓声音轻就是在音量电位器开到最大位置时，扬声器中的信号声音也不够响，没有能够达到机器的输出功率指标。

在声音轻的同时，也会可能出现其他一些故障，如噪声大等现象。

2. 声音轻故障的二个根本性原因

声音轻故障表现为扬声器中有信号声，但是在开大音量电位器后声音仍然不够大，产生这种故障的根本性原因有以下两个方面。

(1) 流过扬声器的信号电流不够大。

(2) 流过扬声器的信号电流正常，但扬声器将信号电流转换成声音的效率太低，造成声音轻故障。

3. 声音轻故障与无声故障的不同之处

通过对声音轻故障与无声故障比较后发现存在以下几个方面的根本不同。

(1) 声音轻故障由于有信号电流流过扬声器，说明从信号源电路到扬声器之间的信号回路没有开路，如果开路就没有信号电流流过扬声器，将出现无声故障。

(2) 整个信号传输线路与地端之间也不存在短接现象，否则就会出现无声故障。

(3) 整个放大电路系统有直流工作电压，因为没有直流电压会造成无声故障。

4. 声音轻故障的五个主要方面的原因

从上述分析可知，声音轻故障的故障部位和原因与无声故障相比有着本质的不同，造成声音轻故障的主要原因有以下五个方面。

(1) 直流工作电压偏低

放大器的直流工作电压偏低会使放大器的放大倍数降低，对信号的放大不够，使流入扬声器中的信号电流过小，出现声音轻故障。

(2) 放大器增益不足

放大系统的电路故障致使放大器增益不足，导致对信号的放大倍数不够，出现声音轻故障。

(3) 信号衰减

信号传输线路故障导致信号在传输过程中存在额外的信号衰减，使流入扬声器中的信号电流过小，出现声音轻故障。

(4) 信号源本身输出信号小

信号源本身输出信号小，即使放大器放大能力正常也不能使放大器的信号输出功率达到要求，出现声音轻故障。

(5) 扬声器本身故障

有足够的电功率馈入扬声器，但是声音仍然不大，这是扬声器故障所致，此时往往还伴有音质不好等现象。

5. 直流电压故障分析

当放大器的直流工作偏低，会影响了集成电路或分立元件放大器中三极管的直流工作电流，使三极管的电流放大倍数下降，从而影响整个放大器的放大倍数。

(1) 各级放大器电路直流工作电压偏低对整个放大系统中各级电路的影响是有所不同的，其中功率放大器输出级电路对整个放大系统输出功率的影响最大，当功率放大器输出级直流电压下降时，放大器输出功率下降，且直流工作电压愈低，放大器的输出功率愈小。造成功放输出级直流工作电压下降的原因有以下几个方面。

a. 电源电路故障导致直流电压下降，整机电源电路输出的直流电压直接加到功率放大器输出级电路，这一直流工作电压不设稳压电路，所以当电源电路有故障时就直接反映到功率放大器输出级直流工作电压上。

b. 功率放大器输出级电路本身有故障(如功率放大器输出管击穿造成的过流)导致电源电路过载，使直流工作电压下降。功率放大器输出级消耗电源电路绝大部分功率，功率放大

器输出级出现过流故障必将使整机直流电压下降。

(2) 当前级放大器直流工作电压下降很多时, 会导致三极管进入截止状态, 此时就变成无声故障而不是声音轻故障。

(3) 当整机直流电压偏低时, 除功率放大器直流电压低之外, 前级电路的直流电压也同样偏低, 此时修理好整机直流电压偏低故障后, 各级直流工作电压均会恢复正常。

(4) 对于无源电路, 直流工作电压偏低对它没有影响, 这是因为这种电路工作不需要直流电压。

6. 放大器增益不足的故障分析

直流工作电压偏低会造成放大器增益不足。下面主要分析在直流工作电压正常时的放大器增益不足故障, 主要说明以下几点。

(1) 集成电路或分立元器件放大管的直流工作电流不正常。当三极管的直流电流偏大或偏小时, 都会造成三极管的电流放大倍数下降, 引起三极管直流电流偏大或偏小的主要原因是偏置电路故障, 即偏置电路中的电阻器阻值发生改变。

(2) 放大管本身性能变劣, 导致放大能力下降。

(3) 发射极旁路电容开路或容量变小, 导致放大器的负反馈量增大, 使放大器增益减小, 如图 3-25 所示, 电路中的电容 C_4 是发射极旁路电容, R_3 是发射极直流负反馈电阻。当 C_4 没有开路时, 它将 VT_1 发射极输出的交流信号旁路到地, 电阻 R_3 没有交流负反馈作用, 只有直流负反馈作用, 所以这一放大器的放大倍数比较大。在 C_4 开路后, VT_1 发射极输出的交流信号流过电阻 R_3 , 使 R_3 具有了交流负反馈的作用, 这样放大器的放大倍数下降, 造成声音轻故障。

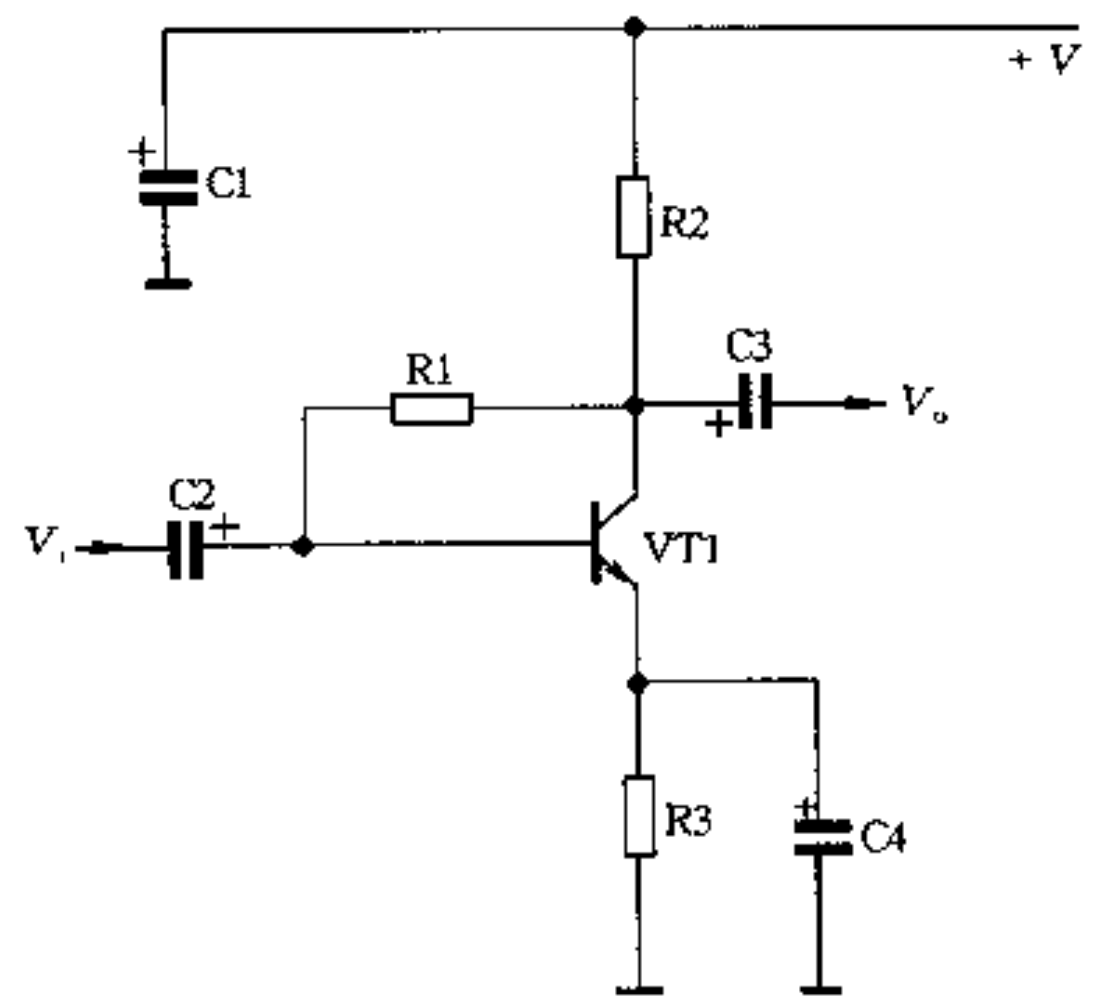


图 3-25 发射极旁路电容示意图

7. 信号受到衰减的故障分析

当集成电路、分立元器件放大器直流工作电压正常, 放大器的增益正常, 但信号受到额外的衰减时, 到达扬声器中的信号电流也会减小, 造成声音轻故障, 这方面的具体故障原因有以下几点。

(1) 放大器电路中的耦合电路故障, 导致对信号的衰减增大, 如耦合电容变质引起的信号衰减。

(2) 耦合变压器次级线圈局部短路, 导致次级线圈的信号输出电压减小, 相当于增加了信号的衰减。

(3) 串联在信号传输回路中的滤波器性能变劣导致信号的插入损耗增大, 增加了信号的衰减。

(4) 在调谐放大器电路中，调谐回路的 Q 质下降，或调谐回路的调谐频率偏移，导致输出信号减小，也相当于增大了信号的衰减。

8. 信号源本身输出信号小的故障分析

当放大系统一切正常时，若信号源本身输出的信号就小，必然会导致流入扬声器中的信号电流小，出现声音轻故障，这方面的具体故障原因有下列一些。

(1) 卡座的放音磁头磨损、磁头工作表面脏、方位角偏，都会使放音磁头输出的放音信号减小，导致放音轻故障。

(2) 放音磁带本身信号弱，也是造成放音声音轻的常见原因。

(3) 电视机、收音机中调谐器的天线断路、输入调谐回路故障，导致高频信号减小，也会出现收音声音轻故障。

9. 扬声器本身故障

当扬声器本身有故障而导致声音轻时，重放的声音质量往往很差，而且只是一只扬声器有这样的故障。

10. 声音轻故障种类

声音轻故障通过试听检查可以分成以下几种故障类型。

(1) 各种节目源重放声音都轻的故障

通过试听两种以上的节目源重放，若都有相同的声音轻故障，就是重放声音都轻故障。根据电路结构可知，造成这种故障的原因是各节目源共用电路出了故障，功能转换开关之后的电路是所要重点进行检查的电路。

(2) 某一种节目源出现重放声音轻故障

通过试听检查，若只是某一种节目源重放时才存在声音轻故障，说明故障只存在于有故障的节目源电路中。这种故障根据节目源的不同可以分成多种，如卡座声音轻故障、调谐器声音轻故障等。

从上述分析可知，这两种故障通过简单的试听检查可以确定故障性质，同时又能确定所要检查的故障范围，所以检修声音轻故障的第一步是通过试听检查，确定故障种类。

在上述两种故障中通过试听检查还可以进一步将故障分类。

(1) 左、右声道声音均轻，说明是两声道共用的电路发生故障，主要检查电源电路。

(2) 只是一个声道声音轻，此时只要检查有故障这一声道电路，电源电路一般工作正常。

11. 声音轻故障处理思路

关于声音轻故障的处理方法需要说明以下几点。

(1) 检查声音轻故障时，先用试听功能判别检查法将故障部位压缩到功能转换开关电路之前或之后的电路中，再用干扰检查法将故障范围进一步压缩到某一级放大器电路中，之后用电压、电阻代替检查法等确定具体的故障部位。

(2) 在检修过程中，通过试听检查确定声音轻到什么程度，若轻到几乎无声的地步，可以按照无声故障的处理方法进行检修；若只是略微轻，可以不必进行系统检查，只要适当减

小放大器的负反馈量(如加一只发射极旁路电容、适当减小功率放大器的负反馈电阻等),通过提高放大器增益来解决声音轻问题。

(3) 对于声音轻故障,干扰检查法是有效的检查方法,通过简单的几步干扰检查可将故障范围压缩到某一放大级或是在某一集成电路中。但是,对于声音略轻故障,由于干扰检查时扬声器响声的变化不大,通过试听不容易确定故障部位,所以对于声音不是很轻的故障用干扰检查法不够理想。

12. 功率放大器声音轻故障处理思路

当功能转换开关之后的电路出现故障,将导致各种节目源重放时声音轻故障,关于这部分电路的声音轻故障检查主要说明以下几点。

(1) 测量集成电路电源引脚或分立元件的功率放大器输出级直流工作电压是否偏低,若偏低可断开功率放大器输出级电源电路再测量整机直流电压,若仍然偏低,则是电源电路有故障,此时主要进行以下几个方面的检查。

- a. 检测整机滤波电容是否漏电,可更换滤波电容一试。
- b. 检查整流二极管是否开路,或二极管正向电阻是否太大。

(2) 若断开集成电路电源引脚或分立元件功率放大器输出级电源电路后,测量整机直流电压恢复正常,说明功率放大器输出级存在短路现象,此时要更换功率放大器集成电路或功率放大器输出级中的功率输出管。

(3) 测量集成电路电源引脚或分立元件功率放大器输出级直流工作电压正常时,可以用干扰检查法进行干扰检查,将故障压缩在某一级放大电路中。

六、音频前置放大器集成电路声音轻故障检修举例

这里以图 3-19 所示音频前置放大器集成电路为例,介绍这一集成电路出现声音轻故障的检修程序。

在修理前置放大器集成电路声音轻故障时,首先要确定故障的部位和性质,即通过试听检查搞清楚故障是否出在前置放大器集成电路中,以及是两个声道都有声音轻故障还是只是一个声道有声音轻故障。

1. 故障范围确定方法

对于声音很轻的故障,可以采用干扰检查法来确定故障范围,对于声音略轻的故障,由于干扰检查的误差而无法使用,只能用仪器测量的方法,在业余条件下只能采用直接处理的方法。

(1) 左、右声道声音轻故障范围的确定方法

在确定音频前置放大器集成电路左、右声道声音轻的故障范围时,给机器通电,干扰电阻 R109 的右端,此时干扰响声很大,再用螺丝刀轻轻接触录放磁头工作表面,此时响声很小,这样可以确定声音轻故障出在前置放大器集成电路中。

(2) 右声道声音轻故障范围的确定方法

对于音频前置放大器集成电路右声道声音轻故障范围的确定方法同上述方法一样。

(3) 左声道声音轻故障范围的确定方法

确定音频前置放大器集成电路左声道声音轻故障范围时，机器通电后，干扰电阻 R105 的右端，此时干扰响声很大，再用螺丝刀轻轻接触录放磁头工作表面，此时响声很小，这样即可以确定声音轻故障出在前置放大器集成电路左声道电路中。

2. 左、右声道声音轻故障检修程序

(1) 故障分析

由于左、右声道均存在无声故障，所以故障出在两声道共用的电路中，检查的重点主要有前置放大器集成电路电源引脚的直流工作电压是否偏低、前置放大器集成电路本身是否出现故障、集成电路内电路中的静噪声控制电路是不是出现故障。

(2) 测量前置放大器集成电路电源引脚直流工作电压

测量集成电路 A1 的电源引脚⑩脚上的直流工作电压，如果偏低，检查滤波电容 C116 是否漏电，可断开 C116 后再次测量 A1 的⑩脚直流工作电压，若恢复正常则是 C116 漏电，否则与 C116 无关；用电阻检查法检查退耦电阻 R106 阻值是否增大。上述检查正常后，电压检查法向整机电源电路方向检查直流工作电压低的原因。

(3) 检查集成电路静噪电路

测量集成电路 A1 的⑮脚直流电压，应该为 0V，如果不是 0V，用电压检查法沿⑮脚外电路检查出现直流电压的原因。

(4) 全面测量集成电路 A1 各引脚直流电压

在上述检查正常时，全面测量集成电路 A1 的各引脚直流工作电压，然后与正常值进行对比，对电压相差 0.5V 以上引脚的外电路进行重点检查。

(5) 代替检查法检查集成电路 A1

在上述检查正常时，如果是左、右声道声音很轻故障，可以对集成电路 A1 进行代替检查；如果是左、右声道只是声音略轻，可以采用辅助措施，方法是分别用一只 51Ω 电阻并联在电阻 R91 和 R95 上，通过减小交流负反馈量来提高左、右声道前置放大器的放大倍数。如果并联电阻后声音还是不够大，还可以进一步减小所并联电阻的阻值；若并联电阻后声音太大，音质有所下降，可适当减小所并联的电阻器阻值。

3. 右声道声音轻故障的检修程序

(1) 右声道声音很轻故障的检修

右声道声音很轻的故障可以像检修右声道无声道故障那样首先用干扰检查法进行检查，通过干扰检查能够将故障范围确定。

(2) 右声道声音略轻故障

右声道声音略轻的故障的检修不必进行系统检查，可以采用辅助措施来处理。取一只 51Ω 电阻并联在电阻 R91 上，通过减小右声道放大器负反馈的方法提高右声道前置放大器的放大倍数，调整并联在 R91 上的电阻大小，可以改变右声道前置放大器放大倍数的大小，所并联的电阻愈小，右声道前置放大器放大倍数愈大，反之则相反。

4. 左声道声音轻故障检修程序

左声道声音轻故障检修思路与右声道声音轻故障的检修一样，只是检查集成电路 A1 的

左声道引脚外电路。对于左声道声音略轻故障，可以取一只 51Ω 电阻并联在电阻 R95 上。

七、噪声大故障机理和检修程序

1. 噪声大故障定义

音频放大系统电路中的噪声大故障是指扬声器中出现了不是信号的声音，例如出现了交流声或“乱七八糟”的响声，这就是噪声大故障。对于视频系统电路而言，就是杂波大故障。

噪声大故障发生时，机器可以有正常的信号声音，也可以同时出现无声故障，若同时出现无声故障也可以按照无声故障检修程序进行故障检修。

2. 噪声大故障的五个主要方面原因

噪声大故障主要来自以下几个方面。

- (1) 机器的外部干扰，或通过电磁辐射或是由电源电路窜入机器。
- (2) 电路中某元器件噪声变大。
- (3) 电路中某元器件引脚的焊接质量有问题。
- (4) 电路的地线设计不良。
- (5) 交流声大是电源电路的滤波特性不好。

3. 外部干扰故障分析

其他电器设备在工作时会产生各种频率的干扰信号，它们或是通过交流市电的电源线窜入电源电路中，或是以电磁波辐射的形式对机器产生干扰，使机器在工作时出现噪声大的故障。

在不同的放大器电路中，设有不同形式的抗干扰电路，当外部干扰太强时这些抗干扰电路也变得无能为力，或是机器内部的抗干扰电路出了故障失去抗干扰作用，这时都将出现噪声大的故障。

电路中，有些元器件用金属外壳包起来，并将外壳接电路的地端，这就是为了防止外部电磁辐射而采取的抗干扰措施，当金属外壳的接地不良时，便会产生干扰。在电源电路中的抗干扰措施更多，主要有以下一些。

- (1) 电源变压器的初级与次线圈之间设置屏蔽层。
- (2) 在各整流二极管两端并联小容量电容器。
- (3) 在滤波电容上并联小容量的高频滤波电容器。
- (4) 在交流市电的输入回路中设置各种抗干扰电路。

上述一些抗干扰电路中的元器件出现故障后，将失去抗干扰作用，产生噪声大的故障。

4. 元器件噪声大故障分析

各种元器件都在一定程度上存在噪声，当它们的性能变劣导致噪声增大后，这些噪声将被后面的放大器放大，出现噪声大故障。这方面的原因主要有以下几点。

(1) 耦合电容器漏电增大。由于电容器的漏电电流将被输入到下一级放大器电路中，这是不该有的电流，便是噪声，愈是前级电路中的耦合电容漏电，所产生的噪声愈大。

- (2) 三极管的噪声变大。工作在小信号状态下的三极管,其静态电流增大后噪声也会增大。
- (3) 控制电路中的电位器转动噪声,如音量电位器转动噪声大的故障。
- (4) 信号传输电路中的一些开关件接触不良,造成噪声大。

5. 元器件引脚焊接质量故障分析

元器件引脚焊点质量不好,造成虚焊,在线路板受到振动等时,焊点松动,将引起电路出现噪声大的现象,这时往往是噪声不一定始终出现,表现为时有时无的噪声大的故障。

6. 地线设计不良故障分析

整机电路中地线是各部分电路的共用线路,当地线走向、排列等设计不合理时,各部分电路中的信号会通过地线相互耦合,造成噪声故障。

7. 噪声大故障的检修思路

对于噪声大的故障,先是通过试听检查和试听功能判别检查,将故障范围缩小,再用短路检查法将已经缩小的电路范围进行检查,进一步将故障范围缩小到某一级放大器电路中,然后采用电压、电阻、电流检查法处理。

8. 噪声大故障处理注意要点

检查噪声大故障过程中要注意以下几个方面。

- (1) 噪声愈大说明故障部位愈是靠近前级电路。
- (2) 交流声大主要检查电源电路中的滤波电容是否开路或容量变小。
- (3) 电位器噪声一般只在转动电位器时才表现出来。
- (4) 三极管只会在静态工作电流大时才出现噪声大问题,电流小没有噪声大的故障。

八、前置放大器集成电路噪声大故障检修举例

1. 故障范围确定方法

无论是左、右声道噪声大的故障还是一个声道噪声大的故障,都可以采用这样的方法将故障范围确定在前置放大器集成电路中。在噪声出现的情况下,用螺丝刀将集成电路 A1 的电源引脚⑩脚对地短路,再迅速移开螺丝刀,如果短接时噪声消失,说明故障出现在前置放大器集成电路;如果噪声仍然存在,说明故障出现在集成电路 A1 之后的后级电路中。

2. 左、右声道噪声大故障检修程序

(1) 交流声大故障检修

如果是出现“嗡嗡”的交流声大的故障,可以测量集成电路 A1 电源引脚⑩脚上的直流工作电压,如果直流工作电压不正常,或偏高,或偏低,电压检查法沿⑩脚外电压检查直流电压供给电路,查出电压变异的原因;如果集成电路 A1 电源引脚⑩脚的直流工作电压正常,可更换滤波电容 C116 一试。

上述检查无效后，应全面测量集成电路 A1 的各引脚直流工作电压，如有引脚直流工作电压异常，则检查该引脚外电路；无收效时，可更换集成电路 A1 一试。

(2) 左、右声道噪声大故障检修

测量集成电路 A1 电源引脚⑩脚上直流工作电压，如果明显偏高，用电压检查法检查⑩脚外电路，查出电压升高的原因；如果电源引脚⑩脚直流工作电压正常，再全面测量集成电路 A1 的各引脚直流电压，具体检查方法同上。

(3) 右声道噪声大故障检修

对于右声道噪声大故障的检修需要说明下列几点。

① 测量集成电路 A1 的右声道各引脚直流工作电压，对电压异常的引脚外电路进行检查，特别注意集成电路 A1 的⑤、⑥脚直流工作电压和外电路中电容的漏电故障。

② 分别更换输入端耦合电容 C93 和输出端耦合电容 C111 一试。

③ 如果出现大小恒定的高频噪声，可以检查电容 C95 是否开路。

④ 经检查集成电路 A1 外电路没有故障后，可更换集成电路 A1 一试。

(4) 左声道噪声大故障的检修

对于左声道噪声大故障检修同右声道检修方法一样，只是检查集成电路 A1 左声道电路中的相应元件，在此省略。

九、啸叫故障机理和检修程序

1. 啸叫故障定义

啸叫故障也是噪声故障的一种，将它与噪声故障分开是出于对这一故障的检修方便。噪声是杂乱无章的响声，而啸叫则是一种单频率的叫声，可以是高频叫声，也可是低频叫声，还有超音频啸叫(又称超音频自激，入耳听不到叫声)和超低频自激(自激频率低到入耳听不到叫声)。

啸叫声可以是连续的单频率叫声，也可能表现为单频的周期性叫声。

2. 啸叫故障的根本性原因

啸叫故障是由于电路存在自激，它在一个环路的电路范围内，输出信号通过有关正反馈路径又加到了放大器的输入端，使信号通过反馈和放大，反馈后信号愈来愈大，导致放大器出现单频的叫声。

根据产生自激的条件，啸叫故障有两个方面的根本性故障原因：一是放大环节；二是正反馈。但由于放大器本身就存在放大作用，所以产生啸叫故障的根本性原因是出现了某一频率信号的正反馈。

3. 啸叫故障四个主要方面的原因

啸叫故障主要有下列四个方面的原因。

(1) 消振元件开路，失去消振作用。

(2) 退耦电容开路或容量变小，不能退耦，使级间出现有害的交连，出现低频啸叫。

(3) 集成电路性能变劣(特别是功率放大器放大集成电路), 导致集成电路出现超低频自激现象。

(4) 电源内阻大, 或低频滤波、高频滤波性能不好, 均会导致放大器电路出现低频或高频自激。

4. 消振元件开路故障分析

一般放大器都是负反馈放大器, 为了防止这种放大器电路产生自激, 在电路中设有消除自激的元件, 在集成电路中还专门设有消振引脚, 以接入消振元件。

当放大器电路中的这些消振元件开路后, 放大器电路很可能会出现自激, 这种自激往往是高频的。消振元件一般是小容量的电容器, 如三极管集电极与基极之间的消振电容。

5. 退耦不良的故障分析

多级放大器电路中, 设有级间退耦电路, 以防止两级放大器之间的有害交连, 主要是低频交连, 防止后级放大器的输出信号通过电源电路又窜入到前级放大器的输入端。当电源回路中退耦电容的容量下降时, 退耦性能不好, 特别是低频退耦性能差, 就会出现低频交连, 发出低频叫声。

6. 集成电路自激故障分析

一些集成电路由于质量问题或使用一段时间后性能变劣, 会出现自激, 除了出现音频自激外, 还会出现超音频自激和超低频自激, 此时听不到啸叫声, 但没有给集成电路输入信号时, 集成电路就会发热, 如果出现这种情况就说明该集成电路出现了超音频自激或超低频自激, 这是一种很难检修的“听不见、摸不着”故障。

当集成电路出现这种自激时, 在检查外电路中消振电路工作正常和测量集成电路直流工作电压正常后, 需要更换集成电路。

7. 电源电路性能不好的故障分析

电源电路内阻大、滤波不良、高频滤波性能不良时, 对分立元器件功率放大器电路和功率放大器集成电路的影响最大, 因为功率放大器电路的工作电流很大。这一电路的自激故障主要有下列两种情况。

(1) 电源内阻大或滤波电容的容量小时, 在音量较小时功率放大器电路工作正常, 但音量较大后出现“嘟、嘟”声, 并且出现信号输出中断的现象。

(2) 电源电路中的高频滤波电容(小电容)开路时, 电源电路的高频退耦性能不好, 将出现高频自激。

8. 啸叫故障检修思路

进行啸叫故障处理时, 对于放大器低频自激主要是用一只大容量电解电容($100\mu\text{F}$)分别并在各级放大器直流电压供给电路中的退耦电容上一试, 或用 $2200\mu\text{F}$ 电容并在整机电源滤波电容上一试; 对于放大器高频自激则是用小电容并联在高频消振电容上一试; 对于超低频或超音频自激先检查集成电路外电路消振电路, 测量集成电路电源引脚上的直流工作电压正

常后，更换集成电路一试。

9. 啸叫故障处理注意要点

处理放大器电路啸叫故障过程中要注意以下几点。

(1) 对于这种故障采用短路检查法是无效的，因为短路自激环路中的任何一处时，都将破坏自激的幅度条件，啸叫均消失，这样就无法准确判断故障部位。

(2) 可以先用试听检查法和试听功能判别检查法将故障电路范围缩小一些，再作具体的检查。

(3) 啸叫故障是一种比较难处理的故障，检查中主要是采用上面介绍的各种代替检查方法。

十、前置放大器集成电路啸叫故障检修举例

这里以图 3-19 所示前置放大器集成电路为例，介绍对这一集成电路的啸叫故障检修过程和方法。

1. 低频啸叫故障检修程序

对于低频啸叫故障主要采用经验检查法，检修方法如下。

(1) 测量集成电路 A1 电源引脚⑩脚上的直流工作电压，如果有异常，再用电压检查法检查⑩脚外电路，查找电压异常的原因。

(2) 更换电源退耦电容 C116 一试。

(3) 全面测量集成电路 A1 的各引脚直流工作电压，对电压相差很大的引脚外电路进行检查。

(4) 上述检查没有发现故障时，可以更换集成电路 A1 一试。

2. 高频啸叫故障检修程序

对于这一集成电路的高频啸叫故障检修可用代替检查法，如果是左声道出现高频啸叫故障时，分别代替检查消振电容 C102 和 C115；如果是右声道出现高频啸叫故障时，分别代替检查消振电容 C101 和 C105。

第四节 集成电路选配原则和修理方法

一、集成电路代换方案

集成电路损坏后根据不同情况可有下列三种方案可以进行代换。

1. 直接代换

采用集成电路整体代换，这是最常用的方案，也是操作最为简单的方法，用同型号集成

电路或能够进行直接代换的其他型号集成电路代换，这是检修故障提倡的一种代换方案，不仅方便，而且能够保证检修质量。

2. 改动代换

采用集成电路的改动代换虽然不是上策，但是由于手中没有可以直接代换的集成电路，改动代换也是一个可行的方案。在这种代换中，通过对集成电路外电路进行适当的改动后才能进行代换，主要是对个别引脚的外电路进行改动，如加一、二个元件等，这种代换操作相对直接代换比较麻烦。

3. 分立件代换

采用分立元器件电路进行损坏集成电路的代换，即用分立元器件构成集成电路的内电路后进行代换，这种方案只适合于一些非常简单的集成电路，且操作相当的不方便，通常情况下是不用这种代换方案的。

二、直接代换原则和方法

集成电路出毛病后，一般情况下是无法修复的，需要作更换处理。在选配集成电路时，要注意一些方面的问题。

1. 直接代换方法

关于直接代换的方法需要说明下列几点。

(1) 直接代换时要求使用同型号集成电路，同型号是指集成电路的字头符号、字头后的数字和后缀全部相同，这时的代换万无一失，为代换的上上策。

(2) 在更换集成电路时，首先要搞清楚是什么功能的集成电路，例如是音响类集成电路还是视频类集成电路，是前置放大器集成电路还是功率放大器集成电路，以便在查集成电路置换手册时能有的放矢。

(3) 代换集成电路可查阅有关集成电路置换手册，这方面的代换资料除集成电路置换手册外，还有各种书刊上的代换资料，各种电子类杂志的合订本附录资料等，这要靠平时注意这方面的资料收集。

(4) 找到集成电路置换资料后，根据损坏的集成电路查出可代换的集成电路型号。置换资料一般会出现两种情况：一是直接代换的资料，二是改动代换的资料。如若可以直接代换，装上即可；如若代换时有电路变动的要求，则还要作电路的相应调整。通常，提倡集成电路直接代换。

(5) 在运用有关集成电路代换手册资料时要注意，有的代换资料是有误的，如某集成电路可以用两种型号集成电路代换，当选用一种作代换后，故障现象发生变化(原来的故障现象消失，但出现了新的故障现象)，此时要用另一种可代换集成电路进行代换，因为一些代换资料没有详细说明代换时是否要作电路改动，而资料表明同时可以用两种型号集成电路代换时，很可能其中一种代换时要进行电路的改动。

(6) 国产仿制集成电路与进口集成电路之间可直接代替，例如 TA7668 损坏，可用

D7668 直接代替，这两种集成电路不仅电路功能和性质参数相同，而且集成电路的外形、引脚数目、引脚排列、封装形式等相同。在国外与国产集成电路代换中，在集成电路型号中的字头符号后数字相同时，可直接代替。

2. 后缀不同的直接代换

关于集成电路型号后缀不同的直接代换方法需要说明下列几点。

(1) 在直接代换时，如果集成电路型号中的字头符号和后数的数字都相同，但是后缀不同，此时可以直接代换，但可能会出现一些小问题。例如，TA7193P 可以用国产的 D7193AP 直接代换。

(2) 举例说明后缀不同时的集成电路代换。TA7193AP 和 TA7193P 都是日本东芝公司生产的 PAL 制单片色处理集成电路，但 TA7193AP 是专门用来配日本日立公司生产的彩色显像管的，而 TA7193P 是用来配日本东芝公司生产的彩色显像管的，这两种彩色显像管的主要差别是荧光粉的发光效率不太一样，因此 TA7193AP 和 TA7193P 内电路的 G-Y 矩阵电路略有差别。这两种集成电路之间相互原则上可以代用，总体上并不影响观看，只是存在偏色，必要时可以通过调整暗平衡来得到补救。

(3) 暗平衡的调整方法是这样：将色饱和度电位器关至最小状态，出现黑白图像，然后关小亮度电位器，使光栅很暗，若此时光栅出现偏红，可以调整蓝、绿可变电阻器，使光栅变白，再开大亮度电位器，如果图像不是黑白色，再调整红、绿可变电阻器，使图像变成黑白色即可。

(4) D7193AP 和 D7193P 相互之间的代换情况与 TA7193AP 和 TA7193P 之间的情况一样，调整方法相同。

三、改动代换原则和方法

在不少情况下，集成电路的直接代换有些困难，主要是同型号的集成电路无法买到，或无法查到可以直接代换的集成电路型号，只有改动代换的资料，即要进行不同型号、同功能集成电路之间的代换。关于这种代换需要说明下列几点。

(1) 在进行集成电路的改动代换时，必须有详细的代换和改动资料，否则很难完成这种代换。

(2) 改动代换的资料一般不出现在集成电路的手册中，而是出现在一些集成电路代换的资料性图书中。

(3) 改动代换只能是对集成电路的某几根引脚外电路进行局部的改动，不可对集成电路的许多引脚外电路进行大面积的改动。

(4) 改动代换是选择同功能或包含原集成电路功能的集成电路进行代换，往往是对某引脚的外电路进行改动，加入或去除原集成电路外电路中的部分元器件，有些增加的新元器件可能还比较多，此时还得另行准备一小块线路板来焊接这些新增加的元器件。

四、分立元器件代换原则和方法

用分立元器件进行代换分为两种情况：一是对整个集成电路用分立元器件电路进行代

换，二是对已损坏的集成电路用分立元器件进行局部的修理。

1. 整块集成电路代换

关于用分立元器件进行整块集成电路的代换说明下列几点。

(1) 有些内电路元器件很少的集成电路，实在无法配到原型号或代替型号的集成电路时，可以用分立元器件构成电路进行代替。

(2) 进行分立元器件代换时，要详细知道原集成电路内电路，及内电路各元器件的标称值，否则这种代换是无法完成的，这方面的代换资料可以在一些专用介绍集成电路检修方法的图书中查找，或一些电子杂志的合订本附录中查找。

(3) 在进行这种分立元器件的代换时，要将分立元器件另用一块线路板装配好(还得做块铜箔线路板)，且设法固定在机器内部，然后将原集成电路各引脚电路与这一线路板电路的相关点用引线一一连接好。

2. 局部修复方法

当集成电路内电路局部损坏，无法买到代换的集成电路，且在确定集成电路可以进行局部修理时，可以采用这种方法修复集成电路，主要说明下列几点。

(1) 局部修理的集成电路只能是内电路中少数几个元器件损坏，一般不多于二只三极管及这些三极管的偏置元件等，如果损坏的元器件太多，则没有必要采用这种修理方法，更换集成电路比较方便。

(2) 局部修理的集成电路一定要有内电路详细资料，且有元器件的标称参数，否则也无法进行这种局部修理。

(3) 这种修理所新加上的元器件可以直接焊在原集成电路相关引脚上，利用相关引脚的焊点作为新装元器件的焊点，不必另找一块线路板。

(4) 所损坏的内电路是与集成电路其他部分电路断开的，没有断开的设法通过断开相关引脚后使之断开，无法与其他电路断开时则无法用这种方法进行修理。

(5) 修理所采用的元器件应用小型化的，这样体积比较小。

音频类常用集成电路工作 原理详解及故障检修程序

在所有集成电路中，音频类集成电路是最为常见的集成电路，一方面是因为音频类电路众多，另一方面许多视频类等电子设备中都有音频部分电路，所以掌握音频类集成电路的工作原理分析和故障检修方法是必要的。

音频类民用电子设备主要包括收音机、录音机、组合音响、卡座、音响组合、卡拉 OK 和功率放大器等。这一章详细介绍这些电子设备中常用集成电路的工作原理和故障检修方法。这也是分析和检修其他类集成电路的基础。

第一节 功率放大器集成电路详解及故障检修程序

在所有集成电路中，功率放大器集成电路的故障发生率最高，这是因为这种集成电路工作在高电压、大电流、大功率的状态下，比较容易出现故障。

功率放大器集成电路主要有下列三种。

(1) OTL 功率放大器集成电路，这种集成电路应用量最多。

(2) OCL 功率放大器集成电路，主要用于功率比较大的组合音响、音响组合等电子设备中。

(3) BTL 功率放大器集成电路，主要用于功率输出要求很大的电子设备中，如大功率的功率放大器中等。

一、单声道 OTL 功率放大器集成电路工作原理详解

OTL 是英文 Output Transformerless 的简写，意思是无输出变压器，即这种功率放大器电路在输出端不用输出耦合变压器。

OTL 功率放大器集成电路有两种：一是单声道的 OTL 功率放大器集成电路；二是双声道的 OTL 功率放大器集成电路。这两种集成电路工作原理是一样的，只是双声道电路多了一个完全相同的声道。

图 4-1 所示是单声道 OTL 音频功率放大器集成电路的典型电路。电路中，A1 为单声道 OTL 音频功放集成电路， V_i 为输入信号，这一信号来自前级的电压放大器输出端。RP1 是音量电位器，BL1 是扬声器。

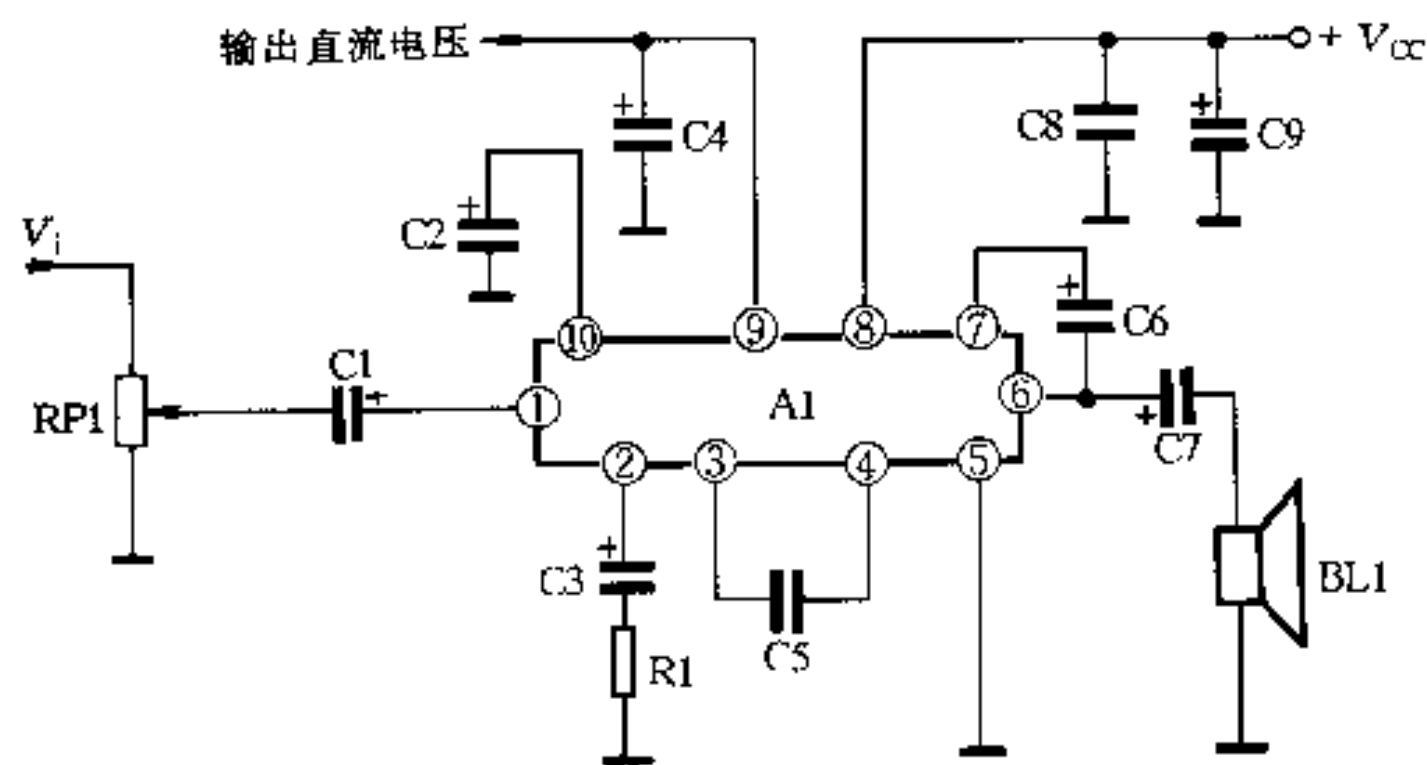


图 4-1 单声道 OTL 音频功率放大器集成电路

对这一功率放大器集成电路的工作原理可分成以下几个部分进行详细解说。

1. 集成电路 A1 各引脚的作用

分析集成电路工作原理的关键之一是要了解各引脚的作用。这一集成电路共有 10 根引脚，各引脚作用如表 4-1 所示。

表 4-1 集成电路 A1 引脚作用

引脚号	作用
①	信号输入引脚，用来输入所需放大的音频信号，与音量电位器 RP1 动片相连
②	交流负反馈引脚，与地之间接入交流负反馈电路，以决定 A1 的闭环增益
③	高频消振引脚，接入高频消振电容，防止放大器出现高频自激
④	另一个高频消振引脚，接入高频消振电容，防止放大器出现高频自激
⑤	接地引脚，是整个集成电路 A1 内部电路的接地端
⑥	信号输出引脚，用来输出经过功率放大后的音频信号，与扬声器电路相连
⑦	自举引脚，供接入自举电容
⑧	电源引脚，为整个集成电路 A1 内部电路提供正极性直流工作电压
⑨	直流工作电压输出引脚，其输出的直流电压供前级电路使用
⑩	开机静噪引脚，接入静噪电容，以消除开机冲击噪声

2. 输入引脚①脚电路分析

集成电路的分析主要是外电路的分析，关键是搞清楚各引脚的作用和各引脚外电路中的元器件作用，为了做到这两点首先要掌握各种作用引脚的外电路特征。

输入引脚用来输入信号，从①脚输入的信号直接加到集成电路 A1 内部的输入级放大器电路中。①脚外电路接入耦合电容 C1，称为输入端耦合电容，其作用是将集成电路 A1 的①

脚上直流电压与外部电路隔开，同时将音量电位器 RP1 动片输出的音频信号加到集成电路 A1 的①脚内电路中。

音频功率放大器的输入电容一般在 $1 \sim 10\mu\text{F}$ 之间，集成电路 A1 输入端的输入阻抗愈大，这一输入耦合电容 C1 的容量可以愈小，减小输入耦合电容的容量可以降低整个放大器的噪声。这是因为耦合电容的容量小了，漏电流就小，而漏电流就是输入到下级放大器电路中的噪声。

音频功率放大器集成电路的信号输入引脚外电路特征是：从音量电位器的动片经一只耦合电容与集成电路的信号输入引脚相连，根据这一外电路特征，可以方便地从 A1 各引脚中找出哪是输入引脚。但是，信号输入引脚外电路还有一种例外情况，这种例外在前面第二章中已经介绍。

3. 交流负反馈引脚②脚外电路分析

如图 4-1 所示电路，集成电路 A1 的②脚与地端之间接一个 RC 串联电路 C3 和 R1，这是交流负反馈电路，一般情况下负反馈引脚的外电路就有这样的特征，利用这一特征可以方便地在集成电路 A1 的各引脚上找出哪是负反馈引脚。

音频功率放大器电路中，交流负反馈电路中的电容 C3 一般为 $22\mu\text{F}$ ，其交流负反馈电阻 R1 的阻值一般小于 10Ω 。

音频功率放大器集成电路中的交流负反馈引脚外电路也有一种例外情况，即集成电路的负反馈引脚与地端之间只接入一只电容，而没有负反馈电阻，负反馈电阻设在集成电路交流负反馈引脚的内电路中，这样在外电路中就见不到交流负反馈电阻，这种情况在前面的章节中已经介绍。

4. 高频消振引脚③和④脚外电路分析

如图 4-1 所示电路，在集成电路 A1 的③脚和④脚之间接入一只小电容 C5（几百皮法），这是用来消除可能出现高频自激的高频消振电容，这种作用的电容在音频功率放大器集成电路和其他音频放大器集成电路中比较常见，这里用图 4-2 所示电路说明这一电容的工作原理。

电路中，集成电路 A1 的③和④脚内电路中是一只放大管 VT1，③脚是该管的基极，④脚是该管的集电极，所以这一消振电容 C5 实际上是接在放大管 VT1 的基极与集电极之间，构成高频电压并联负反馈电路，用来消除可能出现的高频自激。

(1) 负反馈电阻 R1 分析

在解说高频消振电容 C5 的工作原理前，先说明由电阻 R1 构成的电压并联负反馈电路工作原理，电阻 R1 也是并联在放大管 VT1 基极与集电极之间，所以也构成了电压并联反馈电路。电路的工作原理说明以下几点。

① 电阻 R1 一端接在放大器的输出端(集电极)，另一

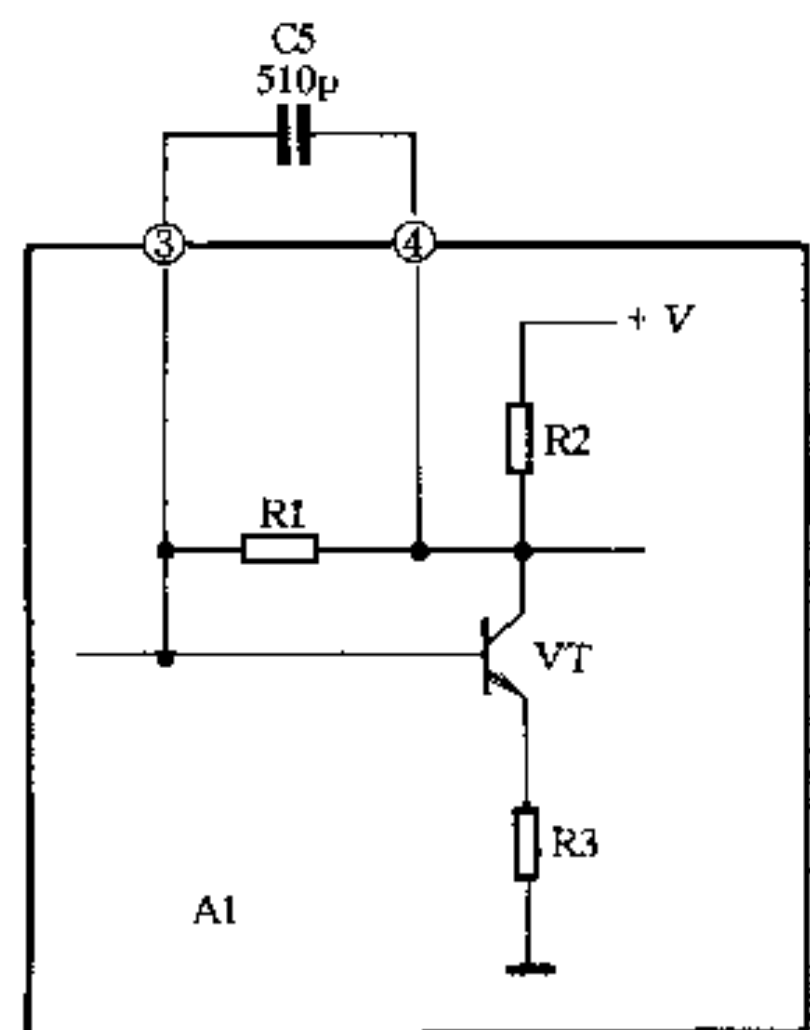


图 4-2 高频消振引脚内电路示意图

端接在输入端(基极), 所以 R_1 构成负反馈电路。

② 这一负反馈电路的工作过程为: 设 V_{T1} 管基极信号电压 $\uparrow \rightarrow V_{T1}$ 管基极电流 \uparrow (V_{T1} 是 NPN 型三极管, 基极电压升高, 基极电流增大) $\rightarrow V_{T1}$ 管集电极电流 \uparrow (集电极电流受基极电流控制) $\rightarrow V_{T1}$ 管集电极信号电压 \downarrow (集电极信号电压与电流之间成反相关系) $\rightarrow V_{T1}$ 管基极信号电压 \downarrow (通过电阻 R_1) $\rightarrow V_{T1}$ 管基极电流 \downarrow , 这是负反馈过程, 所以电阻 R_1 是负反馈电阻。

③ 这一负反馈电路的工作过程还可以用 V_{T1} 管基极信号电压减小来说明: 设某一瞬间 V_{T1} 管的基极信号电压 $\downarrow \rightarrow V_{T1}$ 管基极电流 \downarrow (V_{T1} 管基极电流减小说明信号的负半周幅度在增大) $\rightarrow V_{T1}$ 管集电极电流 $\downarrow \rightarrow V_{T1}$ 管集电极信号电压 $\uparrow \rightarrow V_{T1}$ 管基极信号电压 \uparrow (通过电阻 R_1) $\rightarrow V_{T1}$ 管基极电流 \uparrow (说明负半周的幅度在减小, 使净输入 V_{T1} 管基极的负半周信号在减小), 所以这也是负反馈过程。

④ 由于电阻接在 V_{T1} 管的基极与集电极之间, 在 R_1 回路中没有隔直流的元件, 从 V_{T1} 管集电极反馈到 V_{T1} 管基极的电流, 可以是直流电流, 也可以是交流信号电流, 这样上述负反馈过程的分析同时适合于直流和交流, 所以 R_1 对直流和交流信号都存在负反馈作用, 是一个直流和交流双重负反馈电路。

⑤ R_1 阻值大小对负反馈量有直接影响。当 R_1 阻值大时, 从 V_{T1} 管集电极加到 V_{T1} 管基极的负反馈信号就小, 若大到极限情况时 R_1 开路, 此时没有负反馈信号加到 V_{T1} 管的基极, 便不存在负反馈。所以在这种负反馈电路中, 负反馈电阻 R_1 阻值愈大, 负反馈量愈小, 放大器的放大倍数愈大。

⑥ 由于电阻 R_1 对不同频率的交流信号存在相同的阻值, 所以对交流信号的频率没有选择特性, 这样 R_1 对所有频率的交流信号存在相同的负反馈作用。

(2) 高频负反馈电容 C_5 分析

从电路中可以看出, 在负反馈电阻 R_1 上还并联了一只容量很小的电容 C_5 (C_5 为 510pF 电容, 在音频放大器电路中是容量很小电容), 对 C_5 的负反馈过程分析同电阻 R_1 的分析过程是一样的, 但电容器和电阻器的特性不同, 所以这一电容的负反馈原理有所不同, 主要说明以下几点。

① 电容器具有隔直作用, 这样 V_{T1} 管集电极上的直流电压不能通过 C_5 负反馈到 V_{T1} 管的基极, 所以 C_5 不存在直流负反馈的作用。

② V_{T1} 管构成的是音频放大器电路, 而 C_5 的容量只有 510pF , 这么小的电容对音频信号的容抗是很大的, 相当于开路, 音频信号也不能通过 C_5 加到 V_{T1} 管基极, 所以 C_5 对音频信号也不存在负反馈的作用。

③ C_5 对于比音频更高的信号其容抗很小, 所以 V_{T1} 集电极上的这种高频信号可以通过 C_5 加到 V_{T1} 基极, 这样 C_5 只对频率很高的信号具有负反馈作用。

在放大器电路中, 会产生高频自激现象, 一旦出现这种高频自激, 放大器就不能正常工作, 为此要设置像 C_5 这样的高频负反馈电容。由于 C_5 对这种高频信号具有强烈的负反馈作用, 使放大器对这种高频信号的放大倍数很小, 这样达到消除放大器高频自激的目的。音频放大器电路中, 像 C_5 这种作用的电容称为高频消振电容。

(3) 高频消振电路的变异电路

音频放大器集成电路高频消振引脚也有例外情况, 就是集成电路的某一引脚与地之间接

入一只几千皮法的小电容，如图 4-3 (a)所示，图 4-3 (b)是这一引脚的内电路示意图，用这一内电路示意图可以说明这种消振电路的工作原理。这种高频消振电路的变异电路通常称为滞后式消振电路。

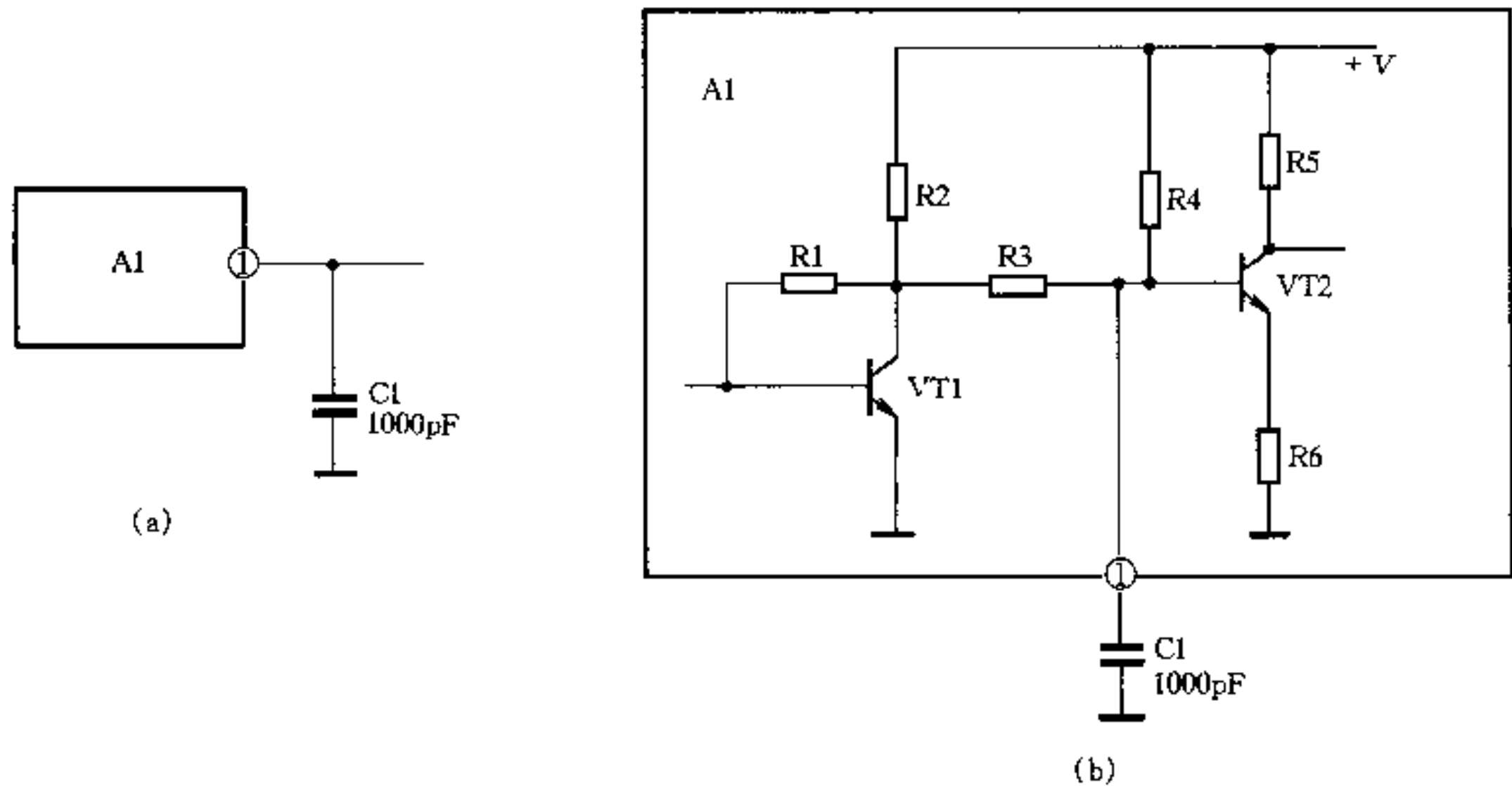


图 4-3 音频放大器集成电路高频消振引脚变异电路

内电路中，VT1、VT2 管构成两级直接耦合放大器，在两级放大器电路之间接入了电阻 R3 和电容 C1，这两个元件构成了滞后式高频消振电路，滞后式消振电路又称主极点校正电路。

这一电路的工作原理是：从 VT1 管集电极输出的信号经过 R3 和 C1 后，信号的相位得到滞后移相，也就是加到 VT2 管基极的信号相位比 VT1 管集电极输出的信号相位滞后了，这就破坏了自激的相位条件，达到消除自激的目的。因为在消振电路中，通常是破坏自激信号的相位条件。

这一电路能够消除自激的原理还可以这么去理解：R3 和 C1 构成一个分压电路，由于产生自激的信号频率比较高，C1 对产生自激的高频信号其容抗很小，这样分压电路对该频率信号的分压衰减很大，使输入 VT2 管的信号幅度很小，达到消除自激的目的，这是从破坏自激幅度条件角度来理解的。

在滞后式高频消振电路中，如若前级放大器的输出电阻很大，可以将消振电路中的电阻 R3 省去，只设消振电容 C1。在音频放大器电路中，消振电阻 R3 一般为 $2\text{k}\Omega$ ，消振电容一般取几千皮法。

5. 信号输出引脚⑥脚外电路分析

如图 4-1 所示电路，集成电路 A1 的⑥脚是信号输出引脚，这一引脚的外电路特征是：它与扬声器之间有一只容量很大的耦合电容(一般大于几百微法)，同时还有一只几十微法电容与自举引脚⑦脚相连，根据这一外电路特征可以方便地找出 OTL 功率放大器集成电路 A1 的信号输出引脚。注意，在一些输出功率很小的 OTL 功率放大器集成电路中不设自举电容，也没有自举引脚。

对于 OTL 功率放大器集成电路而言，信号输出引脚外电路没有什么变化，记住这种集成电路信号输出引脚外电路特征即可分析各种型号 OTL 功率放大器集成电路的信号输出引脚外电路。

6. 自举引脚⑦脚外电路分析

在图 4-1 所示电路中，集成电路 A1 的⑦脚是自举引脚，该引脚与信号输出引脚之间接有一只几十微法的自举电容 C6，且电容的正极接自举引脚，负极接信号输出引脚，在确定了信号输出引脚之后，根据这一外电路特征可以方便地找出自举引脚。

关于功率放大器集成电路自举引脚及自举电容的工作原理可以用如图 4-4 所示的内电路来说明，这是集成电路 A1 的自举引脚和信号输出引脚内电路示意图，也是 OTL 功率放大器的自举电路。

在集成电路 A1 的内电路中，VT1 和 VT2 构成功率放大器的输出级电路，⑥脚是信号输出引脚，⑦脚是自举引脚，⑧脚是直流工作电压引脚，外电路中的 C6 和内电路中的 R1、R2 构成自举电路。其中，C6 为自举电容，R1 为隔离电阻，R2 将自举电压加到 VT1 管的基极。对自举电路的工作原理分析如下。

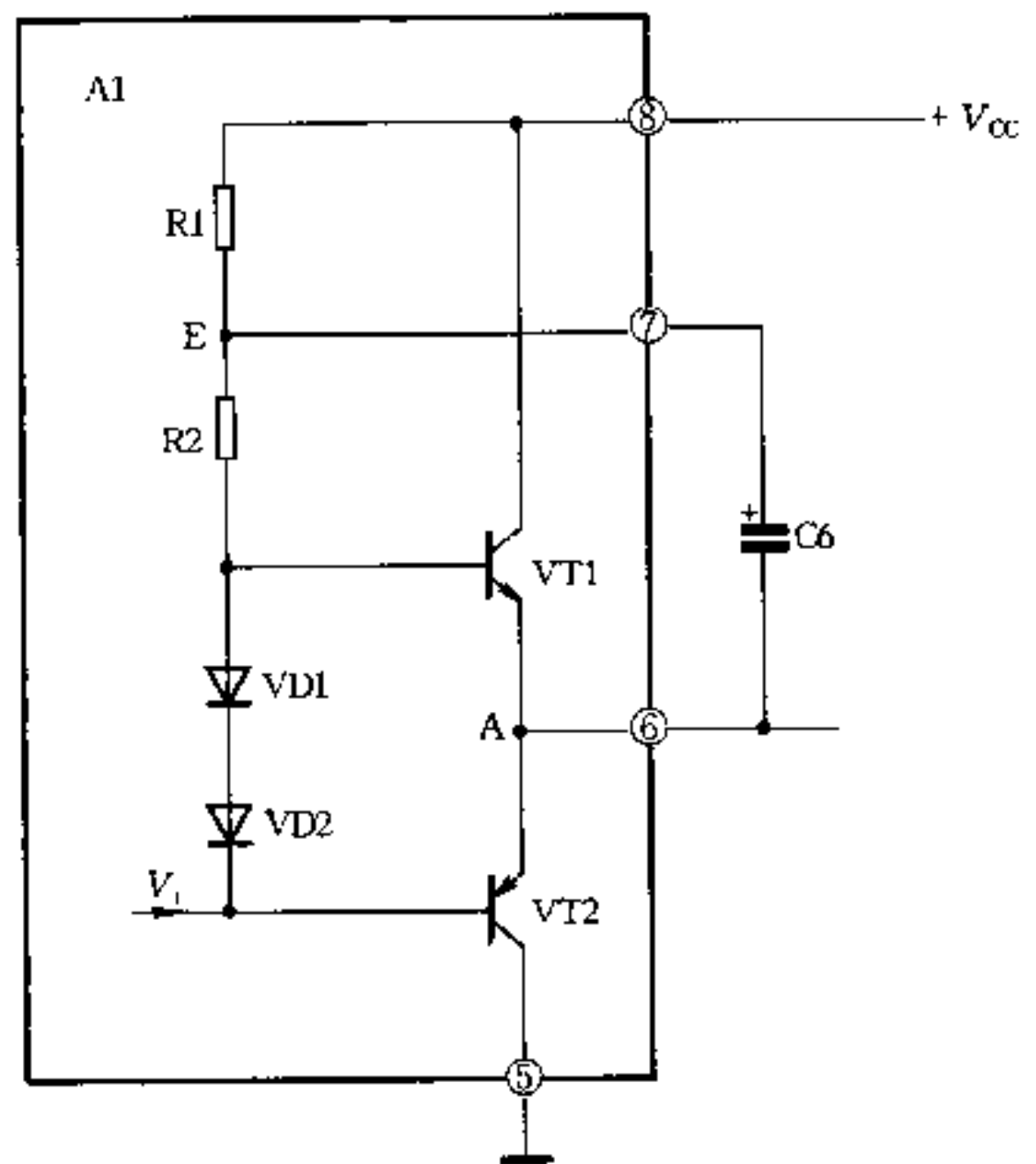


图 4-4 自举电路示意图

(1) 设置自举电路的原因
如若不加自举电容 C6，输入信号 V_i 为正半周时 VT1 管导通、放大，当输入 VT1 管基极的正半周信号比较大时，VT1 管基极信号电压也比较大，由于 VT1 管发射极电压跟随基极电压，使 VT1 管的发射极电压逼近 $+V_{CC}$ ，造成 VT1 管集电极与发射极之间的

直流工作电压减小。三极管的这一工作电压减小后，容易使三极管进入饱和区，在三极管进入饱和区后，三极管的基极电流就不能有效地控制集电极电流。

换句话说讲，在三极管集电极与发射极之间的直流工作电压减小之后，基极电流增大许多才能三极管的集电极电流有一些增大，这显然使正半周大信号输出受到抑制，造成正半周大信号的输出不足，必须采取措施来加以补偿，即采用所谓的自举电路。

(2) 自举电路静态情况分析

在静态时， $+V_{CC}$ 经 R1 和集成电路 A1 的⑦脚对外电路中的自举电容 C6 充电，使 C6 上充有上正下负的电压 V_{C6} ，这样电路中 E 点的直流电压 V_E 等于 A 点的直流电压加上 V_{C6} ，E 点的直流电压高于 A 点电压。

(3) 自举过程分析

在加入自举电路之后，由于 C6 的容量比较大，它的放电回路时间常数很大，使自举电容 C6 上的电压 V_{C6} 基本不变。这样，当正半周大信号出现时，A 点电压升高导致电路中的 E

点电压也随之升高。

E点升高的电压经R2加到VT1管的基极，使VT1管基极上的信号电压更高(这是正反馈过程)，便有更大的基极信号电流来激励VT1管，使VT1管发射极输出的信号电流更大，以补偿由于VT1管集电极与发射极之间直流工作电压下降而造成的输出信号电流不足，这就是所谓的自举。

(4) 隔离电阻R1作用分析

自举电路中，R1用来将E点的直流电压与集成电路的直流工作电压 $+V_{CC}$ 隔离，使E点直流电压有可能在某瞬间超过 $+V_{CC}$ 。当VT1管中的正半周信号幅度很大时，A点电压接近 $+V_{CC}$ ，E点直流电压更大，并超过 $+V_{CC}$ ，此时E点电流经R1流向电源端 $+V_{CC}$ (对直流电源 $+V_{CC}$ 充电)。如若没有电阻R1的隔离作用(将R1短接)，则E点直流电压最高为 $+V_{CC}$ ，而不可能超过 $+V_{CC}$ ，此时便无自举作用。

7. 前级电源输出引脚⑨脚外电路分析

在图4-1所示电路中，集成电路A1的⑨脚是前级电源输出引脚，该引脚的外电路特征是：与前级放大器的电源电路相连，且该引脚与地之间有一只几百微法的电源滤波电容C4，根据这一外电路可以方便地确定哪是前级电源引脚。

8. 开机静噪引脚⑩脚外电路分析

一些功率放大器集成电路内电路中，为了消除接通电源时扬声器中发出“砰”的冲击噪声，在集成电路内电路中设置了开机静噪电路，其外电路中接入一只静噪电容，如图4-1所示，电路中⑩脚与地之间的C2就是这种开机静噪电容，关于这一引脚内电路静噪电路工作原理可以用如图4-5所示集成电路静噪引脚内电路来说明。

⑩脚是该集成电路的静噪控制引脚，C1是开机静噪电容。内电路中，VT1和VT2等构成静噪电路，VT3管是低放电路中的推动管。

这一电路工作原理是这样：内电路中，电阻R1和R2分压后的电压加到VT1管基极，R4和R5分压后电压加到VT1管发射极上，这两个分压电路使VT1管基极上直流电压等于发射极上电压，这样在静态时VT1管处于截止状态。

开机瞬间，由于电容C1两端的电压不能发生突变(C1内原先无电荷)，使集成电路A1的⑩脚电压为0V，此时VT1管处于导通状态，其集电极电流流入VT2管基极，使VT2管饱和，其集电极为低电位，将推动管VT3基极对地端短接，使功率放大器输出级没有信号输出，这样开机时的冲击噪声不能加到扬声器中，开机时机器没有冲击噪声，达到开机静噪的目的。

开机之后，直流工作电压 $+V$ 通过R1对电容C1充电，很快使C1充满电荷，C1对直流而言相当于开路，此时VT1管的基极电压由R1和R2分压后决定，此时VT1管处于截止状态，使VT2管截止，这样VT2管对推动管VT3的基极输入信号没有影响，此时没有静噪控

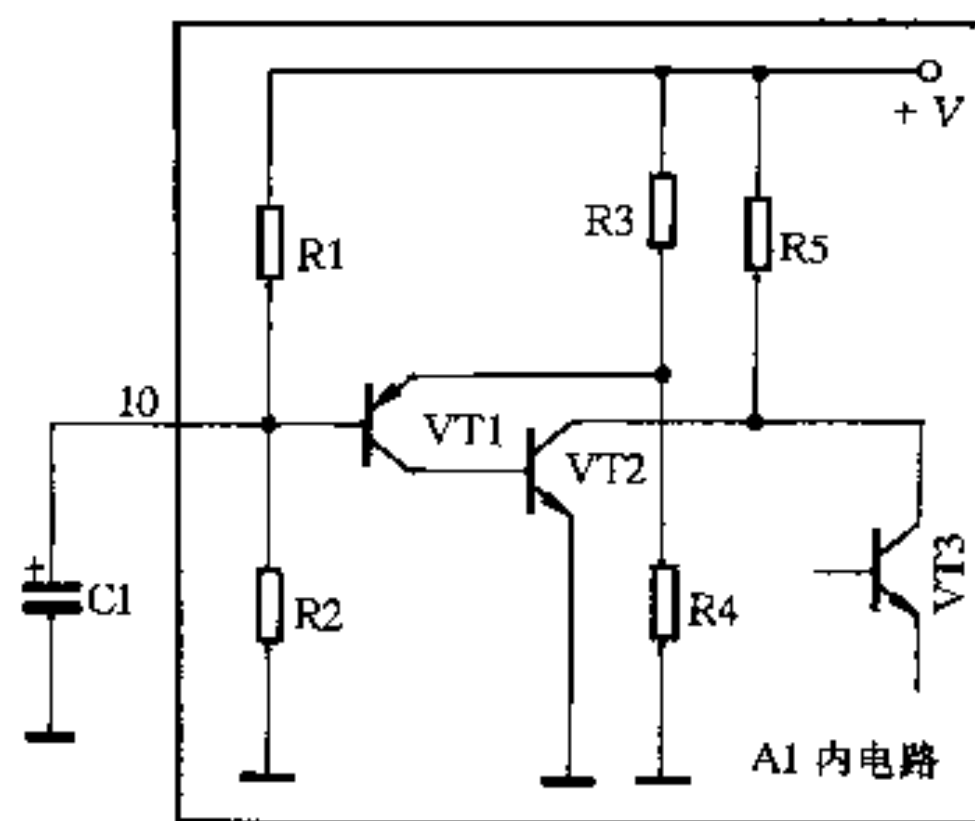


图4-5 功率放大器集成电路
内电路中的开机静噪电路

制作用。

关机后，电容 C1 中的电荷通过 R2 放电，使下次开机时静噪电路投入工作。
开机静噪电容一般为几十微法。

9. 关于外电路分析的几点说明

关于 OTL 功率放大器集成电路引脚外电路分析还要说明以下几点。

(1) 除上述几种集成电路引脚之外，有些 OTL 音频功率放大器集成电路还有这么一些引脚：一是旁路引脚，它用来外接发射极旁路电容，该引脚外电路特征是该引脚与地之间接入一只几十微法电容；二是开关失真补偿引脚，该引脚与地端之间接入一只 $0.01\mu\text{F}$ 左右的电容。

(2) 并不是所有的单声道 OTL 功率放大器集成电路中都有上述各引脚，前级电源引脚、旁路引脚一般少见，高频消振引脚在一些集成电路中也没有。

(3) 当集成电路中同时有旁路电容引脚和开机静噪引脚时，这两个引脚的功能通过识图就很难分辨出来，因为这两个引脚的外电路特征基本一样，即引脚与地之间接入容量相差不大的电容。分辨方法是这样：可将这两根引脚分别对地直接短路，若短路后扬声器中没有声音，说明该引脚是静噪引脚。另一种方法是分别测量这两根引脚的直流电压，电压高的一根引脚是静噪引脚。

(4) 在进行引脚作用分析过程中，自举引脚和输出引脚之间容易搞错，应该记住经过一只电容后与扬声器相连的引脚是信号输出引脚，如果错误地将自举引脚作为输出引脚，它要经过自举电容和输出耦合电容这两只电容后才与扬声器相连。

10. 交流电路分析

在图 4-1 所示电路中，音频信号传输和放大过程是：输入信号 V_i 加到音量电位器的热端，通过 RP1 动片控制后音频信号通过 C1 耦合，加到 A1 的信号输入引脚①脚，经过集成电路 A1 内电路功率放大后的信号从信号输出引脚⑥脚输出，通过输出端耦合电容 C7 加到扬声器 BL1 中。

11. 电路故障分析

对图 4-1 所示电路的故障分析说明如下。

(1) 当集成电路 A1 的电源引脚⑧脚上没有直流工作电压 $+V_{CC}$ 时，整个电路不能工作，无信号加到扬声器中，出现完全无声故障；当⑧脚上直流电压偏低时，将出现输出功率小的现象，此时扬声器中的声音不够大，⑧脚上直流电压低得愈多，声音愈小。这时因为在功率放大器电路中，放大器的输出功率大小在一定范围内与直流电压大小相关，直流工作电压高，放大器输出功率大。

(2) 造成集成电路 A1 的⑧脚上没有电压或电压低的原因，一是整机电源电路故障；二是电容 C8 和 C9 故障，主要问题是滤波电容 C9。当 C9 开路时，将出现交流声大，因为 C9 开路后等于滤波电路失效，直流工作电路中的交流成份大，这一交流成份串入放大器电路中，就会引起“嗡嗡”的交流声故障。

当 C9 漏电时，有直流电流流过 C9，会造成集成电路 A1 的⑧脚上直流工作电压下降，

C9 漏电愈严重，⑧脚上的直流电压下降得愈多，这时因为 C9 漏电加大了电源电路的工作电流，在电源内部上的压降增大，使整流电路输出的直流工作电压下降。对于 C9 这样的电源滤波电容而言，由于其容量较大，其漏电故障的发生率比较高。同时，由于 C9 漏电，其容量也减小，此时滤波效果变劣，所以也会有交流声出现。

(3) 当电容 C1 开路时，没有信号加到集成电路 A1 中，此时扬声器无声；当 C1 漏电时，将出现噪声大的故障，这是因为 C1 漏电说明有直流电流流过 C1，这一电流就是噪声，由于 C1 在整个放大器的最前面，稍有噪声就会被后级放大器电路放大，扬声器中将会产生很大的噪声。

(4) 当电容 C3 开路时，相当于交流负反馈电阻 R1 开路，即阻值为无穷大，使放大器的负反馈很大，放大器增益减小很多，此时扬声器中的声音减小许多；当 C3 漏电时，②脚内电路中的直流电流就会通过 C3 和 R1 到地端，这使②脚的直流电压下降。

(5) 当 C5 开路时，一般情况下放大器不会有什么异常现象，但有可能出现高频噪声或啸叫，这是因为 C5 开路后没有了高频负反馈的存在；当 C5 击穿时，③脚和④脚的直流电压相等，此时放大器不能工作，扬声器中无声；当 C5 漏电时，③脚和④脚的直流电压会异常，影响放大器的工作，C5 漏电严重时放大器将不能正常工作。

(6) 接地引脚的主要故障是接地引脚与线路板地线之间开路，通过测量集成电路 A1 的⑤脚和线路板地线之间的电阻可以确定是否开路。开路时，整个集成电路 A1 不能工作，扬声器中无声。

(7) 输出引脚⑥脚是检查故障中最关键引脚之一，测量它的直流电压应该等于 $+V_{CC}$ 的一半，如果是这样可以说明这一电路除 C8 和 C9 外所有电容不存在漏电和击穿故障，但不能保证没有开路的故障，这是因为电容具有隔直通交功能；如果测量⑥脚电压小于 $+V_{CC}$ 的一半，检查 C7 是否漏电，可断开 C7，断开后如果电压恢复正常，说明 C7 漏电，否则与 C7 无关，测量集成电路其他引脚直流电压，无异常时更换集成电路 A1；如果测量⑥脚直流电压大于 $+V_{CC}$ 的一半，不必检查 C7，直接测量集成电路其他引脚直流电压，无异常时更换集成电路 A1。

(8) 电容漏电使造成集成电路 A1 的⑥脚直流电压下降，这是因为 C7 漏电后⑧脚有直流电流输出，通过 C7 和 BL1 到地；当 C7 严重漏电时，将损坏扬声器 BL1；当 C7 开路时，扬声器完全无声。

(9) 当自举电容 C6 开路时，没有自举作用，在小信号(音量开得不大)时问题不大，但在大信号时放大器输出功率不够；当 C6 漏电时，将影响到⑥脚和⑦脚的直流电压，通过测量这两根引脚的直流电压可以发现这一问题。

(10) 测量电源引脚⑧脚上直流电压是检查这种电路的另一个关键之处，当⑧脚上直流电压为 0V 时，扬声器中完全无声。

(11) 当电容 C4 漏电时，会使集成电路⑨脚直流电压下降；当 C4 开路时，前级电源的滤波效果差，会出现随音量电位器开大交流声增大的故障现象。

(12) 当 C2 开路后，每次开机时，扬声器中会出现“砰”的冲击响声；当电容 C2 漏电时，会使集成电路⑩脚直流电压下降，当⑩脚电压低到一定程度时，集成电路 A1 就不能工作，扬声器无声。

二、单声道 OTL 功率放大器集成电路故障检修程序

检修 OTL 功率放大器集成电路的绝招是测量集成电路信号输出引脚的直流工作电压，正常时信号输出引脚上的直流工作电压等于集成电路电源引脚上直流工作电压的一半，否则集成电路必定出现了故障。

1. 输出端直流电压等于直流工作电压一半的分析

如图 4-4 所示电路，从电路中可以看出，A 点是集成电路 A1 的信号输出端，其直流工作电压大小是由 VT1 和 VT2 管集电极与发射极之间内阻对电源引脚上直流工作电压 $+V_{CC}$ 分压后决定的。

由于 VT1 和 VT2 管性能一致，加上有相同的静态偏置电流，所以两管的集电极与发射极之间的内阻相等。这样根据分压电路的有关特性可知(分压电路中的两个电阻相等)，OTL 功率放大器集成电路输出引脚上的直流电压等于电源引脚上直流工作电压 $+V_{CC}$ 的一半。利用这一分析可以方便地记牢这一点。

如若 VT1 和 VT2 两管的静态偏置电流大小不等，则 VT1 和 VT2 管内阻不等，OTL 功率放大器集成电路信号输出引脚上的直流电压就不等于直流电压 $+V_{CC}$ 的一半；当 VT1 管内阻大于 VT2 管内阻时，A 点的直流电压小于 $+V_{CC}$ 的一半；当 VT2 管的内阻大于 VT1 管的内阻时，A 点的直流电压就大于 $+V_{CC}$ 的一半。由此可知，通过测量电路中 A 点的直流电压大小，便可以知道 VT1 和 VT2 管是否处于正常状态下。

在集成电路的内电路中，一般情况下各级放大器之间都是采用直接耦合，所以当集成电路内电路或外电路有故障时，将影响集成电路信号输出引脚上的直流工作电压，利用这一点可以方便地知道功率放大器集成电路是否出现了故障。

2. 完全无声故障检修程序

对于如图 4-1 所示单声道音频功率放大器集成电路完全无声故障的检查步骤和具体方法解说如下。

(1) 电压检查法测量集成电路 A1 电源引脚⑧脚上的直流工作电压 $+V_{CC}$ ，若测量为 0V，断开 C8、C9 后再次测量这一引脚上的直流工作电压，仍然为 0V 说明功率放大器集成电路 A1 没有问题，电压检查法检查电源电路；若断开两电容后集成电路 A1 的⑧脚直流工作电压恢复正常，则是 C8 或 C9 击穿(C8 容量较小一般不会击穿，C9 击穿的可能性较大)，可用电阻检查法分别检测。

(2) 在集成电路 A1 的电源引脚上直流工作电压正常后，测量集成电路 A1 的信号输出引脚⑥脚上直流工作电压，正常时应该为 $+V_{CC}$ 的一半，若这一电压为 0V，说明集成电路 A1 损坏，应予更换。

(3) 当测量集成电路 A1 的信号输出引脚上的直流电压正常后，用电阻检查法检测扬声器 BL1 的接插件(图中未画出)是否接触不良、扬声器是否开路、扬声器接地是否良好、扬声器的地线与集成电路 A1 的地线之间的铜箔线路是否开裂。

(4) 上述检查均没有发现故障部位时，用代替检查法检查集成电路 A1 的输出端耦合电

容 C7 是否开路、重新熔焊 C7 的两根引脚焊点，用电阻检查法检测 C7 的两根引脚铜箔线路是否开裂。

3. 无声故障检修程序

以图 4-1 所示单声道音频功率放大器集成电路无声故障为例，说明检查步骤和具体方法。

(1) 将音量电位器 RP1 开到最大音量位置，干扰 RP1 热端，若扬声器 BL1 中没有干扰响声，说明无声故障出在这一功率放大器集成电路中，若扬声器中有响声说明无声故障与功放电路无关。这就可以将无声故障范围确定在图示的单声道音频功率放大器集成电路中。

(2) 用电压检查法测量集成电路 A1 的信号输出引脚⑥脚上的直流电压，若不等于直流工作电压 $+V_{CC}$ 的一半，说明无声故障出在集成电路 A1 电路中。

(3) 若测量集成电路 A1 的⑥脚直流电压低于 $+V_{CC}$ 的一半，可断开 A1 的输出端耦合电容 C4 后再次测量⑥脚的直流电压，若恢复正常则是 C4 漏电；若仍然低，可断开 A1 的输入端耦合电容 C1 后测量⑥脚直流电压，如果恢复正常就是 C1 漏电；如果仍低说明集成电路 A1 有问题，可以用代替法检查一试。

(4) 若测量集成电路 A1 的⑥脚直流电压高于 $+V_{CC}$ 的一半，可断开 C6 后再次测量集成电路 A1 的⑥脚直流电压，若恢复正常则是 C6 漏电；若仍然低，断开 C3 后测量⑥脚直流电压，恢复正常是电容 C3 漏电；若还低说明集成电路 A1 有问题，可以对集成电路 A1 进行代替检查一试。

(5) 电阻检查法测量集成电路 A1 的⑤脚与地线之间是否开路。

(6) 测量集成电路 A1 的静噪控制引脚⑩脚直流电压，如果为 0V，检查电容 C2 是否击穿。断开 C2，如果声音出现，说明是 C2 击穿了，应更换之。

(7) 在对集成电路外电路中的元器件检测没有发现问题后，可用代替检查法检查集成电路 A1。

(8) 若 A1 的⑥脚直流电压等于 $+V_{CC}$ 的一半，说明集成电路 A1 工作正常，可用代替法检查 C1 是否开路，用电阻法检测 RP1 动片与碳膜之间是否开路。

4. 声音轻故障检修程序

对图 4-1 所示单声道音频功率放大器集成电路声音轻故障的检查步骤和具体方法解说如下。

(1) 将音量电位器 RP1 开到最大，干扰 RP1 热端，若扬声器 BL1 中的干扰响声很小，说明声音轻故障出在这一功率放大器集成电路中，若扬声器中有很大的响声说明声音轻故障与集成电路 A1 无关。

(2) 用电压检查法测量集成电路 A1 电源引脚上的直流工作电压 $+V_{CC}$ 是否太低，如果电压太低可断开 C8 和 C9，再次测量直流工作电压 $+V_{CC}$ ，若此时直流电压 $+V_{CC}$ 恢复正常，说明 C8 或 C9 击穿；如果 $+V_{CC}$ 仍然太低，可将 A1 的电源引脚⑧脚铜箔线路断开，再次测量 $+V_{CC}$ 端直流电压，如果仍然低，则要用电压法检查电源电路；如果此时电压恢复正常，说明集成电路 A1 损坏，应予更换。

(3) 用电压检查法测量集成电路 A1 的⑥脚直流电压，若偏离 $+V_{CC}$ 的一半，用前面介绍的方法进行检查。

(4) 测量集成电路 A1 的静噪控制引脚⑩脚直流电压, 如果电压偏低, 检查电容 C2 是否漏电, 可断开 C2, 如果故障现象消失, 说明是 C2 漏电了, 需更换。

(5) 重新熔焊 C1 的两根引脚焊点。

(6) 用电阻检查法检测 RP1 动片与碳膜之间是否接触电阻太大。

(7) 对于声音略轻故障, 可以适当减小交流负反馈电阻 R1 的阻值, 即用一只与 R1 阻值相同的电阻并在 R1 上。

(8) 用电阻法检测交流负反馈回路中的 C2、R1 是否开路, 重新熔焊这两个元件的引脚焊点。

(9) 如果故障只是表现为在大信号时声音略轻, 可以用代替检查法检查自举电容 C6。

(10) 上述检查无效后对集成电路 A1 作代替检查。

5. 噪声大故障检修程序

对图 4-1 所示单声道音频功率放大器集成电路噪声大故障的检查步骤和具体方法解说如下。

(1) 在关死音量电位器 RP1 后, 如果噪声消失, 说明噪声大故障与这一功率放大器集成电路 A1 无关, 故障出在前级放大器电路中; 若关死后噪声仍然存在或略有减小, 说明噪声大故障出在这一音频功率放大器集成电路中。

(2) 交流声大时可用代替检查法检查 C9, 也可以在 C9 上再并一只 $1000\mu\text{F}$ 的电容(负极接地端, 不可接反); 如果是前级放大器出现交流声大故障, 可以检查电容 C4 是不出现开路或容量变小故障。

(3) 重新熔焊集成电路 A1 的各引脚和外电路中的元件, 特别是集成电路外电路中的电容。

(4) 重点检查集成电路 A1 外电路中的各电容是否漏电, 可进行代替检查, 重点是电容 C1、C3、C5、C2。

(5) 如果只是在开机时出现一声噪声, 可重点检查电容 C2 是否开路。

(6) 上述检查无效后用代替法检查集成电路 A1。

6. 其他电路故障的检修方法

对图 4-1 所示单声道音频功率放大器集成电路的其他故障的检查步骤和具体方法解说如下。

(1) 出现高频自激故障时, 可以在电容 C5 上再并联一只相同容量电容一试, 若并联后高频自激消失, 说明原 C5 开路, 应更换 C5。

(2) 如果在没有加信号时集成电路 A1 发热, 说明集成电路 A1 存在超音频或超低频自激, 此时可以更换高频电源滤波电容 C8 一试, 无效后测量集成电路 A1 电源引脚直流工作电压, 若正常时可以更换集成电路 A1 一试。

(3) 如果在调整音量时出现“咯啦、咯啦”响声, 而在不调整音量电位器时这一噪声就消失, 说明是音量电位器转动噪声大故障, 可清洗音量电位器 RP1, 清洗方法是: 沿音量电位器转柄处滴入纯酒精清洗液, 且不断转动电位器的转柄, 使动片在碳膜上移动, 以便充分清洗。这一清洗可以在通电下进行, 随着清洗的进行, 转动音量电位器时的噪声会愈来愈

小，直至转动噪声消失。

7. 注意事项

在检修单声道 OTL 功率放大器集成电路故障过程中要注意以下几个方面的问题。

(1) 检查这种集成电路最关键一点是集成电路信号输出引脚直流电压应等于电源引脚上直流工作电压的一半，这一点电压正常表示集成电路没有故障。外电路中的电容不存在击穿、漏电问题，但不能排除电容开路的可能性。

(2) 当功率放大器集成电路外壳上出现裂纹、小孔时，说明集成电路已经烧坏，需要更换。

(3) 功率放大器集成电路的故障发生率比较高。

(4) 当功率放大器集成电路烧坏(击穿)后，会引起频繁烧保险丝的故障。

(5) 功率放大器集成电路最多的故障是无声、声音很轻的故障。

(6) 在没有给功率放大器集成电路输入信号时，通电后集成电路的散热片就已经很烫手，说明集成电路存在超低频自激或超音频自激故障。

三、双声道 OTL 音频功率放大器集成电路工作原理

在音频电器中，双声道电路是一种十分常见的电路形式，所谓双声道就是有左、右两个声道，且电路结构和元器件参数完全相同的电路。

双声道电路由两个独立的单声道构成，有下列两种组成方式。

(1) 采用两个单声道的集成电路构成一个双声道电路，这两个单声道集成电路的型号、外电路结构、元器件参数等完全一样。

(2) 直接采用一个双声道的集成电路，这种电路形式最为常见。

图 4-6 所示是双声道 OTL 功率放大器电路，由集成电路 A1 构成。电路中，RP1-1 和 RP1-2 分别是左、右声道的音量电位器，这是一个双连同轴电位器，BL2 和 BL1 分别是左、

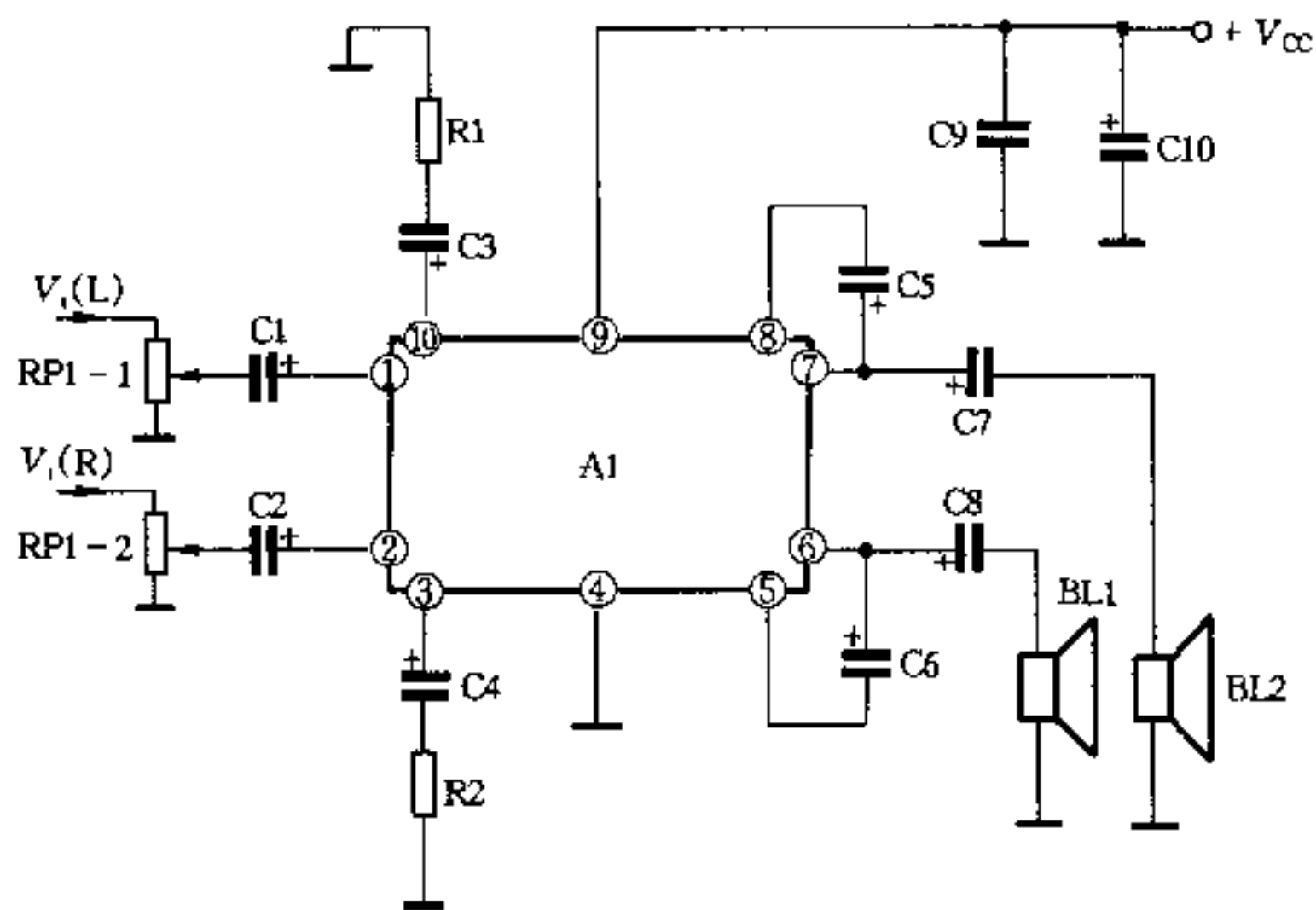


图 4-6 双声道 OTL 音频功率放大器集成电路

右声道的扬声器。

1. 引脚作用

集成电路 A1 共 10 根引脚，为双声道 OTL 音频功率放大器集成电路，各引脚作用如表 4-2 所示。

2. 各引脚外电路分析

双声道 OTL 音频功率放大器集成电路与单声道 OTL 音频功率放大器集成电路相比，各引脚外电路的情况与单声道电路是基本一样的，只是多了一个声道。双声道集成电路中，有的功能引脚左、右声道各一根，有的则是左、右声道合用一根，关于引脚及外电路情况需要说明以下几点。

表 4-2 集成电路 A1 引脚作用

引脚号	作用
①	左声道信号输入引脚，用来输入左声道信号 $V_i(L)$
②	右声道信号输入引脚，用来输入右声道信号 $V_i(R)$
③	左声道交流负反馈引脚，用来接入左声道交流负反馈电路 C4 和 R2
④	接地引脚，这是左、右声道电路共用的接地引脚
⑤	左声道自举引脚，用来接入左声道自举电容 C6
⑥	左声道信号输出引脚，用来输出经过功率放大后的左声道音频信号
⑦	右声道信号输出引脚，用来输出经过功率放大后的右声道音频信号
⑧	右声道自举引脚，用来接入右声道自举电容 C5
⑨	电源引脚，这是左、右声道电路共用的电源引脚
⑩	右声道交流负反馈引脚，用来接入右声道交流负反馈电路 C3 和 R1

(1) 集成电路的信号输入引脚左、右声道各有一根，且外电路完全一样。

(2) 集成电路的信号输出引脚左、右声道也是各有一根，而且外电路完全相同。

(3) 集成电路的交流负反馈引脚左、右声道各有一根，且外电路完全一样。

(4) 如果集成电路中有高频自激消振引脚(图 4-6 所示电路中没有这一引脚)，也是左、右声道电路各一根引脚，外电路也一样。

(5) 如果集成电路中有旁路电容引脚(图 4-6 所示电路中没有这一引脚)，也是左、右声道各一根这样的引脚，外电路相同。

(6) 从电路图中可以看出，左、右声道电路是上、下对称画出的，一般情况下上面是左声道电路，下面则是右声道。

(7) 如果集成电路中设有开机静噪控制引脚(图 4-6 所示电路中没有这一引脚)，只有一根这样的引脚，两个声道共用一根引脚。

(8) 双声道音频功率放大器集成电路的电源引脚一般情况下只有一根，左、右声道电路共用，但也有左、右声道各一根电源引脚的情况。

(9) 双声道音频功率放大器集成电路接地引脚有两种情况：一是只有一根接地引脚，二

是左、右声道各一根接地引脚。

3. 交流信号传输和放大分析

左、右声道电路的工作原理是一样的，这里以左声道电路为例，分析图 4-6 所示电路的左声道信号传输和放大过程。左声道信号传输和放大过程是：左声道输入信号 $V_i(L)$ 经 $C1$ 耦合从集成电路 A1 的信号输入引脚①脚送到内电路中，经内电路中左声道功率放大器的功率放大后，从集成电路的信号输出引脚⑦脚输出，通过输出端耦合电容 $C7$ 加左声道扬声器 BL2 中。

右声道电路与左声道电路对称。

4. 双联同轴音量电位器电路分析

电路中， $RP1-1$ 和 $RP1-2$ 分别是左、右声道的音量电位器，这是一个双连同轴电位器，这种电位器与普通的单联电位器不同，它的两个联共用一个转柄来控制，当转动转柄时左、右声道电位器 $RP1-1$ 、 $RP1-2$ 同步转动，这样保证左、右声道音量是同步、等量控制的，这是双声道电路所要求的。

5. 电路分析方法说明

关于双声道 OTL 音频功率放大器集成电路分析主要说明以下几点。

(1) 一般情况下，左、右声道电路在绘图时上下对称，上面一般是左声道电路，下面是右声道电路。

(2) 对于双声道电路，在进行交流电路分析时，只要对其中的一个声道电路进行分析即可，因为左、右声道电路是相同的。

(3) 双声道电路的分析方法同单声道电路基本一样，只是要搞清楚哪些引脚是左声道的，哪些是右声道的。

四、双声道 OTL 音频功率放大器集成电路故障检修

双声道 OTL 音频功率放大器集成电路故障检修基本上与前面介绍的单声道 OTL 音频功率放大器集成电路故障检修一样，但双声道电路与单声道在电路结构上不同，所以故障检修也有许多不同之处。

1. 两个声道同时完全无声故障检修

关于如图 4-6 所示双声道 OTL 功率放大器集成电路两个声道完全无声故障检修主要说明以下几点。

(1) 由于两个声道的输出回路不太可能同时开路，所以这一故障的主要原因是集成电路 A1 没有直流工作电压。

(2) 测量集成电路 A1 电源引脚⑨脚上直流电压 $+V_{CC}$ 是否为 0V，若为 0V 检测 $C9$ 、 $C10$ 是否击穿，若 $C9$ 和 $C10$ 正常可用电阻检查法测量集成电路 A1 的⑨脚对地是否短路，如果是短路更换集成电路 A1。如果 $C9$ 、 $C10$ 和 A1 正常， $+V_{CC}$ 仍然为 0V，再用电压检查法检查

电源电路。

(3) 如果集成电路 A1 的直流工作电压 $+V_{CC}$ 正常，可重新熔焊集成电路 A1 接地引脚④脚，无效时用代替检查集成电路 A1。

2. 某一个声道完全无声故障

关于如图 4-6 所示双声道 OTL 功率放大器集成电路某个声道完全无声故障的检修主要说明以下几点。

(1) 由于有一个声道电路工作正常，说明集成电路 A1 的直流工作电压正常，此时测量无声的一个声道信号输出引脚上的直流工作电压，会有二种情况；一是这一引脚上的直流工作电压等于 $+V_{CC}$ 一半，二是这一引脚上的直流工作电压为 0V，二种情况检查电路的对象是不同的。

(2) 若测量集成电路 A1 有故障声道的信号输出引脚上直流工作电压等于 $+V_{CC}$ 的一半，说明集成电路 A1 工作正常，故障出在扬声器回路中，可用电阻法检测输出回路的输出耦合电容、扬声器是否开路，检查输出回路的铜箔线路是否存在开裂故障。

(3) 若测量集成电路 A1 有故障声道的信号输出引脚上直流电压等于 0V，在集成电路电源引脚上直流工作电压正常时，可以更换集成电路 A1。

3. 两个声道同时无声故障检修

关于如图 4-6 所示双声道 OTL 功率放大器集成电路两个声道无声故障的检修需要说明以下几点。

(1) 测量集成电路 A1 的电源引脚⑨脚上直流工作电压，如果电压非常低，分别断开电容 C9、C10 后再次测量⑨脚上直流工作电压，若恢复正常，说明电容 C9 或 C10 击穿；若断开 C9、C10 后测量⑨脚上的直流工作电压仍然很低，用电压检查法检查电源电路是否造成了电压低；没有发现故障部位时，再断开集成电路 A1 的电源引脚⑨脚，断电后测量集成电路 A1 的⑨脚与地线之间的电阻很低时，说明集成电路 A1 损坏，应予更换。

(2) 如果测量集成电路 A1 的电源引脚⑨脚上直流工作电压正常，则测量集成电路 A1 的接地引脚④脚上直流工作电压，若不为 0V，说明该引脚接地不好，可能是假焊，重新焊接该引脚。

(3) 测量集成电路 A1 的左、右声道信号输出引脚⑦、⑥脚上的直流工作电压是否等于集成电路电源引脚⑨脚上直流工作电压的 $+V_{CC}$ 一半，如果不等于一半，全面测量集成电路 A1 的各引脚直流工作电压，然后与标准引脚电压值进行比较，对相差较大的引脚外电路中元件进行检查。

(4) 上述检查没有发现问题时，可更换集成电路一试。

4. 某个声道无声故障检修

关于如图 4-6 所示双声道 OTL 功率放大器集成电路某个声道无声故障的检修需要说明以下几点。

(1) 测量集成电路 A1 有故障声道信号输出引脚⑦或⑥脚上的直流工作电压是否等于集成电路电源引脚⑨脚上直流工作电压的 $+V_{CC}$ 一半，如果不等于一半，全面测量集成电路 A1

该声道的其他引脚直流工作电压，然后与另一个工作正常声道的对应引脚上标准的引脚电压值进行比较，对相差较大的引脚外电路中元件进行检查，在外电路没有发现元件故障时，可以更换集成电路 A1 一试。

(2) 测量集成电路 A1 的信号输出引脚上直流工作电压正常后，全面测量集成电路 A1 的各引脚直流工作电压，利用另一个声道工作正常的特点，进行对应引脚的直流工作电压对比，对有问题的引脚外电路中元件进行重点检查。

(3) 分别检查输入端耦合电容 C1、C2 是否开路。

5. 两个声道同时声音轻的故障检修

图 4-6 所示双声道 OTL 功率放大器集成电路两个声道声音轻故障的检修需要说明以下几点。

(1) 测量集成电路 A1 的电源引脚⑨脚上直流电压是否偏低，若偏低，分别断开电容 C9、C10 后再次测量⑨脚上的直流工作电压，若恢复正常，说明电容 C9 或 C10 存在漏电故障，需更换；若断开 C9、C10 后测量⑨脚上的直流工作电压仍然偏低，用电压检查法检查电源电路造成电压低的原因。

(2) 如果电源电路没有故障，断开集成电路 A1 的电源引脚⑨脚，此时测量 $+V_{CC}$ 端直流电压恢复正常，可更换集成电路 A1 一试，可能是集成电路 A1 的电源引脚对地短接造成了集成电路的直流工作电压下降。

(3) 如果测量集成电路 A1 电源引脚⑨脚上直流工作电压正常，通过试听检查确定是声音很轻还是略轻，若是声音略轻故障可以同时减小电阻 R1 和 R2（用与 R1、R2 相同阻值的电阻并联在这两个电阻上）；如果是声音很轻故障，则全面测量集成电路 A1 的各个引脚上的直流工作电压，与标准值进行比较，对相差较大引脚的外电路中元件进行检查。

(4) 上述检查没有故障部位时，可对集成电路 A1 进行代替检查。

6. 某一个声道声音轻故障检修

对如图 4-6 所示双声道 OTL 功率放大器集成电路某个声道声音轻故障的检修需要说明以下几点。

(1) 首先通过试听检查确定是哪一个声道出现故障，方法是分别干扰集成电路 A1 的①脚和②脚，哪个声道扬声器响声低就是该声道出现了声音轻故障。注意，集成电路的①脚与 BL2 是同一个声道，②脚与 BL1 是同一个声道。

(2) 测量集成电路有故障声道的信号输出引脚上的直流电压是否等于电源引脚上的直流工作电压 $+V_{CC}$ 的一半，不等于一半时用前面介绍的集成电路信号输出引脚直流电压不为一半的检查方法进行检查。

(3) 检查集成电路有故障声道中的交流负反馈引脚外电路中元件是否开路，即检查 C3 和 R1 或 C4 和 R2 是否开路，这一电路开路将造成该声道放大器放大倍数大幅度下降，出现声音轻故障。

(4) 如若一个声道声音只是比另一个声道声音略低一些，可适当减小声音轻那个声道的交流负反馈电阻的阻值，具体减小的阻值大小可以通过减小后试听两声道声音大小来决定，使两声道声音大小相等。注意，负反馈电阻愈小，声音愈响。

(5) 检查集成电路有故障声道电路中的自举电容是否开路, 即检查 C7 或 C8 是否开路, 当自举电容开路时, 大信号下输出信号不足, 会出现声音略轻现象。

7. 注意事项

在检修双声道 OTL 功率放大器集成电路故障过程中需要注意以下几点。

(1) 凡是集成电路一个声道工作正常, 另一个声道有故障时, 不必测量集成电路的电源引脚直流工作电压, 但对于左、右声道采用两块单声道集成电路构成的双声道电路, 还是要测量集成电路电源引脚上直流工作电压的。

(2) 凡是集成电路一个声道工作正常, 另一个声道有故障时, 可以测量两个声道相同作用引脚上的直流工作电压, 然后进行对比, 如有引脚上的直流工作电压不同, 该引脚就是要重点检查之处, 主要是检查引脚外电路中的元器件, 外电路元器件正常时可以更换集成电路一试。

(3) 集成电路两个声道出现相同的故障时, 是两个声道的共用电路出了故障, 主要是电源引脚外电路和接地引脚等。

五、单声道 OCL 音频功率放大器集成电路工作原理

OCL 是英文 Output Capacitorless 的缩写, 其意思为无输出电容, 即没有输出端耦合电容的功率放大器电路, 它是在 OTL 基础上出现的一种功率放大器电路, 其工作原理与 OTL 电路十分相似, 只是信号输出回路和电源供给方式不同。

OCL 音频功率放大器集成电路也有单声道和双声道之分, 单声道与双声道的不同之处与 OTL 音频功率放大器单声道、双声道集成电路一样。

图 4-7 是单声道 OCL 音频功率放大器集成电路, 电路中 RP1 是音量电位器, V_i 为输入信号, A1 是 OCL 音频功率放大器集成电路, BL1 是扬声器, $+V_{CC}$ 和 $-V_{CC}$ 分别是集成电路 A1 的正、负电源, 这种集成电路需要采用正、负对称电源, 即正、负电源的电压绝对值相等。

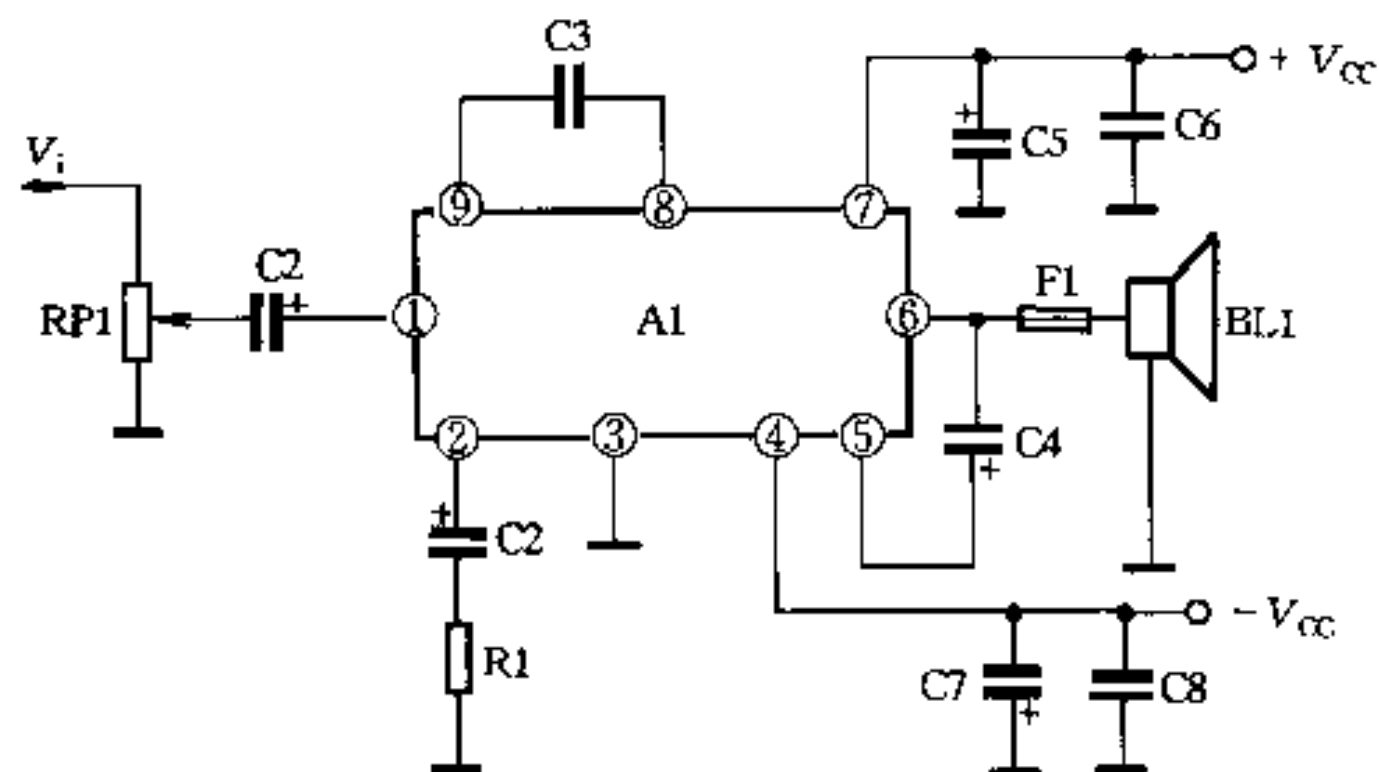


图 4-7 OCL 功率放大器集成电路

1. 引脚作用

集成电路 A1 共有 9 根引脚, 各引脚作用如表 4-3 所示。

表 4-3

集成电路 A1 引脚作用

引脚号	作用
①	信号输入引脚, 用来输入经过音量电位器控制后的音频信号
②	交流负反馈引脚, 用来接入交流负反馈电路 C2 和 R1
③	接地引脚, A1 内电路的地线由这一引脚与外电路线路板中的地线相连
④	负电源引脚, 负极性直流工作电压 $-V_{CC}$ 由这一引脚加到 A1 内电路
⑤	自举引脚, 用来接入自举电容 C4
⑥	信号输出引脚, 用来接入负载扬声器 BL1, ⑥脚与 BL1 之间直接相连
⑦	正电源引脚, 正极性直流工作电压 $+V_{CC}$ 由这一引脚加到 A1 内电路
⑧	高频消振引脚, 用来接入高频消振电容 C3
⑨	另一个高频消振引脚, 用来接入高频消振电容 C3

2. 引脚外电路分析

OCL 音频功率放大器集成电路外电路与 OTL 音频功率放大器集成电路外电路十分相似, 不同之处主要有两个: 一是有两个电源引脚, 一正一负; 二是信号输出引脚外电路不同, 输出回路中没有输出耦合电容。

(1) 正、负电源引脚⑦脚和④脚外电路分析

电路中, 正电源引脚⑦脚外电路与 OTL 功率放大器集成电路的电源引脚外电路一样, 这一引脚上接有滤波电容 C5 和高频滤波、退耦电容 C6。

④脚是集成电路 A1 的负电源引脚, 它的外电路也有两只滤波、退耦电容, 由于是负电源引脚, 所以有极性滤波电容 C7 的正极是接地的, 负极与负电源引脚相连, 在检修时一定要注意这一点, 更换这一电容时极性不可接反。电容 C8 是负电源引脚上的高频滤波、退耦电容, 它的作用与 C6 一样。

(2) 信号输出引脚⑥脚外电路分析

从集成电路 A1 的信号输出引脚⑥脚外电路中可以看出, 这一引脚通过保险丝 F1 直接与扬声器 BL1 相连, 不像 OTL 功率放大器集成电路的信号输出引脚回路中设有一只输出耦合电容。

虽然 OCL 功率放大器集成电路的信号输出引脚外电路十分简单, 但是这种电路有一个缺点, 即很容易损坏扬声器 BL1, 为此要设置扬声器保护电路, 设置一只过流保险丝是最简单的一种保护方法, 扬声器保护电路将在后面介绍。

3. 交流电路分析

电路中, 输入信号 V_i 经音量电位器 RP1 控制后, 由 C1 耦合通过信号输入引脚①脚送入集成电路 A1 内电路中, 经过 A1 的功率放大后, 从信号输出引脚⑥脚输出, 经保险丝 F1 后推动扬声器 BL1。

电路中，其他元器件的作用与 OTL 功率放大器集成电路中的一样，这里省略分析。

4. 电路分析说明

关于图 4-7 所示 OCL 功率放大器集成电路分析需要说明以下几点。

(1) 这一电路中的正、负电源采用对称电源，这是 OCL 功率放大器电路的一个特点。OCL 功率放大器电路与 OTL 功率放大器电路基本相同，只是采用两组不同极性的对称电源，同时输出端与扬声器之间采用直接耦合。

(2) 注意，OCL 功率放大器集成电路的信号引脚的直流工作电压等于 0V，这一点对检修这一电路十分重要。

(3) 如图 4-7 所示是一个单声道 OCL 功率放大器集成电路，对于双声道电路而言，再多一个声道电路，两个声道电路完全一样。双声道 OCL 集成电路的正、负电源引脚可以共用一根引脚，也有的是左、右声道分开的，接地引脚也可以分开或合用一根，不同型号的双声道 OCL 功率放大器集成电路，在有几根接地引脚、正电源引脚和负电源引脚是否是两声道共用上有所不同。

(4) 有的 OCL 功率放大器集成电路中没有接地引脚。

(5) 由于扬声器直接接在功率放大器输出端与地端之间，当功率放大器电路出故障导致输出端直流电压不为 0V 时，因为扬声器的直流电阻很小而有很大电流流过扬声器，所以这种功率放大器电路很容易烧坏扬声器，为此在功率放大器输出端与扬声器之间要接入音箱保护电路。

(6) 双声道 OCL 功率放大器电路可以用一个双声道集成电路构成，也可以用两个单声道电路构成。分析双声道电路时，对于信号传输和放大电路分析只要分析一个声道电路即可，因为左、右声道电路是相同的。

六、单声道 OCL 音频功率放大器集成电路故障检修程序

OCL 音频功率放大器集成电路的故障类型和检修方法与 OTL 功率放大器集成电路基本相同，主要关注下列几个方面。

(1) OCL 功率放大器集成电路的信号输出引脚直流工作电压在正常时为 0V，这一点与 OTL 电路不同，检修时一定要注意。当 OCL 功率放大器集成电路的信号输出引脚直流工作电压不为 0V 时，将造成扬声器回路的保护电路或保护元器件动作，出现完全无声故障。如果扬声器回路中没有设置保护电路或保护元器件，将烧坏扬声器。

(2) 当正、负电源有一个不正常时，正、负电源的绝对值不相等，将造成 OCL 功率放大器集成电路的信号输出引脚直流工作电压不为 0V，检修电路时最重要一环是测量集成电路的信号输出引脚上的直流工作电压。

(3) 由于 OCL 功率放大器集成电路的特殊性，这种电路发生完全无声故障的可能性比 OTL 功率放大器集成电路高得多。

下面以如图 4-7 所示单声道 OCL 功率放大器集成电路为例，介绍对这种集成电路的各种故障检修方法。

1. 完全无声故障

图 4-7 所示单声道 OCL 功率放大器集成电路完全无声故障的检查步骤和具体检查方法如下。

(1) 直观检查法检查保险丝 F1 是否熔断

如果直观检查发现保险丝 F1 已经熔断，在不更换新保险丝的情况下测量集成电路 A1 的信号输出引脚⑥脚的直流电压，若为 0V，可以重新更换保险丝，若不为 0V 更换保险丝后会再次熔断。

在熔断保险丝 F1 后，还要用电阻检查法检测扬声器 BL1 是否开路。

(2) 检查信号输出引脚直流电压不为 0V 故障

若测量集成电路 A1 的信号输出引脚⑥脚直流电压不等于 0V，及时断开扬声器，用电压检查法测量 $+V_{CC}$ 和 $-V_{CC}$ 是否相等，若不相等，将电压低的一组电源电路中的滤波电容断开，再次测量集成电路电源引脚上的直流工作电压，电压恢复正常则是该滤波电容漏电，否则是电源电路故障，与这一功率放大集成电路无关。

在测量 $+V_{CC}$ 、 $-V_{CC}$ 正常，⑥脚直流电压不等于 0V 时，用电阻检查法或代替检查法对集成电路 A1 外电路中的电容（主要是电解电容）进行检测，检查是否存在击穿或漏电问题。上述检查无效后代替检查集成电路 A1。

(3) 测量信号输出引脚为 0V

当测量集成电路 A1 的信号输出引脚⑥脚直流电压为 0V 时，测量集成电路正、负电源引脚上是否有直流工作电压，无电压时检查电源电路。

2. 无声故障

图 4-7 所示单声道 OCL 功率放大器集成电路无声故障的检查步骤和具体检查方法如下。

(1) 测量集成电路 A1 的正、负电源引脚上的直流工作电压，如果严重偏低，按照前面介绍的电源引脚电压低故障检查方法检查电压低的原因。

(2) 当测量集成电路 A1 的输出端⑥脚直流电压等于 0V 时，主要用电阻法检测输入端耦合 C1 是否开路、音量电位器 RP1 动片与碳膜之间是否开路。

(3) 测量集成电路 A1 的各引脚直流电压，然后与该集成电路各引脚标准直流工作电压进行比较，对电压值相差 0.5V 以上的引脚外电路中元器件进行重点检查，主要是注意电容是否存在漏电故障。

(4) 上述检查没有发现故障部位时，对集成电路 A1 作代替检查。

3. 其他故障检修

对于如图 4-7 所示单声道 OCL 功率放大器集成电路其他故障的检查步骤和具体检查方法与 OTL 功率放大器集成电路相同。

4. 注意事项

关于 OCL 功率放大器集成电路故障检修需要说明以下几个问题。

(1) 当扬声器回路中没有设置过流保险丝或扬声器保护电路时，一旦集成电路出现故障

使 OCL 功率放大器集成电路信号输出引脚的直流电压不等于 0V 时,将引起扬声器回路过流,损坏扬声器,出现完全无声故障。所以这种功率放大器电路出现完全无声故障的机会比较大。

(2) 检修 OCL 功率放大器集成电路故障关键是测量集成电路信号输出引脚上的直流电压,应该等于 0V,在等于 0V 时可以排除集成电路故障及外电路中各电容击穿和漏电故障的可能性。

(3) 测量这种 OCL 功率放大器集成电路正、负直流电压是否相等是另一个重要检测项目,在这两个电压大小不相等时,集成电路信号输出引脚的直流电压不会为 0V,这一点与检修 OTL 功率放大器集成电路故障不同。

(4) 由于扬声器回路中的保险丝有时并不保险,所以有些情况下保险丝没有熔断而扬声器 BL1 已经烧成开路。

(5) 在检查 OCL 功率放大器集成电路故障过程中,当测量集成电路的信号输出引脚上直流电压不等于 0V 时,不能将扬声器接入电路,否则会烧坏扬声器,一定要等信号输出引脚上的直流电压正常后再接入扬声器。

(6) 检修 OCL 功率放大器集成电路故障过程中最容易烧坏扬声器,因为操作不当就会出现使集成电路的信号输出引脚直流工作电压不为 0V,所以在检查时最好用一只普通扬声器接入电路试听,以免烧坏原配的扬声器。

(7) 在许多采用 OCL 功率放大器集成电路的机器中,在功率放大器输出回路中接有扬声器保护电路,这一电路开路(处于保护状态),将使扬声器完全无声,当然保护电路进入保护状态也与功率放大器电路故障密切相关,即集成电路的信号输出引脚上的直流电压不等于 0V,扬声器保护电路就会进入保护状态。

七、BTL 音频功率放大器集成电路工作原理

BTL 是英文 Balanced Transformerless 的缩写,其意思为平衡式无输出变压器,这是一种由两组 OTL 或两组 OCL 电路构成的功率放大器电路,所以其电路工作原理与 OTL、OCL 电路十分的相似,主要不同之处有下列几个方面。

(1) 用两组 OTL 或 OCL 功率放大器电路构成一个声道 BTL 功率放大器电路,电路所用的元器件比较多。

(2) 在相同的直流工作电压和负载阻抗下,BTL 音频功率放大器的输出功率在这三种电路中是最大的,所以常用于一些要求输出功率很大的场合。

(3) BTL 功率放大器电路需要大小相等、相位相反的信号来激励,所以这部分电路与 OTL 和 OCL 电路不同。

(4) BTL 音频功率放大器集成电路的组成有两种情况:一是采用两个单声道集成电路的形式;二是采用 BTL 音频功率放大器集成电路。

1. 采用两个单声道 OCL 集成电路构成 BTL 电路

图4-8 是由两个单声道 OCL 集成电路构成的单声道 BTL 音频功率放大器电路。电路中,A1 和 A2 是两个单声道 OCL 音频功率放大器集成电路,VT1 管等元件构成了这一 BTL 功率放大器的分负载放大电路。 V_i 为输入信号,BL1 是扬声器, $+V_{CC}$ 和 $-V_{CC}$ 分别是正、负极性电源。

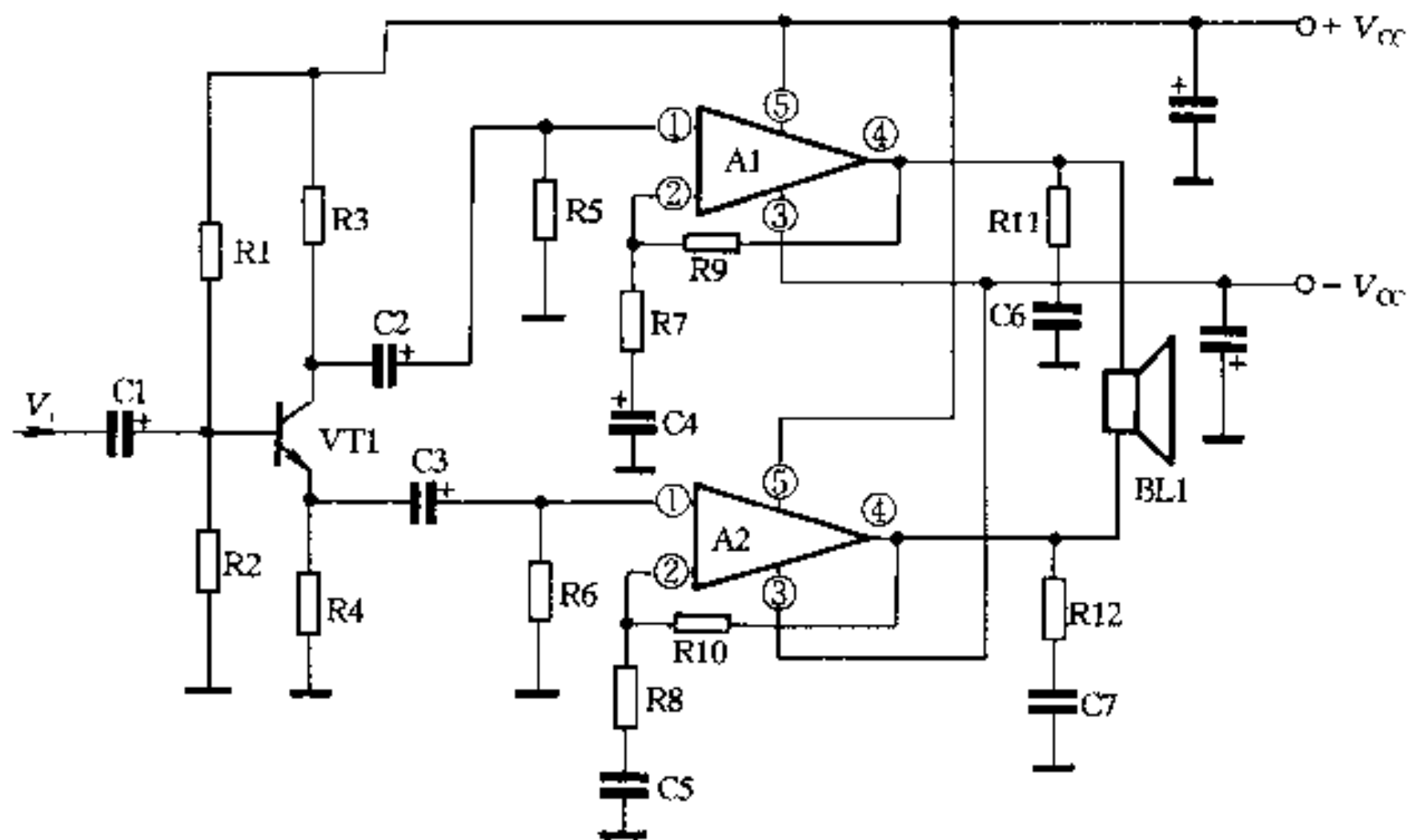


图 4-8 两个单声道 OCL 集成电路构成 BTL 音频功率放大器电路

(1) 分负载放大器电路分析

单声道 BTL 功率放大器有两组功率放大电路组成，所以需要两个大小相等、相位相反的信号来激励，获得这种激励信号可以有多种方式，分负载放大器就是其中的一种，通常这一分负载放大器由分立元器件构成，由它输出大小相等、相位相反的两个信号，供给 BTL 功率放大器。

电路中， R_1 和 R_2 构成 VT_1 管的基极分压式偏置电路，为 VT_1 管提供静态偏置电流。 R_3 是 VT_1 管的集电极负载电阻， R_4 是 VT_1 管的发射极电阻，而且 $R_3 = R_4$ 。

VT_1 管集电极输出的交流信号大小等于集电极电流乘以集电极负载电阻 R_3 的阻值， VT_1 管发射极输出的交流信号大小等于发射极电流乘以发射极电阻 R_4 的阻值，由于 $R_3 = R_4$ ，集电极电流与发射极电流基本相等（只相差很小的基极电流），这样从 VT_1 集电极和发射极输出的信号大小是相等的。

根据共发射极放大器的相位特性可知，集电极的输出信号相位与基极信号相位相反，而发射极输出信号相位与基极信号相位相同，这样 VT_1 管集电极输出的信号相位与发射极输出的信号相位相反。

通过上述分析可知，从 VT_1 管集电极和发射极输出的两个信号具有大小相等、相位相反的特性，可以用来激励 BTL 功率放大器。

输入信号 V_i 经输入端耦合电容 C_1 加到 VT_1 管基极，经 VT_1 管放大和分负载后，得到两个大小相等、相位相反的输出信号，这两个信号分别经耦合电容 C_2 和 C_3 加到集成电路 A_1 和 A_2 的信号输入引脚①脚。

(2) 集成电路引脚作用

集成电路 A_1 和 A_2 是同一型号的单声道 OCL 音频功率放大集成电路，各引脚作用如表 4-4 所示。

从上表和电路中可以看出，这一集成电路没有接地引脚，如果该集成电路采用正极性的单电源供电，负电源引脚③脚就作为接地引脚使用。

这一集成电路的引脚比较少，引脚外电路十分简单，除交流负反馈引脚②脚外电路中接

人负反馈电路外，其他引脚上没有元器件。

表 4-4 集成电路引脚作用

引脚号	作用
①	同相信号输入引脚，用来输入 BTL 功率放大器中的一个信号
②	反相信号输入引脚，作为负反馈引脚，用来接入交流负反馈电路
③	负电源引脚，用来给集成电路内电路提供负极性直流工作电压
④	信号输出引脚，用来输出经 BTL 功率放大器电路放大后的信号
⑤	正电源引脚，用来给集成电路内电路提供正极性直流工作电压

电路中，电阻 R5 接在集成电路 A1 的信号输出引脚①脚与地之间，为集成电路 A1 的输入级放大器提供直流通路；电阻 R9 接在集成电路的信号输出引脚与信号输入引脚之间，为内电路中的放大器提供直流负反馈，以稳定集成电路的直流工作状态；电阻 R7 是交流负反馈电阻，其阻值大小决定了集成电路 A1 的闭环放大倍数；电容 C4 是交流负反馈回路中的隔直通交电容，使电阻 R7 不产生直流负反馈。

(3) 交流电路分析

关于这一单声道 BTL 功率放大器电路的交流电路分析需要说明以下几点。

a. BTL 功率放大器要用两组 OTL 或 OCL 功率放大电路构成，电路中集成电路 A1、A2 因采用正、负对称电源供电，所以这一电路是分别由两个单声道 OCL 功率放大器集成电路构成的单声道 BTL 功率放大器电路。

b. 扬声器 BL1 直接接在两组功率放大器集成电路 A1 和 A2 的信号输出引脚④脚之间，这是 BTL 功率放大器的一个特征，扬声器不接地（这种方式称为浮地），扬声器回路中没有隔直电容，因为两组 OCL 功率放大器集成电路 A1 和 A2 的信号输出引脚④脚上的直流工作电压相等，没有直流电流过扬声器 BL1。

c. 图示这种功率放大器电路结构，需要一级分负载放大器 VT1，以得到两个大小相等、相位相反的激励信号。

d. 当 VT1 管集电极输出正半周信号时，集成电路 A1 的信号输出引脚④脚输出正半周信号，同时 VT1 管发射极输出负半周信号，经集成电路 A2 放大后从信号输出引脚④脚输出负半周信号，这时输出信号电流流过扬声器 BL1 的方向是：从集成电路 A1 的信号输出引脚④脚输出，经扬声器 BL1，从集成电路 A2 的信号输出引脚④脚流入 A2，因为这时集成电路 A2 的信号输出引脚④脚输出的是负半周信号，即应该是流入信号。

当输入信号 V_i 变化到另一半周时，VT1 管发射极输出正半周信号，使 A2 的信号输出引脚④脚输出正半周信号，同时 VT1 管集电极输出负半周信号，使 A1 的信号输出引脚④脚输出负半周信号，这时的输出信号电流方向是从集成电路 A2 的信号输出引脚④脚输出信号，经扬声器 BL1，再从集成电路 A1 的信号输出引脚④脚流入 A1。这样，在 BL1 中流过了一个完整周期的正、负半周信号。

e. 集成电路 A1、A2 接成 OCL 功率放大电路，电路结构相同，它的工作原理同前面介绍的 OCL 功放电路一样。

f. R11 和 C6、R12 和 C7 分别是接在 A1 和 A2 信号输出引脚④脚与地之间，这是所谓的

“茹贝尔网络”，用来改善音质，消除可能出现的高频自激，在 BTL 功率放大电路中每一组功率放大器集成电路的信号输出引脚与地之间都要接入一个这样的“茹贝尔网络”电路。一般在功率放大器电路中都要接入这种电路。

g. 对于双声道 BTL 功率放大器电路，还有一组同样的电路。

2. 单声道 BTL 音频功率放大器集成电路工作原理分析

图 4-9 所示是单声道 BTL 音频功率放大器集成电路。电路中，集成电路 A1 内电路中具有两组 OTL 音频功率放大器集成电路，还加入特殊的信号衰减电路(用于获得两个大小相等、相位相反的激励信号)。V_i 是输入信号，BL1 是扬声器，这一集成电路采用正极性的单电源供电，所以这是采用 OTL 电路形式构成的单声道 BTL 功率放大器集成电路。

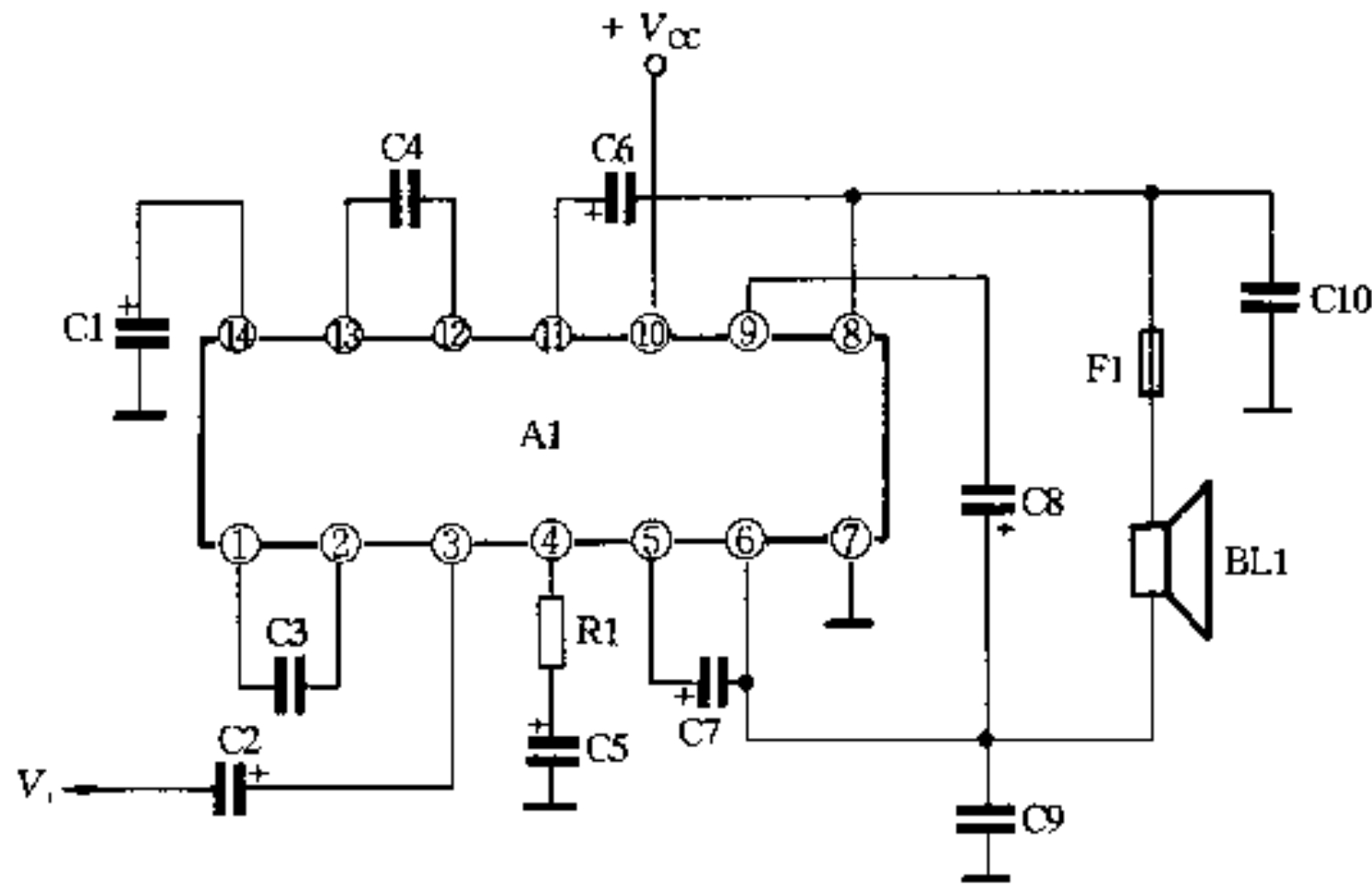


图 4-9 单声道 BTL 音频功率放大器集成电路

(1) 引脚作用

集成电路 A1 的各引脚作用如表 4-5 所示。

表 4-5

集成电路 A1 各引脚作用

引脚号	作用
①	一组功率放大器的高频消振引脚，用来外接高频消振电容 C3
②	一组功率放大器的另一个高频消振引脚，用来外接高频消振电容 C3
③	一组功率放大器的信号输入引脚，这里作为 BTL 功放电路的输入引脚，输入 V _i 信号
④	一组功率放大器的交流负反馈引脚，用来接入交流负反馈电路 R1 和 C5
⑤	一组功率放大器的自举引脚，用来接入自举电容 C7
⑥	一组功率放大器电路信号输出引脚，这里是 BTL 功放电路的一个信号输出引脚
⑦	接地引脚
⑧	另一组功率放大器电路信号输出引脚，这里是 BTL 功放电路的另一个输出引脚
⑨	另一组功率放大器反相信号输入引脚，这里作为 BTL 功放电路的反相信号输入引脚
⑩	电源引脚
⑪	另一组功率放大器的自举引脚，用来接入自举电容 C6
⑫	另一组功率放大器电路的高频消振引脚，用来外接高频消振电容 C4
⑬	另一组功率放大器电路的另一个高频消振引脚，用来外接高频消振电容 C4
⑭	旁路引脚，用来接入旁路电容 C1

(2) 引脚外电路分析

集成电路 A1 内电路中含有两组功率放大电路,其中①、②、③、④、⑤和⑥脚是一组电路,⑦、⑧、⑨、⑩和⑪脚是另一组电路,这一集成电路引脚外电路与前面介绍的 OTL、OCL 集成电路基本一样,只是有个别引脚的外电路有所不同。

⑨脚是一组功率放大器的反相输入引脚,通常它是交流负反馈引脚,但在这里则作为 BTL 电路的一个反相输入引脚,从集成电路 A1 的⑥脚输出的信号,从⑨脚输入到 A1 的另一组功率放大器,且为反向输入引脚,这样在⑨脚内电路经过足够的衰减后便能得到大小相等、相位相反的激励信号。⑨脚内电路中的信号衰减电路是这种 BTL 集成电路的特有电路,这一点与 OTL、OCL 集成电路不同。

④脚是集成电路 A1 内电路中一级放大器的旁路引脚,用来在外电路中接入容量较大的旁路电容 C1。

BTL 音频功率放大器集成电路虽然内电路中有两组功率放大器,但是在集成电路的外电路中只能见到一根交流负反馈引脚④脚,这一点在识图时要注意,也是 BTL 集成电路的特有情况。

扬声器 BL1 通过保险丝 F1 接在集成电路 A1 两组功率放大器的信号输出引脚⑥、⑧脚之间。

由于这种 BTL 功率放大器集成电路采用单电源供电,所以集成电路 A1 的两个信号输出引脚⑥、⑧脚上的直流工作电压相等,且等于电源引脚⑩脚上直流工作电压的一半。正是由于 A1 的两个信号引脚⑥、⑧脚上的直流工作电压相等,扬声器 BL1 才能直接接入电路,才没有直流电流流过扬声器 BL1。

(3) 交流电路分析

图 4-9 所示电路中,输入信号 V_i 经耦合电容 C2 从集成电路 A1 ③脚送入内电路中的一组功率放大器中,经放大后的信号从信号输出引脚⑥脚输出。这一信号一路直接送到扬声器 BL1,另一路要经过耦合电容 C8,从另一组功率放大器的反相输入端⑨脚送入,经⑨脚内电路中的衰减电路将这一信号衰减后,输入 A1 内部的另一组功率放大器中,放大后从集成电路⑧脚输出。

通过上述电路的信号处理,集成电路 A1 内部两组功率放大器都有了信号。由于⑥脚与③脚同相位,而输入端⑨脚是反相输入端,这样集成电路 A1 的两个输出引脚⑥脚和⑧脚的信号相位相反。

正半周信号从集成电路 A1 的一组功率放大器电路的信号输出引脚⑥脚输出,经扬声器 BL1 和保险丝 F1 流入集成电路 A1 的⑧脚;负半周信号从集成电路 A1 另一组功率放大器电路信号输出引脚⑧脚输出,经 F1 和 BL1 从⑥脚输入内电路。

(4) 电路分析说明

关于图 4-9 所示电路需要说明以下几点。

a. 电路中,在扬声器 BL1 回路中接入了保险丝 F1,作为扬声器 BL1 的过流保护元件,但这种保护电路的效果不好。

b. C9 和 C10 分别接在集成电路 A1 的两组功率放大器信号输出引脚⑥脚、⑧脚与地之间,这是“茹贝尔网络”简化形式,即只接入电容,不接入电阻,其电路功能同“茹贝尔网络”一样。

c. 电容 C8 将集成电路 A1 的⑥脚输出信号从另一组功率放大器的反相输入引脚⑨脚输入,由于这一输出信号是经过功率放大的,所以幅度已经很大,为此要在集成电路 A1 的⑨脚

内电路中设置一个信号衰减电路,这一信号经衰减后才能加到另一组功率放大器的输入端。

3. BTL 功率放大器的自倒相电路

在 BTL 功率放大器集成电路中,要给两组功率放大器输入大小相等、相位相反的信号,获得这两个信号的方法有以下几种。

(1) 采用分立元器件的分负载放大电路,以从集电极和发射极上输出两个信号。

(2) 在 BTL 功率放大器集成电路内电路中设置一个信号衰减电路,从一组功率放大器输出引脚取出一部分信号,经衰减后从反相输入端加到另一组功率放大器的输入引脚。

(3) 采用外电路方式进行信号衰减和倒相,图 4-10 就是这种形式的单声道 BTL 功率放大器。电路中, A1 和 A2 是两个单声道的 OTL 功率放大器集成电路,由于内电路中没有衰减电路,所以要用外接衰减电路的方法。

电路中,集成电路 A1 和 A2 分别构成 BTL 功率放大器的两组放大电路,输入信号 V_i 经 C1 耦合,从集成电路 A1 的信号输入引脚①脚送入 A1 中放大,A1 信号输出引脚④脚输出信号的一部分经 C4 耦合和可变电阻器 RP1 从集成电路 A2 的反相输入引脚②脚送入 A2 的内电路中进行放大,从其④脚输出。集成电路 A1 和 A2 的①脚是这一放大器的两个信号输出引脚。

电路中,集成电路 A1 的信号输出引脚④脚与 A1 的信号输入引脚①脚信号相位相同,集成电路 A2 的反相信号输入引脚②脚与 A2 的信号输出引脚④脚信号相位相反,这样 A1 的信号输出引脚④脚和 A2 的信号输出引脚④脚信号相位相反。

调整可变电阻器 RP1 的阻值大小,可以改变送入集成电路 A2 的反相信号输入引脚②脚信号大小,通过调整可变电阻器 RP1 的阻值,使输入集成电路 A2 的反相信号输入引脚②脚信号与输入集成电路 A1 的信号输入引脚①脚信号大小相等。

4. 电路分析小结

(1) BTL 功率放大器集成电路无论是采用 OTL 电路还是 OCL 电路形式,在扬声器回路都没有输出回路的耦合电容,这一点与 OCL 电路相同。

(2) 分析 BTL 功率放大器集成电路时,最重要的是分析电路如何获得二个大小相等、相位相反的激励信号,不同的 BTL 功率放大器电路有不同的激励信号获得方式,有的用分立元器件构成分负载放大电路,有的则在设置在集成电路内电路中。

八、BTL 功率放大器集成电路故障检修程序

BTL 音频功率放大器集成电路的故障类型和检修方法与 OTL、OCL 功率放大器集成电路基本相同,这里主要说明下列几个方面。

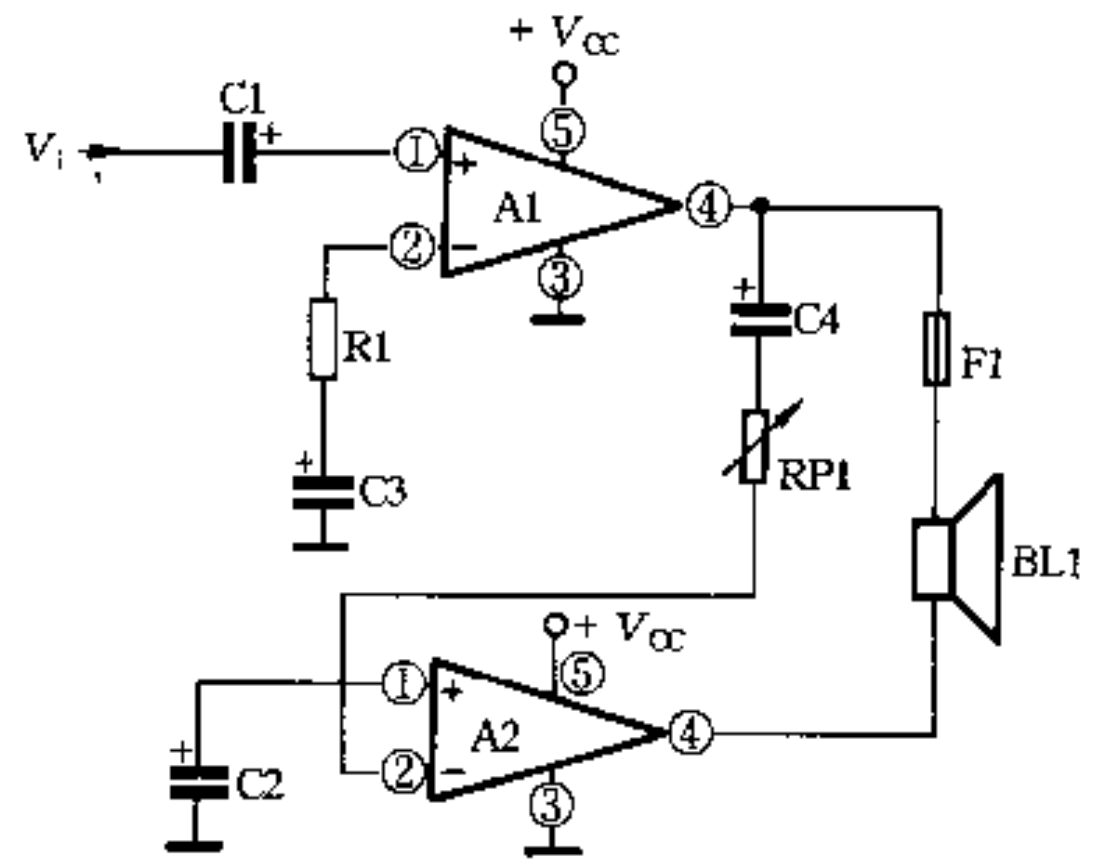


图 4-10 自倒相电路

(1) BTL 电路由两组功率放大器组成，所以电路中的元器件比较多，这两组功率放大器是完全对称的。

(2) BTL 功率放大器集成电路可以用单一的正电源供电，也可以用对称的正、负电源供电，在进行故障检修前要先搞清楚这一点。

(3) 由于 BTL 功率放大器集成电路中的扬声器浮地，所以在故障检修中切不可将扬声器的任何一根引脚直接接地，否则会烧坏扬声器。

下面以图 4-8 所示单声道 BTL 功率放大器集成电路为例，介绍这种功率放大器集成电路的故障检修方法。

1. 完全无声故障

(1) 如果扬声器回路中设有保险丝，用直观检查法检查保险丝是否熔断，若已经熔断，在不更换新保险丝的情况下分别测量集成电路 A1、A2 信号输出引脚④脚的直流工作电压，若都为 0V，可以重新更换保险丝，用电阻检查法检测扬声器是否烧成开路。

(2) 若 A1 或 A2 中有一个集成电路的信号输出引脚直流电压不等于 0V，用前介绍的 OCL 功率放大器集成电路信号输出引脚不为 0V 故障的检查方法去检查，因为 BTL 电路与 OCL 电路基本是一样的。

(3) 只有在两块集成电路的信号输出引脚上的直流电压均为 0V 时才能接入扬声器，否则会烧坏扬声器。

2. 无声故障

(1) 用干扰检查法确定故障的部位：干扰 VT1 管集电极和发射极，若扬声器中有很大的响声，说明集成电路 A1 和 A2 没有故障，应重点检查 VT1 放大电路；如果干扰时扬声器中没有响声，则检查集成电路 A1 和 A2 电路。

(2) 对集成电路 A1 和 A2 的无声故障检查方法与前面介绍的 OCL 功率放大器集成电路无声故障一样。

(3) 分别测量集成电路 A1 和 A2 信号输出引脚上的直流电压，在均为 0V 的情况下，主要检查 VT1 放大电路。

(4) 用电检查法测量放大管 VT1 集电极、基极和发射极的直流工作电压，正常情况下集电极直流工作电压高于基极和发射极的直流工作电压，基极的直流工作电压比发射极的直流工作电压高出 0.6V，如果测量结果不是这样，可检查 VT1 管的偏置电路，即用电阻检查法检查电阻 R1、R2、R3 和 R4。

(5) 如果 VT1 管没有集电极直流工作电压，可用电压检查法检查集电极直流电压供给电路有没有出现开路故障；如果 VT1 管的集电极直流工作电压很低，一是要检查 VT1 管偏置电路中的电阻器，二是要检查 VT1 管直流电压供给电路，三是更换 VT1 管一试。

(6) 检查 VT1 管基极回路中的输入耦合电容 C1 是否开路，检查 VT1 管的集电极和发射极输出耦合电容 C2 和 C3 是否开路。

3. 声音轻故障

图 4-8 所示单声道 BTL 功率放大器集成电路声音轻故障的检修方法与前面介绍的 OTL、

OCL 功率放大器集成电路声音轻故障的检修方法基本一样，这里针对具体电路再说明下列几点。

(1) 如果声音很轻，测量集成电路 A1、A2 的信号输出引脚④脚，应该都是 0V，有不正常时用电压检查法进行检查，前面已经介绍了检查方法。

(2) 在测量集成电路 A1、A2 的各引脚直流工作电压正常的情况下，重点检查 VT1 放大器，主要是测量三极管 VT1 各电极的直流工作电压，无法确定故障部位时代换三极管 VT1 一试。

(3) 整机的电源电路出现故障，导致正、负电源的电压下降，也是一个比较常见的故障原因。

4. 注意事项

关于 BTL 功率放大器集成电路故障的检修小结如下。

(1) 对 BTL 功率放大器集成电路各种故障的检修方法与 OTL、OCL 功率放大器集成电路检修方法基本相同。

(2) 检查中由于扬声器回路中没有隔直元件，当集成电路 A1 或 A2 由于故障使信号输出引脚的直流电压不为 0V 时，都有可能烧坏扬声器，所以要注意保护扬声器，即检修故障时可用一只旧扬声器。

(3) 在检修中，不能将扬声器的一根引线接地线（其他功率放大器中的扬声器的一根引线都是接地线的），否则会烧坏扬声器。在没有搞清楚是什么类型功率放大器电路时，容易出现这种问题。

(4) BTL 功率放大器集成电路的信号输出回路也设有扬声器保护电路，检修时要注意这一电路对故障现象的影响，有关扬声器保护电路的故障检修在后面专门介绍。

九、扬声器保护电路工作原理及故障检修

保护电路主要有三种形式：一是信号切断式保护电路；二是电源切断式保护电路；三是负载切断式保护电路。扬声器保护电路采用负载切断式保护，即故障发生时将扬声器从功率放大器输出回路断开。

保护扬声器的电路又称音箱保护电路。在音箱中，主要是扬声器容易被损坏。扬声器保护电路主要有下列两种形式。

(1) 继电器触点常闭式扬声器保护电路。

(2) 继电器触点常开式扬声器保护电路。

1. 继电器触点常闭式扬声器保护电路之一

图 4-11 是一种继电器触点常闭式扬声器保护电路。电路中，BL1 是所要保护的扬声器，J1 是保护电路中的继电器，S1-1 是继电器 J1 的一个触点开关，这一电路只画出一个声道电路。

关于这一保护电路的工作原理需要说明下列几点。

(1) 在电路正常工作时，电路中的保护继电器 J1 中没有电流，开关触点 S1-1 处于接

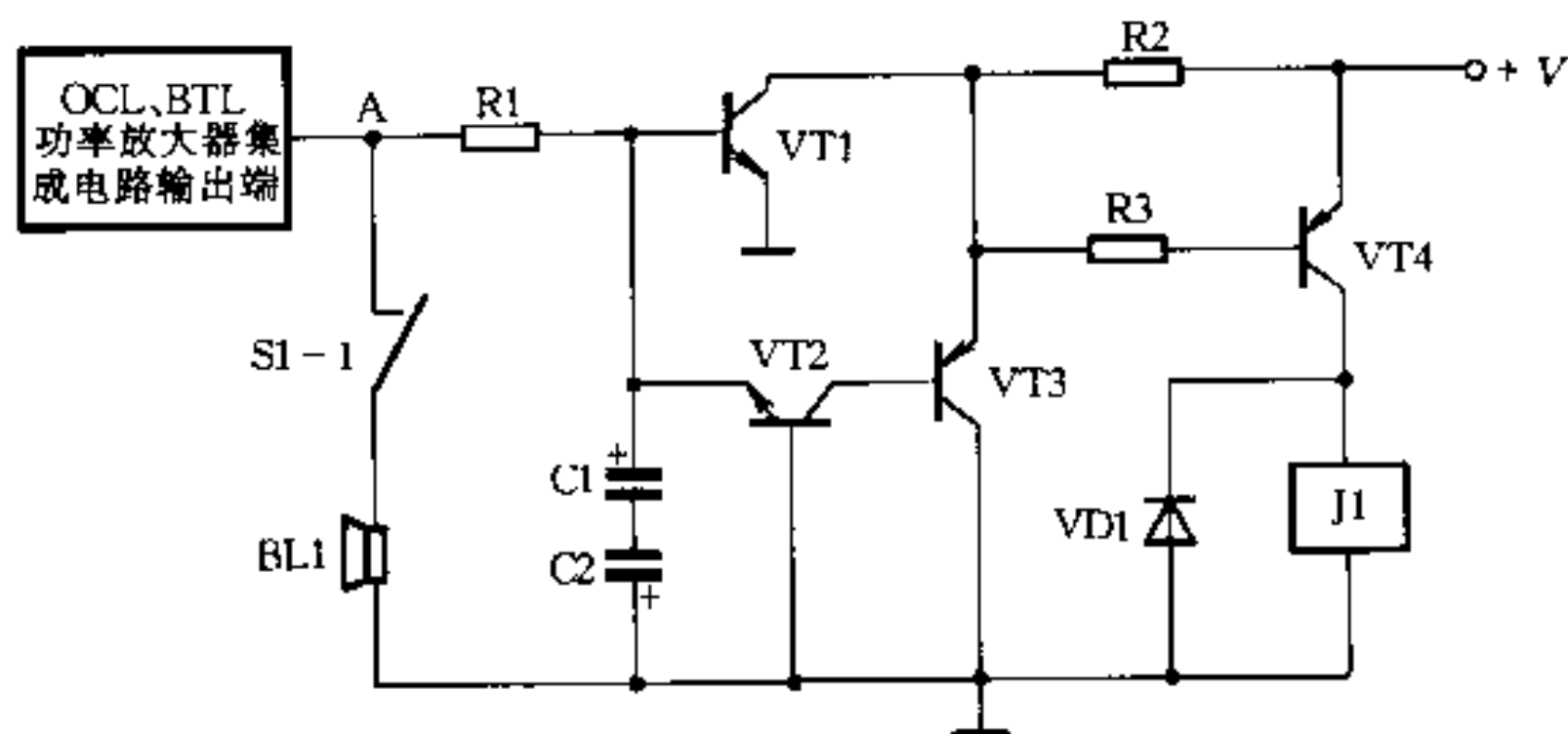


图 4-11 继电器触点常闭式扬声器保护电路之一

通状态，将扬声器 BL1 接入电路中。当电路出故障而进入保护状态时，保护继电器 J1 中流有电流，S1-1 处于断开状态，切断了扬声器 BL1 回路。

(2) VT1 ~ VT4 是保护电路中的控制管，VD1 是 VT4 管的保护二极管。

(3) 电容 C1 和 C2 是有极性的电解电容，它们逆串联后作为一个无极性电容，用来将功率放大器集成电路信号输出引脚输出的交流(音频)信号旁路到地，电阻 R1 是隔离电阻，将 OCL、BTL 功率放大器集成电路信号输出引脚与电容 C1、C2 隔开，以防止电容 C1、C2 短路功率放大器的输出端。因为扬声器保护电路检测的功率放大器输出端的直流电压，无需音频信号，所以在电路中设置了旁路电容 C1 和 C2。

(4) 当 OCL、BTL 功率放大器集成电路出现故障而导致信号输出引脚 A 点出现正极性直流电压时，这一正极性直流电压经 R1 加到 VT1 管基极，使 VT1 管导通，其集电极为低电位，经 R3 加到 VT4 管基极，使 VT4 管有基极电流，这一基极电流的回路是：VT4 管发射极 → VT4 管基极 → R3 → VT1 管集电极 → VT1 管发射极 → 地。

由于 VT4 管有了足够的基极电流，使 VT4 管导通，其集电极电流通过继电器 J1 的线圈，使 J1 动作，这样 J1 的开关 S1-1 断开，使扬声器与功率放大器集成电路之间断开，达到保护扬声器的目的。

(5) 当 OCL、BTL 功率放大器集成电路出现故障而导致信号输出引脚 A 点出现负极性直流电压时，这一负极性直流电压经 R1 加到 VT2 管发射极，使 VT2 管导通，其集电极变为低电位，加到 VT3 管基极，使 VT3 管导通，其发射极变为低电位，通过 R3 加到 VT4 管基极，使 VT4 管有了足够的基极电流，这一基极电流的回路是：VT4 管发射极 → VT4 管基极 → R3 → VT3 管发射极 → VT3 管基极 → VT2 管集电极 → VT2 管发射极。

由于 VT4 管有了足够基极电流，VT4 管导通后集电极电流通过继电器 J1，使 J1 的开关 S1-1 断开，达到保护扬声器的目的。

(6) OCL、BTL 功率放大器集成电路工作正常时，其信号输出引脚 A 点只有交流信号电压，没有直流电压，所以 VT1 或 VT2 等各管均处于截止状态，保护电路不动作，S1-1 处于接通状态，此时扬声器 BL1 正常接入电路中。

2. 继电器触点常闭式扬声器保护电路之二

图 4-12 是另一种形式的继电器触点常闭式音箱保护电路。电路中，J1 和 J2 的触点开关

S1-1、S1-2 是常闭式的，即在电路工作正常时继电器 J1 和 J2 线圈中没有电流，开关处于接通状态。当电路出现故障后，给继电器 J1 和 J2 线圈通入电流，两开关处于断开状态，电路进入保护状态。

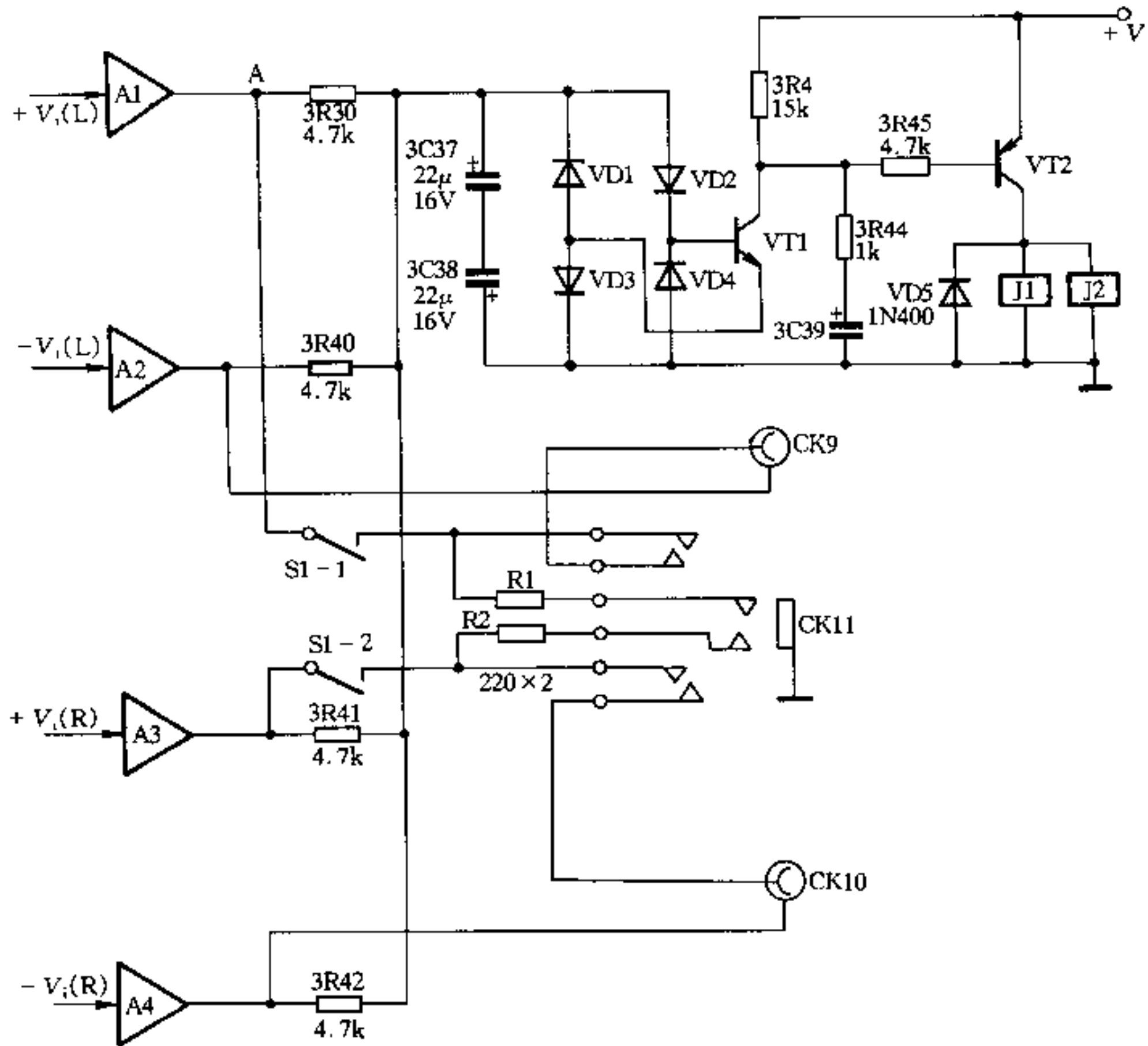


图 4-12 继电器触点常闭式扬声器保护电路之二

对这一扬声器保护电路的工作原理需要说明下列几点。

(1) OCL、BTL 功率放大器集成电路没有出故障时，检测电路 VD1、VD2、VD3、VD4 和 VT1 中无电流，VT1 处于截止状态，此时 VT2 也处于截止状态(3R4 不是 VT2 的基极偏置电阻,因为 VT2 是 PNP 型三极管)，J1 和 J2 线圈中无电流，两开关 S1-1、S1-2 处于接通状态，将左、右声道的扬声器接入电路。

(2) OCL、BTL 功率放大器集成电路出现故障后，信号输出引脚 A 点有直流电压，或是正极性电压，或是负极性电压，都能够使 VT1 管导通。为正极性直流电压时，VT1 管的基极电流回路是：A 点→VD2→VT1 管基极→VT1 管发射极→VD3→地端。当 A 点为负极性直流电压时，VT1 管基极电流回路是这样：地端→VD4→VT1 管基极→VT1 管发射极→VD1。

(3) 由于直流电流流过 VT1，使 VT1 饱和导通，其集电极为低电位，给 VT2 提供了基极电流回路，即 VT2 管的基极通过 3R45 流入导通的 VT1 管集电极。

(4) VT2 进入饱和导通后，有电流流过 J1 和 J2 的线圈，使 J1 和 J2 动作，两开关 S1-1 和 S1-2 断开，切断了左、右扬声器回路，达到保护的目。

(5) 这一电路中设置了开机静噪电路，其电路工作原理是：在一开机瞬间，由于电容 3C39 两端的电压不能发生突变，3C39 上的电压为 0V，使 VT2 的基极为低电位，VT2 在开机时处于导通状态，有电流流过 J1 和 J2 的线圈，使左、右声道的扬声器断开电路，达到消除开机冲击噪声的目的。

开机之后，直流工作电压 +V 经 3R4 和 3R44 对电容 3C39 充电，很快使 3C39 充满了电荷，3C39 相当于开路(3C39 上直流工作电压为 +V)，使 VT2 管截止，J1 和 J2 线圈中没有电流流过，触点开关 S1-1 和 S1-2 进入接通状态，左、右声道扬声器正常接入电路。

3. 继电器触点常开式音箱保护电路

图 4-13 是另一种常用的继电器触点常开式扬声器保护电路。关于这一电路工作原理需要说明下列几点。

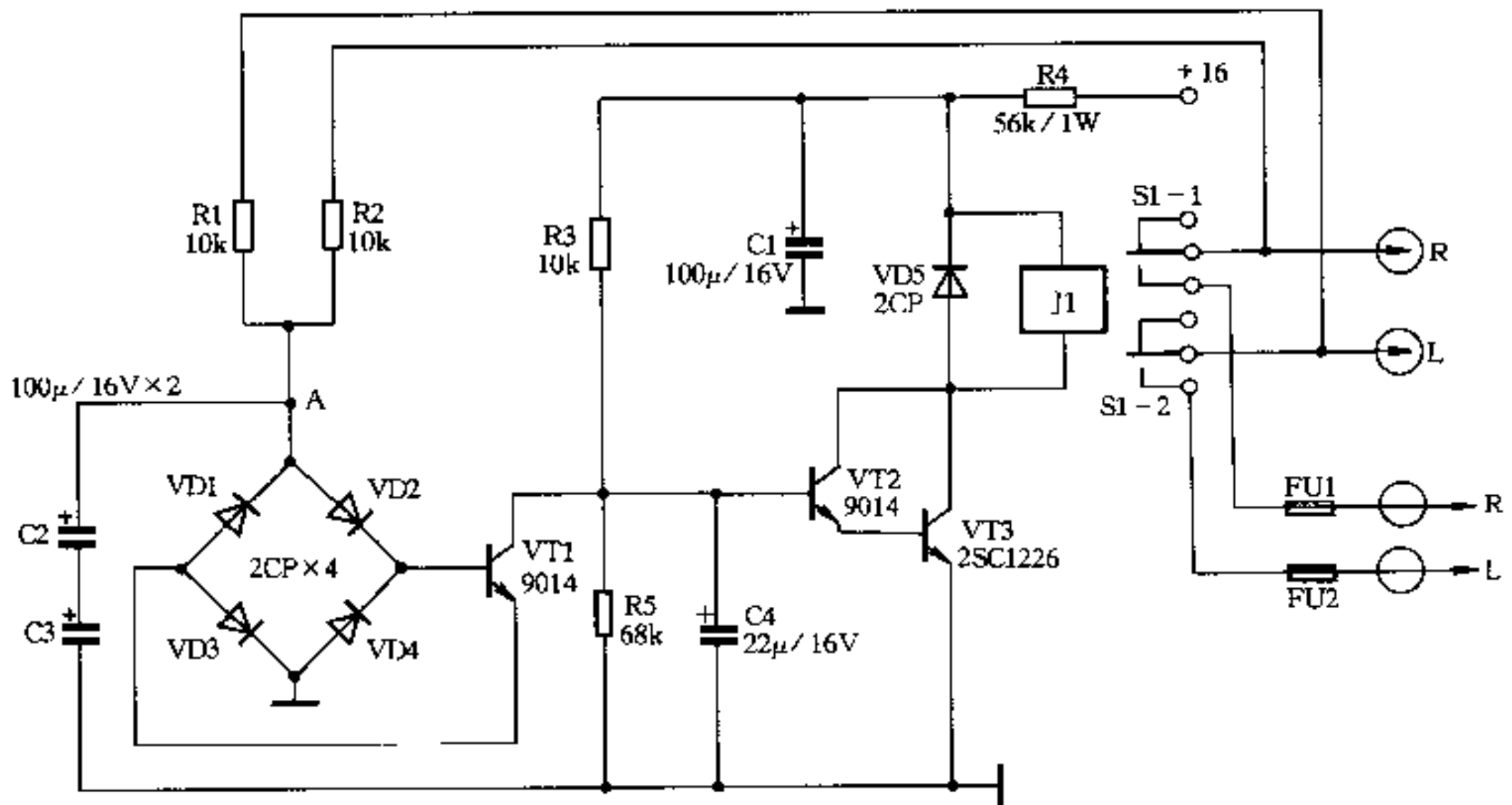


图 4-13 继电器触点常开式音箱保护电路

(1) J1 是继电器，它控制两个开关 S1-1 和 S1-2。在 OCL、BTL 功率放大器集成电路正常工作时，给继电器 J1 通电，开关 S1-1 和 S1-2 处于接通状态，分别接通左、右声道的扬声器。当 OCL、BTL 功率放大器集成电路出现故障后，继电器 J1 断电，开关 S1-1 和 S1-2 处于断开状态，切断扬声器而进入保护状态。

(2) 二极管 VD1 ~ VD4 和 VT1 构成检测电路，VD5 是 VT2 和 VT3 管的保护二极管。VT2 和 VT3 为继电器 J1 的驱动管。C4 是开机静噪电容。

(3) OCL、BTL 功率放大器集成电路工作正常时，电阻 R1 和 R2 送来的左、右声道信号中只有交流成分而没有直流成分，电容 C1 和 C2 将音频信号旁路到地，保护电路是不动作的。此时，VT2 和 VT3 在电阻 R3、R4 的偏置下处于导通状态，J1 线圈中有电流而使开关 S1-1 和 S1-2 在接通状态，分别将左、右声道的扬声器接入电路，机器处于正常工作状态。注意，该电路中的继电器 J1 是常开的触点开关，只有在给 J1 通电时，两个开关才接通扬声器电路。

(4) 当左声道或右声道 OCL、BTL 功率放大器集成电路出现故障时，功率放大器的输出

端将出现正极性的直流电压，或是负极性的直流电压。当出现正极性的直流电压时，电路中的 A 点直流电压为正，该电压经 VD2→VT1 基极→VT1 发射极→VD3→地构成回路，这样有基极电流流过 VT1 管，VT1 饱和导通，其集电极由高电位降为低电位，使 VT2 和 VT3 截止，J1 中无电流流过，S1-1、S1-2 转换到断开状态，将左、右声道的扬声器回路切断，大电流不能流过扬声器，达到保护的目。只要有一个声道的 OCL、BTL 功率放大器集成电路出现故障，保护电路将同时断开两个声道的扬声器。

(5) 当 OCL、BTL 功率放大器集成电路出现故障导致电路中的 A 点为负电压时，地端流出电流经 VD4→VT1 基极→VT1 发射极→VD1→A 点，也有直流电流流过检测管 VT1，VT1 饱和导通，使 S1-1、S1-2 处于断开状态，进行保护。

(6) VD5 保护二极管的保护原理是这样：当 J1 线圈突然断电时，在该线圈两端将产生反向电动势，其极性是下正上负，这一电动势加在 VT2 和 VT3 管上，由于该电动势比较大，会击穿这两只管子。在加入 VD5 后，反向电动势对 VD5 而言是正向偏置，所以在反向电动产生时使 VD5 导通，反向电动势能量通过导通的 VD5 释放，达到保护 VT2 和 VT3 管的目的。

(7) R3 和 R4 是 VT1 分压式偏置电阻，使 VT2 和 VT3 处于饱和导通状态。C1 是滤波电容，FU1 和 FU2 分是两个声道的扬声器回路过流保险丝，一般讲仅靠这种保险丝来保护扬声器还是不够的。

4. 故障检修

扬声器保护电路是一个重要的电路，是 OCL、BTL 功率放大器集成电路的一个重要组成部分，对扬声器的安全有着重要的意义。对这一电路的故障检修要十分小心，搞不好会烧坏扬声器。这里以图 4-13 所示的扬声器保护电路为例，介绍对这一扬声器保护电路故障检修方法。

(1) 扬声器不能接入电路的故障

由于扬声器保护电路是控制左、右声道扬声器回路的，所以当这一电路出现故障后扬声器不能接入电路中，此时机器将出现扬声器中没有任何响声的故障，即左、右声道完全无声的故障。

检查扬声器不能接入电路故障时，在给机器通电后首先用万用表的直流电压测量 VT2 的基极电压，若小于 1V，说明电路处于保护动作状态。然后，再测量左、右声道 OCL、BTL 功率放大器集成电路信号输出引脚上的直流电压，只要有一个不为零，则说明是 OCL、BTL 功率放大器集成电路故障导致保护电路动作。此时，检查的重点不在保护电路中，而是在 OCL、BTL 功率放大器集成电路中。若左、右声道 OCL、BTL 功率放大器集成电路的信号输出引脚电压均为 0V，这说明保护电路出现故障，此时有下列几种情况。

a. 测量 VT2 基极电压小于 1V，重点检查电容 C3 是否严重漏电。

b. 测量 VT2 基极电压为 0V，检查 R3，以及 R4 是否开路、C1 是否击穿，另外测量电路中是否有 +16V 的直流电压。

c. 测量 VT2 基极电压远高于 1V，说明 VT2 或 VT3 存在开路故障，或两管的地线回路存在开路故障。

d. 测量 VT2 基极电压在 1V 左右时，再测量 VT2 的集电极电压，若集电极电压不是为 0.2V 左右，则是继电器 J1 的线圈开路或这一回路中的其他线路开路。

e. 测量 VT2 集电极电压为 0.2V, 则是继电器 J1 的开关触点接触不良。

(2) 开机时不能静噪故障

当机器接通电源时扬声器中出现开机冲击噪声, 说明开机静噪电路出现故障, 此时主要检查静噪电容 C4 是否开路, 若 C4 未开路, 用电阻检查法检查 C4 两根引脚的铜箔线路是否开裂。

(3) 误动作故障

保护电路误动作将造成完全无声。

首先根据故障现象进行常规检查, 确定故障范围。如果怀疑保护电路动作是由保护电路本身故障导致的误动作, 要分析诱发保护电路故障的原因, 可暂时解除保护电路, 这样机器便能正常工作。但在解除保护电路时, 应先断开扬声器, 同时密切注视机内情况。

保护电路是误动作还是正常保护通过测量电路中的有关测试点电压是可以分清的, 可通过测量 OCL、BTL 功率放大器集成电路的信号输出引脚上的直流电压来分辨。左声道或右声道信号输出引脚上有直流电压, 说明是保护电路动作了。如果没有电压, 说明保护电路本身出现了故障。

在确定是保护电路故障后, 可通过测量保护电路中有关测试点直流工作电压来检查故障部位, 通常是不困难的。

保护电路的故障原因主要有以下几个方面。

- a. 继电器触点接触不良, 可修整。
- b. 保护电路中元器件损坏, 应更换新件。

(4) 不能保护故障

保护电路不能保护故障是很危险的, 通常是在烧坏机内元器件后才能发现这一故障。

在发现 OCL、BTL 功率放大器集成电路或扬声器烧坏之后, 不要急于更换新的元器件, 应检查保护电路是否能正常工作。

试验保护电路的方法是: 人为地给保护电路加一个直流触发电压, 即给 OCL、BTL 功率放大器集成电路的信号输出引脚上人为地加一个直流电压(2V 左右), 若保护电路不能动作, 说明保护电路有故障。

检查保护电路故障时, 可以分段给保护电路人为加触发电压, 观察电路在哪一部分不能正常动作。由于保护电路中元器件较少, 检查比较方便。

(5) 修理中的注意事项

音响中的扬声器是十分重要的部件, 在检修扬声器保护电路和功率放大电路过程中, 一不小心就要损坏扬声器, 为此要注意以下几点。

- a. 切不可为了检修电路而将保护电路暂时断开。
- b. 修理中, 最好换上一对普通的音箱, 原配音箱烧坏后是很难配到原型号扬声器的。待修好机器后, 先用普通音箱试听一段时间, 无问题后再换上原配的音箱。
- c. 检修中, 组合音响的音量不要开得较大。
- d. 在音箱保护电路中有两种形式的电路, 这两种电路的根本不同之处是所用继电器一个为常开开关, 一个是常闭开关, 所以检修这两种电路时是有所不同的, 不同之处在于一个电路的继电器在正常时有电流, 而另一个无电流。

e. 在修理这一电路时, 切不可随意改动电路将保护电路的保护功能去掉, 否则当机器

的 OCL 或 BTL 功率放大器集成电路出现故障时, 保护电路不能进入保护工作状态, 造成扬声器烧坏。

第二节 调幅和调频收音集成电路工作 原理解说和故障检修程序

调幅和调频收音电路是音频类电路另一个重要组成部分, 这类电路主要有几块收音类集成电路组成, 即调幅/调频中频放大器集成电路、调频头集成电路、鉴频器集成电路和调频立体声解码器集成电路。本节以常用的这类集成电路为例, 介绍调幅和调频收音电路工作原理和故障检修程序。

一、调幅收音电路工作原理分析

图 4-14 (a) 是集成电路 TA7640AP 构成的调幅收音电路。电路中, 1L5 为中波磁棒线圈, 1VT3 为高频放大管, 构成调幅高频放大器电路(一般调幅收音电路不设高频放大器电路), 1S1 是波段开关, 图示处在调幅(AM)位置, 调幅波段只有中波。1C6BE、1C6BG 分别是调频、调幅四连中的调幅调谐连和调幅振荡连。集成电路 TA7640AP 是调幅、调频共用的收音集成电路。

1. 集成电路内电路方框图

图 4-14 (b) 所示是集成电路 TA7640AP 内电路方框图, 从这一方框图中可以看出, 内电路中设有调幅和调频两部分电路, 调幅部分为调幅本机振荡器、调幅混频器、调幅中频放大器、调幅检波器, 调频部分为调频中频放大器、鉴频器等电路。

(1) 调幅本机振荡器的作用

收音电路中的各个波段都有各自独立的本机振荡电路, 严格地讲只是本机振荡电路中的本机振荡器选频电路是各波段独立的电路, 而本机振荡器中的其他部分电路是各波段共用的电路。

集成电路 TA7640AP 内电路中的本机振荡电路也一样, 是调幅各波段所共用的, 集成电路的③脚用来外接振荡器所需 LC 的选频电路。

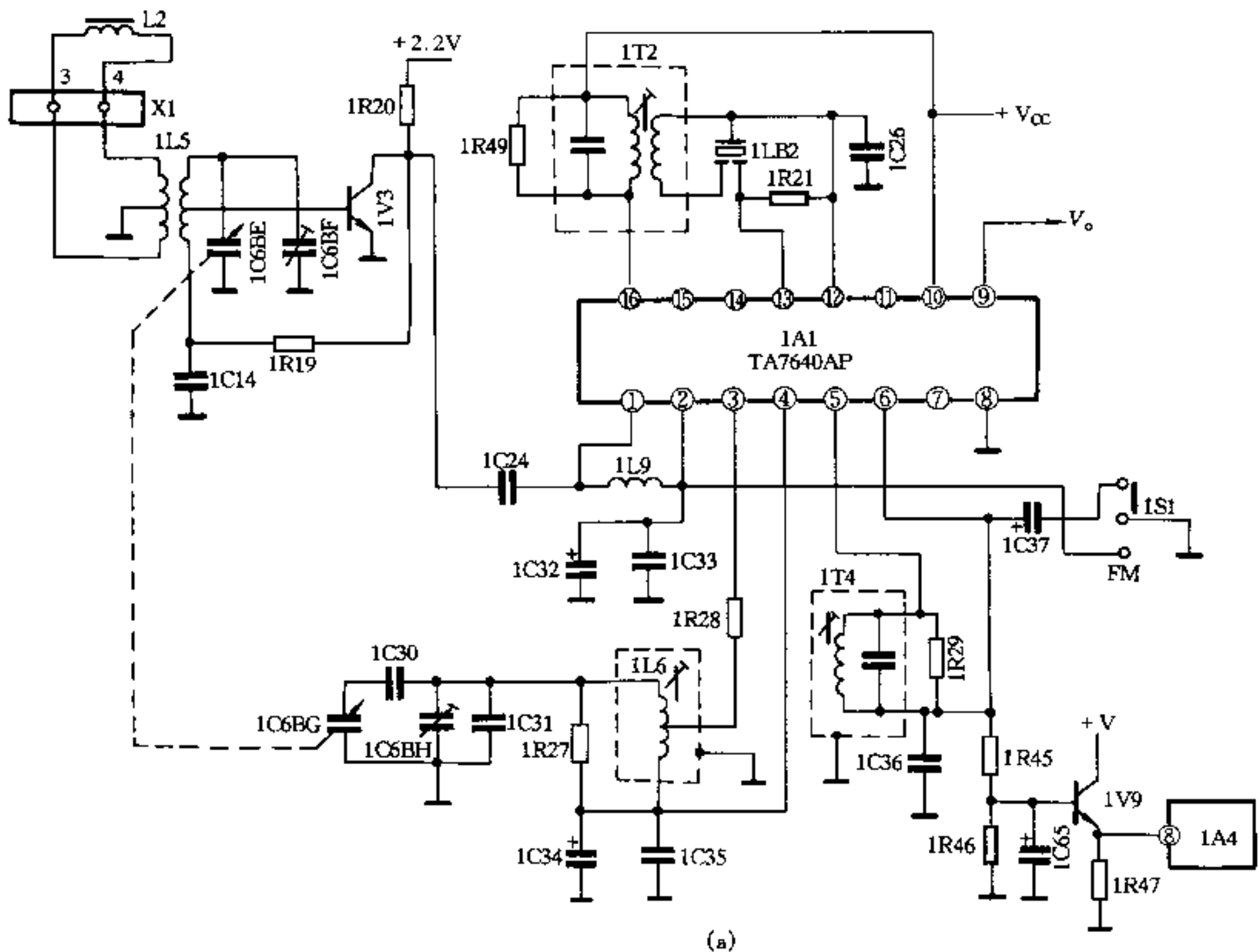
在多波段的收音电路中, 调幅各波段本机振荡电路的选频电路通过波段开关来转换, 如中波段、短波 1、短波 2 分别接入不同的振荡器所需 LC 选频电路。

(2) 混频器的作用

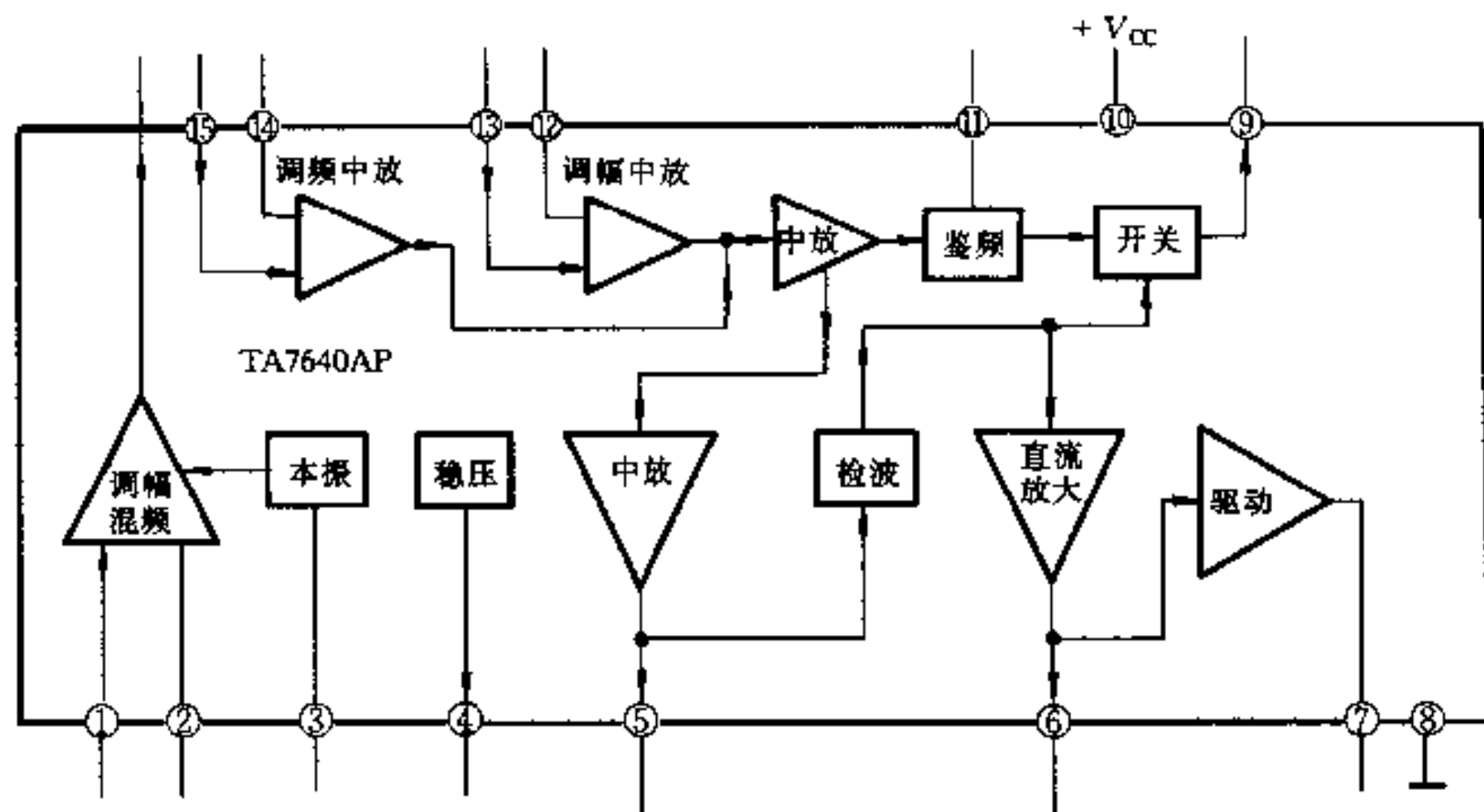
混频器电路是调幅各波段所共用的。变频器电路的作用是通过变频获得中频信号。

现在的收音电路都是外差式收音电路, 所谓外差式收音电路就是通过收音电路中的混频器, 将输入调谐电路取出的高频信号转换成一个频率低些且频率固定的新频率信号, 这一信号称为中频信号。采用这种将高频信号转换成中频信号的目的是为了能够更好地放大、处理各广播电台的高频信号, 以提高收音信号的质量。

(3) 中频放大器的作用



(a)



(b)

图 4-14 集成电路 TA7640AP 构成的调幅收音电路

调幅中频放大器的作用是放大频率为 465kHz 的调幅中频信号。通过混频器之后得到的中频信号其幅度比较小，为了能够对这一信号进行进一步的处理(解调)，所以要对这一中频信号进行幅度的放大，这一任务由中频放大器来完成。

中频放大器只能放大中频信号，不允许放大其他频率的信号，这样才能提高收音质量。为了使中频放大器电路只放大中频信号，要求中频放大器电路具有选择中频信号的能力，所

以中频放大器电路是一个调谐放大电路。

(4) 调幅检波器的作用

检波器的作用是将调幅的中频信号转换成音频信号。在没有检波之前，收音电路中的信号都是调幅信号，这一信号因频率远高于音频信号，人耳听不到，通过检波电路才能从调幅信号中取出音频信号。

(5) 调频中频放大器的作用

调频中频放大器的作用与调幅中频放大器的作用基本一样，用来放大频率为 10.7MHz 的调频中频信号，以使中频信号达到鉴频器所需要的幅度。

调频收音电路的中频信号频率比调幅收音电路的中频信号频率高出许多，单声道和立体声调频收音电路中，中频信号频率都是 10.7MHz。

(6) 鉴频器的作用

鉴频器的作用相当于调幅收音电路中的检波器，它将调频的中频信号转换成音频信号或立体声复合信号。当收到普通调频广播电台节目时，鉴频器输出的就是音频信号；当收到的是立体声调频广播电台节目时，鉴频器输出的是立体声复合信号。

对于普通调频收音电路，鉴频器输出的音频信号就直接加到去加重电路中，然后送到低放电路中；对于立体声调频收音电路，鉴频器输出的立体声复合信号还要加到立体声解码器电路中。

(7) 立体声解码器的作用

立体声解码器的作用是将输入的立体声复合信号转换成左、右声道音频信号。注意，这时的左、右声道信号在大小和相位上有所不同，具有立体声信息。若鉴频器输出的是音频信号(不是立体声复合信号)，立体声解码器将音频信号从左、右声道输出，但左、右声道的音频信号大小、相位相同，所以虽然从两个声道输出，但仍然是单声道的音响效果。

2. 集成电路引脚作用

集成电路 TA7640AP 共有 16 根引脚，各引脚作用如表 4-6 所示。

表 4-6 集成电路 TA7640AP 各引脚作用

引脚号	作用
①	调幅收音电路的已调谐高频信号输入引脚，送入混频器
②	调幅收音电路混频器的另一输入引脚，由外接电容交流接地
③	外接调幅本振线圈，与内电路构成本机振荡器
④	输出 +2.3V 稳定的直流偏置电压
⑤	调幅收音电路的中放信号输出引脚，外接中频调谐电路
⑥	直流调谐电压输出引脚，可外接调谐电平指示器电路
⑦	收音调谐电压输出引脚，可直接驱接 LED 电平指示器
⑧	接地引脚
⑨	调幅检波和调频鉴频器信号输出引脚，输出音频信号或立体声复合信号
⑩	电源引脚(+3 ~ +8V)
⑪	外接调频收音电路中的鉴频调谐线圈
⑫	调幅收音电路的中放信号输入引脚之一，由外接电容交流接地
⑬	调幅收音电路的另一中放信号输入引脚，输入调幅中频信号
⑭	调频收音电路的中放信号输入引脚之一，由外接电容交流接地
⑮	调频收音电路的另一中放信号输入引脚，输入调频中频信号
⑯	调幅收音电路的混频器信号输出引脚

3. 调幅高频放大器电路分析

1VT3 管等元器件构成调幅高频放大器，电路工作原理说明如下。

(1) 直流电路分析

直流工作电压 +2.2V 经 1VT3 集电极负载电阻 1R20 加到 1VT3 管的集电极，1R19 通过 1L5 次级线圈构成 1VT3 管的基极偏置电压，这是集电极 - 基极负反馈式偏置电路，为 1VT3 管提供合适的静态偏置电流。

(2) 平衡式输入电路分析

电路中，天线 L2 上的高频信号经平衡式输入电路加到线圈 1L5 中。线圈 1L5 的初级有一个中心抽头，抽头接地，构成平衡式输入电路。

输入电路有平衡式和不平衡式电路两种，一般电路中采用不平衡式输入电路，这种电路结构简单，缺点是抗干扰能力较差。平衡式输入电路比较复杂，但抗干扰能力强，当输入回路引线比较长时，采用平衡式输入电路有利于提高抗干扰能力。平衡式输入电路具有抗干扰作用的原理可以用如图 4-15 所示电路来说明。

初级线圈 L1 的中心抽头接地， V_s 是信号源，信号源与 L1 之间是连接的导线。信号源 V_s 产生的信号电流从上而下流过 L1 线圈，见图中的实线所示，通过磁耦合在次级线圈 L2 上输出信号。

对于导线拾取的干扰信号电流，由于两根导线所处的空间位置相同，它们感应的干扰信号电流大小相等、方向相同，见图中的虚线所示，这两个干扰电流从不同方向流过 L1，它们在 L1 中相互抵消，这样 L2 线圈没有干扰信号输出，达到抗干扰的目的。

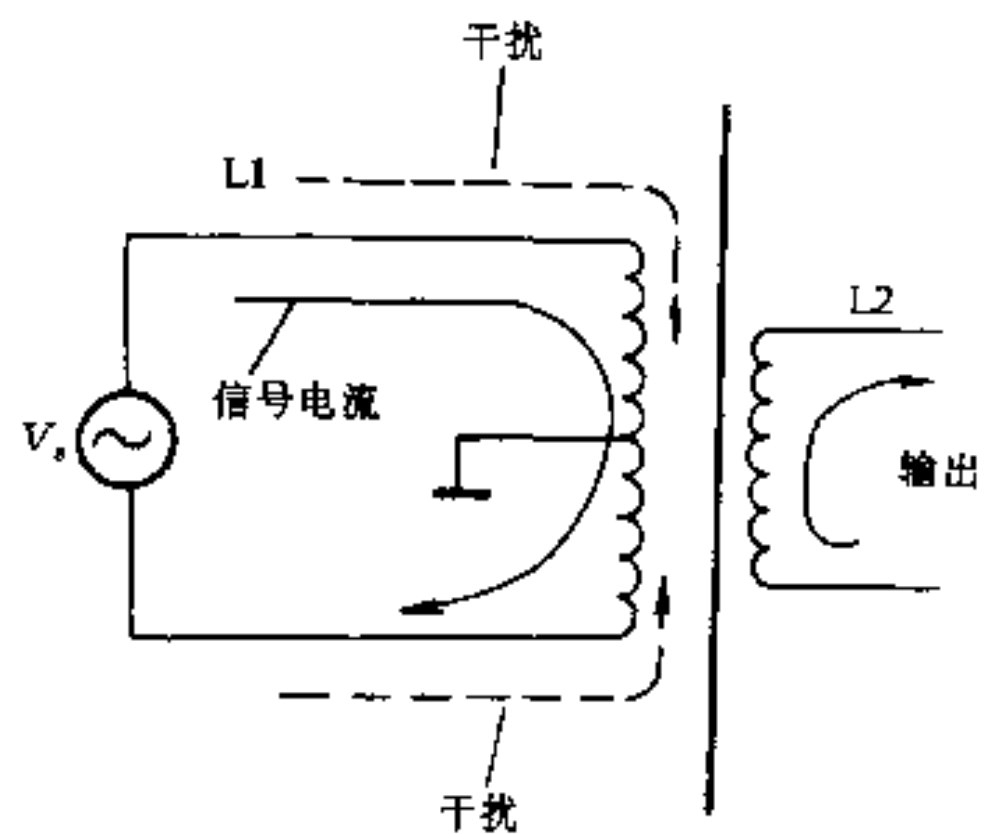


图 4-15 平衡式输入电路

(3) 输入调谐电路分析

电路中，1L5 的次级线圈和调谐连 1C6BE、微调电容 1C6BF 构成输入调谐电路。1L5 次级线圈的下端通过电容 1C14 交流接地，这样次级线圈与电 1C6BE、1C6BF 构成 LC 并联谐振电路。

通过调谐后的某一电台高频信号由次级线圈的抽头加到 1VT3 管的基极。电路中采用抽头的目的是使 1VT3 输入阻抗与输入调谐电路的阻抗进行匹配。

4. 本机振荡器电路分析

(1) 这部分电路主要设在集成电路 TA7640AP 的内电路中，并与集成电路 1A1 ③脚的外电路相关。

(2) 本机电路所需要的选频电路由集成电路 1A1 的③脚连接。

(3) 1L6 是本振线圈，它的下端通过电容 1C34 和 1C35 交流接地，这样 1L6 与调幅振荡连 1C6BG、垫整电容 1C30、微调电容 1C6BH、谐振电容 1C31 构成 LC 并联谐振选频电路。

(4) 本机振荡器所产生的本振信号从集成电路的内部直接加到混频器中。

5. 混频器电路分析

(1) 集成电路 1A1 的①脚、②脚内电路是差分混频器电路,其中②脚通过外电路中的电容 1C32 和 1C33 交流接地,这样构成单端输入电路。

(2) 集成电路⑩脚是混频器电路的信号输出引脚。

(3) 高放管 1VT3 管集电极输出的高频信号通过耦合电容 1C24,从①脚加到集成电路 1A1 的内电路混频器中。本振信号在集成电路的内部也加到混频器电路中。

(4) 混频器混频后的信号从集成电路 1A1 的⑩脚输出,加到⑩脚外电路 1T2 构成的中频谐振电路中。

(5) 集成电路⑩脚内电路是混频管的集电极,1T2 初级回路是 LC 并联谐振电路,谐振在 465kHz 中频上,该电路作为⑩脚内混频管的集电极负载,这样通过 1T2 取出混频器输出的中频信号。

6. 集成电路外电路分析

(1) 中频信号从 1T2 的次级线圈输出,加到三端陶瓷滤波器 1LB2 中进一步滤波,其输出的中频信号从集成电路⑬脚加到其内部的调幅中频放大器电路中。

(2) 集成电路 1A1 的④脚输出直流偏置电压,该电压经 1L6 抽头和 1R28 加到 1A1 的③脚内电路中,为本振电路提供直流偏置电压。

(3) 在调谐时,本振连 1C6BG 的容量与输入调谐电路中调谐连 1C6BE 容量同步变化(图中虚线表示这两个连的容量同步变化),这样保证本振频率始终比输入调谐电路的谐振频率高出 465kHz。

(4) 本振线圈 1L6 有一个虚线框,且直接接地,这说明该线圈的金属外壳接地。调整 1L6 可以改变本振频率,调整 1C6BH 也可以改变本振频率,在低端调整 1L6,在高端则调整 1C6BH。

(5) 电阻 1R27 是本振选频电路中的阻尼电阻。

7. 中频放大器电路分析

(1) 调幅中频放大器电路主要设在集成电路 TA7640AP 内部,与调幅中频放大器相关的是集成电路 1A1 的⑤、⑫和⑬脚外电路。

(2) 集成电路 1A1 的⑫、⑬脚内电路是第一级差分中频放大器,⑫脚通过外电路中电容 1C26 交流接地,这样构成单端输入式差分放大器,来自滤波器 1LB2 的中频信号从⑬脚送入内电路中频放大器中,经内电路中三级中频放大器放大后,从⑤脚送出集成电路 1A1 进行再次中频调谐。

(3) 集成电路 1A1 的⑤脚外电路接有中频变压器 1T4,中频信号经过这一调谐电路在⑤脚内电路直接加到检波器电路中。1T4 构成的 LC 并联谐振电路,这一 LC 并联谐振电路实际上是⑤脚内电路中三中放管集电极负载,1R29 是调谐回路的阻尼电阻,用来保证该调谐电路有足够的频带宽度。

8. 检波器电路分析

检波器设在集成电路 TA7640AP 的内电路中,图 4-16 所示是内电路中的检波器电路。电

路中，VD1 是检波二极管，C1 是检波滤波电容，VT3、VT4 和 VT6 是放大管，VT2 和 VT5 管构成恒流源。

电路的工作原理说明如下。

(1) 来自内电路三中放的中频信号加到 VD1 负极，经检波和滤波，取出音频信号和 AGC 电压加到 VT3 管基极。

(2) VT2 管恒流源是 VT3 管的集电极负载。

(3) 从 VT3 管集电极输出的信号直接耦合到 VT4 管基极，经 VT4 管放大后从集电极直接耦合到 VT6 管基极，恒流管 VT5 构成 VT4 管的集电极负载。

(4) VT6 管构成射极输出器，信号从其发射极输出，经 R2 从⑨脚送出集成电路。VT6 管接成射极输出器，利用其高输入阻抗、低输出阻抗特性起隔离作用。

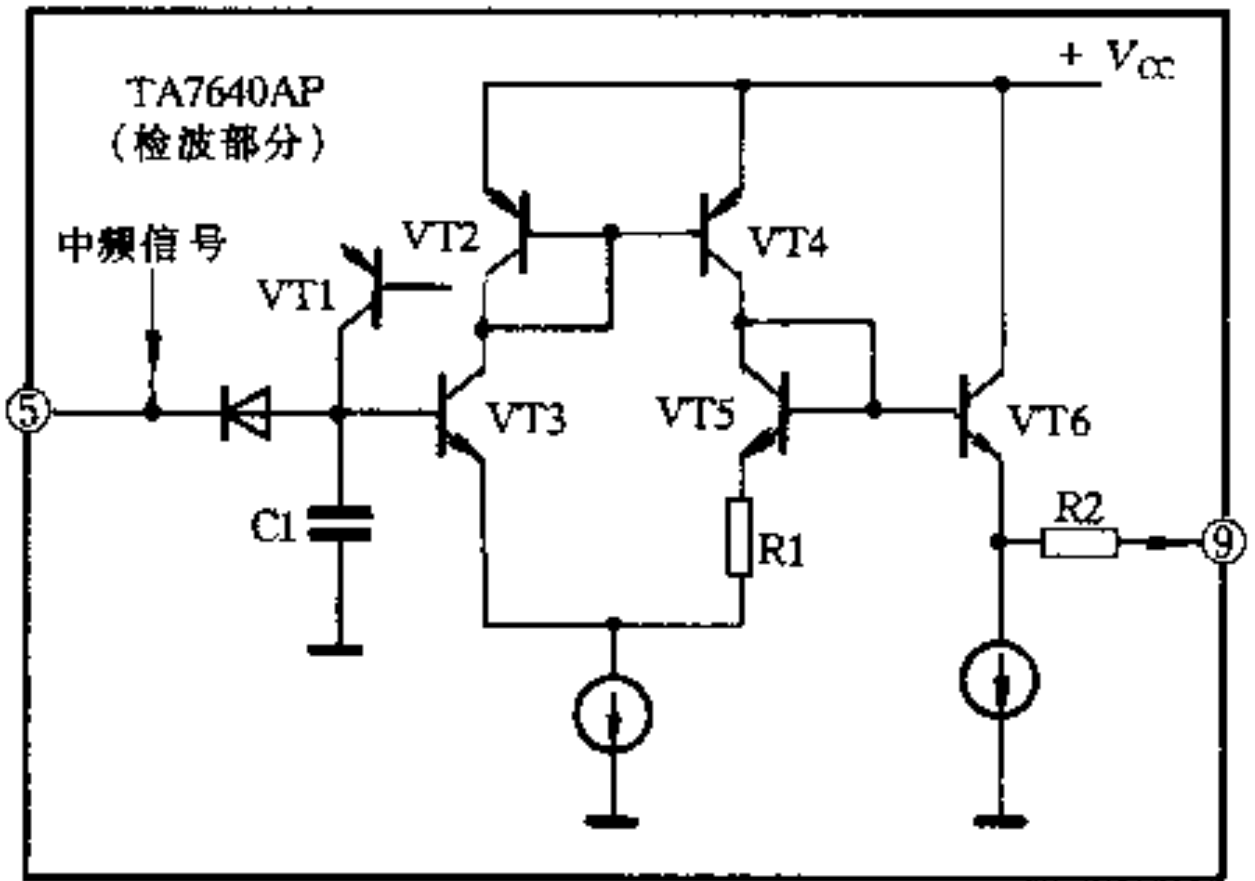


图 4-16 集成电路 TA7640AP 内电路检波器

9. AGC 电路分析

AGC 电路也设在集成电路 TA7640AP 的内电路中，图 4-17 是集成电路 TA7640AP 内电路中的 AGC 电路。电路中，VT2 和 VT5 是 AGC 电压放大管，VT3 和 VT4 管构成恒流源。

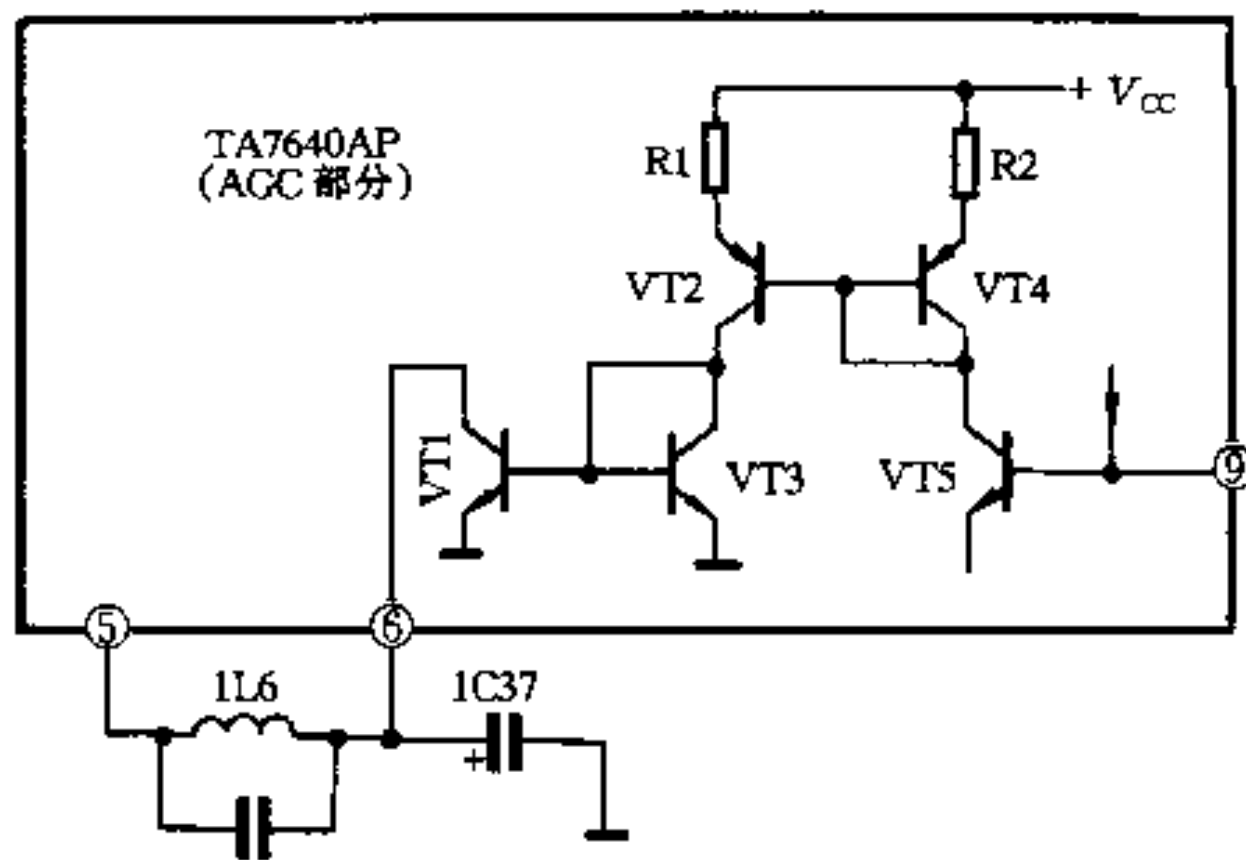


图 4-17 集成电路 TA7640AP 内电路中的 AGC 电路

电路的工作原理说明如下。

(1) 集成电路⑨脚上的信号(含 AGC 电压)加到 VT5 管基极，VT4 管恒流源作为 VT5 管的集电极负载。经 VT5 管放大后信号加到 VT2 管基极，VT3 管恒流源构成 VT2 管的集电极负载。

(2) 从 VT2 管集电极输出的信号直接耦合到 VT1 管的基极，放大后从其集电极输出，经⑥脚送出集成电路，通过⑥脚外电路中的 AGC 滤波电容 1C37 的滤波，去除音频信号，得到 AGC 电压。

(3) AGC 电压经线圈 1L6 从⑤脚送入内电路中频放大器电路中，进行中频放大器的增益

控制，实现 AGC 功能。

10. 调谐指示器电路分析

调谐指示器电路的工作原理主要说明下列几点。

(1) 图 4-14 所示电路中，集成电路 1A1 ⑥脚输出的是 AGC 电压，这一电压大小与中频信号大小成正比，调谐愈准确，中频信号幅度愈大，⑥脚上的电压也愈大，这样就可以用⑥脚上电压大小作为调谐指示器的控制电压。

(2) 集成电路 1A1 ⑥脚输出的 AGC 电压经电阻 1R45 和 1R46 分压，加到 1VT9 管基极，⑥脚电压愈高，1VT9 基极电压愈大，其发射极输出电压愈大，这一电压加到指示器集成电路 1A4，使发光指示的二极管级数愈多，实现调谐指示。

(3) 电路中，1C65 的容量大小与指示特性相关，它的容量大指示信号的平均值，它的容量小指示信号的峰值。

11. AM 和 FM 转换电路分析

(1) 图 4-14 所示电路，1S1 是调幅、调频波段开关(该调谐器只有这两个波段)，图示在调幅位置，此时集成电路 1A1 内部的调频电路不能进入工作状态，集成电路工作在调幅收音状态。

(2) 当开关 1S1 转换到调频位置时，1S1 将集成电路的②脚接地，使内电路中的调幅收音电路不能工作，这样集成电路进入调频工作状态。

12. 调幅收音电路信号传输分析

图 4-14 所示电路，调幅收音电路的信号传输和处理过程是：天线线圈 L2 上各电台高频信号→接插件 X1→1L5 初级线圈(平衡输入方式)→1L5 次级线圈(输入调谐线圈)→1VT3 管基极(高频放大管)→1VT3 管集电极→1C24 (耦合电容)→集成电路 1A1 的①脚(高频信号输入引脚,加到内部混频器中)→1A1 的⑬脚(混频器输出引脚,混频信号输出)→1T2 初级谐振回路(取出 465kHz 中频信号)→1T2 次级线圈→1LB2 输入端(中频滤波)→1LB2 输出端→1A1 的⑬脚(调幅中频信号输入引脚)，经内部中频放大器放大和检波，从 1A1 的⑨脚输出音频信号。

13. 集成电路引脚外电路特征解说

前面分析了收音类集成电路 TA7640AP 的工作原理，这里对该类集成电路的外电路工作原理和外电路特征进行小结。

①脚是集成电路 1A1 的混频器信号输入引脚，①脚经耦合电容 1C24 与调幅高频放大器的输出端相连，在没有调幅高频放大器电路时，就通过耦合电容与收音电路中的输入调谐电路相连。

②脚是集成电路 1A1 的混频器另一个信号输入引脚，为反相输入引脚，外电路中通过电容 1C32 和 1C33 接地，这两个电容将②脚交流接地。①脚和②脚之间的电感 1L9 起通直流隔交流的作用。电路中，1S1 是波段开关中的一个刀组，图示在调幅位置，不影响电路的正常工作。当该开关转换到调频(FM)波段时，通过 1S1 将集成电路 1A1 的②脚直流接地，又

通过 1L9 将①脚直流接地，这时调幅收音电路的输入级放大器停止工作，集成电路 1A1 进入调频工作状态。

③脚外电路接入本机振荡器所需要的谐振选频电路，选频电路为 LC 并联谐振电路，即 1L6 和电容 1C31、1C6BH、1C6BG 和 1C30，其中 1C6BG 是调幅振荡连，用虚线与调幅调谐连 1C6BE 相连，根据这一外电路特征可以认定③脚是外接调幅本振选频电路引脚。

④脚是集成电路 1A1 内电路稳压电路的输出引脚，用来输出 +2.3V 稳定的直流偏置电压，该直流电压通过 1L6 加到③脚内电路。电容 1C34 是电源滤波电容，1C35 是高频滤波电容。

⑤脚是集成电路 1A1 调幅收音电路的中频放大器输出引脚，用来外接中频调谐电路，即由 1T4 中频变压器构成的中频选频电路，1T4 中的线圈和电容构成 LC 并联谐振电路，谐振在中频频率 465kHz 上。这一 LC 并联谐振电路作为⑤脚内电路中频放大管的集电极负载，取出中频信号，进行中频调谐放大。利用 1T4 中频变压器这一外电路特征，可以分辨出⑤脚是用来外接中频 LC 选频电路的放大器输出引脚。电路中，1R29 是 LC 并联谐振电路中的阻尼电阻，用来保证 1T4 这一 LC 并联谐振电路的频带宽度。

⑥脚是直流调谐电压输出引脚，可外接调谐电平指示器电路，即 1VT9 和集成电路 1A4。根据调谐指示电路这一特征可以分辨出⑥脚是集成电路 1A1 直流调谐电压输出引脚。电路中，⑥脚输出的收音调谐电压经 1C37 滤波后，通过 1R45 和 1R46 分压，加到放大管 1VT9 基极，这是一级射级输出器，从其发射极输出的直流调谐电压经⑧脚加到电平指示器集成电路 1A4 中。电容 1C65 起进一步滤波作用。

⑦脚是集成电路 1A1 收音调谐电压输出引脚，可直接驱接 LED 电平指示器，图 4-14 所示电路中没有使用该引脚，在⑦脚内电路中设有一级驱动电路（见 TA7640AP 内电路方框图），所以可以在⑦脚外电路直接接入 LED 电平指示器电路，而不需要另设电平指示器驱动电路。

⑧脚是集成电路的接地引脚。

⑨脚是集成电路 1A1 调幅检波和调频鉴频器信号输出引脚，输出音频信号或立体声复合信号。集成电路 TA7640AP 是一个调幅和调频用集成电路，它可以工作在调幅和调频二种收音状态。在调幅收音状态下，⑨脚输出音频信号。在普通调频收音状态下，⑨脚输出音频信号。在立体声调频收音状态下，⑨脚输出立体声复合信号。

⑩脚是电源引脚，该引脚上的直流工作电压通过 1T2 线圈还要从⑩脚加到集成电路内电路中的调幅混频级放大器电路。

⑪脚是调频收音电路的引脚。

⑫脚和⑬脚是集成电路内电路中调幅中频差分放大器的两根信号输入引脚，其中⑫脚由外接电容 1C26 交流接地，这样构成单端输入式差分中频放大器，⑬脚为调幅中频信号输入引脚。电路中，从 1T2 次级线圈输出的中频信号，经调幅中频陶瓷滤波器 1LB2 的滤波，取出 465kHz 的中频信号，从⑬脚加到集成电路 1A1 内电路中的调幅中频放大器电路进行中频放大。

⑭脚和⑮脚是调频收音电路的引脚。

⑯脚是集成电路调幅收音电路的混频器输出引脚，用来外接谐振频率为 465kHz 的 LC 并

联谐振选频电路，即中频变压器 1T2，1T2 的初级构成 465kHz 的 LC 并联谐振选频电路，这一电路作为集成电路 1A1 内电路混频器的负载。选出的中频信号通过 1T2 次级线圈，加到中频陶瓷滤波器 1LB2 中。

二、调幅收音电路故障检修程序

收音机、调谐器的故障按波段划分可以分成下列三种故障。

(1) 各波段都有相同的故障。

(2) 只有某一个波段有故障，例如只是调幅波段(中波和短波)有故障，或只是调频波段有故障。

(3) 对于调幅波段而言，有两种情况：一是所有调幅波段都有故障，二是只有一个调幅波段有故障。

这里只介绍调幅波段的故障处理(指调频波段收音正常)。根据调频和调幅收音电路结构，可以排除收音机、调谐器的电源电路部分出现故障的可能性，因为调频频段工作正常就可以说明收音机、调谐器的电源电路工作正常。

调幅波段的故障主要有收音无声、收音声音轻、收音噪声大、收音电台少等。这里以图 4-14 所示调幅收音集成电路为例，介绍调幅收音电路的各种故障检修方法。

1. 收音无声故障

调幅波段收音无声故障分成两种：一只是调幅中波或只是调幅短波收音无声，二是调幅各个波段均收音无声。

(1) 故障部位确定方法

给收音机或调谐器通电，分别试听调频收音和各波段的调幅收音，如果出现调频收音正常，而调幅收音无声，说明故障出现在如图 4-14 所示调幅收音集成电路中。

(2) 调幅和调频各波段收音无声故障检修

由于调幅和调频各波段均收音无声，说明是这两个波段共用的电路出现了故障，检修方法如下。

a. 测量集成电路 1A1 电源引脚⑩脚上的直流工作电压，如果为 0V，检查电源电路和集成电路 1A1 的电源引脚是否对短路。

b. 测量集成电路 1A1 的⑨脚上的直流工作电压，如果不正常，检查⑨脚外电路(图中没有画出)元件。

c. 清洗波段开关。

d. 上述检查没有发现问题时，全面测量集成电路 1A1 各引脚直流工作电压，对电压偏差引脚外电路中元器件进行检测，没有发现问题时可更换集成电路 1A1 一试。

(3) 调幅各个波段均收音无声故障检修

对于中波、短波均收音无声故障，应重点检查调幅波段各波段共用的电路，即调幅混频器、调幅中频放大器、检波级电路，在缩小故障范围后采用电压检查法测量集成电路有关引脚上的直流工作电压，然后检查相关引脚的外电路。

干扰集成电路 1A1 的⑬脚，如果扬声器中无响声，测量集成电路 1A1 的⑫脚、⑬脚、

⑤脚上的直流工作电压，与标准电压值相比较后有异常，应检查该引脚外电路中的元器件；如果干扰集成电路 1A1 的⑬脚时扬声器中响声大，可测量集成电路 1A1 的①脚、②脚、③脚、④脚、⑯脚上的直流工作电压，与标准值相比较后如果有异常，检查该引脚外电路中的元器件。

具体检查说明如下。

a. 如果测量集成电路 1A1 的①脚和②脚不相等，应检查线圈 1L9 是否开路，正常时与线圈相连的两根引脚上直流工作电压应该相等。如果②脚直流工作电压低，可检查电容 1C32 和电容 1C33 是否漏电，特别是电容 1C32。

b. 测量集成电路 1A1 的③脚和④脚上直流工作电压应该相等，因为两根引脚之间有线圈 1L6。如果③脚和④脚上直流工作电压低，主要检查电容 1C34 和电容 1C35 是否漏电，特别是电容 1C34。如果④脚上的直流电压为 0V，在检查电容 1C34、1C35 没有击穿时，说明集成电路 1A1 损坏。如果③脚没有直流工作电压，检查线圈 1L6 是否开路，因为③脚上直流电压是由④脚输出的直流工作电压通过 1L6 供给的。

c. 如果测量集成电路 1A1 的⑤脚和⑥脚的直流工作电压不相等，检查中频变压器 1T4 内部的线圈是否开路。

d. 如果测量集成电路 1A1 的⑯脚直流工作电压为 0V，检查中频变压器 1T2 线圈是否已经开路。

e. 如果测量 1VT3 管其极电压为 0V，检查线圈 1L5 次级是否开路。

f. 检查输入端耦合电容 1C24 是否开路。清洗波段开关。

g. 用一只 $0.01\mu\text{F}$ 电容跨接在陶瓷滤波器 1LB2 的输入端和输出端之间，若收音的声音出现(只要有很小的声音即可)，说明陶瓷滤波器 1LB2 损坏。

h. 电阻检查法检测电路上的各线圈是否存在开路故障。

i. 检查集成电路 1A1 外电路中元器件都正常，如果集成电路 1A1 某引脚的直流工作电压不正常，但查不出原因，可以更换集成电路 1A1 一试。

(4) 调幅某个波段收音无声故障检修

对于只有一个波段收音无声故障，则用电阻检查法检查该波段的输入调谐回路、本机振荡器选频电路，重点检查有无开路现象，另外波段开关接触不良也是一个常见故障原因，可用纯酒精清洗波段开关。

2. 收音轻故障

收音轻故障也分成一个波段或调幅各波段均存在收音轻故障，这一故障一般还同时伴有收音电台少的现象。

(1) 调幅各波段收音轻故障检修

调幅各波收音轻故障范围落在共用的调幅混频器、调幅中频放大器、检波器电路中，关于这一故障的检修要点说明如下几点。

a. 测量集成电路 1A1 电源引脚⑩脚上的直流工作电压是否偏低，如果偏低检查⑩脚外电路中的电容(图中未画出)是否漏电。

b. 在收到电台声音的情况下，分别小心调整中频变压器 1T4、1T2 的磁芯，如果能够解决问题，是中频变压器谐振频率偏移。如果调整后声音更小，说明与中频变压器无关，仍然

将中频变压器的磁芯调整在声音最大状态。

c. 用一只 $0.01\mu\text{F}$ 电容跨接在陶瓷滤波器 1LB2 的输入端和输出端之间, 若收音的声音有所增大, 说明陶瓷滤波器 1LB2 损坏, 应予更换。

d. 用纯酒精清洗波段开关。

e. 全面测量集成电路 1A1 各引脚的直流工作电压, 对电压异常引脚上的阻容元件进行检查(主要检查电容), 上述检查无效时更换集成电路 1A1 一试。

(2) 调幅某波段收音轻故障检修

a. 对于只有一个波段出现收音声音轻故障时, 可用手抓住磁棒天线, 若声音明显增大, 说明要进行统调。

统调的方法是: 在低端收一个电台, 通过移动磁棒线圈在磁棒上位置使声音最大, 然后在波段高端收一个电台, 调整输入调谐回路中的高频补偿微调电容, 使声音最大。再试听低端电台的收音, 若手抓住磁棒天线后声音仍有增大现象, 还要进行上述的低端、高端调整, 以获得最佳收音效果。

b. 中波天线线圈若出现引线头断线故障时, 要重新将线头焊好。

c. 当天线线圈受潮时, 要用电吹风烘干线圈。

d. 清洗波段开关。

3. 噪声大故障

图 4-14 所示调幅收音集成电路的调幅收音噪声大的故障检修方法说明如下几点。

a. 通过试听调幅各波段的收音, 确定是一个波段还是各波段都有噪声。一般可变电容器故障发生率较多, 此时表现为各波段均有噪声。

b. 可变电容器故障, 用纯酒精清洗可变电容器, 无效后更换新件。

c. 波段开关接触不良, 应清洗开关, 注意在清洗液未挥发干之前试听收音会出现噪声更大的现象。

d. 测量集成电路 1A1 的电源引脚⑩脚上的直流工作电压是否偏高(此时噪声大的同时收音声音也大), 如果偏高检查⑩脚的直流电压供给电路, 找出电压升高的原因。

e. 全面测量集成电路 1A1 各引脚的直流工作电压, 对存在电压偏差的引脚外电路进行检查, 无收效时可更换集成电路 1A1 一试。

三、调频头集成电路 TA7335P 工作原理解说

图 4-18 所示是集成电路构成的调频头电路, TA7335P 是一个十分常见的调频头集成电路。

1. 集成电路 TA7335P 内电路

图 4-19 所示是集成电路 TA7335P 的内电路。

2. 集成电路 TA7335P 内电路方框图

图 4-20 所示是集成电路 TA7335P 内电路方框图。

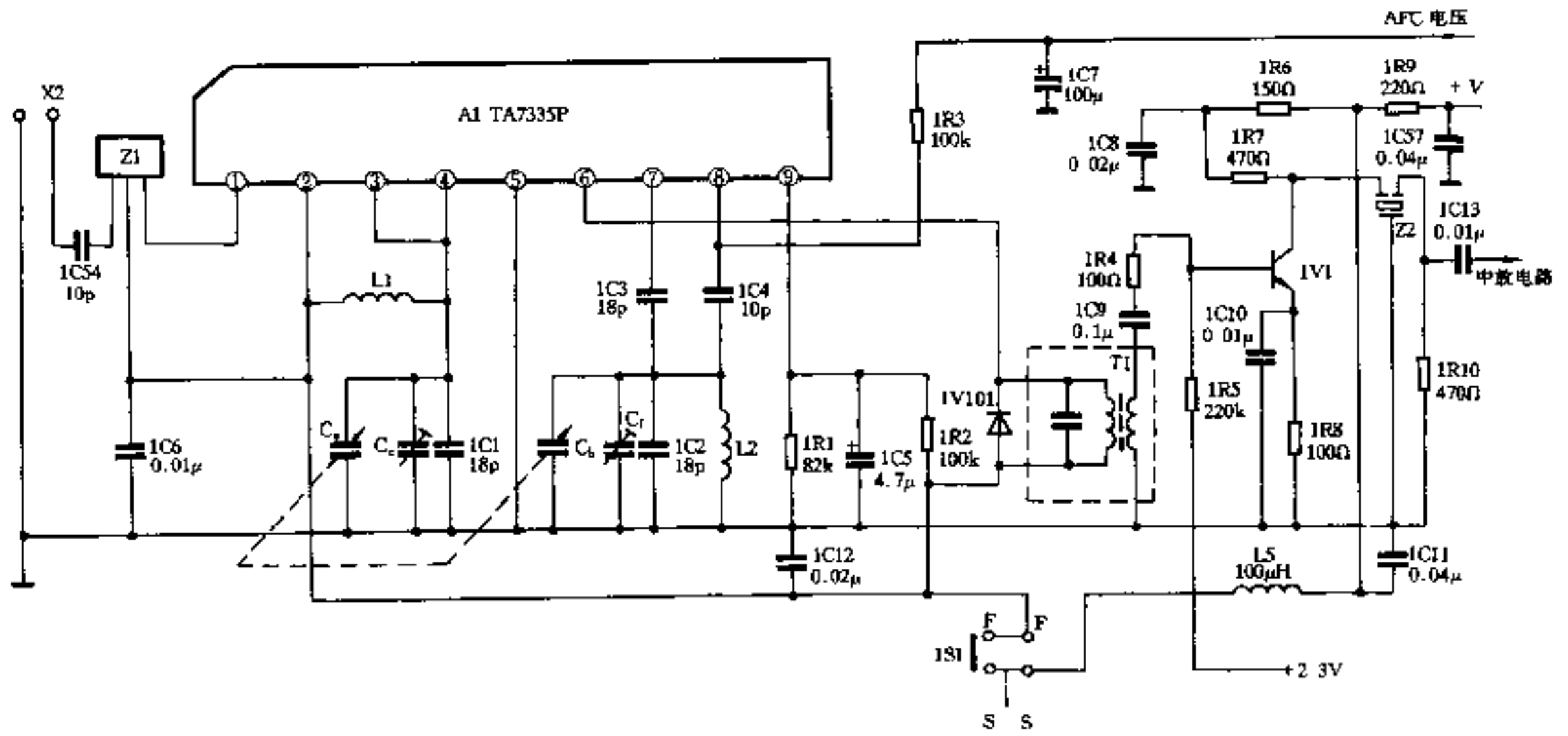


图 4-18 调频头集成电路 TA7335P

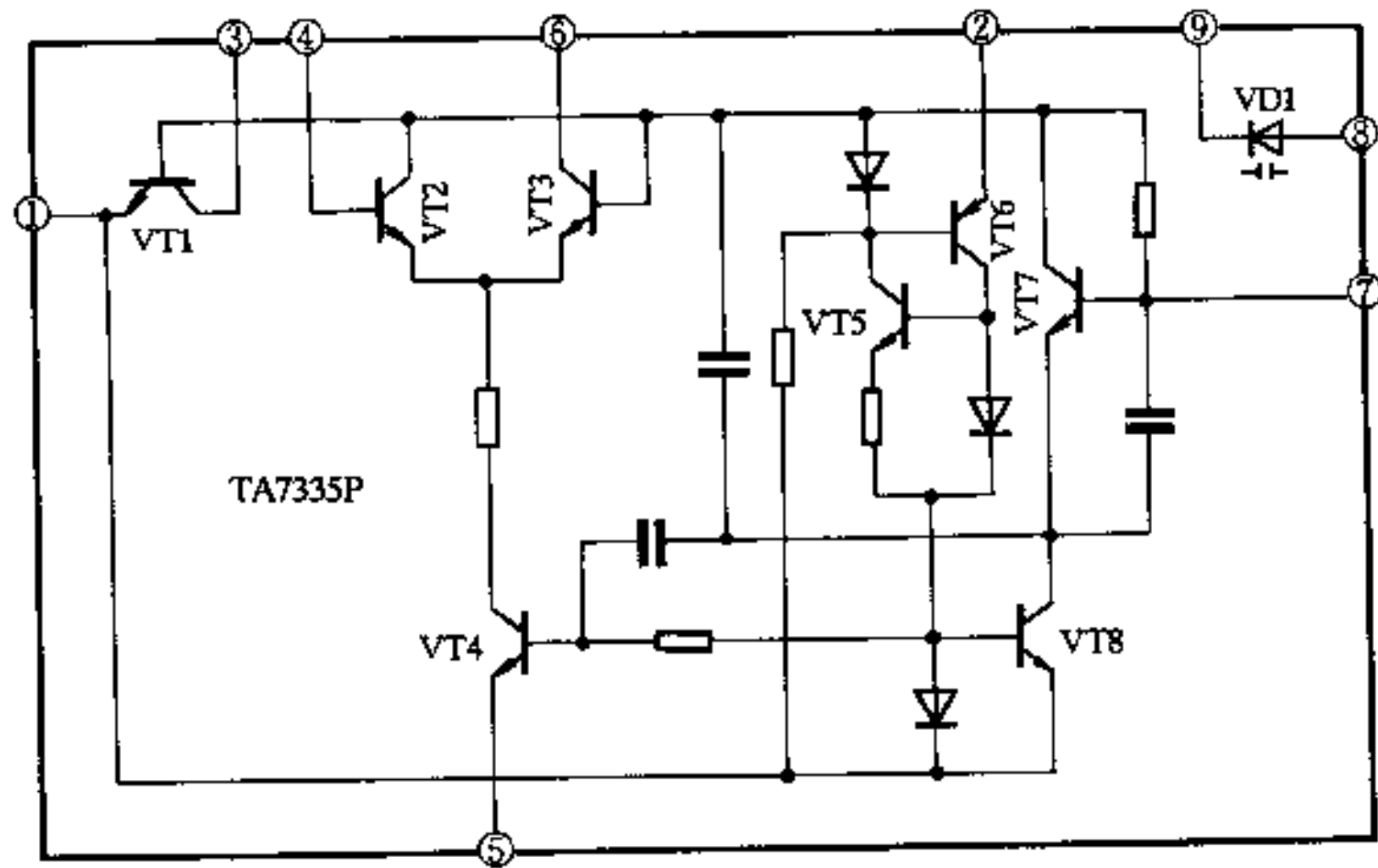


图 4-19 调频头集成电路 TA7335P 内电路

高频放大器、混频器和本机振荡器三部分合起来称为调频头。

高频放大器用来放大高频信号，并进行高频调谐，取出所要接收的某一电台高频信号。

本机振荡器产生本振信号。

混频器用来获得中频信号。

3. 集成电路引脚作用

集成电路 TA7335P 共有 9 根引脚，各引脚作用如表 4-7 所示。

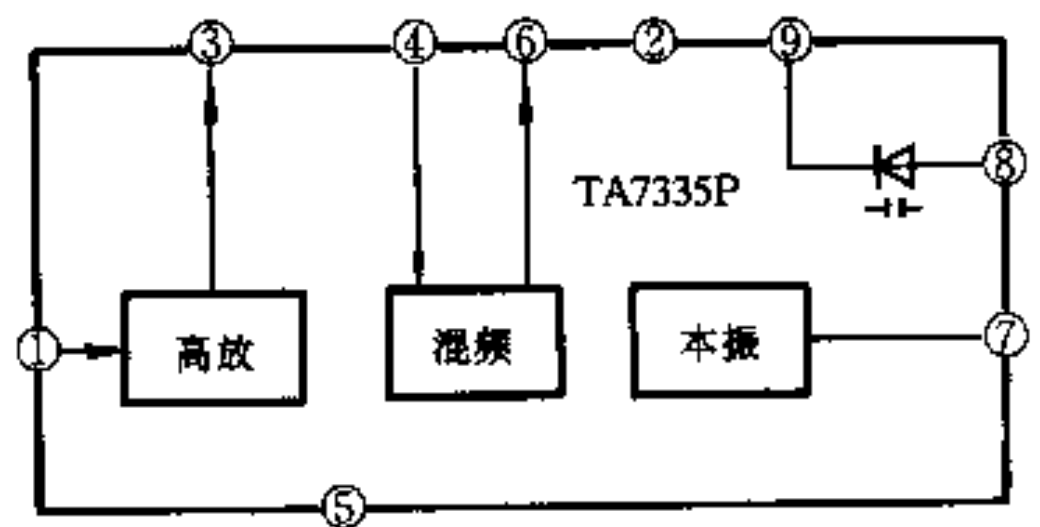


图 4-20 调频头集成电路 TA7335P 内电路方框图

表 4-7

集成电路 TA7335P 引脚作用

引脚号	作用
①	高频信号输入引脚, 信号送入高频放大器中
②	电源引脚
③	高频放大器信号输出引脚, 外接高频输入调谐电路, 与内电路配合完成调谐
④	混频器信号输入引脚, 用来输入已调谐的高频信号
⑤	接地引脚
⑥	混频器信号输出引脚, 外接中频调谐电路
⑦	本机振荡器外接振荡线圈引脚, 用来接入本机振荡器中的选频电路
⑧	AFC 电压输入引脚, 接内电路中的变容二极管的正极
⑨	内电路中变容二极管的负极引脚

4. 输入电路分析

从天线下来的高频信号经 1C54 耦合后加到带通滤波器 Z1 的输入端, 滤波器的输出信号直接从集成电路 A1 的①脚送入集成电路内电路高频放大器电路中。Z1 是一个 88 ~ 108MHz (这是调频波段的频带)的带通滤波器, 让调频波段内信号通过, 将频段外信号去除, 以提高抗干扰性能。

5. 高频放大器电路分析

集成电路 A1 的③脚内电路是高放管的集电极, ③脚外电路接由 L1 和 C_a 、 C_c 、1C1 构成的高频输入调谐电路, 这一电路作为高放管的集电极负载。从高频放大器输出的高频信号从④脚加到内部混频器电路中。

L1 是调谐线圈, 它的左端经旁路电容 1C6 交流接地, 这样 L1 与 C_a 、 C_c 、1C1 构成 LC 并联谐振电路, 调台时, 改变调谐连 C_a 的容量, 这样可以改变这一调谐电路的谐振频率。

6. 本机振荡器电路分析

本机振荡器电路主要设在集成电路 A1 的内电路中, 只是用⑦脚来外接本机振荡器电路所需要的选频电路。L2 与 C_b 、 C_f 、1C2 等构成 LC 并联谐振选频电路, 改变振荡连 C_b 容量时可以改变本振频率。

7. 混频器电路分析

已调高频信号从④脚送入混频器, 本振信号在内电路中直接送入混频器, 混频后的信号从集成电路的⑥脚输出, 加到由 T1 初级构成的中频调谐电路中, 取出 10.7MHz 的调频中频信号。

8. 中频前置放大器电路分析

电路中, 1VT1 管等构成中频前置放大器电路, 从 T1 次级线圈输出的中频信号经 1C9 和

1R4 加到 1VT1 管基极，放大后信号从其集电极输出，加到中频滤波器 Z2 中进行滤波，其输出信号经 1C13 送到后面的中频放大器。

1R7 是 1VT1 管的集电极负载电阻，1C10 是发射极旁路电容，1R5 为 1VT1 管提供静态偏置电流。

9. AFC 电路分析

AFC 电压经 1R3 从集成电路 A1 的⑧脚加到集成电路内部变容二极管的正极，⑨脚内部是变容二极管的负极，通过旁路电容 1C5 交流接地，即与 L2 相连。

集成电路 A1 的⑧脚内部是变容二极管的正极，通过电容 1C4 与 L2 的另一端相连，这样⑧脚、⑨脚内部的变容二极管通过 1C4、1C5 与 L2 并联。

当 AFC 电压大小变化时，变容二极管的容量发生改变，使本机振荡器选频电路的谐振频率发生改变，达到对本机振荡器频率进行自动控制的目的。

10. 调频头集成电路引脚及外电路特征说明

图 4-18 所示的调频头集成电路 TA7335P 各引脚外电路特征和工作原理说明如下。

①脚是高频信号输入引脚，它通过一些电路与调频天线相连，根据天线电路符号可以方便地分辨出高频信号输入引脚。

②脚是电源引脚，外电路中的 1S1 是波段开关的一组刀，图示在调频(F)位置，此时直流工作电压 +V 经退耦电阻 1R9、滤波电感 L5、波段开关 1S1 从②脚供给集成电路 A1，进入调频收音状态。电容 1C12、1C11 是滤波电容。

③脚是高频放大器信号输出引脚(从集成电路 TA7335P 内电路可以看出这一点)，外接高频输入调谐电路 L1 和 C_a 等， C_a 是调频调谐连，根据 C_a 的电路符号(用虚线与调频振荡连相连)可以识别③脚是高频放大器信号输出引脚，高频放大器信号输出引脚就是用来外接调频调谐连的。

④脚是混频器信号输入引脚，用来输入已调谐的高频信号，从③脚输出的已调谐高频信号直接从④脚输入到混频器电路中，根据这一点可识别④脚是混频器信号输入引脚。

⑤脚是接地引脚。

⑥脚是混频器信号输出引脚，外接中频调谐电路 T1。根据⑥脚外电路与后级中频放大器电路相连这一特征，可以识别⑥脚是混频器信号输出引脚。

⑦脚是本机振荡器外接振荡线圈引脚，用来接入本机振荡器中的选频电路 L2 和 C_b 等元件。根据调频振荡连 C_b 的电路符号，可以方便地识别⑦脚是本机振荡器外接振荡线圈引脚，因为本机振荡器外接振荡线圈引脚就是用来接入振荡线圈和振荡连的。

⑧脚和⑨脚内电路为变容二极管，⑧脚与 AFC 电路相连。

四、调频头集成电路 TA7335P 故障检修程序

调频波段收音故障也分成收音无声故障、收音声音轻故障、收音噪声大故障等，这几种故障的检修方法与调幅收音类故障基本相同。

1. 调频收音无声故障

图 4-18 所示调频头集成电路 TA7335P 无声故障的检修方法如下。

(1) 故障部位确定方法

在调频收音工作状态下，干扰集成电路 A1 的信号输出引脚⑥脚，如果扬声器中没有响声，说明故障出在调频头集成电路之后的电路中，与集成电路 TA7335P 无关；如果干扰⑨脚时扬声器中有很大的响声，再干扰集成电路 A1 的信号输入引脚①脚，扬声器无响声，说明故障出在集成电路 A1 电路中。

(2) 检修方法

a. 用纯酒精反复清洗波段开关。

b. 测量集成电路 A1 电源引脚②脚上直流工作电压，若没有电压或电压很低，应检查波段开关 1S1 是否接触不良，检查线圈 L5 是否开路，检查电阻 1R9 是否开路，检查电容 1C12、1C6、1C11 是否击穿或严重漏电。

c. 全面测量集成电路 A1 其他引脚上的直流工作电压，对有电压偏差的引脚外电路中的元器件进行检查。

d. 检查电容 1C54 是否开路。用一只 $0.01\mu\text{F}$ 的电容器跨接在带通滤波器 Z1 两端，若收音有声，说明 Z1 损坏，需更换 Z1。

e. 检查电路中的线圈是否开路。

f. 上述检查没有发现问题，可小心调整 T1 的磁芯，全面检查电路中的元器件，若没有发现问题应更换集成电路 A1。

2. 声音轻故障

(1) 将收音声音轻故障确定在调频头集成电路 TA7335P 中的方法与收音无声故障一样，但对于声音略轻故障无法进行准确的判断。

(2) 重点检查集成电路 A1 电源引脚直流工作电压是不是偏低。

(3) 调整中频变压器 T1 的磁芯。

(4) 检查 Z1 是否是损坏，可进行代替检查。

(5) 全面测量集成电路 A1 各引脚直流工作电压，重点检查电压偏差引脚外电路中的元器件，没有发现问题时用代替法检查集成电路 A1。

3. 噪声大故障

(1) 断开电路中的电容 1C9，如果噪声仍然存在，说明故障出现在 1C9 之后的电路中。如果断开电容 1C9 后噪声消失，说明故障出在调频头集成电路 TA7335P 中。

(2) 如果只是在调频调台过程中出现“沙、沙”的噪声，是正常现象，这是调频收音电路所特有的调谐噪声。在一些调频收音机、调谐器中设置了调频调谐静噪电路，这种调谐噪声就没有了，如果有就是调谐静噪电路出现了故障。

(3) 主要用代替检查法检查电路中的电容是否漏电。

(4) 调频连噪声大也是一个重要原因，特别是机器使用日久这一故障发生率比较高，可进行代替检查。

五、调频中频放大器和鉴频器集成电路 LA1260S 工作原理

图 4-21 是调频中频放大器、鉴频器集成电路 LA1260S 的应用电路。

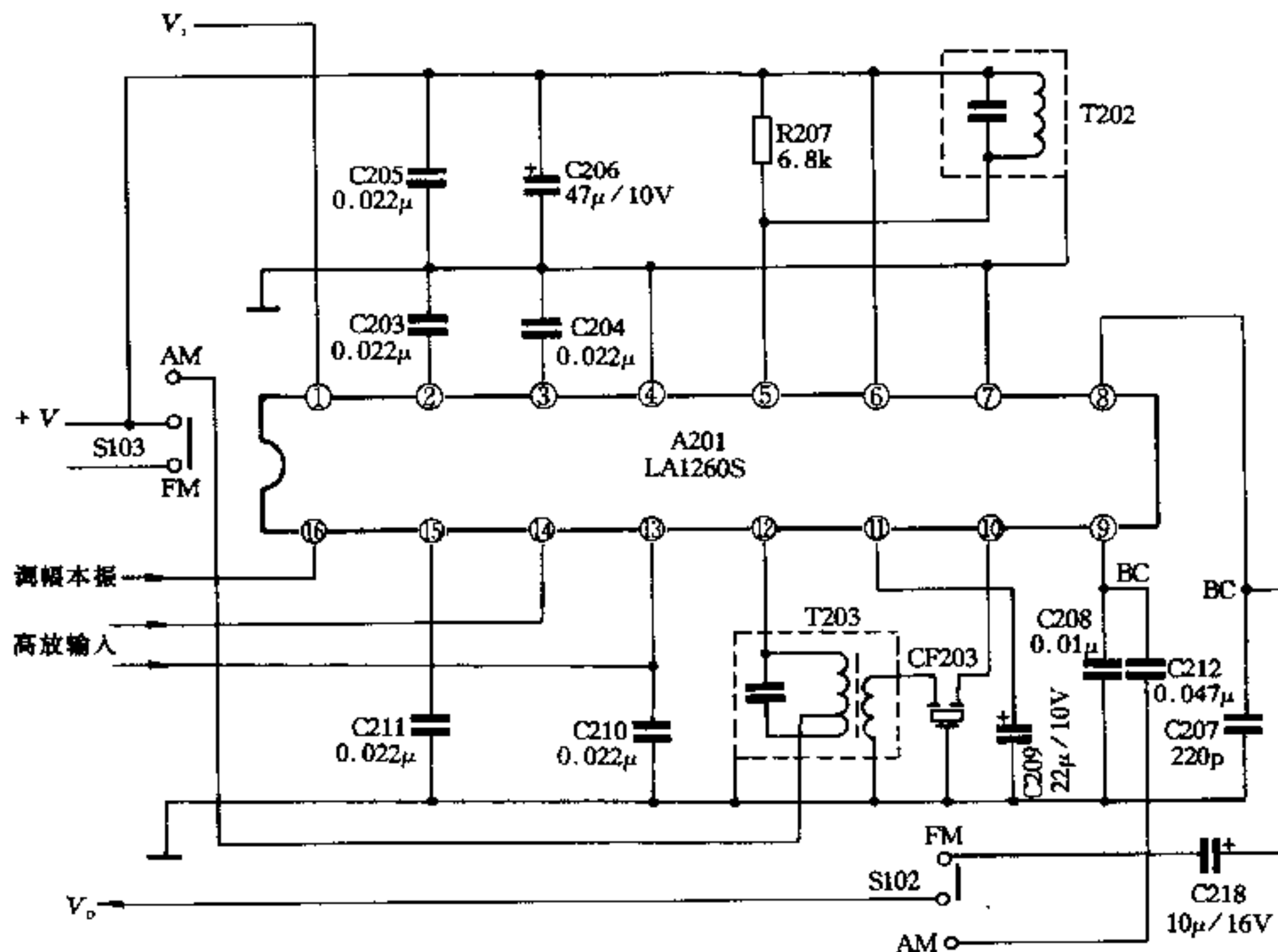


图 4-21 调频中频、鉴频器集成电路 LA1260S 应用电路

1. 集成电路 LA1260S 内电路方框图

由图 4-22 所示集成电路 LA1260S 的内电路方框图可以看出，它含有调幅和调频收音两部分电路，其中调频部分为中放和鉴频电路。

2. 集成电路 LA1260S 引脚作用

集成电路 LA1260S 共 16 根引脚，采用双列结构，各引脚作用如表 4-8 所示。

3. 调幅收音电路信号传输分析

电路中，来自调幅收音输入调谐电路的调幅高频信号，从⑬、⑭脚送入集成电路 A201 内电路调幅高频放大器中。⑬脚通过旁路电容 C210 交流接地，这样调幅高频放大器电路从本来的双端输入电路，改变成单端输入电路。

本振选频电路接在 A201 的⑮脚上。混频器输出信号从⑫脚输出，加到 T203 初级选频电路中，取出调幅中频信号，其次级输出的信号加到三端陶瓷滤波器 CF203 的输入端，经滤波后的输出信号从⑩脚送入集成电路 A201 内电路调幅中频放大器中放大，在内电路中直接送

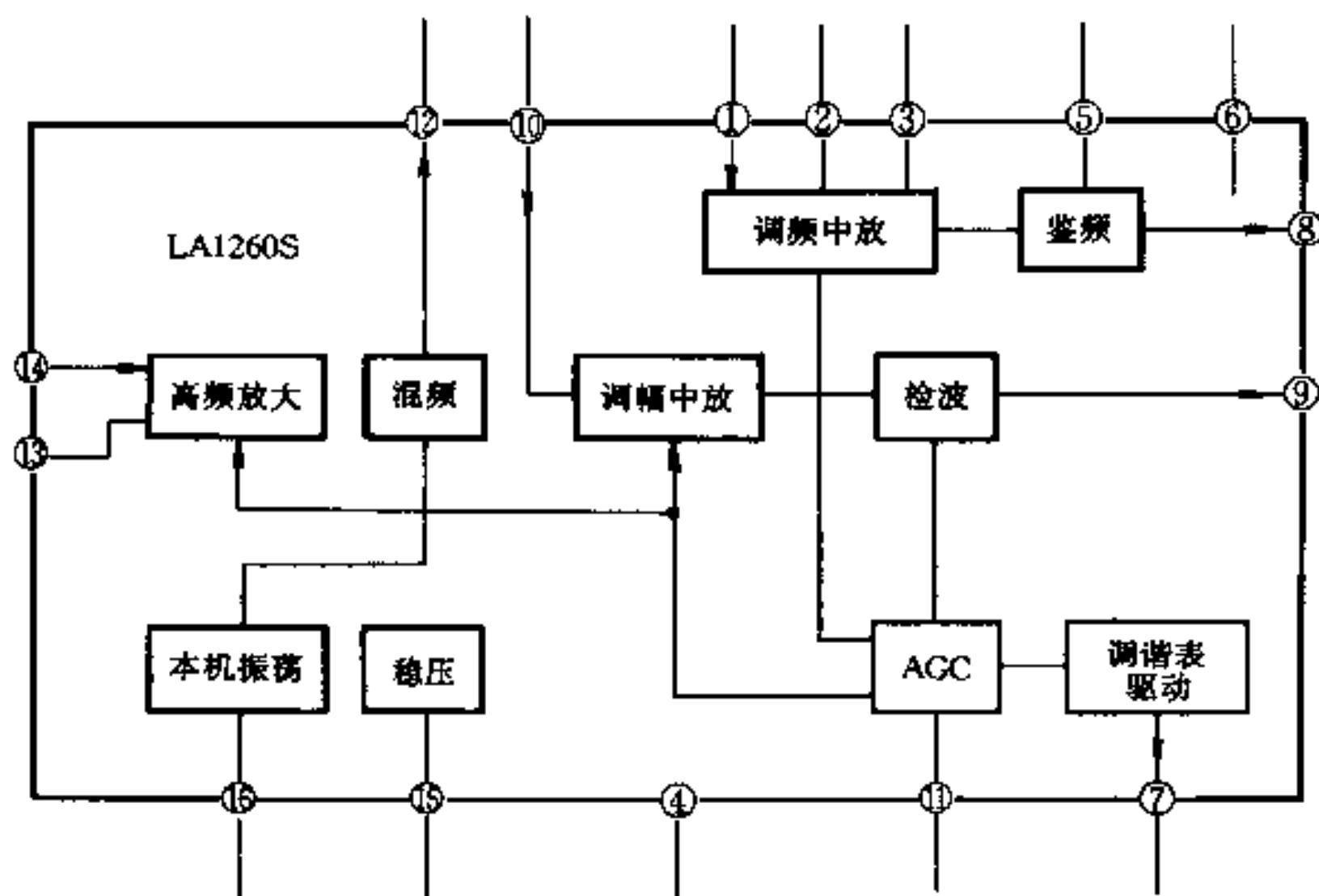


图 4-22 调频中频、鉴频器集成电路 LA1260S 内电路方框图

入检波器电路中，检波器输出的音频信号从⑨脚输出，经 C212 和波段开关 S102 (AM) 送到后级电路中。

表 4-8 集成电路 LA1260S 引脚作用

引脚号	作用
①	调频中频信号输入引脚
②	调频中频旁路引脚
③	调频中频旁路引脚
④	接地引脚
⑤	鉴频器引脚，外接鉴频用 90° 移相电路
⑥	电源引脚
⑦	调谐指示器驱动输出引脚，外接发光二极管(LED)电平指示器
⑧	鉴频器信号输出引脚，输出鉴频后的信号(音频信号或立体声复合信号)
⑨	调幅收音电路音频信号输出引脚
⑩	调幅中频信号输入引脚
⑪	AGC 滤波引脚，外接 AGC 滤波电容
⑫	调幅混频器信号输出引脚
⑬	调幅高频放大器旁路引脚，用来外接旁路电容
⑭	调幅高频放大器信号输入引脚
⑮	稳压电路引脚
⑯	调幅本机振荡器引脚，用来外接本机振荡器所需的选频电路

4. 调频收音电路信号传输分析

电路中，来自调频收音电路混频器的输出信号经过 10.7MHz 滤波后，得到调频中频信号，这一信号直接送到集成电路 A201 的①脚，经内电路调频中频放大器放大，送到鉴频器

中，鉴频后的信号从⑧脚输出，经 C218 耦合加到波段开关 S102 上，此时该开关在图示调频 (FM) 位置上，送到后级电路中。

电路中，C203、C204 为调频中频放大器电路中的旁路电容。T202 构成鉴频器中的 90° 移相电路，R207 为阻尼电阻。C205、C206 为高频电源滤波电容。C207 用来滤掉中频信号。

5. 鉴频器电路分析

集成电路鉴频器主要采用正交鉴频电路，这里详细介绍这种电路的工作原理。

(1) 正交鉴频电路

图 4-23 所示是正交鉴频电路的原理图。电路中，输入信号 V_i 为来自限幅中频放大级的调频中频信号，经过限幅处理后信号近似于矩形信号。 V_o 是经过正交鉴频器电路之后的输出信号。

电路中，VT1 和 VT2 是两只串联电子开关管，这两只电子开关同时导通，同时截止。输入信号 V_i 一路直接加到开关管 VT2 基极，作为 VT2 管的开关控制信号。另一路经 90° 移相电路后加到开关管 VT1 基极，作为 VT1 管的开关控制信号。因为 VT1、VT2 串联，所以只有 VT1、VT2 同时导通时才有输出信号电压 V_o 。当开关管基极出现高电平时，开关管才导通。

输入不同信号频率时的两管导通情况是不同的，可用如图 4-24 所示信号波形说明这一电路的工作过程。

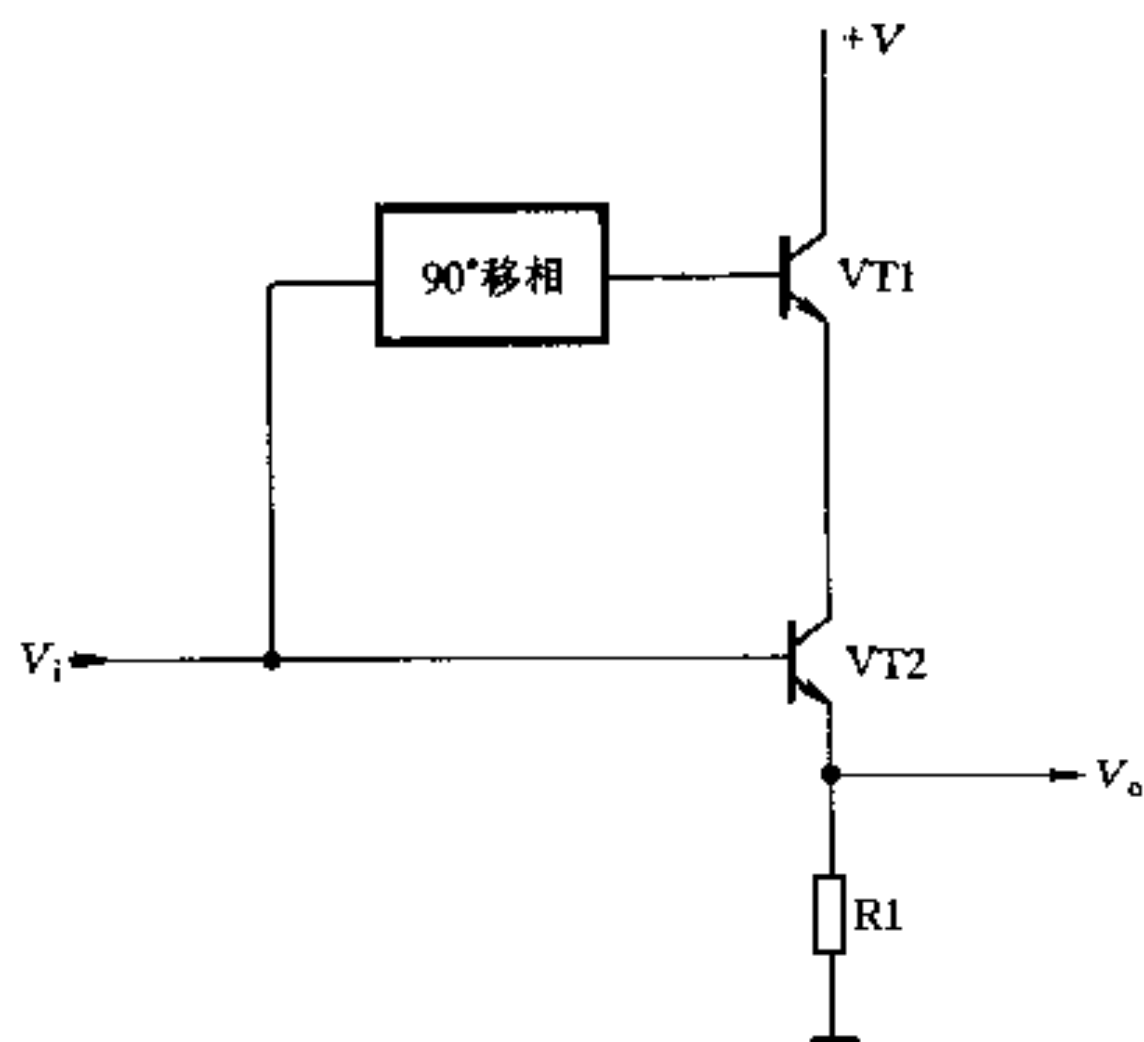


图 4-23 正交鉴频器电路原理图

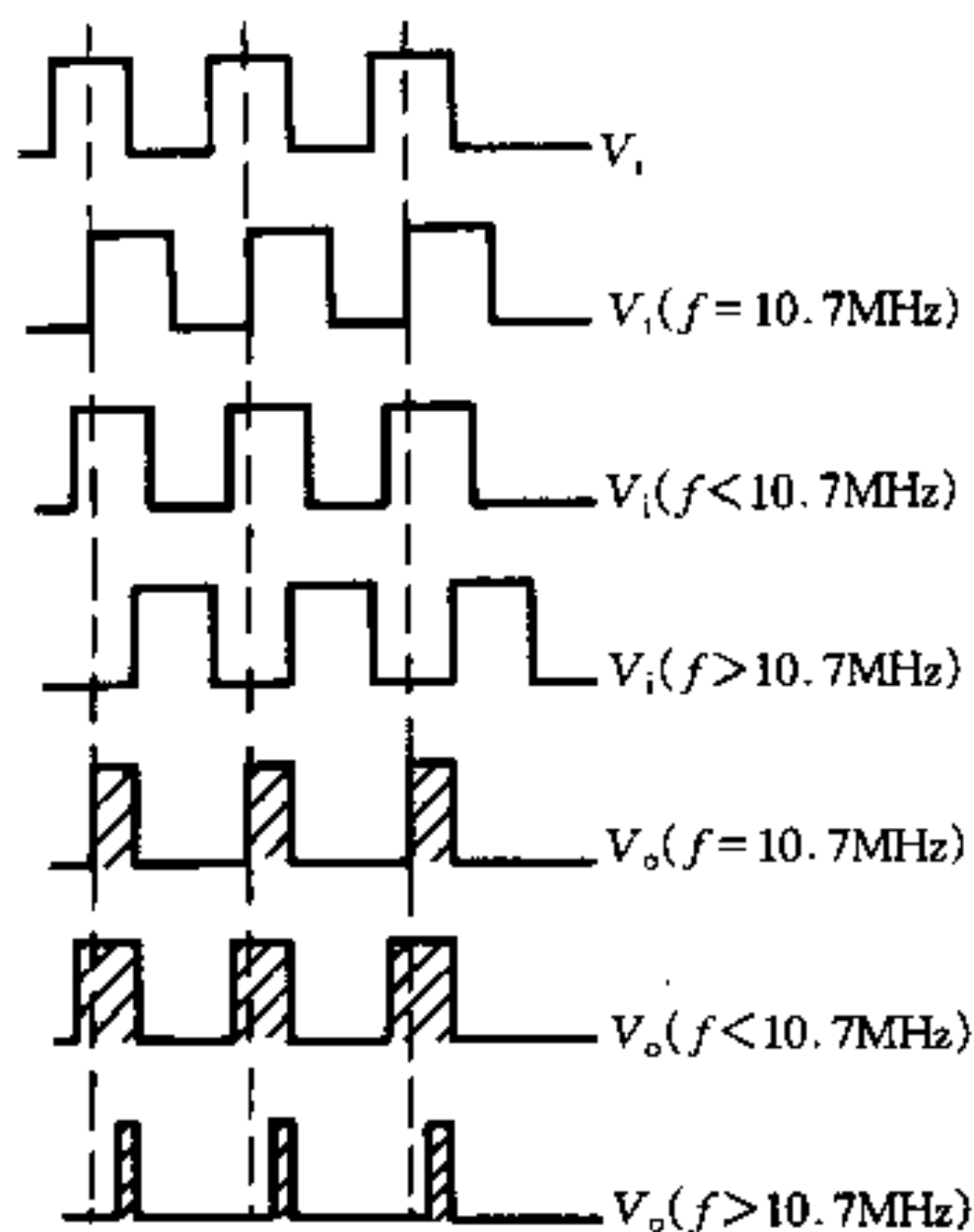


图 4-24 信号波形示意图

当输入中频信号的频率 f 等于中频频率 10.7MHz 时，90° 移相电路对信号移相量正好为 90°，在两信号同时加到 VT1、VT2 管基极时，有输出电压 V_o ，图中阴影部分是 VT1、VT2 管基极同时有控制信号时的输出信号电压，其脉宽等于输入脉冲的一半。

当输入中频信号的频率低于中频 10.7MHz 时，由于 90° 移相电路的相移量小于 90° (不同频率下该移相电路的移相量不同)，输入中频信号频率愈低，其相移量愈小，此时的输出脉

冲信号的脉宽大于 $f = 10.7\text{MHz}$ 时输出脉冲的脉宽。

当输入中频信号的频率高于中频 10.7MHz 时， 90° 移相电路的相移量大于 90° ，输入中频信号频率愈高，其相移量愈大于 90° ，输出脉冲信号脉宽愈是小于 $f = 10.7\text{MHz}$ 时输出脉冲的脉宽。

通过上述分析可知，当输入中频信号频率不同时，其输出信号脉冲的脉宽大小不同，将不同脉宽的脉冲送入低通滤波器中(如图 4-25 所示)，便能输出鉴频后的音频信号或立体声复合信号。

电路中， R_1 和 C_1 构成积分滤波电路， C_2 是输出端的隔直通交电容， V_i 是来自正交鉴频器的输出信号， V_o 是通过滤波后的音频信号，也就是鉴频器输出的音频信号或立体声复合信号。

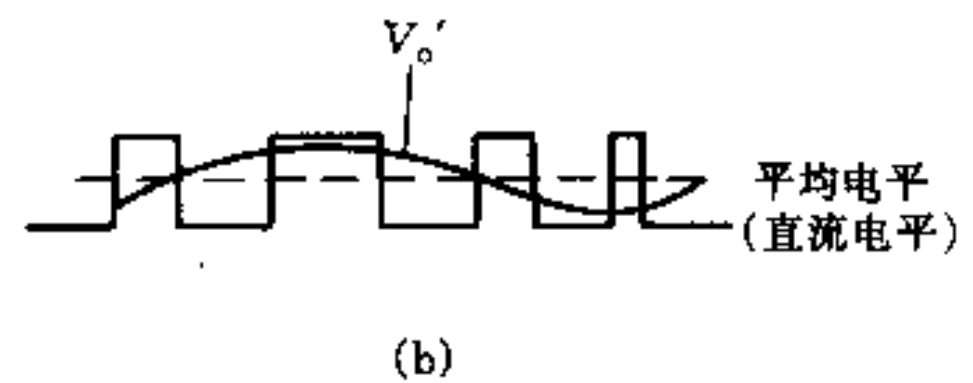
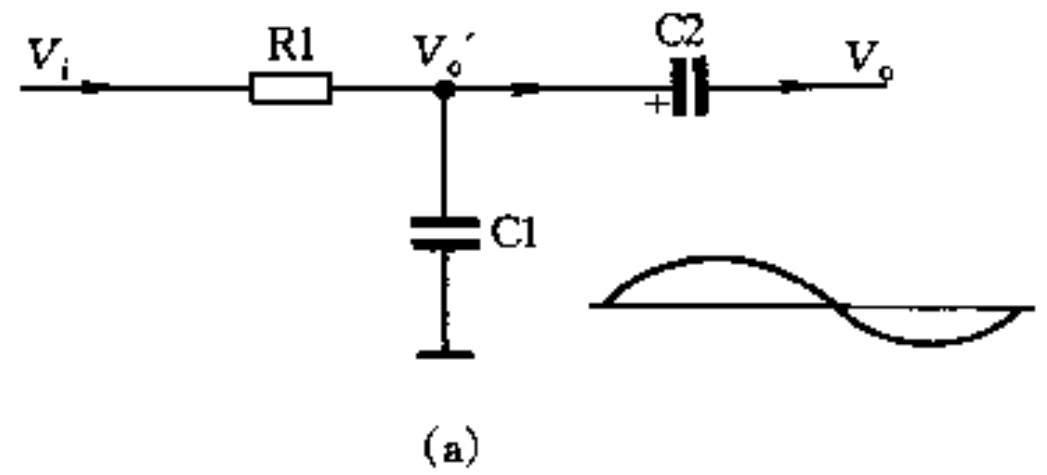


图 4-25 积分滤波器电路

(2) 双差分正交鉴频器电路

集成电路 LA1260S 的⑤脚外接 90° 移相电路 T202 (如图 4-21 所示)，这是一个 LC 并联谐振移相电路，谐振频率为中频频率。集成电路 LA1260S 采用双差分正交鉴频电路，这种电路的工作原理与正交鉴频器基本相同，可用如图 4-26 所示电路来说明。

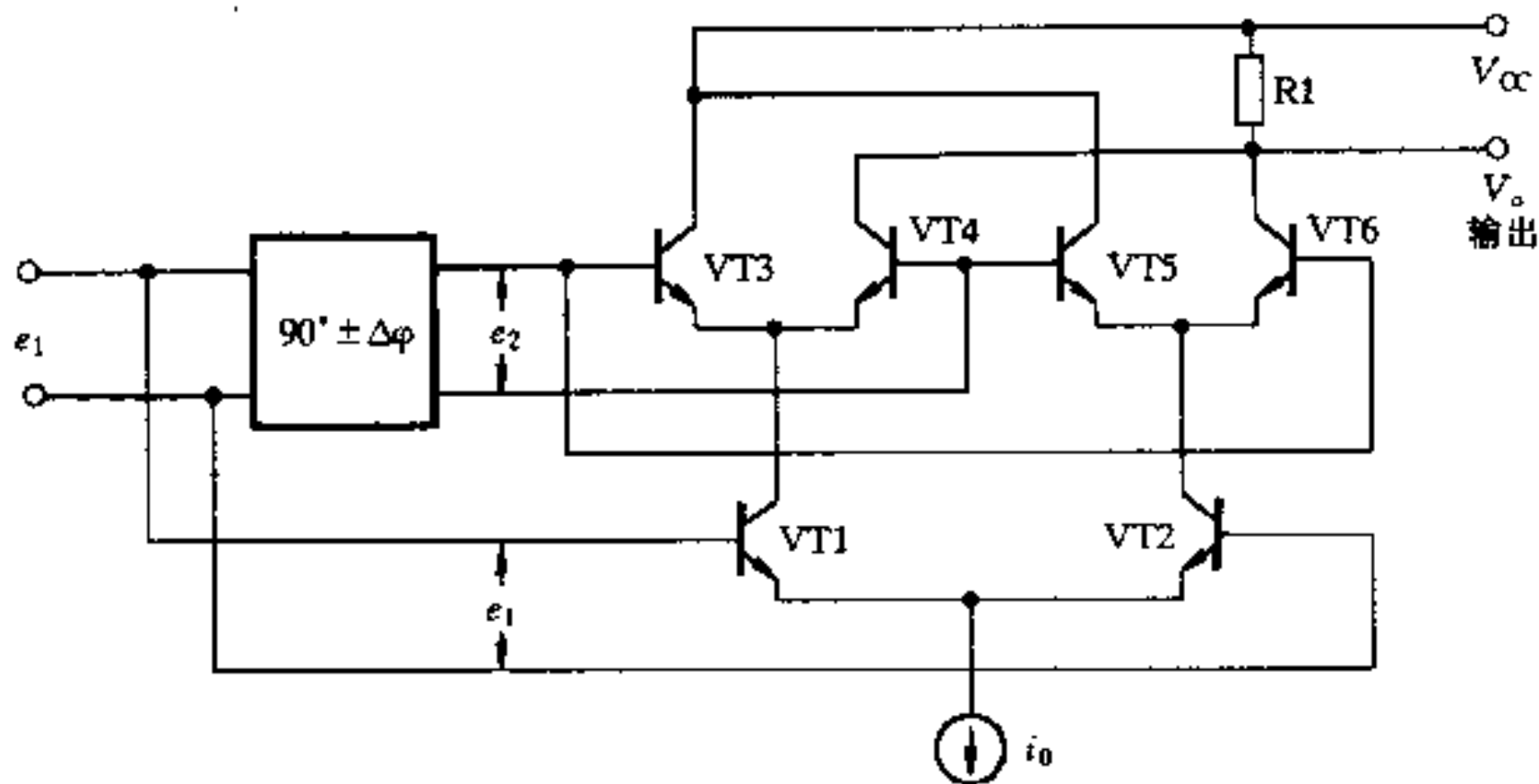


图 4-26 双差分正交鉴频器电路

电路中， $VT_1 \sim VT_6$ 构成两组差分电路(双差分电路)。 $90^\circ \pm \Delta\varphi$ 为 90° 移相电路，该电路谐振在中频 10.7MHz 上，当输入信号频率为 10.7MHz 时，该电路对输入信号移相 90° ，当输入信号频率高于或低于 10.7MHz ，该电路对输入信号移相量分别为大于 90° 和小于 90° ，并且相位相差量与输入信号频率与 10.7MHz 相差量成正比关系。

这一电路的有关信号波形如图 4-27 所示，下面结合波形图分析图 4-26 所示电路的工作原理。

e_1 是经过限幅放大级后的中频信号，由于限幅作用使中频信号近似为矩形的脉冲信号。 e_2 是 e_1 信号经过 90° 移相电路后的信号，由于 90° 移相电路是一个 LC 并联谐振电路，所以其输出信号为正弦信号。

从图中可以看出, e_1 信号直接加到 VT1、VT2 管基极, 在 e_1 为正半周期间使 VT1 导通, VT2 截止。在 e_1 为负半周期间使 VT1 截止, VT2 导通。 e_2 信号加到 VT3 ~ VT6 管基极, e_2 为正半周期间, 使 VT3 和 VT6 获得正向偏置, 使 VT4 和 VT5 处于反向偏置状态; 当 e_2 为负半周期间, 使 VT3 和 VT6 管处于反向偏置状态, 使 VT4 和 VT5 处于正向偏置状态。

由于三极管 VT3 和 VT1、VT4 和 VT1、VT5 和 VT2、VT6 和 VT2 是串联的关系, 所以两只三极管同时导通、同时截止。输出信号 V_o 取自于 VT4、VT6 两只管的集电极。

在 e_1 为正半周期间, VT1 获得正向偏置, 此时 e_2 为负半周时, 使 VT4 获得正向偏置, 这样 VT1、VT4 同时导通, VT4 的集电极电流流过负载电阻 R1, 有输出信号 V_o 。在 e_1 为负半周时, VT2 获正向偏置, 此时 e_2 为正半周时, 使 VT6 获得正向偏置, VT2 和 VT6 同时导通, VT6 的集电极电流流过 R1, 也有输出信号 V_o 。

图4-27 (a)为输入信号频率等于 10.7MHz 的波形, 图 4-27 (b)为输入信号频率低于 10.7MHz 的波形, 图 4-27 (c)为输入信号频率高于 10.7MHz 时的波形, 在不同输入信号频率时 90°移相电路产生的相移量也不同, 使 VT4、VT6 导通的时间不同, 即输出脉冲 V_o 的宽度不同。

图 4-27 (a)所示 V_o 脉冲宽度为 e_1 脉冲一半(此时移相为 90°), 图 4-27 (b)所示为大于一半(此时相移小于 90°), 图 4-27 (c)所示小于一半(此时相移大于 90°)。这样, 由于 V_o 脉冲宽度不同, 其平滑后的直流分量大小不同, 这就将输入信号(调频中频信号)的频率高低变化转换成大小不同的 V_o 电压, 完成了鉴频任务。

6. 调频中频放大器和鉴频器集成电路 LA1260S 引脚外电路特征说明

①脚是调频中频信号输入引脚, 它通过耦合电容与前级的调频头电路输出端相连(电路中没有画出调频头电路), 根据该引脚与前级的调频头电路输出端相连这一电路特征可以识别①脚是调频中频信号输入引脚。

②脚和③脚都是用来外接调频中频放大器中的旁路电容 C203、C204。

⑤脚用来外接 90°移相电路 T202, 集成电路 A201 中只有一个 LC 并联谐振式 90°移相电路, 依据这一电路特征可识别⑤脚是 90°移相电路引脚。

⑥脚是电源引脚, 直流工作电压 +V 还经 T202 线圈加到集成电路 A201 的⑤脚内电路。电路中, S103 是波段开关的一组刀, 图示在调频波段, 切断了给集成电路 A201 调幅电路的

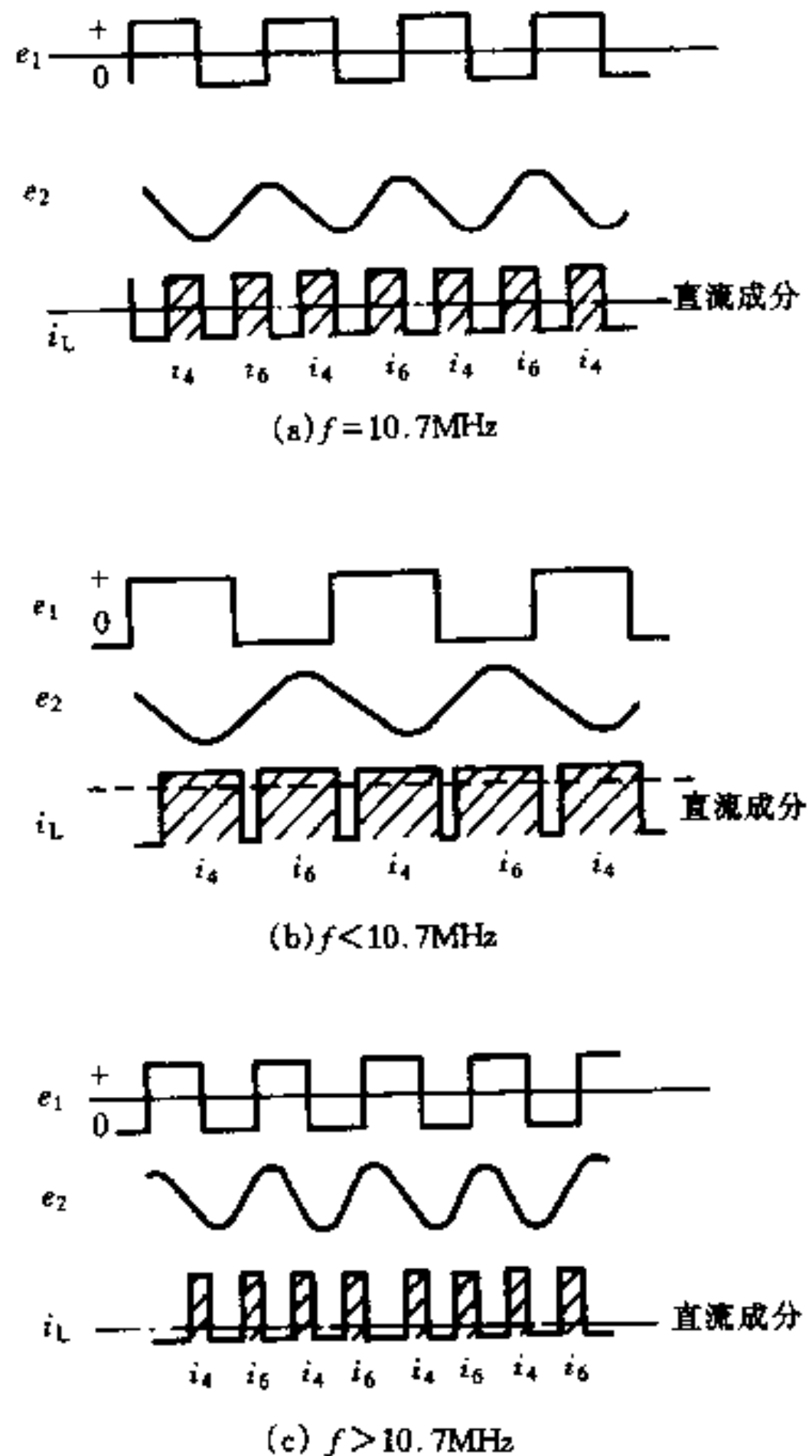


图 4-27 信号波形示意图

直流工作电压。在进入调幅收音状态时，S103 转换到调幅(AM)位置，这样直流工作电压经 T203 加到集成电路 A201 的⑫脚内电路，调幅电路进入工作状态。

⑧脚是调幅检波、调频鉴频后的信号输出引脚，输出信号经耦合电容 C218 和波段开关 S102 送到后面的立体声解码器电路中。

集成电路 A201 的其他引脚均为调幅电路引脚，在此省略说明。

六、调频中频放大器和鉴频器集成电路 LA1260S 故障检修程序

当调幅收音正常而调频收音出现故障时，就有必要检查如图 4-21 所示调频中频放大器、鉴频器集成电路 LA1260S。

1. 故障范围确定方法

如果调幅收音正常，而只是调频波段收音无声或收音声音轻，此时干扰集成电路 A201 的①脚，若扬声器中没有干扰响声，说明无声故障出现在集成电路 A201 电路中。若干扰响声低，说明收音声音轻故障出现在集成电路 A201 中。

2. 故障检修说明

图 4-21 所示调频中频放大器、鉴频器集成电路 LA1260S 各种故障的检修说明如下。

- (1) 认真清洗波段开关。
- (2) 收音无声时测量 T202 线圈是否开路。
- (3) 全面测量集成电路 A201 各引脚的直流工作电压，依照检查集成电路的常规方法进行检查。

七、立体声解码器集成电路 TA7343P 工作原理

立体声解码器的工作过程中需要 38MHz 的副载波，这一信号由收音电路产生，获得这一副载波信号的方式有两种：一是直接从立体声复合信号中取出 19kHz 导频信号，再经倍频电路后得到 38MHz 副载波；采用锁相环电路获得副载波信号，锁相环立体声解码电路中只是获得副载波的方式不同，解码电路部分仍然采用开关式电路。

图 4-28 是锁相环式立体声解码电路，采用十分常见的解码集成电路 TA7343P， V_i 是来自鉴频器输出端的立体声复合信号，1VD6 是立体声指示灯，只有在接收调频立体声广播时，该指示灯才点亮。

1. 集成电路 TA7343P 内电路方框图

图 4-29 是锁相环立体声解码器集成电路 TA7343P 内电路方框图。其他型号的锁相环立体声解码器集成电路内电路结构与这一方框图基本相同。

2. 集成电路 TA7343P 引脚作用

集成电路 TA7343P 共 9 根引脚，各引脚作用如表 4-9 所示。

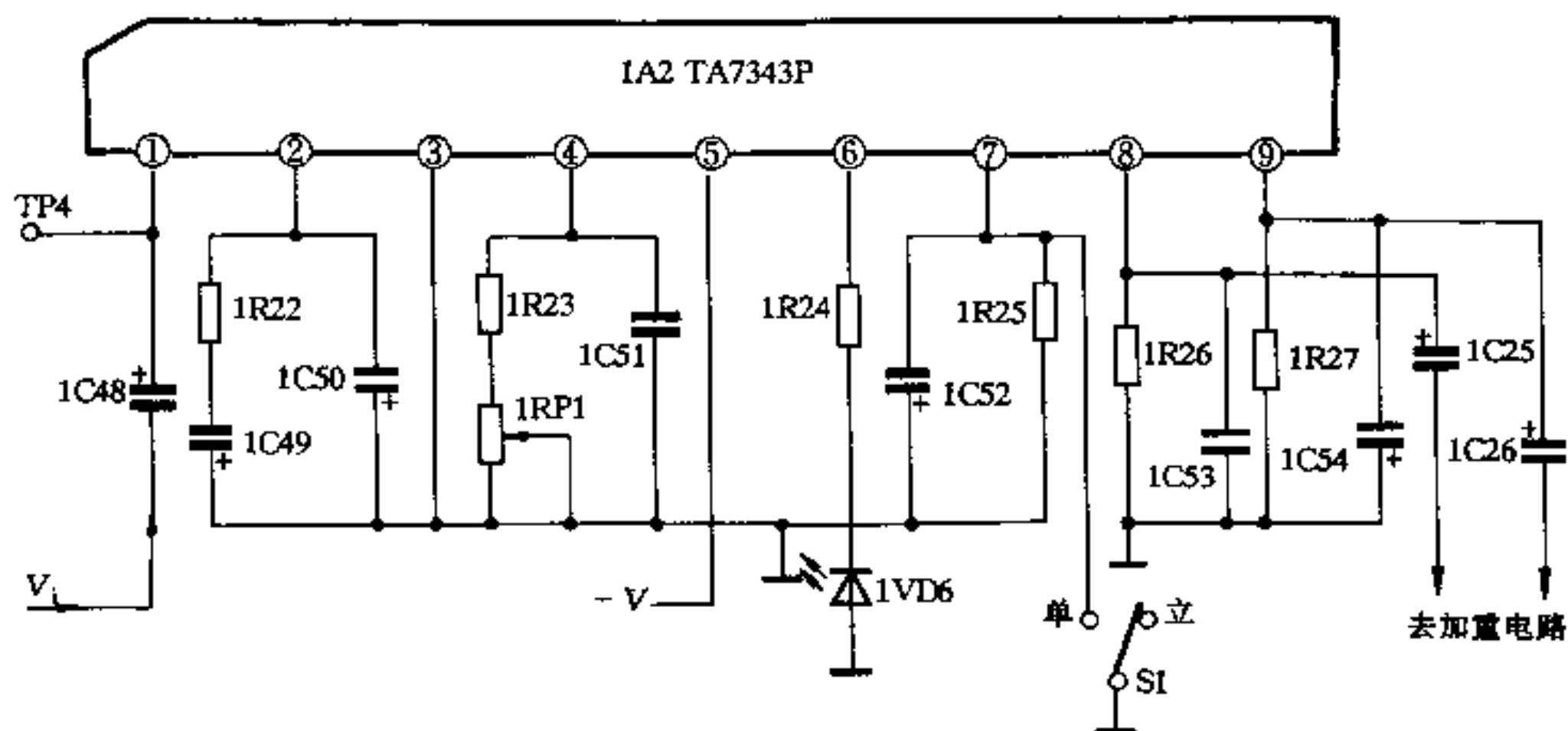


图 4-28 锁相环式立体声解码器集成电路 TA7343P

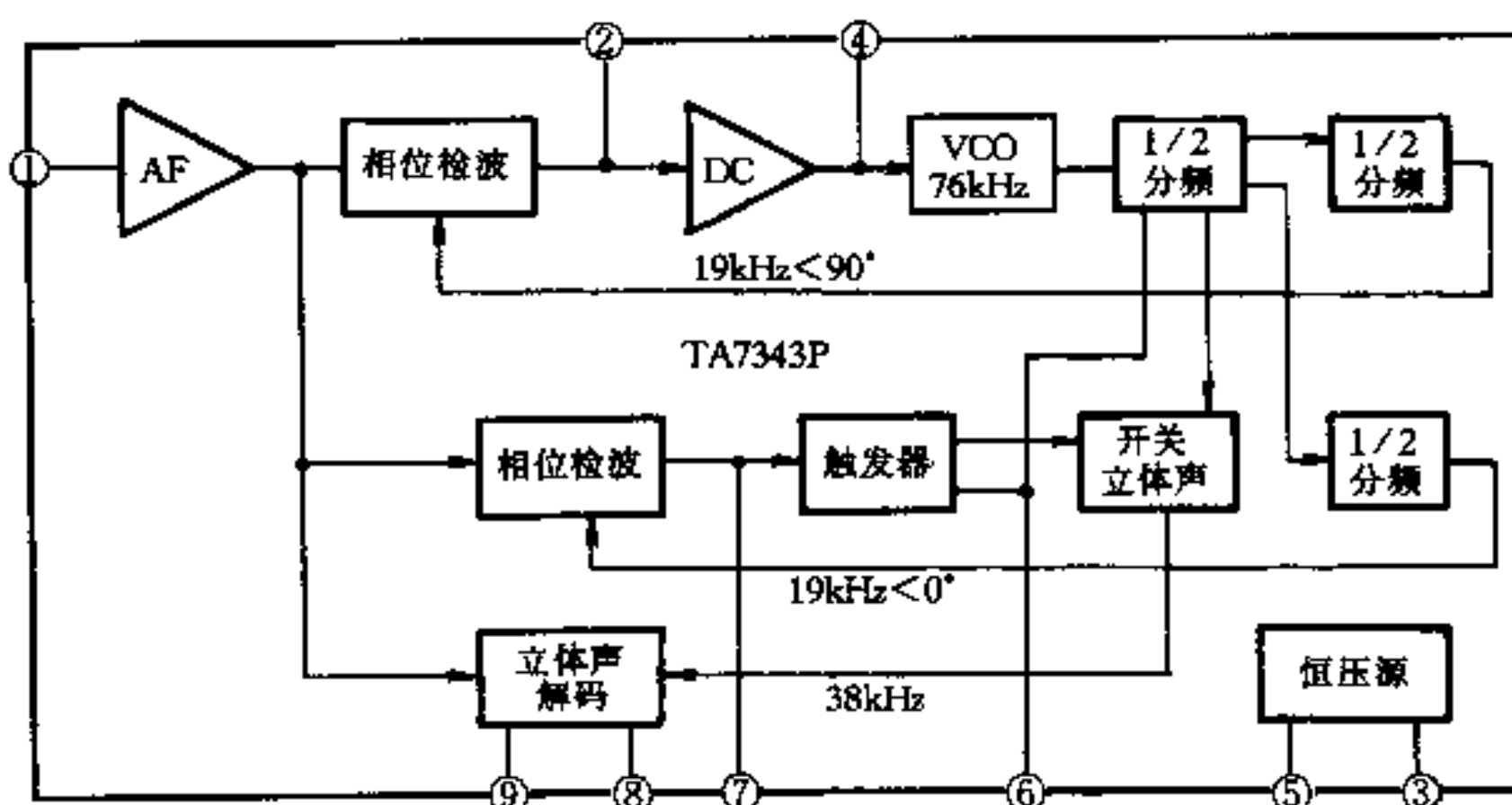


图 4-29 立体声解码器集成电路 TA7343P 内电路方框图

表 4-9

集成电路 TA7343P 引脚作用

引脚号	作用
①	立体声复合信号输入引脚
②	外接双时间常数低通滤波器引脚(解码鉴相器用)
③	电源引脚
④	外接压控振荡器频率调整可变电阻器引脚
⑤	接地引脚
⑥	立体声指示灯驱动输出引脚
⑦	外接低通滤波器引脚(切换鉴相器用)
⑧	右声道音频信号输出引脚
⑨	左声道音频信号输出引脚

3. 压控振荡器(VCO)电路分析

压控振荡器是一种振荡频率受直流控制电压控制的振荡器，这一振荡器就是立体声解码器所需要的副载波振荡器。

图 4-30 是集成电路 TA7343P 内电路中压控振荡器(VCO)电路。电路中，④脚外接振荡电容 1C51 和振荡频率调整元件 1R23、1RP1， V_o 是这一振荡器输出的 76kHz 矩形脉冲信号。

关于这一电路的工作原理说明如下。

(1) VT4 和 VT7 构成差分放大电路，VT3 和 VT6 分别是 VT4 和 VT7 管的有源集电极负载，VT9 构成 VT4 和 VT7 管的发射极恒流源。

(2) 在电源接通瞬间，因为电容 1C51 两端的电压不能发生突变，④脚电压等于 $+V_{CC}$ 。这一电压经电阻 R1 加到 VT4 管基极，使 VT4 管基极电压为最高，导致 VT4 管饱和导通，使 VT7 管截止。

(3) VT4 管导通后其集电极为低电平，使 VT3 管获得正向偏置而导通，其集电极输出的高电平加到 VT2 和 VT8 管基极，使这两只三极管导通。

(4) 由于 VT8 管导通，输出信号 V_o 为低电平，经 R2 加到 VT7 管基极，使 VT7 管保持截止状态。

(5) 由于 VT2 管的导通，构成了

1C51 的充电回路，即直流工作电压 $+V_{CC} \rightarrow 1C51 \rightarrow$ 集成电路的④脚 $\rightarrow R3 \rightarrow$ VT2 管集电极 \rightarrow VT2 管发射极 \rightarrow VT10 管发射极 \rightarrow VT10 管集电极 \rightarrow 地端。

(6) 随着对 1C51 的充电，使电路中的 A 点电压下降，当 A 点电压下降到一定程度(低于 VT7 管基极电压)时，VT4 管由导通转为截止，VT7 管则由截止转为导通。由于 VT4 管截止，其集电极为高电平，导致 VT3 管截止，其集电极输出低电平，加到了 VT2 和 VT8 管基极，使这两只三极管截止。

(7) 由于 VT8 管截止，输出信号 V_o 变为高电平，VT7 管基极因变为高电平而使 VT7 管保持导通状态。由于 VT2 管截止，断开了 1C51 的充电回路，这样原先该电容上充到电压通过 1RP1 和 1R23 放电，随着放电的进行，集成电路的④脚电压升高，即 VT4 管基极电压在升高，当升高到一定程度(高于 VT7 管基极电压)时，VT4 管再次导通，进入第二个周期的振荡。

(8) 通过上述电路分析可知，1C51 的不断充电、放电产生振荡，其振荡周期由 1C51 的充电、放电时间常数决定，其中主要由 1C51 的放电时间常数决定，放电时间常数由 1C51、

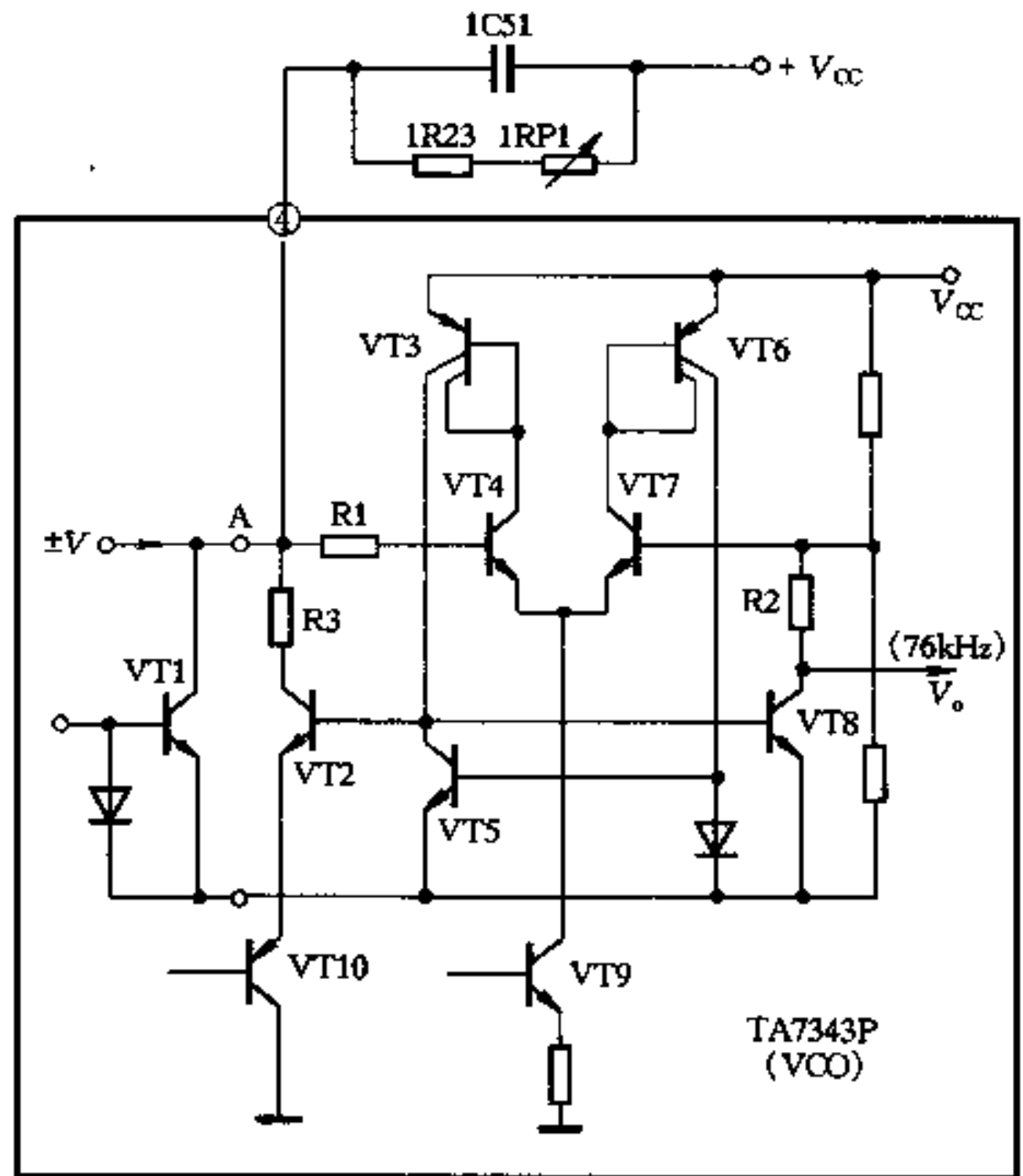


图 4-30 集成电路 TA7343P 内电路中压控振荡器(VCO)电路

1R23 和 1RP1 决定，改变 1RP1 的阻值便可以调整振荡器的振荡频率，所以 1RP1 为振荡频率微调电阻器。

(9) 来自鉴相器输出端的误差电压 $\pm V$ ，由 R1 加到 VT4 管基极。误差电压为 $+V$ 时，将使 VT4 管提前从截止转为导通，且 $+V$ 愈大，提前的时间愈多，使振荡周期缩短，振荡频率升高。同理，当误差电压为 $-V$ 时，使振荡频率降低。

4. 差分式立体声开关解码器原理

集成电路的立体声解码器中常用差分式立体声开关解码器，这种解码器的工作原理可以用如图 4-31 所示电路来说明。电路中，VT1 和 VT3 管构成差分开关电路，这两只三极管工作在开关状态。VT2 是放大管，它工作在放大状态下。电路工作原理说明如下。

(1) V_{11} 和 V_{12} 都是 38kHz 副载波开关信号，但它们之间相位相差 180° 。 V_i 为立体声复合信号。 V_{11} 与 V_i 中的副载波信号同频率、同相位。

(2) 输入信号 V_i 经 C1 耦合加到 VT2 管基极，VT2 管集电极电阻为 R3 和导通的 VT1 管，或是 R4 和导通的 VT3 管。

(3) 当输入信号 V_{11} 为正脉冲时，使 VT1 管导通，此时 V_{12} 为低电平而使 VT3 管截止。在 VT1 管导通时，恰好是 VT2 管集电极上信号为 L 信号，副载波正峰点对准 L 信号，这样 VT1 管导通，在 R3 上获得 L 信号输出。

(4) 在副载波反相 180° 后， V_{11} 为低电平而使 VT1 管截止， V_{12} 为正脉冲使 VT3 管导通，此时 VT2 管集电极上信号恰好是 R 信号，这样在 R4 上获得 R 信号输出。

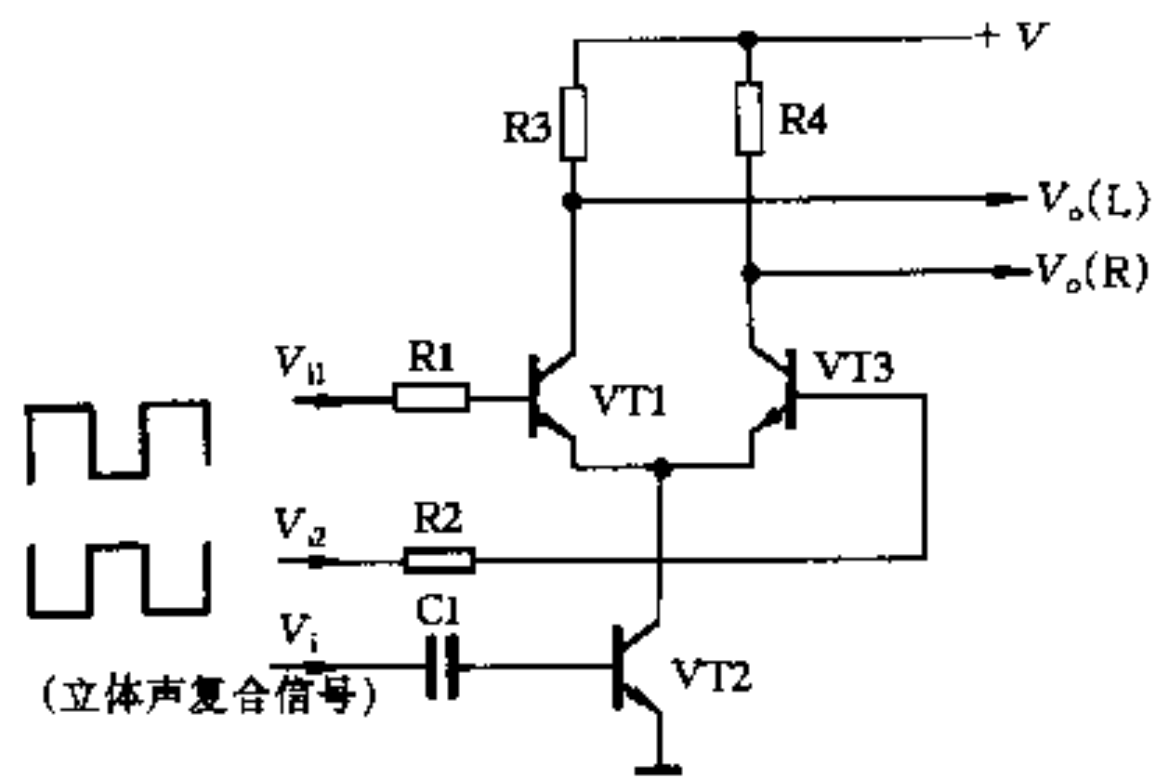


图 4-31 差分式立体声开关解码器原理电路

5. 双差分式立体声开关解码器原理

单差分式立体声开关解码器的分离度比较低，而采用双差分式立体声开关解码器可以大大提高分离度。双差分式立体声开关解码器又称双平衡开关电路，如图 4-32 所示是这种解码器原理图。电路中的 VT1、VT2 和 VT3 管构成一组差分开关电路，VT4、VT5 和 VT6 构成另一组差分开关电路。VT2 和 VT5 管工作在放大状态下，其他三极管工作在开关状态下。电路工作原理说明如下。

(1) 输入信号 V_i 为立体声复合信号。 V_{11} 和 V_{12} 都是 38kHz 副载波开关信号，但它们之间相位相差 180° 。 V_{11} 与 V_i 中的副载波信号同频率、同相位。

(2) 输入信号 V_i 加到 VT2 管基极，同时由于 VT5 管基极接有交流旁路电容 C1，这样 VT1 和 VT5 管构成一级单端输入式差分放大器电路，所以输入信号 V_i 也加到 VT5 管的基极，并且加到 VT2 和 VT5 管基极的信号大小相等、相位相反。

(3) 当输入信号 V_{11} 为高电平时，使 VT1 和 VT6 管同时导通，此时 V_{12} 为低电平而使 VT3 和 VT4 管截止。这样，VT1 管导通在 R1 上获得 L 信号，同时 VT6 管导通在 R2 上也有 L 信号输出，但由于 VT5 管信号与 VT2 管信号的相位相反，所以此时 R2 上输出的是 $-\Delta L$ 信号。

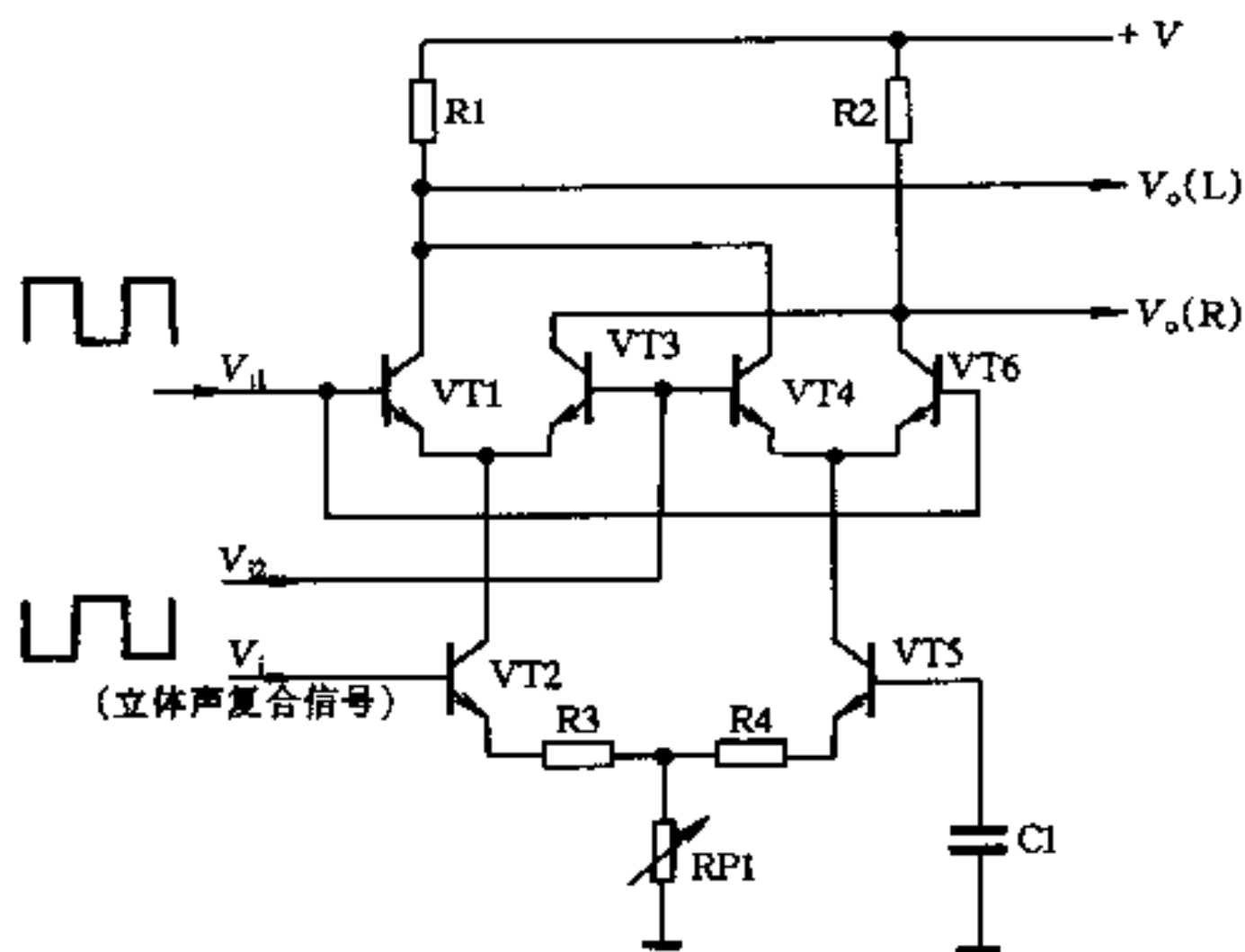


图 4-32 双差分式立体声开关解码器原理

(4) 当副载波信号反相后(变化 180°), V_{11} 变化到为低电平而使 VT1 和 VT6 管截止, V_2 变化到高电平而使 VT3 和 VT4 管导通。由于 VT3 管导通, 在 R2 上输出 R 信号。同时, VT4 管导通在 R1 上输出 $-\Delta R$ 。

(5) 在一个信号周期内, 输出信号为

$$V_o(L) = L + (-\Delta R)$$

$$V_o(R) = R + (-\Delta L)$$

由于 VT1、VT3 管差分解码器的分离度较低, 在 L 信号中含有 ΔR , 这一 ΔR 分量被 VT4 和 VT6 差分解码器中的 $-\Delta R$ 所抵消, 只要 ΔR 和 $-\Delta R$ 的大小相等, 就能将输出信号 $V_o(L)$ 中的 ΔR 分量抵消, 达到提高立体声分离度的目的。同理, $V_o(R)$ 中的 ΔL 信号也能被抵消。

(6) 为了抵消 ΔR 信号, 要求 $-\Delta R$ 信号幅与 ΔR 信号幅度相等。调整电路中 RP1 的阻值大小, 可以改变加到 VT5 管中的输入信号 V_i 的大小, 从而可以调整 $-\Delta L$ 和 $-\Delta R$ 信号的大小, 达到调整分离度的目的。

6. 信号传输和处理过程分析

在图 4-28 所示电路中, 立体声复合信号 V_i 经 1C48 耦合, 从集成电路 1A2 的①脚送入内部复合信号放大器中放大, 放大后信号分成三路。

一路加到鉴相器电路中, 以获得 38MHz 的副载波开关信号。

第二路送入鉴相器、触发器等构成的立体声指示灯电路中, 当收到立体声广播电台信号时, 集成电路 1A2 的⑥脚由高电平转换成低电平, 驱动⑥脚外电路中的立体声指示灯 1VD6 发光指示。

第三路加到立体声解码器电路中, 解码器在副载波开关信号的作用下, 解调出左、右声道音频信号, 从⑧脚输出右声道(R)音频信号, 从⑨脚输出左声道(L)音频信号。

当集成电路 1A2 的①脚输入音频信号(不是立体声复合信号)时, 解码器电路不工作,

只是将这一音频信号从集成电路 1A2 的⑧脚、⑨脚输出。

7. 集成电路 TA7343P 引脚外电路分析

①脚输入立体声复合信号。

②脚外接双时间常数的低通滤波器，即 1R22、1C49 和 1C50。②脚是解码器用鉴相器的输出端，接入的是低通滤波器，用来对鉴相器输出的误差电压进行滤波。

③脚是电源引脚，但在图 4-28 所示电路中接地，这是因为这一电路采用负电源供电，所以电源引脚接地，而接地引脚接负电源 $-V$ 。

④脚外接压控振荡器振荡频率调整元件，调整外电路中的可变电阻器 1RP1 可以改变这一振荡器的振荡频率，当振荡频率不准时解码器无法工作，无音频信号输出。

⑤脚是接地引脚，在采用负电源供电时接 $-V$ 。

⑥脚接入立体声指示灯 1VD6，1R24 是 1VD6 的限流保护电阻。当集成电路 1A2 的⑥脚为低电平时，1VD6 发光，说明此时正接收立体声调频广播，当收到普通调频广播时，⑥脚为高电平，1VD6 不发光。另外，当收到的立体声调频广播信号太弱时，立体声解码器也不能正常地工作，⑥脚也是高电平，此时立体声解码器不能输出 L、R 的立体声音频信号。

⑦脚外接低通滤波器 1R25 和 1C52，同时外接立体声/单声道开关 S1，图示在立体声位置。当该开关置于单声道位置时，集成电路 1A2 的⑦脚被强制性接地，使内部的立体声解码器不能工作，从集成电路 1A2 的⑧脚、⑨脚输出的音频信号大小和相位均相同，为单声道的音频信号。

⑧脚和⑨脚输出右声道和左声道音频信号，外电路中的电容 1C53 和 1C54 起去加重作用。

8. 调频立体声指示电路

立体声指示灯一般采用发光二极管(LED)，它用来指示是否已收到立体声调频广播。电路的工作原理可用图 4-33 所示电路来说明。

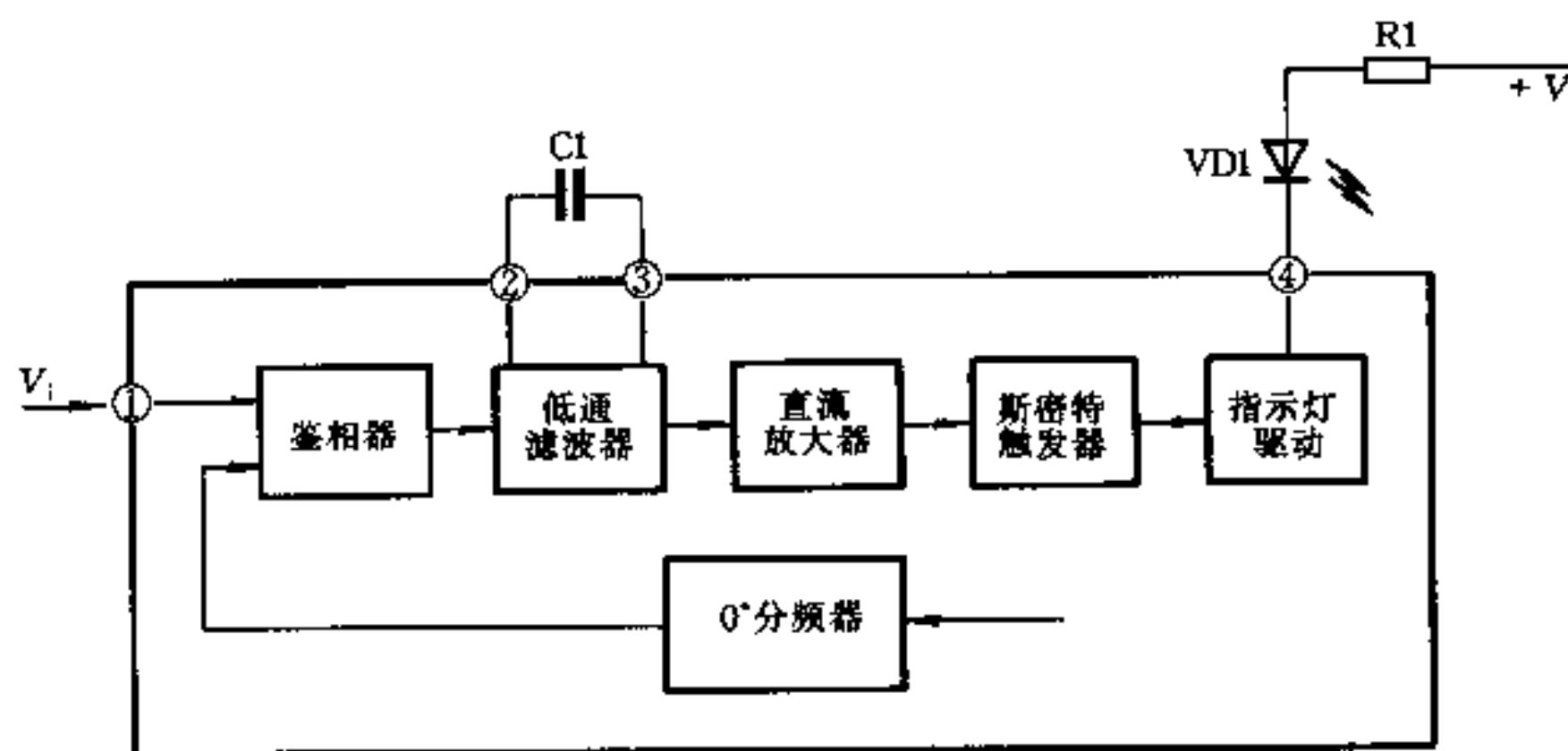


图 4-33 调频立体声指示电路

电路中，调频立体声指示电路中的主要电路均设在集成电路的内电路中，外电路中只有一只发光二极管 VD1，R1 是 VD1 的限流保护电阻。

当调频立体声收音电路收到立体声调频广播电台信号时，从立体声复合信号中分离出来的导频信号 V_1 从①脚送入集成电路内电路鉴相器中，由 VCO 输出的振荡信号经两次 $1/2$ 分频后获得 19kHz 信号也加到鉴相器中，这一 19kHz 信号是 0° 的。

由于加到鉴相器中的两个 19kHz 信号同频率和同相位，所以鉴相器有最大的误差电压输出。这一误差电压经低通滤波器滤波后，加到直流放大器中放大，再送到斯密特触发器中。由触发器输出一个控制信号到指示灯电路中，使④脚为低电位，VD1 发光，完成立体声指示。

当未收到立体声调频信号时，就没有 19kHz 导频信号 V_1 ，这时鉴相器无输出，④脚为高电位，VD1 不能发光指示。当收到的立体声调频信号比较小时，19kHz 导频信号也比较小，此时鉴相器也没有输出电压，VD1 也不能发光指示。当①脚回路开路时，或将②脚用一只电阻接地，解码器工作在单声道状态，VD1 也不发光指示。

9. 电路分析几点说明

(1) 分析这一电路首先要搞清楚是采用的什么类型解码电路，目前用得比较多的是的集成电路锁相环立体声解码电路。

(2) 锁相环立体声解码电路要搞清楚两个问题：一是锁相环电路的作用和工作原理，它只是为获得 38kHz 副载波而采用的一种电路。二是这种立体声解码器电路仍然是采用的开关式解码器电路。

(3) 对立体声解码器电路工作原理的理解，了解立体声复合信号波形的特性很重要，不搞清楚这些信号波形的具体含义，对电路工作原理理解就相当困难。

(4) 在分析集成电路解码器工作原理时，一般情况下可以不去分析集成电路的内电路，但要搞清楚集成电路和引脚作用和外电路工作原理。

八、立体声解码器集成电路 TA7343P 故障检修程序

立体声解码器集成电路 TA7343P 除常见的收音无声、收音声音轻、收音噪声大外，还有收不到立体声广播、立体声分离度低、立体声指示灯不亮等故障。

在许多调频/调幅两用收音机、调谐器中，将调幅收音电路中检波器输出信号也加到调频收音电路的立体声解码电路中，这样立体声解码器集成电路出现故障时，将使调频收音和调幅收音出现相同的故障现象，这一点在检修中要通过识图分清。

1. 收音无声故障

(1) 当立体声解码电路出现故障时，将出现左、右声道无声故障。

(2) 清洗波段开关。

(3) 测量集成电路 1A2 的电源引脚⑤脚上是否有直流工作电压，无电压时检查该引脚外电路的直流电压供给电路。

(4) 检查可变电阻器 1RP1 是否损坏，没有损坏时可小心进行阻值调整，在调整前先测量 1RP1 的阻值，以便调整无效时能恢复原来的阻值。

(5) 检查输入端耦合电容 1C48 是否开路。如果是某一声道无声故障，可检查输出端耦

合电容 1C25 或 1C26。

(6) 全面测量集成电路 1A2 的各引脚上直流工作电压，对电压有偏差的引脚外电路进行检查，无效时应更换集成电路 1A2。

2. 收音声音轻故障

(1) 测量集成电路 1A2 的电源引脚⑤脚上的直流工作电压是否偏低，若有偏低现象时检查该引脚外电路中的滤波电容是否漏电(图中未画出)。

(2) 全面测量集成电路 1A2 各引脚上的直流工作电压，对有电压偏差的引脚外电路进行检查，没有发现故障时可对集成电路 1A2 进行代替检查。

3. 收不到立体声广播故障

(1) 检查开关单声道/立体声转换开关 S1 的位置是否正确，在单声道位置时收不到立体声广播是正常的。必要时清洗和检测开关 S1。

(2) 如果此时立体声指示灯 1VD6 能点亮，说明立体声复合信号已经进入集成电路 1A2，可重点测量集成电路各引脚的直流工作电压，对有电压偏差的引脚外电路进行检查。

第三节 其他音频类集成电路工作原理解说和故障检修程序

一、电子音量控制器集成电路 TA7630P 工作原理

1. 电子音量控制器的优点

电子音量控制器存在下列优点。

(1) 普通音量控制器的电路结构简单，但存在一个明显的缺点，就是当机器使用时间较长后，由于音量电位器的转动噪声会引起在调节音量时扬声器中出现“喀啦、喀啦”的噪声。这是因为音量电位器本身直接参与了信号的传输，当动片与碳膜之间因灰尘、碳膜磨损存在接触不良时，会导致信号传输有中断，引起“喀啦、喀啦”的噪声，而采用电子音量控制器电路后，由于音频信号本身并不通过音量电位器，而且可以采用相应的消除噪声措施，电位器存在动片接触不好时也不会引起明显的噪声，

(2) 双声道电子音量控制器电路中，可以用一只单联电位器同时控制左、右声道的音量，简化了对音量电位器的要求。

(3) 更加方便地实现音量的红外遥控。

2. 电子音量控制器原理

电子音量控制器一般均采用集成电路，而且在一些电路中将音调控制、立体声平衡控制也设在同一块集成电路中。电子音量控制器电路有两种形式。

- (1) 直接用手动进行音量控制。
- (2) 通过红外遥控器来进行音量控制。

电子音量控制器的基本工作原理可以用图 4-34 所示电路说明，这里只画出了一个声道电路。电路中，VT1、VT2 构成差分放大器，VT3 是 VT1、VT2 的发射极有源电阻，RP1 是音量电位器。电路工作原理说明如下。

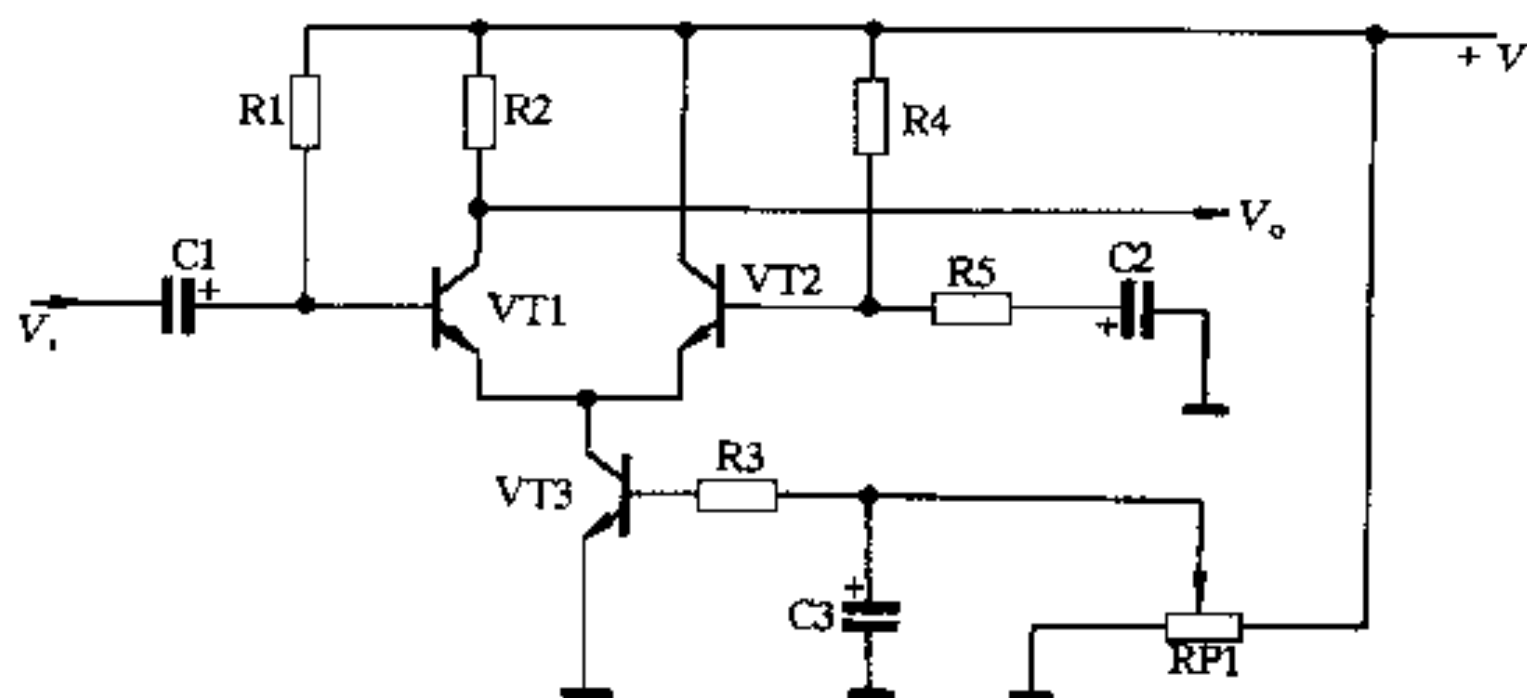


图 4-34 电子音量控制器原理电路

(1) 音频输入信号 V_i 经 C_1 耦合，加到 VT1 的基极，经音量控制后从 VT1 管的集电极输出，VT1 构成一个压控增益器。

(2) VT1、VT2 管的发射极电流之和等于 VT3 管的集电极电流，而 VT3 管集电极电流大小是受 RP1 动片控制的。

(3) 当 RP1 动片在最下端时，VT3 的基极电压为零，其集电极电流为零，使 VT1 和 VT2 管的发射极电流为零，VT1 管截止，无输出信号 V_o ，此时相当于音量为零。

(4) 当 RP1 动片从下端向上滑动时，VT3 管基极电压逐渐增大，基极和集电极电流也逐渐增大，由于 VT2 管的基极电流由 R4 控制，所以 VT2 管的集电极电流基本不变，这样 VT3 管的集电极电流逐渐增大导致 VT1 管的集电极电流逐渐增大，VT1 管集电极电流的增大意味着 VT1 的增益增大，使输出信号 V_o 增大，即此时音量在增大。

(5) 当 RP1 动片滑到最上端时，VT3 管集电极电流达到最大，使 VT1 管的集电极电流也达到最大，这时 VT1 放大级增益最大，所以 V_o 最大，此时音量也最大。

通过上述电路分析可知，通过控制 VT3 管的基极电压高低便能控制 VT1 管的增益大小，也就控制了音量控制器的输出信号电压 V_o 的大小，所以这种电路实际上是一种压控增益电路，即是一种通过电压(直流电压)控制来改变放大器增益大小的电路。

(6) 电路中， C_3 用来消除 RP1 动片可能出现接触不良而带来的噪声，当 RP1 动片发生接触不良时，由于 C_3 两端的电压不能突变，就保证了加到 VT3 的基极电压比较平稳，达到了消除 RP1 接触不良引起的噪声。

(7) 从电路中可以看出，音频信号只经过 VT1 管的传输，信号不通过 RP1 传输，所以 RP1 出现转动噪声故障时对音频信号的影响不大。

(8) 如果再设一套与 VT1、VT2 和 VT3 管相同的电路，可以利用 RP1 动片输出的直流电压大小来控制另一个声道音量，这样可以实现用一只单联电位器 RP1 同步控制左、右声道音量。

3. 集成电路 TA7630P 电子音量控制器

图 4-35 是电子音量控制器集成电路 TA7630P 构成的音量控制器电路，同时该集成电路还具有音调控制器和立体声平衡控制器，在音调控制电路中能够分别对高音和低音进行控制。

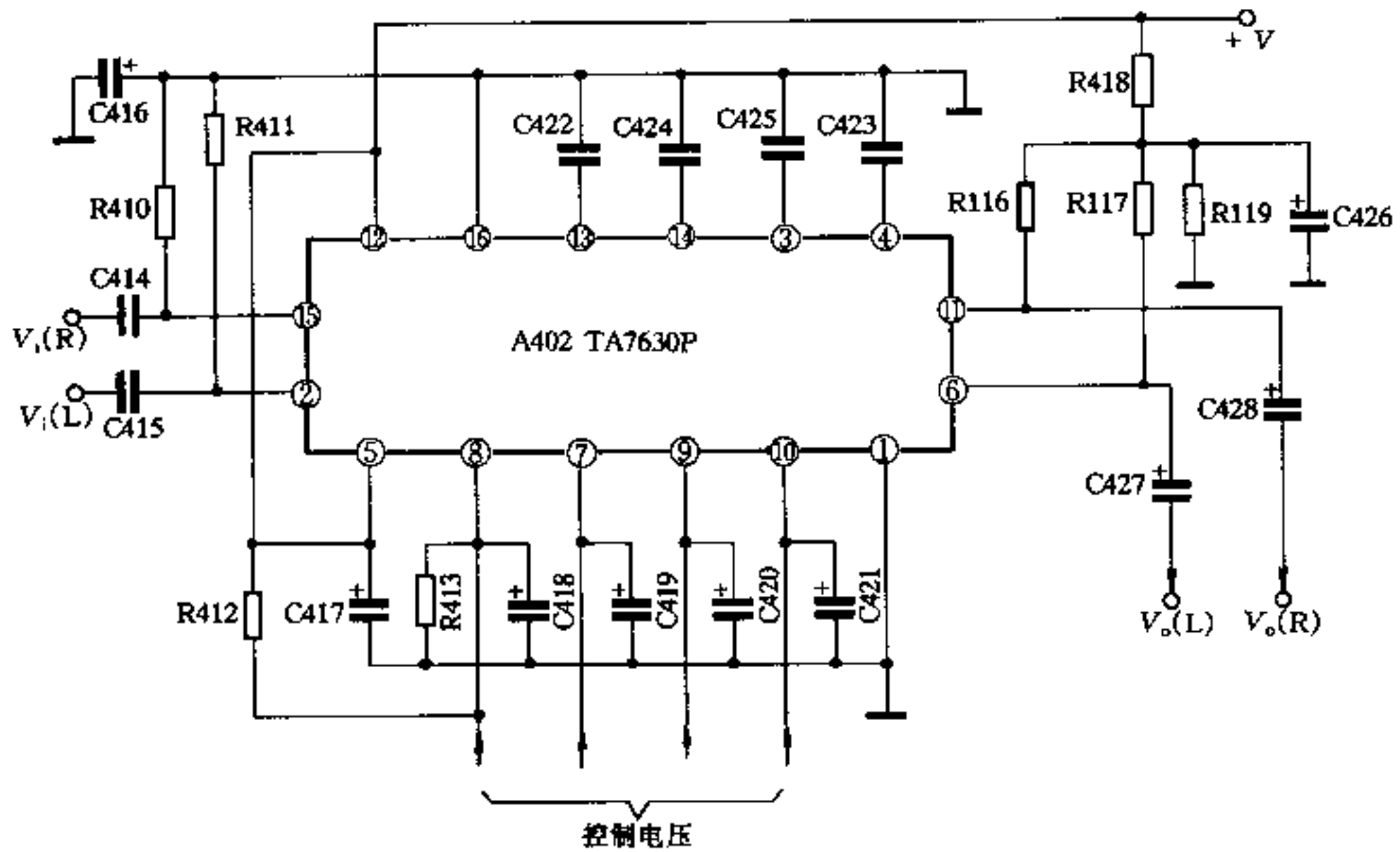


图 4-35 集成电路 TA7630P 电子音量控制器电路

(1) 内电路方框图

图 4-36 所示是集成电路 TA7630P 的内电路方框图，从图中可看出这一集成电路具有音量、音调(高音和低音控制)和立体声平衡控制功能。

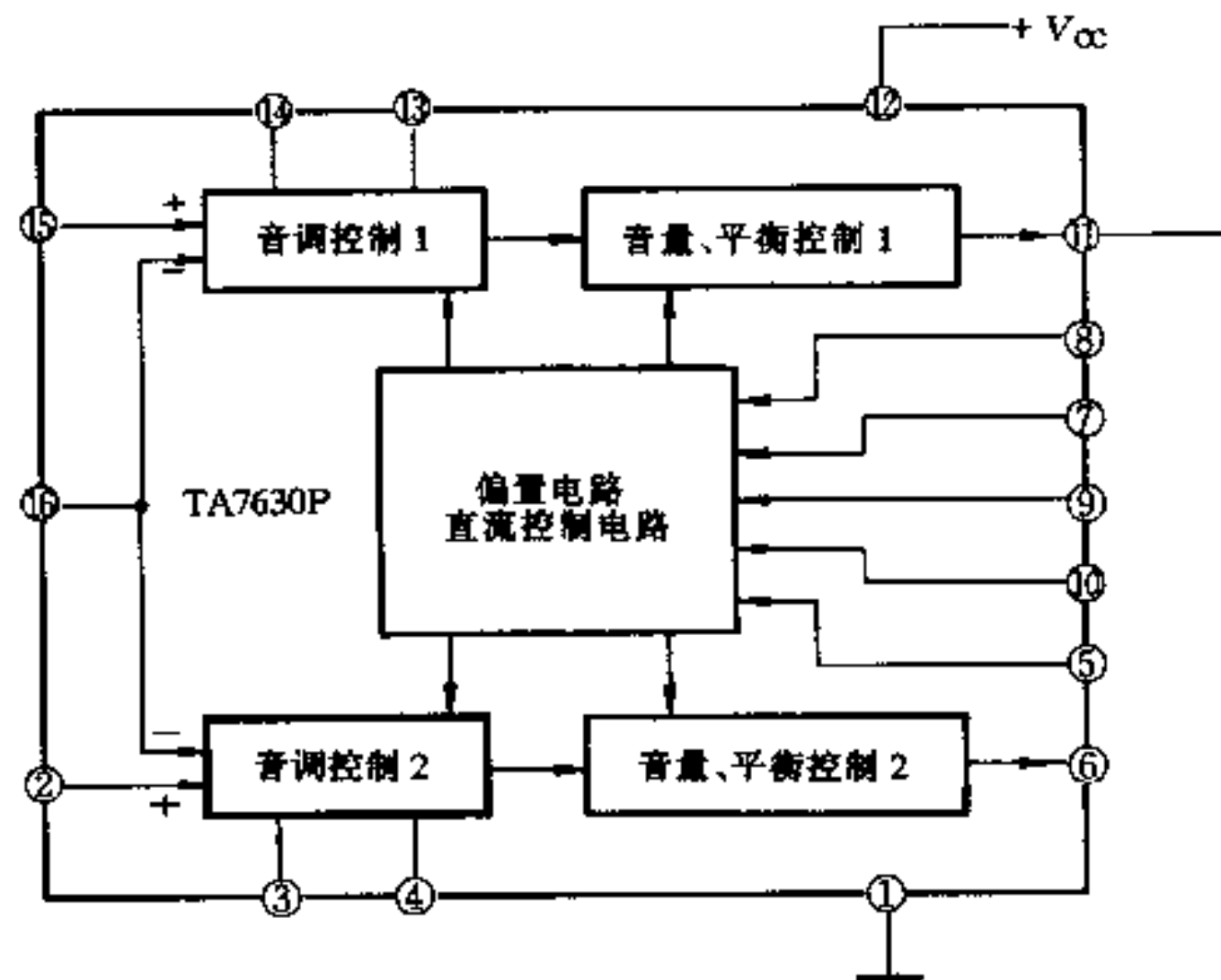


图 4-36 集成电路 TA7630P 内电路方框图

(2) 引脚作用

集成电路 TA7630P 共有 16 根引脚，采用双列结构，是一个双声道的电子音量控制器，各引脚作用如表 4-10 所示。

表 4-10 集成电路 TA7630P 引脚作用

引 脚 号	作 用
①	接地引脚
②	左声道音频信号输入引脚
③	左声道音调控制器高音电容引脚
④	左声道音调控制器低音电容引脚
⑤	基准电压引脚
⑥	左声道音频信号输出引脚
⑦	立体声平衡控制直流控制电压输入引脚
⑧	音量控制直流控制电压输入引脚
⑨	高音控制直流控制电压输入引脚
⑩	低音控制直流控制电压输入引脚
⑪	右声道音频信号输出引脚
⑫	电源引脚
⑬	右左声道音调控制器低音电容引脚
⑭	右声道音调控制器高音电容引脚
⑮	右声道音频信号输入引脚
⑯	负反馈引脚

(3) 主要引脚外电路分析

从集成电路 TA7360P 内电路的方框图中可以看出，左、右声道电路是对称的，每个声道均设有音量、音调和立体声平衡控制电路，但集成电路只设一个控制引脚，完成对左、右声道同时控制的任务。

左、右声道的音频信号 $V_i(L)$ 、 $V_i(R)$ 分别经输入端耦合电容 C414、C415 的耦合，从②脚和⑮脚输入到集成电路 TA7360P 的内电路中，经过内电路控制后的左、右声道信号分别从集成电路 A402 的⑥脚和⑪脚输出，经各自声道的输出端耦合电容 C427、C428 送到后面电路中。

⑦脚是立体声平衡控制引脚，改变这一引脚上的直流控制电压，可以改变左、右声道的音频输出信号的相对大小，从而达到立体声平衡控制的目的。

⑧脚为音量控制引脚，当加到⑧脚上的直流控制电压改变时，左、右声道输出信号的大小也作相应改变，当⑧脚上直流控制电压为零时，左、右声道的音量被关死，⑧脚上的直流控制电压愈大，左、右声道的音量愈大。

⑨脚是高音控制引脚，改变这一引脚上的直流控制电压，可以同时调整左、右声道高音控制器。高音控制器的左、右声道转折频率分别由③脚和④脚上的电容 C425 和 C424 大小决

定，其容量愈大，转折频率愈低。

⑩脚是低音控制引脚，改变这一引脚上的直流控制电压，可以同时调整左、右声道低音控制器。低音控制器的左、右声道转折频率分别由④脚和⑬脚上的电容 C423 和 C422 大小决定，其容量愈大，转折频率愈低。

电路中，C418、C419、C420 和 C421 都是抗干扰电容，可以消除混在直流控制电压中的各种干扰。

二、电子音量控制器集成电路 TA7630P 故障检修程序

音量控制器的最大故障是由于音量电位器转动噪声大引起的“喀啦、喀啦”噪声。此外，还会出现无声等故障。

1. 转动噪声大故障

当调节音量电位器过程中，如扬声器中出现“喀啦、喀啦”的噪声，说明音量电位器转动噪声大，处理方法是清洗电位器。

2. 无声故障

无声故障分为两种：一是某一个声道无声；二是左、右声道同时无声。

(1) 故障确定方法

确定无声故障部位的方法是：对于普通音量控制器，可先干扰音量电位器的动片，此时干扰噪声大(音量电位器开大)，再干扰它的热端，扬声器中无响声，说明无声是由音量电位器引起的。

对于电子音量控制器的集成电路，可干扰它的音频信号输出引脚，此时扬声器中干扰响声大，再干扰它的输入引脚，此时无干扰响声，说明无声故障是由于电子音量控制器电路引起的。

(2) 检查方法

对于某一声道无声故障，此时的检查很简单，检查音量电位器热端、动片引线有无断线，用万用表 R×1k 挡测量动片与热端之间有无开路现象。

对于两个声道均无声的故障(主要出现在电子音量控制电路中)，此时先用电压检查法测量控制集成电路电源、接地和控制输入引脚上的直流电压。如果控制引脚上无电压，可断开该引脚后人为地给它加上一个适当大小的直流电压，如若加上此电压后有声音，说明控制集成电路工作正常。用电压检查法继续查找控制引脚上的控制电压产生电路。

(3) 集成电路 TA7630P 故障检修

集成电路 TA7630P 应用电路的故障检修需要说明以下几点。

a. 当集成电路 TA7630P 的直流电路发生故障时，将影响左、右声道，如⑫脚上无直流工作电压时，左、右声道无声。

b. 当 C418 等抗干扰电容开路时，哪一只电容开路，该路的控制有可能出现干扰噪声。当抗干扰电容严重漏电或击穿时，该路的控制失效。例如 C418 击穿后，左、右声道将出现无声故障。

c. 当 C422 等谐振电容开路时, 该路的音调不能控制。

d. 当输入或输出端的耦合电容开路时, 该声道出现无声, 耦合电容漏电时, 则该声道出现噪声大故障。

三、集成电路图示音调控制器工作原理

音响设备中, 音调控制器用来对音频信号各频段内的信号进行提升或衰减, 以满足听音者的需要。音调控制器主要有两大类。

(1) 高、低音式音调控制器。这种音调控制器只有高音和低音频段两个控制电路, 可以进行提升或衰减的控制。

(2) 图示音调控制器。这是目前使用最为广泛的一种音调控制器电路, 常见的有五段、十段两种。这种音调控制器可以将整个音频范围分成五个或十个频段进行独立的提升或衰减控制。从音调控制效果上讲, 这种控制器电路比上一种要好许多。

1. 集成电路图示音调控制器基本原理

如图 4-37 所示是集成电路图示音调控制器的方框图, 用这一方框图可说明这种图示音调控制器的工作原理。这是一个单声道五段图示音调控制器。电路中, V_i 为输入信号, V_o 为经过音调控制器控制后的信号。RP1 ~ RP5 是五个频段音调控制电位器, 控制的频率分别受动片与地之间的 A1 ~ A5 决定, A1 ~ A5 分别等效于五个中心频率为 100Hz、330Hz、1kHz、3.3kHz 和 10kHz 的 LC 串联谐振电路。

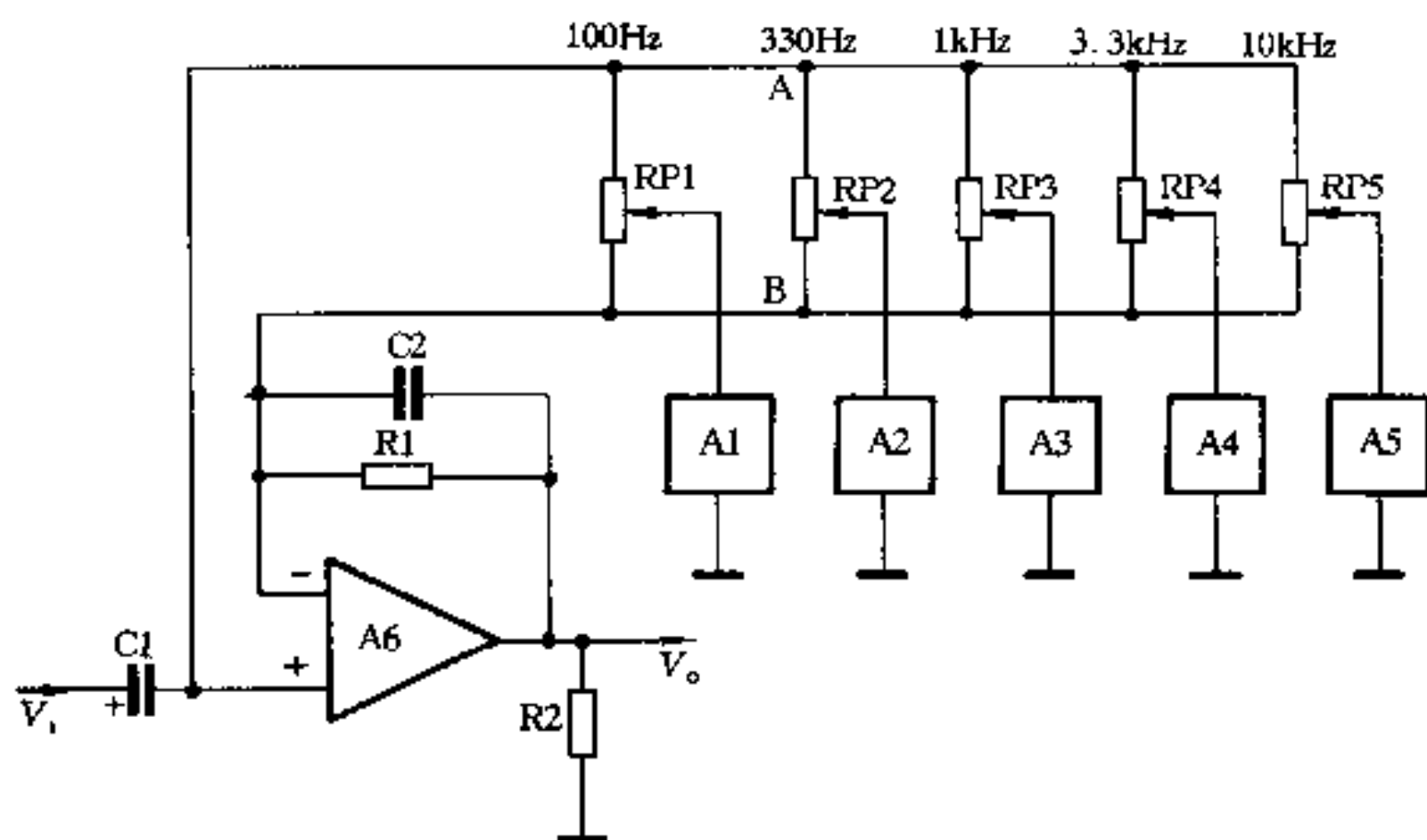


图 4-37 集成电路图示音调控制器电路方框图

电路的工作原理说明如下。

(1) 音频放大器电路分析

集成电路 A6 是音频信号放大器, R1 是 A6 的负反馈电阻, 其阻值大小决定了 A6 闭环增益大小。C2 是高频消振电容, 用来防止集成电路 A6 可能发生的高频自激。C1 是输入端耦合电容。

(2) 陷波器电路分析

电路中, A1 ~ A5 五个陷波器电路结构相同, 只是阻容元件的参数不同, 图 4-38 是这种

滤波器电路及等效电路。电路中，RP 是音调控制电位器，A01 是一个运算放大器，由于它的反相输入端与输出端相连，这样构成一个 +1 放大器。从图中可以看出，这一陷波器电路等效成一个 LC 串联谐振电路。

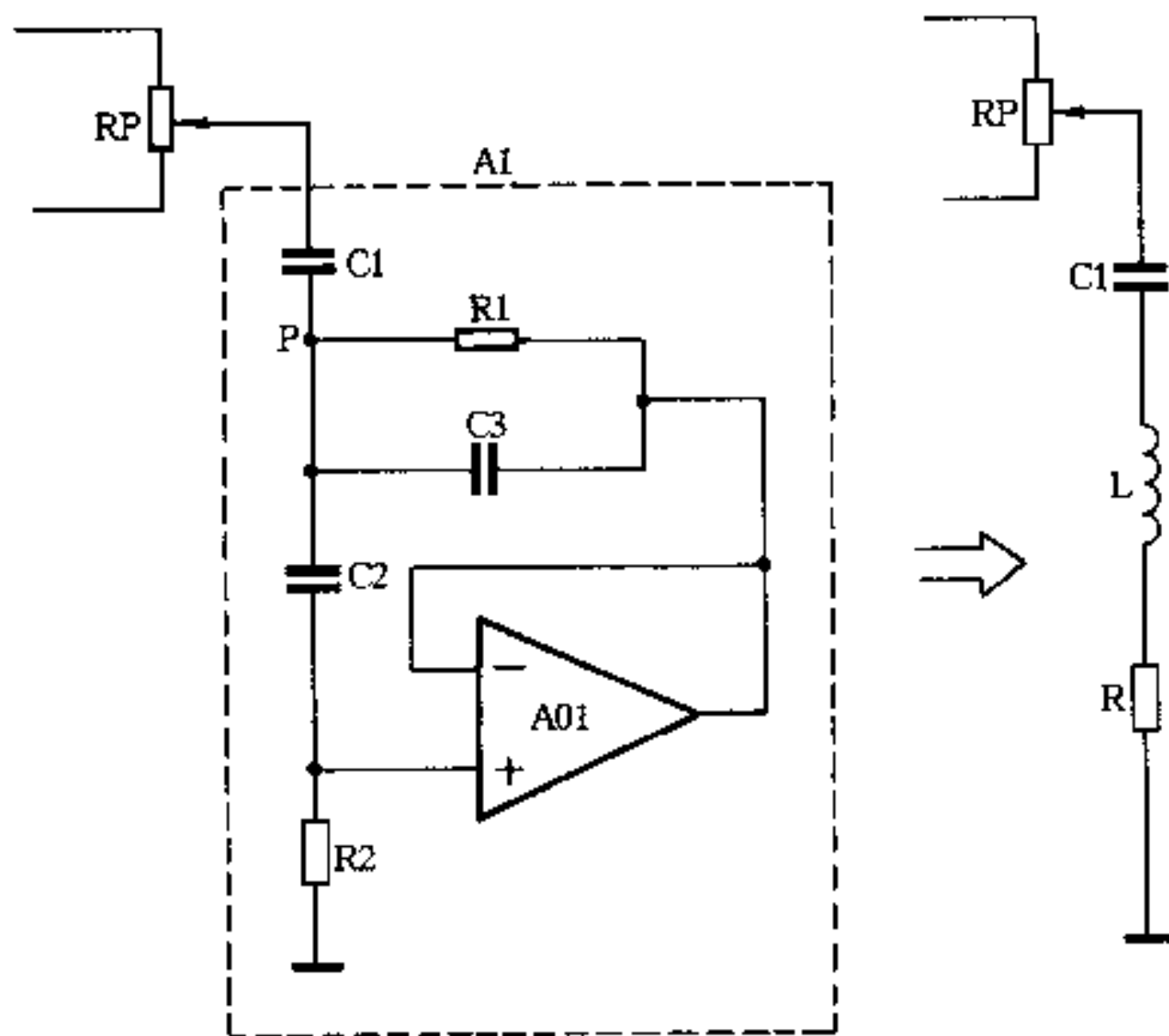


图 4-38 滤波器等效电路

(3) +1 放大器特性

+1 放大器及陷波电路具有下列一些特性。

a. +1 放大器的增益为 1。

b. 由于 A01 的开环增益很大，+1 放大器可以看成输入阻抗很高、输出阻抗很低的理想放大器。

c. P 点对地之间可以等效成一个电阻为 R 和一个电感量等于 $R_1 \cdot R_2 \cdot C_2$ 大小的线圈，这样与电容 C1 构成一个等效的 LC 串联谐振电路，如图所示。

由上述分析可知，陷波器等效成一个 LC 串联谐振电路，其谐振频率由 R1、R2、C1 和 C2 阻容元件标称值决定。实用电路中，往往将 R1、R2 阻值固定不变，而是通过外接电容 C1、C2 的容量变化，来获得不同频段中心控制频率。

(4) 33Hz 音调控制器电路分析

RP2 动片对 330Hz 信号而言是等效交流接地的，这里以 330Hz 的 RP2 控制器为例，分析这一电路的工作原理。

a. 设 RP2 的动片滑到中间位置，此时的等效电路如图 4-39 所示。电路中，RP2 的动片等效为交流接地（仅对 330Hz 信号而言），动片将 RP2 分成 RP2-1、RP2-2 两部分。当 RP2 动片在中间位置时二者阻值相等。此时，RP2-1 构成对输入信号 V_i 的对地分流电路，RP2-2 则是 A6 的负反馈电阻。此时，对 330Hz 信号处于不提升也不衰减状态。

b. 当 RP2 动片向 A 点滑动时，RP2-1 的阻值在减小，使 RP2-1 对输入信号分流衰减的量增大。同时，由于 RP2-2 的阻值增大，使负反馈量增大，这样 A6 输出信号中的 300Hz 信号受到逐渐增大的衰减。当 RP2 动片滑到最顶端 A 点时，此时分流衰减量达到最大，负反馈

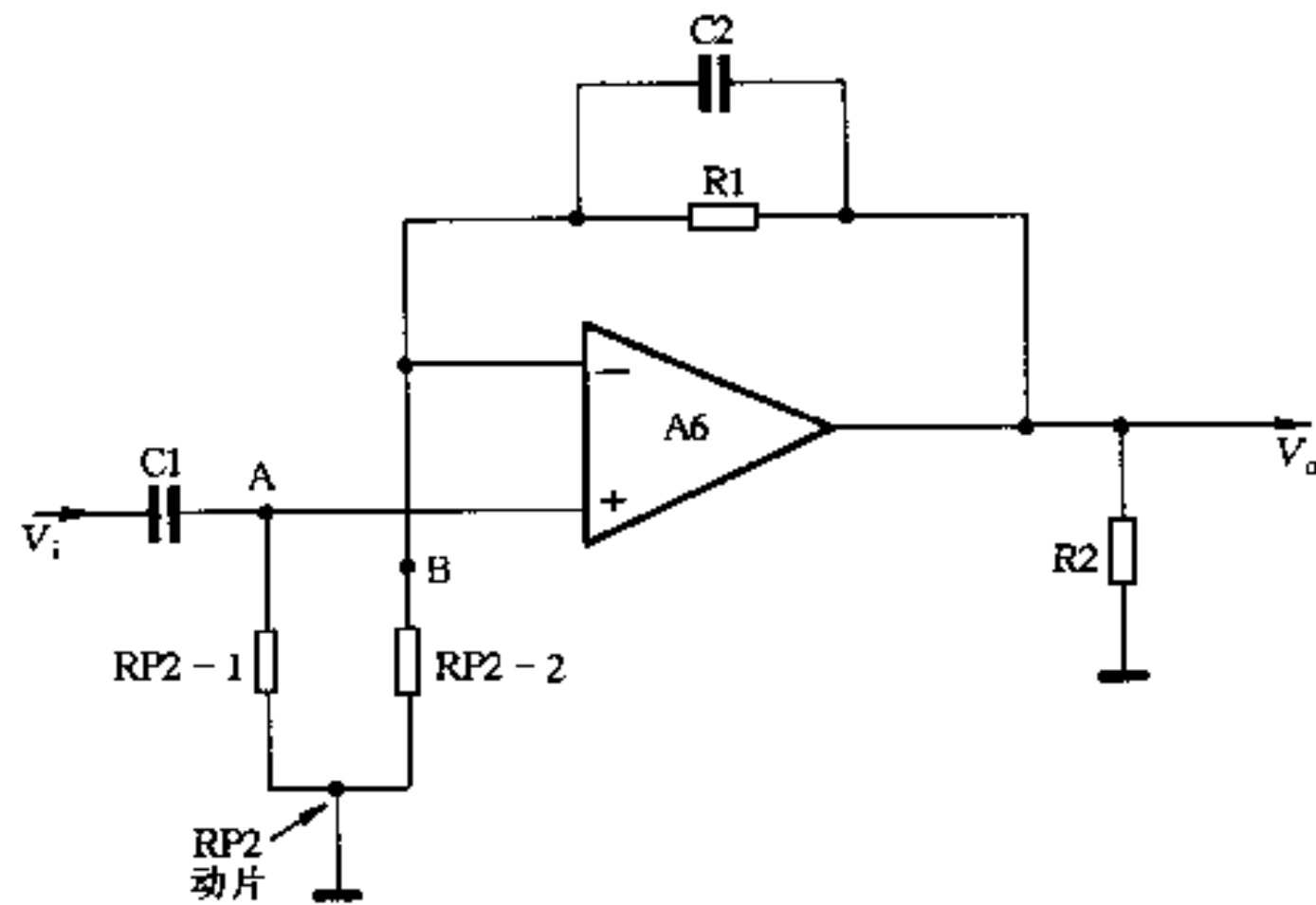


图 4-39 RP2 动片在中间位置时的等效电路

量也最大，使 330Hz 信号受到最大的衰减，最大衰减量一般为 10dB。

c. 由于 RP2 动片电路所接的 330Hz 陷波器阻抗特性，对大于或小于 330Hz 频率信号的提升量小于对 330Hz 的提升量。

d. 对于频率远高于或低于 330Hz 的信号，由于陷波器 A2 的阻抗很大而呈开路，故对这些信号无控制作用。另外，RP1 ~ RP5 的标称阻值较大，对信号的插入损耗不太大，各频段之间的相互影响也不大。

2. 实用的集成电路图示音调控制器电路

图 4-40 所示是一个双声道双五段图式音调控制器电路。电路中，IA4、IA5、IA6 是三块同型号的运算放大器集成电路，构成音调控制器的主体电路。RP401 ~ RP405 是五只双联电位器，用来作为左、右声道五个频段的音高控制电位器。从图中可以看出，左、右声道电路是完全对称的，这里以右声道电路为例分析其工作原理。

(1) 引脚作用

IA4、IA5 和 IA6 都是一个 14 根引脚的集成电路，采用双列直插，内含四组独立的运算放大器，它的各引脚作用如表 4-11 所示。

表 4-11 集成电路引脚作用

引脚号	作用	引脚号	作用
①	信号输出引脚 1	⑧	信号输出引脚 3
②	负反馈引脚 1	⑨	负反馈引脚 3
③	信号输入引脚 1	⑩	信号输入引脚 3
④	电源引脚	⑪	接地引脚
⑤	信号输入引脚 2	⑫	信号输入引脚 4
⑥	负反馈引脚 2	⑬	负反馈引脚 4
⑦	信号输出引脚 2	⑭	信号输出引脚 4

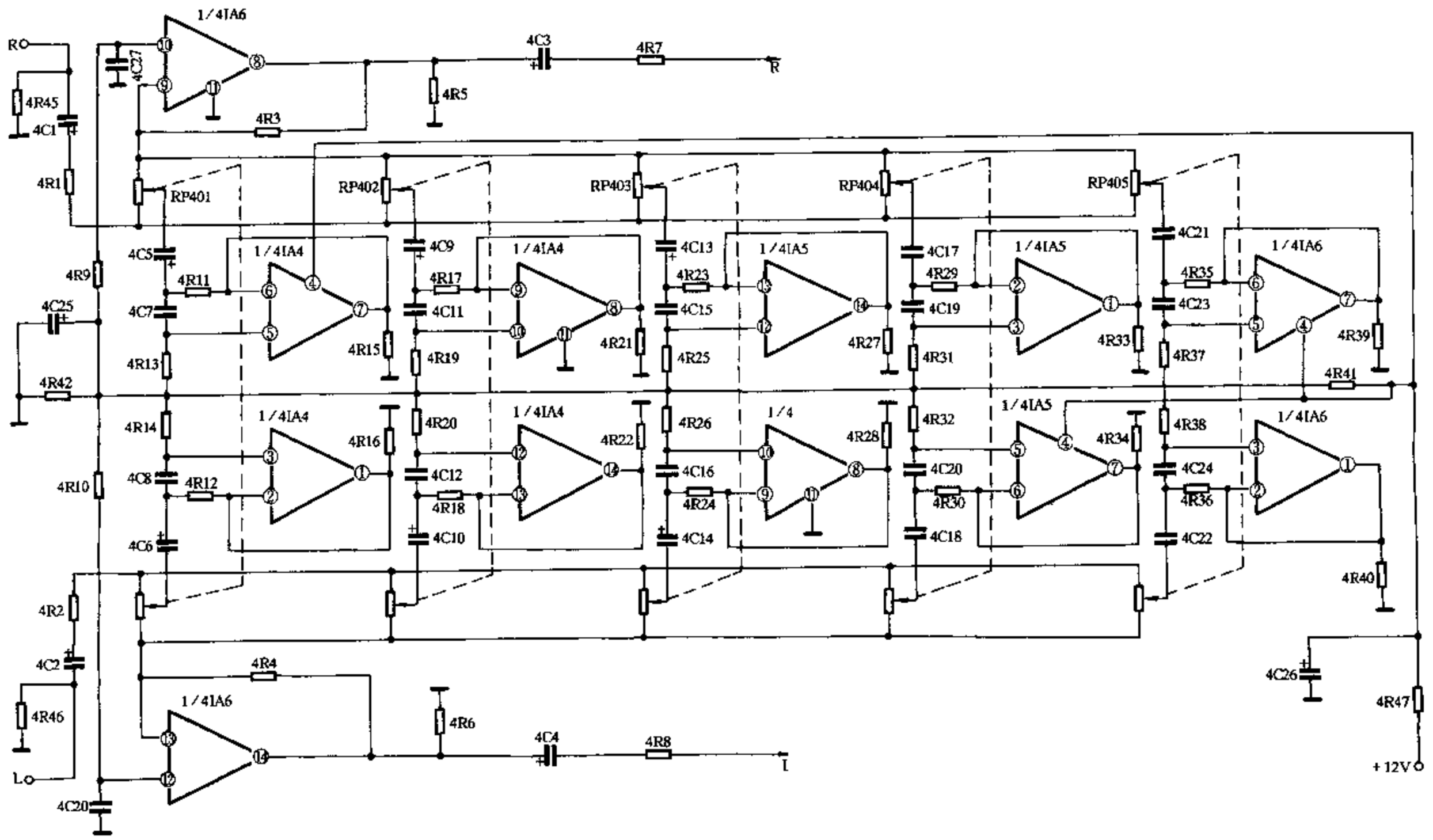


图 4-40 集成电路图式音调控制器电路

(2) 电路分析

关于这一电路的工作原理说明下列几点。

a. 右声道音频信号 R 经 4C1、R41 耦合到 1/4IA6 的⑩脚，经过放大和控制后从⑧脚输出，通过 4C3 和 4R7 送到后级电路中。

b. 4R3 是 1/4IA6 的负反馈电阻，其阻值决定了这一运算放大器的闭环增益。4C27 用来防止高频干扰。

c. 右声道五个频段陷波器由五组运算放大器构成的 +1 放大器等元器件组成，其电路结构一样，只是两只电容的容量不同。例如，在 RP401 动片回路中的电容 4C5、4C7 容量最大，其值分别为 $4.7\mu\text{F}$ 和 $0.022\mu\text{F}$ ，在 RP405 动片回路中为 4C21、4C23，其容量最小值为 $0.022\mu\text{F}$ 和 180pF ，这样在 RP401 ~ RP405 中，控制频率从低依次变高。当 RP1401 ~ RP405 的动片向上滑动时为提升控制，动片向下滑动为衰减控制。

d. RP401 ~ RP405 都是双联同轴电位器。

四、音调控制器电路故障检修程序

音调控制器主要会出现下列四种故障。

1. 无声

无声故障又分成下列两种情况：一是左、右声道同时出现无声；二是只有一个声道存在无声，另一个声道工作正常。

(1) 检查方法

对于无声故障，首先要确定故障部位是否在音控制器电路中。具体方法是：对于左、右声道均无声故障可以任选一个声道，对于一个声道无声故障可选无声这个声道，适当开大音量电位器，干扰音调控制器电路的输出端，此时扬声器中有很大的干扰响声，再干扰该声道音调控制器的输入端，此时无干扰响声，这就说明故障出在音调控制器电路中。

对于左、右声道均无声故障，此时重点用干扰检查法进一步缩小故障范围，通常是这一声道信号传输电路开路或这一声道音频放大器电路故障。在用干扰检查法缩小故障范围后，可用电压检查法等进一步检查。

(2) 故障原因及处理措施

a. 音调控制器中的电源电路故障，如保险丝熔断、电子滤波管开路、三端稳压电路损坏等，可更换新件。

b. 信号传输回路中的接插件装配不当、引线开路、耦合电容开路和假焊等，可重焊或更换新件。

c. 音频放大器故障，如放大管、集成电路损坏，可更换新件。

d. 直流电压供给电路故障，如滤波电容击穿或严重漏电、退耦电阻烧成开路等，可更换新件。

e. 音调控制器输入、输出回路元件开路，如耦合元件开路、铜箔线路开裂等，可更换或重焊。

这里提示一点，在处理无声故障中不必具体检查某一个频段的音调控制电路。

2. 声音轻

声音轻故障范围的判别方法和具体检查方法同无声故障十分类似，这里仅作下列几点提示。

(1) 声音轻说明信号传输通路未完全开路，这一点与无声故障不同。所以，检查的侧重点不同，不是检查开路故障，而是重点检查元器件性能变劣的原因。但是，要注意对放大管发射极旁路电容是否开路的检查。

(2) 如果是声音很轻，一是直流电压低，二是放大管或集成电路损坏的可能性较大，特别是左、右声道声音均低时应重点测量集成电路电源引脚直流工作电压。注意，此时不会出现无直流工作电压的情况。

(3) 对于某一个声道声音略低时，可采取适当减少该声道交流负反馈的辅助措施来处理。

(4) 声音轻故障原则上也不必去检查某一个频段控制器电路。

3. 噪声大

音调控制器噪声大的故障主要分为以下三种：一是左、右声道都有噪声，这时一般是交流声故障；二是某一个声道有噪声，另一个声道工作正常；三是在调节某一个频段音量控制电位器时，扬声器中出现噪声，调节停止时噪声也消失，这是该电位器转动噪声，维修方法是清洗电位器。

(1) 检查方法

确定噪声部位的方法是：将有噪声的声道音调控制器输出端断开，此时扬声器中无噪声。然后接好断口，再将该声道音调控制器输入回路断开，此时若噪声仍然存在，则说明故障出现在该声道音调控制器电路中。

对于交流声故障主要是检查电源滤波电容是否开路，检查电子滤波管集电极和发射极之间是否击穿，可用万用表 $R \times 1k\Omega$ 挡测量电子滤波管集电极、发射极之间电阻。

对于某一声道噪声大的故障，可用短路检查法进一步缩小故障范围，一般是音频放大器或集成电路本身噪声大，可用代替检查法验证。此外，输入、输出回路中的耦合电容是否击穿、漏电，也可用代替检查法验证。

(2) 故障原因及处理措施

音调控制器噪声大的故障原因及处理措施说明如下。

- a. 音调控制电位器转动噪声大，可清洗电位器。
- b. 电源滤波电容开路或电子滤波管集电极、发射极之间击穿，可更换新件。
- c. 放大管或集成电路本身噪声大，可更换新件。
- d. 电解电容漏电，可更换新件。

4. 某一频段音调控制器控制失灵

当调节某一频段音调控制电位器时，对这一频段信号无衰减、无提升作用而其他控制器控制正常，这种故障的检查范围就在这一频段音调控制电路中。

(1) 检查方法

首先直观检查该频段音频控制器电路中是否有引线断、元器件明显的异常现象，然后用电

阻检查法、代替检查法检查这一电路中的阻容元件是否开路。对于集成电路图示音调控制器电路可采用与相邻电路代替检查的方法判别集成电路是否损坏。具体方法可用如图 4-41 所示电路来说明。

假设 RP1 控制器失灵，已排除 C1、C2 开路的可能性后，可将 A1 的①~④脚上的铜箔线路断开，然后再按图中虚线所示将 RP1 控制电路连接到③脚、④脚电路上，因为③脚、④脚内电路和①脚、②脚内电路是完全一样的。如这样连接后 RP1 控制恢复正常，则可以说明 A1 的①脚、②脚内电路已损坏，若代换后仍不正常也可以排除集成电路 A1 出现故障的可能性。

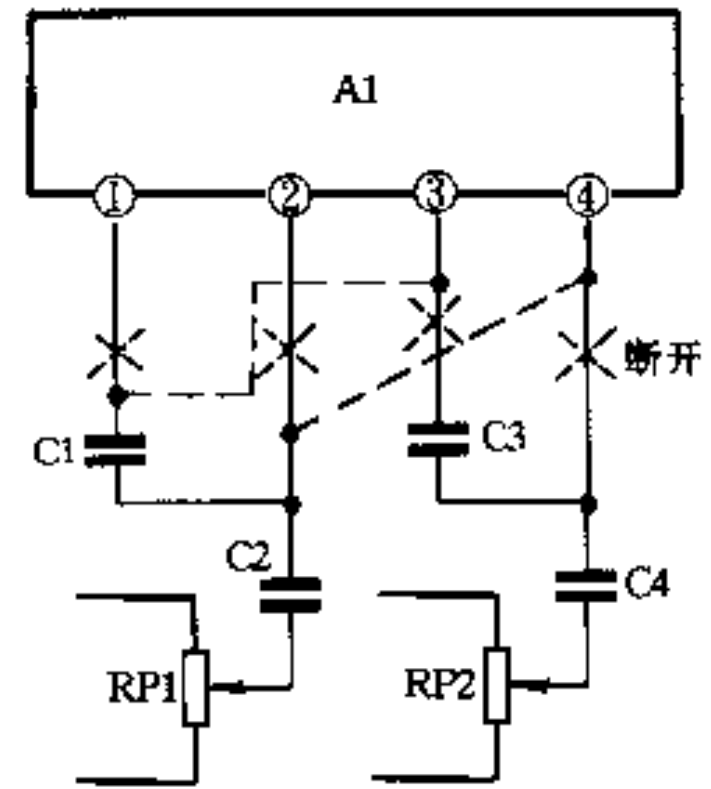


图 4-41 检修示意图

(2) 故障原因及处理措施

- a. 音调控制电位器动片与定片之间接触不良，可清洗电位器。
- b. 电位器引线断或电位器损坏，可重焊或更换。
- c. 电容开路、电阻虚焊等，可更换或重焊。
- d. 集成电路或电子模拟电感电路故障，可更换新件。

五、集成电路 LED 电平指示器工作原理

LED (发光二极管) 电平指示器在音响设备中有着极为广泛的应用。一方面它可以指示信号电平的大小，另一方面它能起到装饰、美化面板的作用。

1. 种类

LED 电平指示器电路种类繁多。

(1) 按指示器的形式划分

LED 电平指示器电路按指示器的形式划分有下列三种。

a. 多级 LED 光柱式电平指示器

这是目前用得最多的一种电平指示器。它由一组(通常为五级)LED 作为指示器件，根据电平的大小决定发光级数的多少，电平愈大 LED 发光的级数愈多，反之则愈少。

b. LED 光点式电平指示器

这种电平指示器的指示形式是：当输入信号电平时，多只 LED 中始终只有一只亮，其他的 LED 熄灭，随着输入信号电平大小变化时，亮一只熄一只，好像一个光点在移动。

c. LED 频谱式电平指示器

这是一种大量用在中、高档组合音响中的电平指示器。常见的有 10×10 形式的 LED 频谱式电平指示器。它共有 10 列，每列代表一个频率点，共 10 个频率点。在每列中，共有 10 行以指示每个频率点信号的电平大小，即分成 10 级来指示某一频率点信号的大小。

(2) 按照所指示信号的种类划分

LED 电平指示器按照所指示信号的种类划分主要有下列四种。

a. 重放信号电平指示器

它可以指示各种节目源在重放过程中的信号电平大小，这一电路设在音调、音量控

制器之前。由于这一电平指示器电路设在音量和音调控制器电路之前，所以电平指示器所指示的信号电平大小不受音调、音量电位器控制，反映了节目源本身信号电平的大小。

b. 功率电平指示器

这种电平指示器能够指示信号的功率电平大小，它设在音量、音调控制器之后，功率放大器电路输出端，与扬声器并联。

由于这一电平指示器与扬声器并联，所以它反映了功率放大器送入扬声器的电信号功率大小的实际情况。注意，这种电平指示器所指示的信号电平大小受音调和音量电位器的控制。

在一些音响设备中，除具有前面的重放信号电平指示器外，还设有功率电平指示器，显然两种电平指示器所指示的电平大小可以是不一样的。

c. 调谐指示器

这是设在调谐器中的电平指示器。当调谐愈准确时，该电平指示器指示的信号电平愈大，当然与正在收音的电台信号大小也有关。在有的音响设备中，不专门设置调谐指示器，而是利用重放信号电平指示器或功率电平指示器作为调谐指示器。

d. 录音信号电平指示器

这是用来指示录音信号大小的指示器，它所指示的信号电平大小基本上表征了录音时馈入录音磁头中的录音信号电平大小。通常，这一电平指示器也与重放信号电平指示器共用。

(3) 按声道数目划分

电平指示器按照单声道、双声道可分为下列两种。

a. 单声道电平指示器

这种指示器中左、右声道信号电平用一个电平指示器来指示，显然此时指示器指示左、右声道信号电平的平均值。通常，LED 频谱式电平指示器采用这种结构。

b. 双声道电平指示器

这种指示器有两套指示器电路，并且电路结构彼此独立、对称，分别指示左、右声道信号电平大小。通常，一些多级 LED 光柱式电平指示器采用这种结构。

(4) 按指示信号峰值与平均值划分

电平指示器按照指示信号峰值、平均值来划分主要有下列两种。

a. 平均值电平指示器，用来指示信号的平均电平大小。

b. 峰值电平指示器，用来指示信号的峰值电平。

在一些音响设备中，除采用 LED 作为电平指示器中的显示器件外，还有的采用 VU 表作显示器件。

2. 多级 LED 光柱式电平指示器工作原理

(1) 基本电路分析

多级 LED 光柱式电平指示器工作原理可用如图 4-42 所示原理图来说明，图中只画出了三级电路。电路中， V_i 为输入的音频信号， C_1 、 VD_1 和 VD_2 构成倍压整流电路， VT_1 、 VT_2 和 VT_3 是 LED 驱动管， VD_3 、 VD_5 、 VD_7 是三只 LED。电路的工作原理说明如下。

a. 输入信号 V_i 是音频信号，经 C_1 加到 VD_1 、 VD_2 构成的倍压整流电路中，在 A 点获得

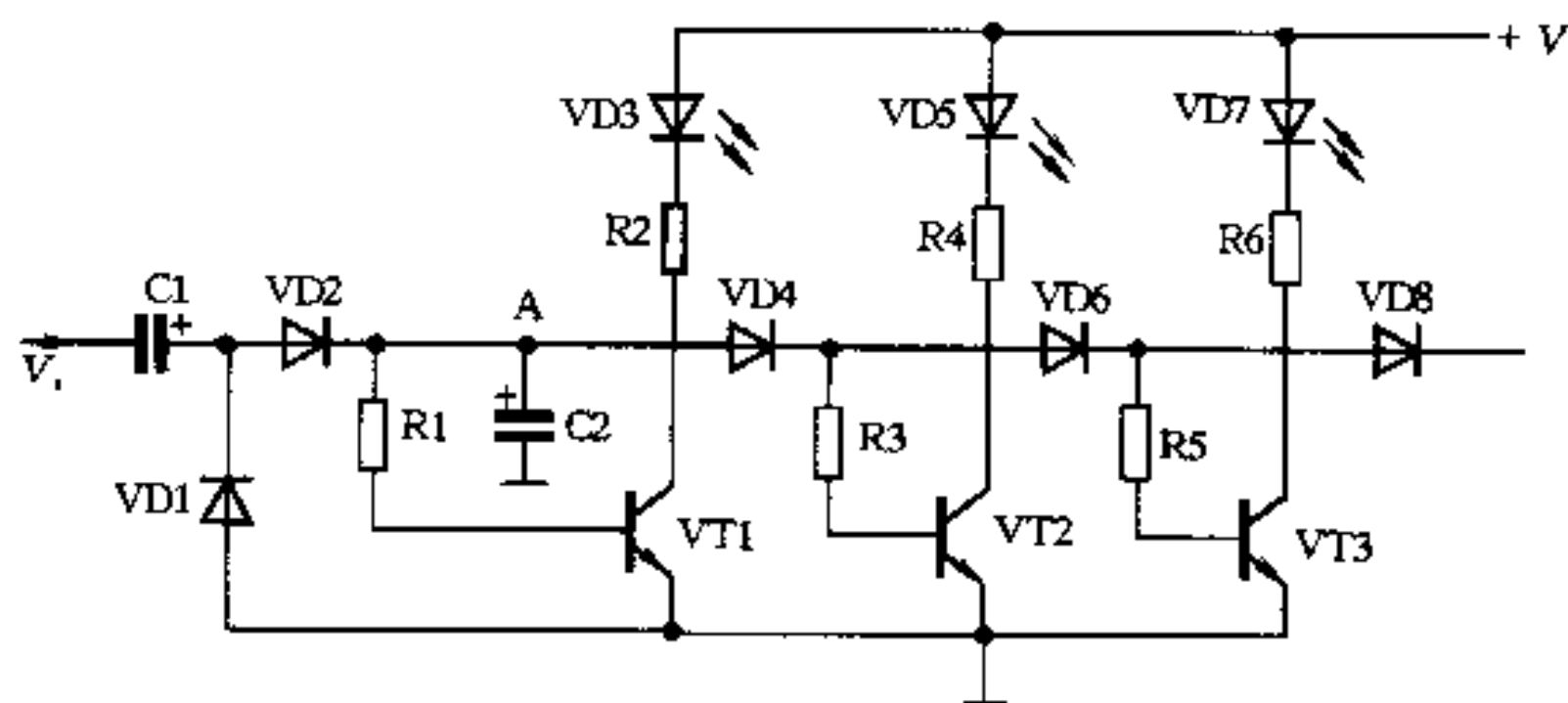


图 4-42 分立元器件多级 LED 光柱式电平指示器电路

直流电压，输入信号 V_i 愈大，A 点的直流电压愈大，反之则愈小。

b. 当 A 点的直流电压大约为 0.7V 时，VT1 管导通，其电流回路为 A 点→R1→VT1 基极→VT1 发射极→地端。由于 VT1 管导通，其集电极电流流过 VD3，使 VD3 发光指示。由于 A 点的电压只有 0.7V，所以还不足以使 VD4 管等导通，这样除 VD3 发光外，VD5 管等不能发光。

c. 当 A 点的直流电压大约为 1.4V 时，VT1 导通，又使 VD4 导通，这样直流电压又经 R3 加到 VT2 管基极，使 VT2 管导通，第二级发光二极管 VD5 也随之发光指示。这样，VD3 和 VD5 两级 LED 同时发光指示。

d. 当输入信号 V_i 继续增大，使 A 点的直流电压约为 2.1V 时，除 VD3、VD5 继续导通发光外，VD6 也导通，使 VT3 管导通，VD7 也发光指示。同理可知，当 V_i 信号进一步增大时，后面各级陆续导通发光指示。当 V_i 减小，LED 发光级数会相应减少。

e. 电路中，VD4、VD6 和 VD8 用来将降掉 0.7V 电压后使后级 LED 驱动管导通，以拉开各级 LED 导通发光的电平，使各 LED 能随输入信号 V_i 的大小变化而一级一级导通发光。

f. R1、R3、R5 是 LED 驱动管基极回路的限流保护电阻，当输入信号 V_i 进一步增大时，使前级的 LED 驱动管导通程度加深，设置基极限流电阻后不会因为电流太大而烧坏 LED 驱动管。

g. R2、R4、R6 是 LED 的限流保护电阻，以保护各级 LED 免受大电流而造成的损害。

h. 电路中，C2 是整流电路输出端的平滑电容，或称滤波电容。如果不加 C2，电平指示器可指示输入信号 V_i 峰值电平，在加入较大的 C2 后，由于 C2 的平滑作用，在 C2 上的直流电压是输入信号的平均大小，所以此时电平指示器指示输入信号 V_i 的平均值。根据 C2 容量大小可判别是峰值还是平均值电平指示器。

(2) 集成电路电压比较器

从上面分析可知，在多级 LED 电平指示器中，为使各级 LED 分级指示电平大小，在电路中设置了 VD4、VD6、VD8 二极管进行降压。在有些多级 LED 电平指示器电路中，则采用另一形式的电路，如图 4-43 所示，即采用电压比较器方式。

电路中，集成电路 A1~A3 是三个运算放大器构成的电压比较器，R1~R4 构成基准电压电路，VD1~VD3 是三只 LED 构成的三级电平指示器。

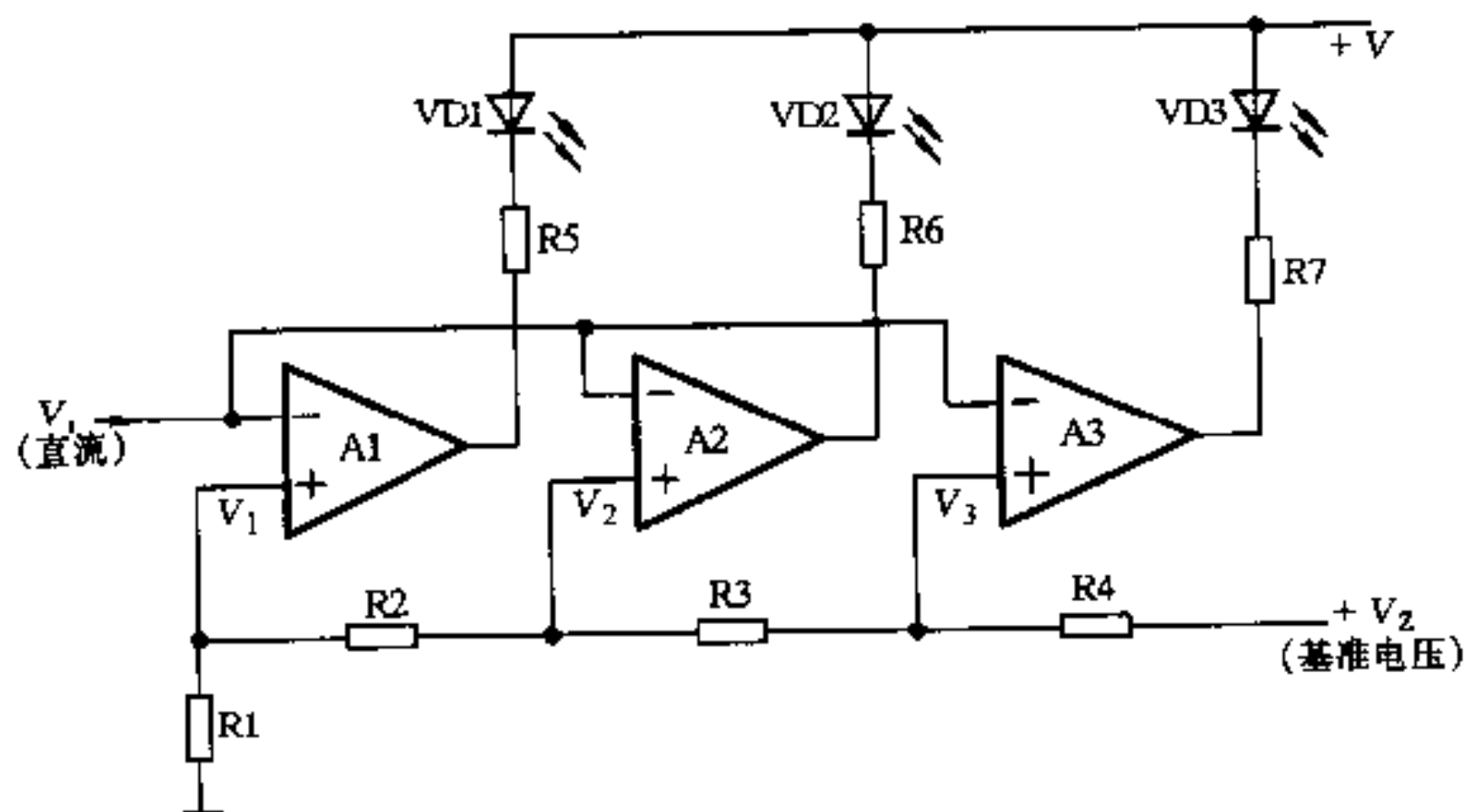


图 4-43 集成电路电压比较器电路

关于这一电路的工作原理需要说明下列几点。

- a. 正电压(+ V_2)是一个恒压源, 作为 A1 ~ A3 各同相输入端的基准电压 $V_1 \sim V_3$ 。
- b. 由于 R1 ~ R4 构成的三个分压电路分压比不同, 给 A1 ~ A3 各比较器的基准电压大小不等, 其中 A1 的基准电压为最小, A3 为最大。
- c. V_i 是音频信号经过整流后的直流电压, V_i 的大小代表着音频信号的大小。
- d. 输入电压 $V_i = 0V$ 时, A1、A2 和 A3 的各反相输入端的输入电压均为 $0V$, 而同相输入端上有基准电压输入, 此时 A1、A2 和 A3 的同相输入端输入电压大于反相输入端上的输入电压 V_i , 所以 A1、A2 和 A3 均输出高电平, 使 VD1 和 VD2 和 VD3 不能发光指示。
- e. 当输入电压 V_i 大于 V_1 小于 V_2 时, 由于 A1 的反相输入端电压大于同相输入端上的基准电压, 此时 A1 输出低电平, 使 VD1 导通发光。此时, 由于 A2 和 A3 同相输入端上的基准电压 V_2 、 V_3 均大于输入电压 V_i , 所以 A2 和 A3 仍然输出高电压, VD2 和 VD3 仍然不能发光指示。
- f. 当输入电压 V_i 进一步增大, 达到 $V_2 < V_i < V_3$ 时, A1、A2 的反相输入端电压大于同相输入端电压, 此时 A1、A2 输出低电平, 使 VD1 和 VD2 导通发光。同理, V_i 进一步增大后, VD3 也导通发光。

从上述分析可知, 在这一电路中, 利用设置不同大小的基准电压来实现各级 LED 的分级指示。

3. 多级 LED 光柱式电平指示器集成电路 LB1403

图 4-44 是多级 LED 光柱式电平指示器集成电路 LB1403, 它是一个单声道指示电路。电路中, 集成电路 A4 构成 LED 驱动电路。VT403、VT404 分别是左、右声道前置放大管。

(1) 集成电路内电路方框图

图 4-45 所示是集成电路 LB1403 的内电路方框图, 内电路中, A1 具有对信号进行整流、放大的作用, A2 ~ A6 是五个电压比较器。VD1 是一个稳压二极管, 它为 A2 ~ A6 提供稳定的基准电压。R1 ~ R5 构成分压电路, 给 A2 ~ A6 的各同相输入端提供不同大小的基准电平, 其中 A2 的为最小, A6 的为最大。R6 和 R7 为 A1 提供直流偏置和负反馈。

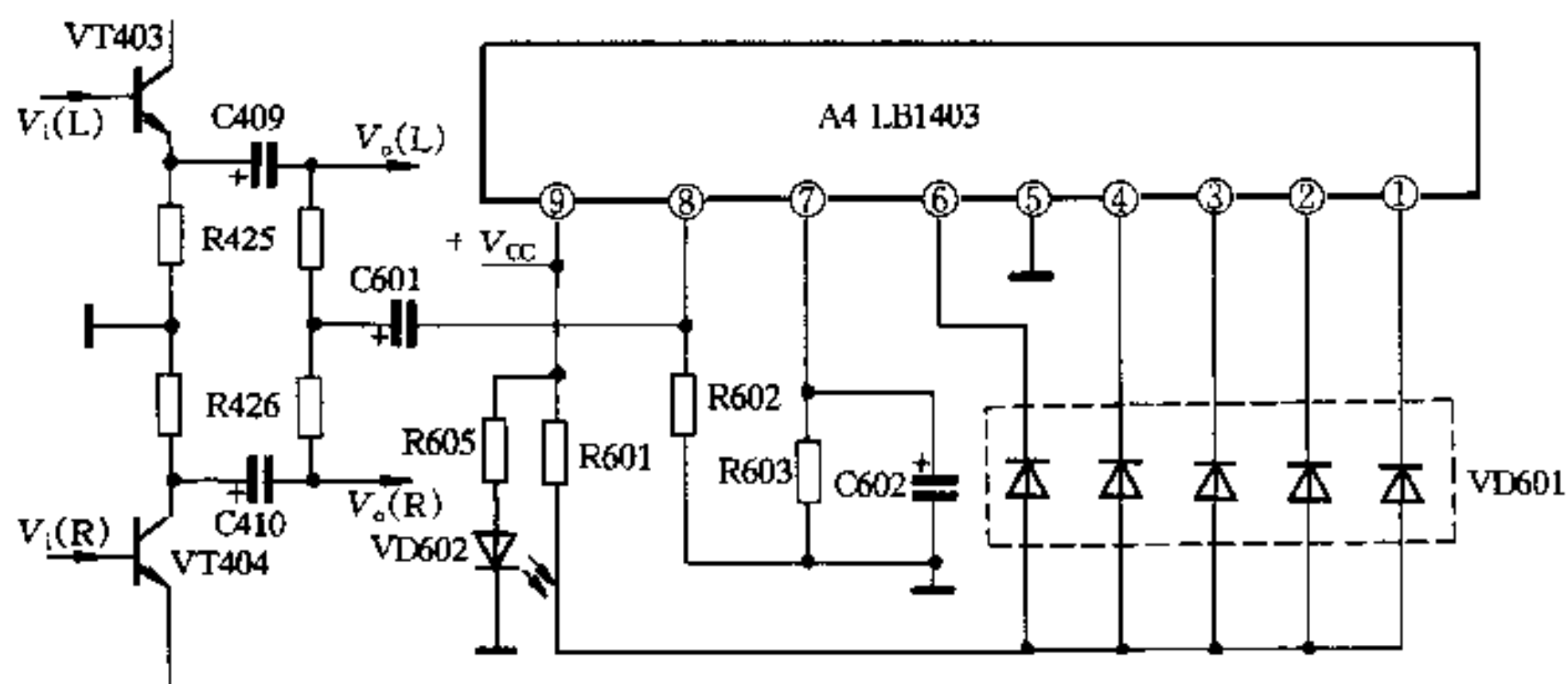


图 4-44 多级 LED 光柱式电平指示器集成电路 LB1403

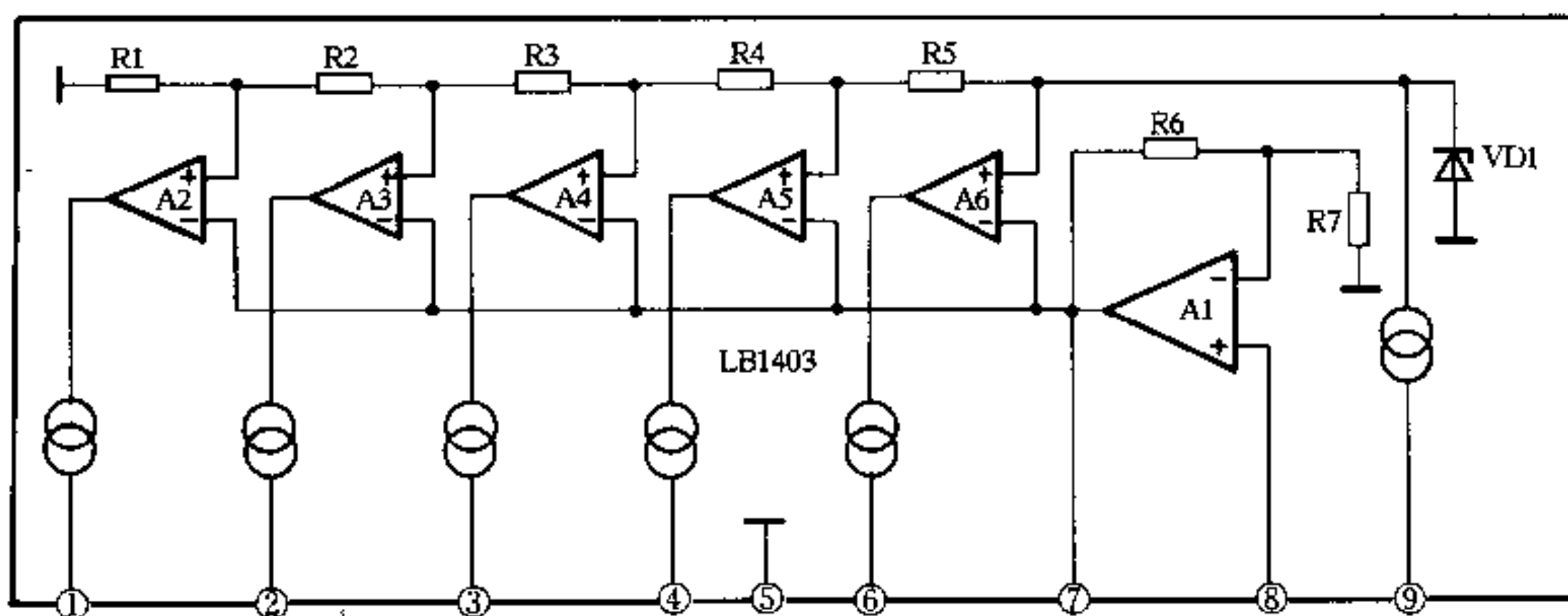


图 4-45 集成电路 LB1403 内电路方框图

(2) 引脚作用

集成电路 LB1403 是一个专门用来驱动五级 LED 光柱式电平指示器的集成电路，共 9 根引脚，采用单列结构，各引脚作用及说明如表 4-12 所示。

表 4-12 集成电路 LB1403 引脚作用

引脚号	作用
①	第一级 LED 驱动输出引脚
②	第二级 LED 驱动输出引脚
③	第三级 LED 驱动输出引脚
④	第四级 LED 驱动输出引脚
⑤	接地引脚
⑥	第五级 LED 驱动输出
⑦	发光二极管直流控制电压引脚，又是直流控制电压滤波引脚，外接滤波电容
⑧	音频信号输入引脚
⑨	电源引脚，典型工作电压 +6V

(3) 电路分析

这里结合集成电路 LB1403 内电路方框图来分析这一电路的工作原理。

a. 直流工作电压 $+V_{CC}$ 从集成电路 LB1403 的⑨脚送入内电路，使稳压二极管 VD1 导通（见方框图），VD1 上稳定的直流电压经电阻 R1 ~ R5 分压后，分别加到 A2 ~ A6 的同相输入端。

b. 从 VT403、VT404 管发射极输出的左、右声道信号，分别经 C409、C410 耦合分成两路：一路送到后级电路中继续放大，另一路由 R426、R425 混合后成为左、右声道之和信号，经 C601 耦合从 A4 的⑧脚送入内电路中，以激励电平指示器。电路中，R425、R426 取值较大(10k Ω)，以减小对左、右声道分离度的影响。

c. 从集成电路 A4 的⑧脚送入的音频信号，经内电路中 A1 的整流、放大处理，又经⑦脚外接的滤波电容 C602 滤波，在⑦脚上获得直流控制电压。

d. 集成电路 A4 的⑦脚上的直流控制电压加到 A2 ~ A6 的反相输入端，当这一电压从零开始增大时，由于 A2 的基极电压最小，所以 A2 首先输出低电平，使①脚上外接的发光二极管发光指示。随着⑦脚上的直流控制电压不断增大，集成电路 A4 的各输出端依次由高电位变为低电位，点亮各级 LED 发光指示。

e. VD601 是一个五只 LED 的组合型发光二极管器件，R601 是它们共用的限流保护电阻。VD602 是电源指示灯，它的工作电压通过 R605 取自 $+V_{CC}$ 。

(4) 多级 LED 光柱式电平指示器集成电路引脚外电路特征说明

这里以如图 4-44 所示多级 LED 光柱式电平指示器集成电路 LB1403 为例，介绍这类集成电路的引脚外电路特征。

①、②、③、④和⑥脚是集成电路 A4 的五个 LED 驱动输出引脚，这些引脚的外电路特征是，在外电路回路中串联一只发光二极管，以此特征很容易识别这些引脚的作用。在 LED 驱动输出引脚回路中，有的集成电路在每个回路中还串联 LED 的限流保护电阻。

发光二极管与集成电路的 LED 驱动输出引脚之间有二种连接方式：一是 LED 的负极与集成电路的 LED 驱动输出引脚相连，这说明只有当集成电路的 LED 驱动输出引脚从高电平变成低电平时，LED 才发光指示；二是 LED 的正极与集成电路的 LED 驱动输出引脚相连，这说明只有当集成电路的 LED 驱动输出引脚从低电平变成高电平时，LED 才发光指示。这样，发光二极管与集成电路的 LED 驱动输出引脚连接方式为电路分析提供了方便。

⑦脚是集成电路 A4 的发光二极管直流控制电压引脚，又是直流控制电压滤波引脚，外接滤波电容 C602，根据该引脚外接一只滤波电容特征，可以识别这一引脚。

⑧脚是集成电路 A4 的音频信号输入引脚，该引脚外电路与前面的音频放大器电路相连，根据这一电路特征可以识别该引脚的作用。

六、LED 电平指示器电路故障检修程序

电平指示器电路出现故障时主要表现为下列几种。

- (1) 指示灯不亮。
- (2) 指示灯始终在亮。
- (3) 亮度不足(发光级数不够)。

1. 指示器不亮故障

指示器不亮故障有多种，如左、右声道电平指示器同时不亮、只有一个声道电平指示器不亮、只有某一只指示灯不亮等。

(1) 检查方法

出现左、右声道都不能发光指示时，主要测量电平指示器集成电路的电源引脚是否有直流工作电压，对于双声道 LED 驱动集成电路，还要检查该集成电路是否已损坏。

只有一个声道不亮，在测量集成电路电源引脚上直流工作电压正常时，检查是否有输入信号馈入指示器，可用一只 $10\mu\text{F}$ 电容从另一声道引入音频信号进行一试。

对于只有一个指示灯不亮，可先更换 LED 一试，无效后说明该 LED 的驱动管已损坏。对于最后一级 LED 不亮时，要检查是否有足够大的音频信号输入。

(2) 故障原因及处理措施

关于 LED 电平指示器电路指示器不亮故障的原因及处理措施说明如下几点。

- a. 电平指示器无直流工作电压，例如退耦电容击穿，可更换新件。
- b. 电平指示器线路的接插件脱落、接触不良，应重装。
- c. 音频信号输入回路开路，如输入电容开路、假焊等，更换新元件，重新焊牢。
- d. 某只 LED 损坏，可更换。
- e. LED 驱动集成电路损坏，或局部损坏，更换新件。

2. 指示器始终亮着故障

如果这一故障只表现为某一只 LED 始终亮着，此时 LED 驱动管击穿的可能性最大，应更换新件。如果是前几级 LED 都亮着，并且扬声器中有噪声现象，这不是电平指示器电路故障，只要排除噪声故障后电平指示器就会恢复正常。

3. 指示器亮度不足

这一故障可分成下列两种情况。

(1) 某一只 LED 发光亮度不足，可更换这只发光二极管，如果更换无效，应检查和排除驱动管的故障。

(2) 发光级数少，即后几只 LED 不发光或很少发光，说明直流控制电平小了。可检查输入音频信号是否小，将左、右声道电平指示器输入端线路互换试一试，另一个原因是整流、放大器输出端的滤波电容是否漏电，可暂时将它断开试一试。此外，LED 驱动集成电路性能不好也是一个原因。

有的电平指示器输入回路中设有灵敏度调整电路，如图 4-46 所示。电路中，RP1、RP2 分别是左、右声道电平指示器灵敏度微调电阻器，A1 是双声道 LED 驱动集成电路。当一个声道指示灵敏度略低于另一个声道时，可将

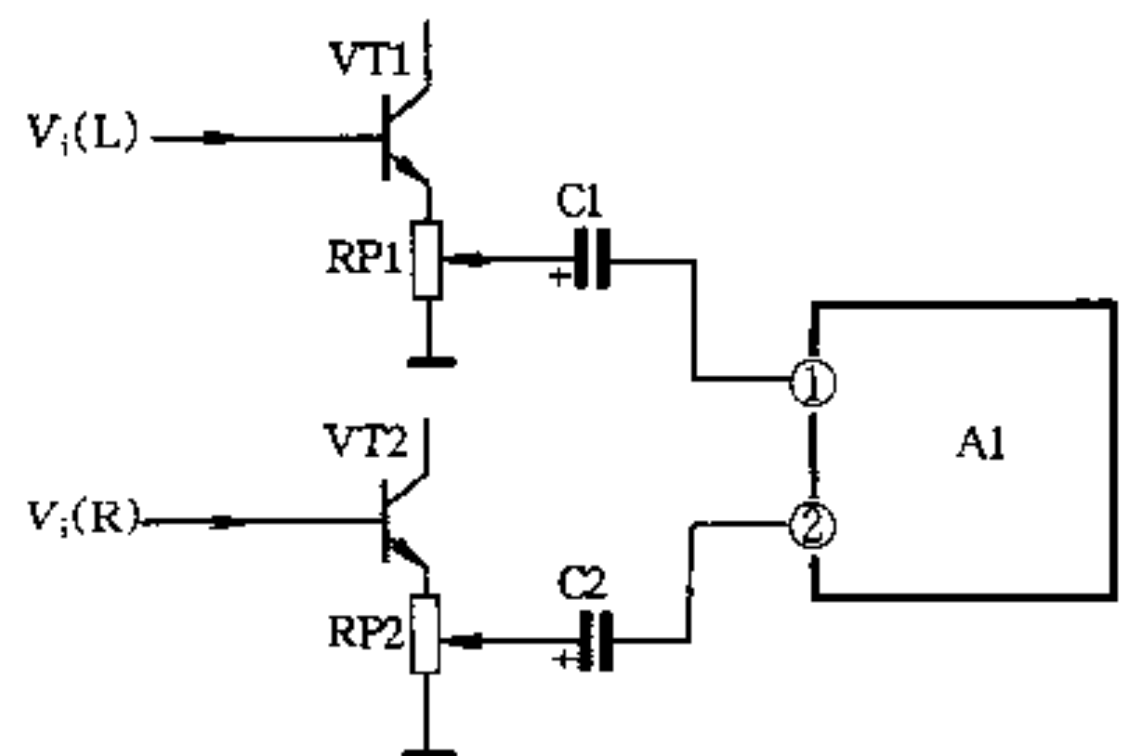


图 4-46 电平指示器灵敏度调整电路

RP1 (或 RP2)动片向上调节一些,但在调整时要左、右声道信号 $V_i(L)$ 、 $V_i(R)$ 一样大小,调整时用单声道磁带放音。

七、动态降噪集成电路工作原理

降噪电路的种类繁多,主要用于磁带降噪中,如杜比降噪电路等,这里介绍的动态降噪电路主要应用于音频放大器系统中。动态降噪电路是一种非互补型降噪电路。

1. 动态降噪原理

动态降噪电路简称 DNR。

在一些音响设备中设置了动态降噪电路,其具体的电路位置如图 4-47 所示。从图中可见,这一降噪电路位于功能转换电路与音调控制电路之间,所以对音响设备的各节目源信号都具有降噪作用。

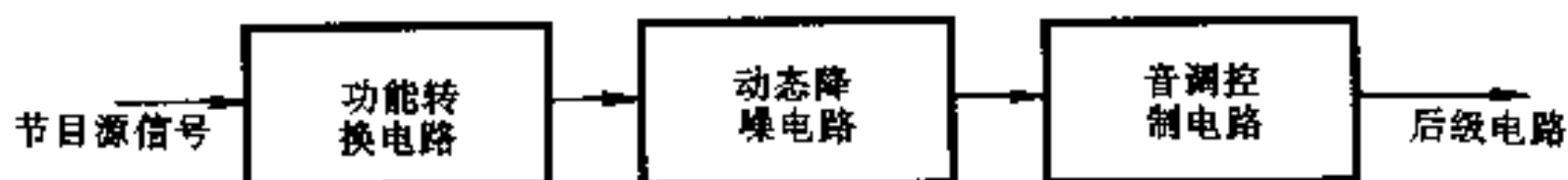


图 4-47 动态降噪电路位置示意图

动态降噪电路的工作原理可以用图 4-48 所示的方框图来说明,这是一个双声道示意图。从图中可以看出,这一电路由左、右声道各自独立的主通道和左、右声道共用的副通道电路构成。电路工作原理说明如下。

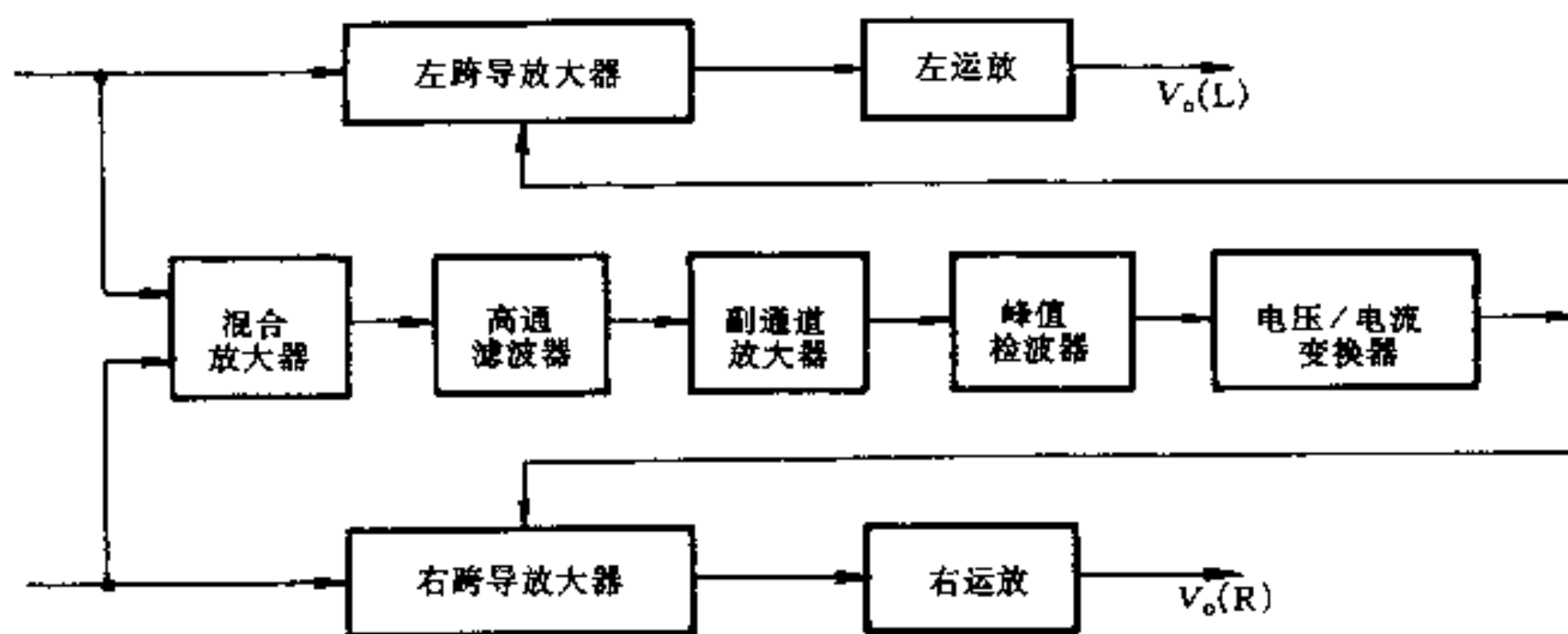


图 4-48 动态降噪电路原理图

(1) 左、右声道信号分别经各自的主通道(跨导放大器和运放)放大、处理后输出,加到后续电路中。

(2) 左、右声道混合后的信号加到副通道电路,这一副通道是左、右声道共用的电路。

(3) 左、右声道混合后的信号后为左、右声道信号之和,这一信号加到高通滤波器电路中,从全频域的音频信号中只取出高频段的信号,这一高频信号再加到副通道放大器中(实际是一个高频段信号放大电路)。经过放大后的高频信号加到峰值检波电路中,其输出是一个直流电压,这一电压的大小与高频信号的大小成正比。这一直流电压再加到电压—电流变换电路中,然后分别去控制左、右声道跨导放大器的频带宽度,利用放大器频带宽度的自动

变换实现降低噪声。

(4) 动态降噪的基本理论是：动态降噪利用了噪声与放大器的频带宽度成正比的特性和人耳的掩蔽效应。当输入的音频信号中高频信号不够大时，副通道电路输出的控制电流将跨导放大器的频带变窄(高频段下跌)，这样放大器对输入信号的影响不大(因为输入信号本身的高频成分不多)，由于放大器的高频段下跌之后，使放大器的高频段噪声大幅度减小，达到降噪低噪声的目的。

当输入信号中的高频段信号比较大时，副通道电路输出的控制电流使跨导放大器的频带变宽，这样高频信号能够通过跨导放大器。由于此时高频段信号比较大，信噪比较高，根据人耳的掩蔽效应，此时听不到噪声。

(5) 副通道电路的作用是通过检测音频信号中的高频段信号成分多少，来控制左、右声道主通道中的跨导放大器频带宽度。

2. 动态降噪集成电路 LM1894

在一些音响设备中采用了动态降噪电路，图 4-49 是动态降噪集成电路 LM1894 的具体应用电路。

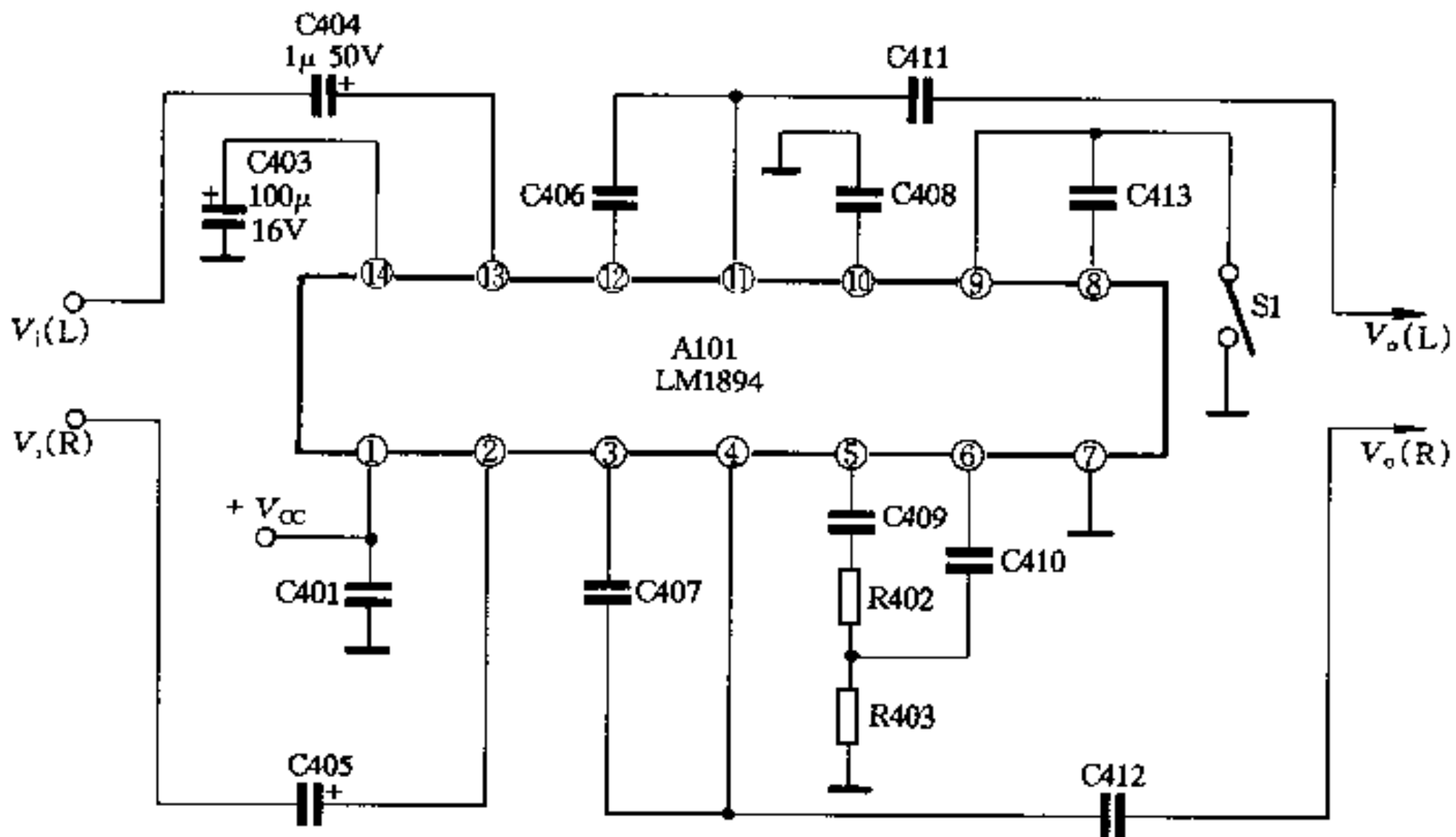


图 4-49 动态降噪集成电路 LM1894

(1) 集成电路 LM1894 内电路方框图

图 4-50 是集成电路 LM1894 的内电路方框图，从这一方框图中可以看出，这一集成电路是一个双声道电路，上面一排是左、右声道的主通道电路，下面一排是左、右声道的副通道电路。

(2) 引脚作用

集成电路 LM1894 共 14 根引脚，采用双列直插，各引脚作用如表 4-13 所示。

(3) 电路工作原理和引脚外电路分析

借助于集成电路 LM1894 内电路方框图很容易进行电路分析，对这一电路工作原理主要说明下列几点。

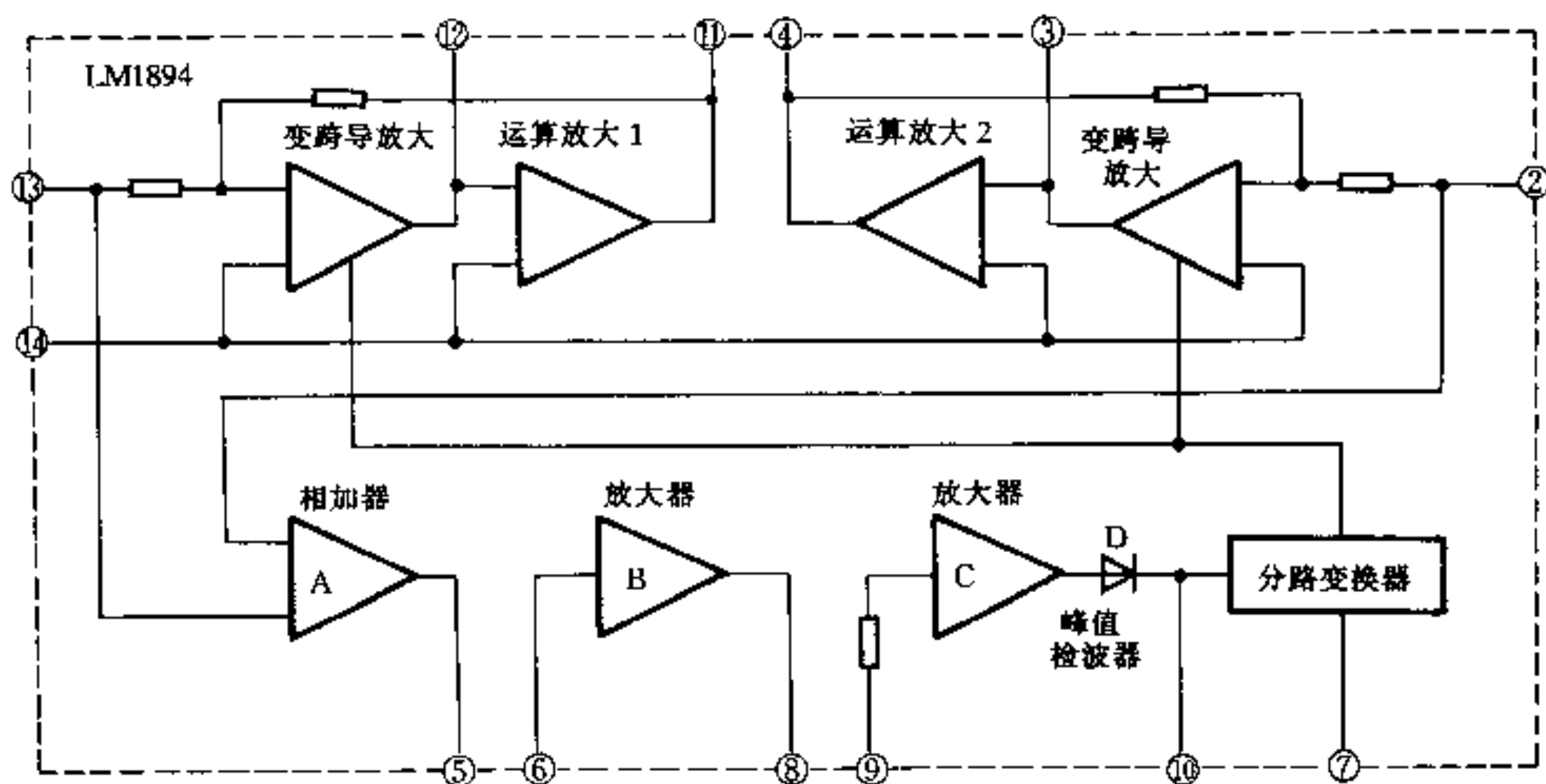


图 4-50 动态降噪集成电路 LM1894 内电路方框图

表 4-13 集成电路 LM1894 引脚作用

引脚号	作用
①	电源引脚
②	左声道跨导放大器信号输入引脚
③	左声道跨导放大器信号输出引脚
④	左声道主通道信号输出引脚
⑤	左、右声道混合放大器信号输出引脚
⑥	副通道高通放大器信号输入引脚
⑦	接地引脚
⑧	副通道高通放大器信号输出引脚
⑨	峰值检波器信号输入引脚
⑩	峰值检波器输出引脚，外接检波电容
⑪	右声道主通道信号输出引脚
⑫	右声道跨导放大器信号输出引脚
⑬	右声道跨导放大器信号输入引脚
⑭	退耦引脚，外接退耦电容

a. 左声道输入信号 $V_i(L)$ 经输入端耦合电容 C404 从⑬脚同时加到左声道的变跨导放大器输入端和混合放大器输入端。

b. 加到变跨导放大器中的信号作为主通道信号，经过左声道的变跨导放大器放大后，在内电路中直接加到左声道的运算放大器电路中，经放大后从⑪脚输出，这是经过降噪电路处理后的左声道音频输出信号，这一信号经 C411 耦合加到后面电路中。

c. 右声道输入信号 $V_i(R)$ 经输入端耦合电容 C405 从集成电路 A101 的②脚同时加到左声道的变跨导放大器输入端和混合放大器的另一个输入端。其中，加到变跨导放大器中的信

号作为主通道信号，经过右声道的变跨导放大器放大后，在内电路中直接加到右声道的运算放大器电路中，经放大后从④脚输出，这是经过降噪电路处理后的右声道音频输出信号，这一信号经 C412 耦合加到后面的音频功率放大器中。

d. 左、右声道信号加到混合放大器中后，经混合后(相加)从⑤脚输出，经 C409、R402 和 C410 从⑥脚再加到集成电路 A101 内电路中。

e. 在集成电路 A101 的⑤脚和⑥脚电路之间接高通滤波电路，由于 C409 和 C410 的容量较小，C409、R402 和 R403 构成第一节高通滤波电路，C410 和⑥脚内电路中的放大器 B 的输入阻抗构成第二节高通滤波电路，这样从⑧脚输出的信号是左、右声道音频信号中的高频段信号。

f. 这一高频段信号经耦合电容 C413 从⑧脚输入到内电路的峰值检波器电路中(此时降噪开关 S1 应在图示断开状态)，峰值检波器所需要的检波电容通过⑩脚接入电路，即 C408 是峰值检波电容。

g. 检波后的直流控制电压在内电路中变换后直接去控制左、右声道的变跨导放大器的频带宽度，实现动态降噪目的。

h. 电路中，C403 是滤波电容，C406 和 C407 分别是左、右声道运算放大器的高频负反馈消振电容。

i. 开关 S1 是用来控制动态降噪电路工作状态的，当 S1 处于断开状态时，LM1894 进入降噪工作状态。当 S1 处于接通状态时，S1 将⑨脚与地端之间短接，使峰值检波器电路输入端没有高频段信号输入，这时左、右声道的变跨导放大器频带处于最宽状态，没有降噪作用。

j. 这种降噪电路还具有静噪作用，即当没有信号加到 LM1894 输入端时，由于也没有高频段信号，这时左、右声道变跨导放大器的频带很狭，有效地抑制了电路噪声，起到静噪作用。

八、动态降噪集成电路 LM1894 故障检修程序

这种动态降噪集成电路主要会出现下列三种故障。

- (1) 无声。
- (2) 声音轻。
- (3) 不能降噪。

1. 无声故障

(1) 确定无声故障是否是由降噪电路引起的方法是，分别干扰左、右声道的输入、输出引脚，若干扰输出引脚扬声器中有正常的响声，而干扰输入引脚时无声，说明故障出在降噪电路中的声道中，否则与这一降噪电路无关。

(2) 当左、右声道同时出现无声故障时，主要测量集成电路 A101 的电源引脚①脚上是否有正常的直流工作电压，以及⑭脚上的直流工作电压是否正常。

(3) 当只有一个声道出现无声时，主要检查信号输入引脚和信号输出引脚的耦合电容器是否开路，另外测量集成电路 A101 的①、⑫、⑬脚直流电压是否正常(另一个声道是测量

②、③、④脚)。

2. 声音轻故障

(1) 确定声音轻故障是否是由降噪电路引起的方法同确定无声故障方法一样。

(2) 当左、右声道声音均轻时，主要测量集成电路 A101 的电源引脚①脚直流电压是否偏低，或⑭脚直流电压是否正常。当只有一个声道存在声音轻故障时，主要检查 C406 或 C407 是否漏电。

3. 不降噪故障

(1) 检查和测量 S1 开关是否在接通状态，或在断开时两触点间的断开阻值很小。

(2) 检查集成电路 A101 的⑩脚上的检波电容 C408 是否击穿或严重漏电。

(3) 检查集成电路 A101 的⑤脚和⑥脚之间的 C409、C42、C410 是否开路，检查⑧脚与⑨脚之间的电容 C413 是否开路。

九、选曲集成电路 D7341P 工作原理

选曲功能是卡座中必备的功能之一。卡座中选曲功能按自动化程度的不同，主要有列三种。

- (1) 手动选曲，即选听和复听功能，这是最简单的选曲功能。
- (2) 自动选曲功能。
- (3) 电脑选曲功能。

图 4-51 是采用自动选曲集成电路 D7341P 构成的自动选曲电路。

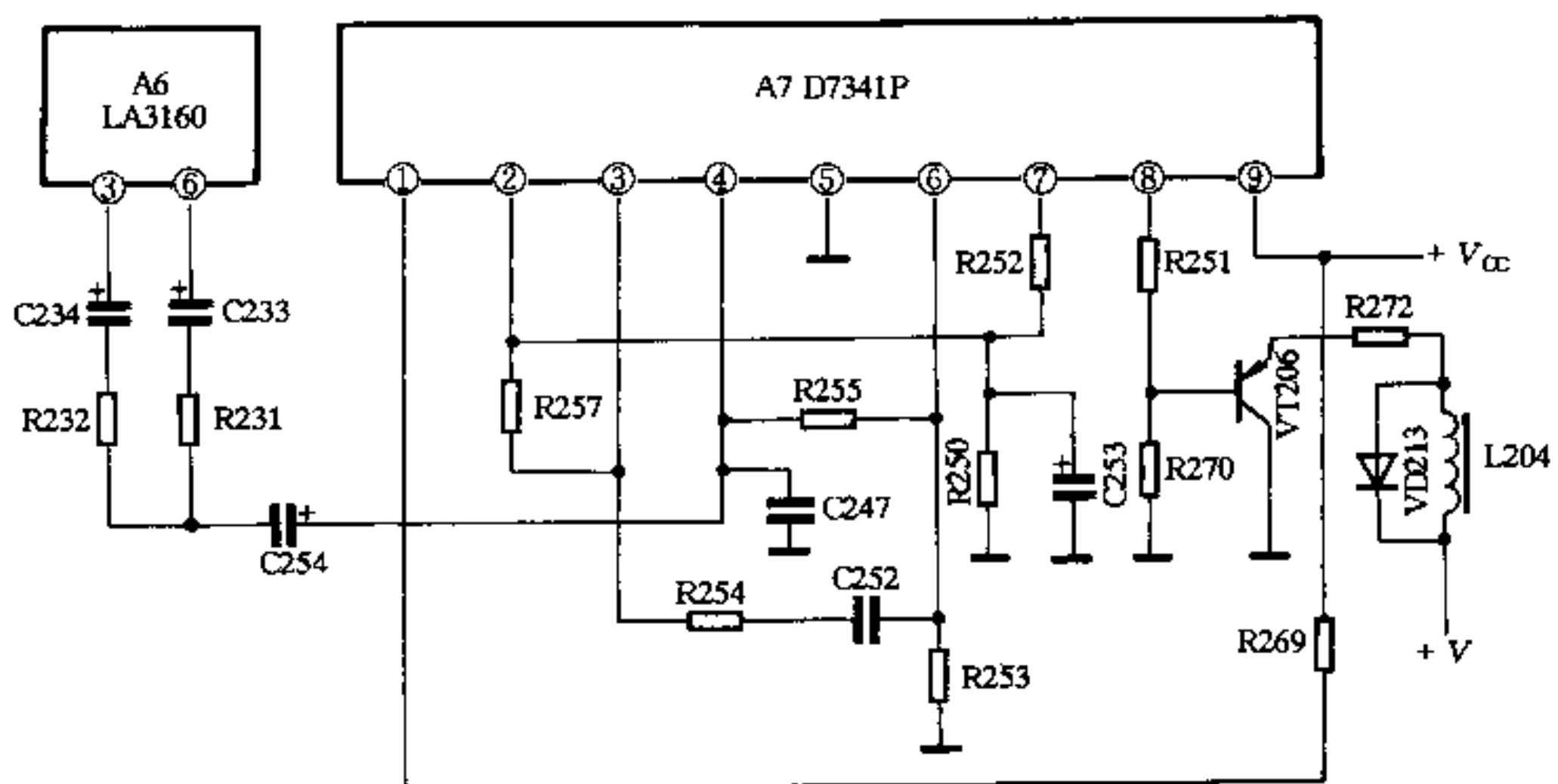


图 4-51 自动选曲集成电路 D7341P

1. 内电路方框图

图4-52是集成电路D7341P的内电路方框图。从图中可以看出，内电路设有混合放大、

限幅放大、比较器、推动级等电路。

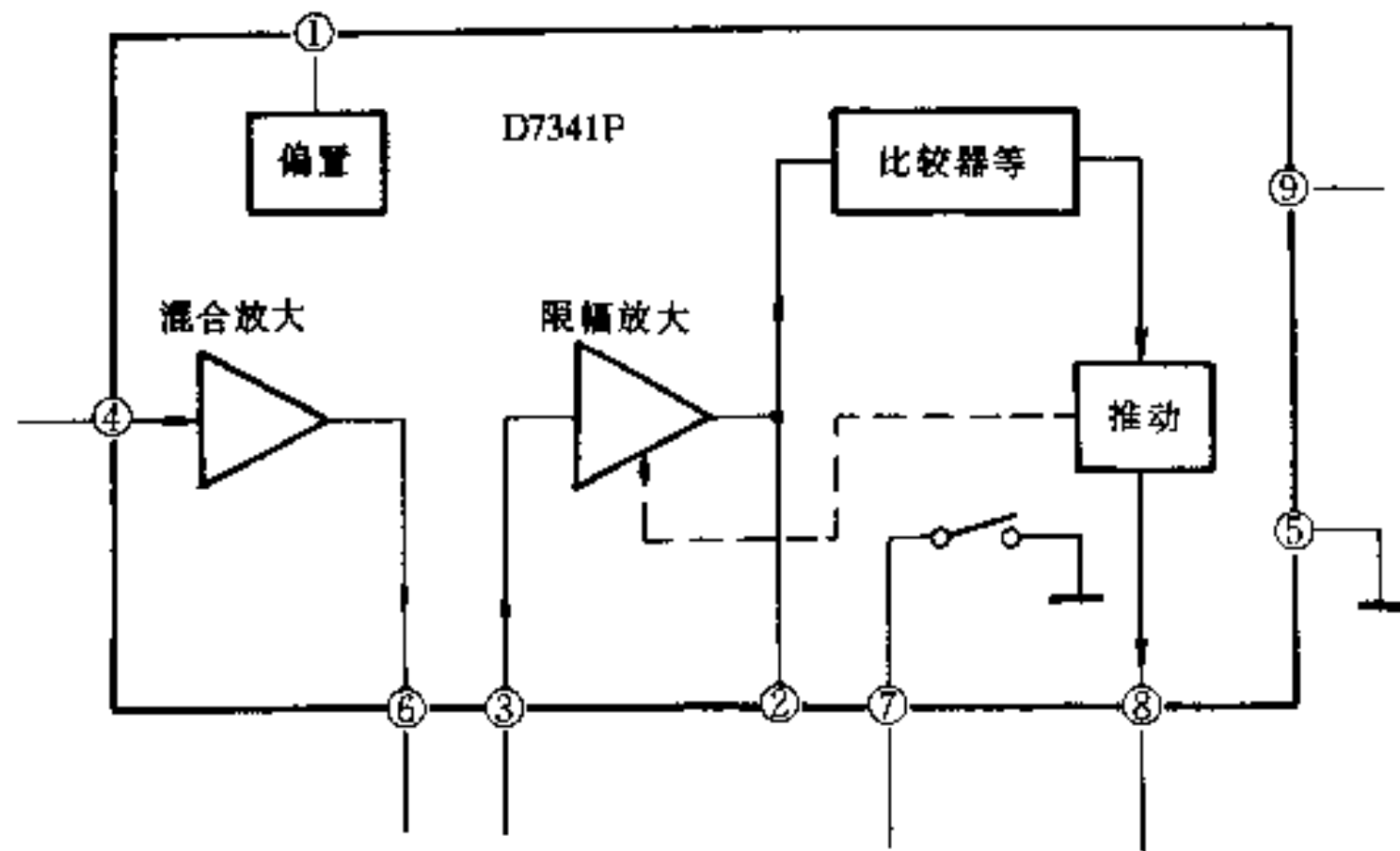


图 4-52 自动选曲集成电路 D7341P 内电路方框图

2. 引脚作用

自动选曲集成电路 D7341P 共 9 根引脚，各引脚作用如表 4-14 所示。

表 4-14 集成电路 D7341P 引脚作用

引脚号	作用
①	直流偏置电压输入引脚
②	时间常数引脚，外接时间常数元件
③	限幅放大器信号输入引脚
④	左、右声道混合放大器信号输入引脚
⑤	接地引脚
⑥	混合放大器信号输出引脚
⑦	驱动脉冲宽度调整引脚
⑧	选曲中止信号输出引脚
⑨	电源引脚

3. 电路工作原理和引脚外电路分析

(1) 来自集成电路 A6 (LA3160) ③、⑥脚输出的左、右声道选曲信号分别经 C234 和 R232、C233 和 R231 合并，通过 C254 耦合到集成电路 A7 的混合放大器输入引脚④脚。经混合放大器放大后从⑥脚输出，由耦合电路 C252 和 R254 加到限幅放大器输入引脚③脚。经限幅放大器放大后从②脚输出，其输出信号一路在内电路中加到比较器等电路中，获得选曲中止控制信号，经推动电路从⑧脚输出。当选曲搜索到空白段磁带时，⑧脚输出一个宽度约为 20ms 的正脉冲(驱动脉冲的宽度是可以调整的)。

(2) 选曲状态下，直流电压 +V 经吸铁线圈 L204、电阻 R272 加到 VT206 管发射极，由

于搜索时集成电路 A7 的⑧脚为低电位，这样 R270 为 VT206 提供偏置电流，VT206 处于导通状态，吸铁线圈中有电流流过，使机芯上的连锁装置将快进或快倒键锁定，机器工作在选曲搜索状态。

(3) 选曲中止时，集成电路 A7 的⑧脚输出一个正脉冲，这一正脉冲经 R251 加到 VT206 基极，使 VT206 截止，吸铁线圈 I204 断电，吸铁动作，释放快进或快倒键，中止了选曲，机器进入放音状态，完成自动选曲。在快进或快倒键断开后。通过选曲开关等开关件将 +V 切断。

(4) 电路中，集成电路 A7 的②脚与地之间接有 R250、C253，它们决定 RC 时间常数，用来作为无曲时间检出电路。

集成电路 A7 的⑦脚上电阻 R252 是⑧脚输出脉冲宽度调整电阻，R252 的阻值愈大，脉冲愈宽，反之则愈小。

集成电路 A7 的②脚与③脚的 R257 为负反馈电阻，④脚和⑥脚之间的 R255 也是负反馈电阻，它们的阻值大小对混合放大器、限幅放大器的放大倍数有影响，负反馈电阻的阻值愈大，负反馈量愈小，放大倍数愈大。

R269 是降压电阻，当集成电路 D7341P 的⑨脚 +V_{CC} 小于 6V 时，可不用这一电阻，而将①脚和⑨脚直接相通。

十、选曲电路故障检修程序

自动选曲电路的主要故障是不能进入选曲状态和选曲不能中止。选曲故障不仅与选曲电路有关，还与机芯上的有关装置、机构有关。

1. 不能选曲故障

这一故障是指放音时刚按下快进或快倒键，快进或快倒键便释放，使得选曲不能正常进行。

(1) 检查方法

对于由吸铁锁定快进或快倒键的机芯，此时主要检查吸铁线圈是否有工作电流及吸铁吸合情况，可人为地给吸铁线圈加一个直流工作电压。吸铁工作正常后，对于选曲搜索时应输出高电平的集成电路，用电压检查法检查输出引脚上是否有高电平输出，如若没有可检查输入端是否有选曲信号输入(可人为加入音乐信号来试验)。然后，检查集成电路各引脚电压及外围电路中的元器件。

(2) 故障原因及处理措施

- a. 吸铁线圈开路，整修或更换。
- b. 吸铁吸合故障，修整处理。
- c. 吸铁线圈电路推动管开路，更换处理。
- d. 无选曲信号输入，检查输入回路中元器件是否开路。
- e. 集成电路损坏，更换新件。
- f. RC 时间常数电路中电容开路，更换电容。
- g. 选曲开关接触不良，清洗开关。

2. 选曲不能中止故障

这一故障表现为进入选曲状态后，选曲搜索一直持续到磁带走完，或磁带走完后仍不能中止选曲。

(1) 检查方法

对于选曲中止时吸铁线圈才有电流的机器，人为给吸铁线圈电路推动管加一个直流驱动电压，如若仍不能中止选曲，可检查推动管、线圈是否开路或吸铁不能吸合。对选曲中止时吸铁线圈才断电的机器，检查吸铁线圈电路推动管是否击穿，另外检查 RC 时间常数电路中的电阻是否开路。

(2) 故障原因及处理措施

- a. 吸铁吸合有故障，修整处理。
- b. 吸铁线圈开路，更换处理。
- c. 吸铁推动管开路或击穿，更换处理。
- d. RC 时间常数电路中的电阻开路，更换处理。
- e. 集成电路或某元器件开路，更换处理。
- f. 选曲开关接触不良，清洗开关。

其他类型集成电路工作原理 详解及电路故障分析

第一节 电视集成电路工作原理详解及电路故障分析

本节以 D(TA)型三片机为例,介绍电视类集成电路的工作原理及电路故障分析。这三块集成电路是公共通道集成电路 D7611AP(或 TA7611AP)、伴音集成电路 D7176AP 和扫描集成电路 D7609AP。

一、公共通道集成电路 D7611AP 工作原理

在 D(TA)型三片机机型中,图像信号处理电路采用集成电路 D7611AP 或采用 D7607AP,这两种型号图像信号处理集成电路的性能是一样的,不同之处在于高放 AGC 电路,其中 D7611AP 是正向 AGC,而 D7607AP 是反向 AGC。目前在黑白电视机中大量采用的是 D7611AP,即用正向 AGC 特性的电路。D7607AP 与 TA7607AP 是一样的,它们之间可以互换使用。图 5-1 是采用集成电路 D7611AP 构成的公共通道电路。

1. 内电路方框图

图 5-2 是集成电路 D7611AP 的内电路方框图。由图中可以看出,这一集成电路内设图像信号处理所需的全部电路,有三级图像中放电路、AGC 电路、视频同步检波电路、图像信号限幅放大器电路、预视放电路和黑、白噪声抑制电路等,TA7611AP、D7607AP 和 TA7607AP 的内电路方框图与此是相同的。

内电路中各单元电路的作用分别说明如下。

(1) 中频放大电路

这里的中频放大电路要同时放大图像中频信号和第一伴音中频信号,由于是以图像中频信号放大为主,所以习惯上称之为图像中频放大电路。

中频放大器也同收音机中的中放电路一样,主要是用来放大中频信号,各频道的高频电

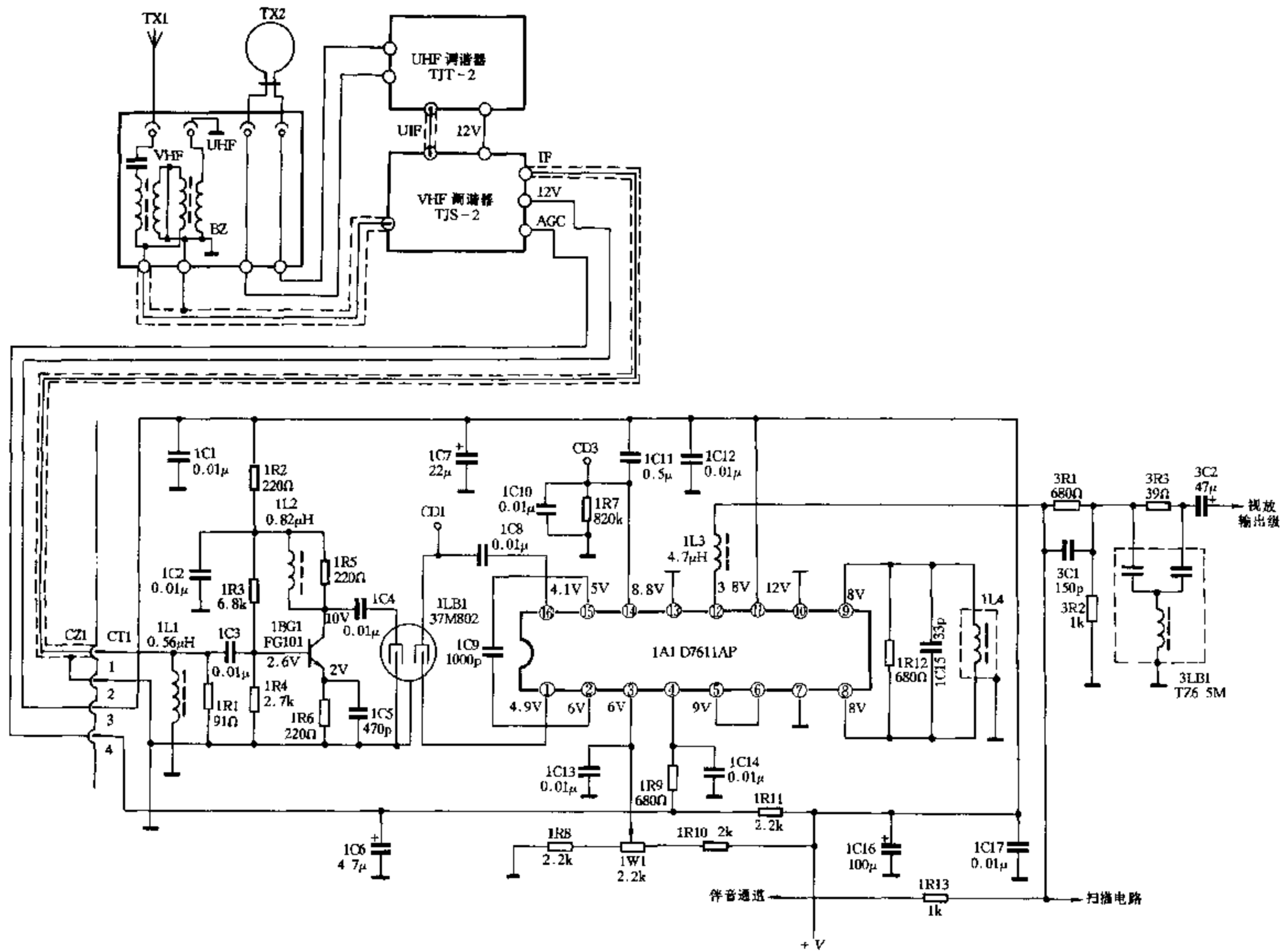


图 5-1 公共通道集成电路 D7611AP

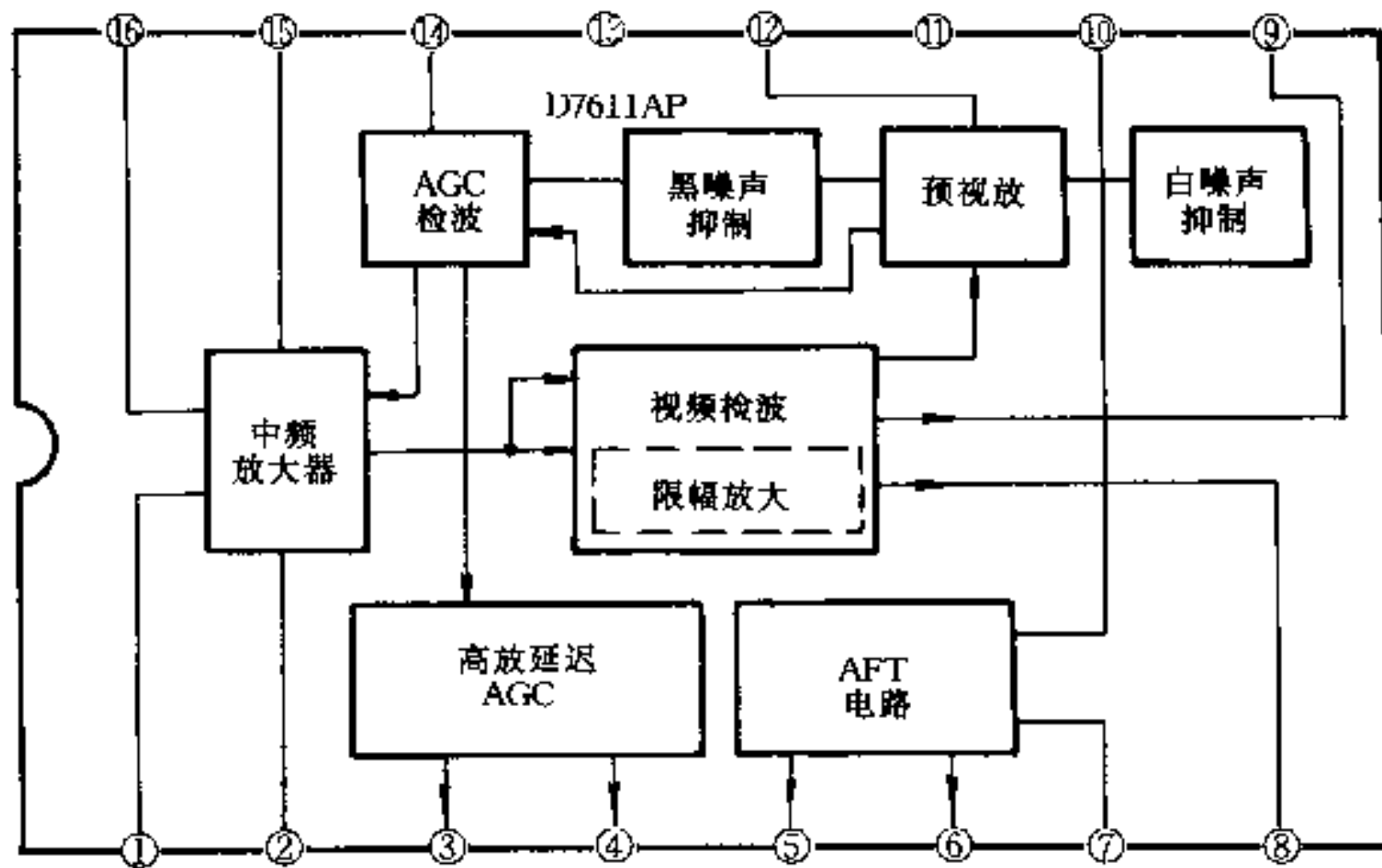


图 5-2 公共通道集成电路 D7611AP 内电路方框图

视信号都转换成中频信号在中频放大器中得到放大，但要记住这里的中放电路要同时放大图像和伴音两个中频信号，这一点与收音机中是不同的。另外，图像中频频率为 38MHz，伴音中频频率为 31.5MHz，所以中频放大器的频带比较宽。

(2) 视频同步检波器

视频同步检波器的作用有两个：一是从调幅的图像中频信号中解调出全电视信号，这同调幅收音机中的检波级工作原理是一样的；二是完成伴音信号的第二次变频，利用检波器的非线性作用，使图像中频信号与第一伴音中频信号产生差拍获得第二伴音中频信号，由于各频道的第一伴音中频信号频率都是比图像中频信号的频率高出 6.5MHz，这样差拍的结果都有一个 6.5MHz 中频信号，这是第二伴音中频信号。

(3) 预视放

从视频检波器输出两个信号：一是全电视信号，二是第二伴音中频信号，这两个信号要加到预视放级中进行放大。预视放级对修理来讲是一个重要的分界点，从这一级输出的两个信号要分成四路：一路是第二伴音中频信号加到伴音通道中；二是全电视信号要加到视放级电路中；三是全电视信号要加到扫描电路中；四是全电视信号要加到 AGC 电路中。

修理中，通过看光栅、图像和听伴音，可以将电路的故障范围确定在预视放级以前的电路中，还是在以后的电路中。这是因为预视放级及以前的电路是图像和伴音信号共用的电路，当这部分电路出故障后通常表现为图像和伴音均不正常（一些软故障是例外的）。同理，如若图像或伴音有一个是正常的，便基本可以说明预视级和以前的电路工作是正常的，这样可将故障范围大大缩小。

(4) ANC 电路

ANC 电路是自动消噪电路，又称抗干扰电路。它的作用是消除混入全电视信号中的大幅度干扰脉冲，以避免 AGC 电路和同步分离电路的工作受其影响，可提高图像的稳定性。在这一电路中，处理的对象是全电视信号，将夹在全电视信号中的大幅度窄脉冲去除，而对其他一些干扰成分则无能为力。

(5) AGC 电路

AGC 电路是自动增益控制电路，它由中放 AGC 电路和高放 AGC 电路两部分组成，其作用是根据高频电视信号的强弱自动控制中频放大器和高频放大器的增益，使到达检波级的信号电平大小变化范围不大。AGC 电路输入端输入的是全电视信号，通过电路的处理获得直流的 AGC 控制电压，首先去控制中频放大器的增益，如全电视信号再大时再去控制高频放大器的增益。AGC 电路一旦出故障是很难处理的，往往表现为软性故障。

2. 引脚作用

集成电路 D7611AP 的各引脚作用如表 5-1 所示。

表 5-1 集成电路 D7611AP 引脚作用

引 脚 号	作 用
①	中频图像信号输入引脚
②	中频图像信号滤波引脚
③	高放 AGC 延迟调整引脚
④	高放 AGC 电压输出引脚，输出正向 AGC 电压
⑤	AFT 电压输出引脚
⑥	AFT 电压输出引脚
⑦	AFT 电压移相电路引脚
⑧	38MHz 调谐电路引脚
⑨	38MHz 调谐电路引脚
⑩	AFT 移相电路引脚
⑪	电源引脚，正极性，+12V
⑫	全电视信号和伴音中频信号输出引脚
⑬	接地引脚
⑭	AGC 时间常数电路引脚
⑮	图像中频信号滤波引脚
⑯	图像中频信号输入引脚

3. 高频头电路及中放输入电路

图 5-1 所示电路中，TJS 和 TJT 分别是 VHF 和 UHF 高频头，TX1 和 TX2 分别是 VHF 和 UHF 天线，BZ 是阻抗匹配器。线路板与 VHF 高频头之间通过引线接插件相连，其中接插的①脚是中频信号输出引脚，②脚是地线引脚，③脚是 +12V 电源引脚(为高频头提供直流工作电压)，④脚是高放 AGC 电压输入引脚。

在中频放大器输入回路中接有阻抗匹配电阻 $1R1$ 、 $1L1$ 与分布电容构成的一个低 Q 值的 LC 并联谐振电路，作为中频带通滤波器。

4. 声表面波滤波器及前置放大器

在集成电路电视机中，为了获得所需要的中频特性，往往采用声表面波滤波器，声表面

波滤波器对信号存在插入损耗(15dB左右),为了弥补这一不足,可以设一级前置放大器电路,即VT1所在电路。

5. 中频放大器

在集成电路 D7611AP 的内电路中设有三级图像中频放大电路,图 5-3 是一中放电路,其他两级中放电路与此是一样的。电路中,VT1~VT5 管构成一中放电路,VT6 和 VT7 是二中放管。

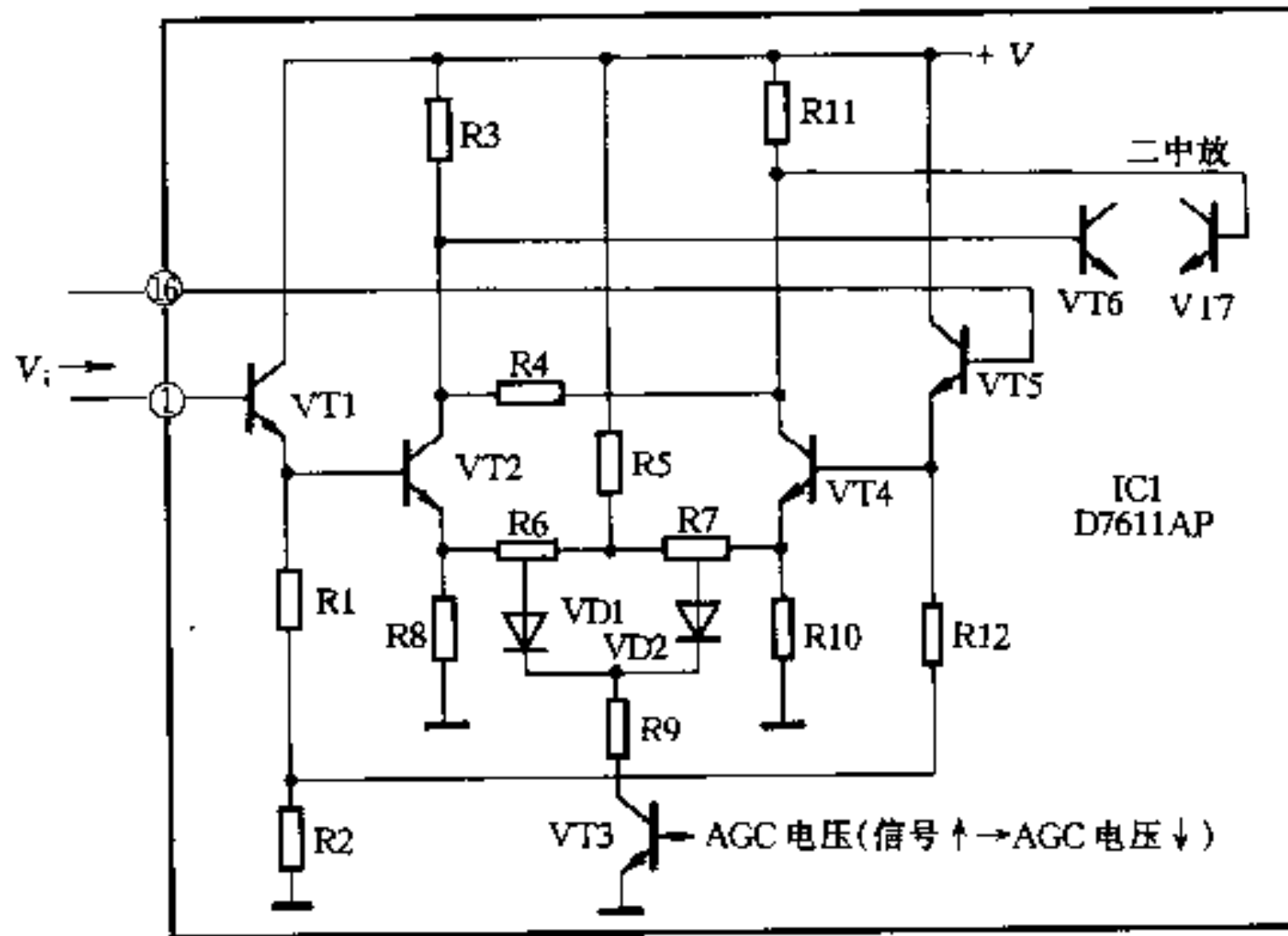


图 5-3 集成电路 D7611AP 内电路-中放电路

从集成电路①脚和⑯脚输入的中频信号加到 VT1 和 VT5 管基极,放大后信号从发射极输出(为射极输出器),加到 VT2 和 VT4 管基极,放大后的信号从两管集电极输出,加到二中放管 VT6 和 VT7 基极。VT1 和 VT5、VT2 和 VT4 管都是构成的双端输入、双端输出式差分放大器电路。

VT3 管是恒流源,并实现对中放电路的增益控制(中放 AGC),其工作过程是:在 VT3 管基极加有 AGC 电压,当信号大时,此 AGC 电压小。当 VT3 管基极上的 AGC 电压比较大时,流过 VT3 管的工作电流比较大,流过 VD1 和 VD2 的电流比较大,其正向内阻比较小,使中放管 VT2 和 VT4 管的负反馈量较小,一中放增益比较大。当 VT3 管基极上的 AGC 电压比较小时,流过 VD1 和 VD2 的电流比较小,其正向内阻较大,一中放的负反馈量大,其增益小,实现中放 AGC。

电路中,电阻 R4 的作用有两个:一是对直流而言,当 VT2 和 VT4 管不平衡时,两管的集电极直流电压是不相等的,此时有电流流过电阻 R4,使两管的直流电流平衡。

二是对交流信号而言,当 VT2 和 VT4 管的直流平衡后,电阻 R4 中的一点与地是等电位的,设该点是 R2 阻值一半处,这样 R4 的一半阻值是接在 VT2 管集电极与地之间的, R4 的另一半阻值是接在 VT4 管集电极与地之间的,使 VT2 和 VT4 管的增益下降,这样 VT2 和 VT4 管的增益大小与电阻 R4 的阻值大小有关,这样可以提高在大批量生产中的中频放大器增益的一致性。

6. 视频检波器电路分析

集成电路 D7611AP 中的视频检波器采用视频同步检波电路，这一电路又称模拟乘法器，这是一种低电平线性检波电路，因具有许多优点而广泛应用。图 5-4 是这一电路的方框图，从图中可以看出，整个电路由图像中频限幅放大器、38MHz 选频电路、同步检波器和低通滤波预视放组成。

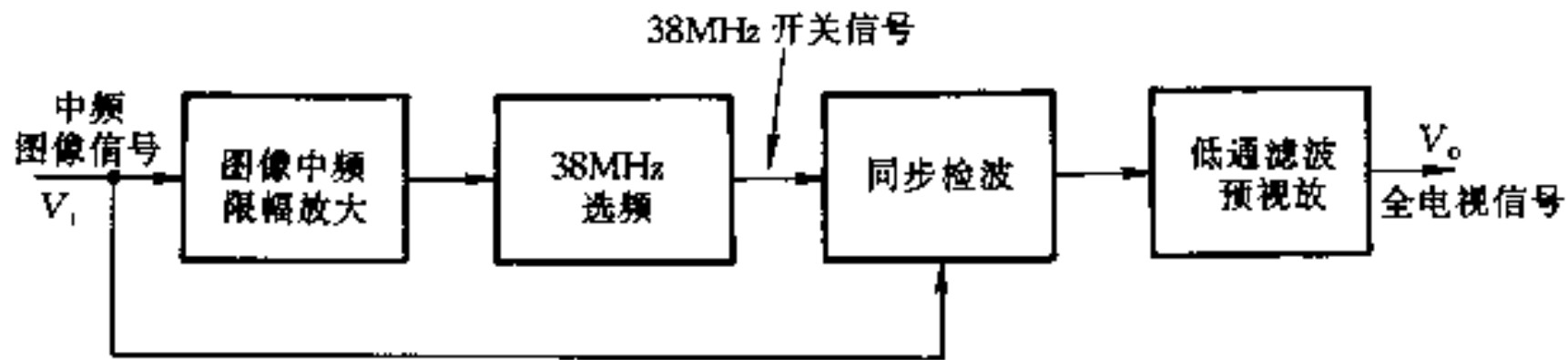


图 5-4 集成电路 D7611AP 内电路同步检波器电路方框图

中频图像信号分成两路：一路直接加到同步检波器电路中；另一路加到图像中频限幅放大器电路中。图像中频信号经过限幅放大和 38MHz 选频电路，取出了 38MHz 的图像中频载波信号，由于限幅放大的原因，这一信号已经是一个近似为矩形脉冲的信号，这一信号作为开关信号也加到同步检波器电路中，控制同步检波器电路从图像中频信号中取出全电视信号。

图 5-5 所示是集成电路 D7611AP 内电路中的图像中频信号限幅放大器电路。电路中，VT1 和 VT2 管构成分限幅放大器电路，R1 和 R2 是集电极负载电阻，VT3 管是恒流源管。

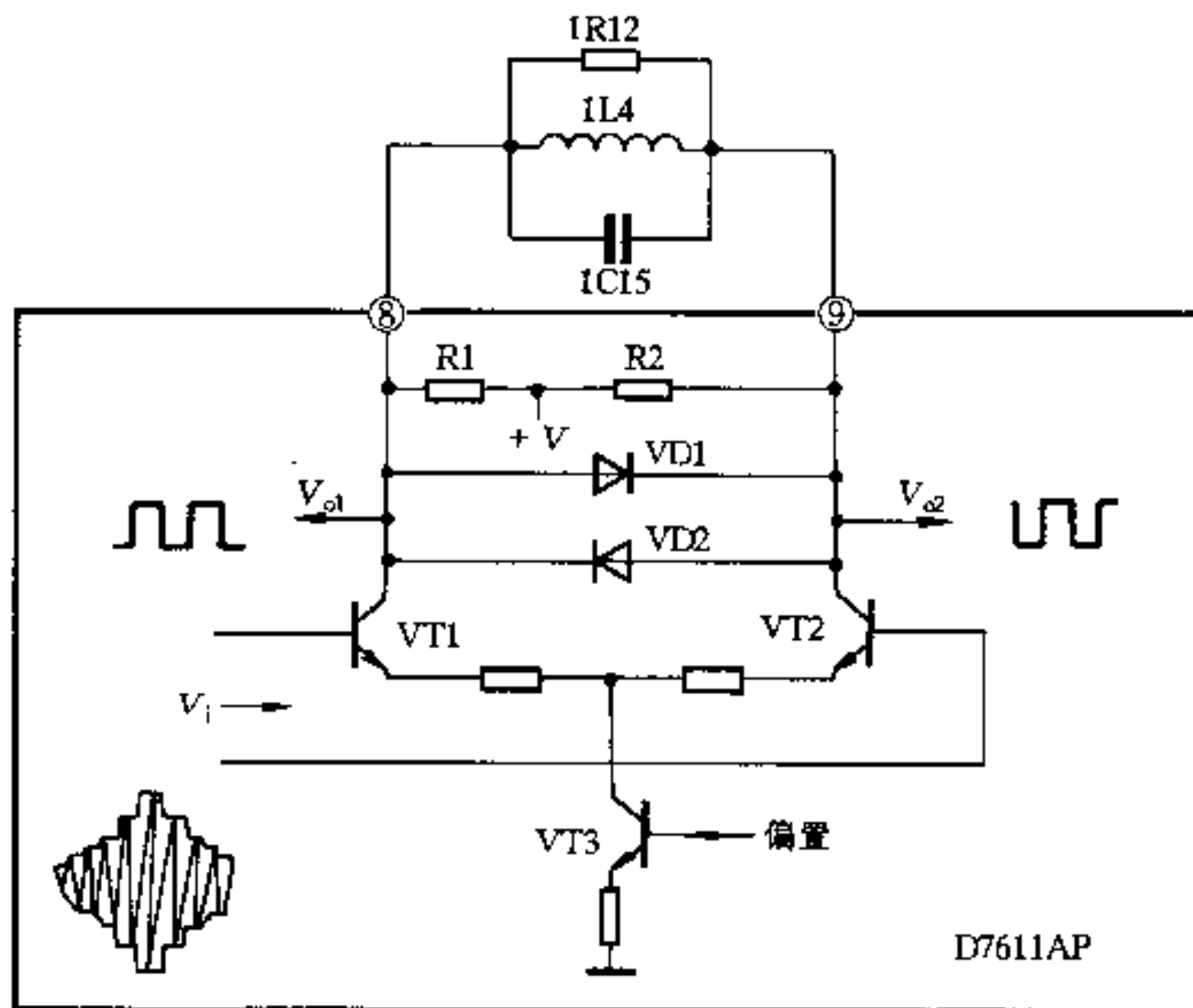


图 5-5 集成电路 D7611AP 内电路差分限幅电路

这一电路的工作原理是：通过集成电路⑧脚和⑨脚，给 VT1 和 VT2 管集电极之间接入由 1R12、1L4 和 1C15 构成的 38MHz 并联谐振选频电路，使 VT1 和 VT2 管只放大 38MHz 图像

中频载频信号。由差分电路的工作原理可知，由于输入信号 V_i 的幅度足够大，当输入信号 V_i 为正半周时，VT1 管饱和导通，VT2 管截止；当输入信号 V_i 为负半周时，VT1 管截止，VT2 管饱和导通，在 VT1 和 VT2 管集电极输出了大小相等、相位相反的 38MHz 近似矩形脉冲的信号。

图 5-6 是集成电路 D7611AP 内电路中的视频同步检波电路，这是一个双差分同步检波电路。这一电路中有两个输入信号 u_1 和 u_2 ，其中 u_1 是来自图像限幅放大器的 38MHz 信号，作为 VT3 ~ VT6 管的开关信号， u_2 是来自中放末级的图像中频信号，它加到 VT1 和 VT2 管的基极。注意，加到 VT3 和 VT5 管基极的开关信号，与加到 VT4 和 VT6 管基极的开关信号是大小相等、方向相反的。

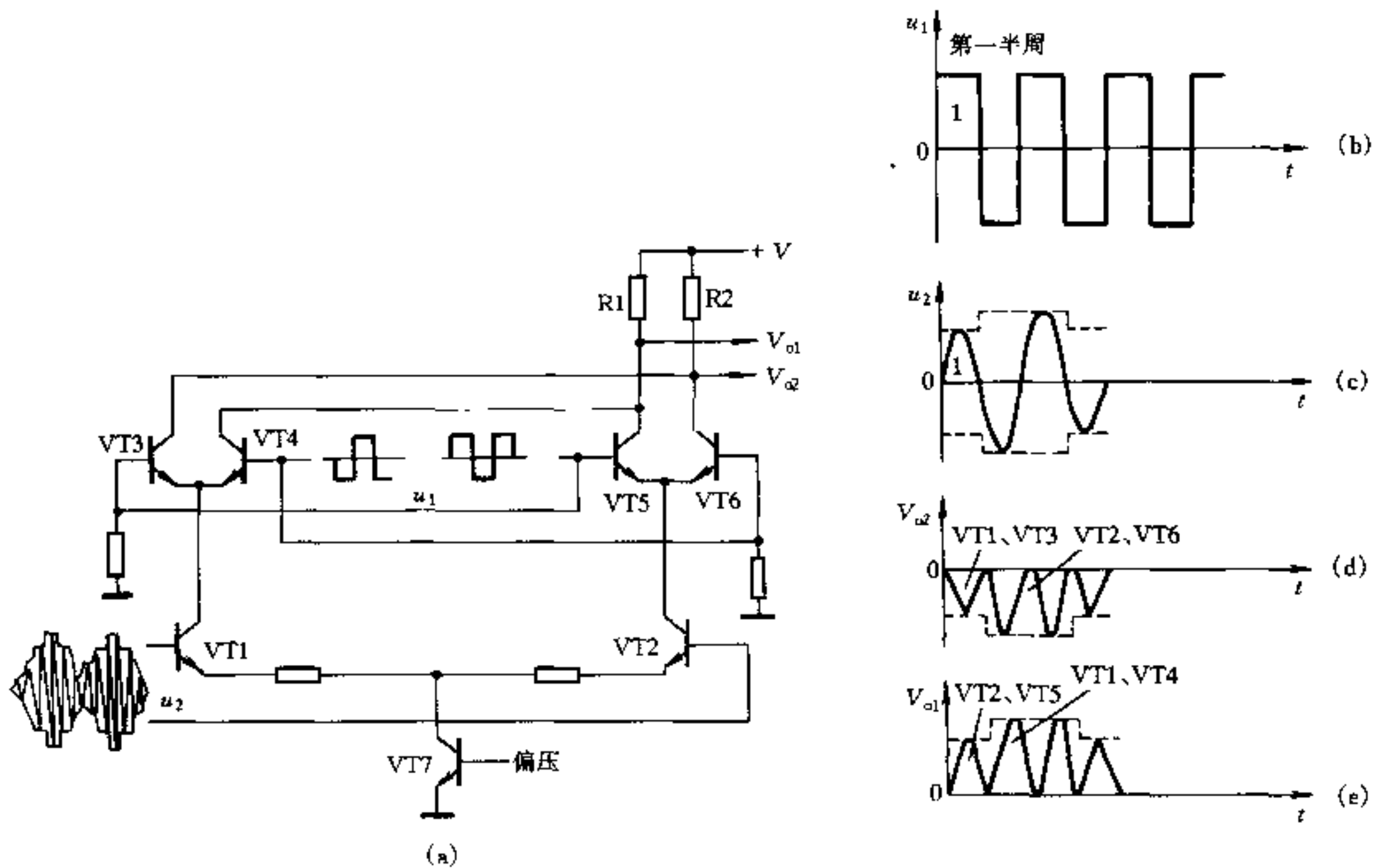


图 5-6 集成电路 D7611AP 内电路双差分视频同步检波器电路

由于 38MHz 的开关信号是从图像中频信号中取出的，所以当图像中频信号的正半周加到 VT1 管基极时，VT3 管基极上也有正极性的开关信号，这样 VT1 和 VT3 管同时导通，在负载电阻 R2 上获得输出信号 V_{o2} ，见 5-6 (d) 所示的波形。与此同时，VT2 管中的图像信号 (与 VT1 管中的信号相位是相反的) 经导通的 VT5 管，在集电极负载电阻 R1 上获得输出信号 V_{o1} ，见图 5-6 (e) 所示中的波形，这一信号的相位与 V_{o1} 相反。

当 38MHz 的开关信号变化到负半周时，开关信号使 VT1 和 VT5 管截止，而使 VT4 和 VT6 管饱和导通，此时图像中频信号也变化到负半周，VT1 管中的信号经导通的 VT4 管在电阻 R1 上获得输出信号，见图 5-6 (e) 所示中的波形，VT2 管中的信号经导通的 VT6 管在电阻 R2 上获得输出信号，见图 5-6 (d) 所示的波形。当图像中频信号和开关信号不断变化时，在 R1 和 R2 上获得相应的输出信号 V_{o1} 和 V_{o2} ，这是两个极性相反的全电视信号，完成视频检波的任务。

7. 中放和高放 AGC 电路分析

图 5-7 是集成电路 D7611AP 内电路中的中放和高放 AGC 电路。电路中，集成电路⑬脚输入的是 AGC 电压，它来自 AGC 检出电路，并已经过了倒相，所以当信号愈大时，⑬脚上的 AGC 电压愈小。

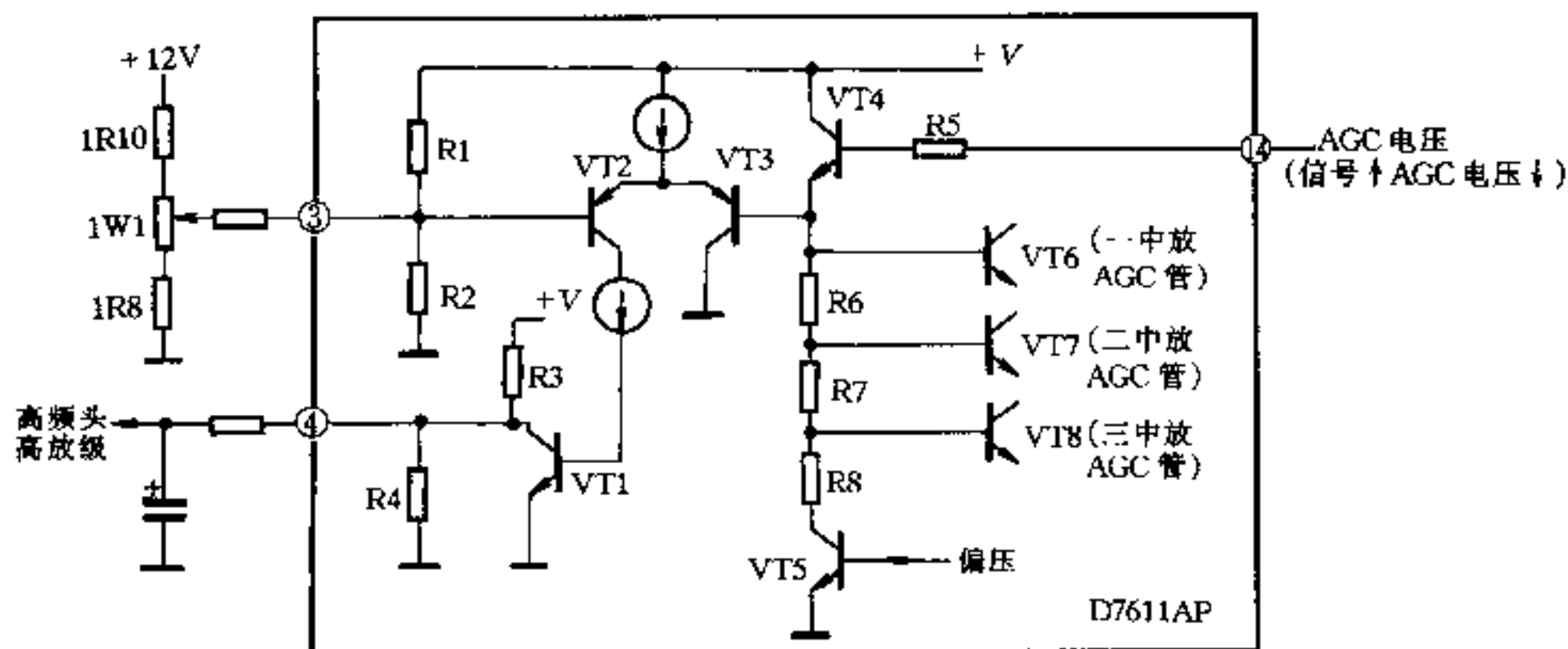


图 5-7 集成电路 D7611AP 内电路中放和高放 AGC 电路

这一电路的工作原理是：集成电路⑬脚上的 AGC 电压经 R5 加到 VT4 管基极，经电流放大后从其发射极输出。这一 AGC 电压经电阻 R6、R7 和 R8 的分压后，分别加到各中放管的 AGC 管基极上，其中三中放 AGC 管基极电压为最低。当 VT4 管发射极输出的 AGC 电压较低之后，VT7 管基极电压最低而首先使 VT7 管的工作电流减小，使三中放管的负反馈量增大，三中放增益下降。当 AGC 电压进一步下降后，二中放增益下降，最后是一中放增益下降，实现中放 AGC。

当高放 AGC 电路未动作时，因 VT3 管基极的 AGC 电压比较高，使 VT3 管处于截止状态，而 VT2 管导通，其集电极电流比较大，该电流流入 VT1 管基极，使 VT1 管集电极电压（④脚上的电压）比较低，高放管处于增益最大状态。当集成电路⑬脚上的 AGC 电压比较低时，使 VT3 管基极电压低，VT3 管由截止转为导通，由于 VT3 管导通，使 VT2 管的集电极电流减小，即 VT1 管的基极电流减小，其集电极电压升高（正向 AGC），使高放管的增益下降，实现高放 AGC。

8. 自动频率调谐(AFT)电路分析

在集成电路 D7611AP 的内电路中还有自动频率调谐电路，即 AFT 电路。这种电路的作用是产生一个与 38MHz 图像中频频率有关的直流电压，即 AFT 电压，这一电压要送到高频头的本机振荡器电路中，以修正本振的振荡频率，使图像中频稳定在 38MHz 上。图 5-8 所示是集成电路 D7611AP 内电路中 AFT 电路的组成方框图，用这一方框图可以说明 AFT 电路的工作原理。

由图中可见，这一电路主要由图像中频限幅放大器、移相电路、相位检波器和直流放大器组成。图像中频信号经限幅放大器放大，获得近似矩形脉冲的图像中频信号，这一信号一路加到移相电路中，另一路直接加到相位检波器电路中。在移相电路中，当中频信号的频率

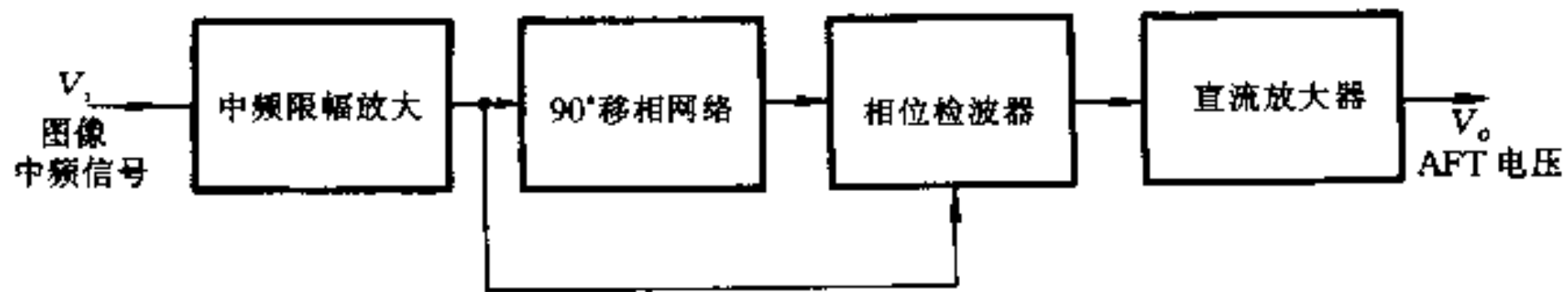


图 5-8 集成电路 D7611AP 内电路 AFT 电路方框图

不同时，中频信号的相移量也不相同，当中频信号的频率为 38MHz 时，对中频信号移相 90°，当中频信号的频率大于或小于 38MHz 时，对中频信号的相移量大于或小于 90°，通过移相电路，已将中频信号的频率变化转变成中频信号的相位变化。

输入相位检波器的信号有两个，当这两个信号的频率和相位不同时，相位检波器便有输出电压，且这一电压的大小和极性(是正还是负)与两信号的频率差和相位差有关。这样，通过相位检波器已将中频信号的频率变化转变成 AFT 电压的变化，用此电压加到高频头中的本振回路中，可以自动改变本振频率，使混频后的图像中频稳定在 38MHz 上。AFT 电路在黑白电视机中一般不用，主要用于彩色电视机中，所以图 5-1 所示电路中的集成电路 D7611AP 的⑦脚和⑩脚 AFT 移相电路引脚是接地的，这一电路中未用 AFT 电路。

9. 全通道信号处理分析

图 5-1 所示电路，从高频头输出的中频信号经 1C3 (耦合)→1VT1 基极→1VT1 集电极(前置放大)→1C4 (耦合)→1LB1 输入端→1LB1 输出端(中频滤波)→1C8 (耦合)→集成电路 A1 的①和⑩脚→集成电路内电路中的图像中放→视频检波→噪声抑制→集成电路 A1 的⑫脚(输出全电视信号和第二伴音中频信号)→1L3，信号在此处分成两路，一路加到同步分离级和伴音通道电路中，另一路经 3R1 和 3C1→3R3、3LB1 (6.5MHz 吸收)→3C2，加到视频输出级电路中。

电路中，1L4 的 1C15 构成 38MHz 的并联谐振电路，与集成电路 A1 的⑧脚和⑨脚内电路构成图像中频限幅放大器。1RP1 是高放 AGC 延迟调整电阻。1C9 接在集成电路 A1 的②脚和⑮脚之间，用来消除图像中频信号的负反馈(中频信号旁路)，使图像中频放大器只存在直流负反馈而没有交流负反馈。

二、公共通道电路故障分析

1. 故障范围确定方法

集成电路电视机电路故障范围确定方法为。

(1) 公共通道电路出问题只会影响图像和伴音，不会影响光栅。检查中，首先要确定故障是出在图像信号处理集成电路中，还是出在高频头中。

(2) 在利用干扰检查法缩小故障范围时，主要是干扰集成电路的信号输出引脚和信号输入引脚。当干扰信号输出引脚时有杂波和噪声，说明后级电路工作正常，再干扰集成电路输入引脚，若无杂波(或杂波小)、无噪声(或噪声小)，说明故障就出在这块集成电路中。

(3) 对于不同型号的图像信号处理集成电路, 具体干扰的引脚和方法有所不同。六片机公共通道集成电路有两块, 所以对每块集成电路进行检查, 根据集成电路的方框图可以确定信号输入引脚和信号输出引脚。

(4) 干扰声表面波滤波器的输入端是无效的, 因为它的插入损耗大, 加在输入端的干扰信号太小不能传输到输出端。当怀疑声表面波滤波器损坏时, 可以用一只 $0.01\mu\text{F}$ 小电容跨接在它的输入端与输出端之间, 若出现图像或伴音, 说明声表面波滤波器损坏, 否则故障与它无关。

(5) 缩小故障范围的主要方法是干扰检查法, 通过这种检查可以将故障范围缩小到某块集成电路或前置放大电路中, 有时还能直接发现故障部位。

2. 电路故障分析

这里以如图 5-1 所示电路为例, 进行电路故障分析。

(1) 当 1C3 开路时, 无中频信号加到后级电路, 出现无图像和无伴音故障, 1R3 开路也会出现上述故障。

(2) 当 1R5 开路时, 前置放大电路的频带变窄, 1VT1 前置放大级的电压增益变高, 图像的清晰度下降。

(3) 当 1LB1 损坏时, 可能造成无图像和无伴音故障, 也有可能出现灵敏度低的故障。

(4) 当 1C9 开路时, 图像中频信号存在深度负反馈, 造成中频放大器的增益降低, 有可能收不到台。

(5) 当 1R12 开路时, 图像限幅放大器的增益太大, 引起自激, 导致视频检波器不能正常工作, 出现无图像和无伴音故障。1C15 或 1L4 开路也会出现上述故障。

(6) 当 1L4 的调谐频率不准确时, 使 38MHz 的开关信号电压小, 检波器的检波效率低, 灵敏度低。同时, 由于调谐频率不准确而影响了公共通道的频率特性, 使 AGC 电路不能正常工作, 机器在接收弱信号时工作正常, 而在接收强信号时出现同步不良, 通道堵塞, 伴音中有蜂音现象。

(7) 1C6 击穿或严重漏电, 使高频头的 AGC 电压为 0V 或很低, 高放管不能正常工作, 出现无图像和无伴音故障。

(8) 1C7 击穿或严重漏电, 使集成电路 A1 和 高频头无直流工作电压, 造成无图像和无伴音故障。

三、伴音集成电路 D7176AP 工作原理

在 D (TA) 型三片机中, 伴音电路采用集成电路 D7176AP 或 TA7176AP 构成伴音中频放大器、鉴频器和电子音量控制器, 而音频功率放大器由分立元器件构成。图 5-9 是伴音集成电路 D7176AP 等元器件构成的电路。从图中可以看出, 音频功率放大器电路是由分立元器件构成, 其他电路均设置在伴音集成电路 D7176AP 的内电路中。

1. 内电路方框图

图 5-10 所示是集成电路 D7176AP (TA7176AP) 的内电路方框图。由图可见, 这一集成电

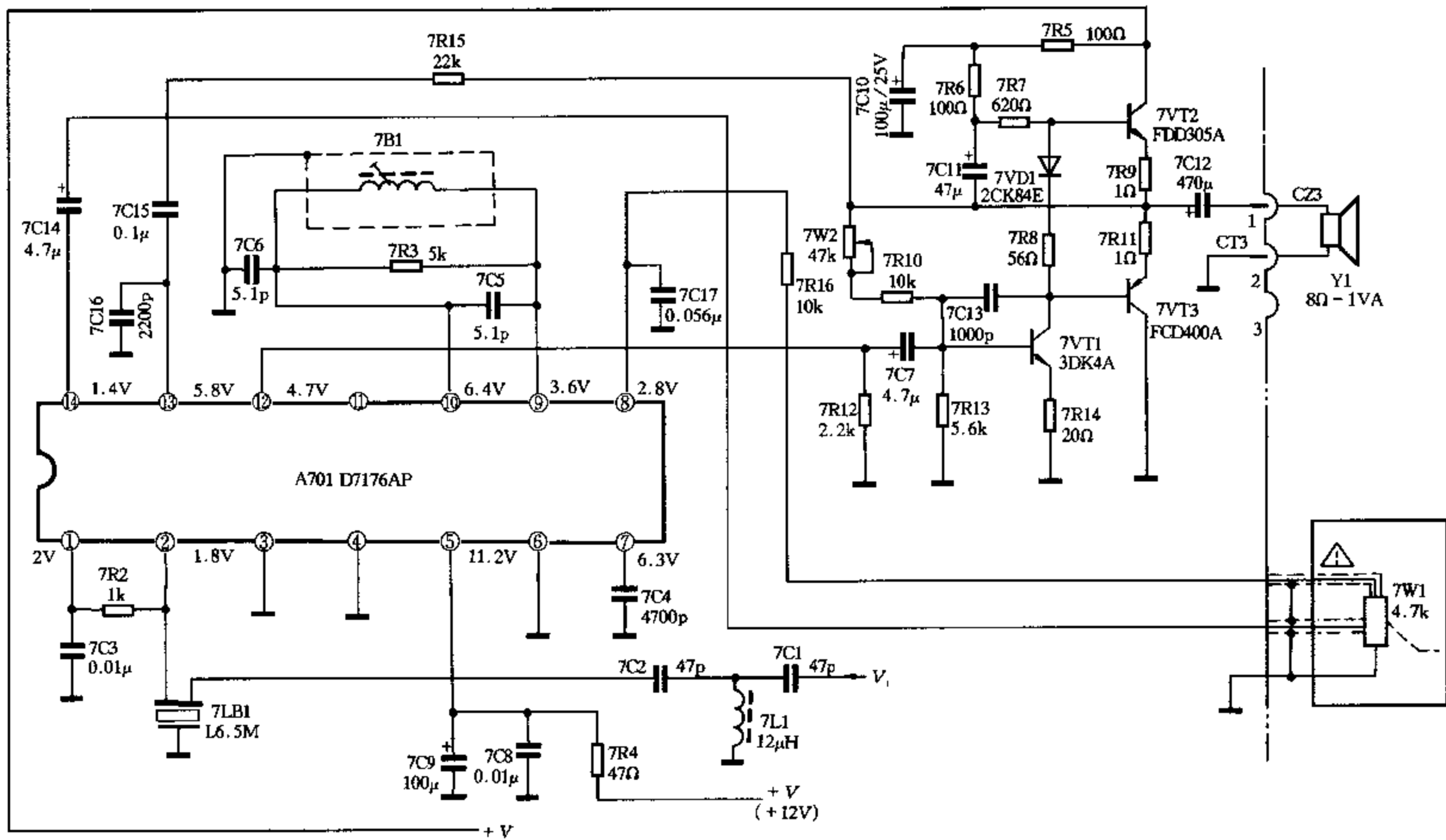


图 5-9 伴音集成电路 D7176AP

路内设有中频放大器、鉴频器、电子音量控制器、缓冲放大器、音频信号电压放大器和直流稳压电路等。集成电路 D7176AP 与 TA7176AP 之间可以互换使用。

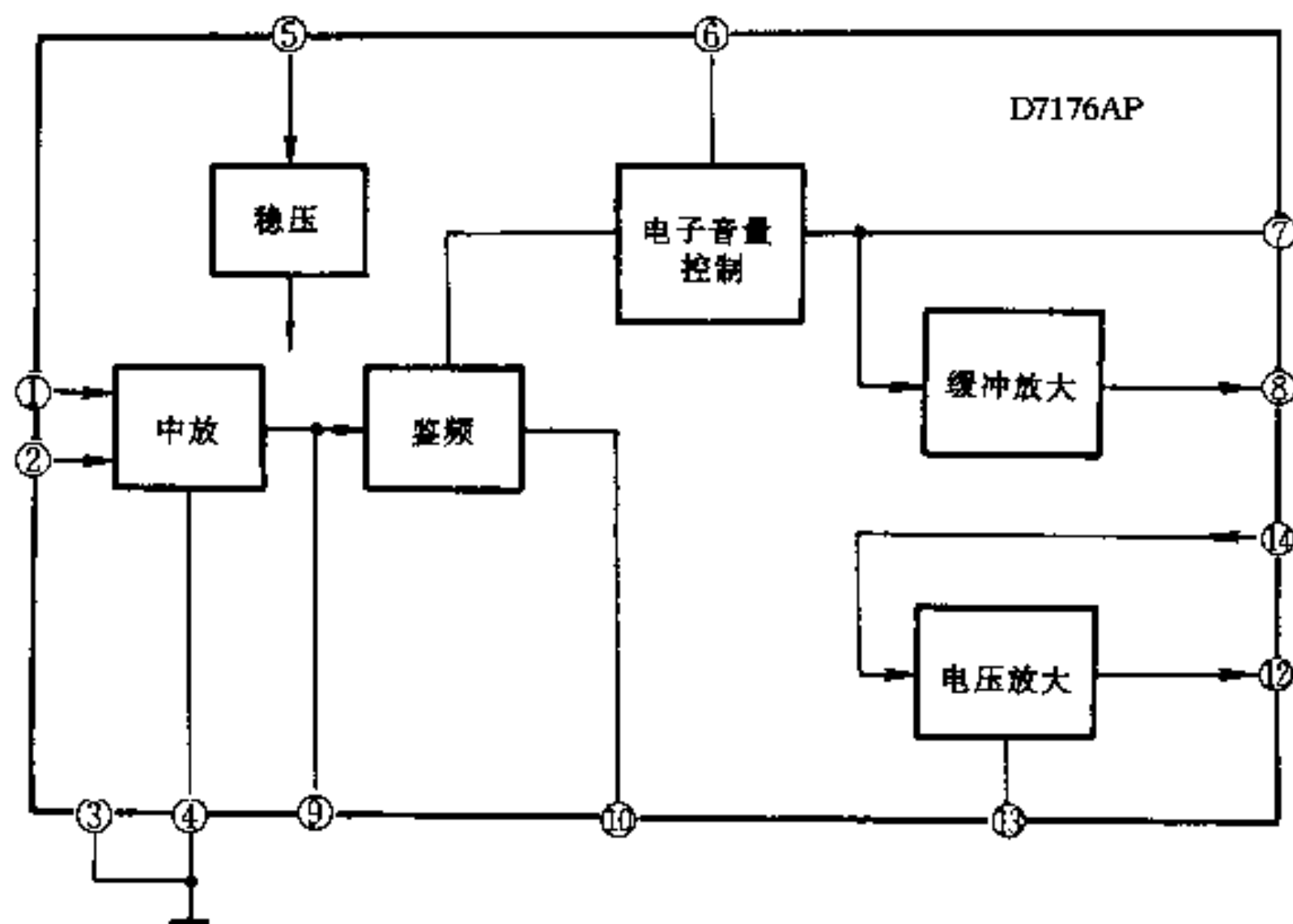


图 5-10 伴音集成电路 D7176AP 内电路方框图

2. 引脚作用

集成电路 D7176AP 共 14 根引脚，采用双列直插塑料封装，各引脚作用如表 5-2 所示。

表 5-2 集成电路 D7176AP (TA7176AP) 各引脚作用

引脚号	作用
①	伴音中频信号输入引脚
②	伴音中频信号输入引脚(交流接地)
③	接地引脚
④	接地引脚
⑤	电源引脚, +10V
⑥	电子音量控制器电路直流控制电压输入引脚(不用时接地)
⑦	外接去加重电容引脚
⑧	音频缓冲放大器信号输出引脚
⑨	外接鉴频器调谐电路引脚 1(线性电抗变换电路)
⑩	外接鉴频器调谐电路引脚 2(线性电抗变换电路)
⑪	空
⑫	音频放大器信号输出引脚
⑬	音频放大器交流负反馈引脚
⑭	音频放大器信号输入引脚

3. 伴音中频放大器电路

在集成电路 D7176AP 的内电路中设有三级中频放大器，其中第一、二级中频放大器相

同，如图 5-11 所示。电路中，VT1 和 VT2 构成第一级中频放大器电路，这是一级单端输入、单端输出式差分放大器电路。

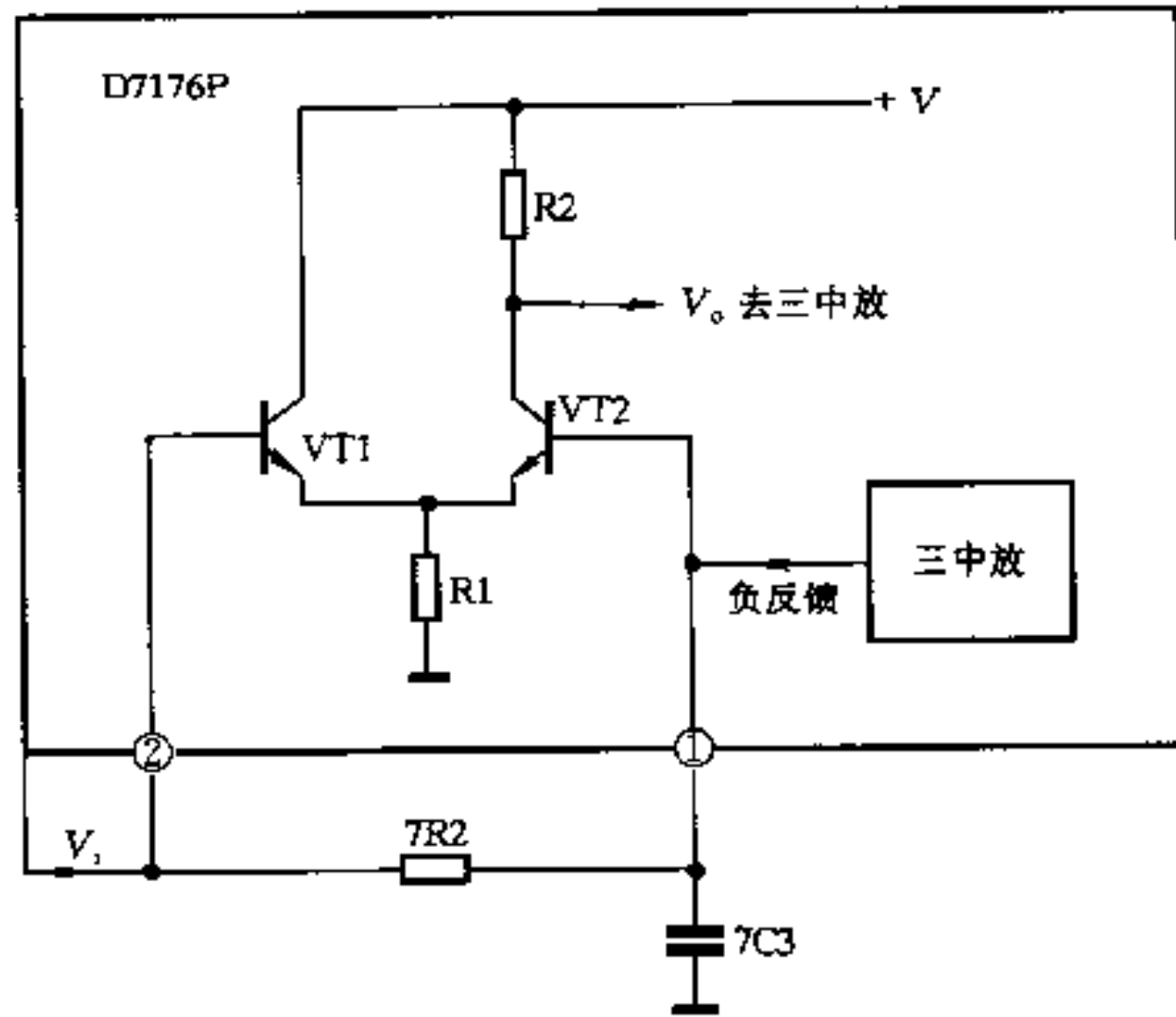


图 5-11 集成电路 D7176AP 内电路中频放大器电路

来自 6.5MHz 带通滤波器的第二伴音中频信号 V_i 从集成电路②脚馈入 VT1 管基极，VT2 管基极经电容 7C3 交流接地，这样这一差分电路成为单端输入式差分放大电路。经过这一级中频放大器放大后的中频信号从 VT2 管集电极输出，在集成电路内电路中直接加到第二级中频放大器中。由于中频信号只是取自于 VT2 管集电极，所以这是一级单端输出式差分放大器电路。

电路中，7R2 是基极偏置电阻，7C3 是交流旁路电容，R2 是 VT2 管集电极负载电阻。

集成电路 D7176AP 内电路的第二级中频放大器与第一级中频放大器结构相同，在此省略对它的电路分析。

4. 限幅中频放大器电路

图 5-12 所示是集成电路 D7176AP 内电路中的限幅中频放大器电路，这也是第三级中频放大器。电路中，VT1、VT2 管构成一个差分放大器电路，VT3 管是 VT1 和 VT2 管的恒流源，这是一级三极管限幅放大器电路。

电路中，R1 和 VD1（稳压二极管）构成分压电路，为恒流管 VT3 提供稳定的基极电压，这样 VT3 管发射极电流是恒定不变的，使 VT1 管和 VT2 管发射极电流之和恒定不变。来自二中放的伴音中频信号 V_i 加到 VT1 管基极上，VT2 管基极通过集成电路①脚外电路中的交流旁路电容交流接地，所以这一限幅放大器电路也是单端输入式电路。

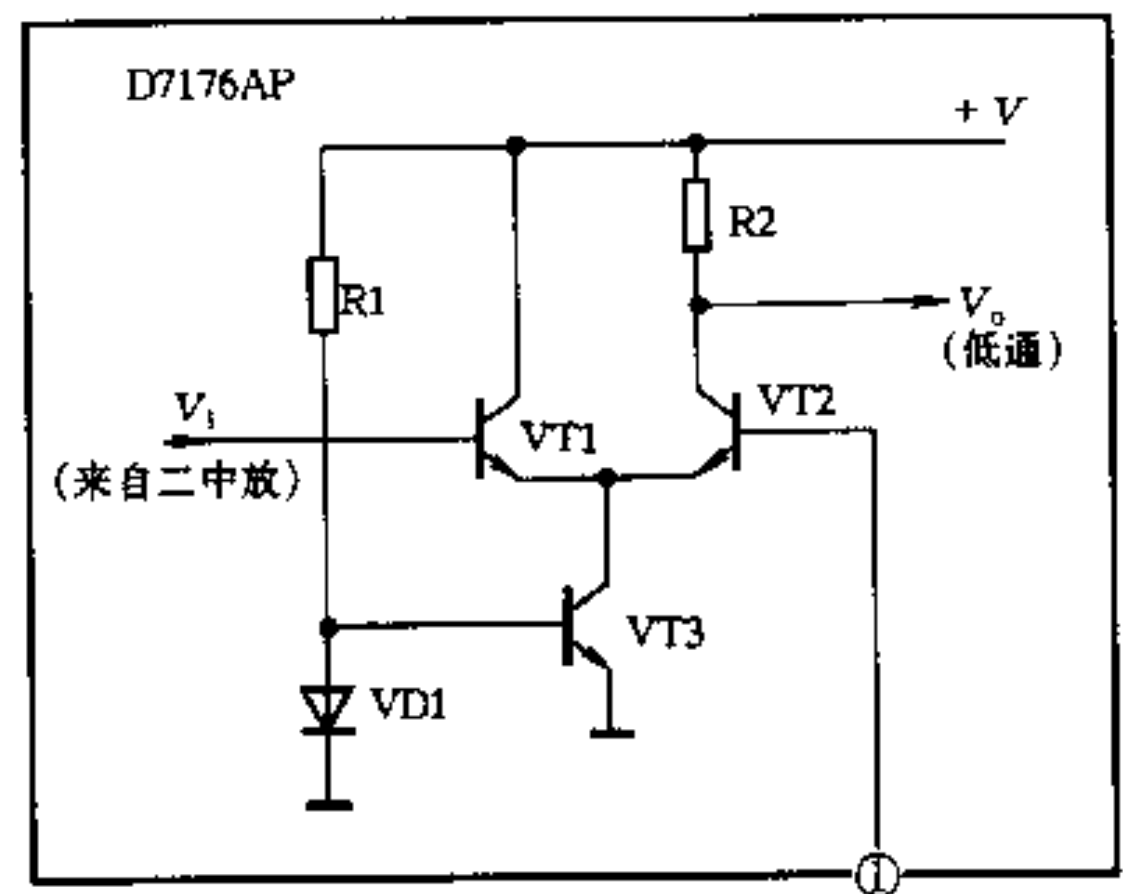


图 5-12 集成电路 D7176AP 内电路限幅放大器

由于输入 VT1 管信号较大，且 VT1 和 VT2 管发射极电流之和不变，这样当正半周信号使 VT1 管的发射极电流很大(VT1 管进入饱和状态,VT2 管截止)时，最大也只能等于 VT3 管的发射极电流，使正半周信号得到限幅。

当输入信号为负半周时，信号使 VT1 管截止，VT2 管进入饱和状态，其电流最大也是等于 VT3 管的发射极电流，这样从 VT2 管集电极输出的中频信号其正、负半周信号均受到了限幅处理。

5. 有源低通滤波器电路

在集成电路 D7176AP 的内电路中设有有源滤波器，这一电路设在限幅中频放大器之后，在鉴频器之前，如图 5-13 所示。

当调频中频信号经过限幅放大器电路之后，由于限幅的结果使正弦信号变成了近似的方波信号，而这一信号含有大量的第二伴音中频信号的高次谐波，这一高次谐波会引起图像的拉丝现象，为此设置这一低通滤波器电路。

电路中，VT1 是电子滤波管，来自限幅放大器输出端的调频中频信号 V_i ，经 R1 和 C1 滤波后滤除了高次谐波，加到 VT1 管基极，再从发射极输出，这样可以降低输出信号中的高次谐波，提高第二伴音中频信号的信噪比。

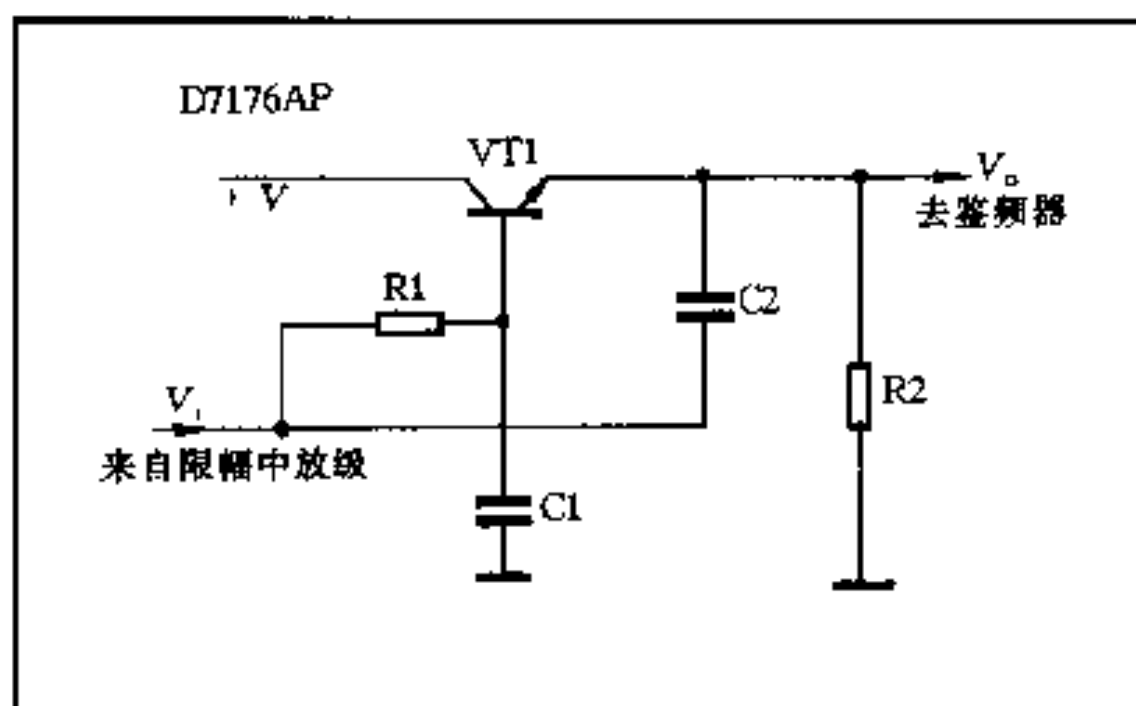


图 5-13 集成电路 D7176AP 内电路有源低通滤波器电路

6. 鉴频器电路

集成电路 D7176AP 内电路中采用的是差分峰值鉴频器电路，图 5-14 所示是这种鉴频器

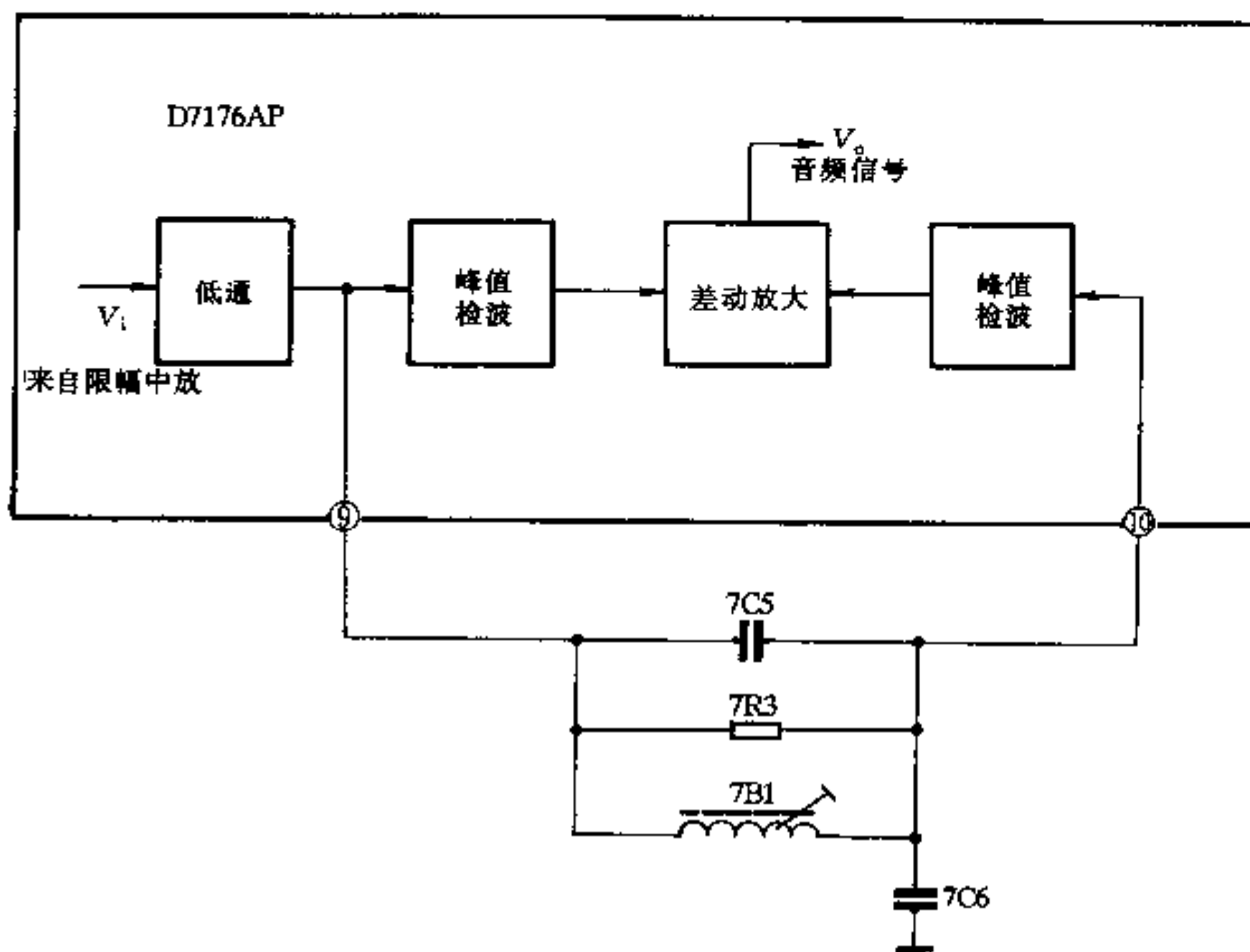


图 5-14 集成电路 D7176AP 内电路差分峰值鉴频器电路方框图

电路方框图。从图中可以看出，这一电路由峰值检波电路、差动放大器电路和线性电抗变换电路 7C5、7C6、7B1 构成。

在分析这种鉴频器电路工作原理之前，首先要了解线性电抗变换电路的工作原理，可以用如图 5-15 所示电路来说明。电路中，7C5 和 7B1 构成一个 LC 并联谐振电路，其谐振频率 f_1 高于 6.5MHz，当输入该电路的信号频率低于 6.5MHz 时，该电路失谐，呈感性，相当于一个电感 L1，L1 再与电容 7C6 构成一个 LC 串联谐振电路，其谐振频率为 f_2 ， f_2 低于 6.5MHz。设输入这一线性电抗变换电路的信号为 u_1 ，在电容 7C6 上的输出信号为 u_2 ，再将这一线性电抗电路画成图 5-15 右边所示的等效电路。

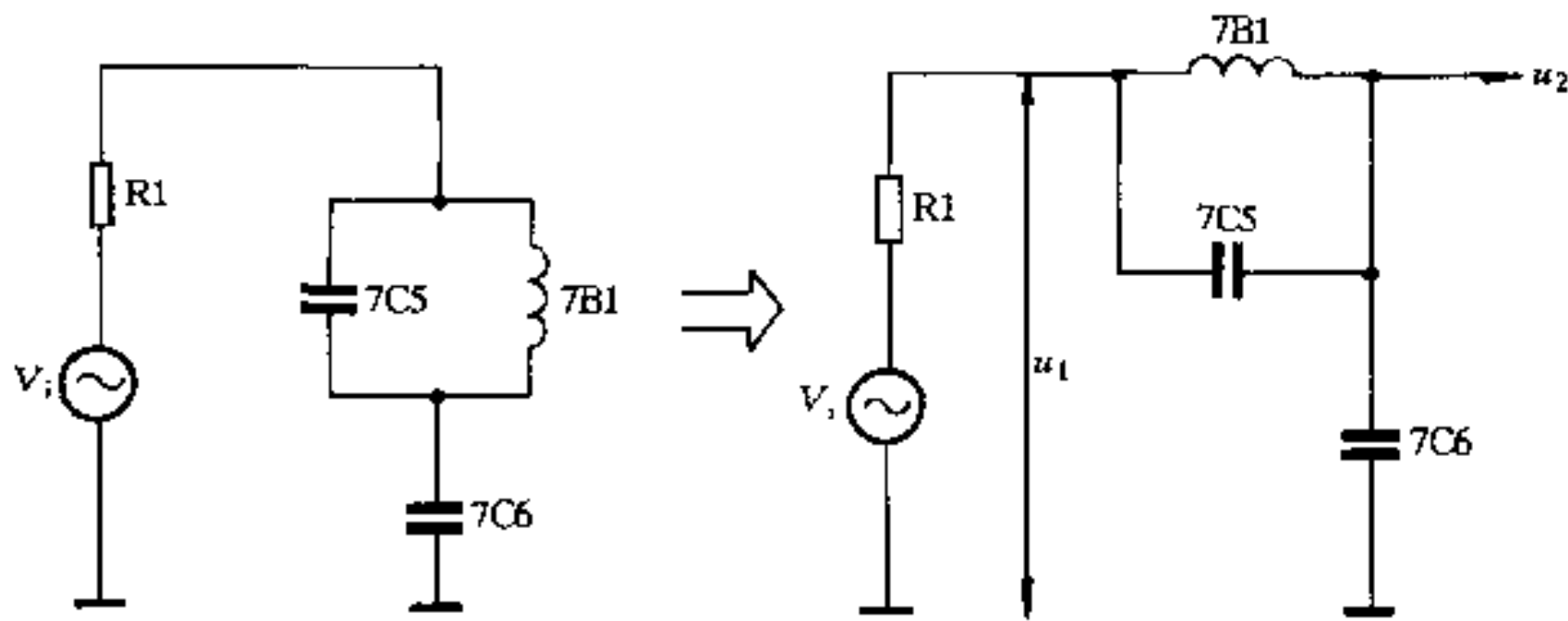


图 5-15 线性电抗变换电路

这一电路中的 u_1 、 u_2 和 $u_1 - u_2$ 频率特性曲线如图 5-16 所示。其中， $u_1 - u_2$ 是鉴频器的鉴频曲线，它表示了这一鉴频器电路的工作特性。

下面结合如图 5-15 和图 5-16 来分析线性电抗变换电路的工作原理，可以分成下列三种情况。

(1) u_1 曲线分析。当输入信号频率为 f_1 时，7B1 和 7C5 处于并联谐振状态，它的阻抗为最大，此时使 u_1 为最大；当输入信号频率为 f_2 时，7B1 和 7C5 电路处于失谐状态，其电路的阻抗很小，使 u_1 很小，如图 5-16 中的 u_1 曲线所示。

(2) u_2 曲线分析。当输入信号频率为 f_1 时，由于 7B1 和 7C5 处于并联谐振状态，其阻抗为最大，输入信号 u_1 经该电路与电容 7C6 分压后，使 u_2 很小；当输入信号频率为 f_2 时，由于等效电感 L1 与电容 7C6 构成的串联谐振电路处于谐振状态，在串联谐振时，电容上的信号电压处于最大状态，这样此时输出信号 u_2 为最大，如图 5-16 中的 u_2 曲线所示。

(3) $u_1 - u_2$ 曲线分析。用 u_1 减 u_2 可以得到 $u_1 - u_2$ 曲线。当输入信号频率等于中频频率 f_0 时， $u_1 = u_2$ ，所以此时 $u_1 - u_2 = 0V$ ；当输入信号频率等于 f_1 时， u_1 大于 u_2 ，所以此

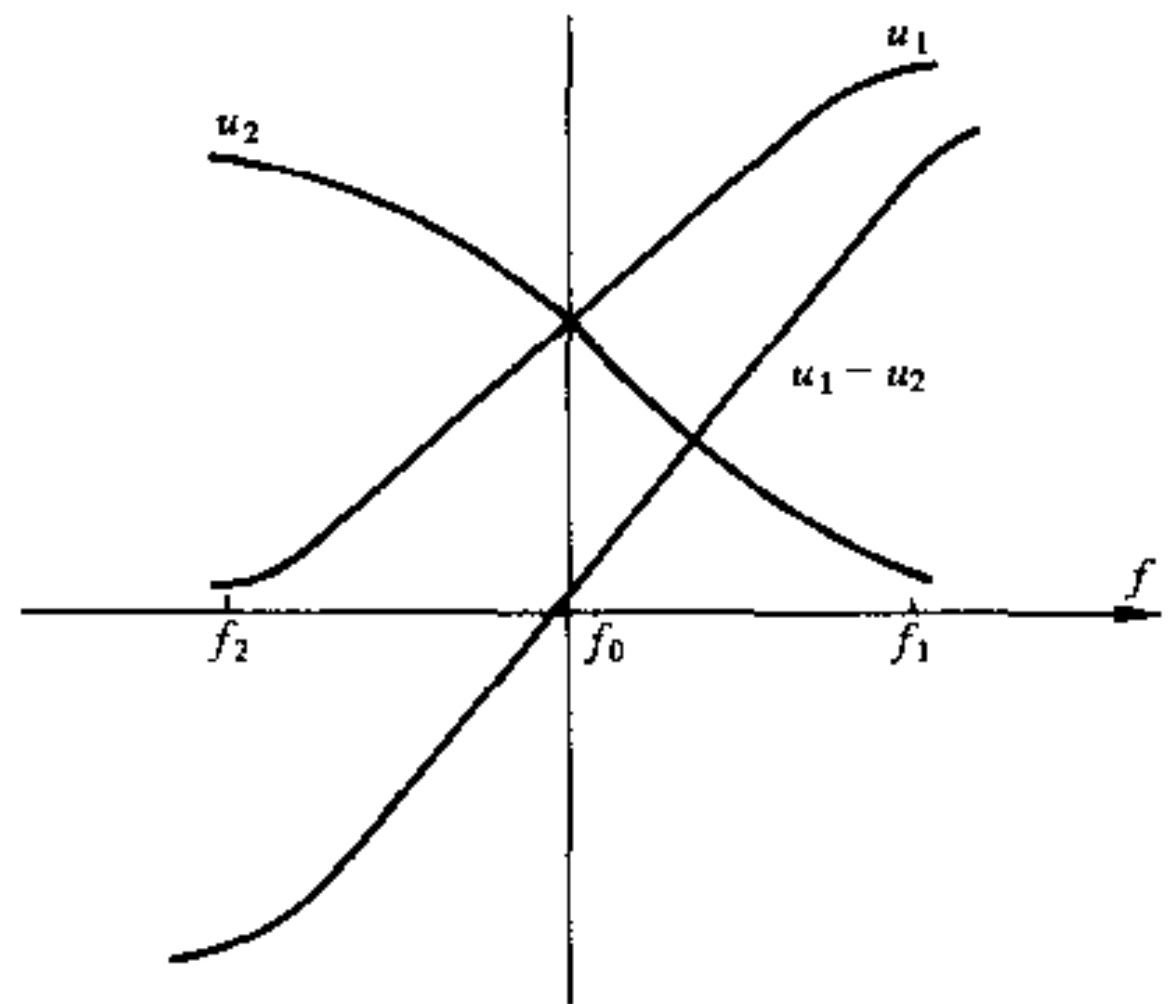


图 5-16 特性曲线示意图

时 $u_1 - u_2$ 比较大；当输入信号频率等于 f_2 时， u_2 大于 u_1 ，所以 $u_1 - u_2$ 为负，如图 5-16 中的 $u_1 - u_2$ 曲线所示。

对图 5-16 曲线的分析可知，当输入信号的频率等于 $f_0 = 6.5\text{MHz}$ 时，鉴频器的输出信号电压 V_o 等于 0V ；当输入信号的频率大于中频 f_0 时，输出信号电压大于 0V ；当输入信号的频率小于中频 f_0 时，输出信号电压小于 0V ，这样就达到了鉴频的目的。

图 5-17 所示是集成电路 D7176AP 内电路中的差分峰值鉴频器。电路中，由⑨脚和⑩脚外接线性电抗变换电路，内电路中的 VT1 和 VT6 管构成共集电极放大电路，VT2 管和电容 C1 构成信号 u_1 的峰值检波电路，VT5 管和电容 C2 构成信号 u_2 的峰值检波电路。

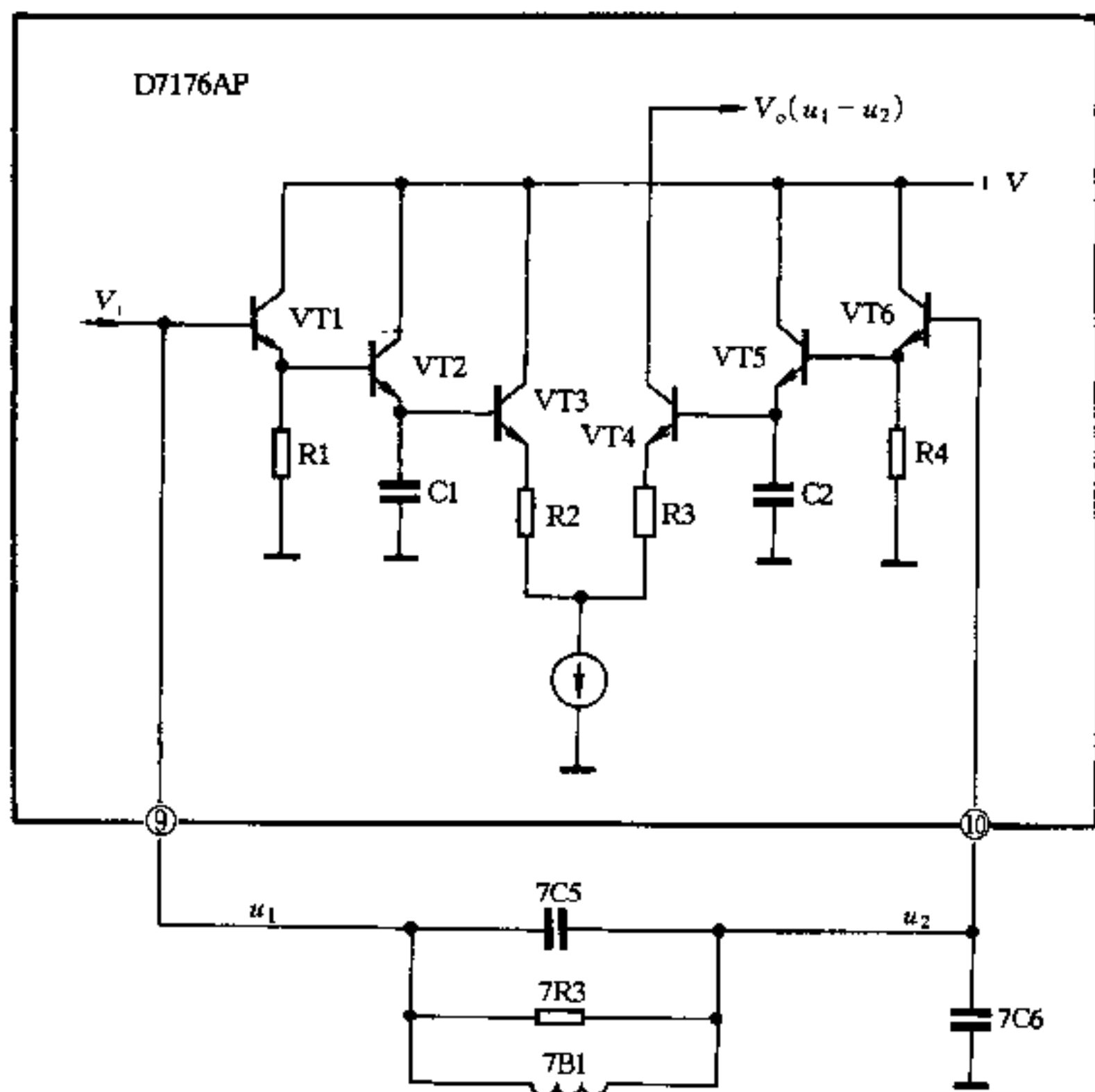


图 5-17 集成电路 D7176AP 内电路的差分峰值鉴频器电路

来自有源低通滤波器输出端的调频中频信号 V_i ，经集成电路⑨脚和⑩脚外接的线性电抗变换电路得到了 u_1 和 u_2 两个信号，这两个信号分别加到 VT1 和 VT6 管基极，经各自放大后从各管的发射极输出，加到各自的峰值检波电路中。

由于峰值检波电容 C1 和 C2 的容量较小，充电回路的时间常数又小，放电时间常数大，这样在电容 C1 和 C2 上分别是信号 u_1 和 u_2 的峰值电平，这两个信号分别加到 VT3 和 VT4 管基极，这两个管子构成的是差分放大器电路，从 VT4 管集电极输出的信号是两个信号之差，即是 $u_1 - u_2$ 信号，这就完成了鉴频任务。

7. 去加重电路

集成电路 D7176AP 内电路中的去加重电路如图 5-18 所示。电路中， V_i 是来自鉴频器输出端的音频信号，这一信号经 VT1 管放大，从其集电极输出，集成电路⑦脚外接去加重电

容 7C4，VT1 管输出电阻与 7C4 构成去加重电路。音频信号通过去加重电路之后，再加到 VT2 管中放大，这是一级共集电极放大器，起隔离作用。

8. 电子音量控制器电路

图 5-19 是集成电路 D7176AP 内电路中的电子音量控制电路。电路中，VT3 和 VT4 管构成一级差分放大器，VT1 管构成恒流源电路，来自去加重电路的音频信号 V_i 从 VT3 和 VT4 管发射极加到这一差分放大器中， V_o 是经过电子音量控制后的音频信号。

电阻 R1 和稳压二极管 VD1 构成一个分压电路，使 VT1 管基极电压稳定不变，这样 VT1 管发射极输出电流是恒定的，这一电流加到 R2、R3 和 RP1 上，在电阻 R3

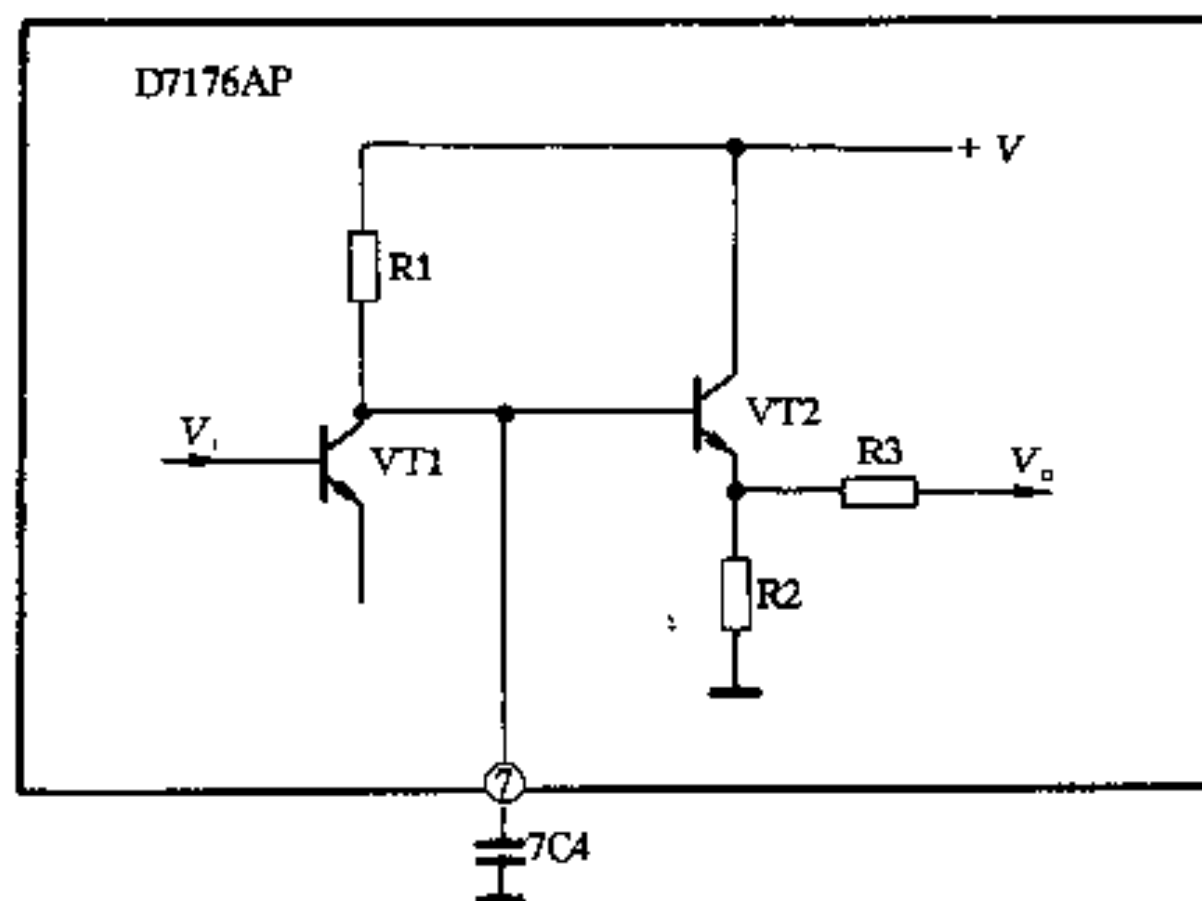


图 5-18 集成电路 D7176AP 内电路的去加重电路

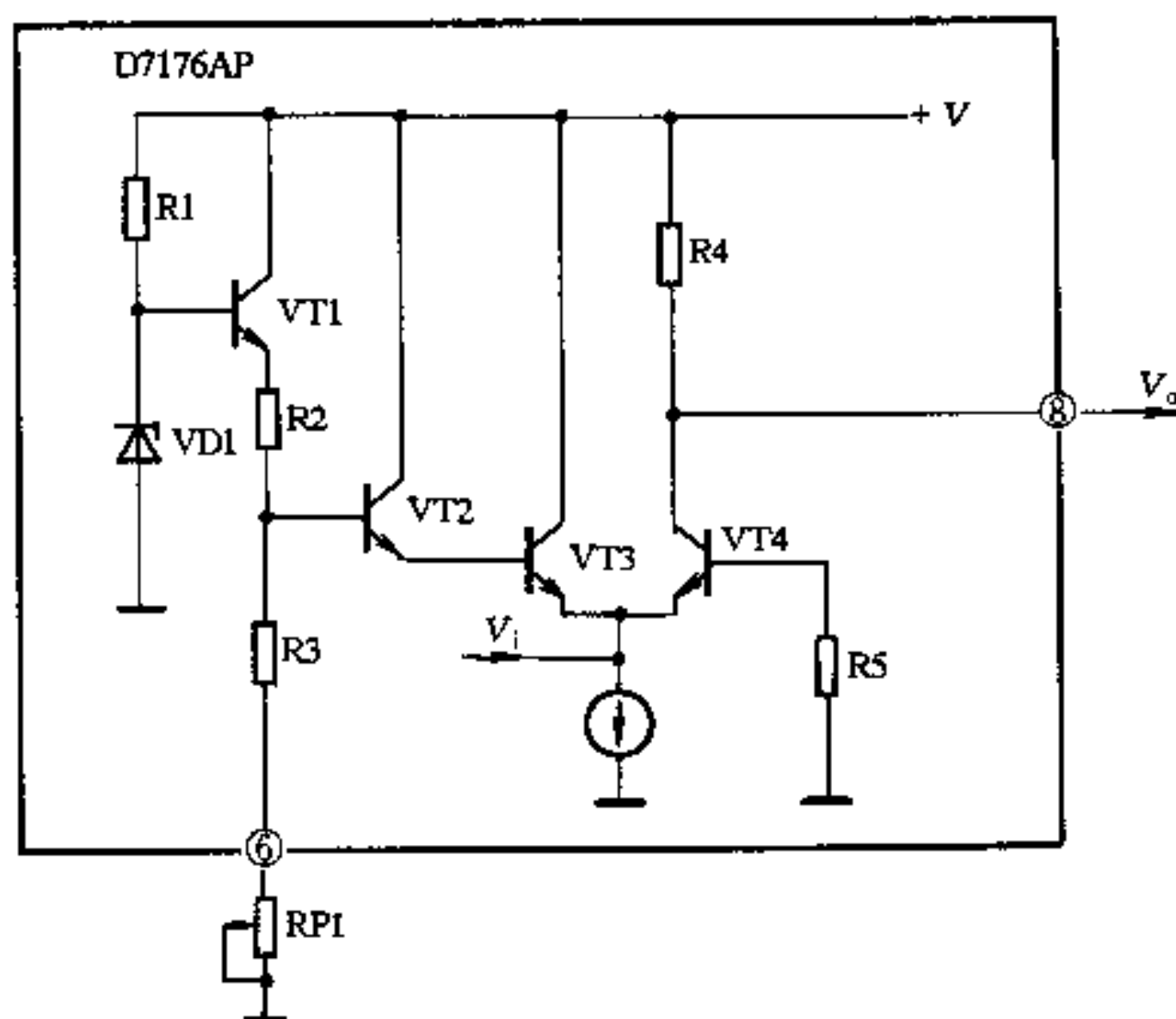


图 5-19 集成电路 D7176AP 内电路的电子音量控制电路

和 RP1 上的电压降加到 VT2 管基极上。

当调整音量电位器 RP1 的阻值大小时，VT2 管的基极电压在大小改变，其发射极电流在大小改变，加到 VT3 管基极的电流也在大小改变，这样就改变了 VT4 管集电极电流大小。当 VT4 管集电极电流大时，输出信号 V_o 就大；当 VT4 管集电极电流小时， V_o 就小。这就达到了控制输出信号 V_o 大小的目的，实现音量控制。

9. 集成电路 D7176AP 引脚外电路分析

图 5-9 所示是集成电路 D7176AP 的应用电路。来自预视的伴音中频信号 V_i 首先加到由

7C1、7C2 和 7L1 构成的高通滤波器中，让伴音中频信号通过，而不让视频信号通过。

经过一高通滤波器后的信号加到 7LB1 的输入端，这是一个 6.5MHz 的带通滤波器，取出第二伴音中频信号，从集成电路②脚送集成电路内电路第一中频放大器中，经内电路中的三级中频放大器放大后的中频信号，送入鉴频器中。

鉴频之后的伴音音频信号在内电路中直接馈入缓冲放大器中，放大后的音频信号从集成电路⑧脚输出，经 7R6 加到音量电位器 7RP1 上，其动片输出的音频信号通过耦合电容 7C14 从⑭脚馈入内电路中的电压放大器中，放大后的信号从⑫脚输出，经 7C14 耦合，加到推动管 7VT1 管基极，从其集电极输出的信号，其正半周由 7R8 和 7VD2 加到 7VT3 管基极，放大后的信号通过 7R9 和 7C12 加到扬声器中。从 7VT1 集电极输出的负半周信号直接加到 7VT4 的基极，放大后的信号经 7R11 和 7C12 加到扬声器中。

对集成电路 D7176AP 各引脚外电路分析如下。

①脚上的 7C3 是中频信号交流旁路电容，将①脚交流接地，使中频信号不存在负反馈作用。7R2 是内电路中放大管的基极偏置电阻。

②脚是第二伴音中频信号输入引脚。

⑤脚是直流电压输入引脚，7R4 为滤波和退耦电阻，7C8 和 7C9 分别是高频滤波电容和电源滤波电容。

⑥脚是内电路中的电子音量控制端，这一电路中将⑥脚直接接地，没有用内电路中的电子音量控制电路，而采用普通的音量控制电路。

⑦脚是内电路中电子音量控制器的信号输出引脚，这里接入去加重电容 7C4。

⑧脚输出的是经过内电路中缓冲放大器电路放大后的音频信号，7C17 为消振电容。

⑨脚和⑩脚用来外接差分峰值鉴频器中所需要的线性电抗变换电路。

⑫脚输出经过内电路中电压放大器放大后的音频信号。

⑬脚为音频放大器中的负反馈引脚，功放输出级输出端的负反馈信号经 7R15 和 7C15 从⑬脚馈入，进行交流负反馈。

⑭脚是音频信号输入引脚，经过音量电位器控制后的音频信号从此引脚输入，送入内电路的音频电压放大器中。

在这一伴音电路中，音频功率放大器电路采用分立元器件构成，7VT1 是推动管，7VT2 和 7VT3 构成互补推挽式功放输出级电路。7C11 是自举电容，7C13 是推动级的负反馈式高频消振电容，7RP2 用来调整功率放大器电路的静态工作电流，使功放输出级电路的输出端直流电压等于直流工作电压的一半。7VD1 和 7R8 为两只功放输出管提供很小的静态工作电流。

10. 几点说明

关于集成电路 D7176AP 的应用电路需要说明以下几点。

(1) 集成电路 D7176AP 内电路中设有电子音量控制电路，但在具体应用电路中有两种情况：一是采用内电路中的电子音量控制电路，二是不用内电路中的电子音量控制电路，而用普通的音量控制电路。

(2) 集成电路 D7176AP 中采用的是差分峰值鉴频器。分析差分峰值鉴频器电路的鉴频原理时，主要是要了解线性电抗变换电路的工作原理。

(3) 当采用集成电路 D7176AP 作为伴音电路时，要用分立元器件的音频功率放大电路。

四、伴音电路故障分析

1. 伴音集成电路故障分析

各种伴音集成电路的故障分析是基本相同的，这里以如图 5-9 所示集成电路 D7176AP 为例，说明以下几点。

(1) 当出现有图像无伴音故障时，说明故障出现在伴音电路，即集成电路 D7176AP 的②脚输入回路到扬声器这一段电路中，干扰集成电路的②脚。若扬声器中有较大的噪声，则说明②脚输入回路中的带通或高通滤波器出了问题；若干扰②脚时无噪声，则说明问题出在后面的电路中。此时，再干扰②脚，若有较大的噪声，则测量⑥脚上的直流电压，若不为 0V，则测量集成电路③、⑦、⑭和⑬脚上的直流电压，异常时检查外电路中的元器件；若⑥脚电压为 0V，则检查⑥脚外电路中的元件。

若干扰②脚时扬声器中无噪声，说明功率输出级电路出了问题，测量功率放大器输出端的直流电压，不为直流电压的一半时，检查电路中的功放输出管等元器件。

若干扰集成电路的⑧脚时扬声器中有较大的噪声，说明音频放大电路部分工作正常，此时主要检查鉴频器部分电路，即检查⑨脚和⑩脚外电路中的元器件。

(2) 当出现伴音有蜂音故障时，要分清两种情况：一是只在图像出现亮场时才有蜂音，这是图像中放电路中对第一伴音中频信号的吸收不足，造成伴音中频信号受到白色图像信号的干扰，此时要查图像中频放大电路中的第一伴音中频信号吸收电路。二是收到伴音后便有蜂音，这是 S 曲线偏离了中心位置，主要检查鉴频器电路。

(3) 当出现伴音轻和失真故障时，主要原因有 6.5MHz 的陶瓷滤波器的损耗大了、有关谐振电路中的谐振频率偏了及功放输出级电路中的管子静态工作点不正常等。

2. 元器件故障分析

关于伴音集成电路中有关元器件的故障分析如下。

(1) 当伴音中频放大电路输入回路中的陶瓷滤波器出现问题时，表现为无伴音或伴音轻。

(2) 当鉴频用的三端陶瓷滤波器损坏时，将出现无伴音故障。

(3) 当伴音中频放大电路中的交流旁路电容开路时，中频放大器的增益小，将出现声音轻故障。

(4) 当音频放大器负反馈电路中的隔直通交电容开路时，放大器的负反馈量很大，此时将出现声音很小的故障。

(5) 当信号传输回路中的电容或电阻开路时，将没有信号送到下一级放大电路中，出现无声故障。

(6) 当功率放大电路输出端的耦合电容漏电或击穿时，功放电路输出端的直流电压不等于直流电源电压的一半，此时或是声音轻，或是无声，且有可能造成集成电路损坏。

(7) 集成电路没有直流电压时，将出现完全无声故障；当这一直流电压低时，声音会轻，这一电压低得太多时将出现无声故障。

(8) 当集成电路某引脚上的电容开路时，对该引脚的直流电压无影响，当电容漏电或击

穿时，将改变这一引脚上的直流电压大小。

五、扫描集成电路 D7609P 工作原理

这里以 TA (D)三片机为例，介绍集成电路的行、场扫描集成电路 D7609P。集成电路 TA7609P 与 D7609P 可以直接互换，前者是进口集成电路，后者是国产集成电路。

图 5-20 是扫描集成电路 D7609P 构成的扫描电路。从图中可以看出，在这一扫描电路中，场推动级、场输出级、行推动级和行输出级电路由分立元器件构成，扫描电路中的其他单元电路设在集成电路 D7609P 中。

图中，4VT2、4VT3 和 4VT4 构成场推动级和输出级电路，5VT1 是行推动管，5VT2 是行输出管，5B2 是行输出变压器。

1. 内电路方框图

图 5-21 是扫描集成电路 D7609P 的内电路方框图。

关于扫描集成电路 D7609P 内电路主要单元电路功能和扫描电路说明如下。

(1) 同步分离级

同步分离级电路处于扫描电路的最前列，它的作用是从全电视信号中取出复合同步信号，为行、场扫描电路提供行同步信号和场同步信号。所谓同步信号是用来保证电视机扫描系统与摄像时摄像管中的电子束扫描同步工作的信号，这一同步信号出现问题，电视机中的扫描系统工作将失去控制，造成图像失常故障。

复合同步信号是指行同步信号和场同步信号复合起来后的信号。从发射机发出的是复合同步信号，又与图像信号、复合消隐信号复合在一起，电视机的同步分离级要从全电视信号中分解出复合同步信号。在全电视信号中，由于复合同步信号的幅度比其他信号的幅度大得多，所以从全电视信号中分解出复合信号时采用幅度分离方法，故同步分离级又称为幅度分离级。

(2) 积分电路

积分电路的作用是从复合同步信号中分离出场同步信号，这一同步信号要送到场振荡电路中，以控制场振荡器的工作频率和相位，使场振荡器准确、稳定振荡在 50Hz 上，这一频率与摄像管中的场扫描频率一样。场同步信号出问题将造成整幅图像不稳定，即向上或向下滚动。在积分电路中，输入的是复合同步信号，输出的是场同步信号。

(3) 场振荡

场振荡器用来产生场频(50Hz)锯齿波电流。场振荡器不是一个正弦波振荡器，而是一个脉冲振荡器，它的工作原理要比正弦波振荡器复杂。另外，它的振荡频率是受积分电路送来的场同步信号控制的。

场振荡器中有一个锯齿波形成电路，由这一电路将脉冲信号转换成锯齿波电流。

(4) 场激励和场输出级

从场振荡器输出的场锯齿波扫描电流首先送到场激励级电路中放大，再送到场输出级电路中。场输出级是一个功率放大器，所以需要场激励级来推动。场输出级的负载是场偏转线圈，由场偏线圈产生的偏转磁场控制电子束垂直方向的扫描。

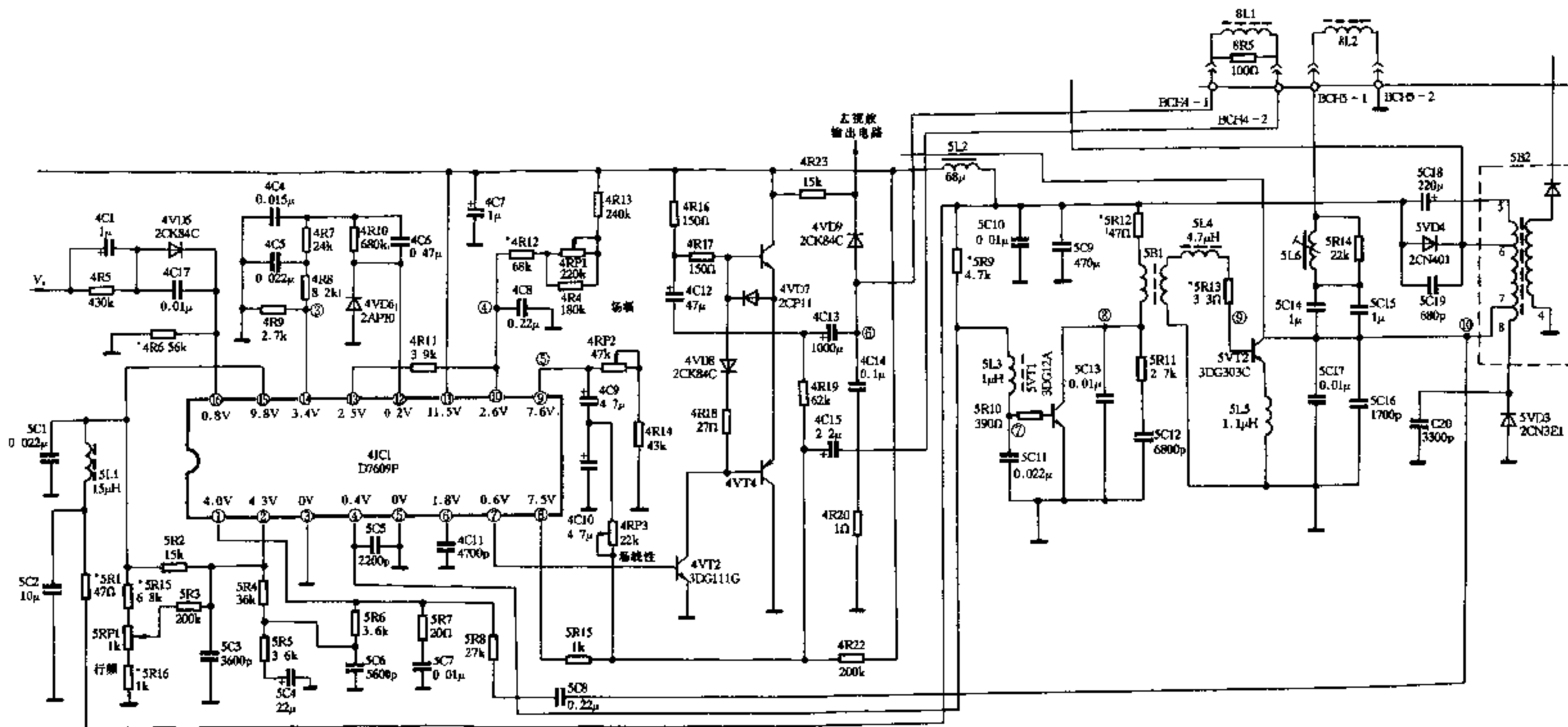


图 5-20 扫描集成电路 D7609P 构成的扫描电路

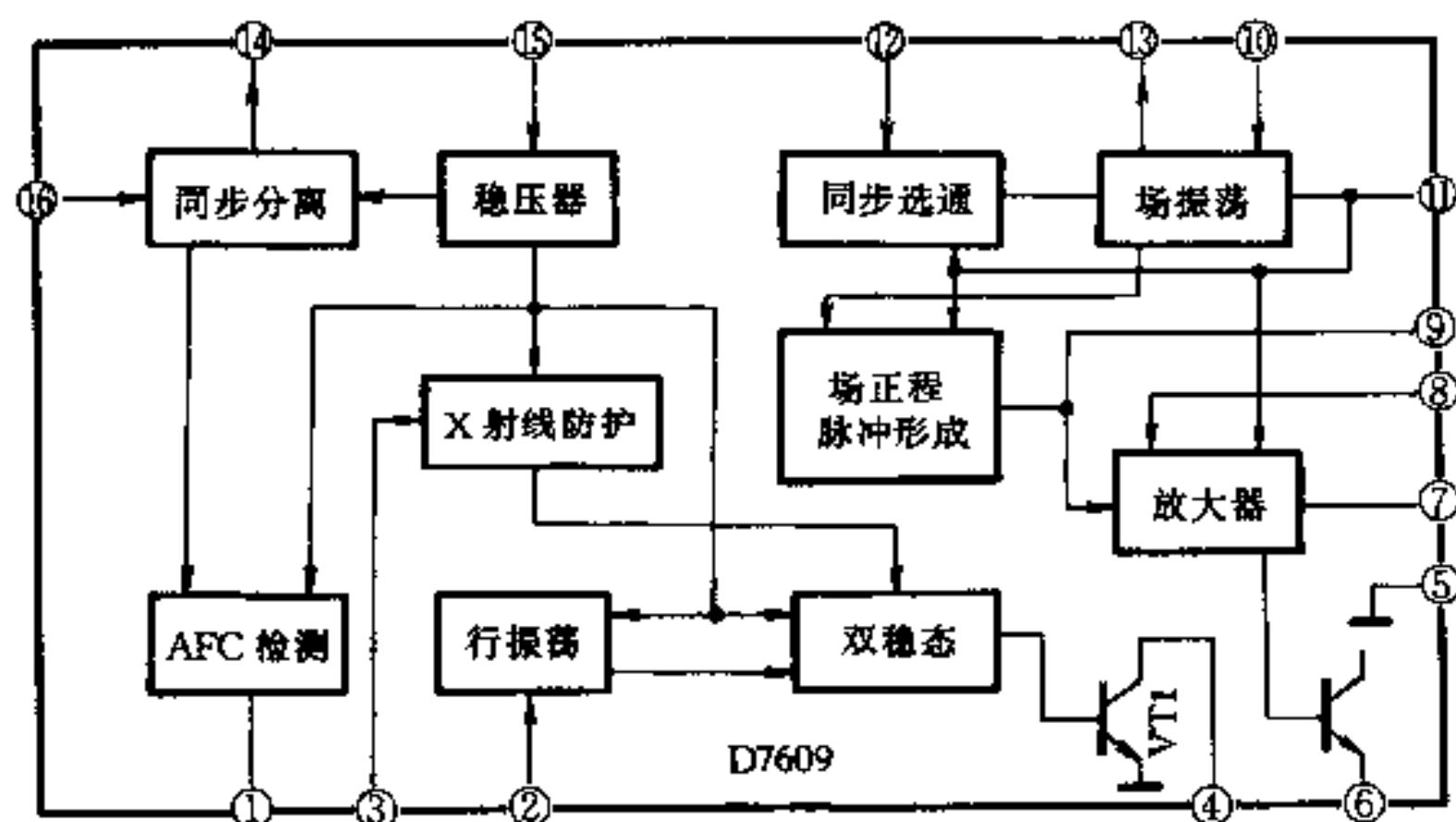


图 5-21 扫描集成电路 D7609P 内电路方框图

(5) AFC 电路

AFC 电路的作用是比较两个输入信号的频率和相位，当这两个信号的频率或相位有偏差时，它输出一个误差电压给行振荡器，以控制行振荡的频率和相位。

AFC 电路有两个输入端：一个用来输入复合同步信号（有效成分是其中的行同步信号），另一个用来输入来自行输出变压器的行逆程脉冲信号。其中，行同步信号是基准信号，它的频率和相位都是行振荡器振荡信号频率和相位的标准。行逆程脉冲信号的频率和相位代表了行振荡器输出的当前振荡信号的频率和相位状况。

当这两个信号在频率或相位上存在偏差时，AFC 电路均会输出一个直流误差电压给行振荡器，以控制行振荡器的工作状态，调整它的振荡频率和相位，直到它的振荡信号与行同步信号处于同频同相的状态，否则 AFC 电路一直输出直流误差电压去控制行振荡器的工作。

(6) 行振荡

行振荡器用来产生行频(15625Hz)脉冲信号，它的振荡频率和相位是受行同步信号控制的(通过 AFC 电路)，它与场振荡器不同，一是它的振荡频率高；二是它产生的矩形脉冲并不立即转变成锯齿波扫描电流，而是在行输出级电路进行的转换。

(7) 行激励级

行激励级又称行推动级，它的作用是放大行频脉冲信号，这是一级脉冲放大器，用它输出的信号去控制行输出管的导通和截止。

(8) 行输出级

行输出级是整个电视机电路中最重要的一环(电路)，它输入的是行频矩形脉冲，负载是行偏转线圈及行输出变压器。通过行输出级电路，使行偏线圈中流过的是行频锯齿波电流。由于行输出级工作在高频、高压和重负载的开关状态下，电视机三分之一左右的故障出在这部分电路中。另外，对这部分电路工作原理的理解也相当困难，所以在学习和修理中要对这部分电路引起足够的重视。

(9) 高压电路

高压电路是指行输出变压器及其输出电路，它的作用是产生几个等级的直流高压和中压，在黑白电视机中通常是产生三组直流电压：一是 9~14kV 的高压，供给显像管阳极；二

是 100V 的中压，供给视放级，也可以供给显像管的加速极；三是 400V 的中压，供给显像管聚焦极。行输出变压器也是一个易损件。

2. 引脚作用

集成电路 D7609P 共有 16 个引脚，采用双列直插塑料封装，各引脚作用如表 5-3 所示。

表 5-3 集成电路 D7609P 引脚作用

引脚号	作用
①	鉴相器误差电压输出引脚
②	外接行振荡定时电容及调整元件引脚
③	X 射线保护电路输入引脚
④	行扫描输出引脚，其行脉冲送入行激励级电路
⑤	接地引脚
⑥	场扫描激励级相位补偿电容引脚
⑦	场扫描激励级输出引脚
⑧	场输出级负反馈电压输入引脚
⑨	外接场锯齿波形成电容和场幅控制引脚
⑩	外接场振荡定时电容引脚
⑪	场扫描电路电源引脚(+12V)
⑫	场同步信号输入引脚
⑬	外接场锯齿波形成电路中放电电阻引脚
⑭	复合同步信号输出引脚
⑮	行扫描电路电源引脚(+10V)
⑯	全电视信号输入引脚(输入到同步分离级电路)

3. 抗干扰及同步分离电路分析

图 5-22 是抗干扰电路及集成电路 D7609P 内电路同步分离电路。电路中， V_i 是输入信号，为全电视信号，它来自公共通道。VT1 是同步信号分离管，VT2 和 VT3 是放大管。

(1) 同步分离电路分析

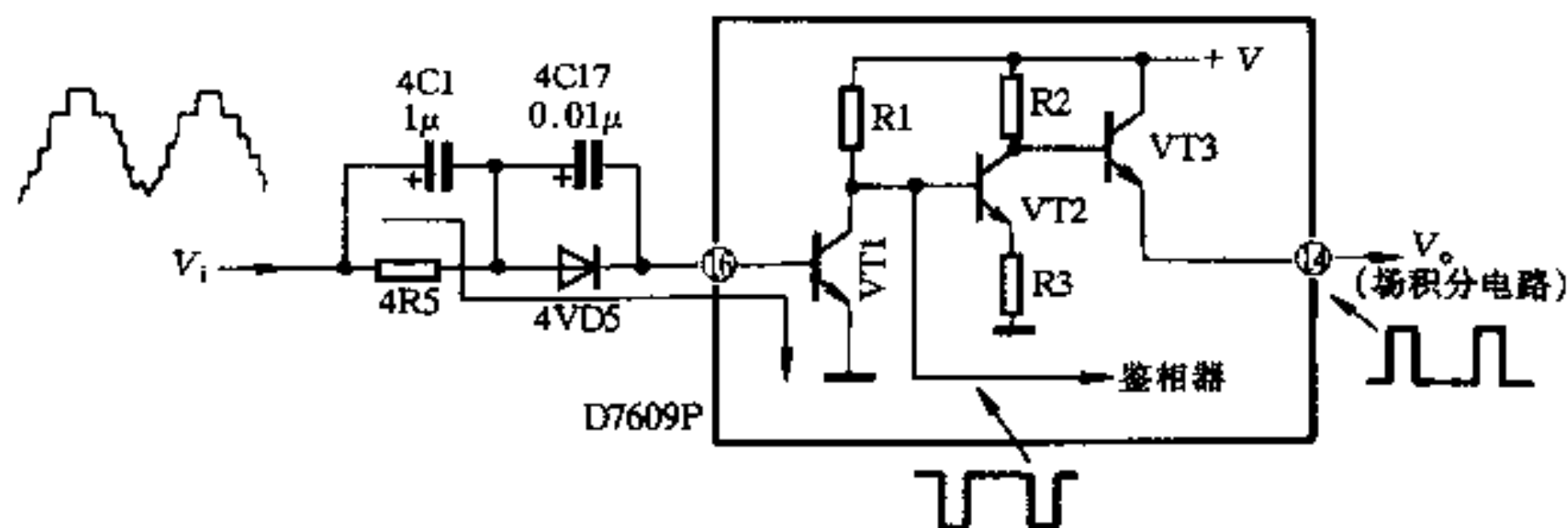


图 5-22 抗干扰电路及集成电路 D7609P 内电路同步分离电路

输入信号是负极性的全电视信号，它经输入电路加到 VT1 管基极，使 VT1 导通。电路中，4C17 的电容量远小于 4C1，这样在 VT1 导通时主要是对电容 4C1 充电(4C17 因容量小而很快充满)，对 4C1 的充电回路是：4C1→4VD5→集成电路⑩脚→VT1 管基极→VT1 管发射极→地，充电电流回路见图中实线所示。

由于这一充电回路的时间常数很小，所以很快在电容 4C1 上充电到全电视信号的峰值电平，即同步头电平。在 4C1 上的充电电压为左正右负，这一电压使 VT1 管基极电压下降，这样同步头过去之后，VT1 管便处于截止状态。

在 4C1 上的充电电压要通过电阻 4R5 放电，但因为 4R5 阻值大，所以放电很慢，在 4C1 上基本保持同步头的峰值电压。这样，只有等下一个同步头信号到来时，VT1 基极的电压才为高电平，VT1 才导通。因为只在同步头到来时 VT1 才导通，达到了从全电视信号中取出复合同步信号的目的。

(2) 同步信号放大电路分析

从 VT1 集电极输出的复合同步信号分成两路：一路直接加到了行鉴相电路中，另一路加到 VT2 中进行放大，放大后的信号再加到 VT3 管基极，经 VT3 管放大后的信号从集成电路⑭脚输出，加到场积分电路中。

(3) 抗干扰电路分析

电路中的抗干扰是利用电容 4C17 容量远小于 4C1 容量实现的，当出现大幅度的窄脉冲信号时，此干扰脉冲同时对电容 4C1 和 4C17 充电，但由于 4C17 的容量小，所以干扰脉冲信号主要降在 4C17 上，在 4C17 上的充电电压极性为左正右负，这一电压使 4VD5 获得正向偏置，由 4VD5 构成 4C17 的放电回路。

4. 场振荡及场频调整电路分析

图 5-23 所示是集成电路 D7609P 内电路场振荡电路及场频调整电路。电路中， V_i 是来自

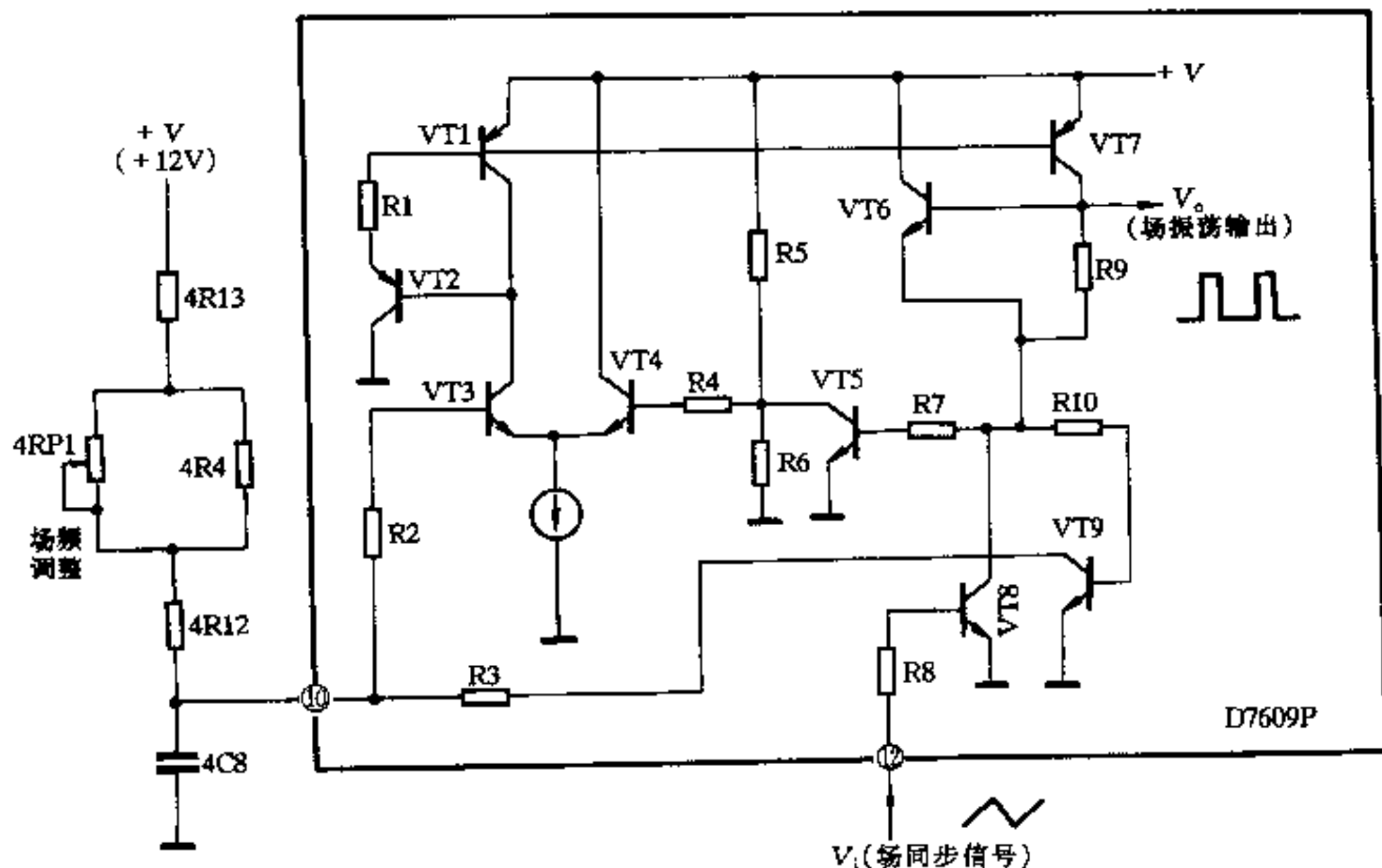


图 5-23 场振荡电路及场频调整电路

场积分电路的场同步信号， V_0 是场频的场振荡信号，为矩形脉冲信号。

(1) 场振荡电路分析

直流电压 $+V$ 通过 $4R13$ 、 $4RP1$ 、 $4R4$ 和 $4R12$ 构成对电容 $4C8$ 的充电回路。在刚开始充电时， $4C8$ 上的电压较低，即集成电路⑩脚上的电压较低，这一电压经 $R2$ 加到 $VT3$ 管基极，因基极电压低而使 $VT3$ 处于截止状态，其集电极为高电位。

这一高电位加到了 $VT2$ 管基极上，使 $VT2$ 管截止，其发射极为高电位。 $VT2$ 管发射极上的高电位经 $R1$ 加到 $VT7$ 管基极上，使 $VT7$ 管处于截止状态，其集电极为低电位，即此时场振荡器输出电压为低电平。

由于 $VT7$ 管集电极为低电平，经 $R9$ 和 $R10$ 加到 $VT9$ 管基极上，使 $VT9$ 管处于截止状态。在 $VT9$ 管截止时，电阻 $R3$ 对电容 $4C8$ 的充放电无影响。

随着对 $4C8$ 的充电， $4C8$ 上电压上升，即 $VT3$ 管基极电压上升($4C8$ 上的电压为上正下负)，当 $VT3$ 管基极电压上升到一定程度后， $VT3$ 管由截止转为导通，其集电极电压下降，即 $VT2$ 管基极电压下降，使 $VT2$ 管导通。

$VT2$ 管导通后，其发射极电压为低电位，这一低电位经 $R1$ 加到了 $VT7$ 管基极上，使 $VT7$ 管导通，其集电极输出高电平，即场振荡器此时输出高电平，见图输出信号 V_0 波形所示。

在 $VT7$ 管导通之后，其集电极输出的高电平经 $R9$ 和 $R10$ 加到 $VT9$ 管基极，使 $VT9$ 管由截止转为饱和导通。在 $VT9$ 管饱和导通之后，电容 $4C8$ 上的电压通过⑩脚、 $R3$ 和已导通的 $VT9$ 管放电，由于这一放电回路的时间常数很小，所以放电很快完成。

放电使 $VT3$ 管基极电压下降，当基极电压下降到一定程度之后， $VT3$ 管又从导通转为截止状态，再次开始对电容 $4C8$ 的充电，进入第二个周期的振荡。

对电容 $4C8$ 充电时为场扫描的正程， $4C8$ 放电时为场扫描的逆程。

(2) 场同步原理分析

从集成电路⑫脚输入场同步信号 V_1 ，这一信号经 $R8$ 加到 $VT8$ 管基极，当场同步信号出现时，使 $VT8$ 管导通，其集电极为低电位，该低电位经 $R7$ 加到 $VT5$ 管基极，使 $VT5$ 管截止。

在 $VT5$ 管截止后， $+V$ 经 $R5$ 和 $R6$ 的分压加到 $VT4$ 管基极上，使 $VT4$ 管导通，由于 $VT4$ 管导通，使 $VT3$ 管提前由导通转为截止， $VT2$ 管截止， $VT7$ 管截止， V_0 为低电平， $VT9$ 管截止， $4C8$ 放电结束，提前进入第二个周期的振荡，实现场同步。

(3) 场频调整原理分析

电路中， $4RP1$ 与 $4R4$ 并联后串在电容 $4C8$ 的充电回路中，改变 $4RP1$ 的阻值大小，可以改变充电回路的时间常数。

当 $4RP1$ 的阻值较小时，充电回路的时间常数也小，对电容 $4C8$ 的充电快，使 $VT3$ 管基极电压很快达到了导通值；反之 $4RP1$ 的阻值大时，对电容 $4C8$ 的充电慢，要较长时间才能使 $VT3$ 管基极电压达到导通值。如图5-24所示，时间常数 τ 小，振荡周期短， τ 大则周期长，这样可以改变场振荡器的振荡频率。

5. 锯齿波形成电路分析

图5-20所示电路中，集成电路的⑨脚内电路及外电路中的电容 $4C9$ 和 $4C10$ 串联之后作

为锯齿波形成电容，在场扫描逆程时，⑨脚输出高电平，对电容 4C9 和 4C10 进行充电，因充电回路的时间常数很小，所以充电很快。

电容的放电回路由 4RP2 和 4R14 组成，由于放电回路的时间常数大，所以放电慢。因调整 4RP1 的阻值可以改变放电回路的时间常数，从而改变场锯齿波信号的幅度，所以 4RP2 是场幅调整电阻。在电容 4C9 和 4C10 充电期间，是场扫描的逆程，在电容放电期间是场扫描的正程。

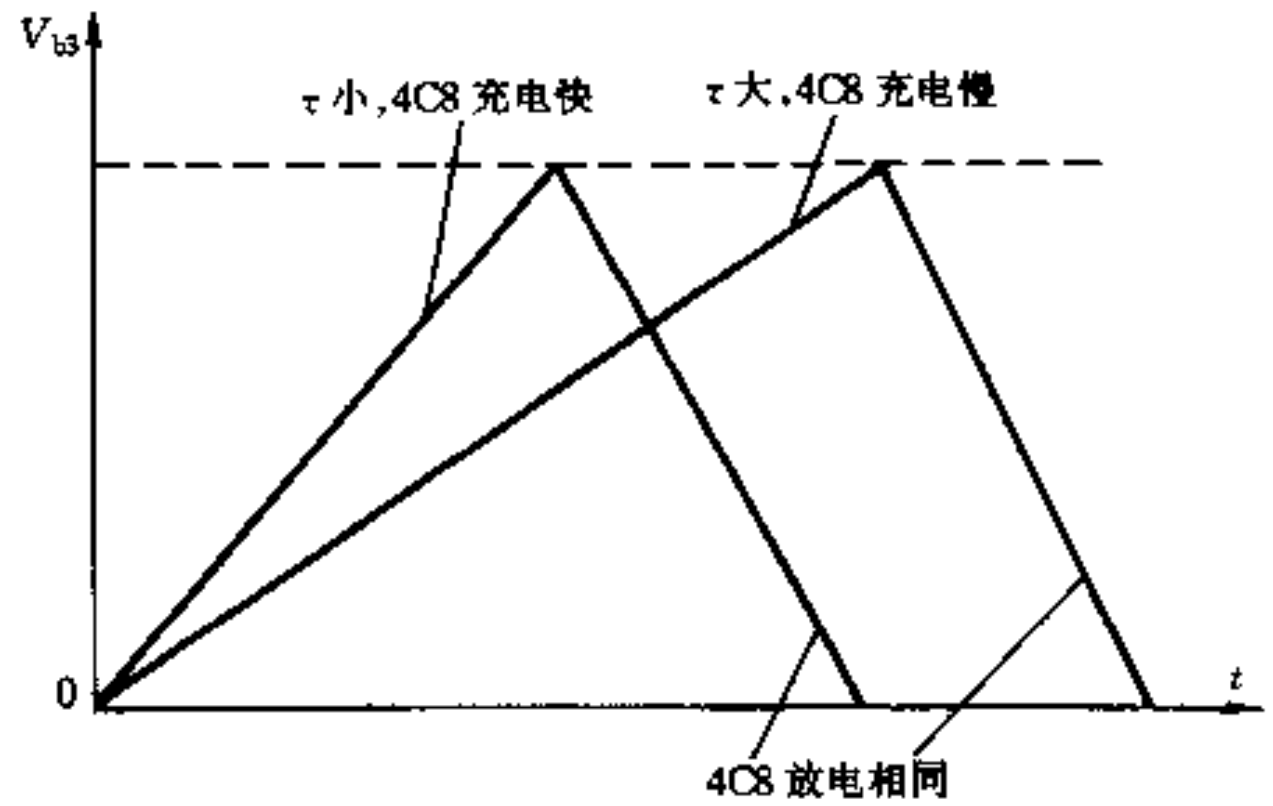


图 5-24 充电时间常数对振荡周期影响的示意图

电阻 4R19 从场输出级电路输出端取出一部分信号，经 4RP3 和 4C10 积分电路，得到下凹的锯齿波，由 4C9 加到集成电路⑨脚的内电路中，进行正反馈场线性补偿，调整 4RP3 的阻值大小，可以改变补偿量，所以 4RP3 是场线性调整电阻。

取自场输出级电路输出端的信号通过 4R19 和 4R15，还要从集成电路⑧脚加到场前置放大电路中，进行负反馈线性校正。在⑥脚与地之间接有一只电容 4C11，它与内电路的电阻构成积分延迟电路，进行相位补偿。

6. 场推动级和场输出级电路分析

在图 5-20 所示电路中，集成电路⑨脚上产生的场锯齿波信号在内电路中加入场前置放大器放大，然后从⑦脚输出，加到场推动管 4VT2 管基极上，经放大后从其集电极输出，加到由 4VT3 和 4VT4 管构成的场输出级电路。

场输出级电路是采用的 OTL 场输出电路，电路中的 4VD8 和 4R18 为输出管提供静态偏置电压，以克服交越失真。4C12 是自举电容，4R16 是隔离电阻，4C13 是输出端耦合电容。场逆程脉冲信号通过 4VD9 加到视放输出级电路。

4VD7 是保护二极管，当输出端的场逆程脉冲出现时，4VD7 导通，使 4VT3 管基极电压也升高，这样 4VT3 管基极与发射极之间反向电压只有二极管的管压降(很小)，可以防止场逆程脉冲电压击穿 4VT3 管。

4R20 串联在场偏转线圈回路，它是取样电阻。该电阻上的信号电压与流过场偏线圈的电流成正比，这一取样电阻上的信号电压经 4C15 的耦合，与 4R19 送来的电压反馈信号混合，一起由 4R15 加到场前置放大电路，所以这一负反馈具有电压和电流反馈的双重作用。

场偏转线圈是 8L1，8R5 是阻尼电阻，4C14 用来消除场频干扰。

7. 行振荡电路分析

如图 5-20 所示电路，行振荡电路基本上与场振荡电路一样，它由②脚内电路及②脚上的电容 5C3 (定时电容)、5R2、5R3、5R15、5RP1 和 5R16 组成。由 5L1 送来的直流电压通过各电阻对电容 5C3 构成充电回路，调整电阻 5RP1 可以改变充电回路的时间常数，从而可以改变行振荡频率，所以 5RP1 是行频调整电阻。

电容 5C3 的放电回路是由集成电路②脚内电路构成的。在对电容 5C3 充电时是行扫描的正程，电容 5C3 放电时是行扫描的逆程。

集成电路 D7609P 内电路中的行振荡频率是高于行频两倍的，从行振荡器输出的振荡信号要加到双稳态电路中进行二分之一的分频，以得到行频信号。采用两倍行频的目的是防止行频脉冲对场同步的干扰。

8. 行推动电路分析

图 5-20 所示电路中，行频信号在内电路中进行前置放大后，从集成电路的④脚输出，加到行推动管 5VT1 基极，放大后从其集电极输出，由行推动变压器 5B1 加到行输出管 5VT2 管基极上。

电路中，改变电阻 5R12 的大小可以改变行推动电流的大小。5R9 是集成电路内电路行前置放大管的集电极负载电阻，它与 5L3 和 5C11 构成滤波电路，滤除高频干扰。5R10 是基极限流电阻，5C13、5R11 和 5C12 用来消除高频振荡，其中 5C12 用来隔直流。

9. 行输出级电路分析

图 5-20 所示电路中，5VT2 是行输出管，5B2 是行输出变压器，5C16、5C17 和 5C20 是逆程电容，5VD3 是阻尼二极管，5C14 和 5C15 是 S 校正电容，5L6 是行线性调节器，5VD4 是升压二极管，5C18 是升压电容，8L2 是行偏转线圈。

5L4 和 5L5 用来降低流过行输出管集电极脉冲电流的变化率，以抑制行频辐射，5R13 是行管的基极限流电阻。

10. 几点说明

(1) 集成电路 TA7609P 与 D7609P 是完全相同的，可以直接互换，它们的应用电路是相同的。

(2) 行和场推动级、输出级电路是分立元器件电路，其他电路都在集成电路内部。

(3) 一块集成电路内电路中同时设有行和场扫描电路，以防止这两个电路之间的相互干扰。

(4) TA (D)7609P 采用了两个电源引脚，即将行扫描电路用⑮脚作为电源引脚，场扫描电路用⑰脚作为电源引脚。

六、集成电路扫描电路故障分析

1. 一般检查方法

修理扫描电路中的一般检查方法如下。

(1) 测量扫描集成电路的有关引脚直流电压是最常用的方法，要注意的是，有的引脚上的直流电压在有信号和没有信号时是不同的，若相同则说明有故障。

(2) 测量扫描集成电路有关引脚的交流电压也是一个有效检查手段，主要用于检查场扫描电路，测量时要在表笔上串联一个几十微法的电容(隔直流)。

(3) 对集成电路产生怀疑时, 可以测量集成电路某引脚对地之间的电阻(与标准资料对比), 相差较大时可以认为集成电路有问题。

(4) 当出现一条水平亮线故障时, 可以在场振荡器输出端施加一个干扰信号(手握住起子去接触电路中的干扰点, 彩电检查中不能用这种方法), 若此时水平亮线在垂直方向能拉开一些, 说明场振荡器之后的电路工作是正常的, 问题出在场振荡电路中, 否则是振荡器之后的电路有问题, 可以用同样的方法去干扰场推动级电路的输入端、输出端, 以进一步缩小故障范围。

(5) 当出现无光栅故障时, 只要电源电路工作正常(如伴音正常), 主要检查行扫描电路。先检查是否有高压(可以用电笔去接近行输出变压器, 若电笔亮说明高压正常, 否则无高压), 有高压时检查显像管的阴极直流电压(视放输出管的集电极直流电压)、无高压时测量行输出管基极上的直流电压, 正常时应有 $-0.1 \sim -0.3\text{V}$ 电压。

当此电压正常时, 说明行输出级之前的电路工作正常。否则就是行输出级之前的电路工作不正常。

(6) 在条件允许的情况下, 可以用示波器检查故障, 通过观察电路中有关测试点上是否有正常的波形来判断故障部位, 在电视机的整机电路图上均标出了有关测试点的信号波形。

(7) 在开始修理时, 先要根据具体的故障现象大致判断问题出在哪部分电路中。当出现一条水平亮线时, 说明场偏转线圈中没有锯齿波电流, 故障出在场扫描电路中(从场振荡器到场偏转线圈)。

当出现一条水平亮带故障时, 说明流过场偏转线圈的锯齿波信号幅度小了, 此时检查的电路范围是场振荡器之后的全部电路。

当出现一条垂直亮线故障时, 说明行偏转线圈中没有扫描电流流过, 由于此时已有一条垂直亮线, 说明高压是有的, 应重点检查行偏转线圈回路是否开路。

2. 扫描集成电路 D7609P 故障分析

(1) 当出现行、场均不同步故障时, 主要检查集成电路⑩脚上的元器件, 电容开路或容量变小、二极管开路。在正常情况下, ⑩脚上的直流电压在有信号和无信号时应该有变化, 若变化不足 0.6V , 说明输入⑩脚的全电视信号小, 检查电容的容量是否变小了、二极管的正向电阻是否变大了。

若集成电路⑩脚上的电压在无信号时为正, 而在有信号时不能变化到负, 则说明该引脚外电路中的电容或二极管开路了。

另外, 当集成电路⑤脚上的电压不正常也会出现行、场同时不同步的故障。

(2) 无光栅而伴音正常时, 说明电源电路工作正常, 问题出在行扫描电路中。此时, 测量集成电路⑮脚上的直流电压, 若无电压应检查该引脚的直流电压供给电路, 主要是检查滤波线圈、电阻是否开路, 滤波电容是否击穿。

当集成电路⑮脚外电路中元件良好, 而⑮脚电压和回路电流不正常时, 可以测量⑮脚的对地电阻, 若也不正常可以认为集成电路已损坏。

(3) 当出现一条水平亮线时, 主要测量集成电路⑪脚上的直流电压, 若为 0V , 则应检查该引脚的直流电压供给电路中元件是否开路。当⑪脚上直流电压正常时, 应检查场幅调整电位器是否正常。测量集成电路⑨脚上的直流电压, 并调节场幅电位器, 若⑨脚上的直流电

压不变化，可将场幅电位器两个引脚短接起来，若此时场幅拉开了，则说明场幅电位器开路了，在场幅电位器良好的情况下可以更换⑨脚上的电容试一试。测量集成电路⑩脚上的直流电压，并调节场频电位器，若调整时⑩脚的直流电压无变化，可以更换⑩脚上的电容试一试。测量集成电路⑦脚上的直流电压，若此引脚上的电压不正常而外电路中的元器件无异常时，可更换集成电路试一试。

(4) 当出现行不同步故障时，主要检查行逆程脉冲信号输入到鉴相器的耦合电容或电阻是否开路了。

(5) 当出现场不同步故障时，在测量集成电路⑪脚上的直流电压正常之后，测量⑫脚上的直流电压，若没有 -0.2V 电压，说明场同步信号未能加到场振荡器，或场同步信号未能分离出来。此时，主要检查场积分电路中的电阻是否开路，电容是否损坏。

测量集成电路⑭脚上的直流电压，若在有信号和无信号时该引脚上的直流电压无变化，而⑭脚外电路中元件又没有损坏时，可以更换集成电路试一试。

七、稳压集成电路 KC582C 工作原理

图 5-25 是电源集成电路 KC582C 的应用电路，这是一个稳压集成电路，除调整管需要外

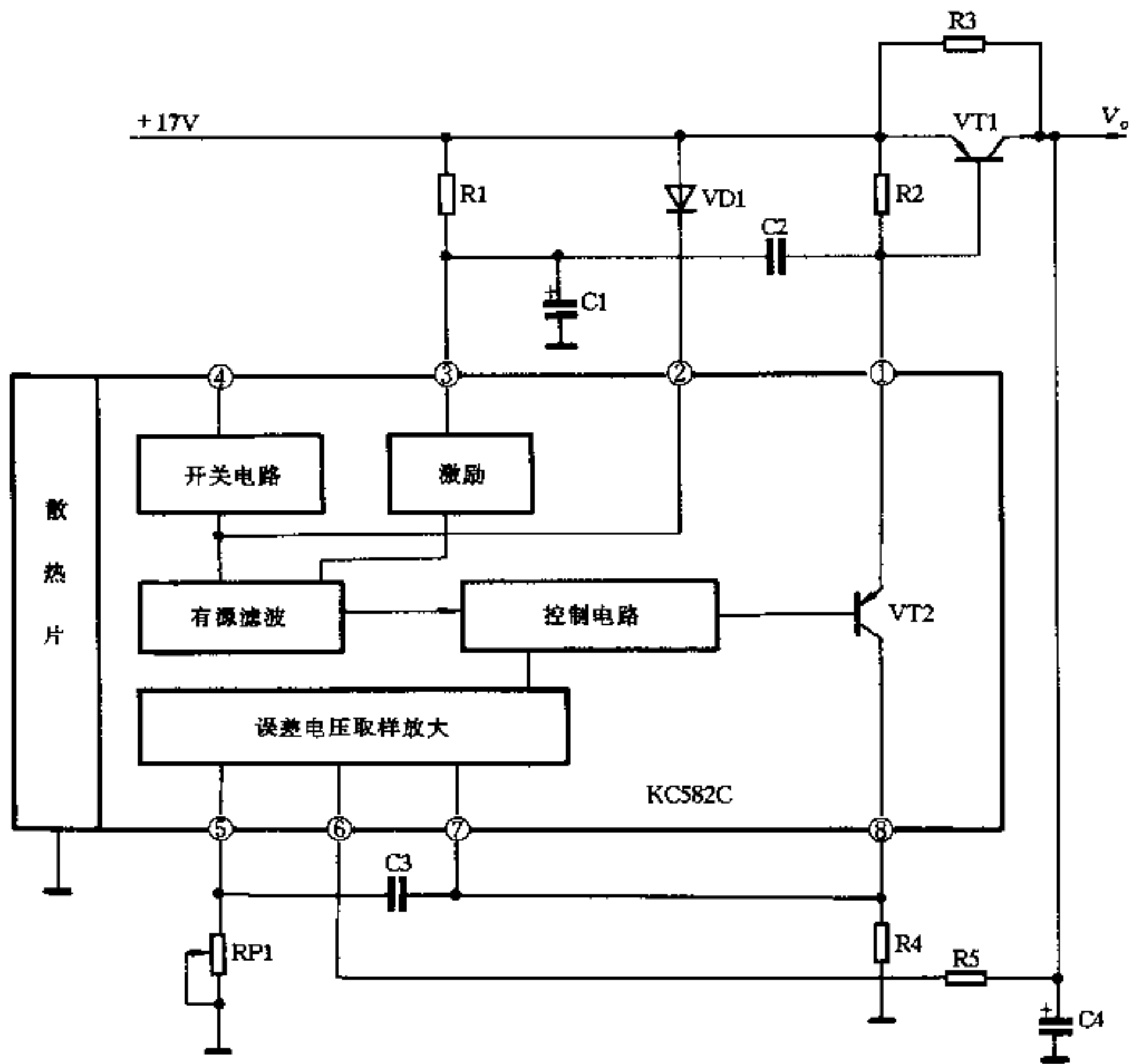


图 5-25 集成电路 KC582C

接外，其他电路均设在集成电路 KC582C 内电路中。

1. 内电路

从图 5-25 所示集成电路 KC582C 的内电路方框图中可以看出，这一集成电路内设开关电路、激励电路、有源滤波电路、控制电路和取样电压放大电路等。图 5-26 所示是集成电路 KC582C 的内电路。

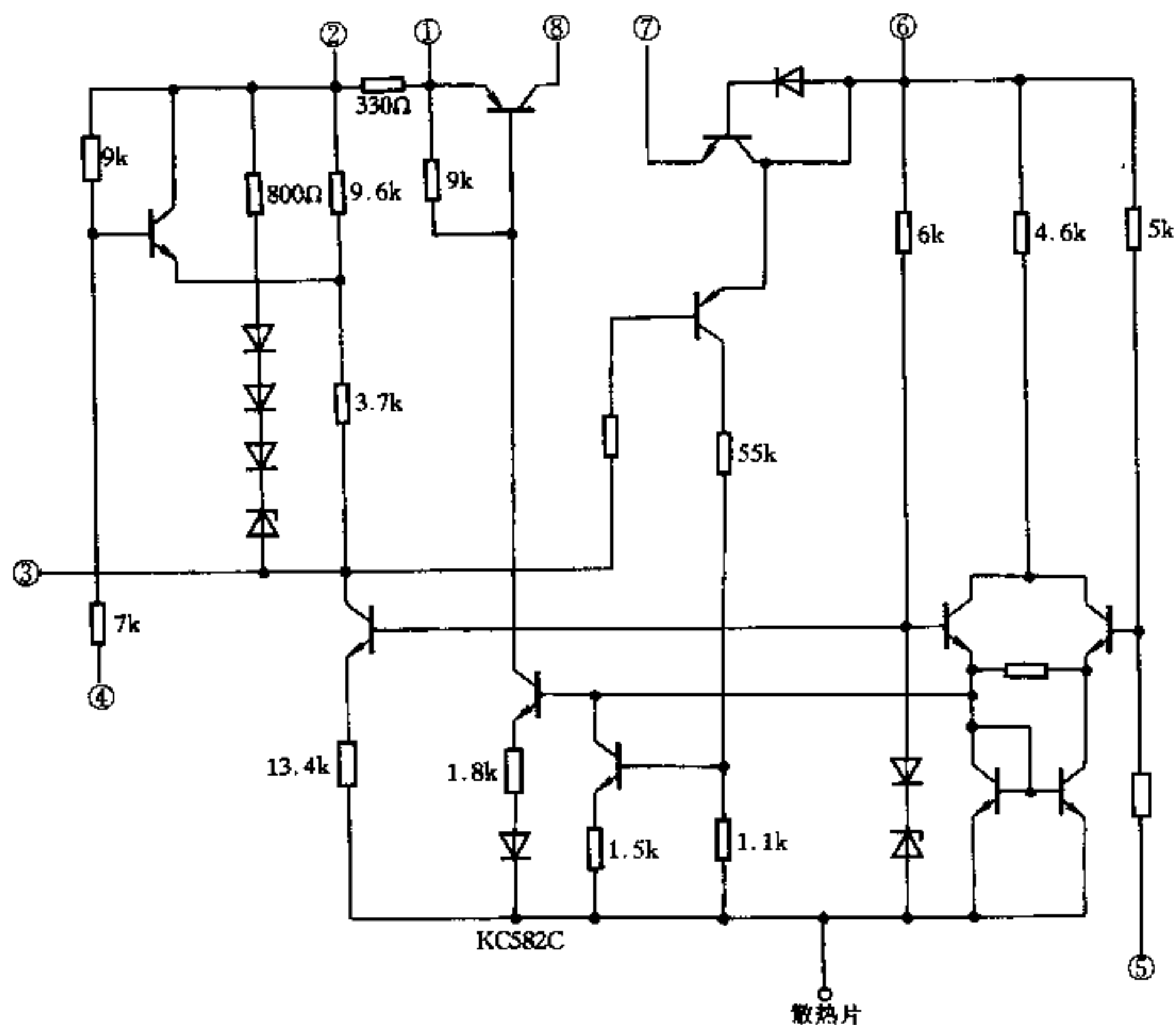


图 5-26 集成电路 KC582C 内电路

2. 引脚作用

集成电路 KC582C 共 8 根引脚，采用双列直插塑料封装结构，各引脚的作用如表 5-4 所示。

表 5-4 集成电路 KC582C 各引脚作用

引脚号	作用
①	调整管控制电压输出引脚，接外电路中的分立元器件调整管
②	有源滤波器直流偏置输入引脚
③	有源滤波器直流电压输入引脚
④	空(稳压电路控制端)
⑤	稳压取样信号输入引脚
⑥	外接稳压电源输出引脚
⑦	推动管钳位引脚
⑧	推动管集电极引脚

3. 稳压电路

如图 5-25 所示电路，集成电路 KC582C 的内电路中是不含调整管的，需要外接，VT1 就是调整管，R3 是启动电阻，开机后启动电阻 R3 给电路输出端加上未稳压的直流电压，这一电压经 R5 从集成电路⑥脚加到内电路中的取样电路和基准电压电路中，内电路中有关电路进入工作状态，①脚上有合适的电压（①脚内电路成回路了），使调整管 VT1 导通，稳压电路进入工作状态。

当输出端的直流电压升高时，集成电路的⑥脚电压也升高，通过内电路中的取样、比较放大和推动电路后，使①脚电压升高，调整管 VT1 基极电流减小，集电极电流减小，VT1 管集电极与发射极上的管压降增大，使输出端的直流电压下降，达到稳压的目的。同理，当输出端的直流电压下降时，通过内电路的一系列调整，使①脚电压下降，VT1 管基极电流增大，VT1 管集电极与发射极之间的管压降下降，使输出电压升高，达到稳定输出电压的目的。

4. 有源滤波电路

集成电路 KC582C 具有稳压和有源滤波两种电路功能，有源滤波器电路的工作原理是这样：在进行稳压时，要求加到调整管 VT1 发射极上的直流电压在 13 ~ 18V 之间，此时集成电路的③脚电压高于⑥脚上的电压，KC582C 这时起稳压作用。当由于交流市电压低于 150V 时，加到调整管 VT1 发射极上的直流电压只有 10.5 ~ 13V，此时③脚上的直流电压低于⑥脚上的电压，KC582C 不能起稳压作用，而只起一个电子滤波器的作用。

如若集成电路 KC582C 的内电路中不设有源滤波器，当加到 VT1 管发射极上的直流电压低于 13V 时，由于集成电路⑥脚电压太低，会使调整管 VT1 处于饱和状态，这时输出的直流电压中含有大量的交流成份。在加入有源滤波器电路之后，集成电路内电路中的一只三极管与集成电路③脚上的电容 C1 构成电子滤波器，这样可以大大地提高滤波效果。

电子滤波器电路的工作原理可以用如图 5-27 所示的电路来说明。电路中，+V 是直流输入电压， V_o 是经过电子滤波器滤波后的直流电压，VT1 是电子滤波管，C1 是接在 VT1 管基极与地端之间的滤波电容，R1 是 VT1 管的偏置电阻。

这一电路的工作原理可以这样去理解，电阻 R1 是 VT1 管的偏置电阻，流过它的电流是 VT1 管基极电流，因基极电流很小，所以 R1 的阻值可以取得比较大。R1 与 C1 构成一节 RC 滤波电路，因为 R1 的阻值较大，所以滤波效果很好，即 VT1 管基极直流电压中的纹波电压很小，由于发射极电压跟随基极电压的特性，所以 VT1 管发射极输出的直流电压中的纹波电压也是很小的，这样电子滤波器的滤波效果是很好的。

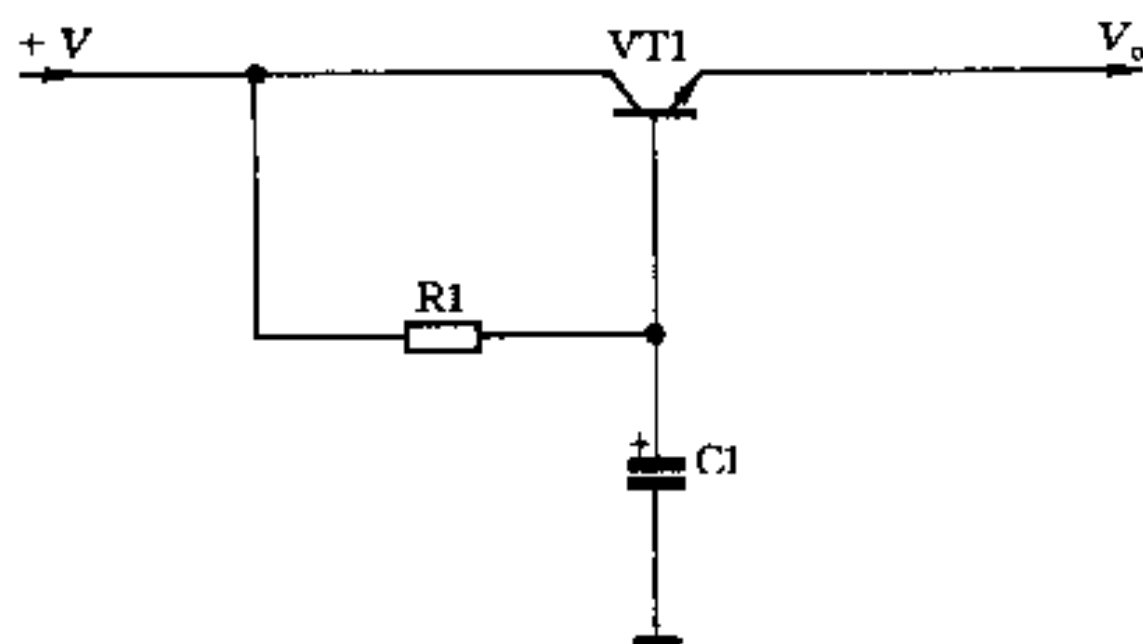


图 5-27 电子滤波器电路

通过对电子滤波器电路的定量分析后可以知道，电子滤波器的滤波效果相当于一只 $C1 \times \beta$ 这么大的电容器滤波效果， β 为电子滤波管 VT1 的电流放大倍数。当 C1 为 $100\mu\text{F}$ ， β 为

50 时，相当于一只 $5000\mu\text{F}$ 电容的滤波效果。

5. 保护电路

在集成电路 KC582C 的内电路设有输出端短路保护电路和内电路中推动管保护电路。在串联调整型稳压电路中，当输出端对地短路时，会有很大的电流流过调整管，这样会烧坏调整管，为此要设置输出端短路保护电路。当输出端对地短路之后，集成电路⑥脚电压为 0V，通过内电路中有关电路使①脚直流电压很高，导致调整管 VT1 处于截止状态，达到保护调整管的目的。

推动管保护电路的工作原理是：在修理中若不小心将调整管 VT1 开路了，或由于故障使调整管 VT1 开路了，流过负载的电流通过内电路中的推动管，这样会损坏推动管，为此设置了推动管保护电路。当调整管 VT1 开路后，通过内电路使流过推动管的电流比较小，这样达到保护推动管的目的。

6. 其他电路

如图 5-25 所示电路，集成电路⑤脚与地之间接入可变电阻器 RP1，这是输出电压微调电阻，改变 RP1 的阻值大小，可以改变流入①脚的调整管基极电流大小，可以改变稳压电路输出电压的大小。

集成电路④脚一般是空着的，改变④脚的电压大小，能够改变③脚的电压大小，从而可以改变调整管的基极电流大小，改变稳压电路输出电压的大小。

7. 几点说明

关于稳压集成电路 KC582C 需要说明以下几点。

(1) 集成电路 KC582C 具有稳压和电子滤波器的双重功能，但这两个电路功能不是同时存在的，是受输入稳压电路的直流电压大小自动控制的，当输入的直流电压正常时，集成电路具有稳压功能而没有电子滤波器的作用，当输入的直流电压比较低时，集成电路具有电子滤波器的作用而没有稳压功能。另外，集成电路 KC582C 具有两种保护电路，即输出端短路保护电路和推动管保护电路。

(2) 电子滤波器电路是没有稳压作用的，只有滤波作用，电子滤波管不是调整管。

八、稳压集成电路 KC582C 电路故障分析

集成稳压电路出现故障之后，也会造成无直流电压输出、输出直流电压低、输出直流电压纹波大等。

图 5-25 所示集成电路 KC582C 的故障需要说明以下几点。

(1) 当没有输入直流电压时，电路无直流电压输出。

(2) 当调整管 VT1 开路之后，流过启动电阻 R3 的电流增大，R3 发热，将存在烧坏 R3 的危险，同时输出直流电压是不稳定的。

(3) 当启动电阻 R3 开路后，无直流电压输出。

(4) 当可变电阻 RP1 接触不良时，输出电压的大小不正常。

(5) 当集成电路 KC582C 损坏时, 可能使输出直流电压为 0V, 也有可能使输出电压增大。

(6) 当滤波电容 C4 击穿或严重漏电时, 输出直流电压为 0V 或很低, 此时集成电路 KC582C 将进入保护状态。

第二节 步入数字集成电路天地

一、逻辑门电路

逻辑门电路是数字电路中最基本的单元电路, 是构成各种逻辑功能电路的基本电路。逻辑是指思维的规律性, 在电子电路上能够实现逻辑功能的电路就称为逻辑电路。在数字电路中, 最基本的逻辑电路则是按简单规律动作的电子开关电路, 将这种电子开关电路称之为逻辑门。

数字电路中最基本的器件为电子开关, 它只有两个状态: 一是开关开; 二是开关关。数字系统电路中的电子开关电路就是逻辑门电路。

逻辑门电路又叫逻辑电路。逻辑门电路的特点是只有一个输出端, 而输入端可以只有一个, 也可以有多个, 且常常是输入端多于 1 个。

逻辑门电路的输入端和输出端只有两种状态: 一是输入、输出高电平状态, 此时用 1 表示; 二是输入、输出低电平状态, 此时用 0 表示。

1. 基本门电路种类

(1) 按逻辑功能划分

按逻辑功能划分基本的逻辑门电路主要有或门电路、与门电路、非门电路、或非门电路和与非门电路。

(2) 按门电路器件划分

按照构成门电路的电子元器件种类来划分, 门电路有二极管门电路、TTL 门电路和 MOS 门电路。

2. 或门电路

或门电路可以完成或逻辑。图 5-28 所示电路可以说明或逻辑的概念, 图中三个开关 S1、S2、S3 相并联, 对于要灯泡 DX 亮而言, 只要 S1、S2 或 S3 中有一个开关接通, 灯泡 DX 便能点亮。这种要灯泡亮的条件称之为“或”逻辑, 能够实现或逻辑的电路称之为或门电路。

图 5-29 所示是或门电路的逻辑符号和由二极管构成的或门电路, 图 5-29 (a) 是过去采用的或门电路的

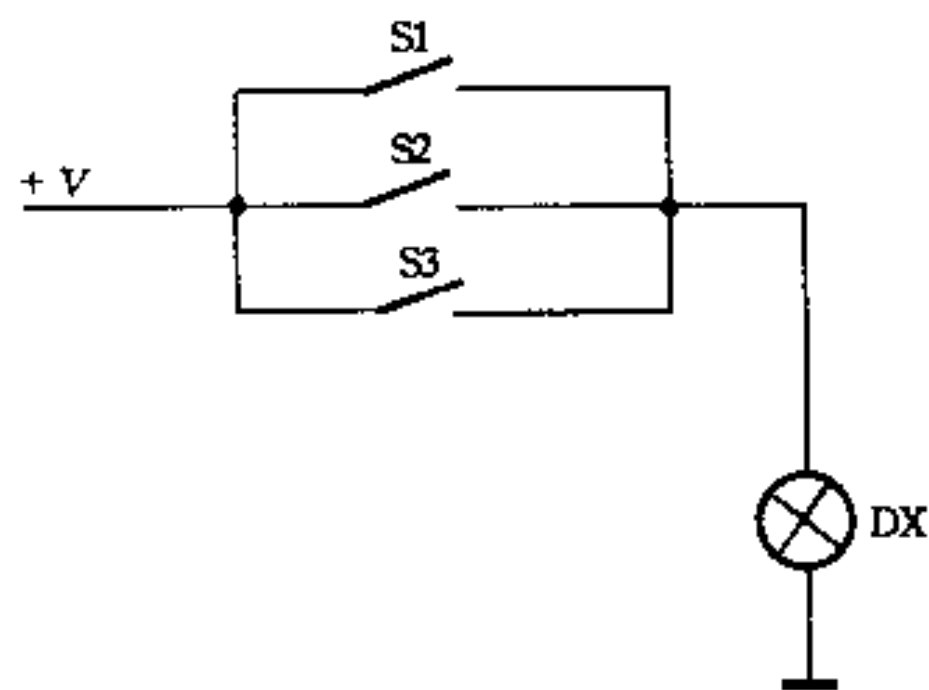


图 5-28 或逻辑示意图

电路符号，方框中用 + 号表示是或逻辑。图 5-29 (c) 是最新规定的或门电路符号，注意新规定中的符号与老符号不同。这里图中的或门电路共有三个输入端 A、B、C，输出端是 F，其他或门电路可以是两个输入端，或是有更多的输入端，但无论或门电路有多少个输入端，或门电路的输出端只有一个。从或门电路符号中可以知道或门电路有几个输入端。图 5-29 (b) 是由二极管构成的有三个输入端的或门电路。

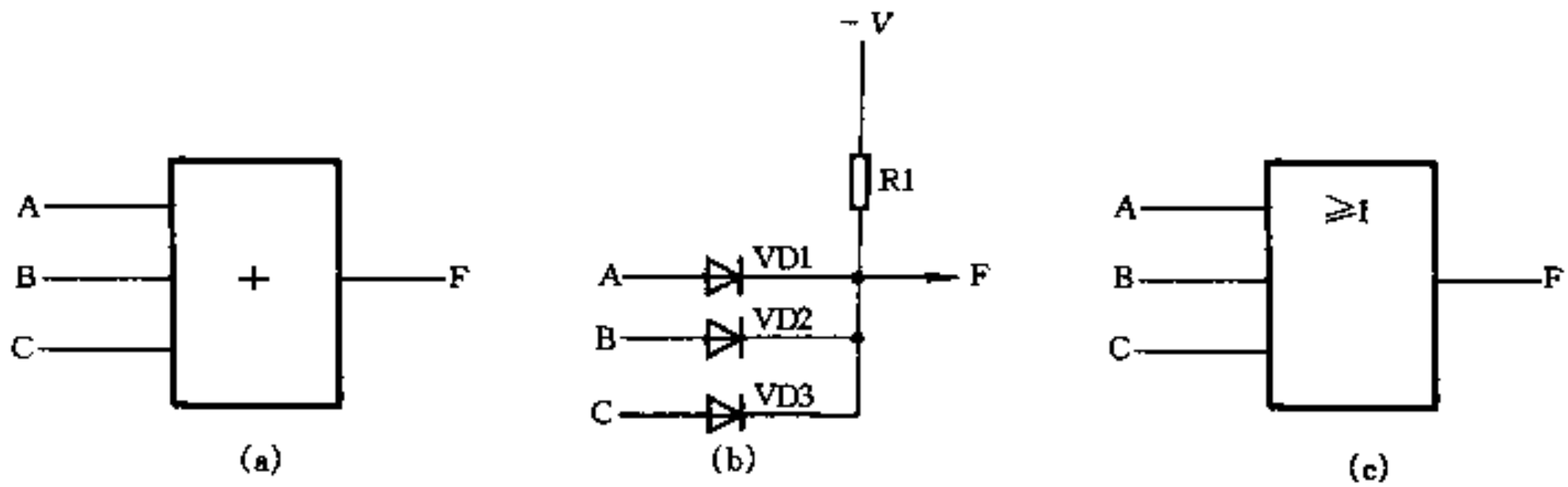


图 5-29 或门电路符号

或逻辑是这样：各输入端都是 0 时，输出端才输出为 0。只要输入端有一个为 1，则输出端 F 就为 1。为了帮助记忆或门电路的逻辑关系，可将它说成“有 1 出 1”，也就是只要或门电路中的任意一个输入端为 1，不管其他输入端是 0 还是 1，输出端 F 都是 1。

3. 与门电路

与门电路可以完成与逻辑。与逻辑的概念可用如图 5-30 所示的开关电路说明，图中三个开关 S1、S2、S3 相串联，对要灯泡 DX 亮而言，必须做到三个开关 S1、S2 和 S3 同时接通，若三个开关中有一个开关没有接通，灯泡 DX 因为电路不成回路而不能点亮。这种要灯泡亮的条件称之为“与”逻辑，与门电路能够实现与逻辑。

图 5-31 是与门电路电路符号和由二极管构成的与门电路。图 5-31 (a) 为与门电路符号，这是过去的电路符号，最新规定的与门电路符号如图 5-31 (c) 所示，从这一符号中可以知道与门电路中有几个输入端。图 5-31 (b) 是由二极管构成的具有三个输入端的与门电路，当然与门电路可以有更多的输入端，但输入端最少不可以少于两个，图中 A、B、C 为这一与门电路的三个输入端，F 为输出端。

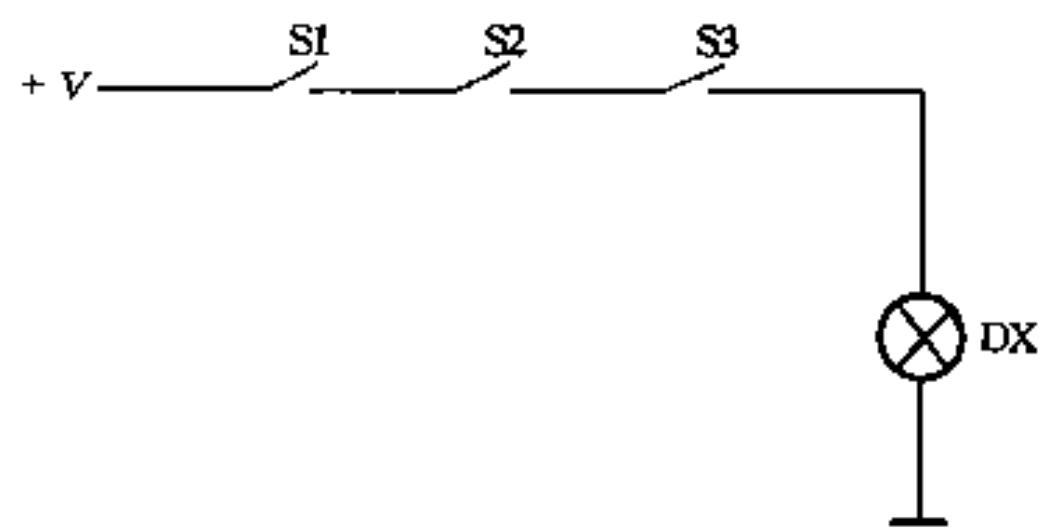


图 5-30 与逻辑示意图

在与门电路中，只有当输入端都为 1 时，输出端才为 1。当输入端有一个为 0 时，输出端即为 0，为了便于记忆与门电路的逻辑关系，可说成“全 1 出 1”，即只有与门电路的全部输入端为 1 时，输出端才为 1，否则与门电路输出为 0。

从或门电路和与门电路可以看出：对于与门电路而言，对 1 状态而言是与逻辑，而对 0 状态而言是或逻辑。在或门电路中，对于 1 状态是或逻辑，而对 0 状态而言是与逻辑。所以，与逻辑、或逻辑是相对的，不是绝对，是有条件的。

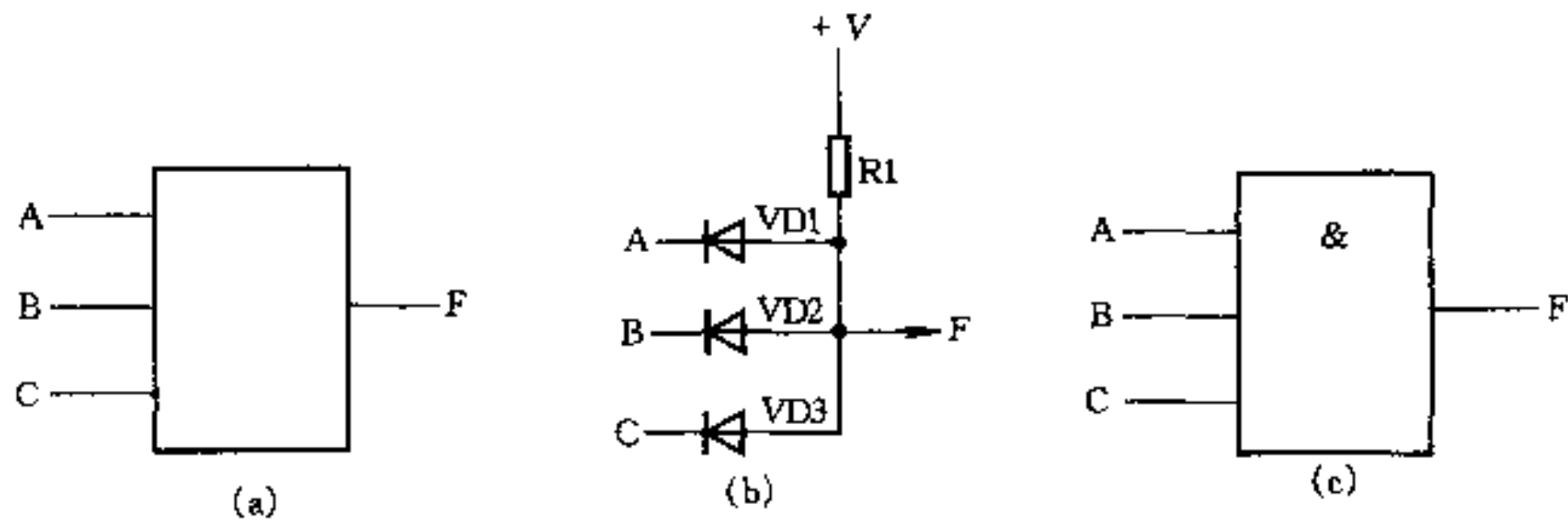


图 5-31 与门电路符号

通常，在未加说明时是指 1 状态的逻辑关系，可称为正逻辑。正的或门电路是负的与门电路，而正的与门电路是负的或门电路。正逻辑指输出高电平为 1 状态，负逻辑指输出低电平为 0 状态。

4. 非门电路

所谓非逻辑就是相反，如 1 的非逻辑是 0，0 的非逻辑是 1。数字系统中的非逻辑可以用非门电路来实现。

非门电路无法用二极管构成，使用晶体三极管构成。图 5-32 (a) 是用晶体三极管构成的最简单非门电路示意图，图 5-32 (b) 是最新规定的非门电路符号，在过去的非门电路符号中没有 1 标记。

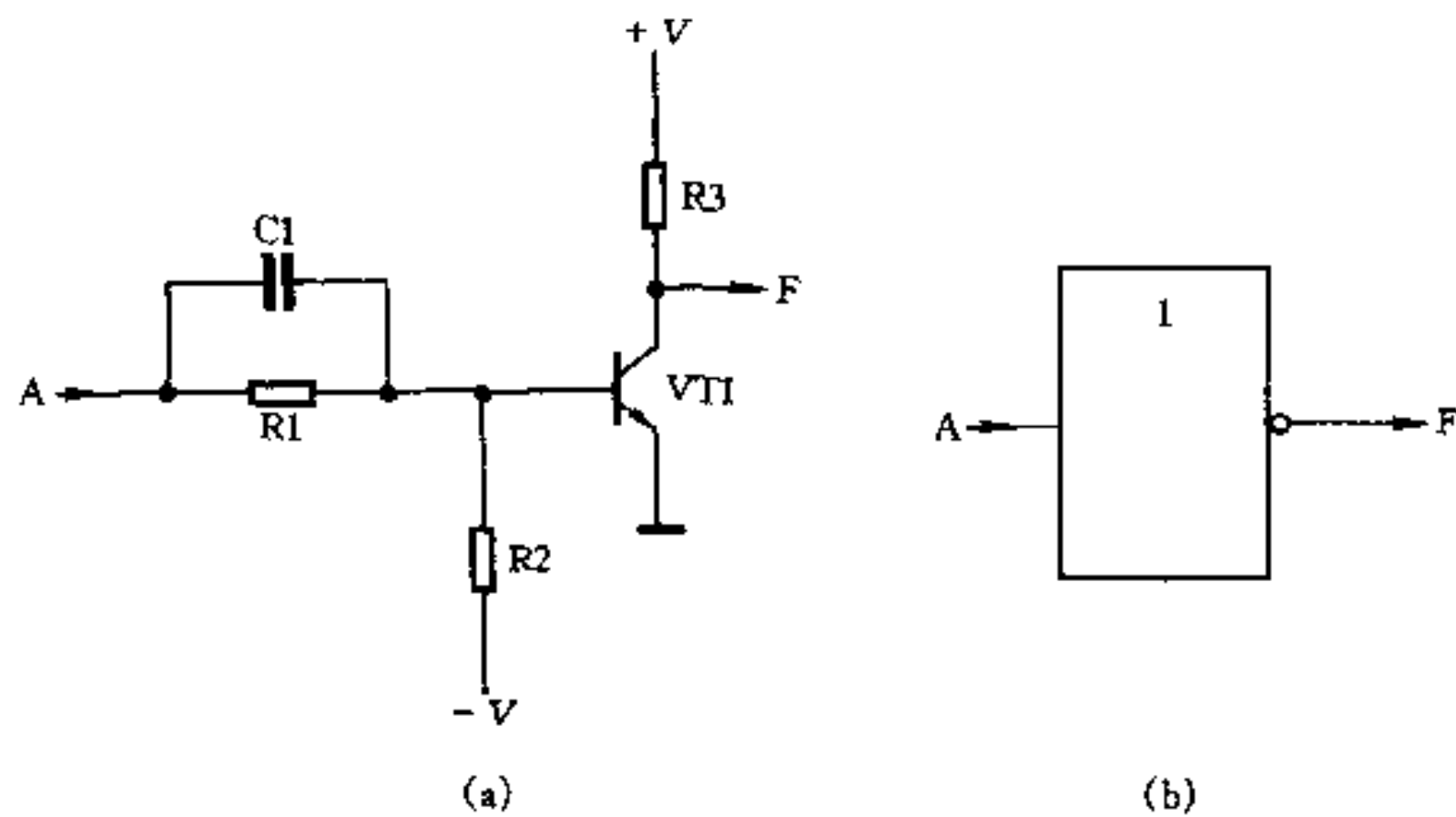


图 5-32 非门电路符号

非逻辑是这样：输入端为 0 时，输出端为 1；输入端为 1 时，输出端为 0。

5. 与非门电路

前面介绍过与门电路和非门电路，与非门电路就是实现先与逻辑再非逻辑的电路。由于与非门电路中存在非逻辑，所以这种电路要使用三极管。

图 5-33 所示是与非门电路符号，图 5-33 (a) 是过去规定的与非门电路的电路符号，这是一个具有三个输入端的与非门电路。图 5-33 (b) 为最新规定的与非门电路符号，在新符号中

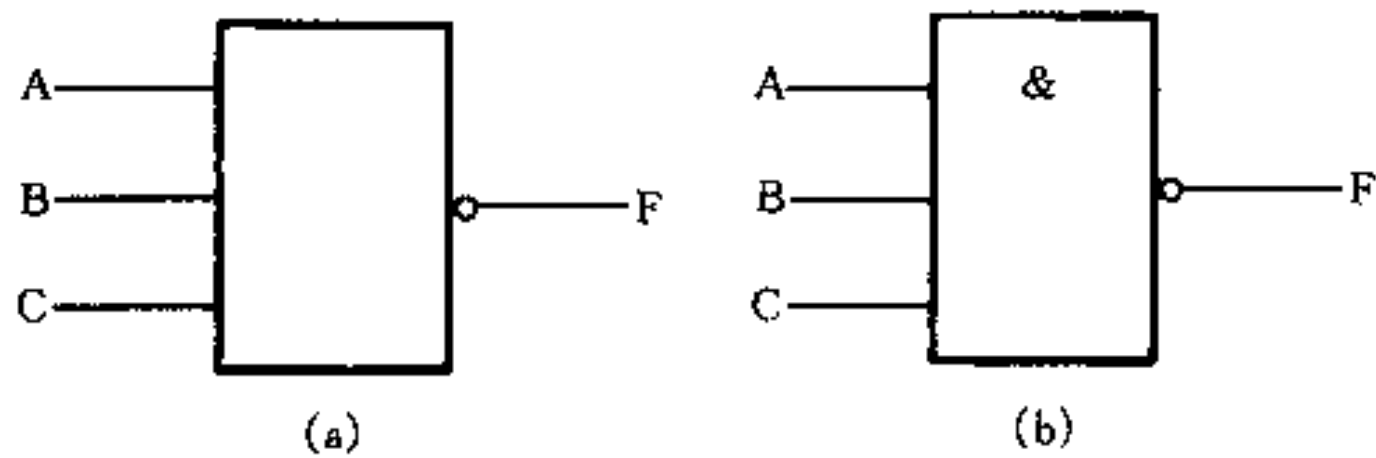


图 5-33 与非门电路符号

多了一个 & 符号。

与非门电路输出端 F 与输入端之间的与非逻辑关系是：只有当所有输入端都是 1 时，输出端才是 0，只要输入端中有一个是 0，输出端就是 1。与非逻辑实际上也是很好理解的，因为与非门就是先与逻辑，然后再非逻辑。而与逻辑只有所有输入端都是 1 时，输出端才是 1，1 的非逻辑是 0，所以与非门电路中的所有输入端为 1 时，输出端才是 0。

6. 或非门电路

或非门电路是在或门电路之后再接一个非门电路，从逻辑功能上讲这种电路可以实现先或逻辑再非逻辑的功能。

图 5-34 是或非门电路符号，其中图 5-34 (a) 是过去规定的或非门电路符号，图 5-34 (b) 是最新规定的或非门电路符号。从或门电路符号中可看出，同与非门电路的电路符号中相同在右侧有一个小圆圈表示是非门。电路符号中的 A、B、C 分别是三个输入端，F 是输出端。

或非逻辑是这样：输入端全 0 时，输出 1；输入端只要有 1，输出就是 0。

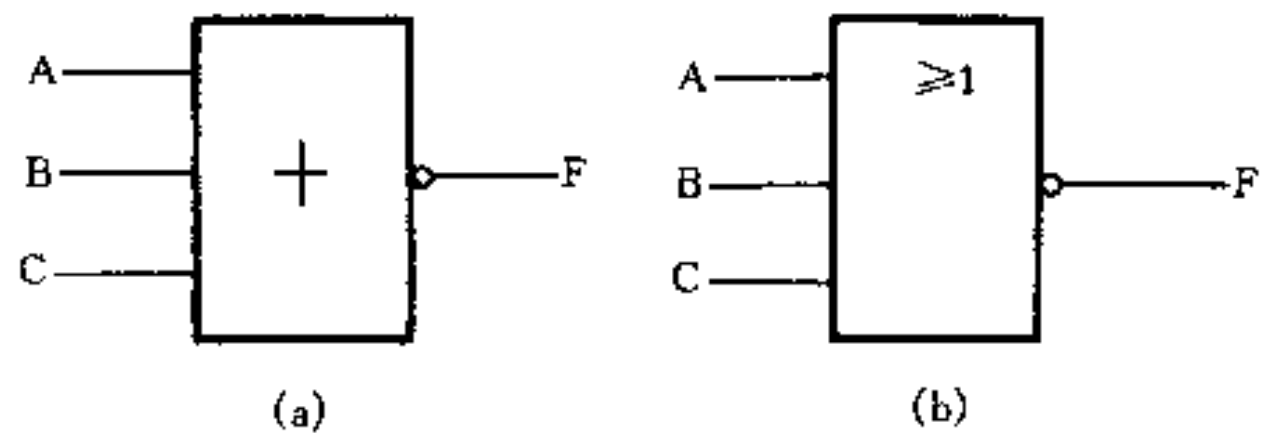


图 5-34 或非门电路符号

7. TTL 与非门扩展器电路

多发射极三极管受制造工艺的限制，其发射极数目一般不能多于五个，但是数字系统中往往要求有更多输入端的与非门电路，此时可用 TTL 与非门扩展器

来解决这一问题，图 5-35 (a) 是 TTL 与扩展器电路符号，图 5-35 (b) 是与扩展器和与门电路相连后的电路。从图中可看出，上面是一个与门电路只有五个输入端 A、B、C、D 和 E，在使用了与扩展后可将输入端扩展到 10 个。

8. 与或非门电路

与或非门电路是由两个或两个以上与门、一个或门及一个非门串联起来的门电路，图 5-36 是这种逻辑门电路结构示意图和电路符号。图 5-36 (a) 所示是逻辑门电路结构示意图，图 5-36 (b) 所示是过去采用的与或非门电路符号，图 5-36 (c) 所示是最新规定的与或非门电路符号。

四个输入端 A、B、C、D 先两个与逻辑运算，再对结果进行或逻辑运算，最后再次进行非逻辑运算。

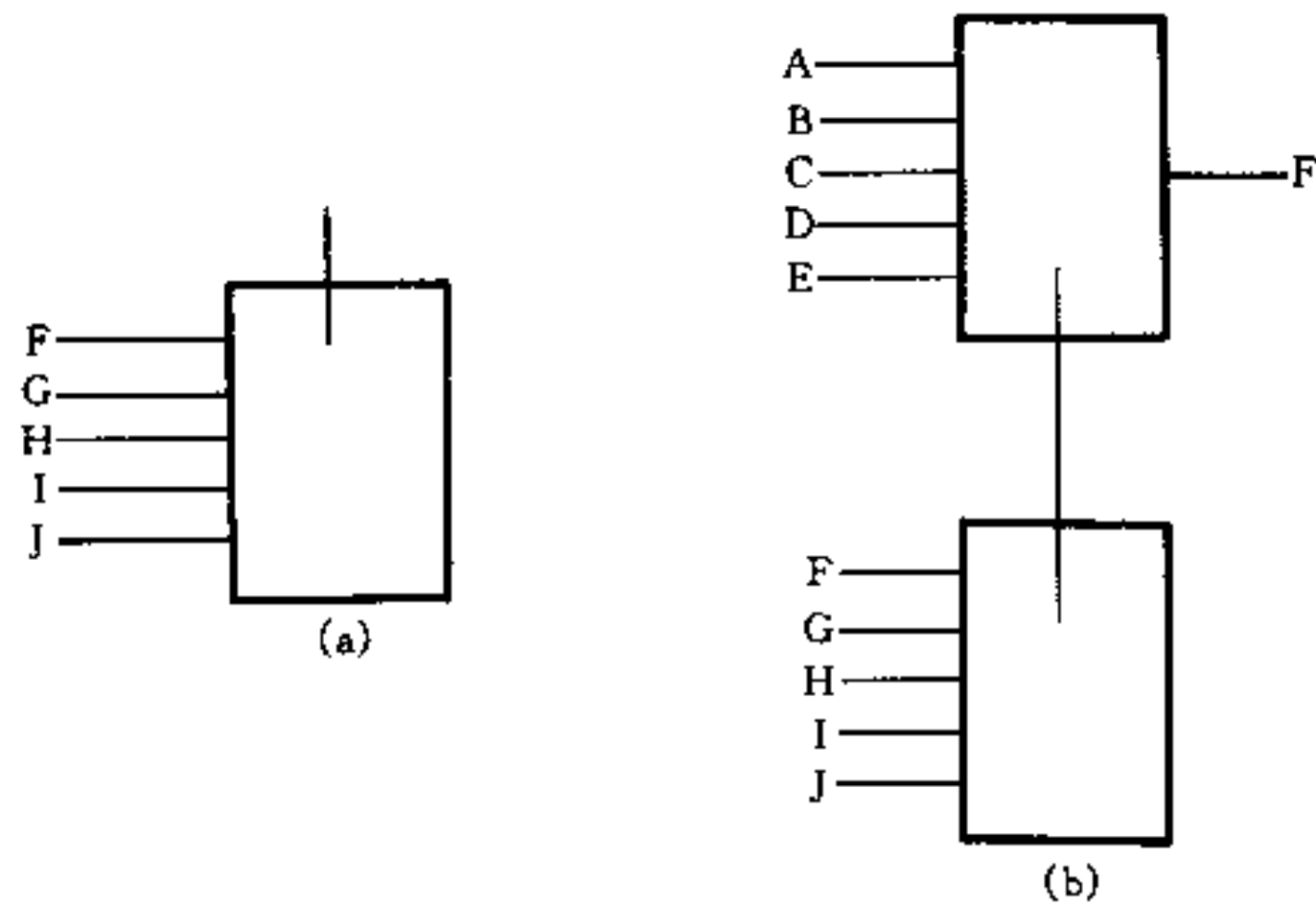


图 5-35 TTL 与非门扩展器电路

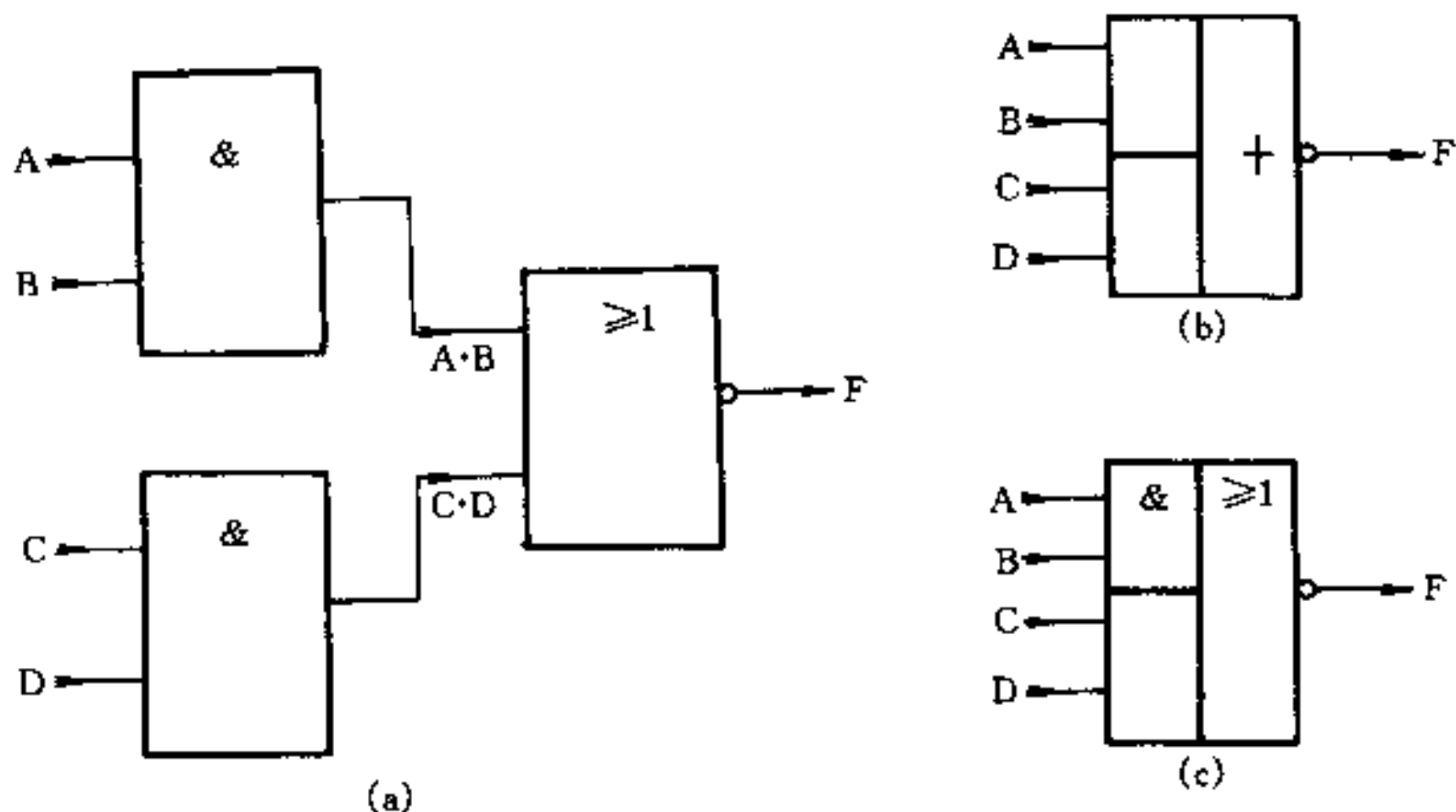


图 5-36 与或非门电路结构和电路符号

9. 异或门电路

图 5-37 所示是异或门电路符号。这种逻辑门电路只有两个输入端，一个输出端，输出端与输入端之间的逻辑关系是：当两个输入端一个为 1，另一个为 0 时，输出端为 1；当两个输入端都是为 1 或都是为 0 时，输出端为 0。

10. OC 与非门电路

OC 门又称为集电极开路与非门，它的逻辑功能同其他与非门电路一样，只是具体的与非门电路结构不同，图 5-38 (a)所示是一个三输入端的 OC 与非门电路，图 5-38 (b)所示是这种与非门的电路符号。

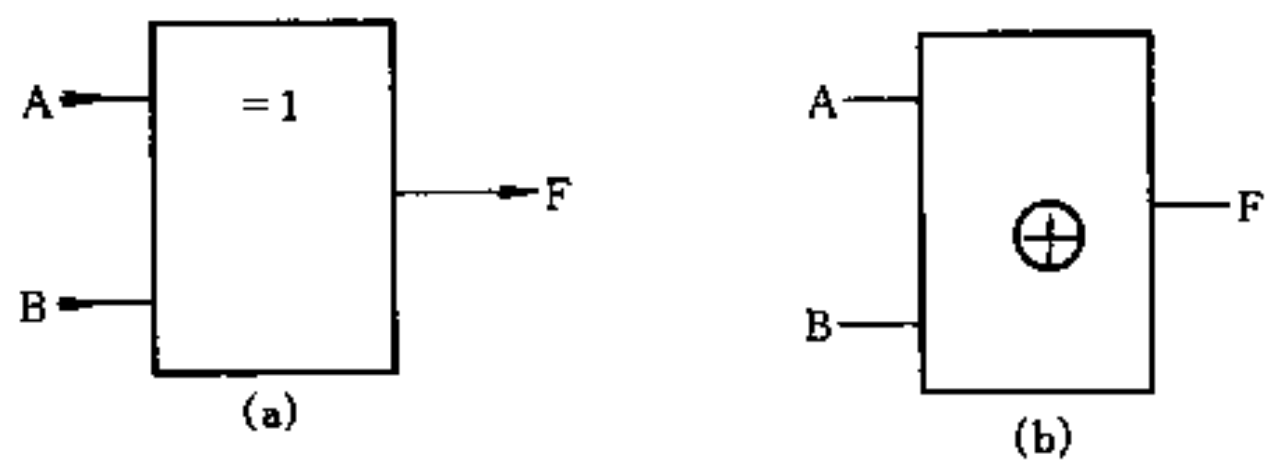


图 5-37 异或门电路符号

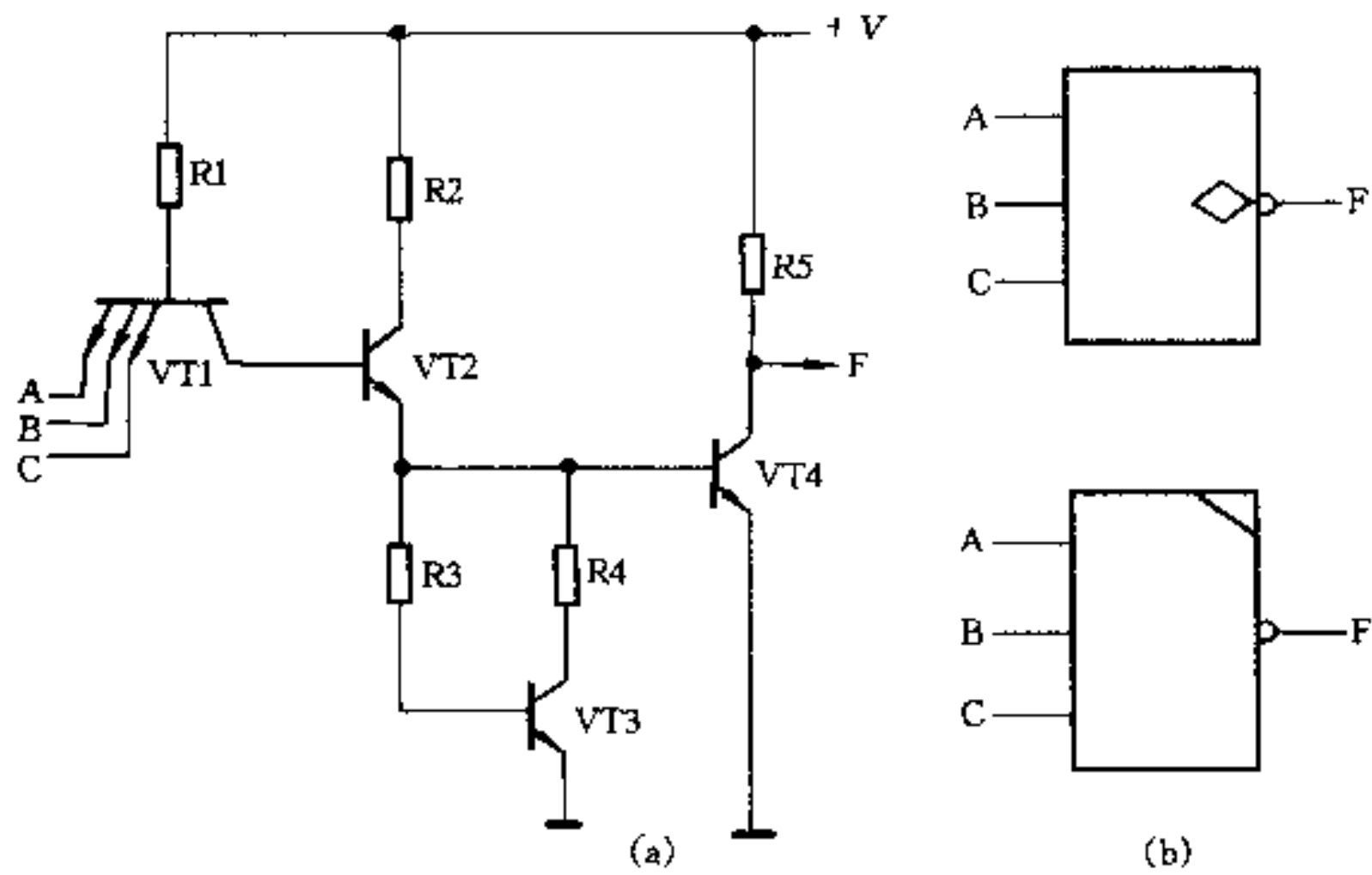


图 5-38 OC 与非门电路符号

可以用 OC 与非门实现“线与”电路。所谓线与电路就是不必使用与门电路，而是将 OC 与非门电路输出端直接相连，以实现与逻辑的电路。在数字系统中，时常需要将几个来自不同电路的数据接到一个公共总线上，此时可以采用 OC 与非门实现线与电路。

11. TSL 门电路

TSL 门又称为三态门。前面介绍各种门电路的输出端输出状态只有两种：一是高电平 1，二是低电平 0。三态门输出端状态有三种，除高电平 1 和低电平 0 之外，还有一态是高阻状态，或称为禁止状态。

当这种门电路输出端处于 1 或 0 状态时，与前面介绍的门电路相同，当三态门电路处于高阻状态时，门电路的输出级管子处于截止状态，整个三态门电路相当于开路，输入端的输入信息对此时的门电路输出端状态不起作用。三态逻辑门电路也是为了实现线与电路而设计的。

图 5-39 所示是三态门电路符号。三态门电路控制端对门电路控制状态有两种情况：一是控制端为高电平 1 时，门电路进入高阻状态，此时的三态门电路符号见图 5-39 (a)，控制端 C 上有一个小圆圈。二是控制端为低电平 0 时，门电路进入高阻状态，此时三态门电路符号见图 5-39 (b)，这时的三态门电路符号中控制端 C 上没有小圆圈。

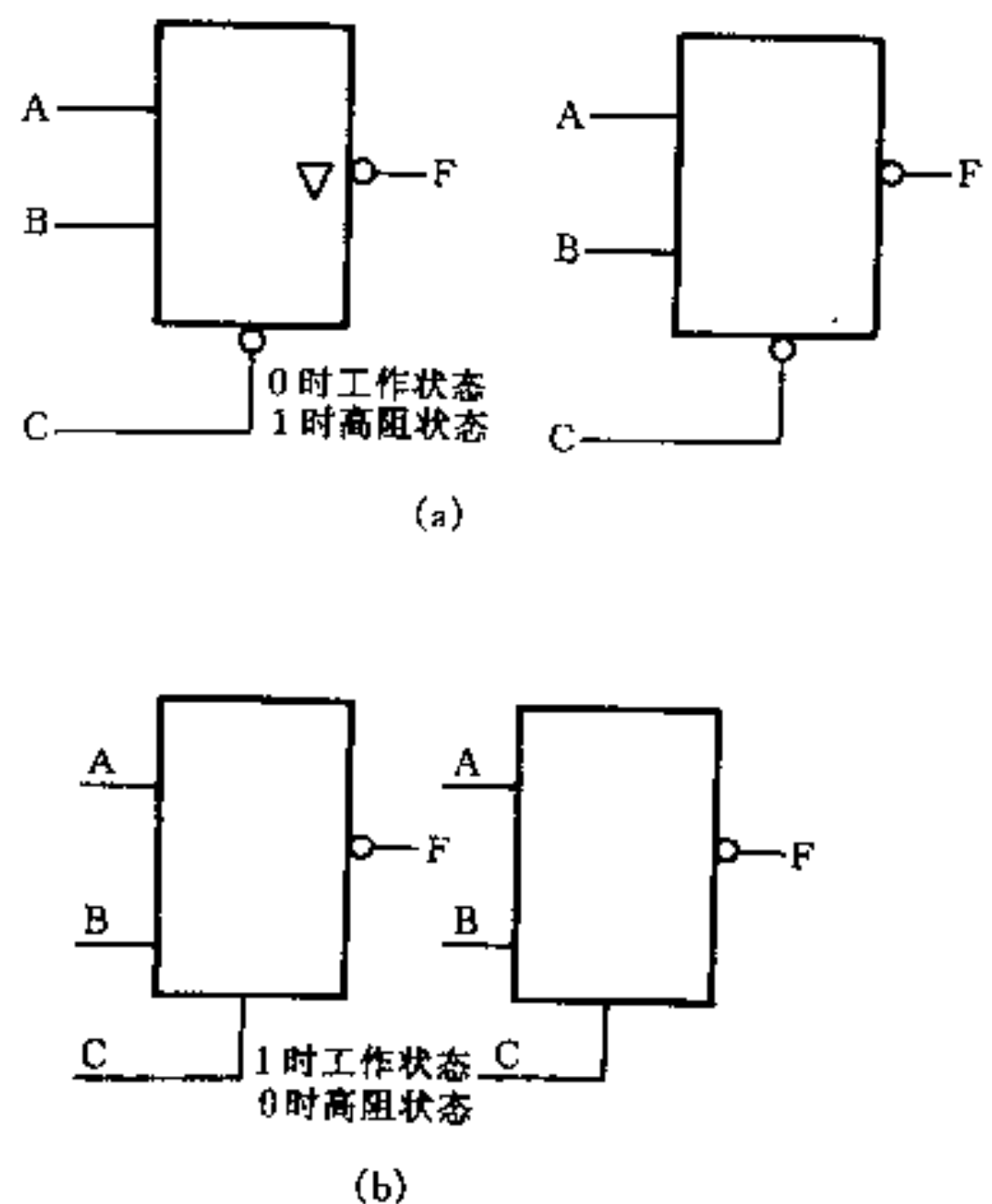


图 5-39 三态门电路符号

12. 复合门电路

采用分立元器件二极管和三极管组合而成的门电路称为复合门电路，这种门电路在带负载能力、工作速度和可靠性等方面都是比较好的。

13. DTL 门电路

DTL 意为二极管—三极管逻辑门电路，这种门电路是最简单的集成电路门电路。

14. STTL 门电路

STTL 门电路中文名称有抗饱和 TTL 门电路，或称为肖特基钳位 TTL 门电路，这种门电路传输速度很高，是 TTL 门电路的改良型门电路，这种门电路中采用了肖特基势垒二极管。

15. ECL 门电路

ECL 中文称之为射极耦合逻辑门电路，这种电路又称为电流开关型电路，即 CML 逻辑门电路，这种门电路也是 TTL 门电路的改良型电路。

16. I^2L 门

I^2L 中文意思为集成注入逻辑门，这是一种高集成度的双极型逻辑电路，这种门电路的基本结构如图 5-40 (a) 所示，图 5-40 (b) 所示是这种逻辑门的电路符号。

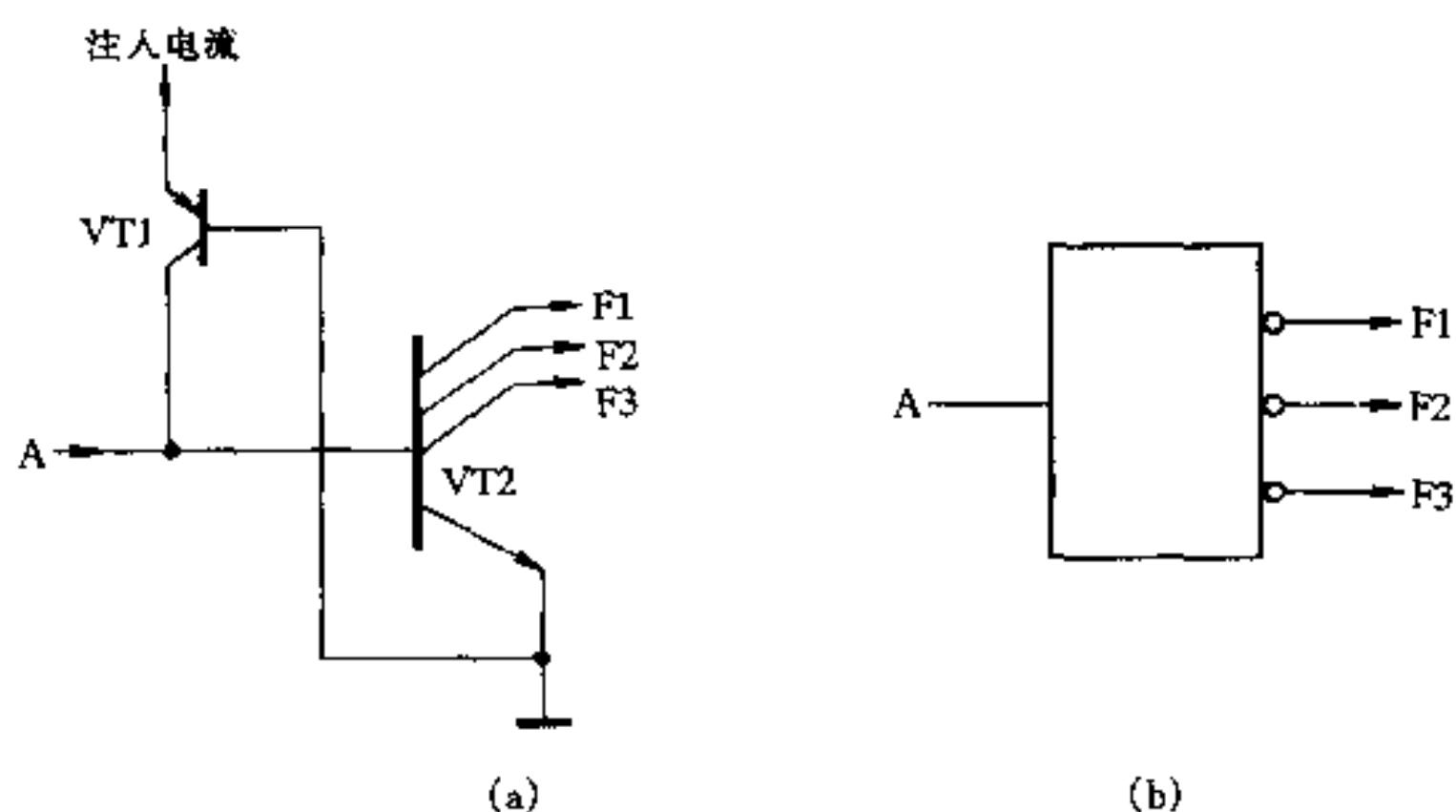


图 5-40 I^2L 门电路符号

这种门电路中使用的是多集电极三极管，各集电极都是门电路的输出端，所以这种门电路的输出端不是一个而是有多个。虽然基本的 I^2L 门电路是一个反相器电路，但是运用这种基本门电路可以组成或非门等各种逻辑门电路。

17. CMOS 传输门

CMOS 传输门就是用 CMOS 电路构成的传输门，所谓传输门就是一种可控开关电路，它接近于一个理想的电子开关。图 5-41 (a) 所示是 CMOS 传输门的电路结构示意图，图 5-41

(b)所示是这种门电路的电路符号。

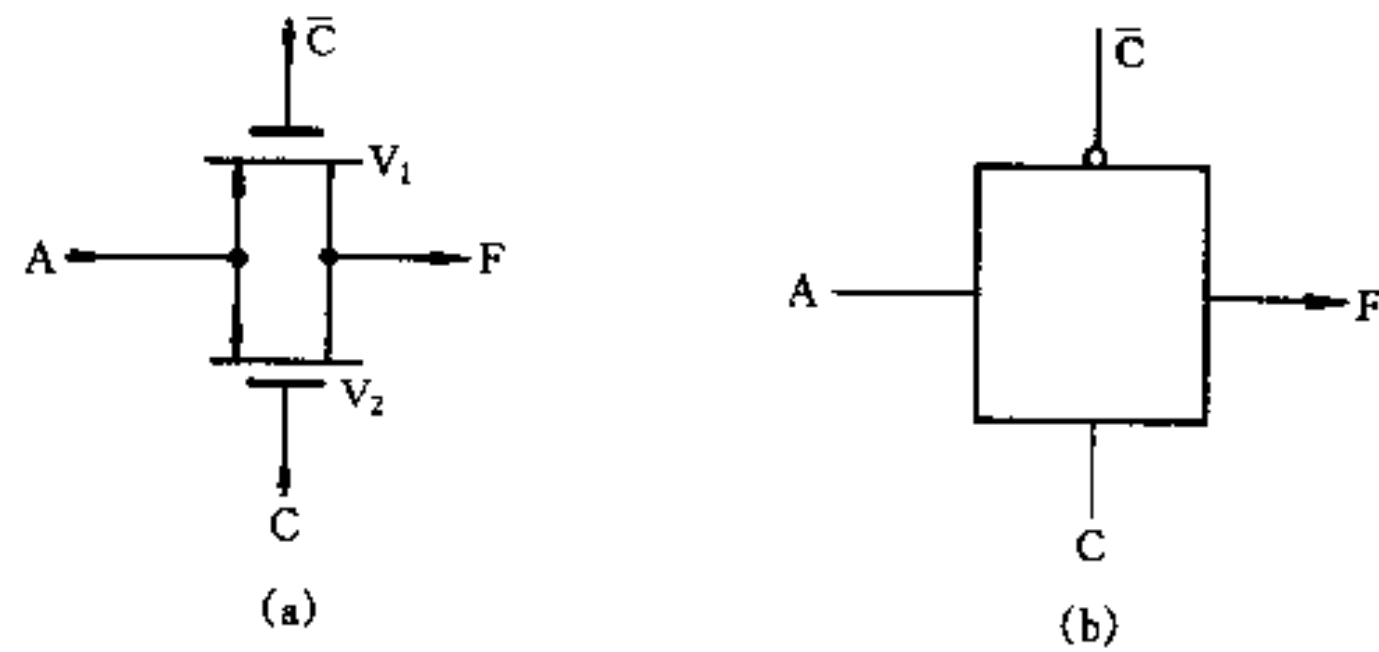
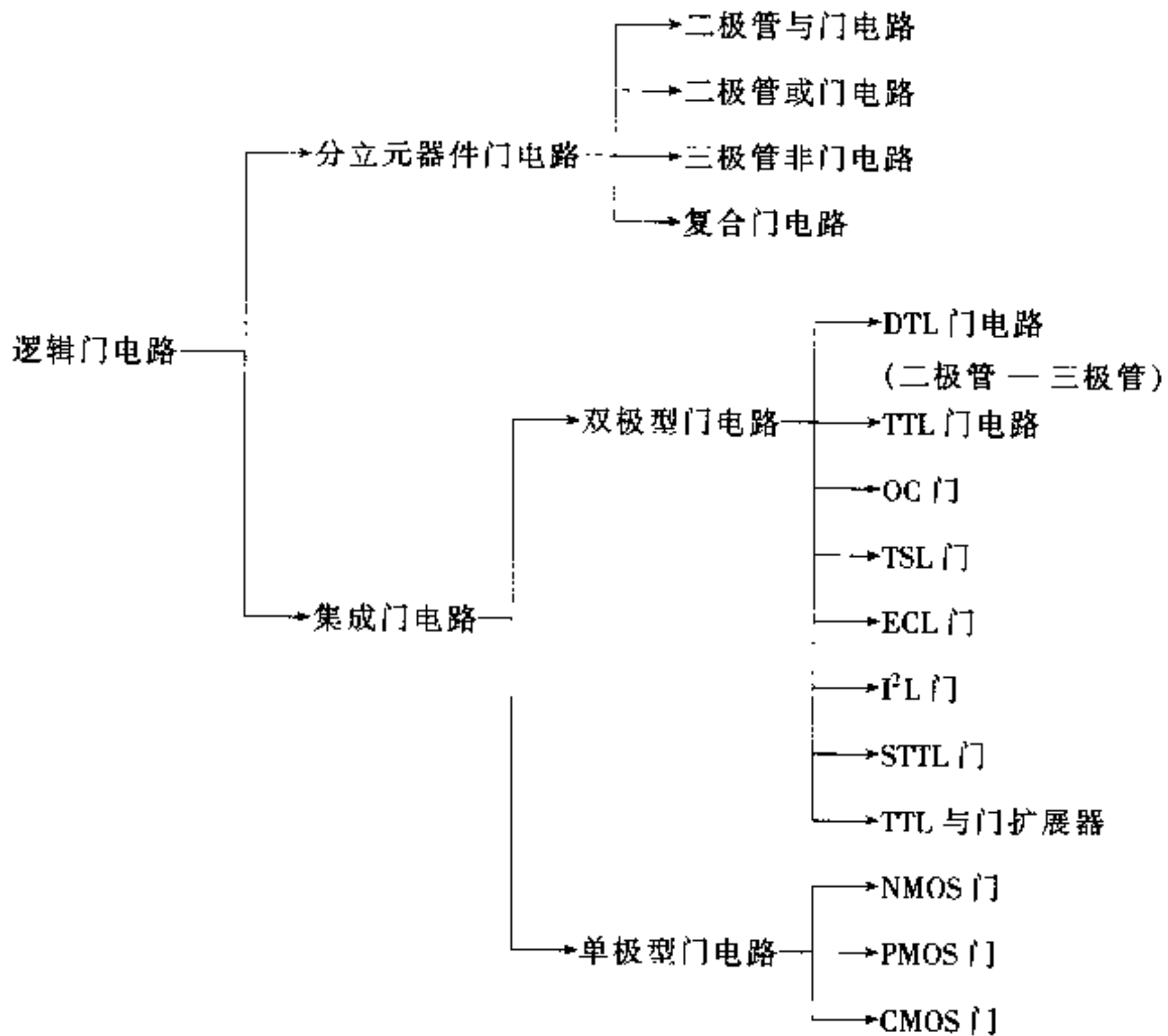


图 5-41 CMOS 传输门电路符号

18. 集成门电路

逻辑电路有分立元件和集成门电路两大类，目前在数字系统中主要使用集成门电路。在集成门电路中按照各种方式划分又分有许多，归纳如下。



19. 数字集成电路内电路方框图

图 5-42 所示是一种数字集成电路的内电路方框图，这是一种两个输入端的与非门电路，内电路中共有四个相同的与非门电路。

从这一数字集成电路内电路方框图中可以看出，每个与非门使用三根引脚，⑦脚是接地引脚，⑭脚是电源引脚。

二、触发器电路

触发器是数字系统电路中的一种基本逻辑单元，从组成和功能上讲它比逻辑门电路更高一层。触发器有两个稳定状态，可以在外来信号触发下从一种稳定状态翻转到另一稳定状态，而无外来的触发信号时触发器将维持原来稳定状态。

逻辑门电路和触发器电路的基本特点上的不同之处是：逻辑门电路没有记忆功能，逻辑门电路的输出状态直接由输入状态决定。触发器则是一种具有记忆功能的基本逻辑单元，它能够存储代码信息，所以在数字系统电路中常用触发器作为二进制数码的存储单元。

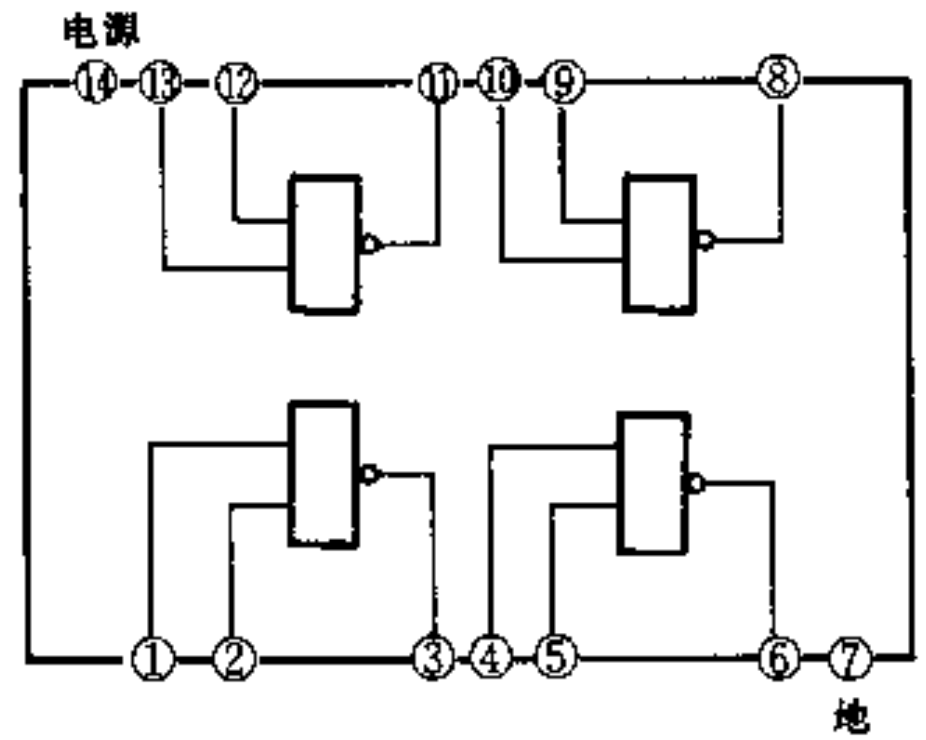


图 5-42 四与非门集成电路内电路方框图

触发器种类较多，不同的分类方法有不同的触发器名称。

(1) 按逻辑功能划分

触发器按逻辑功能划分主要有 RS 触发器、JK 触发器、触发器 D、T 触发器和 T' 触发器几种类型。

(2) 按电路结构划分

触发器电路结构划分有基本的 RS 触发器、同步触发器、主从触发器、维持阻塞触发器。

同一种结构的触发器可组成具有不同功能的各类触发器，例如主从触发器可组成 RS、JK、D、T、T' 触发器。

1. 基本 RS 触发器

RS 触发器又称之为门锁电路，或称为门锁触发器。RS 触发器有基本 RS 触发器和同步 RS 触发器两种。

(1) 基本 RS 触发器种类

基本 RS 触发器按照构成电路所使用的逻辑门不同，主要有两种电路：一是使用与非门构成的基本 RS 触发器电路；二是使用或非门构成的基本 RS 触发器电路。

(2) 与非门构成的基本 RS 触发器

用两个集成与非门电路 A 和 B 便可以构成基本 RS 触发器电路，图 5-43 (a) 是 RS 触发器电路结构示意图，从电路中可以看出，RS 触发器由具有两个输入端 A、B 的与非门构成，与非门 A 的输出端同另一个与非门 B 的一个输入端相连，与非门 B 的输出端同另一个与非门 A 的一个输入端相连，两个与非门的输出端作为 RS 触发器的两个输出端，两个输出端分别用 Q 和 \bar{Q} 表示。没有使用的与非门两个输入端作为 RS 触发器的两个输入端，分别用 \bar{R}_D 和 \bar{S}_D 表示。

图 5-43 (b) 所示是使用与非门构成的基本 RS 触发器的电路符号，输入端的两个小圆圈表示这种触发器是低电平 0 触发。在输出端， \bar{Q} 的输出端也有一个小圆圈，在过去的电路符

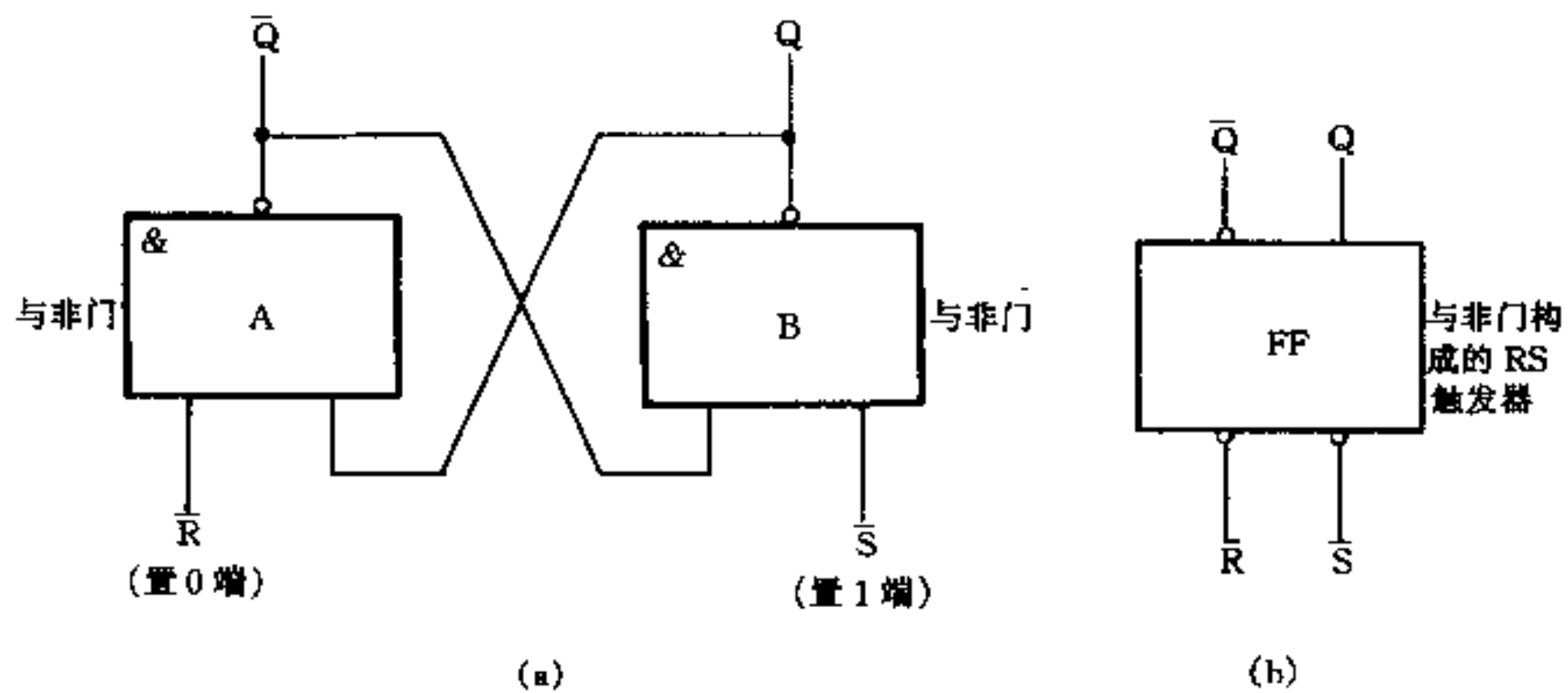


图 5-43 基本 RS 触发器

号中没有这一小圆圈，它表示 \bar{Q} 的输出与输出端 Q 的输出相反。触发器电路符号中用 FF 表示触发器，也可以用字母 F 等表示。

这一触发器的逻辑功能也可以用真值表来表示，表 5-5 是与非门构成的 RS 触发器真值表。

表 5-5 与非门构成的 RS 触发器真值表

\bar{R}	\bar{S}	Q	\bar{Q}
0	1	0	1
1	0	1	0
1	1	不变	不变
0	0	不定	不定

从表 5-5 可以看出，当两个输入端有不同的输入状态时，其触发器的两个输出端状态也不同。

(3) 或非门构成的基本 RS 触发器

图 5-44 所示是两个或非门电路构成的 RS 触发器。图 5-44 (a) 是两个或非门组成的 RS 触发器，图 5-44 (b) 是这种 RS 触发器的电路符号。从图中可看出，在用或非门构成的 RS 触发器中，输入端 R、S 没有非号，在电路符号输入端也没有小圆圈，这说明这种 RS 触发器要

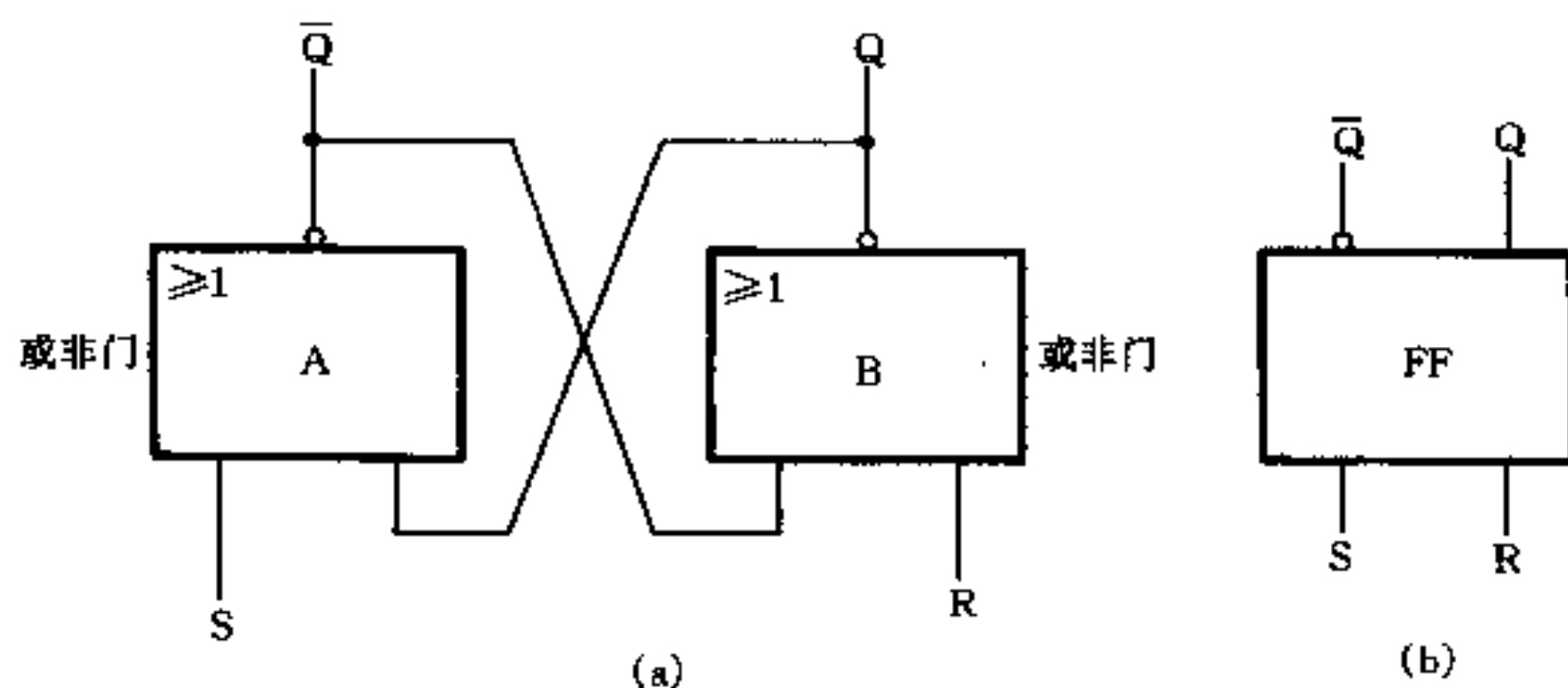


图 5-44 或非门构成的基本 RS 触发器

用正脉冲触发，即高电平 1 触发。

表 5-6 是由两个或非门构成的 RS 触发器的真值表。

表 5-6 两个或非门构成的 RS 触发器真值表

R	S	Q	\bar{Q}
0	1	1	0
1	0	0	1
0	0	不变	不变
1	1	不定	不定

2. 同步 RS 触发器

同步触发器的种类较多，同步 RS 触发器只是同步触发器中的一种。

同步触发器特点是：基本 RS 触发器的输出端状态直接受到输入端 R、S 的控制，数字系统中的工作往往有一个时间节拍的问题，即要求有关逻辑电路按照一定的时间要求进行协调工作，即 R 或 S 对触发器的触发结果按一定的时间节拍要求反映到触发器的输出端来。

数字系统电路中常出现一个名词“时钟”，时钟电路产生的脉冲称为时钟脉冲，它是一个标准脉冲源，数字系统中电路中各逻辑电路的工作都在时钟脉冲的管理下工作，同步 RS 触发器是受时钟脉冲管理的一种 RS 触发器。所谓同步就是 RS 触发器的输入端触发工作与时钟脉冲的工作同步，这是时序逻辑电路的一个重要特点。

同步 RS 触发器的工作原理和逻辑功能基本上与 RS 触发器相同，不同之处是它的工作过程(翻转)受到另一个脉冲的控制，所以同步 RS 触发器在电路结构上发生了一些变化。

图 5-45 (a)是由四个与非门构成的同步 RS 触发器电路。电路中，A、B 与非门构成基本的 RS 触发器，与非门 C、D 构成控制电路，R 和 S 是这种触发器的两个输入端，CP 是另一个输入控制端，作用于这一输入端上的控制脉冲就是时钟脉冲。 \bar{Q} 和 Q 是触发器的两个输出端。图 5-45 (b)是同步 RS 触发器的电路符号。

同步 RS 触发器与基本 RS 触发器不同之处就是增加了一个输入控制端 CP，输入端 R、S 输入触发是否有效受到 CP 端的控制，当 CP 端为 1 时，R、S 输入触发是有效的，此时同步 RS 触发器就是一个基本的 RS 触发器。当 CP 为 0 时，它的输入端 R、

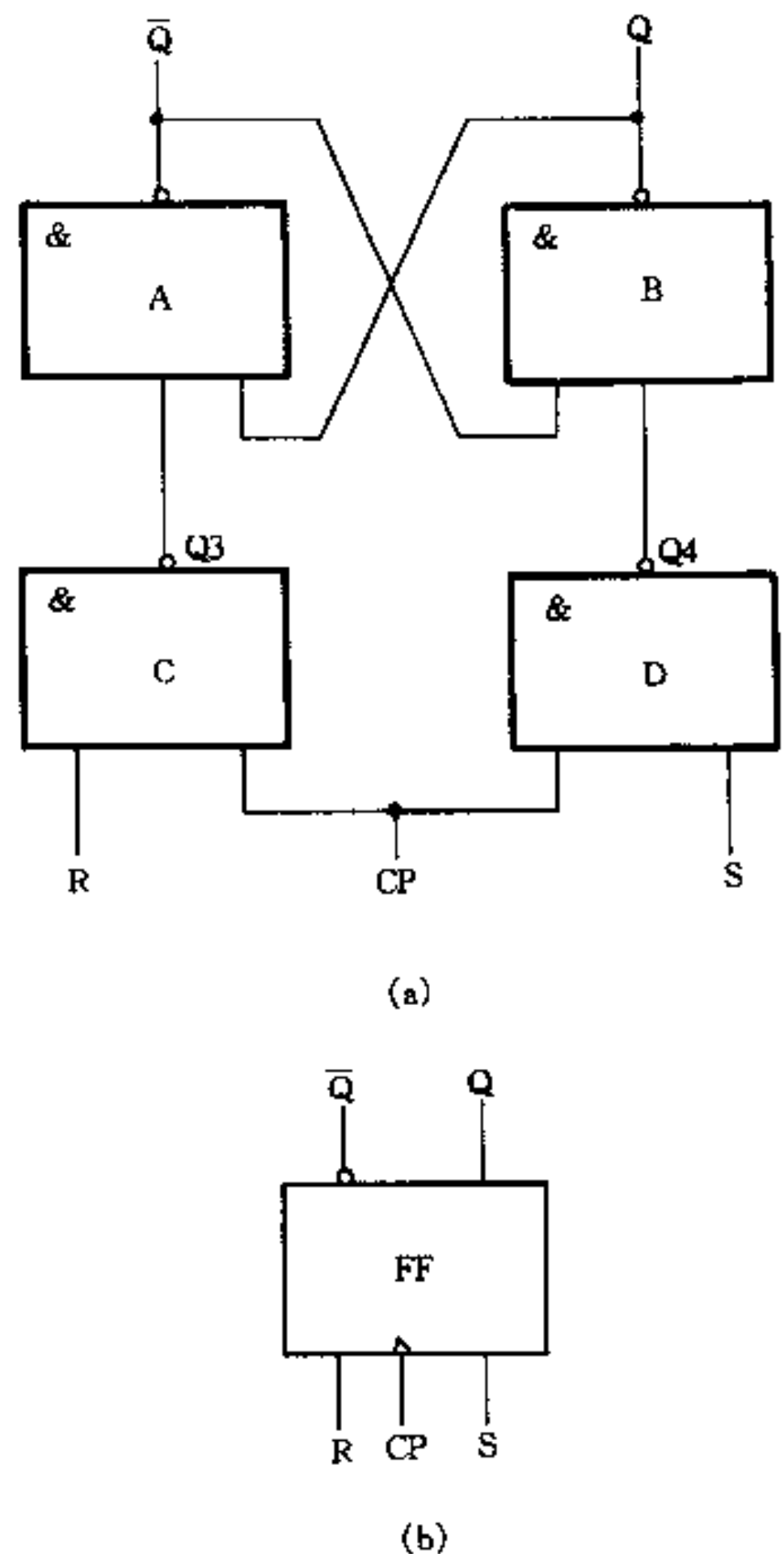


图 5-45 与非门构成的同步 RS 触发器电路

S 任何触发都不能改变触发器的输出状态。

当 $CP = 1$ 时，同步 RS 触发器的真值表如表 5-7 所示。

表 5-7 同步 RS 触发器的真值表

输入端 R	输入端 S	输出端 Q_n	输出端 Q_{n+1}	说 明
0	0	0	0	输出状态不变
0	0	1	1	
1	0	0	0	输出状态与 S 的状态相同
1	0	1	0	
0	1	0	1	输出状态与 S 的状态相同
0	1	1	1	
1	1	0	—	输出状态不定
1	1	1	—	

3. 主从触发器

图 5-46 是主从触发器的电路符号，注意在这一电路符号中 R 和 S 端有两根引脚。

(1) 主从触发器的出现是为了克服同步 RS 触发器构成的计数器电路中的空翻现象。

(2) 要记住主从触发器的结构，它是由两个同步 RS 触发器和一个非门电路构成。

(3) 在分析主从触发器工作原理时，要将主触发器、从触发器分析分开，并且要在了解同步 RS 触发器工作原理的基础上进行。

(4) 在主从触发器中，由于存在着两个同步 RS 触发器和一个 CP 脉冲倒相器，使得主触发器工作时从触发器关闭，从触发器工作时主触发器关闭。用这种主从触发器构成的计数电路就不会出现前面所介绍的空翻现象。

(5) 在主从触发器中，当 $CP = 1$ 时从触发器被关闭，主触发器打开，此时输入端 R、S 的状态决定了主触发器的输出状态。当 $CP = 0$ 后，主触发器被 $CP = 0$ 关闭，从触发器打开，此时主触发器输出状态决定了从触发器的输出状态，也就是将主触发器存放的信号送入从触发器输出端。

(6) 能够克服空翻的触发器不只是主从触发器一种，还有维持阻塞触发器和边沿触发器等。

4. 主从 JK 触发器

图 5-47 所示是主从 JK 触发器的电路符号，从这一符号中可看出，触发器的输入端只有 J、K 一根引脚，而主从触发器中的 R 和 S 输入端有两根引脚。另外，电路符号中 CP 端的小圆圈表示下沿触发，即当 CP 脉冲从高电平 1 变换到低电平 0 时，对主从 JK 触发器进行有效

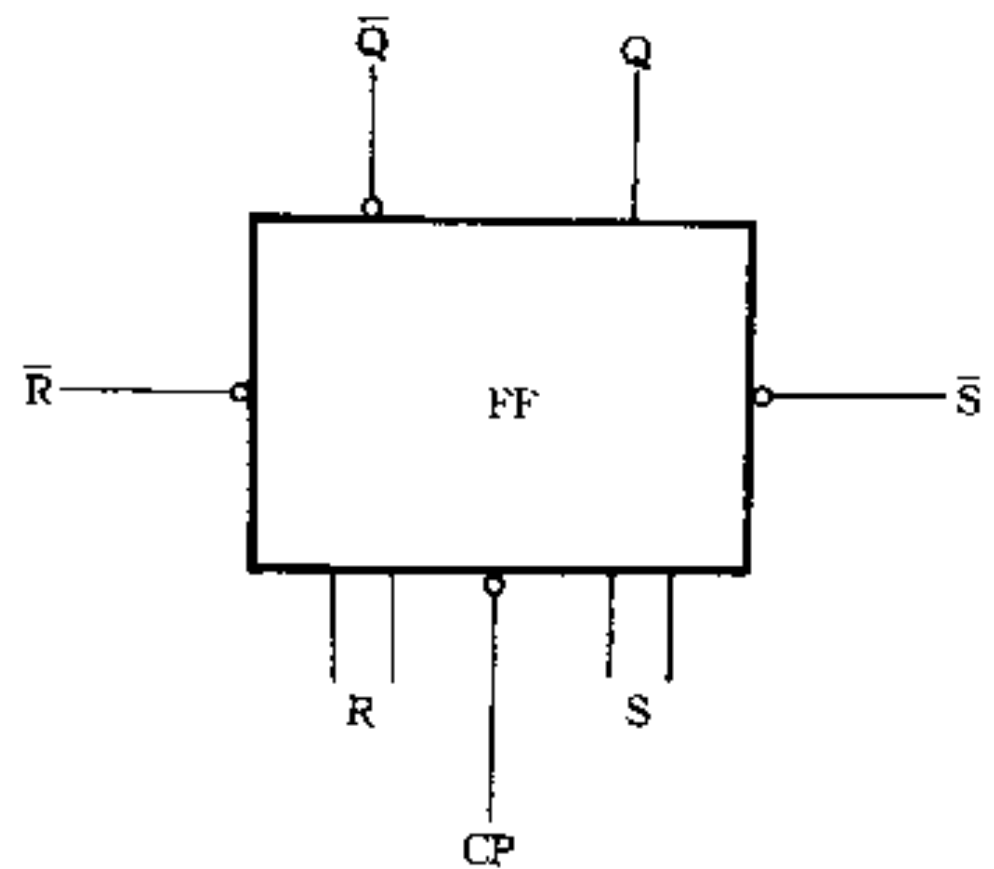


图 5-46 主从触发器电路符号

触发。

(1) 主从 JK 触发器只是在主从触发器的基础上，通过改变接线而来，然后将主从触发器中的输入端 R 和 S 改名为 K 和 J。

(2) 当主从 JK 触发器的输入端 J 和 K 状态不同时，触发器在 CP 脉冲的触发下翻转情况不同，只有在 J = K = 1 时，有一个 CP 脉冲到来，在 CP 脉冲作用下触发器才总是翻转。

(3) 在主从 JK 触发器中，无论输入端 J 和 K 是什么样的输入组合形式，只要有 CP 脉冲的作用，JK 触发器的输出端输出状态都是确定的，所以 JK 触发器没有约束条件。

5. T 触发器

T 触发器是从主从 JK 触发器变化而来，实际上它就是将主从 JK 触发器中的输入端 J 和 K 加上 1，就构成一个 T 触发器，图 5-48 所示是 T 触发器电路符号。

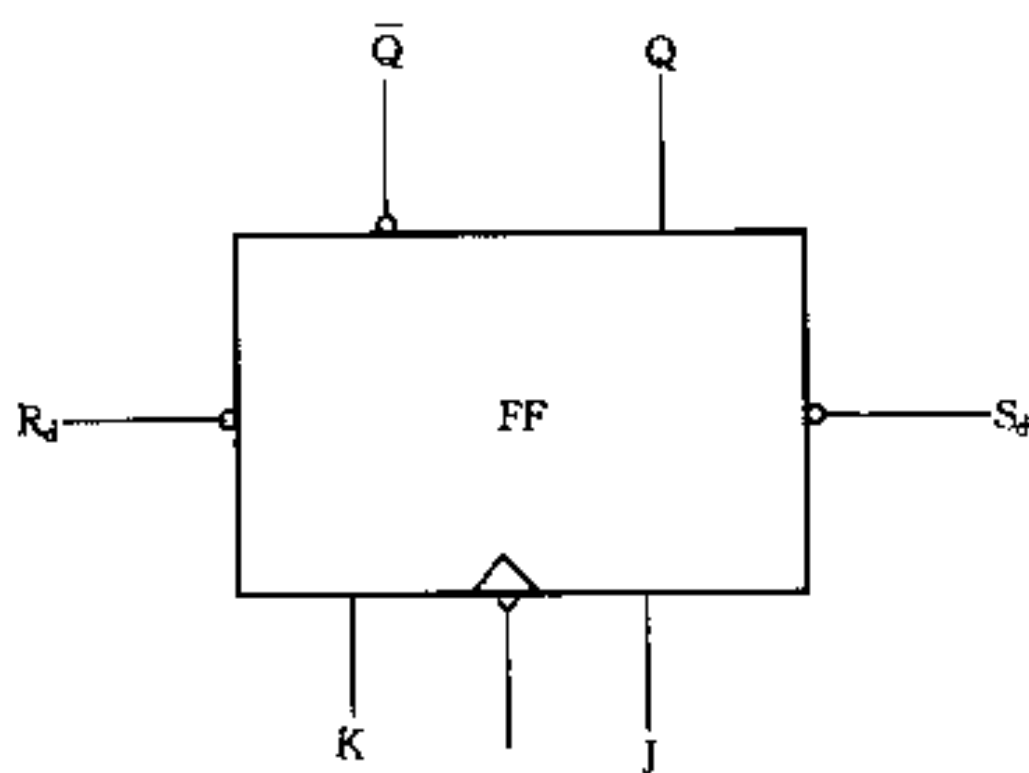


图 5-47 JK 触发器的电路符号

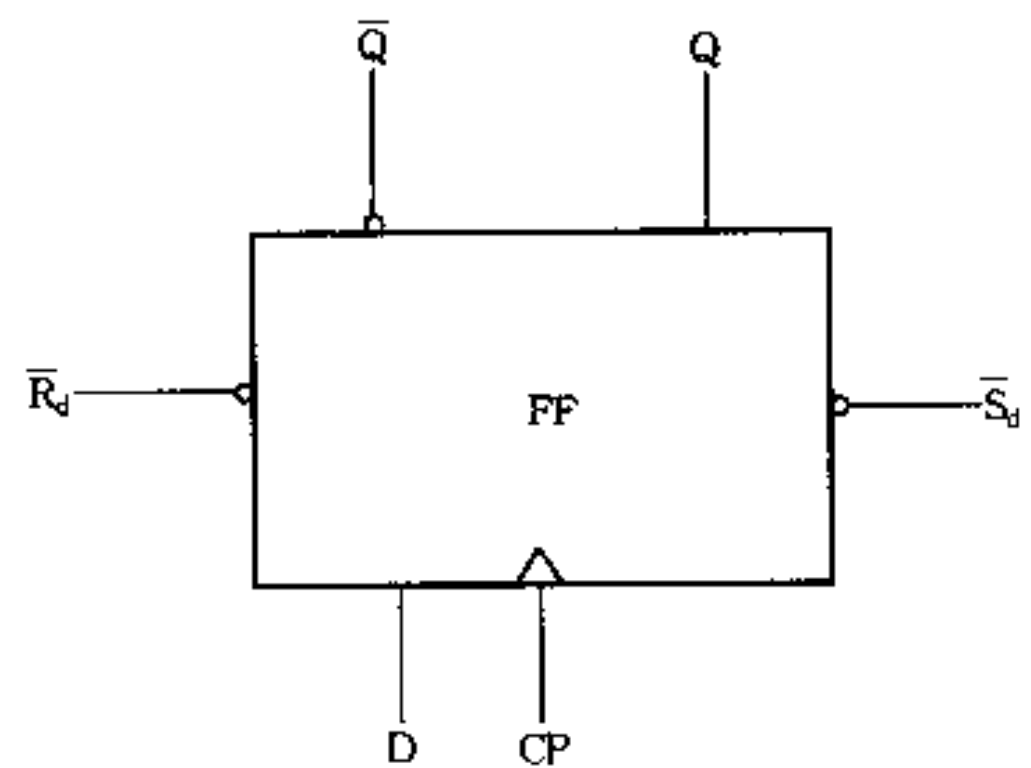


图 5-48 T 触发器电路符号

这种触发器的功能是，每来一个时钟脉冲或是计数脉冲，T 触发器输出端 Q 就翻转一次。

6. D 触发器

D 触发器是在主从 JK 触发器基础上变化而来的，主从 JK 触发器具有 J 和 K 两个输入端，在有些场合下如果使用只有一个输入端触发器可方便简化电路设计。

图 5-49 所示是 D 触发器的电路符号。从这一电路符号中可看出，除 CP 输入端之外，只有一个输入端 D。

D 触发器的真值表如表 5-8 所示。

表中的输出端 Q_n 为 D 端和时钟 CP 脉冲触发之前的触发器输出端 Q 输出状态，输出端 Q_{n+1} 是 D 端和时钟 CP 脉冲触发后的输出端 Q 的输出状态。

从上述真值表中可看出，D 触发器的逻辑功能是：在时钟脉冲 CP 和输入端 D 的触发作用下，

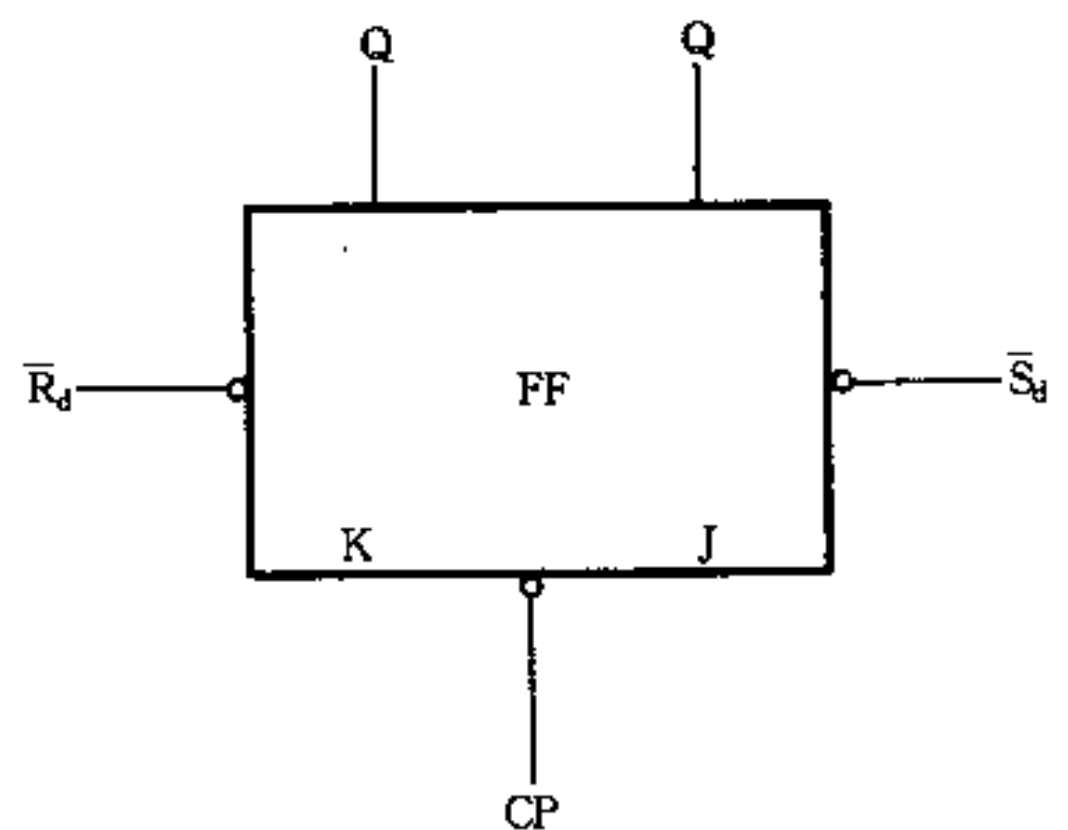


图 5-49 D 触发器电路符号

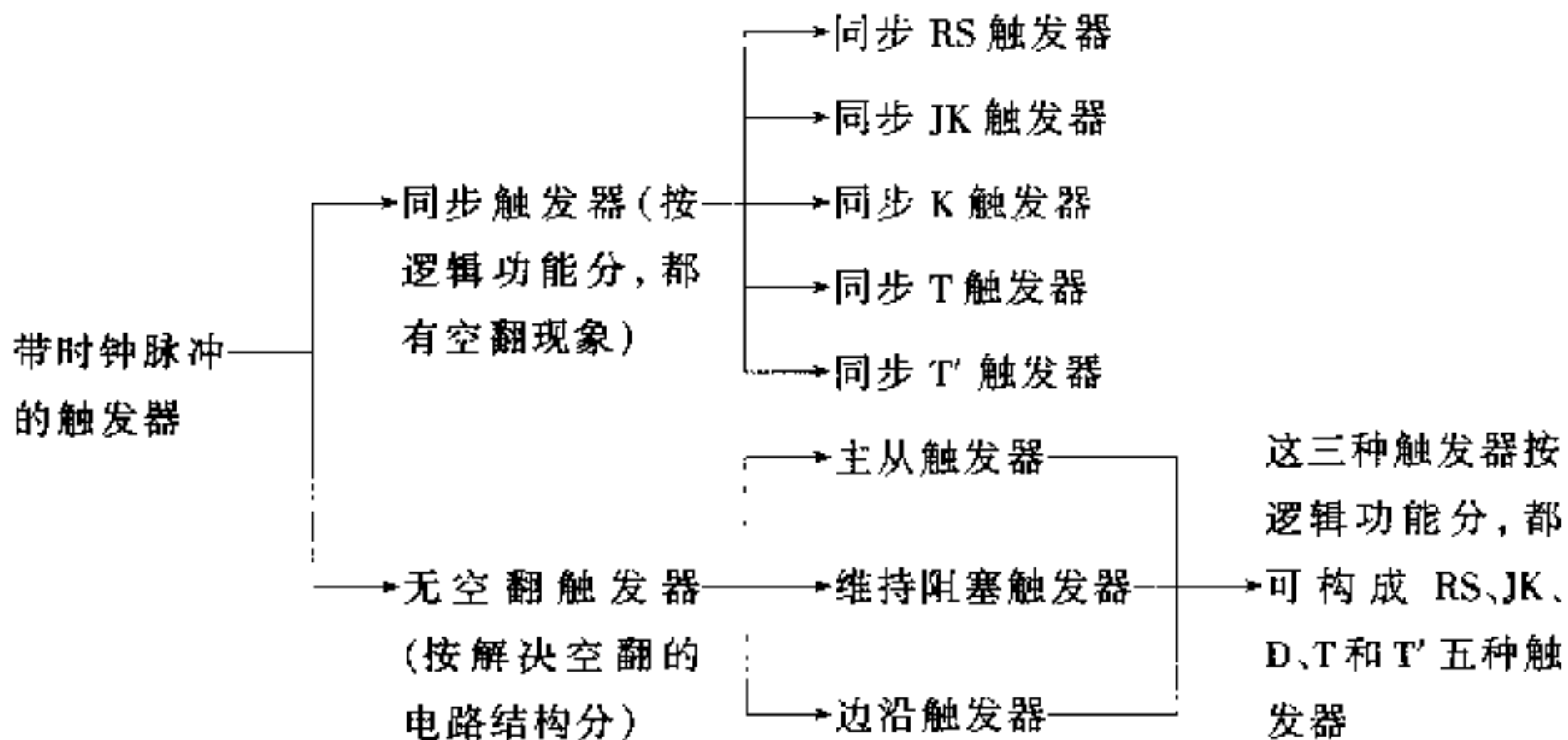
D 触发器的输出端状态与输入端 D 状态相同。

表 5-8 D 触发器的真值表

输入端 D	输出端 Q_n	输出端 Q_{n+1}	说 明
0	0	0	输出状态与输入端 D 状态相同
0	1	0	
1	0	1	
1	1	1	

7. 触发器种类归纳

(1) 触发器可以分成两大类：一是基本 RS 触发器，二是带时钟脉冲的触发器，下面对第二种触发器进一步分类。



(2) 触发器按所能够实现的逻辑功能有五种：一是 RS 触发器，二是 JK 触发器，三是 D 触发器，四是 T 触发器，五是 T' 触发器。

(3) 触发器按电路结构细分有五种：一是基本的 RS 触发器，二是同步触发器，三是主从触发器，四是维持阻塞触发器，五是边沿触发器。

(4) 同一种电路结构的触发器，原则上可以组成五种不同逻辑功能的触发器，例如主从触发器可以组成 RS、JK、D、T 和 T' 五种不同逻辑功能的触发器。

8. 触发器电路分析方法小结

(1) 触发器电路的分析不同于模拟电路的分析，主要分析输入端状态(1 或 0)、时钟脉冲状态对触发器触发后触发器输出端状态变化之间的因果关系，在电路分析过程中只有 1 和 0 的变化。

(2) 对触发器电路的分析要依照上面介绍的各种类型触发器顺序进行，后一种触发器都是前一种触发器的改良电路，各种触发器电路的分析基础是逻辑门电路的分析，特别是要对与非门电路的分析相当熟悉。

(3) 在对触发器电路进行分析时，要将各输入端状态的组合进行分类，然后分成每一种组合根据时钟脉冲 CP 的 1、0 变化进行触发器状态分析。由于每一种触发器都要分成几种情

况进行分析，并且下一步分析还需要上一步的分析结果，为方便电路分析可在电路中画出输入端、输出端的状态，即在电路中标出当时的状态 1 或 0，通过这种直观的标注可较方便地看出输出端响应情况。

(4) 在实际电路分析中，并不要求对每一种触发器的每一个电路分成几种情况进行分析，只是要求能够记住各种触发器的逻辑功能和触发条件，最好能记住真值表。

三、组合逻辑电路

逻辑门和触发器是数字电路的基本组件，而组合逻辑电路和时序逻辑电路是组成数字系统电路的两大类电路。

组合逻辑电路简称组合电路。在组合逻辑电路中，电路中的某一输出端在某一时刻的输出状态仅由该时刻的电路输入端状态决定，与电路原状态无关，这种电路称为组合逻辑电路。组合逻辑电路不具有记忆功能，它的任一组输出值，完全由当时输入值的组合确定，而与电路在输入信号作用前的原电路状态无关。

组合逻辑电路包括这样几种电路：基本运算器电路、比较器电路、判奇偶电路、数据选择器、编码器电路、译码器电路和显示器电路。

1. 组合逻辑电路方框图

图 5-50 是组合逻辑电路方框图，从图中可看出两点：一是电路的输出端与输入端之间没有反馈回路，二是电路的输出端只取决于电路同一时刻的输入端状态。



图 5-50 组合逻辑电路方框图

2. 基本算术运算器电路

基本的逻辑运算是逻辑与、逻辑或、逻辑非，而最基本的算术运算是加、减、乘、除，但数字电路中的加、减、乘、除都要通过分解变成加法来运算，所以最基本的算术运算就是加法运算。

加法器主要有半加法器和全加法器两种电路。

(1) 半加器

两个一位的(1 比特)二进制数相加，叫做半加，实现两个一位二进制数相加的运算电路叫做半加器。半加器可完成两个一位二进数的求和运算，根据半加器电路

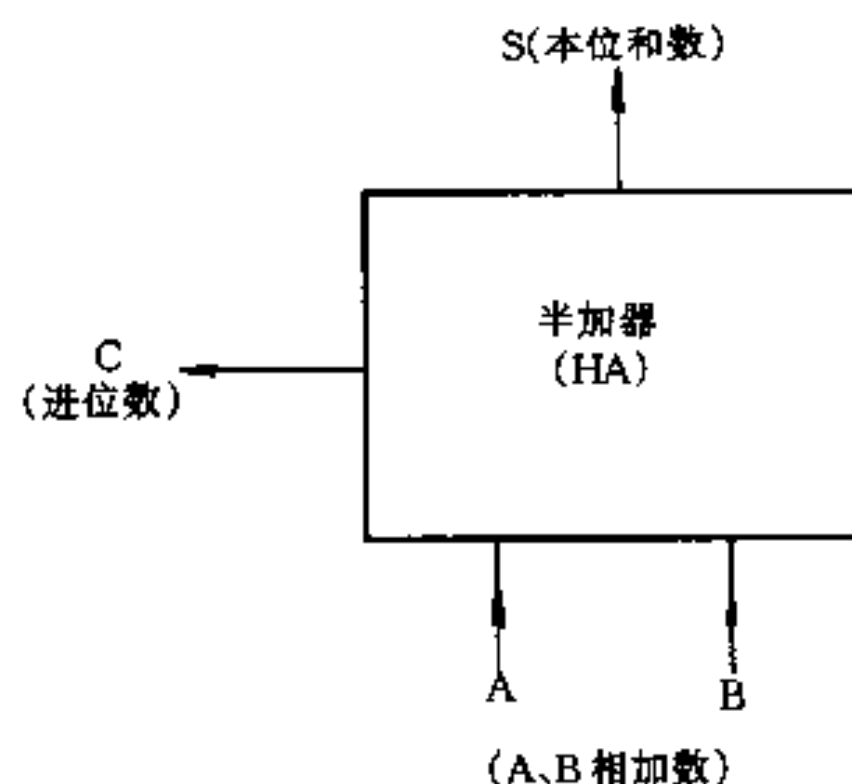


图 5-51 半加器电路符号

的这一定义，半加器是一个由加数、被加数、和数、向高位进位数组成的运算器，它仅考虑本位数相加，而不考虑低位来的进位。图 5-51 是半加器的电路符号。

(2) 全加器

前面介绍的半加器只有两个输入端，不能处理由低位送来的进位数，全加器则能够实现二进制全加运算。全加器在对两个二进制数进行加法运算时，除了能将本位的两个数 A 、 B 相加外，还要加上低位送来的进位数 C_{n-1} 。所以，全加器比半加器电路多一个输入端，共有三个输入端。全加器仍然是一个 1 比特加法器电路，与半加器相比只是多了一个低位进位数端。

图 5-52 是全加器电路符号，从图中可以看出，它与半加器不同之处就是多了一个输入端 C_{n-1} ，称为低位进位数端。 A 是加数输入端， B 是被加数输入端， S_n 是和数输出端， C_n 是向高位进位数输出端。

3. 比较器

比较器包括两种电路：一是大小比较器，二是同比较器，二者统称为比较器。这是数字电路中的比较器，所以它们所比较的数是二进制中的数码。比较器有一位数码比较器和多位数码比较器两种，前者只能对一位二进制数进行比较，后者则能对多位二进制数进行比较。

(1) 一位数比较器电路

图 5-53 所示是由五个逻辑门构成的一位数比较器。电路中，逻辑门 A 是一个异或非门，逻辑门 B 和 C 是具有两个输入端的与门，逻辑门 D 和 E 是非门，输入端 A 和 B 是参与比较的两个一位的二进制数码，这一比较器电路有三个输出端 $A > B$ ， $A < B$ ， $A = B$ ，这是因为两个数相比较可能有三种不同的结果，表 5-9 是一位数比较器的真值表。

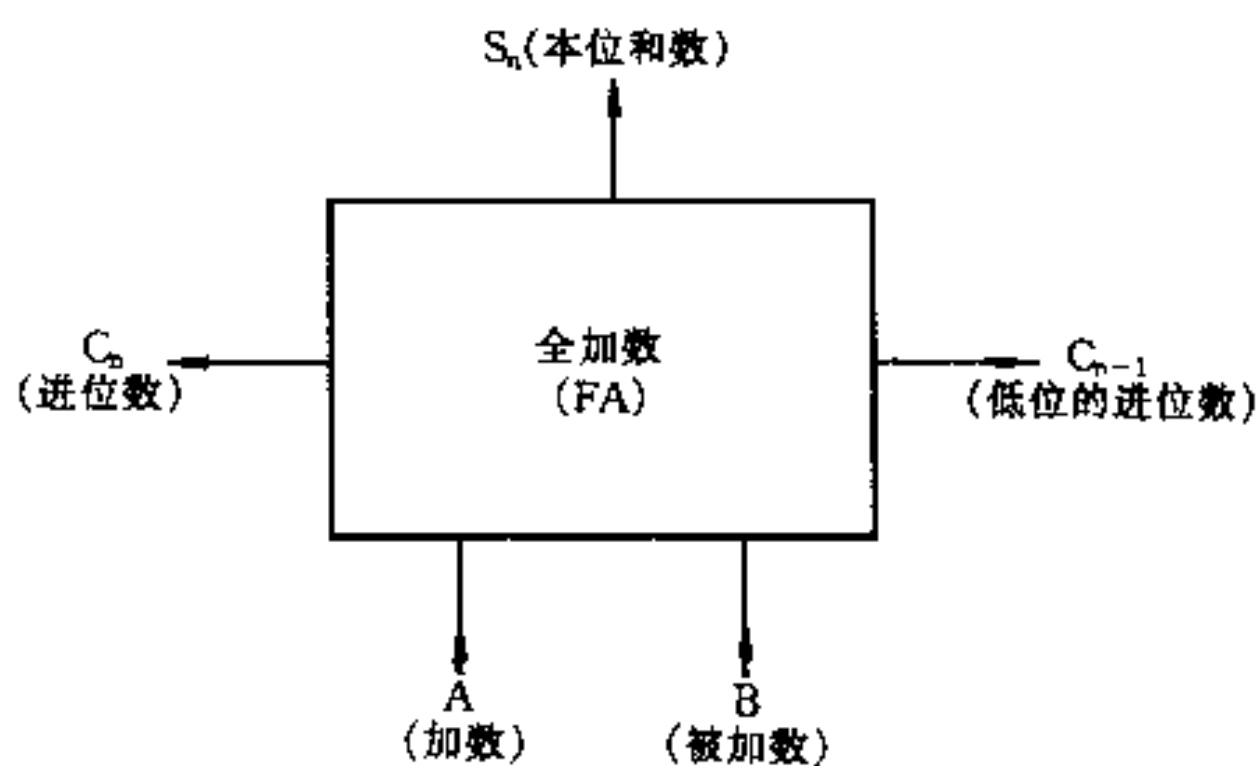


图 5-52 全加器电路符号

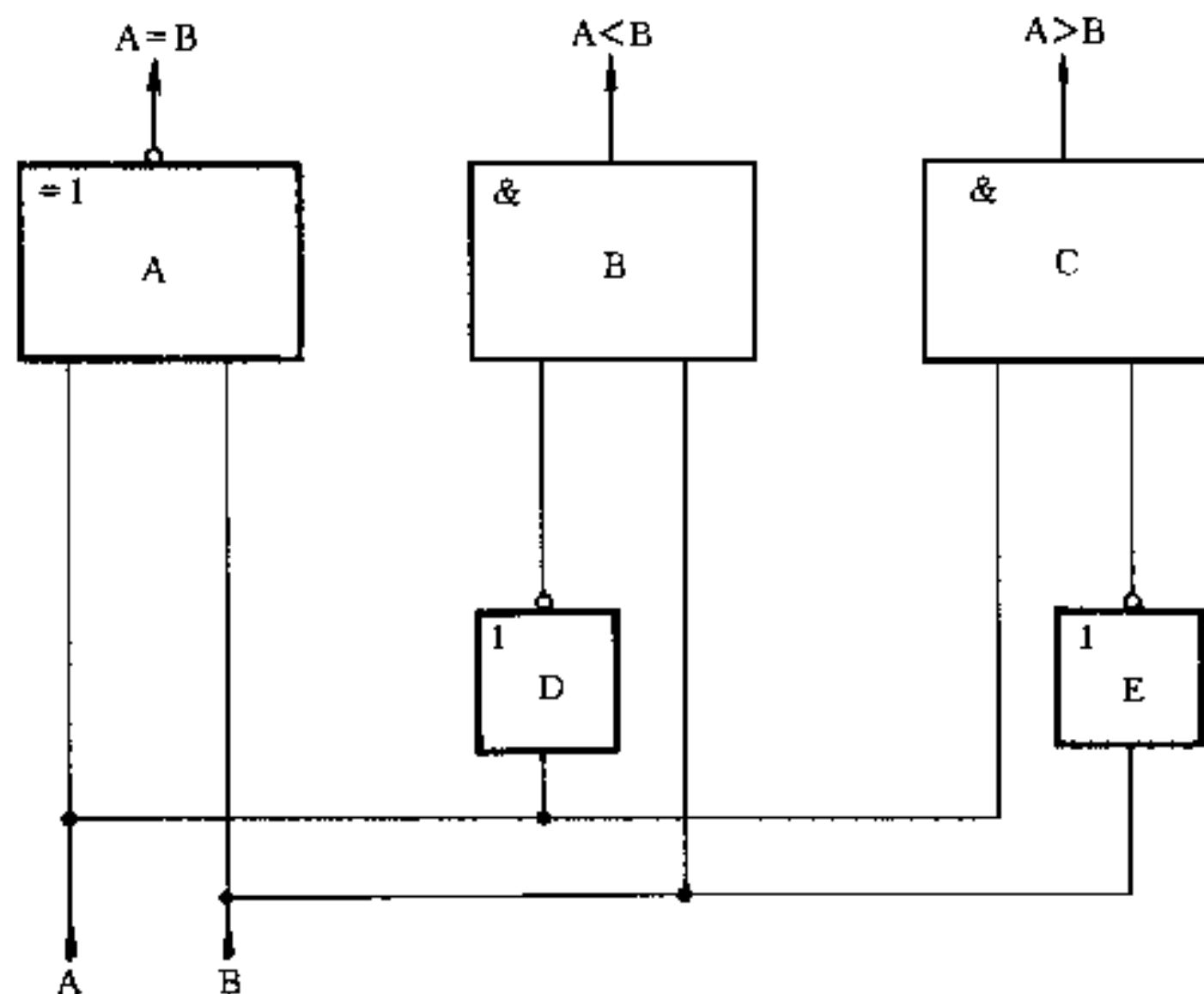


图 5-53 一位数比较器电路

表 5-9

一位数比较器的真值表

输入端 A	输入端 B	输出端 A = B	输出端 A > B	输出端 A < B
0	0	1	0	0
0	1	0	0	1
1	0	0	1	0
1	1	1	0	0

(2) 四位数比较器电路

图 5-54 是四位数比较器集成电路。电路中，左侧上面一排共 8 个输入端，分别是两个数 A 和 B 的四位输入端。左侧下面一排共三个串联输入端，如果只是用作四位数比较器时，这三个串联输入端不起作用，如果要用这种电路进行更多位数的比较时，可将这三个串联输入端与另一个多位比较器电路相串联，构成大于四位数的比较器。电路的右侧是三个输出端，这与一位比较器电路的三个输出端作用相同。

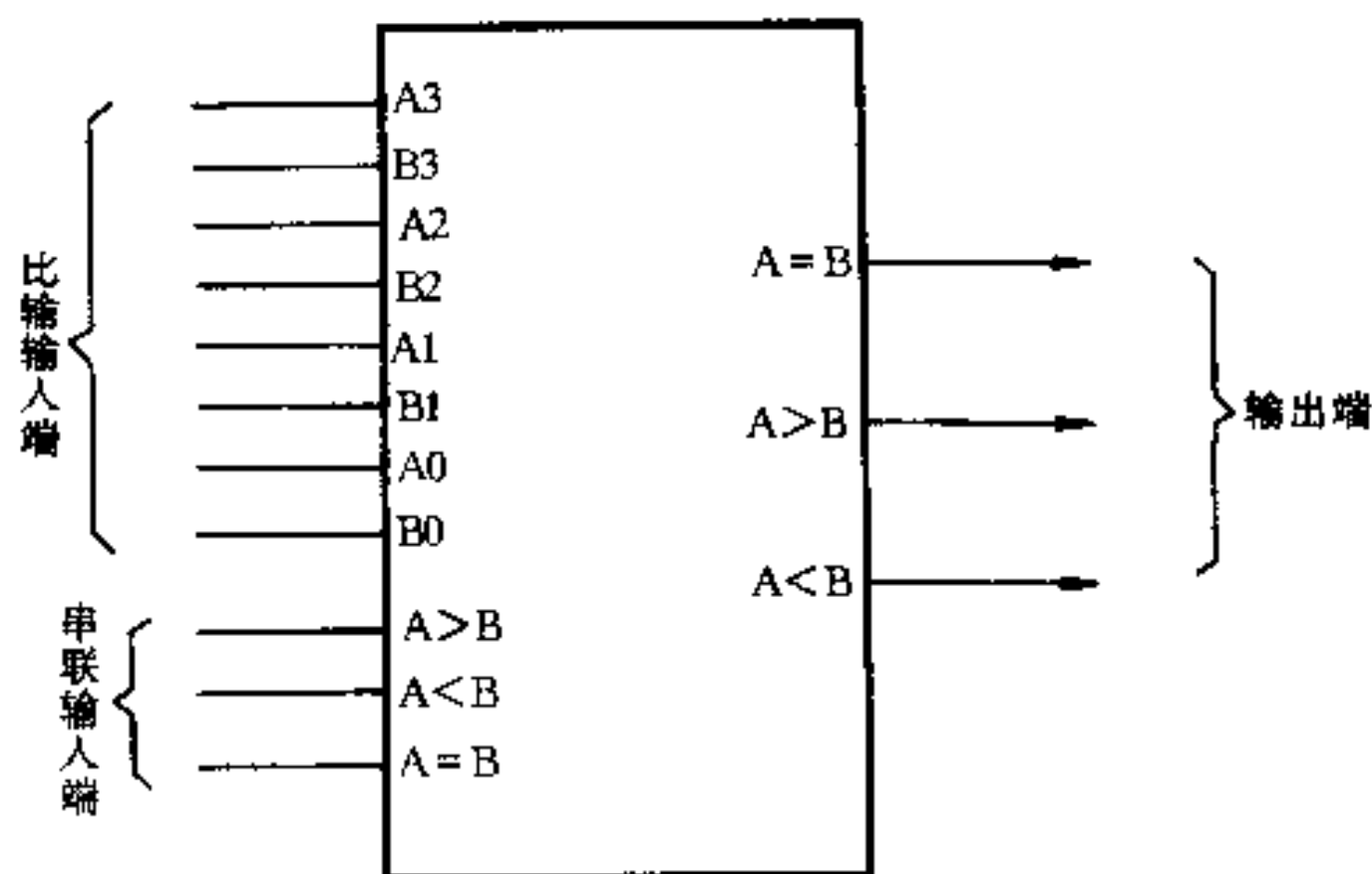


图 5-54 四位数比较器集成电路

4. 判奇(偶)电路

判奇(偶)电路是一种用来在若干个输入信号中，判断出奇个或偶个高电平 1 的电路。

(1) 判奇电路功能

判奇电路的逻辑功能是：在输入的若干个信号中，若高电平 1 的数目是奇数个时，判奇电路输出高电平 1；若是偶数个高电平 1 时，则判奇电路输出低电平 0。

(2) 判偶电路功能

判偶电路的逻辑功能是：在输入的若干个信号中，若高电平 1 的数目是偶数个时，判偶电路输出高电平 1；若是奇数个高电平 1 时，则判偶电路输出低电平 0。

5. 数据选择器

在模拟电路中有一种选择开关电路(或功能开关电路)，它的作用是从众多的输入信号中选择一路信号作为后级电路的输入信号，数据选择器是用于数字系统中的选择开关电路。具

体地讲，数据选择器的功能是在选择控制信号作用下，从若干输入数据中选择一路作为输出。所以，数据选择器又称为多路选择器或多路开关电路。

6. 数据分配器

数据分配器与数据选择器的功能相反，数据选择器是将众多数据选择到一个通道中，而数据分配器是将一个数据分配到许多通道电路中，就是将一个数据按照规定要求分成几个部分，然后通过通道地址选择端将分割的数据送到相应的通道电路中。

图 5-55 是数据分配器的电路符号。电路中，X 是控制输入端，J 是数据输入端，A、B、C 是通道地址选择端，Y0 ~ Y7 是 8 个输出端，这 8 个输出数据送到各自的通道电路中。

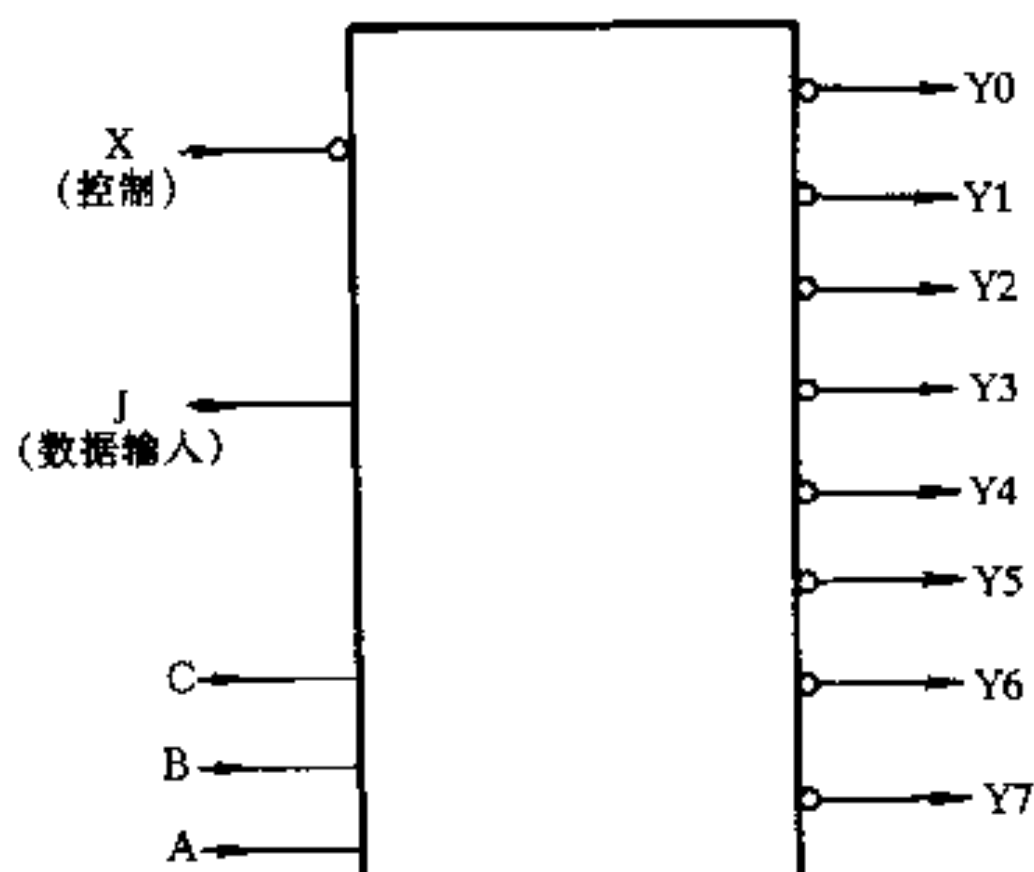


图 5-55 数据分配器电路符号

7. 编码器

在数字系统电路中，通常数字电路只能识别 1 和 0 两个码，而模拟系统中的各种变量和字符（如十进制数中的 0 ~ 9, 字母和符号等）数字电路是无法直接识别的，必须将这些分量和字符用 1 和 0 两个码来编排，就是将若干个 0 和 1 按一定规律编排在一起“编成不同代码”，并且将这些代码分别赋给特定的含意，这一过程叫编码，能够完成编码的电路叫做编码器电路。显然，由于编码的具体规定很多，这样编码器的种类也有许多。

8. 译码器电路

译码器的功能从广义角度上讲，是将一种编码转换到另一种编码的电路。译码是编码的反过程，常用的译码器是一种将二进制编码还原成给定的信号或字符等内容的电路。

译码器电路可以由二极管构成，也可以由逻辑门电路（主要是与门和非门电路）构成，后者居多，并多以集成电路为主。

9. 数字式显示器

数字系统电路中，许多情况下都需要使用数字式显示器，如机器的操作和工作状态的显示，机器播放时间长度显示等，由于数字系统中关于播放时间长度、工作状态、操作状态等都是用二进制数码存放、运算、管理的，但在最后它们必须通过熟悉的十进制数或字母等显示出来，这就要靠显示电路来完成。

四、时序逻辑电路

在数字系统电路中还有另一种类型的电路，就是电路输出端的输出状态不仅取决于当时的电路输入状态，并且还和电路原状态相关，这样的电路称为时序逻辑电路。

时序逻辑电路包括这样几种电路：寄存器、计数器和节拍脉冲发生器。

1. 时序逻辑电路方框图

图 5-56 是时序逻辑电路方框图，从这一方框图中可看出两点：一是时序逻辑电路是在组合逻辑电路的基础上，在电路的输出端和输入端之间接有一个反馈回路，这种反馈回路至少有一条。二是在反馈回路中含有存储单元电路，即存储器电路。

由于时序逻辑电路中存在了存储器电路，所以电路的输出状态不仅与当时的输入端状态有关，还与电路原先状态（存储器中的信息有关）。时序逻辑电路的分析比组合逻辑电路分析要复杂，当将存储器中的信息（为原电路输出端状态）作为另一个输入量加到电路输入端来对待，此时时序逻辑电路分析就相当于组合逻辑电路分析。

一般时序电路中的存储电路由触发器组成，如 RS 触发器、JK 触发器和 D 触发器。时序电路可以分成下列两大类电路。

(1) 同步时序电路

同步时序电路中存储电路的各触发器都受同一时钟脉冲 CP 的触发控制，因此所有触发器的状态变化都在同一时刻发生，如在时钟脉冲 CP 的上升沿或下降沿发生翻转。

(2) 异步时序电路

异步时序电路中存储电路的各触发器没有统一时钟脉冲，或者没有时钟脉冲控制，因此各触发器状态翻转变化的不是发生在同一的时刻。

2. 寄存器

寄存器在数字系统中的主要作用是存储数码或信息，例如数字系统中的运算器需要寄存器电路存储参与运算的数据等。

寄存器由触发器组成，一个触发器能存放一位二进制数码，几个触发器联用就可存放几位数码。为了保证寄存器只在收到寄存指令时才寄存输入的数码或信息，寄存器除了有触发器外，还需要配有控制作用的逻辑门电路。

寄存器可以分成下列两大类。

(1) 数码寄存器

它又称为基本寄存器。这种寄存器只能将输入数码暂时寄存起来。另外，在数字系统中，为了准确地读取被测量的数值，需要使用一种记忆寄存器，当记忆指令到到来时，记忆寄存器能将数码暂时记忆起来。

数码寄存器按照能够寄存数码的位数来分有两种：一位寄存器，它只能寄存一位二进制数码。二是多位寄存器，它能够寄存多位的二进制数码。

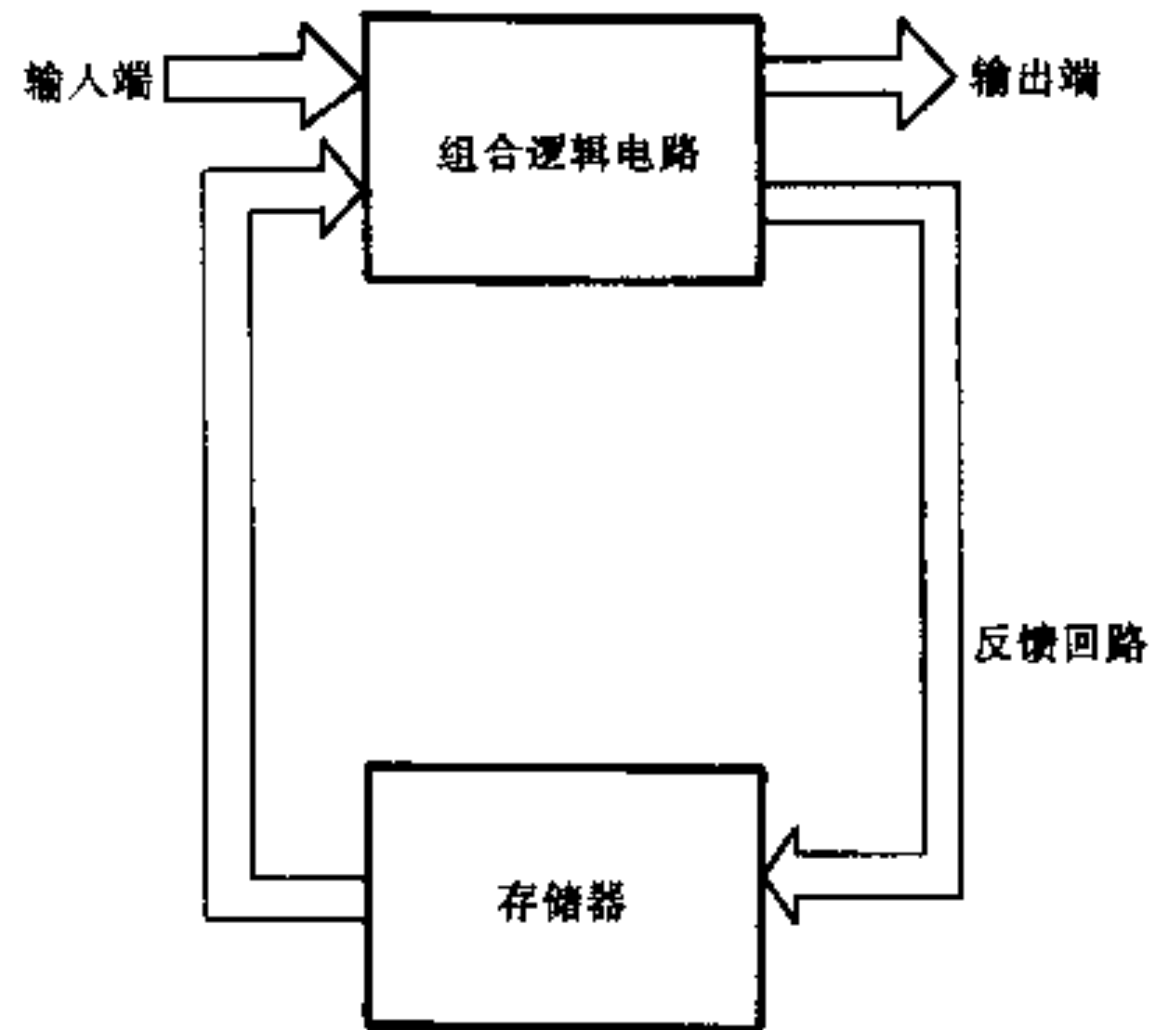


图 5-56 时序逻辑电路方框图

数码寄存器按照每次接收输入数码的步骤来分有两种：一是两拍式寄存器，这种寄存器每次接收数码都要分成两步来完成；二是单拍式寄存器，这种寄存器只需要在寄存指令到来时一次性接收输入数码。

(2) 移位寄存器

数字系统中，由于某种运算的需要，除要求寄存器能够寄存数码功能外，常常还要求寄存器中的数码能够左右移位。这种具有数码移动功能的寄存器称为移位寄存器。

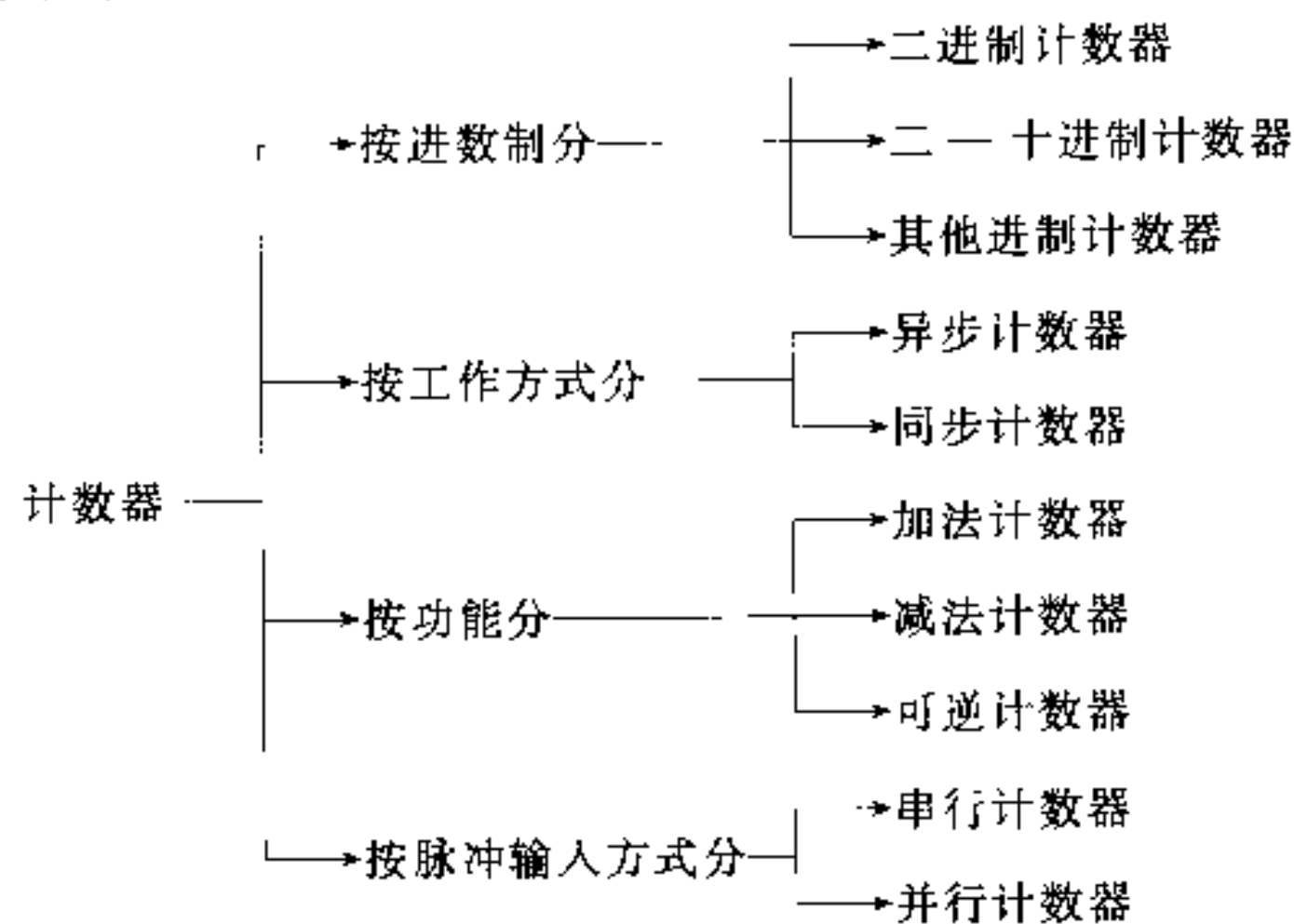
移位寄存器有两大类共三种：一是单向移位寄存器之一，只能将数码左移的左移位寄存器；二是单向移位寄存器之二，只能将数码右移的右移位寄存器。三是能够左右移位的双向移位寄存器。

3. 计数器

计数器是数字系统中应用最为广泛的基本逻辑部件，计数器的基本功能是对脉冲信号进行计数，这种基本功能不仅可以作为计数器使用，还可以进行数字运算，用作分频器、定时及程序控制等。

计数器主要由触发器和逻辑门电路组成。其中触发器可以用 JK 触发器或用 D 触发器。对计数器电路的分析主要是对逻辑门电路和触发器电路的分析。

计数器的种类较多，可按下列所示进行归类。



第三节 微控制器

微控制器就是单片微型计算机，简称单片机。这里单片的含义是这种微型计算机中只有一块主芯片(集成电路)。由于单片微型计算机的设计充分考虑了控制上的各种需要，它具有独特的硬件结构、指令系统和多种输入/输出能力，提供了十分有效的控制功能，所以称之为微控制器。

微控制器作为微型计算机的一个很重要的分支，应用非常广泛，发展速度也很快，现代家用电器中无不应用各种各样的微控制器，例如 CD 机、VCD 机、超级 VCD 机、LD 机、DVD 机、数字调谐器、数字电视机、数字卡拉 OK 机，以及各种家用电器的遥控系统。可以

这么讲，凡是具有数字电路的家用电器中，几乎少不了微控制器的应用。

微控制器在一块芯片(集成电路)上集成了中央处理器(CPU)、存储器(RAM、ROM 或 E-PROM)和各种输入/输出接口、定时器/计数器、A/D、D/A 转换接口等电路，它是一块大规模集成电路，引脚多达数十根。由于它具有许多适用于控制的指令和硬件支持而广泛用于家用电器控制系统中。

一、微控制器组成

微控制器在用于各种家用电器中的具体电路(硬件)是有所不同的，但是它们的基本组成是相同的，最大的不同就是软件设计不同。通过对微控制器基本组成和各部分电路的介绍，可以初步了解微控制器在整个系统中的控制作用和基本工作原理。

微控制器按位数可分为 4 位、8 位、16 位。微控制器按照工艺可分为 PMOS、NMOS (包括 HMOS)和 CMOS (包括 CHMOS)三种。微控制器按用途可分为通用型和专用型两类。

通用型微控制器就是通常所说的各种系列的单片机，它把可开发的资源(ROM, I/O 口等)全部提供给用户，用户可根据自己应用的需要来设计接口和编制程序，因此适应性较强，应用较广泛。

专用型微控制器是根据某种具体的控制要求进行针对性设计，特别是软件部分只能用于指定的控制功能。

1. 微控制器硬件基本结构

(1) 方框图

图 5-57 所示是微控制器的硬件组成方框图。从图中可看出，一个最基本的微控制器主要由下列几部分组成。

a. CPU (中央处理器)。这是微控制器的核心。

b. 存储器。存储器包括两个部分：一是 ROM，它用来存储程序。二是 RAM，它则用来存储数据，ROM 和 RAM 两种存储器的应用是不同的。

c. 输入/输出(I/O)接口，这一接口电路分为两种：一是并行输入/输出接口，二是串行输入/输出接口，这两种接口电路结构不同，对信息的传输方式也是不同的。并行输入/输出接口是几位数码同时传输，串行输入/输出接口则是一位一位地传输。

d. 定时器/计数器。在微控制器的许多应用中，往往需要进行精确的定时和产生方波信号，由定时器/计数器电路来完成。

e. 时钟系统。这一系统是微控制器的一个重要系统，微控制器的工作是按部就班的，按一定规则排列时间顺序的定时，就是由时钟系统控制的。时钟信号要把微处理器执行指令时要做的操作按先后顺序排好，并给每一个操作规定好固定时间，这样就可以使微控制器在某一时刻只做一个动作，可实现电路的有序工作。

(2) 相互联系方式

微处理器的上述五个基本部件电路之间通过地址总线(AB)、数据总线(DB)和控制总线(CB)连接在一起，再通过输出/输入接口与微处理器外部的电路联系起来。

(3) 单片机

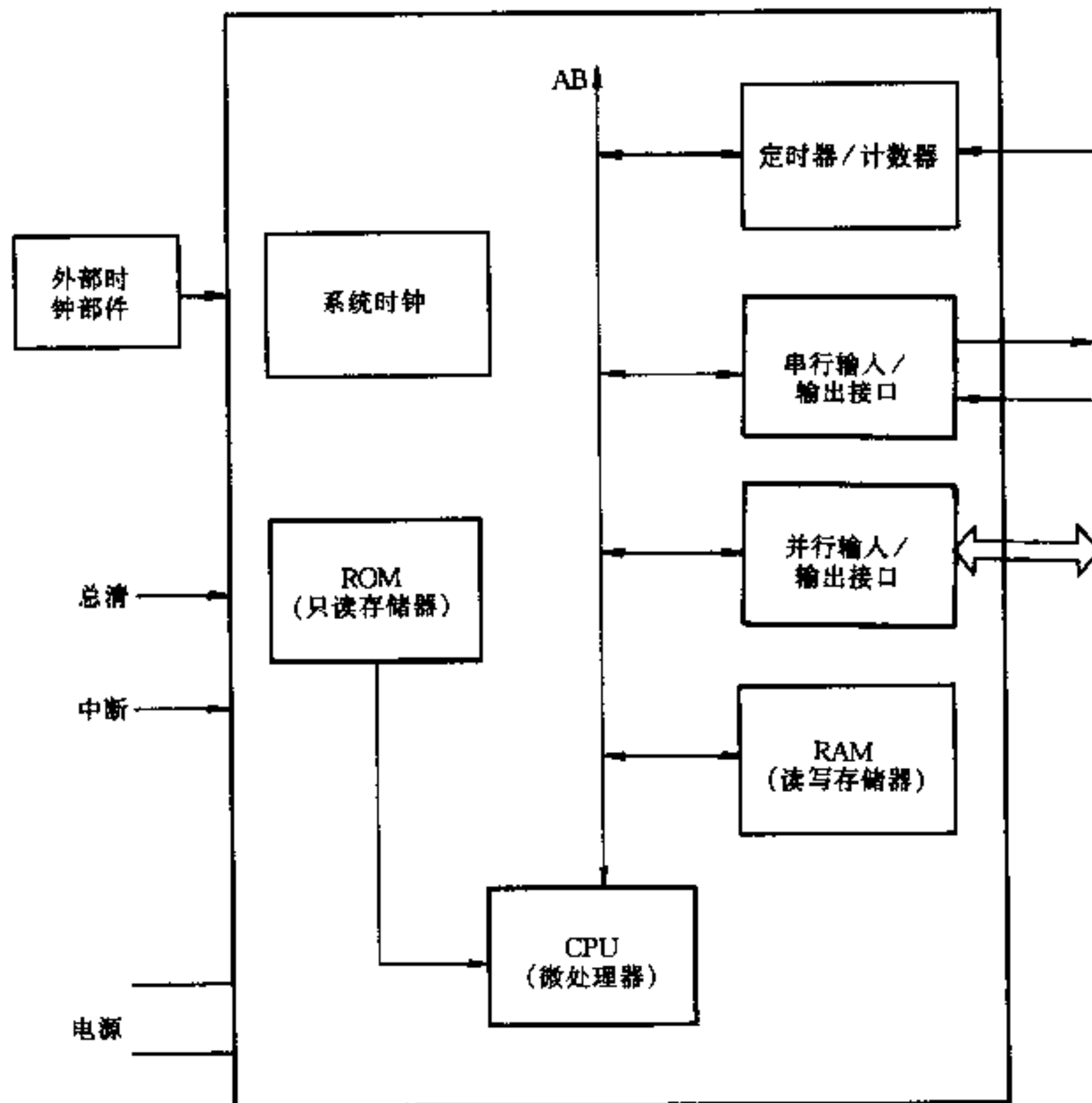


图 5-57 微控制器硬件基本结构方框图

由于大规模集成电路技术的迅速发展，可以将上述的五部分基本功能部件（CPU、ROM、RAM、I/O 接口、振荡器和时钟电路等）全部集成在一块半导体芯片上，这样的集成电路芯片被称之为单片微型计算机，单片机的名称是由而来的。

为了增强微控制器的实时控制功能，绝大多数微控制器芯片上还集成有定时器/事件计数器、D/A 转换器和 A/D 转换器等功能部件，以进一步加强微控制器的功能。

2. 各部分电路作用

(1) CPU 作用

CPU 内部电路相当复杂。CPU 在微控制器起着核心作用，微控制器的所有操作动作指令的接收和执行指令、各种控制功能、辅助功能都是在 CPU 的管理下进行的。同时，CPU 还要担任各种运算工作。在微控制器中 CPU 起着指挥中心的作用。

通俗地讲，CPU 相当于“人脑”和“算盘”的作用，其中“人脑”用来进行指挥微处理器的各项工作，“算盘”则用来进行各种数据的运算。

(2) 存储器

存储器的作用相当于“纸张”。存储器用来存放微控制器中的各程序和数据。

所谓程序就是根据所要解决问题的要求，应用指令系统中所包含的指令，编成一组有次序的指令集合。

所谓数据就是微控制器工作过程中的信息、变量、参数、表格等，例如传感器反馈回来的反馈信息。

在一个具体的微控制器中，程序是固定不变的，但数据是可变的，存储器类型也是不同的。固定不变的程序由称之为 ROM 的存储器来存放，ROM 内除存放应用程序外，还要存放程序中用到的常数和表格，这里程序、常数、表格被永久性存放在 ROM 中，无法改变。

RAM 用于在程序运行期间存储工作变量和数据，在微控制器工作过程中，这些数据可能被要求改写，所以 RAM 中存放的内容是随时可以改变的。

微控制器芯片内带有 ROM 和 RAM，根据工艺的可能性和用户要求，有各种不同的配置。芯片内 RAM 从早期的 64 字节增加到 256 字节以上。芯片内 ROM 的容量也越来越大，按照应用对象的不同，其形式也多样化，如采用片内掩膜式 ROM、芯片内 EPROM 或芯片外 EPROM。

微控制器中的程序存储空间和数据存储空间被分隔开，并且采用不同的寻址方式，使用两个不同的存储器地址指针，数据指针指向数据存储器空间，程序计数器 PC 指向程序存储器空间。采用这种寻址方式主要是考虑控制应用的特点，也就是就应用中需要有较大的程序存储器空间，只需要较小的数据存储器空间，以适应结构紧凑和快速运算的需要。

a. 程序存储器。程序存储器是只读存储器 (ROM)，用于存事先编好的程序和表格。例如，4K 的存储器被分成两个区：0 区 (000H ~ 7FFH) 和 1 区 (800H ~ FFFH)，可由专门的存储区选择指令进行选择。

0 区中有下列三个单元具有特殊的定义。

一是单元 0。微控制器复位的程序计数器的内容为 0，使得微控制器必须从单元 0 开始执行。一般在该单元存放一条绝对跳转指令，而用户设计的程序从跳转的地址开始存放。

二是单元 3。微控制器响应外部中断请求时，自动地把 003H 送入程序计数器，使微控制器转到单元 3 开始执行外部中断处理程序。

三是单元 7。当微控制器响应定时器/计数器溢出中断请求时，自动地把 007H 送入程序计数器，使微控制器转到单元 7 开始执行定时器/计数器中断处理程序。

b. 数据存储器。数据存储器是一个随机存储器，是一个读/写存储器 (RAM)，它可读可写，它分成许多单元。微控制器片内的数据存储器用途很多，主要有下列一些。

一是其中的一部分单元当作 CPU 的工作寄存器。当微控制器中没有专门的寄存器阵列时，可使用数据存储器中的一部分单元，如用 16 个单元可作为 CPU 的工作寄存器，在这 16 单元中又可分成 0 区工作寄存器，1 区工作寄存器 (其中一部分可用作地址寄存器)。

二是微控制器内有一个大小、地址均为固定的堆栈，设在数据存储器中。

三是数据存储器其余的单元是用户的数据区。

(3) 输入/输出接口

输入/输出接口常用 I/O 接口表示，I 是指输入接口，是英文 IN 的缩写。O 是指输出接口，是英文 OUT 的缩写。

输入/输出接口电路是指 CPU 与外部电路、设备之间连接通道及有关控制电路。由于外部电路、设备的电平大小、数据格式、运行速度、工作方式等均不统一，一般情况是不能与 CPU 相兼容的 (即不能直接与 CPU 连接)，这些外部的电路和设备只有通过输入/输出接口的桥梁作用，才能相互之间进行信息传输、交流和使 CPU 与外部电路、设备之间协调工作。

输入/输出接口种类繁多，不同的外部电路和设备需要相应的输入/输出接口电路，可利用编制程序的方法具体确定接口的工作方式、功能和工作状态。

输入/输出接口可分成两大类：一是并行输入/输出接口，二是串行输入/输出接口。

a. 并行输入/输出接口。并行输入/输出接口的每根引线可灵活地选作输入引线或输出引线。有些输入/输出引线适合于直接与其他(如发光二极管显示器)电路相连，有些接口能够提供足够大的驱动电流，可以直接与外部电路和设备接口连接起来，使用非常方便。有些微控制器允许输入/输出接口作为系统总线来使用，以便外扩存储器和输入/输出接口芯片。

b. 串行输入/输出接口。串行输入/输出接口是最简单的电气接口，和外部电路、设备进行串行通讯时只需使用较少的信号线。

(4) 定时器/事件计数器

为了提高微控制器的实时控制能力，一般微控制器内都设有定时器电路。定时器有两种类型：一是增量计数器，二是减量计数器。

增量计数器当定时器溢出时，产生中断并作标志位置位。

减量计数器当定时器回零时产生中断。

有的定时器还具有自动重新加载的能力，这使得定时器的使用更加灵活方便，利用这种功能很容易产生一个可编程的时钟。

此外，定时器还可作为一个事件计数器，当工作在计数器方式时，可从指定的输入端输入脉冲，计数器对其进行计数运算。

a. 工作方式。定时器/事件计数器有下列三种工作方式。

一是计数器方式。在执行了启动定时器指令后，内部时钟经分频后加到计数器的输入端，这样每隔一定的时间间隔就有一个计数脉冲，控制计数器的计数值就可以进行定时控制。

二是外部事件计数方式。在执行了启动了外部事件计数器指令后，使计数器加1。

三是停止方式。执行停止定时器/计数器指令后，计数器停止计数，计数值被保存在计数器中，可以用指令读出，微控制器在执行复位操作后，计数器也将停止计数，但不改变计数器的内容。

b. 产生串行信号。在微控制器中没有串行接口时，为了实现串行输出，可以利用内部的定时器来产生串行信号。

(5) 时钟电路

大多数微控制器都设有内部的时钟电路，只需外接简单的定时元件即可构成时钟电路。时钟电路中的振荡器设在芯片内部，只需要外接 RC(阻容元件)或晶振作定时元件就行。时钟电路中若采用晶振作为定时元件，利用晶振优良的性能，可提高时钟系统的工作性能，工作稳定、可靠。

微控制器也可以采用外加时钟源。

3. 硬件和软件

微控制器系统是由硬件和软件两大部分组成的。

(1) 硬件

前面介绍的各种部件、电路称之为微控制器系统中的硬件，所谓硬件就是能够看得到的

有形元器件、部件、电路，例如上面所介绍的 CPU、存储器、接口电路等。在这里也是只讨论微控制器的硬件工作原理，软件作为一个独立的领域不作详细介绍，但是软件对微控制器的工作起着极其重要的作用。

(2) 软件

微控制器能够正常而高效地工作只有硬件是完全不行的，必须要有相应的软件来支持，要使微控制器进行各种计算或处理，必须给微控制器编制各种各样程序。所谓软件就是为了进行管理、维修和开发各种微控制器所编制的各种各样程序的总和。

微控制器之所以能够脱离人的直接干预，而能够自动地进行各种事先约定的无人操作、运行，这是因为软件起了关键性作用。在对一种微控制器系统进行设计时，已经将解决各种问题、实现各种自动操作的步骤、方法等，用指令编成了程序，事先送进了微控制器。微控制器在执行时，只要将指令一条条取出来，加以译码，变成相应的控制信号，去控制微控制器一步步地运行。

在给微控制器输入各种操作指令时，要使用人们和微控制器都能够理解的语言(共同的语言)，这就是程序设计语言，它通常称为机器语言。机器语言是一种利用二进制代码表示的、能够由微控制器直接识别和执行的机器码所构成的语言，它就是微控制器的指令系统。

微控制器的软件包括各种程序设计语言、系统软件和应用软件。各种数字式家用电器中都使用微控制器，就微控制器硬件而言可以讲是基本相同的，但他们的功能、具体控制对象、执行方式、运行速度等则千变万化，这就是因为各种具体应用的微控制器所使用的软件不同所致。

4. 指令系统、周期和寻址方式

(1) 指令和指令系统

所谓指令就是控制微控制器进行各种操作和运算的命令，这些命令是以二进制代码形式出现的，如 ASCII 码(美国标准信息交换码)。

指令由两部分组成：一是操作码，二是操作数。

操作码规定了微控制器进行什么性质的操作。

操作数规定了哪些数参加这次操作以及操作结果存放在何处。

所谓指令系统是这样：对于不同应用功能的微控制器，其指令代码的编码规则设计是不同的，这套指令代码就是这种微控制器的指令系统。

(2) 周期

微控制器在工作过程中，各部分电路在时钟脉冲的控制下协调一致地运算、工作，一个节拍一个节拍地按照预定程序去完成相应的操作，所谓周期就是微控制器完成规定操作所需要的时间。

微控制器周期概念有三种：一是指令周期，二是时钟周期，三是机器周期。

a. 指令周期。所谓指令周期就是在控制器控制下，执行一条指令(从取出这条指令并完成该指令所规定的操作)所需要的全部时间。

b. 时钟周期。所谓时钟周期就是微控制器处理操作的最小单位，也就是时钟的最小节拍，从时钟脉冲信号的波形上讲就是连续两个时钟脉冲前沿之间的时间间隔。每一个时钟周期，微控制器都要完成某个确定的操作。

c. 机器周期。所谓机器周期就是 CPU 从存储器或输入/输出接口读写、存取一个字节相应所需要的时间。

一个指令周期由若干个机器周期组成，而一个机器周期又划分为若干个时钟周期。

(3) 寻址方式

在指令中有个操作数，它规定了哪些参数参加该次的操作。但是，指令中往往不是直接将操作参数给出(参数存放在存储器的某个存储单元中)，只是给出这个参数所存放单元的地址(地址就是数据存放在存储器中的“门牌号码”，是一组二进制代码，称为地址)，有了这个参数的地址码，也就能够取出这个参数。

所谓寻址方式就是用什么方式来找出这个操作参数所存放单元的地址。寻址方式的一个重要问题就是，在整个存储器范围内，如何灵活方便地找到所需的存储单元。

5. 微控制器小结

(1) 微控制器特点

微控制器具有下列一些特点。

a. 微控制器最大的两个特点：一是整个电路集成在一块或一大块加几小块集成电路中，二是各部分电路之间通过几条总线连接在一起。

b. 从微控制器结构角度上讲，它有两个特点：一是内部总线，二是采用了多内部寄存器结构。

c. 微控制器具有很强的功能，且通用性较好，所以广泛地用于各种家用电器控制中。

d. 微控制器的总线大多数是设在集成电路内部，不易受到干扰，所以工作时的可靠性很强。

e. 微控制器可分时使用，通常一台家用电器中使用一个微控制器就能实现各种控制功能。

f. 微控制器的控制方式由软件实现，各种家用电器中的微控制器其硬件结构是基本相同的，只是软件设计不同，具有较强的修改操作性和灵活性。

(2) 小结

a. 微控制器就是一台微型化、注重控制功能的计算机，只是它不像台型计算机那样有专门的显示器和很强的计算功能，但能够完成计算机的一些控制功能，并且是专门针对控制功能而设计的微型计算机。

b. 微控制器由硬件和软件两大部分组成，各种微控制器的硬件大体是相同的，主要不同之处就是软件设计不同，不同用途的微控制器其软件是专门设计的，就是能够完成相同功能的微控制器，不同厂生产的微控制器其软件设计也是不相同的。

c. 微控制器集成电路在一些机器的整机电路图中只画出它的内电路方框图，此时利用该方框图可以了解微控制器电路各部分电路组成，通过内电路中的连接线和箭头方向，可以了解各部分电路之间的相互联系。但是，也有为数不少的整机电路图中不画出微控制器集成电路的内电路方框图，此时可查找有关集成电路手册，从中了解该型号微控制器集成电路的内电路组成情况。

d. 有的微控制器集成电路内电路中，各部分电路用中文解说，有的则是用英文解说，所以了解一些常用的专用英文名词对电路分析是相当有利的。

e. 在进行微控制器电路分析时，对硬件分析比较直观，软件是无法从电路图中看到的，只能通过了解微控制器的运行方式来了解，通常没有必要去深入了解软件情况。

f. 微控制器通常是由一块大规模集成电路和几块辅助集成电路构成，微控制器中的主要电路就集成在该块大规模集成电路之中。

g. CPU 是微控制器中的核心，为了分析微控制器电路工作原理，对 CPU 的结构、工作原理必须深入了解，对于 CPU 的工作过程则必须掌握。

h. 上面介绍了一些基本术语，如机器周期、指令、时钟等，对它们的具体技术含义要充分了解，否则在学习中遇到这些术语就无法正确理解文中的意思。

二、中央处理单元(CPU)

1. 中央处理单元组成

中央处理单元简称 CPU。CPU 主要由三大部分组成：一是运算器；二是寄存器；三是控制器。

(1) 方框图

图 5-58 是典型的中央处理单元组成方框图，各单元电路可以归纳成为三类：一是算术

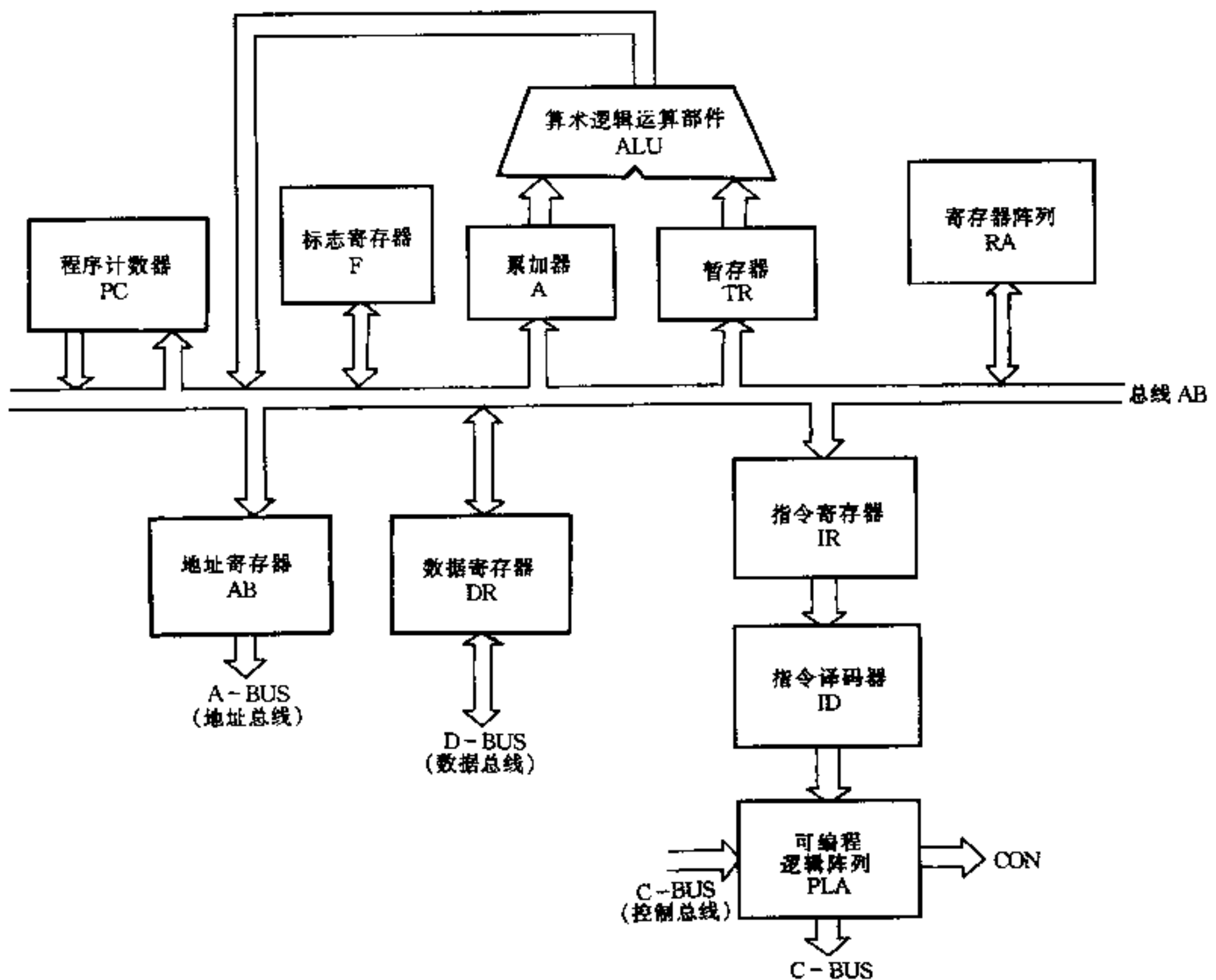


图 5-58 中央处理单元组成方框图

逻辑运算部件，二是控制逻辑部件，三是寄存器部件，它们都挂在内部总线上。CPU 对外引出端分别为地址总线(AB)、数据总线(DB)和控制总线(CB)。

(2) 算术逻辑运算部件

算术逻辑运算部件简称运算器，用 ALU 表示。算术逻辑运算部件在整个微控制系统中相当于算盘，用来对各种信息代码进行算术逻辑运算。在微控制器的工作过程中存在大量的算术逻辑运算，这就是由算术逻辑运算部件来完成的。

算术逻辑运算部件是微控制器执行算术和逻辑运算的主要部件，它具有两个输入端和两个输出端。

a. 输入端。算术逻辑运算部件(ALU)的一个输入端与暂存器(TR)相连，还有一个输入端与累加器(A)相连，来自 CPU 内部数据寄存器(DR)或内部寄存器阵列(RA)的操作数，都要先送到这两个寄存器中，然后才能由算术逻辑运算部件(ALU)进行相应的操作。

b. 输出端。算术逻辑运算部件(ALU)的一个输出端与内部总线相连，以便把处理的结果通过内部总线送回到累加器(A)中。算术逻辑运算部件(ALU)的另一个输出端与状态标志寄存器(F)相连，算术逻辑运算部件(ALU)每次操作后，通过对处理结果的判断，设置状态标志寄存器相应的位，来代表微控制器的某种状态。因此，微控制器每执行完一条指令后所处的状态，都可由状态标志寄存器(F)相应的位来体现和表征。

c. 执行功能。算术逻辑运算部件(ALU)在指令译码器的控制下，接收从 1 个或 2 个数据源来的数据(8 位的微控制器为 8 位)，运算结果也是产生 8 位数据。

算术逻辑运算部件(ALU)能执行的操作功能通常有下列几类。

一是逻辑运算：与、或、异或(半加)。

二是加 1/减 1。

三是按位取反。

四是移位：左移、右移。

五是半字节交换。

六是 BCD 十进制调整。当算术逻辑运算部件(ALU)对两个 BCD 数按二进制进行加法运算后，累加器中的结果必须经过十进制调整单元的适当调整，才能得到 BCD 数的结果。

如果算术逻辑运算部件(ALU)执行的操作结果产生 8 位以上的数据(最高位溢出)，则程序状态字(PSW)中的进位标志(CY)置 1。

(3) 控制逻辑部件

控制逻辑部件的作用相当于入脑，在 CPU 中起着总指挥者的角色。在微控制工作过程中，控制逻辑部件发出各种控制指令，实现微控制器各部件之间的有机联系，以使微控制器处理过程能自动地、协调一致地进行。

控制逻辑部件的具体作用是，使微控制器中的各部件按一定时间节拍协调一致地工作，它给算术逻辑运算部件、输入/输出接口、存储器发送同步信号，控制 CPU 按一定的顺序进行指令读取、译码并执行等一步步操作，同时发出相应的外部控制信号与外设联通。

工作过程是这样：要执行的指令从程序存储器中取出，经总线送到指令寄存器(IR)，再通过指令译码器对指令进行译码，并根据对控制条件的测试，由定时器和控制器按不同的指令周期发出相应的定时和控制信号，控制运算器各部件的操作，控制数据源寄存器和目的寄存器，使微控制器各有关部件间协调地按指令完成操作功能。定时器能接受外部的请求信

号, 能根据指令的要求发出相应的外部控制信号。

控制逻辑部件主要由下列四部分组成。

一是指令译码器(ID)。

二是可编程序逻辑阵列(PLA)。

三是指令寄存器(IR)。

四是程序计数器(PC)。

a. 指令译码器(ID)。指令译码器(ID)的作用是接收指令寄存器(IR)传送来的指令中的操作码, 并对指令中的操作码进行译码处理, 以获得相应的控制信息。

b. 可编程序逻辑阵列(PLA)。可编程逻辑阵列(PLA)用来接收指令译码器(ID)送来的指令操作码信息, 以及各种状态测试信号、外部设备送来的请求信号、响应信号等, 并发出各种内部控制信号和外部控制信号。外部控制信号通过控制总线 CB 送出, 去控制存储器或输入/输出接口。

c. 指令寄存器(IR)。指令寄存器(IR)的作用是用来暂时寄存正要被执行的指令。指令从程序存储器中取出后, 首先送到指令寄存器(IR)中, 然后将指令中的操作码送到指令译码器(ID)中进行译码, 并产生相应的内部或外部控制信号。指令中的操作数, 一般为参加运算的数据所存放的地址, 被送到地址缓冲器中, 然后找到相应的存储单元, 将数据取出参加运算。

d. 程序计数器(PC)。在微控制器中, 程序存放在程序存储器中, 它是一种只读存储器(ROM, 这种存储器只能读出数据, 不能写入数据), 微控制器运行时能够脱离人的直接干预而自动地进行操作, 这过程中程序计数器(PC)起了关键的作用。

程序计数器(PC)是专门用于存放下一条将要执行的指令地址的一个专用寄存器。程序计数器(PC)具有两个功能: 一是计数功能, 二是接收信息功能, 其作用是计算和保持程序执行过程中下一条指令的地址。

在程序顺利执行过程中, 程序计数器(PC)不断地自动进行加 1 计数, 以便按顺序给出下一条将要执行的指令地址。当程序非顺序执行时, 即发生转移时, 程序计数器(PC)接收转移地址, 从而使 CPU 能找到转移后下一个将要执行的指令地址。

如果微控制器的程序计数器(PC)是 12 位的, 参与计数的只有 11 位, PC11 不计数, 由存储器区选择指令指定它的内容是“0”还是“1”, 用控制不同的程序存储区(有两个区)。当 PC11 等于 0 时, 程序计数器(PC)在一个区内计数, 计数到最大值后又回到 000H。当 PC11 等于 1 时, 程序计数器(PC)的计数范围进入另一个区。

(4) 寄存器部件

a. 累加器(A)。在微控制器中使用最频繁的寄存器是累加器(A), 也是 CPU 中最重要的一个数据寄存器, 许多操作都与累加器(A)相关。由于算术逻辑运算部件(ALU)只是一个运算部件, 其本身没有寄存代码的功能, 因此, 凡是通过算术逻辑运算部件(ALU)进行算术和逻辑运算的操作, 操作数之一是累加器(A)中的数, 而且经算术逻辑运算部件(ALU)运算后的结果也必须通过内部总线送回到累加器(A)中去, 然后才能再执行其他操作而转送到其他单元(例如寄存器、RAM、输入/输出接口等)中去。

b. 状态标志寄存器(F)。标志寄存器由多个触发器电路组成, 用来存放算术逻辑运算部件(ALU)操作后的一些状态标志, 常有的状态标志主要有: 一是进行标志(C), 二是辅助进

行标志(AC)，三是符号标志(S)，四是全零标志(Z)，五是溢出标志(V)，六是奇偶校验标志(P)，七是减法标志(N)等。

状态标志寄存器(F)的作用是用于保存微控制器执行完一条指令后，微控制器所处状态的有关信息，例如是否有溢出、是否有进位产生、符号位是零还是1等等。执行程序时，也可以通过对这些状态的测试(对微控制器所处状态的判断)，来阅览程序下步的走向，是否需要转移和分支等。

c. 暂存寄存器(TR)。暂存寄存器(TR)的作用是将输入到算术逻辑运算部件(ALU)的数据与内部总线隔离。由于算术逻辑运算部件(ALU)的两个输入，一个来自累加器(A)，另一个则来自其他寄存器或存储器，需要通过内部总线送入算术逻辑运算部件(ALU)，而算术逻辑运算部件(ALU)的运算结果也需要通过内部总线送回累加器(A)，若没有暂存寄存器(TR)，就会引起算术逻辑运算部件(ALU)的输入和输出同时出现在内部总线上的混乱情况，所以要设置一个暂存寄存器(TR)，暂存算术逻辑运算部件(ALU)的输入数据。

d. 地址缓冲寄存器(AR)和数据缓冲寄存器(DR)。地址缓冲寄存器(AR)和数据缓冲寄存器(DR)的作用是协调 CPU 同存储器或输入/输出接口电路之间在运行速度、工作周期等方面所存在的差异，以保证地址信息和数据信息的正确传送。

CPU 发出的地址信息首先送到地址缓冲器中暂存，等待存储器输入/输出接口接收地址信息，而 CPU 接着进行其他的操作。对于数据信息的输入和输出，由数据缓冲起中间缓冲作用，因此数据缓冲寄存器(DR)是双向的。

e. 寄存器阵列(RA)。寄存器阵列(RA)通常包括：一是由若干个通用寄存器组成的通用寄存器组，二是堆栈指针(SP)等。

寄存器阵列(RA)是 CPU 内部的小容量高速存储器，用来暂时寄存运算中的一些中间结果，以减少对存储器的频繁访问，从而提高微控制器的运行速度。

2. 总线

微控制器中的总线共有下列三种。

一是地址总线，用 AB 表示。

二是数据总线，用 DB 表示。

三是控制总线，用 CB 表示。

(1) 总线结构

微控制器的总线结构有下列三种。

a. 单总线结构。有的微控制器中，将两个操作数和运算结果都用同一组内部总线分时传输，这称为单总线结构。这种总线结构虽然速度低些，但布线比较少，加工容易，所以这种结构的总线比较流行。

b. 双总线结构。有的微控制器中，将两个操作数用不同的内部总线分别传输，这称为双总线结构。

c. 三总线结构。有的微控制器中，将两个操作数和运算结果分别用不同的内部总线独立传输，这称为三总线结构。这种总线结构运算速度比较快，但布线比较多。

(2) 总线示意图

总线英文是 BUS。所谓总线就是微控制器中用来传输信息的一组通信线路，图 5-59 所

示是地址总线(AB)、数据总线(DB)和控制总线(CB)结构示意图,从图中可看出,三条总线是与CPU相连接,总线将多个信号源和多个接收部件联系起来,相互之间传输信息。

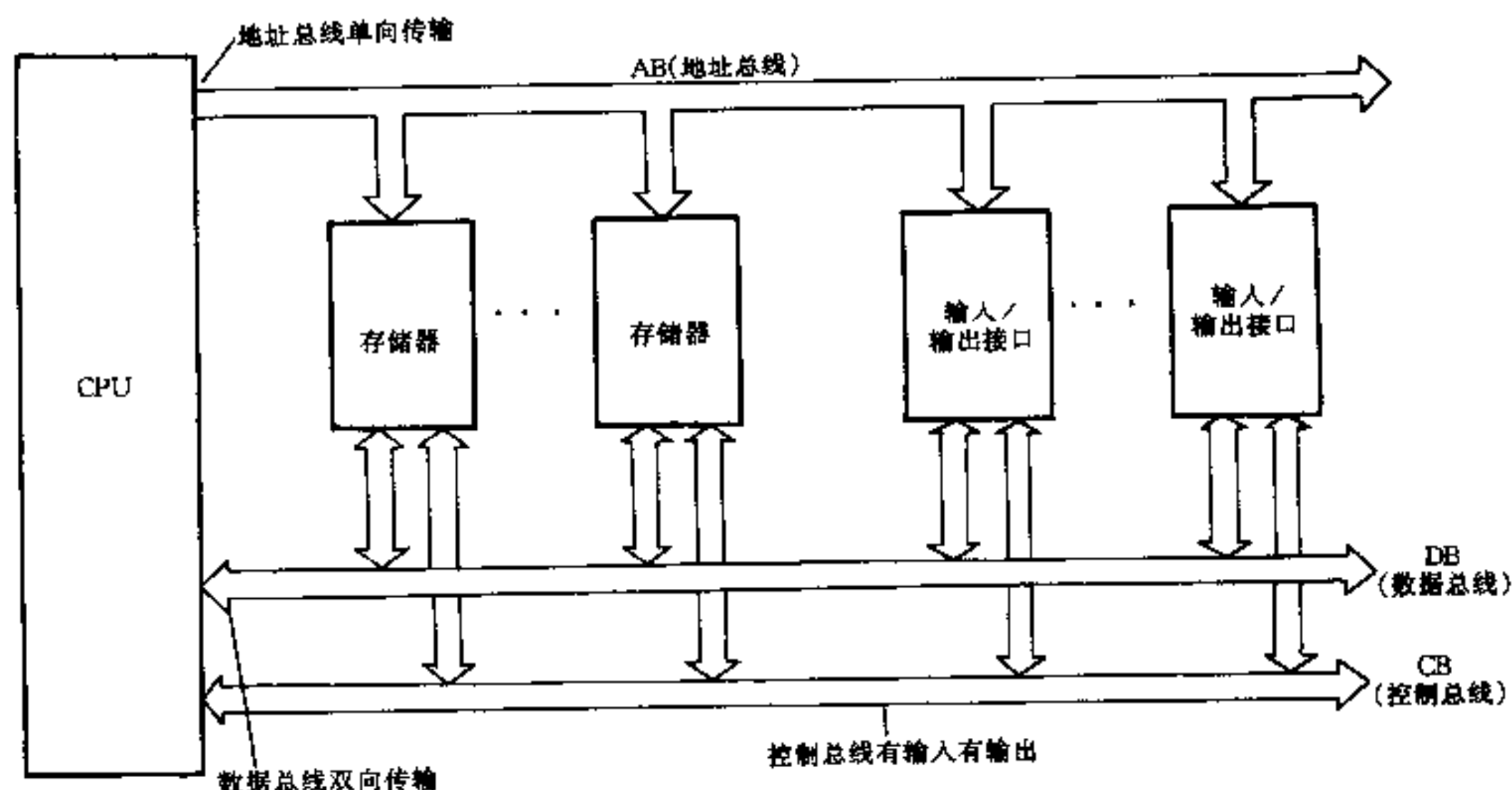


图 5-59 总线示意图

从图中可看出,这里的总线是各信号源和接收部件共用的,信号可以从多个信号中的任意一个传输到某一个接收部件中,各部件之间按时间轮流使用总线,这称为分时,这样可以大大降低总线的数目。

(3) 地址总线(AB)

地址总线用 AB 表示, AB 是英文 Address Bus 的缩写。

地址总线(AB)用来由 CPU 向存储器(ROM)单元和输入/输出接口发送(传输)地址信息,由于存储器(ROM)单元和输入/输出接口是不会向 CPU 传输信息的,所以地址总线(AB)是单向传输总线。

在微控制器中使用了能够存储大量信息的存储器,存储器好像是一间很大的仓库,在库房内分隔成许多单元,不同的单元存放着各种参数、表格和程序,如果是一个 64K 的存储器,它共分成了 $2^{16} = 65536 = 64K$ 个存储单元。为了能够方便地找到这 64K 单元中某一个单元中的内容,必须给这 64K 单元编上相应的号,就像编制“门牌号码”一样,这些“门牌号码”就是地址,地址是用二进制代码表示的地址码。

CPU 要发出的地址信息就是通过地址总线(AB)去访问存储器的某一个单元。同样道理,输入/输出接口在微控制器中也有许多(但远没有存储单元多),它们也有相应的地址代码,CPU 发出的地址信息也是通过地址总线(AB)传输到某一个输入/输出接口。

一个 8 位(8 比特)的微控制器,其地址总线(AB)数目一般为 16 根,一般用 A0 ~ A15 表示,这 16 根地址通信线可以寻址的存储单元数目是 $2^{16} = 65536 = 64K$ 。输入/输出接口的数目比较少,一般只用 A0 ~ A15 中的 8 根,它可以寻址的数目是 $2^8 = 256$ 个。

地址总线的位数决定了所用微控制器的最大寻址空间。在微控制器的位数(即几位的微控制器)和地址总线数决定后,内部存储器(称为内存)的最大容量也就确定了。但是,内部存储容量往往不能满足微控制器工作的需要,这时就需要外挂外部存储器(称为外存)。

(4) 数据总线(DB)

数据总线用 DB 表示, DB 是英文 Data Bus 的缩写。

数据总线(DB)用来在 CPU 与存储器、输入/输出接口和其他电路之间传输数据。由于数据可以从 CPU 传输到内部存储器、输入/输出接口,也可反方向传输到 CPU 中,所以数据总线(DB)是双向传输的总线,这一点与地址总线(AB)是不同的。

数据总线的根数与微控制器的位数相对应,一个 8 位(8 比特)的微控制器,其数据总线(DB)数目一般为 8 根,一般用 D0 ~ A7 表示。

(5) 控制总线(CB)

控制总线用 CB 表示, CB 是英文 Control Bus 的缩写。

控制总线(CB)的作用是用来传输控制信息,例如传送中断请求、定时脉冲和读写操作等。控制总线(CB)是单向传输的,但是对 CPU 来讲,根据各种控制信息的具体情况,有的是输入信息,有的是输出信息。

(6) 分时使用

所谓分时使用就是总线被许多部件共用,但在某一时刻只允许一对部件(一个信号源和一个接收部件)在使用总线,其他部件则与总线脱离。为了保证总线的分时使用,在各部件与总线之间都是采用三态门电路连接,通过控制器按指令的要求控制各个三态门电路的工作状态(前面介绍过这种门电路的三种状态),以保证总线的分时使用,在某一时刻不参与工作的三态门均处于高阻状态,相当于与总线之间断开。

(7) 数据的存取

数据存储在有记忆功能的存储器中。对存储器中的数据进行提取或将数据写入存储器时,起码需要下列两条控制线。

一条是区分读操作和写操作的读/写(R/W)控制线,这根线要连接到 CPU 的 R/W 端,由 CPU 决定对存储器是进行读出数据,还是写入数据,即确定数据的流向。

另一条线是片选控制线(CS),有时也称片启动控制线(CE)。每一个存储器都是通过三态门电路与总线相连接,片选信号就是控制这些三态门的工作状态的控制信号。当片选信号到来时,即片选信号为高电平,存储器才工作。

由于三态门的工作特性,没有片选信号(高电平)到达存储器,三态门电路对数据总线呈高阻状态。正是由于这个特点,可以将许多单片存储器电路同时接到 CPU 总线上而不会造成总线的过载问题,这样总线可以挂上许多存储器,形成大容量的存储器。

在对存储器进行读取操作时,是根据地址总线(AB)上的地址码来查找存储器中的存储单元,将数据写入或读出。

3. 单 CPU 和多 CPU 控制系统

一般情况下,一台家用电器中的整机控制系统只需要使用一个 CPU,但是随着家用电器控制功能的增多,对 CPU 的负荷增加,使用一个 CPU 来控制整机工作时,对这只 CPU 的要求增加,使 CPU 的功能和性能价格比降低,为此在一些新型家用电器中采用多 CPU 控制系统。

(1) 单 CPU 控制系统

图 5-60 是单 CPU 的 VCD 播放机整机控制系统方框图,从图中可看出,整个机器中只使

用了一只微控制器，所以这是单 CPU 控制系统。在这种单 CPU 控制系统中，微控制器要完成整机所有的控制任务，这样对输入/输出接口、内部程序存储器等硬件和控制软件程序的要求比较高。

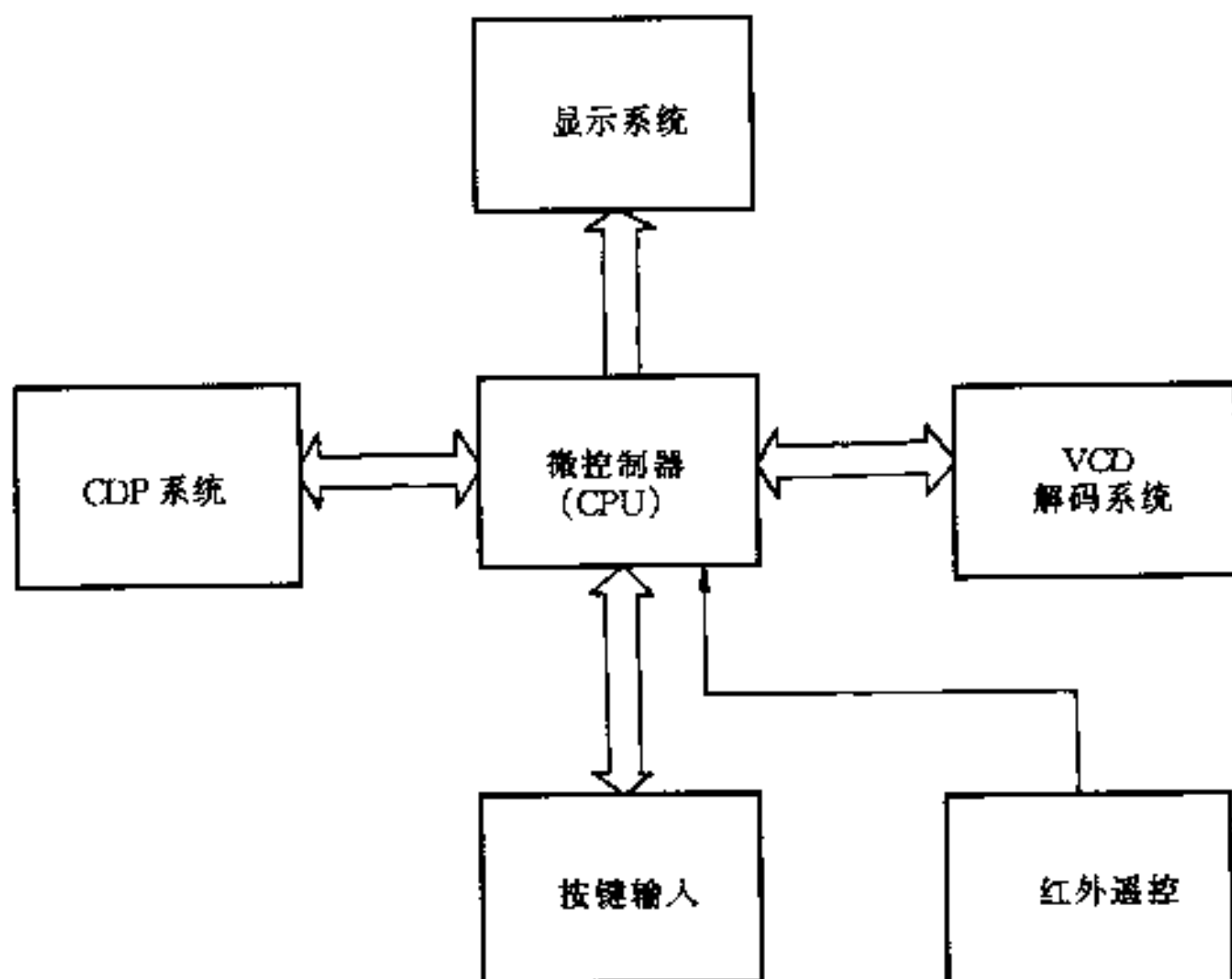


图 5-60 单 CPU 的 VCD 播放机整机控制系统方框图

从图中可看出，一只微控制器要控制 CDP 系统、VCD 解码系统、显示系统和按键输入、红外遥控等。

CDP 是 CD 盘播放器的简称，CDP 是英文 Compact Disc Player 的缩写。CDP 系统包括 CS 机的光头、装载机构和光盘旋转机构等机械机构、伺服系统、CD 数字信号处理器，它是指挥、控制、协调上述电路、机构工作的控制系统。

(2) 多 CPU 控制系统

图 5-61 是多 CPU 控制系统结构方框图，从图中可看出，在这一控制系统中使用了主 CPU 和从 CPU，由主 CPU 来指挥和控制从 CPU，这样从 CPU 分担了一些主 CPU 的控制功能。采用这种双 CPU 控制方式之后，可以降低对主 CPU、从 CPU 的硬件和软件要求。

图 5-62 是一些新型 VCD 播放机中的整机控制系统结构方框图，从图中可看出，控制系统中使用了两个微控制器，主微控制负责管理 CDP 系统、显示系统、按键输入、红外遥控和从微控制器，而从微控制器只负责管理 VCD 解码系统。

图 5-63 是索尼 VCP - S55VCD (CD) 播放机的微控制器控制系统电路，在该机的系统控制中也是采用了主、从 CPU 结构。电路中，A501 是主微

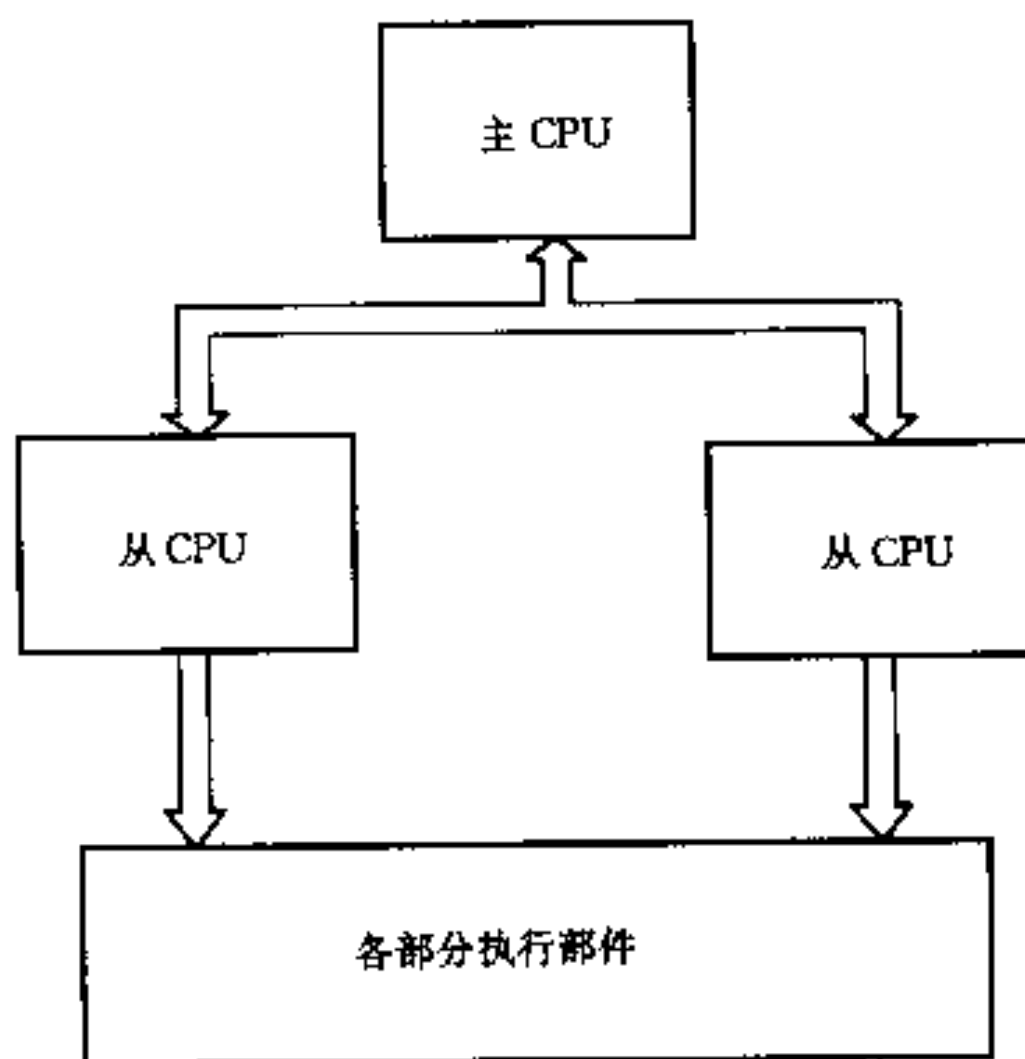


图 5-61 多 CPU 控制系统方框图

控制器集成电路, A401 是从微控制器集成电路, A401 用来控制机芯部分, 其他部分则由 A501 控制。电路中, CN102 是线路之间的连接件。

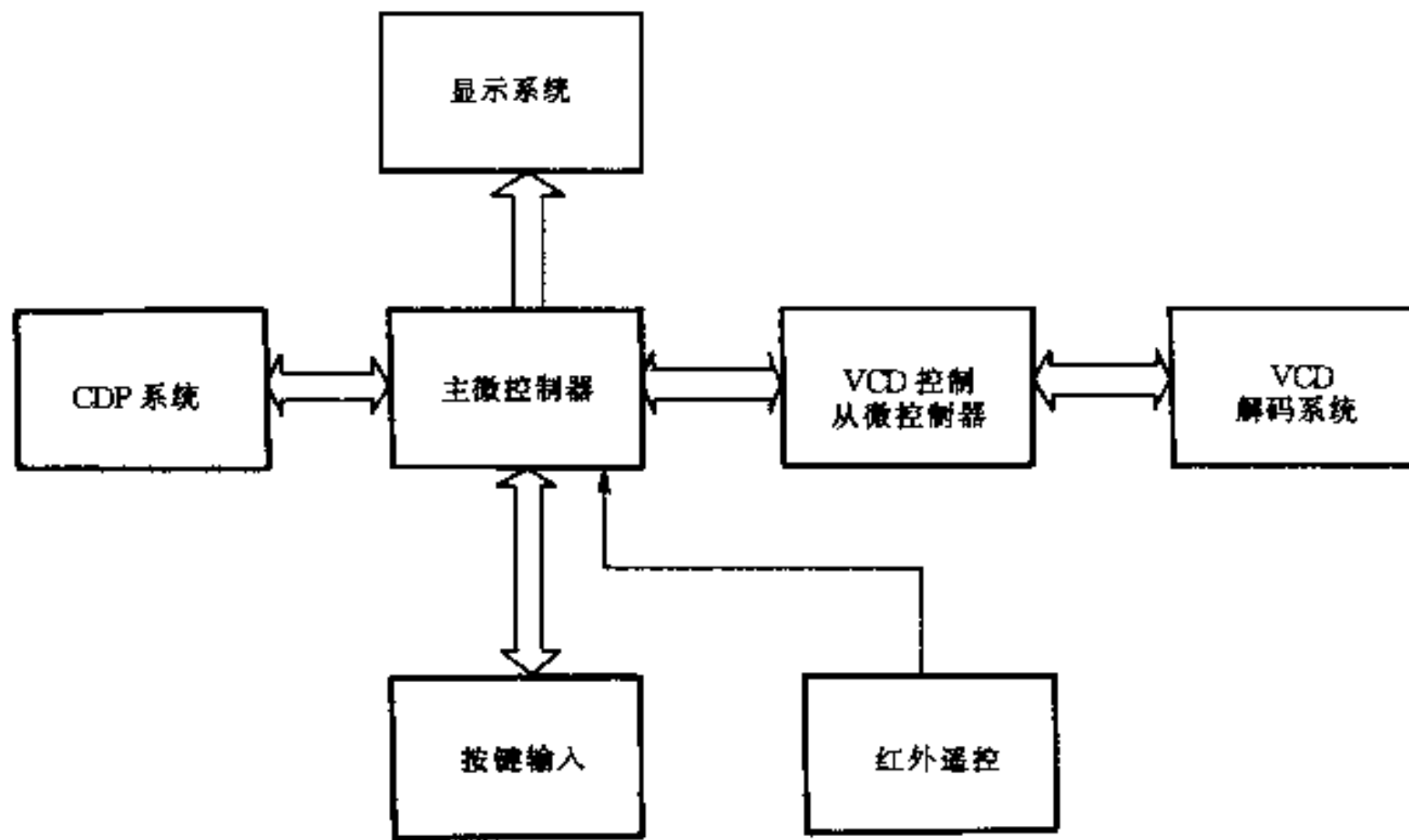


图 5-62 双微控制器控制系统结构方框图

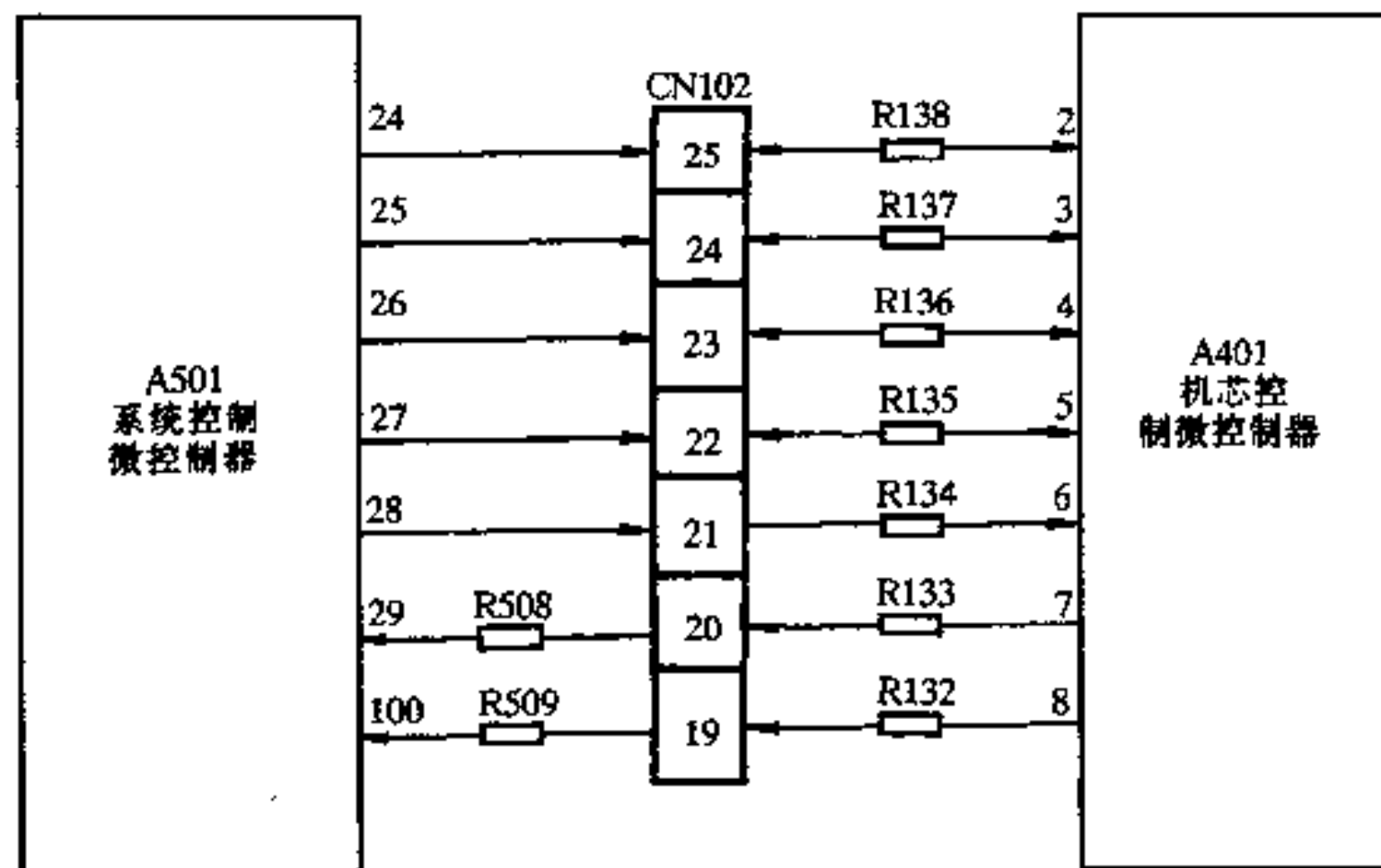


图 5-63 双微控制器控制系统方框图

在集成电路 A501 中, ②、⑤、⑥和⑦脚是数据输入/输出端, 与集成电路 A401 的②、③、④和⑤脚进行数据交换, 各种控制信息都在这四位的数据信号中。

当集成电路 A501 的②脚发出指令请求信号(MREQ)到集成电路 A401 的⑥脚时, 集成电路 A401 便从⑦脚发出指令承认信号(SACK), 经电阻 R133 和 R509 加到 A501 的②脚, 集成电路 A401 从⑧脚发出脉冲指令信号(QINT), 经电阻 R132 送到集成电路 A501 的③脚, 这时两个微控制器之间通过四位数据通信线进行数据的交换和识别。

4. 识图小结

关于微控制器系统中的 CPU 主要说明下列几点。

(1) 微控制器中的 CPU 主要由运算器、寄存器和控制器组成。运算器主要进行各种数据的算术逻辑运算，它的作用相当于一个“算盘”。寄存器用来存储器各种有关信息，它的作用相当于“纸张”。控制器是一个总指挥，它在微控制器系统中相当于“人脑”。

(2) 对 CPU 的结构要了解，对它的各部件具体作用要清楚。在实用的整机电路图中，一般情况下不会画出 CPU 的结构方框图，此时只有通过 CPU 内部结构和各部件电路作用的了解来理解 CPU 的工作过程。

(3) 在一台家用电器中，可能只用到一个 CPU，但是在最新的一些家用电器中，则出现了多 CPU 结构形式(主、从 CPU 形式)，这就是为了降低对 CPU 过高的性能要求，提高 CPU 的性能价格比。

(4) 在多 CPU 结构的微控制系统中，有一只是主 CPU，其他的是从 CPU，从 CPU 仍然受到主 CPU 的控制，只是从 CPU 分担了一些部分本应该是主 CPU 做的事情。

(5) CPU 的内部和外部都是通过三种总线与各部件之间进行联系，也就是地址总线、数据总线和控制总线。地址总线用来传送地址信息，它是一种单向传输总线，地址总线在三种总线中的数目最多，通常地址总线用 $A \times \times$ 表示。数据总线是用来传送数据的总线，它是一种双向总线，即它可用来传送 CPU 的输出数据，也可以用来向 CPU 传送输入数据，一般情况数据总线数目也较多，常用 $D \times \times$ 表示。控制总线用来传送控制信息，它是一种单向传输总线，对于 CPU 来讲，控制总线所传送的控制信号有的是输入信号，有的是输出信号，控制总线的数目少些，通常用 $C \times \times$ 表示。

(6) 微控制器中的总线是许许多多部件所共用的，各部件通过三态门都挂在总线上，三态门有一个高阻状态，在高阻状态下三态门呈开路状态，即与总线脱离，此时对总线而言它就不是一个负载，正是由于三态门的这一特点，可以使许许多多部件同时挂在总线上而不使总线过载。

(7) 许多部件都挂在总线上，换言之，一根总线要被许多部件所使用，总线在某一时刻只被一对部件使用(即总线一端接的是信号源部件，另一端接的是信号接收部件)，在另一时刻总线又被另一对部件使用，这种许多对部件轮流使用总线称为分时。

三、微控制器工作过程简介

在微控制器中，CPU 不仅要实现对自身控制，还担负对微控制器芯片内外其他功能部件的控制，完成规定的操作和运算。CPU 在实现这些控制功能时，是通过逐步执行指令序列的过程来完成的。

1. 基本操作

(1) 指令执行三个阶段

微控制器对任何一条指令的执行都必须经历下列三个阶段。

第一阶段是取指令阶段。

第二阶段是分析指令阶段。

第三阶段是执行指令阶段。

(2) 取指令过程

在微控制器系统中，按照控制功能要求设计的程序已经存放在程序存储器中了，微控制器在

开始运行之后,自动地把指令逐条取出来执行。图 5-64 是典型的取指令的时序波形示意图。

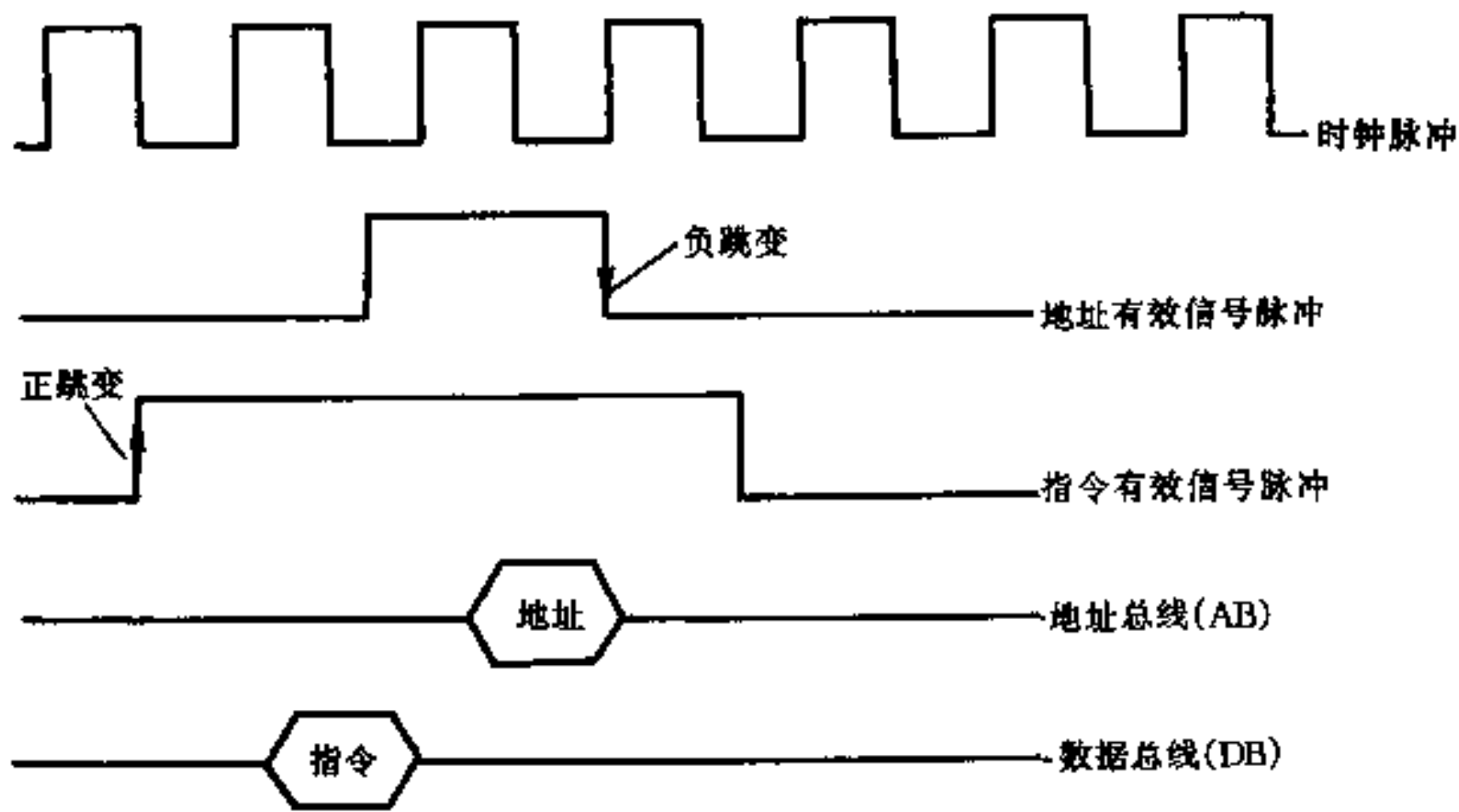


图 5-64 典型的取指令的时序波形图示意图

取指令过程要在时钟脉冲协调作用下进行,整个取指令过程分成下列几步。

- a. 要将指令从程序存储器中取出,第一步是由程序计数器(PC)给出指令所存放单元的地址信息。在时钟脉冲的控制下(见图中的时钟脉冲),从程序计数器(PC)中把将要被取出指令的地址,通过地址总线(AB)送至只读存储器(ROM)的地址译码器输入端。
- b. 当地址有效信号出现负跳变时(见图中地址有效信号的负跳变),表示地址信号已在地址总线上稳定,这时地址译码器可以取走地址信号。
- c. 地址译码器取走的地址信号经译码找到指定的单元。
- d. 再经一定时间的延迟后,CPU发出读出指令的有效信号。
- e. 读出指令的有效信号作为从只读存储器(ROM)中读出指令的控制脉冲,当该脉冲出现正跳变时(见图中指令有效信号中的正跳变),指令内容出现在数据总线(DB)上。
- f. 在数据总线(AB)上的指令内容送到指令寄存器(IR)中。
- g. 在指令寄存器(IR)中的指令送到指令译码器开始译码时,程序计数器(PC)自动加 1,为取下一个字节的指令作好了准备。

(3) 存储器读/写过程

图 5-65 是典型的存储器读/写过程时序波形图。从存储器中读取一个数据,送至 CPU 的某个寄存器,这一过程称为读。由 CPU 将数据写到某个存储单元,这一过程称为写。对存储器的读或写称为对存储器的访问。

存储器读/写操作过程与上面介绍的取指令操作过程基本相同,不同之处有下列几点。

- a. 在取指令过程中,地址信号由程序计数器(PC)发出,而存储器读/写操作过程中,地址信号由指令中的操作数确定,也是通过地址总线(AB)传输。
- b. 从存储器读出的数据不再送到指令寄存器,而是送到指令的操作数所规定的某个寄存器中。
- c. 存储器进行读/写操作时,数据的流动方向由读/写信号来控制。

(4) 输入/输出接口

CPU 通过输入/输出接口电路与外部电路实现数据交换,这就是输入/输出操作。每

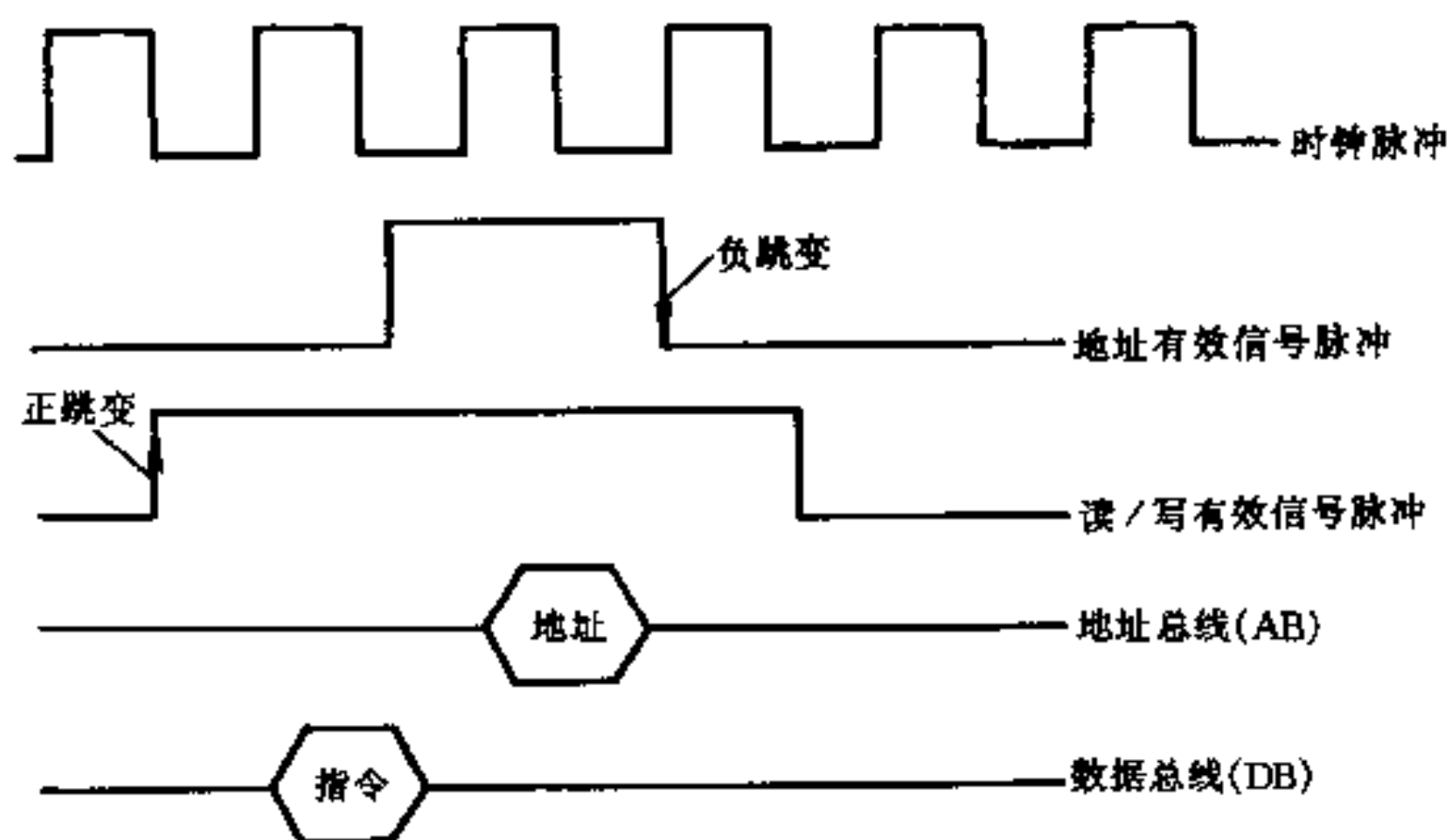


图 5-65 典型的存储器读/写过程时序波形图

一个输入/输出接口都有一个对应的地址编码，这样便可以将它作为存储器的一个单元来对待。

输入/输出接口地址作为操作数放在指令中，控制输入/输出接口的信号是接口的读/写控制信号。

2. 程序顺序执行过程简介

微控制器的工作过程就是执行程序的过程。程序由指令序列组成，因此程序的执行过程就是执行指令序列的过程，也就是周而复始地进行取指令、执行指令的过程。

微控制器在开始执行程序时，必须由人工通过微控制器的外部输入设备(如键输入操作)给微控制器具体的操作要求，例如打开机器电源开关，或按下某一功能键，微控制就能得到一个指令操作码。这一指令操作码被取到控制器内，因而控制器发了相应的控制信号。而在执行指令阶段，由于不同指令的功能不同，要求机器执行的操作也不同，因而控制器发出的控制信号也随之不同。通常采用脉冲顺序分配器，将机内时钟脉冲变为周期重复的时序脉冲，并用此作为控制信号的来源。

(1) 程序的执行种类

程序的执行种类可分为四种：一是从零地址开始执行，二是从中间某一给定地址开始执行，三是顺序执行，四是非顺序执行。

为了实现程序的执行，微控制器中程序计数器(PC)具有这样的三项功能：一是复位时自动清零，二是程序执行过程中自动加1，三是接收内部总线传送来的数据。

在程序执行前，微控制器先复位，程序计数器(PC)便清零，即初值为零，程序执行时便从零地址开始。如果需要程序从中间某一给定的地址开始执行时，先将该确定的地址赋给程序计数器(PC)作为初值，程序便能从该地址开始执行。

无论是程序的哪一种执行，在程序计数器(PC)的PC值送出后程序计数器(PC)就自动加1，为下次送出下一个PC值作好了准备，从而顺序地从只读存储器(ROM)中读取指令，这是程序的顺序执行。

(2) 举例说明

这里以“一个数送到累加器(A)”这样一条指令为例,来说明指令顺序执行的全过程。这条指令占有两个存储单元,设第一单元地址为00H,用来存放指令的操作码。设第二单元地址为01H,用来存放指令的操作数(一个具体的数)。

在指令执行前,应将这条指令的第一单元地址送到程序计数器(PC)中,然后运行,便开始执行这条指令,图5-66所示是执行该指令全过程的示意图。

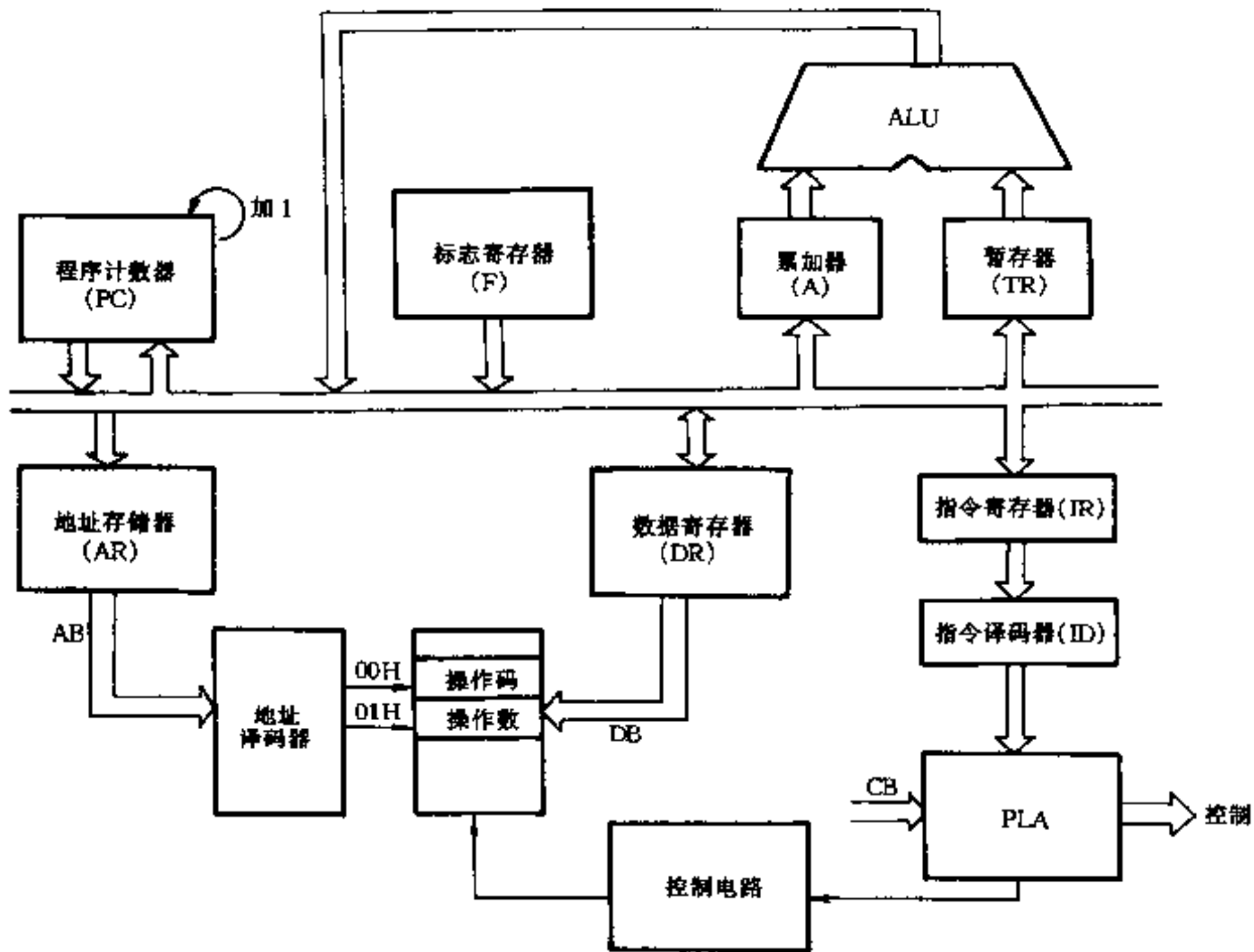


图 5-66 执行指令的全过程示意图

a. 取出并执行第一单元内容的过程。取出并执行第一单元内容的全过程如下。

一是在时钟脉冲的控制下,将程序计数器(PC)中的内容00H(第一单元地址)通过内部总线送到地址缓冲寄存器(AR)。

二是当程序计数器(PC)的内容00H可靠地送到地址缓冲寄存器(AR)时,发出地址有效脉冲,程序计数器(PC)的内容自动加1,变为当前的内容01H,已经为取下一个存储单元内容作好准备。

三是当地址有效控制脉冲出现负跳变时,地址缓冲寄存器(AR)中的地址信号00H已经稳定地出现在地址总线(AB)上。

四是地址00H经程序存储器(AR)的地址译码器译码后,选中了存储器中的00H号存储单元。

五是CPU发出读指令的信号,即指令有效控制脉冲。

六是所选中的00H号存储单元的内容(这一内容就是指令的操作码)被读到数据总线(DB)上。

七是所读出的指令操作码通过数据总线(DB)被送到了数据寄存器(DR)中。

八是由于这是取指令操作，所以取出的指令内容经内部总线送到指令寄存器(IR)中。

九是将该指令内容经指令译码器(ID)译码后，送到可编程逻辑阵列(PLA)中，由可编程逻辑阵列(PLA)发出各种相应的内部或外部控制信号。

十是由于这一指令的操作码是要求将一个数送到累加器 A 的操作，因此可编程逻辑阵列(PLA)发出这样的控制信号，即要求将第二单元中的操作数取出送入累加器(A)中。

b. 取出并执行第二单元内容的过程。取出并执行第二单元内容的全过程是这样：程序计数器(PC)的内容 01H 通过内部总线给地址寄存器(AR)，发出地址有效控制脉冲，程序计数器(PC)的内容自动加 1 后变为 02H，为取下条指令作好准备。

当地址有效控制脉冲出现负跳变时，地址寄存器(AR)中的地址信号已在地址总线(AB)上稳定建立，01H 经程序存储器的地址译码器译码后选中 01H 号存储单元。

CPU 发出读指令的信号，也就是发出指令有效控制脉冲，使所选中的 01H 号存储单元的内容(指令操作数)被读到数据总线(DB)上。读出的操作数送到数据寄存器(DR)。

由于读出的是操作数，而且指令要求把它送到累加器(A)，因此该操作数通过内部总线送入累加器(A)中。

(3) 控制方式

在许多程序的执行中需要去控制微控制器的外部电路，其控制方式有两种：一是直接控制方式，二是间接控制方式。

a. 直接控制方式。图 5-67 是直接控制方式电路方框图，从这种控制方式中可以看出，微控制器输出的控制信号直接加到执行部件中，这就要求负载较轻，且微控制器输出的控制信号有一定的驱动功率。

直接控制方式具有两个特点：一是控制电路结构比较简单。二是在直接控制方式中，控制信号输出接口直接占用了微控制器的输出接口，用来传输微控制器发出的控制信号，当执行部件的数目比较多时，要求微控制器有相应数目的输出接口，所以在执行部件数目比较多时，一般不采用这种直接控制方式，而是采用间接控制方式。

b. 间接控制方式。图 5-68 是间接控制方式电路方框图，从图中可以看出，在微控制器和执行部件之间还有一个控制器，从微控制器输出的控制指令首先加到控制器电路中，然后由控制器发出控制信号给外部的各个执行部件。

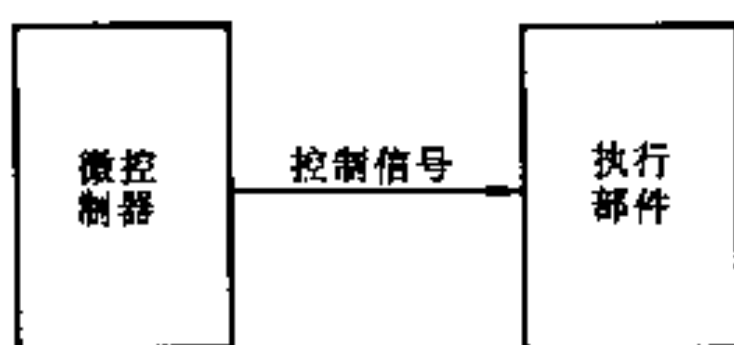


图 5-67 直接控制方式示意图

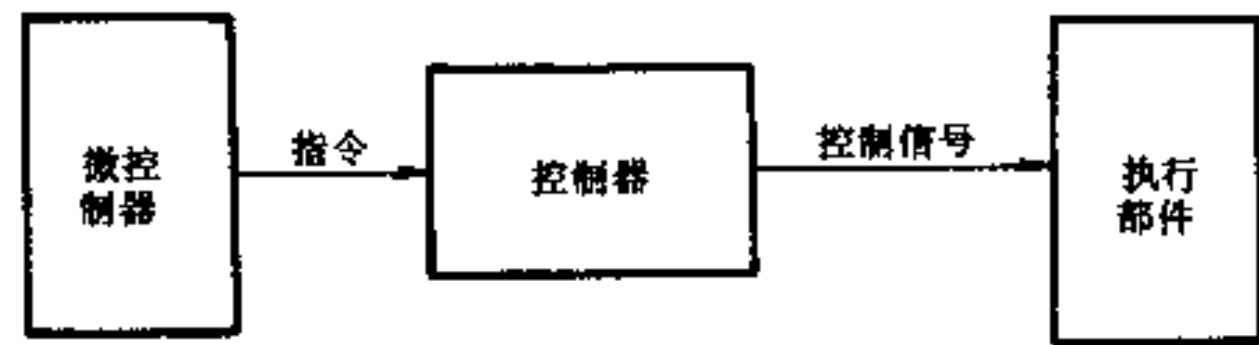


图 5-68 间接控制方式示意图

间接控制方式的特点有两个：一是这种控制方式的电路结构比较复杂，需要增加一个控制器电路。二是这种控制方式中，对微控制器输出接口数目比较少，在有許多外部执行部件时宜采用这种控制方式。

3. 程序非顺序执行中的中断

上面介绍的是程序的顺序执行过程，但是微控制器仅有程序的顺序执行还不能满足实际

需要，还需要程序的非顺序执行。

所谓程序的非顺序执行就是在程序计数器(PC)的 PC 值发出之前通过内部总线设置一个新值给程序计数器(PC)，将原值换掉，即需要执行新的 PC 值。程序的非顺序执行称为程序的转移，又分两种情况：一是称为非指令转移(中断)。二是称为指令转移，指令转移又有跳转指令和子程序调用返回之分。

(1) 中断简介

在正常情况下，微控制器执行原定的主程序，但是当微控制系统发生故障或是程序出错、外部设备要求与微控制交换信息时，需要微控制器作应急处理，这时外部设备可向微控制器发出中断请求。

例如，VCD 播放机在正常播放过程中，微控制器在执行有关正常播放的程序(这里称为主程序)，现在要求快速向前搜索，此时微控制器在外部按键操作控制下中断原先播放的程序，进入快速向前搜索程序。

微控制器的中断系统，能对外部请求和内部定时器/计数器溢出的中断请求做出响应。

图 5-69 是中断过程示意图。由图可见，在正常执行主程序中的 PC 值 = N 时，在中断请求进入中断响应，保存 N + 1，中断入口地址送程序计数器(PC)，暂时执行中断处理子程序，执行完毕后恢复 PC 值 = N + 1 送程序计数器(PC)，中断返回到原来被中断的地方(N + 1 处)，继续执行主程序。

从程序转移的角度来看，中断就是把中断处的 PC 值暂时保存起来，而代之以中断服务子程序的入口地址，当中断服务子程序处理完毕后，再把程序计数器(PC)中原来保存的 PC 值送回 PC (恢复 PC)，主程序便继续顺序执行。

微控制器中的中断功能，使快速工作的微控制器和慢速的外部设备能够并行工作，使微控制器具有实时控制、随机故障自理能力。对以控制功能为主的微控制器而言，中断功能无疑是非常实用的。

(2) 中断五过程

一个完整的中断过程，通常分为下列五个阶段。

- a. 中断请求，中断请求是中断源(外部或内部)向 CPU 发出中断的请求。
- b. 中断排队，有时会出现多个中断源的中断请求，此时要根据预定程序安排分先后去执行各个中断处理子程序。
- c. 中断响应，中断响应就是如何找到中断服务子程序入口地址的过程，这个过程是硬件和软件有机配合的过程。
- d. 中断处理，它包括保护断点和保护现场两部分，是为了执行完中断处理子程序后能够返回中断前的状态。
- e. 中断返回，就是恢复断点和现场。

(3) 中断请求

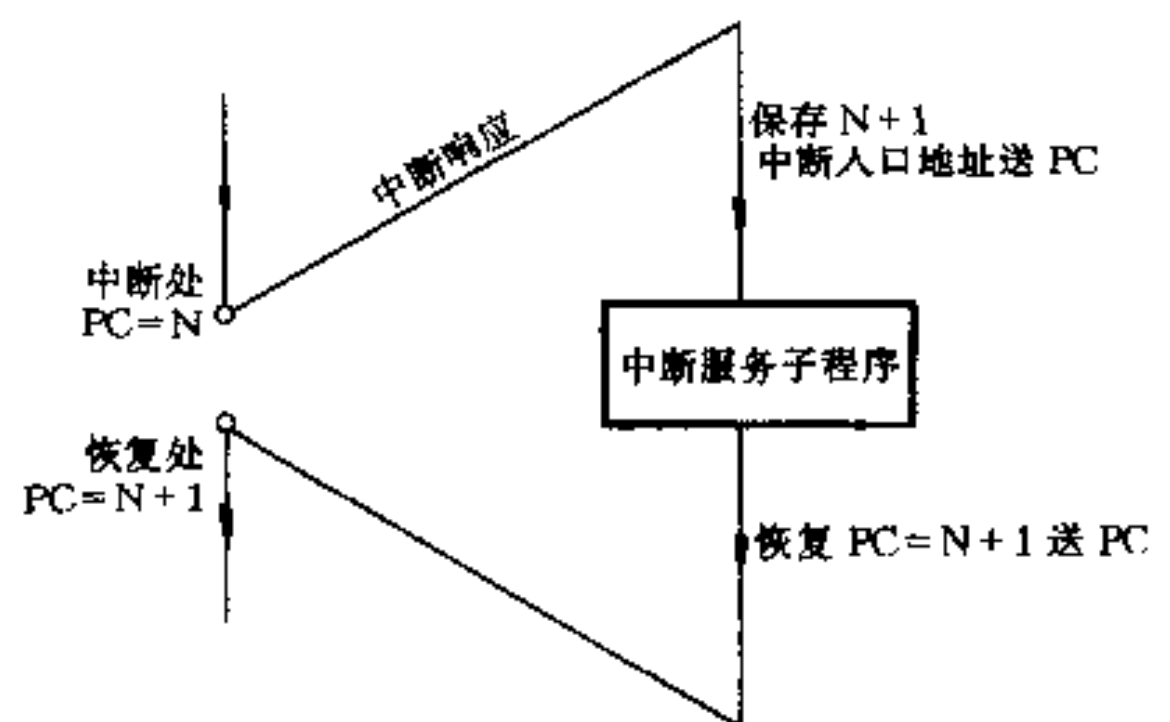


图 5-69 中断过程示意图

外部设备发出中断请求信号必须具备以下几个条件。

a. 外部设备工作已告一段落, 才可向 CPU 发出中断请求。

b. 系统允许该外部设备发出中断请求, 否则应将外设屏蔽, 虽然该外部设备准备工作已经完成, 也不能发出中断请求。

(4) 中断排队

中断请求有时是随机性的, 有时会出现多个中断源同时提出中断请求的情况。但 CPU 每次只能响应一个中断源的请求, 应根据中断源工作性质的轻重缓急(在软件设计时已经确定), 安排一个优先顺序, 这就是中断排队。

CPU 首先响应优先级最高的中断源的中断请求, 这一中断处理完毕后, 再响应中断级别稍低的中断源的中断请求, 同理类推。

(5) 中断响应

在允许中断的情况下, CPU 每执行完一条指令, 在开始执行下一条指令前, 首先查询有无中断请求。当确有中断请求时, CPU 向请求中断的外部设备发出中断响应信号, 同时自动关闭中断, 以禁止接收另外的中断请求, 同时也中止现程序的执行, 转向执行中断服务子程序。

(6) 中断处理

中断处理主要有下列两个方面。

a. 保护断点。保护断点就是保护程序计数器(PC)的当前 PC 值(断点地址), 将当前 PC 值压入堆栈, 以便中断处理完毕后, 能返回到原处继续执行主程序。

b. 保护现场。在中断服务子程序中也可能要会用到累加器(A)和一些寄存器, 为了不影响主程序的正常运行, 在断点处累加器(A)和一些寄存器的内容和标志位的状态等现场数据也需要暂时保存起来, 这就是保护现场。

中断服务子程序的入口地址送入程序计数器(PC), 使程序转移到相应外部设备的中断处理程序, 并执行。当存在多个中断源时, 相应每一个中断源有一个中断服务子程序, 它们的入口地址都是不一样的。

(7) 中断返回

中断返回有下列三个部分。

a. 中断服务子程序执行完毕后, 在返回主程序前, 要把保护起来的断点处的 PC 值、累加器(A)和一些寄存器的内容以及状态标志等恢复。这称为恢复断点和现场。

b. 撤消已服务完毕的中断请求信号, 以免该中断请求信号再次进入中断。

c. 打开中断。从中断返回主程序前, 应将中断打开(因为在执行中断服务子程序时已经关闭了中断, 此时不能接收中断请求), 以便 CPU 能随时响应新的中断请求。

4. 子程序调用与返回、堆栈

(1) 子程序调用与返回

子程序通常用于实现某种通用的算法, 它是一个可以公共使用的程序段。一个子程序可以被主程序多次调用, 对于子程序中多次用到的重复操作或运算, 可以设置一个子程序。子程序的调用和中断都是打断主程序的顺序执行, 转向去执行一段子程序, 然后再返回主程序继续执行。子程序调用是在主程序中预先安排的, 什么时候发生是可以预期的, 而中断的发生则是随机性的, 不可预期的。

在主程序调用了子程序后，被调用的子程序又调用另一个子程序，这称之为子程序嵌套。每调用一次子程序，都必须把该子程序的返回地址和现场保护起来，而在子程序结束前恢复返回地址和现场。

(2) 堆栈

所谓堆栈是用来暂时存放数据的寄存器或存储单元。

在 CPU 响应中断或调用子程序时，需要把断点处的 PC 值以及现场的一些数据保护起来，它们就保存在堆栈中。当发生中断嵌套或子程序嵌套时，要把各级断点处的 PC 值以及一些现场数据都要保护起来，为了保证逐级正确返回，堆栈是按照“先进后出、后进先出”方式工作的。

5. 小结

关于微控制器工作过程主要说明下列几点。

(1) 微控制器执行一条完整的指令必须经过取指令、分析指令和执行指令三个过程。微控制器中的每条指令都存放在专门的存储器(ROM)中。

(2) 程序由指令序列组成。程序的执行过程就是执行指令序列的过程，也就是周而复始地进行取指令、执行指令的过程。

(3) 程序的执行种类分为四种：一是从零地址开始执行，二是从中间某一给定地址开始执行，三是顺序执行，四是非顺序执行。

(4) 程序的执行中需要去控制微控制器的外部电路，控制方式有两种：一是直接控制方式，二是间接控制方式。前者电路结构简单，但不能用来直接控制数目较多的执行部件，因为这会占用微控制器的许多输出接口。间接控制方式与直接控制方式相反，微控制器直接控制这一控制器，再由这一控制器去直接控制执行部件，这样可省去微控制器的许多输出接口，这种间接控制方式能够控制数目很多的外部执行部件。

(5) 中断是微控制器中的一种重要功能，它能够使微控制器的控制功能更加完善。所谓中断就是在正常执行程序过程中，暂时停止执行这一主程序，转而去执行另一个更加紧急的程序。

(6) 中断有五个阶段：一是中断请求，二是中断排队，三是中断响应，四是中断处理，五是中断返回。

四、微控制器集成电路电源引脚和接地引脚

微控制器集成电路的电源引脚一般有三根，采用单一的 +5V 直流电压供电。

1. 主电源引脚(V_{CC})

微控制器集成电路的主电源引脚一般用 V_{CC} 表示，其直流电压是 +5V，这一直流电压给微控制器集成电路内部的单元电路供电。

2. 编程电源引脚(V_{DD})

编程电源引脚一般用 V_{DD} 表示，它是专用给读/写存储器(RAM)供电的。

3. 接地引脚(V_{SS})

接地引脚一般用 V_{SS} 表示, 它是微控制器集成电路内电路中各单元电路的总地线, 用来接外电路中的地线。

五、多谐振荡器电路和微控制器集成电路外接振荡元件引脚

1. 多谐振荡器电路概述

多谐振荡器又称为无稳态电路, 或自激多谐振荡器(因为它能够产生振荡), 这是一种矩形脉冲信号产生电路, 在数字系统电路中应用广泛。自激多谐振荡器主要有以下几种电路。

- (1) 分立元器件构成的自激多谐振荡器。
- (2) TTL 与非门基本自激多谐振荡器。
- (3) 环形自激多谐振荡器。
- (4) 石英晶体自激多谐振荡器。

2. 分立元器件构成的自激多谐振荡器

为了详细说明这种振荡器的工作原理, 先以如图 5-70 所示分立元器件构成的自激多谐振荡器为例进行分析。

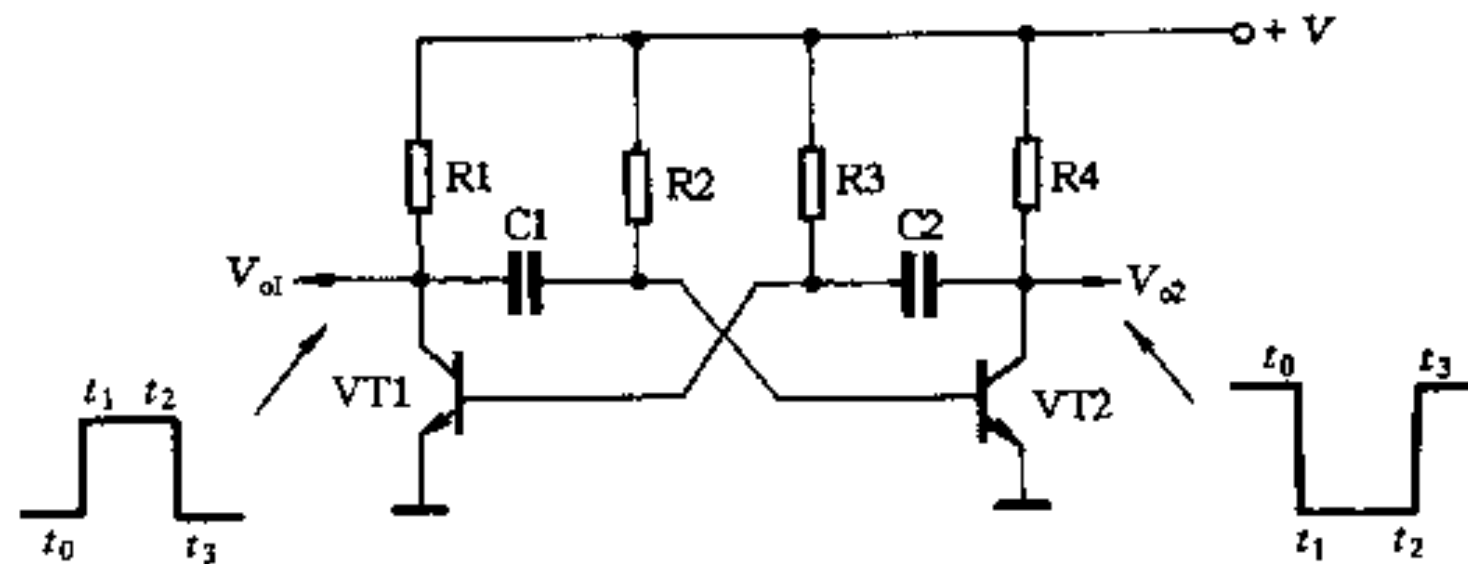


图 5-70 采用分立元器件构成的自激多谐振荡器电路

这种电路由于是振荡电路, 所以没有输入端, 只有输出端, 而且电路也没有稳定的状态, 在两管集电极都能够输出矩形脉冲信号。电路中, $VT1$ 和 $VT2$ 管集电极和基极通过电容交连, 所以这是集-基耦合无稳态电路。

(1) 电路分析

电路工作原理的分析可以根据输出信号波形分成四种情况进行。

a. $t_0 \sim t_1$ 期间。在 t_0 时刻之前, 直流工作电压 $+V = 0V$, 电路中无直流工作电压, 电路的两个输出电压均为 $0V$ 。在电源接通之后, 设 $VT2$ 管导通优先于 $VT1$ 管, 这样 $R2$ 给 $VT2$ 管基极提供基极电流, 其集电极电压下降, 这一下降的电压经 $C2$ 加到 $VT1$ 管基极($C2$ 两端的电压不能发生突变), 使 $VT1$ 管基极电压下降, 其集电极电压上升, 这一上升的电压通过电容 $C1$ 加到了 $VT2$ 管基极, 使 $VT2$ 管基极电流更大, 显然这是一个正反馈过程。通过这一正反馈, 很快使 $VT2$ 管进入饱和状态, $VT1$ 管进入截止状态, 即在 t_1 时刻, $VT1$ 管截止、

VT2 管饱和。

由于 VT1 管截止，所以其集电极输出电压 V_{o1} 为高电平。由于 VT2 管饱和，所以其集电极输出电压 V_{o2} 为低电平。

b. $t_1 \sim t_2$ 期间。在这一段时间内，VT1 管一直是截止的，VT2 管一直是饱和的。由于 $t_0 \sim t_1$ 时间很短，电容 C1 和 C2 两端的电压是不能发生突变的，但在 t_1 时刻后，因为 VT2 管饱和导通，构成了对电容 C2 的充电回路，即 $+V \rightarrow R_3 \rightarrow C_2 \rightarrow$ VT2 集电极 \rightarrow VT2 发射极 \rightarrow 地端，在 C2 上的充电电压为左正右负。这一充电电压使 VT1 管基极电压升高，VT1 管存在从截止转为饱和导通的趋势。

显然，对电容 C2 的充电时间长短决定了 VT2 管集电极输出低电平的时间长短，即 VT2 管集电极输出低电平脉冲的宽度。

c. $t_2 \sim t_3$ 期间。在 t_2 时刻起，由于 VT1 管基极电流增大，通过电路中的正反馈，很快使 VT1 管饱和、VT2 管截止。 $t_1 \sim t_2$ 时间很短，主要是电路的正反馈过程。从 t_2 时刻起，由于 VT1 管饱和，其集电极输出电压 V_{o1} 为低电平，由于 VT2 管截止，其集电极输出电压 V_{o2} 为高电平。

d. $t_3 \sim t_4$ 期间。在这时期内，VT1 管一直处于饱和状态，VT2 管一直处于截止状态。由于 VT1 管饱和，构成对电容 C1 的充电回路，即 $+V \rightarrow R_2 \rightarrow C_1 \rightarrow$ VT1 管集电极 \rightarrow VT1 管发射极 \rightarrow 地端。这一充电在 C1 上得到右正左负的电压，其充电的时间长短决定了 VT1 管饱和的时间长短。

由于 C1 上的充电电压增大，使 VT2 管基极电压增大，导致 VT2 管基极电流增大，这时电路又开始了下一轮的正反馈过程。

(2) 识图小结

a. R2 和 C1 时间常数大小决定了对电容 C1 的充电速度，也就是决定了 VT1 管饱和、VT2 管截止的时间长短。R3 和 C2 时间常数决定了对电容 C2 的充电速度，即决定了 VT2 管饱和、VT1 管截止的时间长短。

b. 无稳态电路也是一种振荡电路，它输出的是矩形脉冲信号，电路中没有选频电路。这一电路的两个输出信号相位是相反的，即 V_{o1} 为高电平时 V_{o2} 为低电平，当 V_{o1} 为低电平时 V_{o2} 为高电平。

c. 这一电路在电源接通之后，电路中的 VT1 和 VT2 管就是一只饱和、一只截止地交替变化，没有稳定的状态，所以称为无稳态电路。这种电路的分析主要是正反馈过程和电容充电过程的分析。

d. 电路中，R1 和 R4 分别是 TV1 和 VT2 管集电极负载电阻，它们的阻值大些，有利于三极管的饱和，对振荡的频率没有多大影响。R2 和 C1、R3 和 C2 决定了振荡频率的高低。

e. 当电路中的元件参数对称时，即 $R_1 = R_4$ 、 $R_2 = R_3$ 、 $C_1 = C_2$ 和 VT1、VT2 管性能一致，这一电路的振荡周期 T 由下式决定

$$T = 1.386 R_3 C_2 = 1.386 R_2 C_1$$

3. TTL 与非门基本自激多谐振荡器

图 5-71 (a) 是由两个非门和电阻 R1、电容 C1 构成的简易自激多谐振荡器电路。电路中，

V_{o1} 和 V_{o2} 是两个输出信号。图 5-71 (b)是这一电路两个输出端的输出信号电压波形。

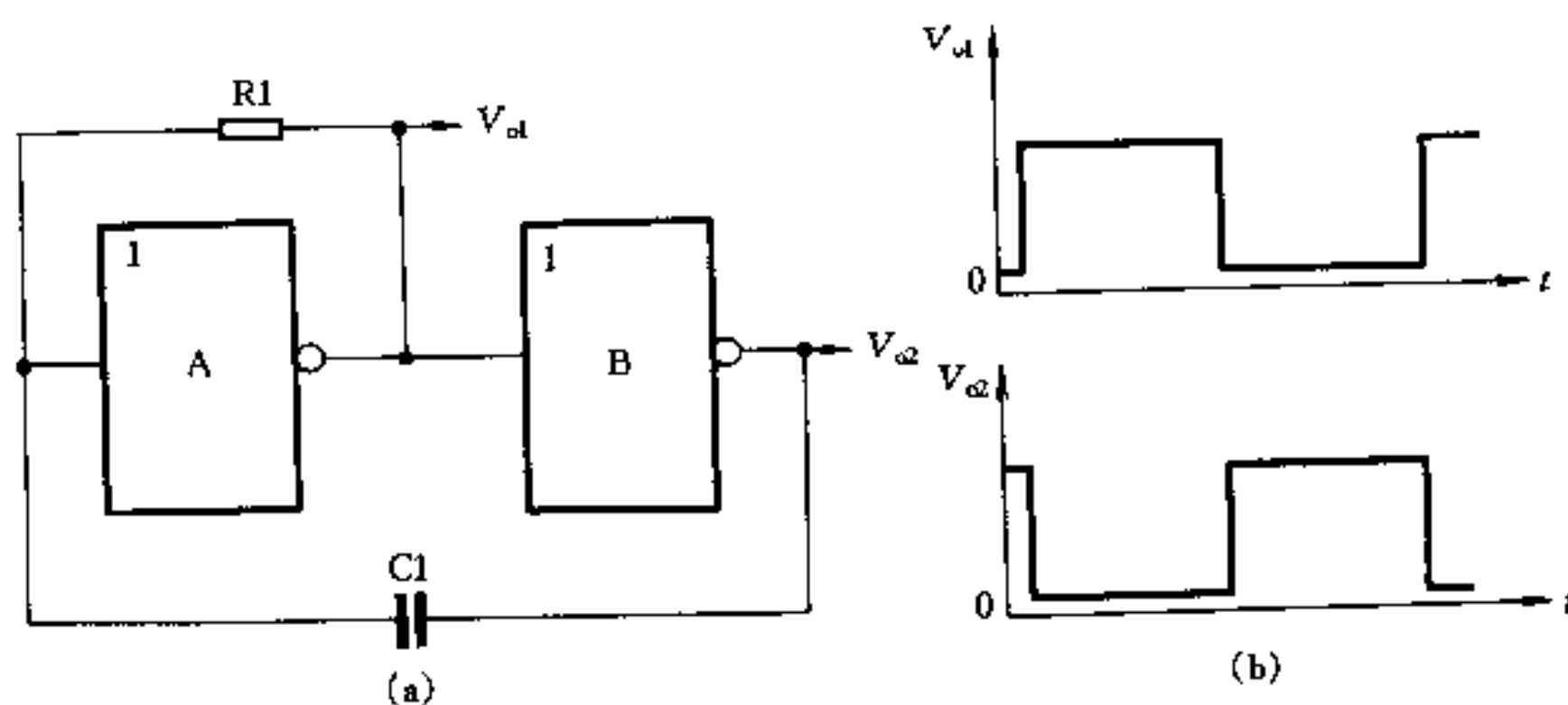


图 5-71 简易自激多谐振荡器电路

(1) 电路分析

设电源接通后，非门 A 输入端的电压较低，使非门 A 输出高电平，即此时 V_{o1} 输出高电平。这一高电平加到非门 B 的输入端，非门 B 输出低电平，即 V_{o2} 为低电平，此时电路进入一个暂稳态，见图 5-71(b) 所示是波形。

由于 V_{o1} 输出高电平，而 V_{o2} 输出低电平， V_{o1} 通过电阻 R1 对电容 C1 充电，充电回路是：非门 A 输出端 \rightarrow R1 \rightarrow C1 \rightarrow 非门 B 输出端，这一充电的结果使得 C1 上充到左正右负的电压。

随着上述充电过程的进行，使非门 A 输入端的电压上升，当非门 A 输入端电压上升到一定程度时，电路开始翻转，使非门 A 输出低电平，即 V_{o1} 为低电平。这一低电平加到非门 B 的输入端，使非门 B 输出高电平，即 V_{o2} 为高电平，这时电路进入另一个暂稳态，图 5-71 (b) 所示是输出信号电压的波形。

由于在这一暂稳态时，输出端 V_{o2} 电压高于非门 A 输入端电压，这样电容 C1 先通过 R1 放电(原先 C1 上充到左正右负电压)，C1 中电荷放完后，输出端 V_{o2} 电压开始对电容 C1 进行反方向充电，充电回路是：非门 B 输出端 \rightarrow C1 \rightarrow 非门 A 输入端，这一充电使电容 C1 充到右正左负的电压。

随着充电的进行，使非门输入端的电压下降，当这一输入电压下降到一定程度后，电路再次开始翻转，进入 V_{o1} 为高电平和 V_{o2} 为低电平的暂稳状态。

(2) 识图小结

a. 从上述电路分析可知，采用 TTL 门电路构成的自激多谐振荡器与分立元器件电路具有相同的电路特性。

b. 对这种电路的分析方法主要是对非门电路的翻转分析，以及对电容 C1 的充电、放电回路分析。

c. 上述电路从接通电源到电路进入振荡状态是通过电路的正反馈回路实现的，这一正反馈回路是：设非门 A 输入端电压 \uparrow \rightarrow 非门 A 输出端电压 \downarrow \rightarrow 非门 B 输出端 \uparrow \rightarrow 非门 A 输入端电压 \uparrow (通过电容 C1, C1 两端电压不能突变)。

d. 在上述电路中，通过适当调整电阻 R1 的阻值大小可以保证电路起振，一般电阻 R1 的阻值为 $100 \sim 1000\Omega$ 。

e. 在电路工作频率不高时，上述电路的振荡周期 $T \approx 2.3RC$ (R 为电路中 R1 的阻值, C

为电路中 C1 的容量)。如果电路的工作频率很高时, 振荡周期要考虑到两个非门 A 和 B 的延迟时间, 所以振荡周期 T 还会长一些。

4. 石英晶体自激多谐振荡器

图 5-72 是石英晶体自激多谐振荡器电路。这一电路与上面介绍的基本电路结构相同, 只是在电容回路中串联了一只石英晶体 B1。

(1) 电路分析

该电路的起振和电路翻转过程与前面介绍的电路一样, 这里再对振荡频率作些说明。由晶振的等效电路可知, B1 可以等效成一个 LC 串联谐振电路, 设它的谐振频率是 f_0 。由 LC 串联谐振电路特性可知, 当该电路发生谐振时, 其电路的阻抗最小, 当信号频率为 f_0 时, B1 和 C1 串联电路的阻抗为最小。

从电路中可看出, B1 和 C1 串联在非门 A 和 B 构成的正反馈回路中, 当频率为 f_0 时, B1 和 C1 串联电路能够将最大的信号正反馈到非门 A 的输入端, 而对于频率高于或低于 f_0 的信号, 由于 B1 和 C1 构成的串联谐振电路失谐, 其阻抗增大, 正反馈强度较低。所以, 该电路能够振荡在频率为 f_0 的信号上, 这一石英晶体自激多谐振荡器的振荡频率就是 f_0 , f_0 主要由 B1 的特性决定。

(2) 识图小结

a. 石英晶体振荡器在数字系统电路中应用广泛, 凡是需要脉冲信号源的电路都要用到这种振荡器, 而在数字系统电路中脉冲源又是不可缺少的一种信号源。

b. 大量采用石英晶体振荡器的根本原因是石英晶体具有众多优点: 一是振荡频率十分稳定, 这是 RC 振荡器电路所不及的; 二是很高的 Q 值; 三是选频特性好。

c. 上述石英晶体自激多谐振荡器的振荡频率只与晶体 B1 本身的参数相关, 在晶体元件外壳上一般标出它的振荡频率。电路电容 C1 只起耦合作用, 对振荡频率没有影响, 电阻 R1 对振荡频率也没有影响, 但 R1 的阻值大小对电路起振有影响, R1 阻值小些对电路起振有利。

d. 表 5-10 给出了有关石英晶体的使用频率。

表 5-10 石英晶体的使用频率

切 型	使用频率范围	切 型	使用频率范围
AT	0.5 ~ 250MHz	GT	800 ~ 500kHz
BT	1 ~ 30MHz	MT	60 ~ 300kHz
CT	0.3 ~ 1MHz	NT	10 ~ 100kHz
DT	0.1 ~ 0.5MHz	X + 5°	1 ~ 200kHz

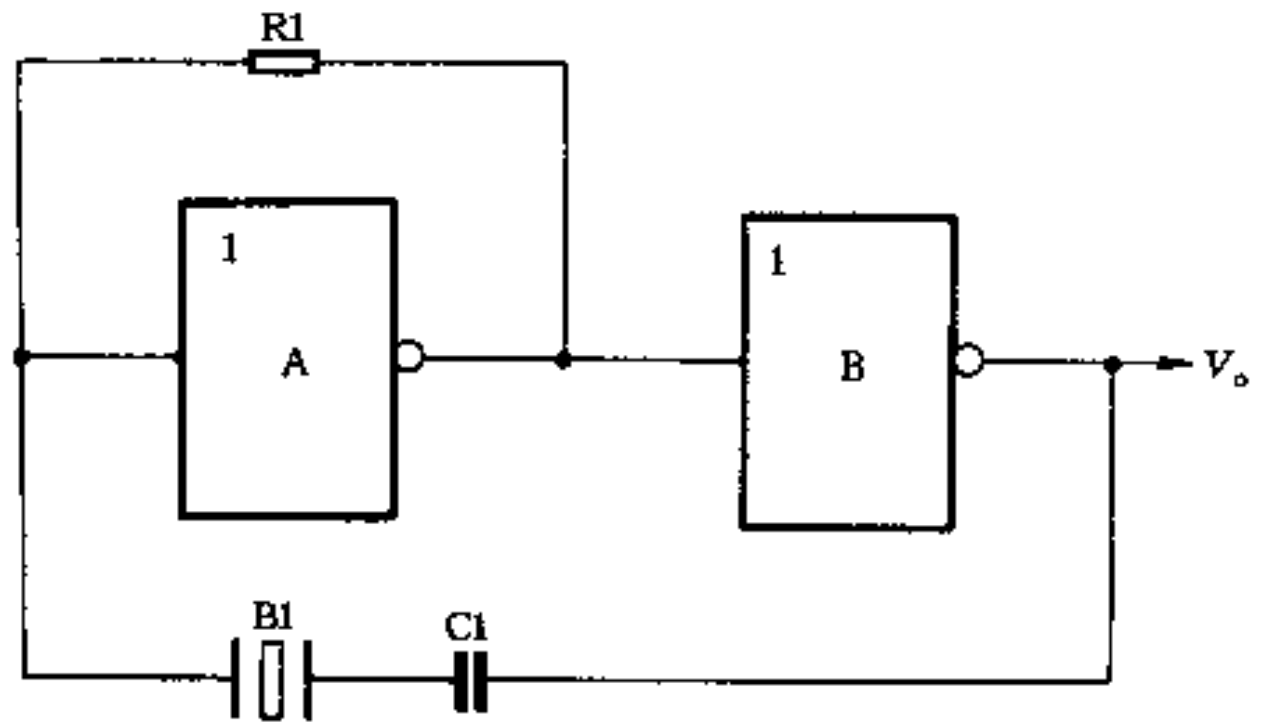


图 5-72 石英晶体自激多谐振荡器电路

5. 定时器构成的多谐振荡器

定时器是一种应用十分广泛的集成电路，定时器可以用来构成脉冲信号产生电路和脉冲波形整形电路，例如可以构成单稳态触发器、多谐振荡器、施密特触发器等。

图 5-73 (a) 是采用常见的定时器集成电路 555 构成的多谐振荡器电路。其中，A1 是定时器集成电路 555，内电路中有两个电压比较器和一个 RS 触发器，还有一只三极管和四只电阻器。

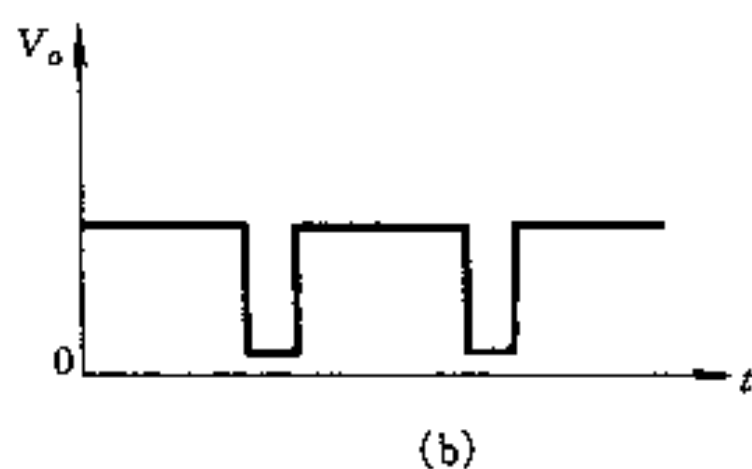
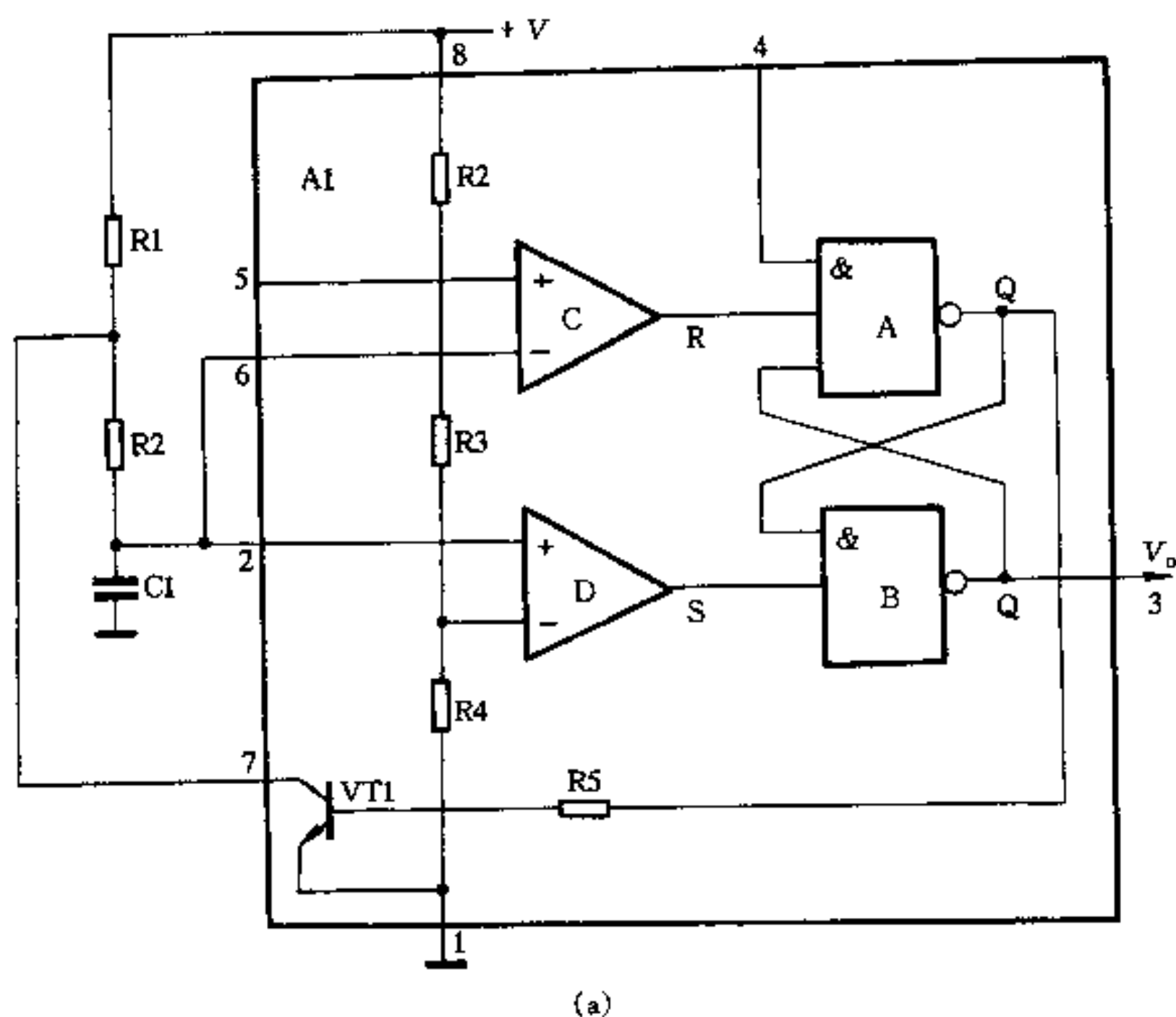


图 5-73 定时器构成的多谐振荡器电路

电路中，集成电路 A1 的③脚是该多谐振荡器电路的输出引脚，也是内电路中 RS 触发器的 Q 输出端。

(1) 电路分析

在刚接通电源时，由于电容 C1 两端的电压不能突变，使集成电路 A1 的②脚电压为 0V。这一低电平加到电压比较器 D 的同相输入端，电压比较器 D 输出低电平，该低电平加到与非门 B 的一个输入端，这样输出端 Q 输出高电平，即多谐振荡器电路输出电压 V_o 为高电平，见图 5-73 (b) 所示的输出电压 V_o 波形。

在接通电源之后，直流电压 $+V$ 通过电阻 R_1 和 R_2 对电容 C_1 充电，由于对电容 C_1 的充电要有一个过程，在 C_1 两端的电压没有充到一定程度时，电路保持输出电压 V_o 为高电平状态，见图 5-73 (b) 所示波形，这是一个暂稳态。

随着对电容 C_1 充电的进行 (C_1 上的充电极性为上正下负)，当 C_1 上的电压达到一定程度后，集成电路 A_1 的⑥脚电压为高电平，该高电平加到内电路中的电压比较器 C 的反相输入端，使比较器 C 输出低电平，该低电平加到与非门 A 的一个输入端，使 RS 触发器翻转，即为 Q 端输出低电平，即 V_o 为低电平， Q 为高电平。从图 5-73 (b) 所示波形可看出，此时 V_o 已从高电平翻转成低电平。

在 \bar{Q} 为高电平后，该高电平经电阻 R_5 加到 VT_1 管基极，使 VT_1 管饱和导通。由于 VT_1 导通后集电极与发射极之间内阻很小，电容 C_1 上充到的上正下负电压开始放电，其放电回路是： C_1 上端 $\rightarrow R_2 \rightarrow$ 集成电路 A_1 的⑦脚 $\rightarrow VT_1$ 管集电极 $\rightarrow VT_1$ 管发射极 \rightarrow 地端 $\rightarrow C_1$ 下端。在电容放电期间，多谐振荡器保持 V_o 为高电平这一暂稳状态，见图 5-73 (b) 所示波形中低电平段。

随着电容 C_1 的放电， C_1 上的电压在下降，当 C_1 上的电压下降到一定程度后，使集成电路 A_1 的②脚电压很低，即电压比较器 D 的同相输入端电压较低，使比较器 D 输出低电平。该低电平加到与非门 B 的一个输入端，使 RS 触发器再次翻转，翻转到 Q 端为高电平的暂稳状态，即 V_o 为高电平。由于 Q 为高电平， \bar{Q} 为低电平，使 VT_1 管基极电压很小， VT_1 管截止，电容 C_1 停止放电，改变为 $+V$ 通过电阻 R_1 和 R_2 对 C_1 充电，这样电路进入第二个周期。

(2) 识图小结

a. 这种多谐振荡器电路与其他多谐振荡器电路一样，有相同的振荡特性。

b. 在集成电路 A_1 的内电路中，电阻 R_2 、 R_3 和 R_4 构成分压电路，分别为比较器 C 和 D 提供基准电压。对于比较器 C 而言，基准电压加到同相输入端。对比较器 D 而言，基准电压加到反相输入端。

c. 电压比较器的工作特性是：对比较器 C 而言，当反相输入端上的电压大于同相输入端上的基准电压时，比较器 C 输出低电平。对于比较器 D 而言，当同相输入端上电压大于反相输入端上的基准电压时，比较器 D 输出高电平。

6. 微控制器集成电路引脚外接振荡元件电路之一

微控制器集成电路少不了外接振荡元件，因为微控制器工作中不可缺少时钟脉冲信号。微控制器集成电路的外接振荡元件引脚有多种情况。

图 5-74 是具有两根振荡元件引脚的电路。电路中， X_1 是晶体，它接在集成电路 A_1 的①脚和②脚之间，在集成电路 A_1 的内电路中设有一个反相器电路，这一反相器与外接的 X_1 和 C_1 、 C_2 构成一个振荡器，其振荡频率主要由晶体 X_1 决定，电容 C_1 和 C_2 对振荡频率略有影响，可以起到对振荡频率的微调整作用。

电路中，①脚是振荡信号输出端，②脚是振荡信号输入端。

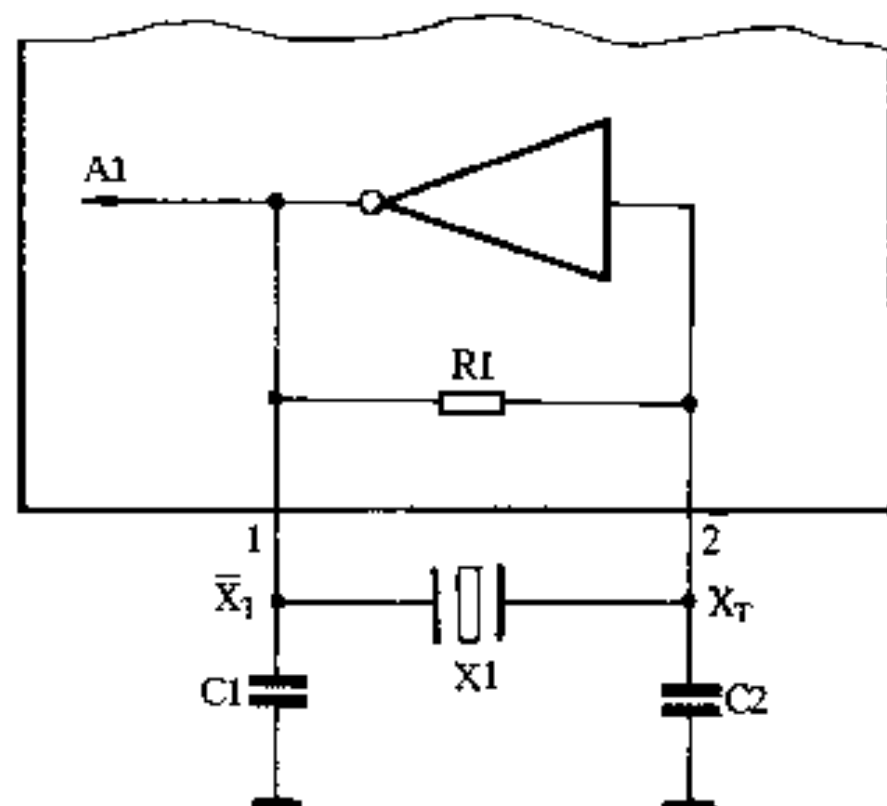


图 5-74 微控制器集成电路引脚外接振荡元件电路之一

7. 微控制器集成电路引脚外接振荡元件电路之二

图 5-75 是另一种形式的电路，这一电路中多了一只电阻 R1。电路中，①脚是振荡信号输入端，②脚是振荡信号输出端。如果时钟信号采用外接方式时，将②脚外电路断开，外部的时钟信号从①脚输入到集成电路 A1 的内电路中。

8. 微控制器集成电路引脚外接振荡元件电路之三

图 5-76 是另一种形式的电路，这一电路的特点是在晶体 X1 上并联了一只电阻，实际上该电阻在许多电路中是设置在集成电路 A1 内电路中的。

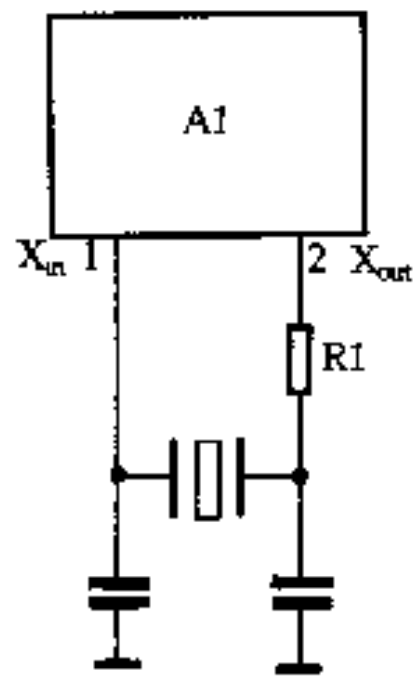


图 5-75 微控制器集成电路引脚
外接振荡元件电路之二

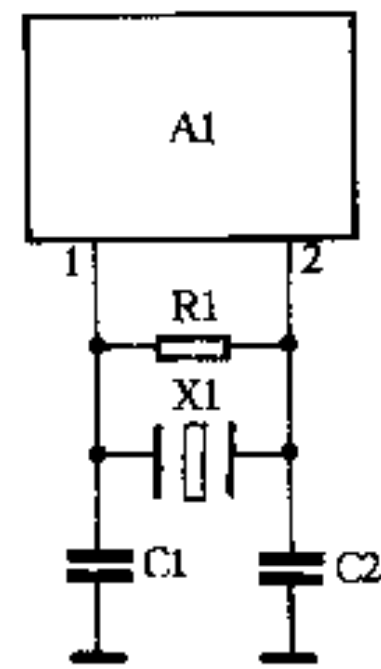


图 5-76 微控制器集成电路
引脚外接振荡元件电路之三

9. 微控制器集成电路引脚外接振荡元件电路之四

图 5-77 是另一种形式的电路，该电路特点是电容 C1 和 C2 不是直接接地，而是接在直流工作电源 +V_{CC} 端。由于直流工作电源 +V_{CC} 端对交流而言是等效接地的，所以对交流(振荡信号)而言，电容 C1 和 C2 仍然是一端接地的，其振荡电路的工作原理同前面几种一样。

10. 微控制器集成电路引脚外接振荡元件电路之五

图 5-78 是另一种形式的电路，该电路的特点是电容 C1 和 C2 连接起来后接在集成电路

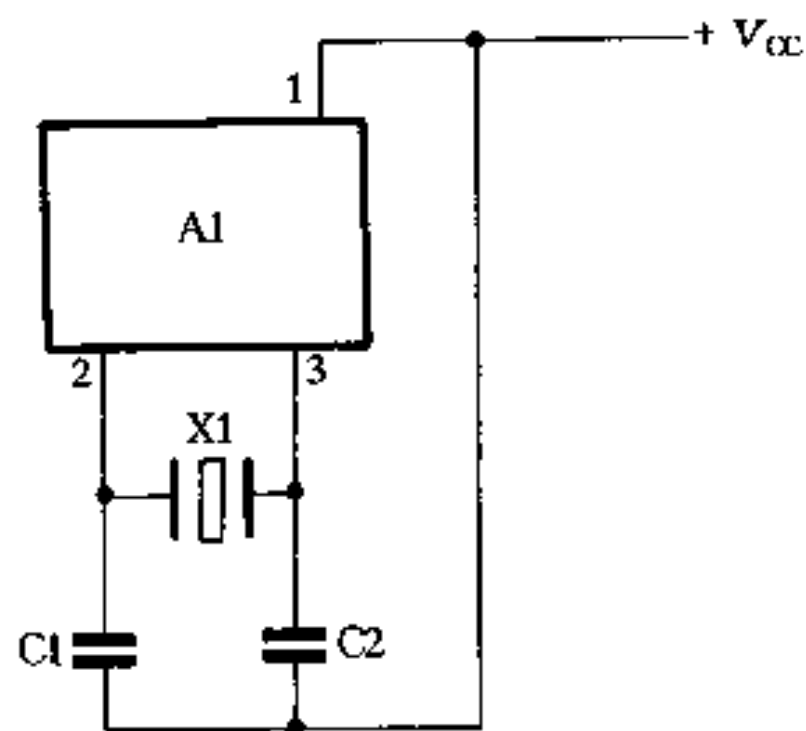


图 5-77 微控制器集成电路
引脚外接振荡元件电路之四

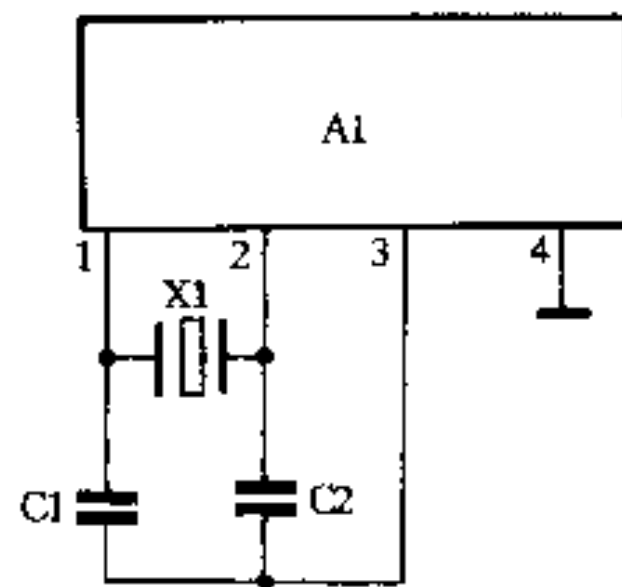


图 5-78 微控制器集成电路
引脚外接振荡元件电路之五

A1 的③脚，集成电路 A1 的③脚在内电路中与集成电路的接地引脚④脚相连，这样 C1 和 C2 的一端还是相当于接地的。

11. 微控制器集成电路引脚外接振荡元件电路之六

图 5-79 是另一种形式的电路，该电路的特点是电路中没有电容 C1 和 C2。电路中，引脚 XTAL1 是内部振荡器外接晶体输入端，这一引脚也用以用来直接入外部振荡源电路的输出，也就是外部时钟脉冲源的输入端。XTAL2 是内部振荡器的输出端，用来外接晶体的另一端。

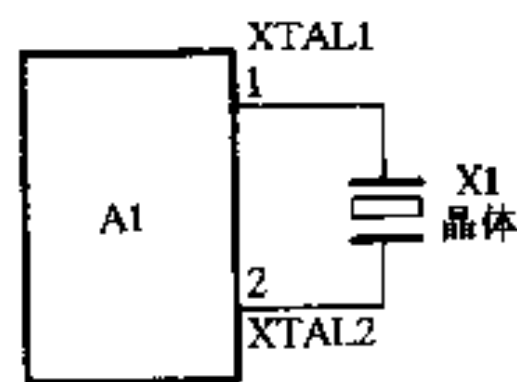


图 5-79 微控制器集成引脚电路外接振荡元件电路之六

12. 微控制器集成电路外接振荡元件单根引脚外电路

图 5-80 是微控制器集成电路外接振荡元件单根引脚外电路，从图中可以看出，电路中只有一根引脚用来外接晶体 X1，图 5-80 (a) 和图 5-80 (b) 所示电路不同之处是，一个 X1 串接有电阻 R1，一个则没有这一电阻。

13. 微控制器集成电路外接 RC 振荡元件引脚外电路

图 5-81 是微控制器集成电路外接 RC 振荡元件引脚外电路。电路中，RP1 是一个可变电阻器，RP1、C1 和集成电路 A1 的①脚和②脚内电路一起构成振荡电路。在这种电路中，振荡频率由电阻 RP1 和电容 C1 参数决定，调整 RP1 的阻值可以改变该振荡器的振荡频率。这种电路由于没有采用晶体作为振荡元件，所以振荡性能不够理想。

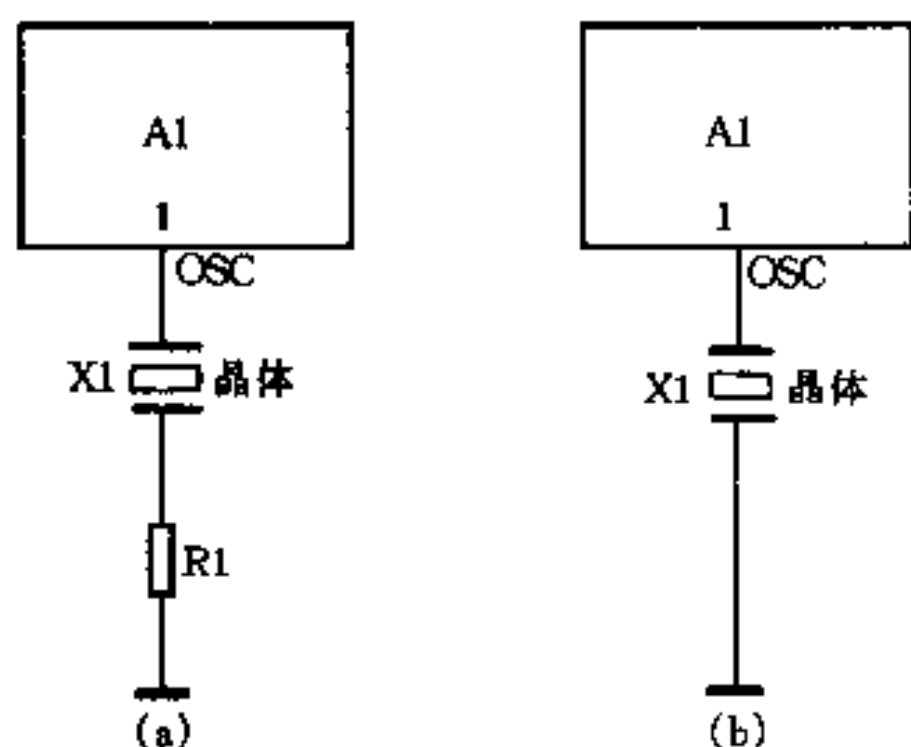


图 5-80 微控制器集成电路外接振荡元件单根引脚外电路

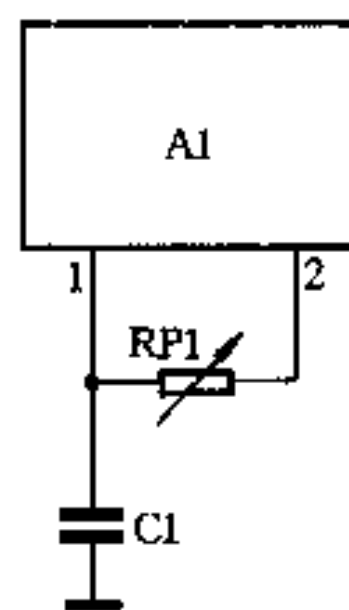


图 5-81 微控制器集成电路外接 RC 振荡元件引脚外电路

14. 微控制器集成电路外接 LC 振荡元件引脚外电路

图 5-82 是微控制器集成电路外接 LC 振荡元件引脚外电路。电路中，电感 L1、电容 C1、C2 和集成电路 A1 的①脚、②脚内电路一起构成振荡电路。在这种电路中，振荡频率由电阻 L1 和电容 C1 参数决定，这种电路的性能也不够理想。

15. 识图小结

(1) 各种微控制器集成电路中都有外接振荡元件引脚，上述几种电路情况基本上概括了

所有的情况。

(2) 有的微控制器集成电路本身不设时钟振荡器，在系统控制电路中有一个专门的时钟脉冲发生器集成电路，它所需要的时钟脉冲信号是通过这一专门时钟电路供给的，此时微控制器集成电路中只设一个时钟信号输入引脚即可。

(3) 在各种微控制器集成电路中，用来表示外接振荡元件引脚的符号是不同的，这里小结如下，供分析微控制器集成电路时使用。

- a. XTA1、XTA2。
- b. XTAL1、XTAL2。
- c. EXTAL、XTAL。
- d. OSC1、OSC2。
- e. OSCIN、OSCOU。
- f. XI、XO。
- g. XI、XO。
- h. \bar{X}_T 、 X_T 。

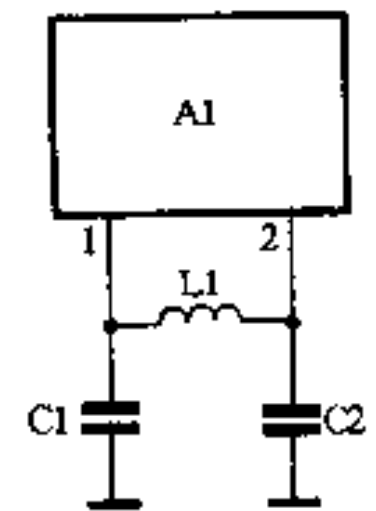


图 5-82 微控制器集成电路外接 LC 振荡元件引脚外电路

六、微控制器集成电路复位引脚电路

1. 复位概念和复合电路功能

微控制器中的 CPU 在开始运行之前，对内部各部分电路的状态有一定的要求，也就是必须建立初始条件，没有这些初始条件微控制器是不能正常工作的。复位就是建立初始化条件的一种工作方式，它是通过复位信号输入 $\overline{\text{RESET}}$ 引脚来实现的。

复位所完成的操作完成后，微控制器有关部件所处状态（或称为微控制器必须建立的初始条件）主要有：程序计数器(PC)清零，栈指针(SP)清零，选择寄存器区 0，选择存储区 0，置总线为高阻状态，定时器停止工作等。

2. 三种情况需要复位

有下列三种情况需要复位电路。

(1) 在机器的电源接通后，微控制器集成电路所需要的稳定 +5V 直流电压不会很快建立，此时集成电路内部的各单元电路还没有进入正常工作所必须的初始条件，微控制器电路会出现误动作，这时需要复位。

(2) 在机器电源切断时，也会出现上述类似情况，必须使微控制停止工作。

(3) 在机器工作过程中，由于某种原因使微控制器的工作进入混乱状态，需要重新进入正常工作时，也需要复位电路。

3. 复位原理电路

图5-83 所示电路可以说明复位原理。电路中，集成电路 A1 是 CPU 集成电路，①脚是复位引脚，一般用 $\overline{\text{RESET}}$ 表示，①脚内电路和外电路中元件构成复位电路，S1 是手动复位开关。

这一电路的工作原理是：集成电路 A1 的①脚内电路有一个斯密特触发器和一个提拉电

阻 R1, 电阻 R1 一端接在直流电压 +V 上, 另一端通过集成电路 A1 的①脚与外电路中的电容 C1 相连。

机器的电源开关接通后, +5V 直流电压通过电阻 R1 对电容 C1 充电, 这样在电源接通瞬间电容 C1 两端没有电压(因为电容两端的电压不能突变), 随着对电容 C1 的充电, 集成电路 A1 的①脚上有升高的电压, 这样可在 A1 的①脚上产生一个时间足够长的复位脉冲, 时间常数一般为 0.2 秒。在这一段时间里, 集成电路 A1 内部所有单元电路均可建立起初始状态。

随着 +5V 直流电压的充电进行, 集成电路 A1 的①脚上电压达到了一定程度, 复位工作完成, CPU 进入初始的正常工作状态。

这一复位电路的目的就是, 要使集成电路 A1 复位引脚上直流电压的建立滞后于集成电路 A1 电源引脚上 +5V 直流工作电压的建立一段规定的时间, 图 5-84 所示电压波形可说明这一问题。

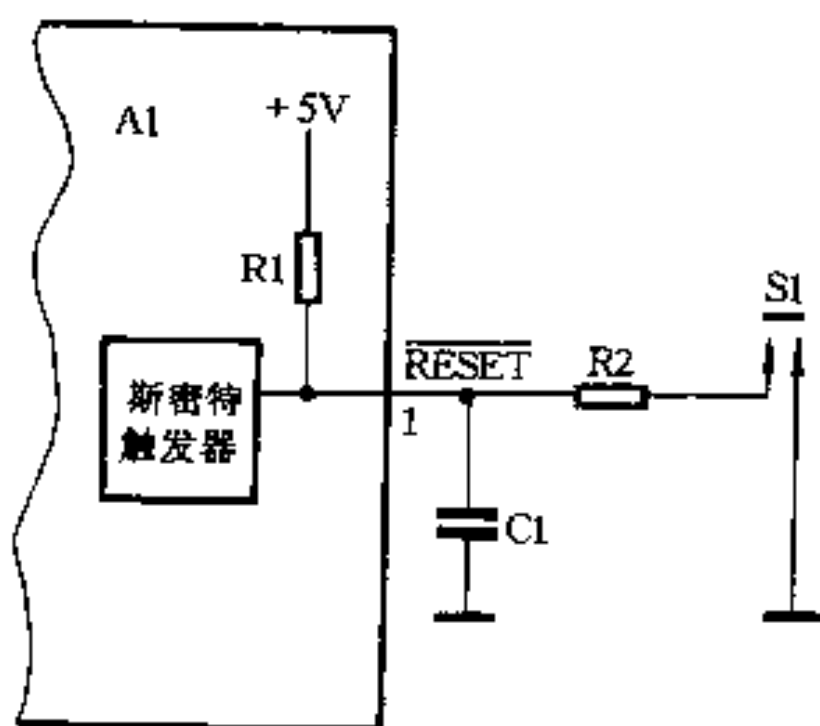


图 5-83 复位原理电路

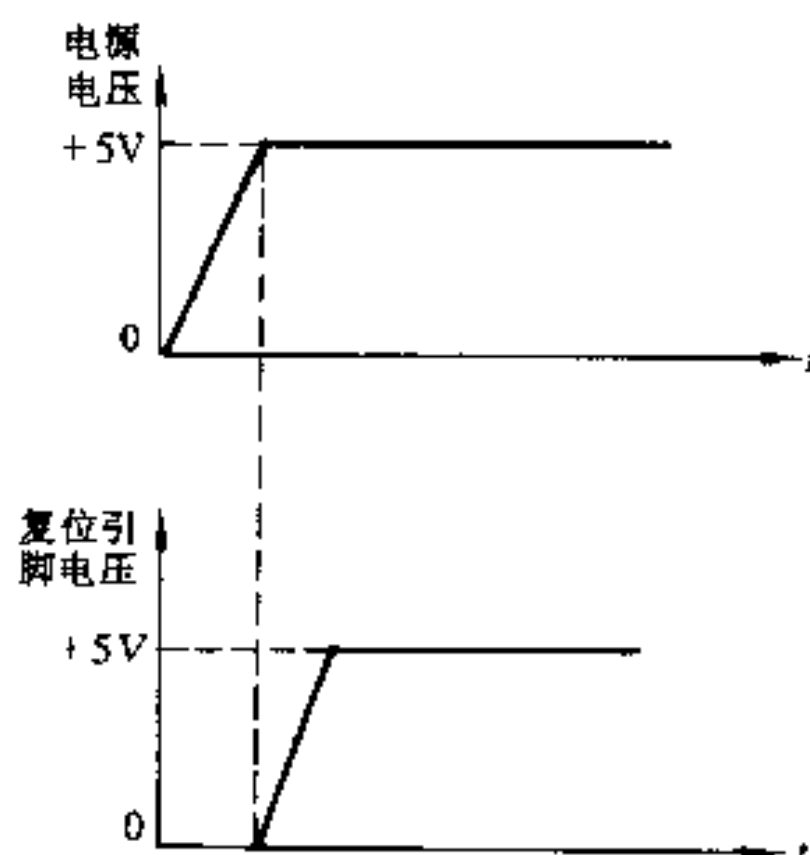


图 5-84 电压波形示意图

从波形中可看出, 在电源接通后, 集成电路 A1 的直流工作电压上升有一个过程, 而复位引脚上的直流电压更加滞后, 这样微控制器中的 CPU 才能进入初始工作状态。所以, 复位电路就是要使复位引脚上的直流电压滞后一段时间。

手动复位电路的工作原理是: 当按一下复位开关 S1 (按钮开关) 时, 在 S1 接通期间, 电容 C1 中电荷通过电阻 R2 和处于接通状态的 S1 很快放电完毕, 使 C1 中没有电荷, 也就是集成电路 A1 的①脚电压为 0V, 此时 CPU 停止工作。

在释放按钮后, S1 断开了, +5V 直流电压通过提拉电阻 R1 对电容器 C1 充电, 使集成电路 A1 ①脚上电压的有一个缓慢上升过程, 这样可以达到复位的目的。

4. 外部复位脉冲复位电路

图 5-85 是外部复位脉冲复位电路。电路中, A1 是微控制器集成电路, ①脚是复位引脚, F 是一个非门电路。当给非门输入一个高电平脉冲时, 非门输出低电平, 使集成电路 A1 的复位引脚处于低电平状态。只要输入非门电路的复位脉冲足

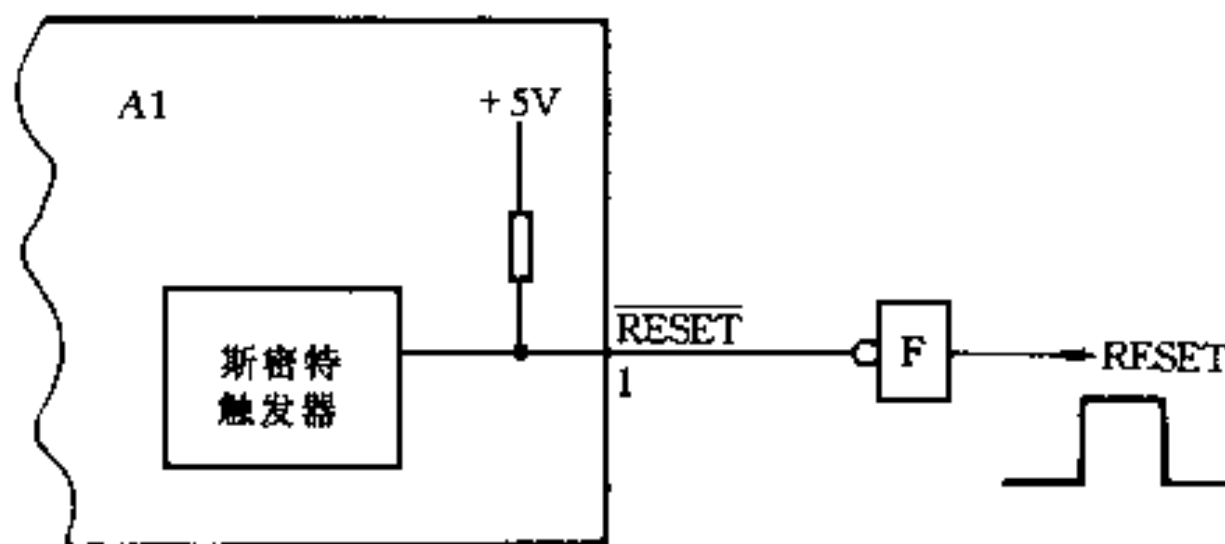


图 5-85 外部复位脉冲复位电路

够的宽，①脚保持低电平的时间足够长，就能完成复位过程。在非门电路输入端的复位脉冲消失后，非门输出高电平，即 A1 的①脚为高电平，此时微控制器进入了正常工作状态。

5. 微控制器集成电路实用复位电路之一

图 5-86 是某型号 VCD 播放机机芯微控制器中的实用复位电路。电路中，A105 是机芯微控制器集成电路，A101 是主轴伺服控制和数字信号处理集成电路，A104 是伺服控制集成电路。

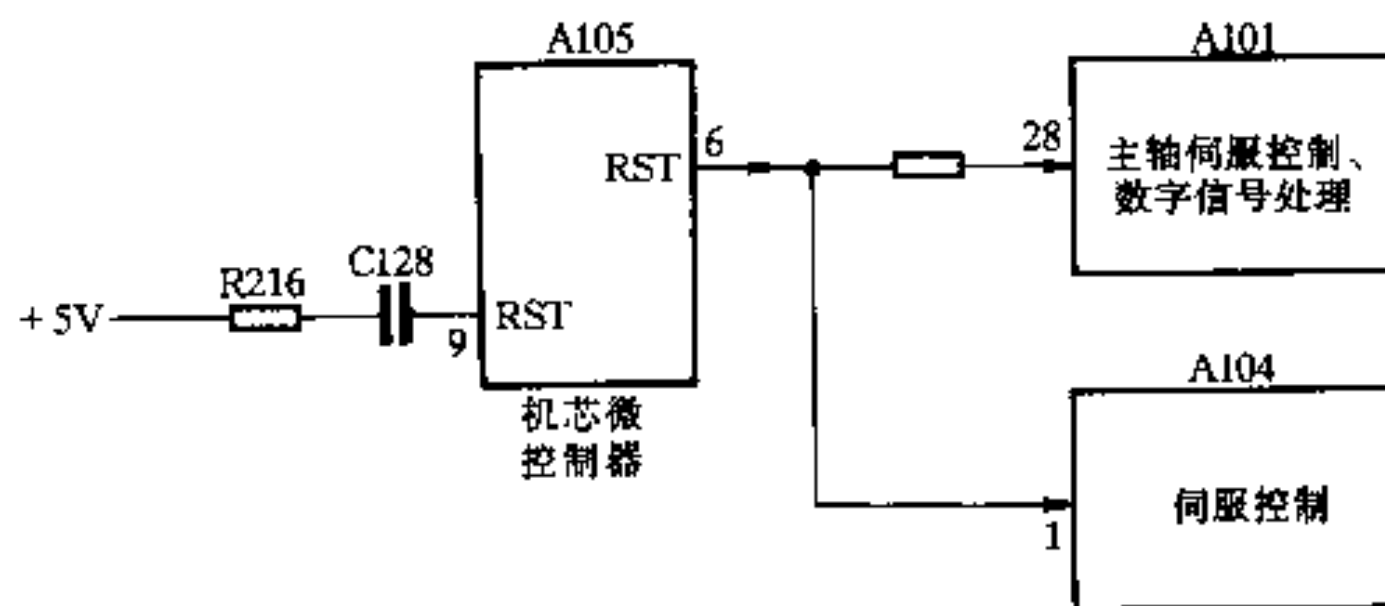


图 5-86 微控制器集成电路实用复位电路之一

这一电路的工作原理是：在电源接通后，+5V 直流电压通过电阻 R216 和电容 C128 加到集成电路 A105 的复位信号输入引脚⑨脚，开机瞬间由于电容 C128 两端的电压不能突变，所以 A105 的⑨脚上是高电平，随着 +5V 直流电压对 C128 充电的进行，使⑨脚电压下降。

由此可见，加到集成电路 A105 的复位引脚⑨脚上的复位触发信号是一个正脉冲。这一正脉冲复位信号经集成电路⑨脚内电路反相处理，使内电路完成复位，复位电路的原理与上面介绍的第二种复位电路相同。

这一复位电路在使集成电路 A105 复位的同时，A105 的⑥脚还输出一个低电平复位脉冲信号，分别加到集成电路 A101 的复位信号输入端⑳脚和集成电路 A104 的复位信号输入引脚①脚，使 A101 和 A104 两个集成电路同时复位。

6. 微控制器集成电路实用复位电路之二

图 5-87 是另一种复位电路。电路中，A1 是微控制器集成电路，其④脚是电源引脚，③脚是复位引脚。

这一电路的工作原理是：在电源开关接通后，+5V 直流电压给集成电路 A1 的电源引脚④脚供电，当电源开关刚接通时，+5V 电压还没有上升到稳压二极管 VD1 的击穿电压，所以 VD1 处于截止状态，此时 VT1 管截止，这样 +5V 电源电压经电阻 R3 加到 VT2 管基极，使 VT2 管饱和导通，其集电极为低电平，即使集成电路 A1 的复位引脚③脚为低电平。

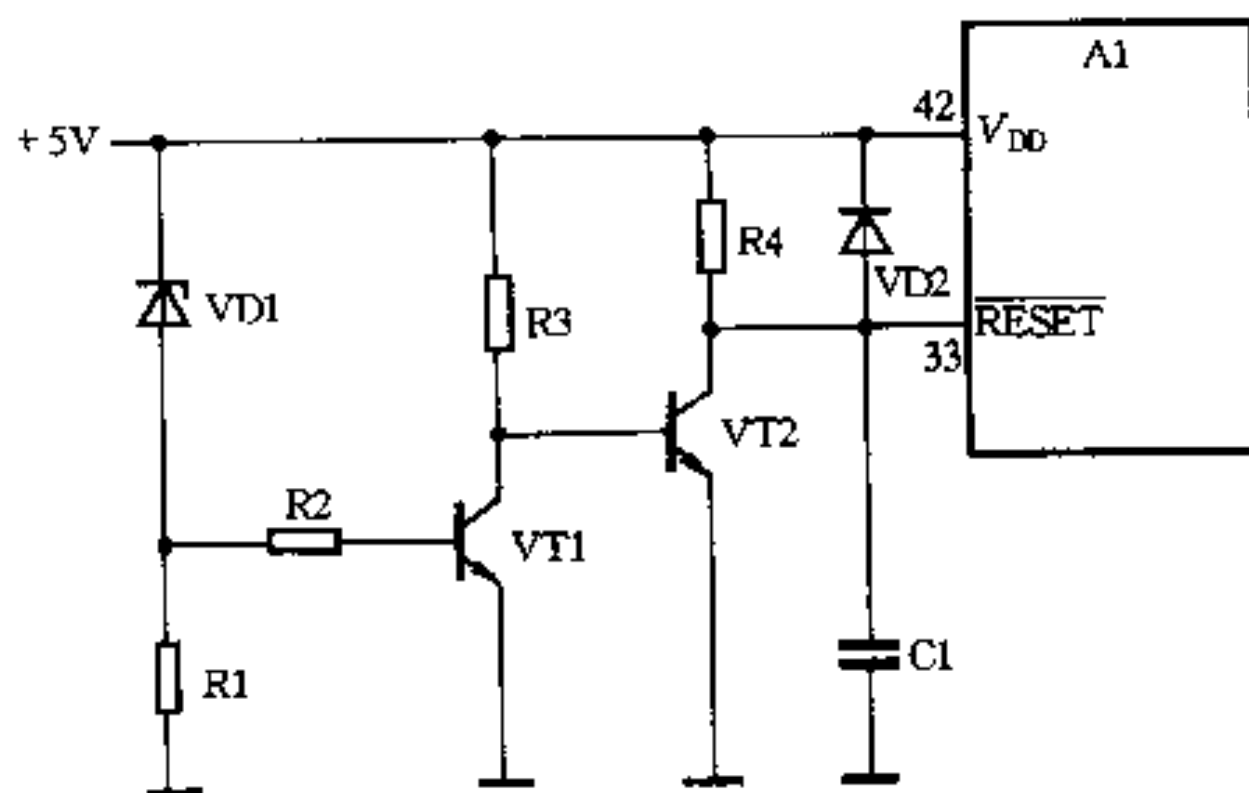


图 5-87 微控制器集成电路实用复位电路之二

随着 +5V 电压升到稳定的 +5V 后，使稳压二极管 VD1 击穿，导通的 VD1 和 R1 给 VT1 管基极加上足够大的直流偏置电压，使 VT1 饱和导通，其集电极为低电平，这一低电平加到 VT2 管基极，使 VT2 管处于截止状态，这样 +5V 电压经电阻 R4 加到复位引脚③脚上，使③脚为高电平。

通过上述分析可知，在电源开关接通后，复位引脚③脚上的稳定直流电压建立滞后一段时间，这就是复位信号，使集成电路 A1 内电路复位。

在断电后，电容 C1 充到的电荷通过二极管 VD2 放电，因为在断电时 C1 上的电压为上正下负，+5V 端相当于接地，C1 上的充电压加到 VD2 上是正向偏置电压，使 VD2 导通，将 C1 中的电荷放掉，以供下一次开机时能够起到复位作用。

7. 微控制器集成电路实用复位电路之三

图 5-88 是另一种实用的复位电路。电路中，A1 是微控制器集成电路，其④脚是该集成电路的电源引脚，②脚是复位引脚，VD002 是稳压二极管，VT002 是 PNP 型三极管。

电路的工作原理是：当电源开关刚接通时，+5V 电压还没有上升到稳压二极管 VD1 的击穿电压，所以 VD1 处于截止状态，此时 +5V 电压通过 R002 和 R003 加到 VT002 管基极，使 VT002 管截止，其集电极输出低电平，这一低电平加到集成电路 A1 的复位引脚②脚上。

当 +5V 电压上升到稳定的 +5V 电压时，这一直流电压通过 R002 使稳压二极管 VD002 击穿，为 VT002 管基极提供了基极电流回路，即 VT002 基极电流回路为 +5V → VT002 管发射极 → VT002 管基极 → R003 → 导通的 VD002 → 地端，这时 VT002 管饱和导通，其集电极为高电平，这一高电平加到复位引脚②脚，使复位引脚为高电平。

从上述电路可知，集成电路 A1 的复位引脚电压滞后一段时间，起到复位的作用。

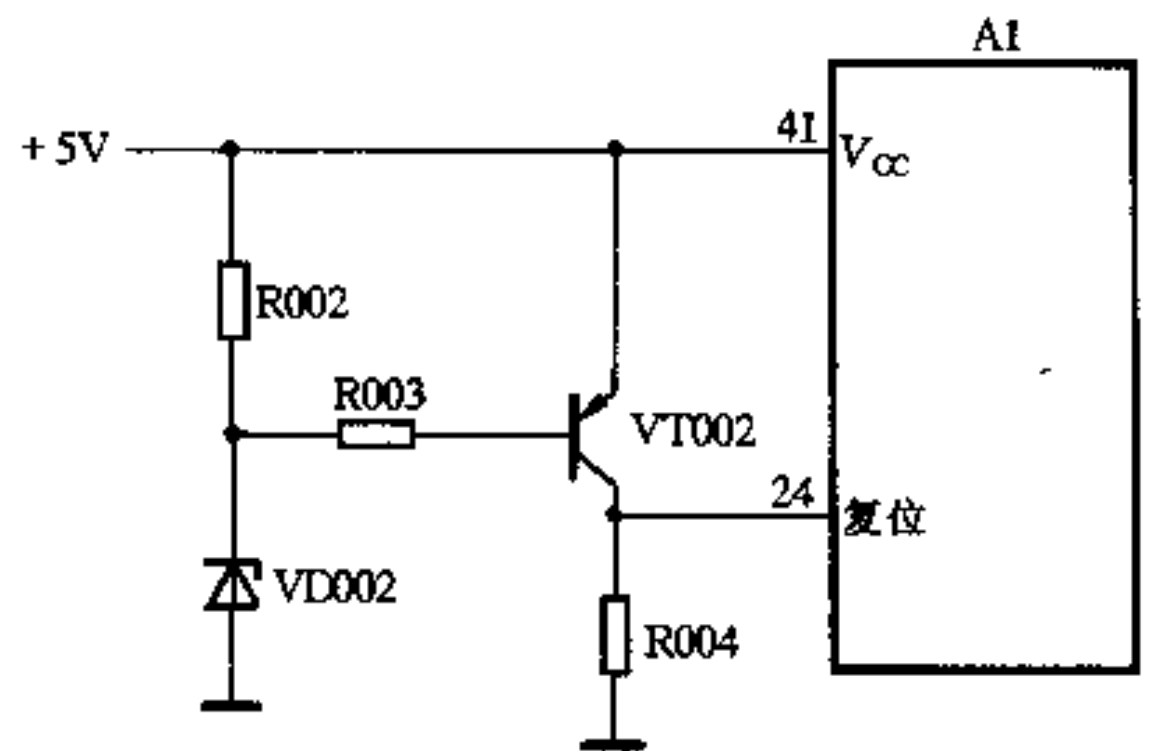


图 5-88 微控制器集成电路实用复位电路之三

8. 微控制器集成电路实用复位电路之四

图 5-89 是另一种实用的复位电路。电路中，集成电路 A1 的④脚是电源引脚，③脚是复位引脚，VD1 是稳压二极管。

这一电路的工作原理与前面一种电路基本相同，不同之处是电路中多了一只电容 C1，它的作用可进一步延迟在开机时集成电路③脚的电压上升速度，使复位更加可靠。电阻 R3 是电容 C1 的泄放电阻，在机器关机后，电容 C1 中的电荷通过电阻 R3 泄放，以供下次开机时起复位作用。

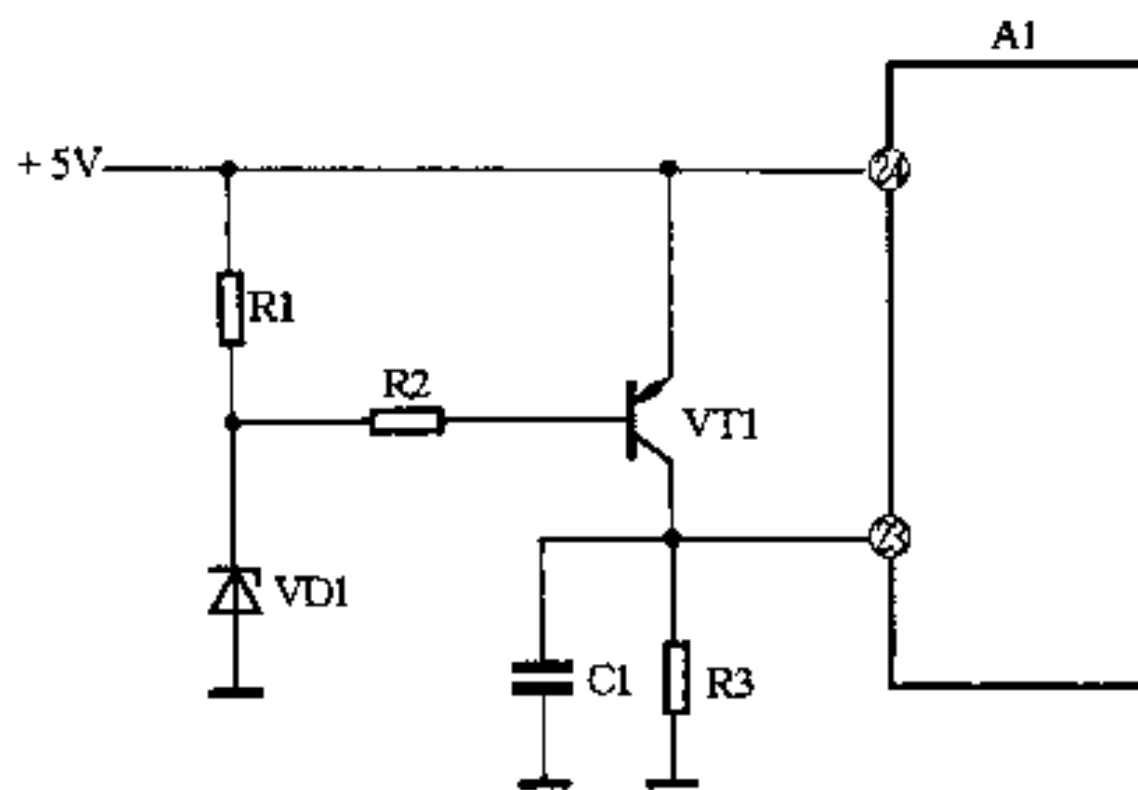


图 5-89 微控制器集成电路实用复位电路之四

9. 微控制器集成电路实用复位电路之五

如图 5-90 所示是另一种形式的实用复位电路。电路中，A1 是微控制器集成电路，其③脚是复位引脚，VD1 是二极管。

电路的工作原理是：开机时，+5V 直流电压通过电阻 R1 对电容 C1 充电，使集成电路 A1 的复位引脚③脚电压为低电平，随着充电的进行，③脚直流电压升高，当③脚上直流电压高到一定程度时，复位完成。

在关机后，电容 C1 中的电荷通过二极管 VD1 放电，由于 C1 上的充电电压对 VD1 而言是正向偏置，所以 VD1 导通，导通的 VD1 内阻很小，所以放电很快结束，为下次开机做好准备。

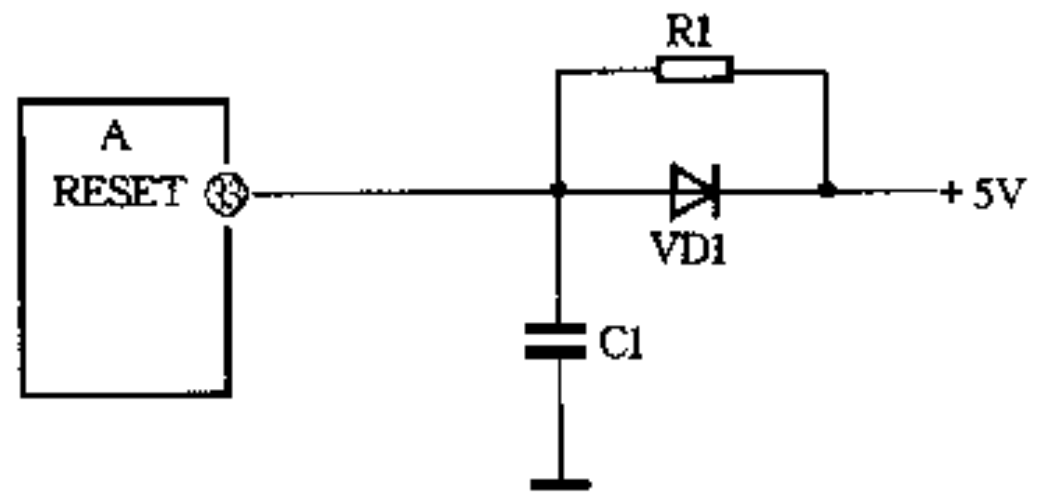


图 5-90 微控制器集成电路实用复位电路之五

10. 识图小结

(1) 微控制器中的复位电路是一个重要的电路，它的工作是否正常直接关系到微控制器能否正常工作，微控制器工作混乱的故障原因之一是复位电路不能正常工作。

(2) 在微控制器集成电路中，有一根复位引脚，该引脚用来外接复位电路，或输入外部的复位触发信号。集成电路中复位引脚的标注有下列几种情况。

- a. 标注 $\overline{\text{RESET}}$ 。
- b. 标注 $\overline{\text{RESET}}$ 。
- c. 标注 $\overline{\text{RET}}$ 。
- d. 用中文标注“复位”。

(3) 加到复位引脚的复位信号可以是低电平复位信号，也可以是高电平复位信号，前者比较常见。在正常情况下，若复位引脚标注成 $\overline{\text{RESET}}$ ，这说明该引脚输入的复位信号是低电平复位信号，若标注成 RESET (没有非号) 则说明是高电平复位触发信号。但是，由于许多电路图都没有按照这一要求去标注，所以不能只根据这一标注来判断复位信号的电平情况。

(4) 复位信号是高电平还是低电平从复位引脚外电路工作原理中可以分析出来。

(5) 家用电器微控制器集成电路中的复位电路一般都是自动复位电路，在机器电源开关接通时进行复位，手动复位电路情况很少。

(6) 由于复位电路在开机使用一次后，必须关机后一段时间后才能进行第二次复位，所以刚关机就立即开机，复位电路将无法正常工作，微控制器也无法进行正常工作。

(7) 除微控制器中有复位电路之外，在红外遥控电路也有这样的电路。

七、微控制器集成电路其他引脚

在微控制器集成电路中还有许多引脚，各种专用控制功能的微控制器集成电路的引脚功能还不同，下面先简单介绍几种比较通用的引脚。

1. 输入控制线(引脚)

一般输入控制线(引脚)很多，主要用于控制测试、中断、单步执行等功能。

(1) T0 输入引脚。该引脚为可测试输入引脚，也可作时钟信号输出端，也可作为编程方式的控制端。

(2) T1 输入引脚。该引脚为可测试输入端，也可作为定时器/计数器以计数方式工作时的外部事件计数输入端。

(3) EA 输入引脚。该引脚是外部程序存储器存取控制输入线。EA 为高电平时，强迫全部程序存储器均对外部程序存储器取指。

(4) \overline{SS} 输入引脚。该引脚是单步控制输入引脚，所谓单步控制输入就是利用它可控制 CPU 一步一条指令地执行程序，并输出指令的地址，这给用户提供了调试手段。 \overline{SS} 为低电平有效。

(5) \overline{INT} 输入引脚。该引脚是外部中断请求输入信号引脚，低电平为有效。在允许中断时， \overline{INT} 将启动中断，复位后处于禁止中断状态。在禁止中断时， \overline{INT} 可作检测输入端，以进行判跳操作。

2. 输出控制线(引脚)

微控制器集成电路的输出控制线(引脚)也有多条，它们的主要作用是控制外扩存储器和扩展器与微控制器同步工作，主要介绍下列几种引脚。

(1) ALE 输出引脚。该引脚是地址锁存使能信号输出引脚。在 ALE 的下降沿，锁存总线上的地址码。微控制器工作时 ALE 信号每个机器周期出现一次，因此 ALE 信号可作为时钟输出。

(2) \overline{PSEN} 输出引脚。该引脚是外部程序存储器选通有效信号输出引脚。此信号有效 $\overline{PSEN} = 0$ ，表明微控制器对外部程序存储器进行了一次读取。

(3) \overline{RD} 输出引脚。该引脚是读控制信号输出引脚，该引脚输出低电平时有效，该引脚用于对外扩存储器或外部设备的读操作控制。

(4) \overline{WR} 输出引脚。该引脚是写控制信号输出引脚，该引脚为低电平时有效，该输出引脚用于外扩数据存储器或外部设备进行写操作控制。

(5) PROG 引脚。当外接输入/输出接口电路时，该引脚作为输出选通信号输出引脚。

3. 通用输入/输出接口线(引脚)

(1) 接口电路。微控制器是一种高速部件，可是它的外部设备一般都是慢速部件，两者的工作速度相差很大，要使两者协调一致地工作，接口电路少不了，接口电路是连接微控制器和外部设备的专口电路。

(2) P1 口引脚。P1 口有多位，所以 P1 引脚是一组(多位)。这是准双向输入/输出接口，允许对它独立定义。

(3) P2 口引脚。P2 口也有多位，所以 P2 引脚是一组(多位)。P2 口引脚除具有输入/输出接口功能外，其中的部分引脚还提供外部程序存储器的高 4 位地址。

(4) BUS 口引脚。这是一个多位双向总线引脚，又称 PO 口。当无外部扩展存储器或接口设备时，可作双向输入/输出口使用，输出锁存，输入缓冲。当有外部扩展存储器时，提供地址/数据多路切换信息，提供程序存储器低 8 位地址和读取指令码，或提供读/写外部数据存储器信息、输入/输出口地址等。

[G e n e r a l I n f o r m a t i o n]

书名 = 集成电路识图轻松入门

作者 =

页数 = 3 1 8

SS号 = 1 0 9 2 2 4 2 2

出版日期 =