

**主题 : PID 功能指令说明 ( 附烤箱温控实例 )**

适用机种	DVP-EH3 系列、DVP-SV2 系列、DVP-EH2 系列、DVP-SV 系列、DVP-ES2/EX2 系列、DVP-SX2 系列、DVP-SX 系列、DVP-SS2 系列、DVP-SE 系列、DVP-10MC 系列、DVP-SA2 系列、TP04P 系列、TP70P 系列
关键词	PID 功能

## 目录

<b>1. 前言及目的 .....</b>	<b>3</b>
<b>2. 主机 PID 指令说明 .....</b>	<b>4</b>
<b>3. 主机 PID 参数手动调整技巧 .....</b>	<b>10</b>
<b>4. 范例说明 .....</b>	<b>11</b>
4.1 范例一：主机温度 PID 控制 ( 主机输出控制烤箱 ) .....	11
4.2 范例二：主机温度 PID 控制 ( 主机透过变频器控制烤箱 ) .....	15
4.3 范例三：DVP04PT-H2 模块温度 PID 控制 .....	19
4.4 范例四：DVP04PT-S 模块温度 PID 控制 .....	24

## 1. 前言及目的

前言：

工程实际中，应用最为广泛的调节器控制规律为比例积分微分控制，简称 PID 控制，又称 PID 调节。PID 控制问世至今已有近 60 年的历史了，它以其结构简单、稳定性好、工作可靠、调整方便而成为工业控制主要和可靠的技术工具。

目的：

因使用者第一次对于 PID 控制特性不熟悉，透过本文件能让使用者了解 PID 控制模式原理及如何使用 PID 控制模式。

## 2. 主机 PID 指令说明

API	指令码		操作数	功能
88	D	PID	$S_1$ $S_2$ $S_3$ D	PID 运算

操作数：

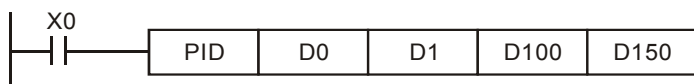
$S_1$ ：目标值 (SV)。  $S_2$ ：现在值 (PV)。  $S_3$ ：参数 (16 位指令占用 20 个连续的装置，32 位指令占用 21 个连续的装置)。  $D$ ：输出值 (MV)。

指令说明：

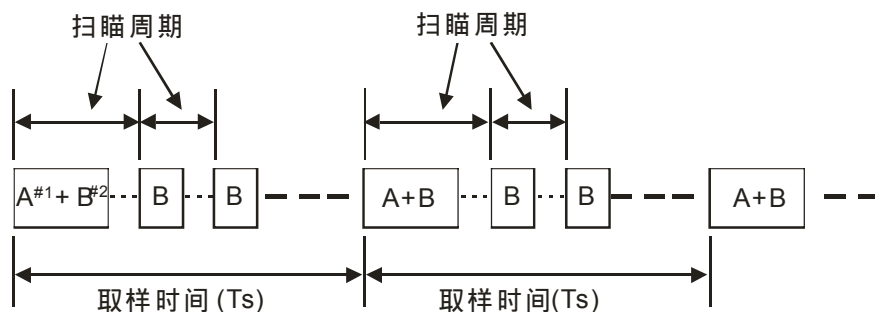
- PID 运算控制的专用指令，于取样时间到达后的该次扫描才执行 PID 运算动作。PID 表示“比例、积分和微分”。PID 控制在机械设备、气动设备和电子设备中具有广泛的应用。
- $S_1$ ：目标值 (SV)。  $S_2$ ：现在值 (PV)。16 位指令  $S_3 \sim S_3+19$ 、32 位指令  $S_3 \sim S_3+20$ ：参数全部设定完成后开始执行 PID 指令，其结果暂存于  $D$  当中。 $D$  的内容请指定无停电保持功能的数据寄存器区域。(如果要指定具停电保持的数据寄存器区域，请于程序开头加入将该停电保持区域的数据寄存器作初始化清除为 0)。

程序范例：

- PID 指令执行前，需要把 PID 参数设定完成。
- $X0=On$  的时候指令被执行，结果暂存于  $D150$  中。 $X0$  变成  $Off$  时，指令不被执行，之前的数据没有变化。



- PID 指令时序图 (最大操作时间是 80us)



注意：#1: PID 执行期间, 方程式计算的时间 (大约 72us)  
#2: 不含方程式计算的 PID 执行时间 (大约 8us)

补充说明：

- PID 指令的使用次数没有限制，但是  $S_3 \sim S_3+19$  不可以重复。
- 16 位指令  $S_3$  占 20 个寄存器，于上述程序例当中  $S_3$  指定 PID 指令的参数设定区域为  $D100 \sim D119$ 。

3. 于 PID 指令开始执行前必须先使用 MOV 指令将设定值传送至参数所指定的寄存器区域里作设定的动作，如果参数所指定的寄存器为停电保持区域的寄存器时，请使用 MOVVP 指令执行一次传送即可。
4. 16 位指令  $S_3$  的参数设定内容如下：

装置编号	功能	设定范围	说明
$S_3$ :	取样时间 ( $T_s$ )	1~2000 ( 单位 : 10ms )	为本指令每多少时间去计算一次，并更新输出值 ( MV )。 $T_s$ 小于一次扫描时间的话，PID 指令以一次扫描时间来执行， $T_s=0$ 则不动作。即 $T_s$ 最小设定值需大于程序扫描时间。
$S_{3+1}$ :	比例增益 ( $K_P$ )	0~30000 ( % )	为 SV-PV 间的误差放大比例值
$S_{3+2}$ :	积分增益 ( $K_I$ )	0~30000 ( % )	控制模式 K0~K8
	积分时间常数 ( $T_I$ )	0~30000 ( ms )	控制模式 K10
$S_{3+3}$ :	微分增益 ( $K_D$ )	-30000~30000 ( % )	控制模式 K0~K8
	微分时间常数 ( $T_D$ )	-30000~30000 ( ms )	控制模式 K10
$S_{3+4}$ :	控制模式	0 : 自动控制方向 1 : 正向动作 ( $E=SV-PV$ )，当 $E<0$ 时，与 $E=0$ 的执行方式相同。 2 : 逆向动作 ( $E=PC-SV$ )，当 $E<0$ 时，与 $E=0$ 的执行方式相同。 3 : 温度控制专用的自动调整参数功能，调整完毕时将自动改为 K4，并且填入最适用的 $K_P$ 、 $K_I$ 及 $K_D$ 等参数。 4 : 已调整过的温度控制专用功能 ( 32bit 指令不提供此功能 )。 5 : 自动控制方向模式，输出值 ( MV ) 达饱和和上下限时，停止累积积分量。 7 : 手动控制一，此时 MV 值由使用者自行决定，但 PID 内部会持续依据误差量进行累积积分量。建议使用于环境变化较慢的控制环境。 8 : 手动控制二，此时 MV 值由使用者自行决定，但 PID 内部累积积分量停止积分，直到手动切换至自动 ( 建议使用 K5 模式 ) 时，PID 指令将依据最后输出值 ( MV )，自动转换出适当的累积积分量做后续的控制输出。	
$S_{3+5}$ :	偏差量 ( E ) 不作用范围	0~32767	偏差量 ( E ) 等于 SV-PV 的误差值，当设定 K0 即表示不启动此功能。例：设定 5，则 E 在 -5~5 的区间，偏差量 ( E ) 将为 0
$S_{3+6}$ :	输出值 ( MV ) 饱和和上限	-32768~32767	例：设定 1000，则输出值 ( MV ) 大于 1000 时将以 1000 输出，需大于 $S_{3+7}$ ，否则上限值与下限值将互换

装置编号	功能	设定范围	说明
<b>S<sub>3</sub>+7 :</b>	输出值 ( MV ) 饱和和下限	-32768~32767	例：设定-1000，则输出值 ( MV ) 小于-1000时将以-1000输出
<b>S<sub>3</sub>+8 :</b>	积分值饱和上限	-32768~32767	例：设定 1000，则积分值大于 1000 时将以 1000 输出且不再积分。此值需大于等于 S <sub>3</sub> +9，否则上限值与下限值将互换
<b>S<sub>3</sub>+9 :</b>	积分值饱和下限	-32768~32767	例：设定-1000，则积分值小于-1000时将以-1000输出且不再积分。若 S <sub>3</sub> +8 和 S <sub>3</sub> +9 都设定为 0，积分的上限无效。
<b>S<sub>3</sub>+10 · 11 :</b>	暂存累积的积分值	32 位浮点数范围	为累积的积分值，通常只供参考用，但是使用者还是可以依需求清除或修改，不过须以 32bit 浮点数修改之
<b>S<sub>3</sub>+12 :</b>	暂存前次 PV 值	-32768~32767	为前次测定值，通常只供参考用，但是使用者还是可以依需求修改
<b>S<sub>3</sub>+13 :</b>	系统用参数，使用者请勿使用		
<b>?</b>			
<b>S<sub>3</sub>+19 :</b>			

5. **S<sub>3</sub>+1~3**：当设定值超出上限值或下限值，会使用上/下限值。
6. 若使用者参数设定超出范围将以左右极限为其设定值，但动作方向 ( DIR ) 若超出范围，则预设为 0
7. PID 指令也可以被使用在中断插入子程序、步进点及 CJ 指令当中。
8. 取样时间 T<sub>S</sub> 的最大差值为 - ( 1 次扫描周期+1ms ) ~+ ( 1 次扫描周期 )，如果误差值对输出造成影响的话，请将扫描周期加以固定，或使用在时间中断子程序内。
9. PID 的测定值 ( PV ) 在 PID 执行运算动作前必须是一个稳定值。如果要抓取特殊模块的输入值作 PID 运算时，请注意这些模块的 A/D 转换时间。
10. 32 位指令 **S<sub>3</sub>** 占 21 个寄存器，若上述程序范例当中使用 32 位指令，则 **S<sub>3</sub>** 指定 PID 指令的参数设定区域为 D100~D120。
11. 于 PID 指令开始执行前必须先使用 MOV 指令将设定值传送至参数所指定的寄存器区域里作设定的动作，如果参数所指定的寄存器为停电保持区域的寄存器时，请使用 MOV<sub>P</sub> 指令执行一次传送即可。

12. 32 位之  $S_3$  参数表如下所示：

装置编号	功能	设定范围	说明
$S_3$ :	取样时间 ( $T_s$ )	1~2000 ( 单位 : 10ms )	为本指令每多少时间去计算一次, 并更新输出值 ( MV )。 $T_s$ 小于一次扫描时间的话, PID 指令以一次扫描时间来执行, $T_s=0$ 则不动作。即取样时间最小设定值需大于程序扫描时间
$S_3+1$ :	比例增益 ( $K_P$ )	0~30000 ( % )	为 SV-PV 间的误差放大比例值
$S_3+2$ :	积分增益 ( $K_I$ )	0~30000 ( % )	控制模式 K0~K2, K5
	积分时间常数 ( $T_I$ )	0~30000 ( ms )	控制模式 K10
$S_3+3$ :	微分增益 ( $K_D$ )	-30000~30000 ( % )	控制模式 K0~K2, K5
	微分时间常数 ( $T_D$ )	-30000~30000 ( ms )	控制模式 K10
$S_3+4$ :	控制模式	0 : 自动控制方向 1 : 正向动作 ( $E=SV-PV$ ) 。 2 : 逆向动作 ( $E=PV-SV$ ) 。 5 : 自动控制方向模式, 输出值 ( MV ) 达饱和上下限时, 停止累积积分量。	
$S_3+5, 6$ :	32 位偏差量 ( E ) 不作用范围	0~2147483647	偏差量 ( E ) 等于 SV-PV 的误差值, 当设定 K0 即表示不启动此功能。例: 设定 5, 则 E 在 -5~5 之区间, 偏差量 ( E ) 将为 0
$S_3+7, 8$ :	32 位输出值饱和上限	-2147483648~2147483647	例: 设定 1000, 则输出值 ( MV ) 大于 1000 时将以 1000 输出, 需大于等于 $S_3+9, 10$ , 否则上限值与下限值将互换
$S_3+9, 10$ :	32 位输出值饱和下限	-2147483648~2147483647	例: 设定 -1000, 则输出值 ( MV ) 小于 -1000 时将以 -1000 输出
$S_3+11, 12$ :	32 位积分值饱和上限	-2147483648~2147483647	例: 设定 1000, 则积分值大于 1000 时将以 1000 输出且不再积分。需大于等于 $S_3+13, 14$ , 否则上限值与下限值将互换
$S_3+13, 14$ :	32 位积分值饱和下限	-2147483648~2147483647	例: 设定 -1000, 则积分值小于 -1000 时将以 -1000 输出且不再积分
$S_3+15, 16$ :	32 位累积之积分值	32bit 浮点数范围	为累积之积分值, 通常只供参考用, 但是使用者还是可以依需求清除或修改, 不过须以 32bit 浮点数修改之

装置编号	功能	设定范围	说明
S <sub>3</sub> +17 · 18 :	32 位之前次 PV 值	-	为前次测定值，通常只供参考用，但是使用者还是可以依需求修改
S <sub>3</sub> +19 · 20 :	系统用参数，使用者请勿使用。		

32 位之 S<sub>3</sub> 参数说明与 16 位之参数说明大致上相同，其不同点只在于 S<sub>3</sub>+5 ~ S<sub>3</sub>+20 之间参数容量由原本 16 位变为 32 位。

**PID 计算公式：**

1. 当 S<sub>3</sub>+4 控制模式选择为 K0 · K1 · K2 及 K5。

- PID 的运算分成自动，正向动作，逆向动作 3 种。而正逆向动作由 S<sub>3</sub> +4 的内容来指定。此外，与 PID 运算有相关的设定值也是由 S<sub>3</sub> ~ S<sub>3</sub> +5 所指定的寄存器来设定。

PID 的表达式：

$$MV = K_p * E(t) + K_I * E(t) \frac{1}{S} + K_D * PV(t)S$$

其中 PV(t)S 表示 PV(t) 的微分值，以及 E(t)  $\frac{1}{S}$  表示 E(t) 的积分值，当动作方向选择正向或逆向动作时，当 E(t) 值小于等于 0，则被视为 0。

动作方向	PID 演算方式
正向动作、自动	E(t) = SV(t) - PV(t)
逆向动作	E(t) = PV(t) - SV(t)

- 控制方块图：下图之 S 表示微分的动作，其动作定义为现在 PV 值减去前次 PV 值后，再除以取样时间之动作；另外 1/S 表示积分的动作，其动作定义为前次积分值加上这次偏差量乘以取样时间的值；最后图中的 G ( S ) 表示受控装置。

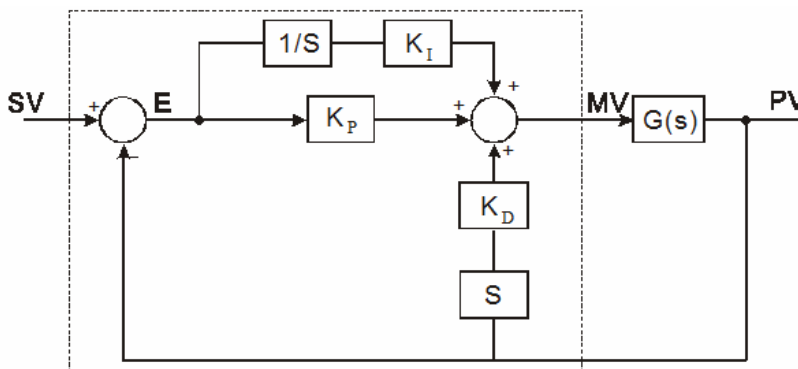


图 ( 1 ) S<sub>3</sub>+4 为 K0~K2 · K5 的控制方块

- 由上述公式中可得知本指令与一般 PID 指令有所不同，其不同点乃在于微分值使用上的变化，为了避免一般 PID 指令于初次起动时所造成瞬间微分值过大的缺点，因此本指令采用监看测定值 ( PV ) 的微分状况，当测定值 ( PV ) 变化量过大时，则本指令将会降低输出值 ( MV ) 的输出。



- 符号说明 :

MV	:	输出值
$K_p$	:	比例增益
$E(t)$	:	偏差量
PV	:	测定值
SV	:	目标值
$K_D$	:	微分增益
$PV(t)S$	:	PV(t)的微分值
$K_I$	:	积分增益
$E(t)\frac{1}{S}$	:	E(t)的积分值

2. 当  $S_3+4$  控制模式选择为 K3 及 K4 时，温度控制专用功能之公式介绍：

- 表达式将改为

$$MV = \frac{1}{K_p} \left[ E(t) + \frac{1}{K_I} \left( E(t) \frac{1}{S} \right) + K_D * E(t)S \right]$$

其中偏差量固定为

$$E(t) = SV(t) - PV(t)$$

- 控制方块图：下图中之  $1/K_I$  及  $1/K_p$  的符号分别表示除以  $K_I$  及除以  $K_p$  之功能，由于此控制方块为温度控制专用之 PID 指令，因此使用者需搭配 GPWM 指令一起使用。

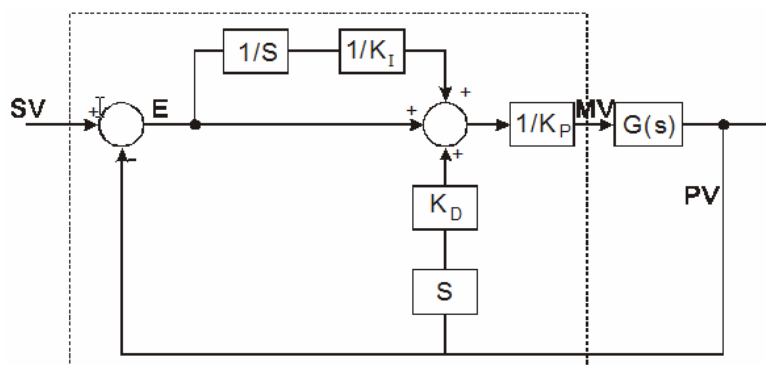


图 ( 2 )  $S_3+4$  为 K3~K4 的控制方块

- 由于此功能是专为温度控制而设计的功能，因此当取样时间 ( $T_s$ ) 设定为 4 秒 (K400) 时，则表示输出值 (MV) 的输出范围为 K0~K4000 之间，并且搭配的 GPWM 指令的周期时间设定值也需设为 4 秒 (K400)。
- 当使用者在控制温度的环境下不知如何调整各项参数时，可先选择 K3 这项自动调整功能，等到指令内部调整完毕后 (功能选择会自动设定为 K4)，使用者可再依控制结果修改成更佳参数。

**注意事项和建议：**

1. 由于可使用 PID 指令的控制环境很多，因此请适当的选取控制功能，例如：当选择温度自动调整参数 ( $S_3 + 4 = K3$ ) 功能时，就请勿使用于马达控制环境中，以免造成控制不当的现象发生。
2. 使用者于调整  $K_P$ 、 $K_I$  及  $K_D$  三个主要参数时 ( $S_3 + 4$  为  $K0 \sim K2 \cdot K5$ )，请先调整  $K_P$  值 (依经验值设定)，而  $K_I$  及  $K_D$  值先设定为 0，等到调整到大致上可控制时，再依序调整  $K_I$  值 (由小到大) 以及  $K_D$  值 (由小到大)，调整范例如主机 PID 参数手动调整技巧所示。
3. 当使用者选用温度控制专用功能 ( $S_3 + 4 = K3$  及  $K4$ ) 时，建议请使用在停电保持区之 D 寄存器来储存参数，以免自动调整过的参数因停电后而消失。经过自动调整过的参数，并不能保证一定适用于每个控制的环境，因此使用者当然可自行修改调整过的参数，不过建议最好只修改  $K_I$  或  $K_D$  数值就好。
4. 本指令动作须配合许多参数值控制，因此请勿随意设定参数值，以免造成无法控制之现象。

**3. 主机 PID 参数手动调整技巧**

假设控制系统之受控体  $G(s)$  的转移函数为一阶的函数  $G(s) = \frac{b}{s+a}$  (一般马达的模型均为此函数)，命令值 SV 为 1，取样时间  $T_s$  为 10ms。建议调整步骤如下：

步骤1：首先将  $K_I$  及  $K_D$  值设为 0，接着先后分别设定  $K_P$  为 5、10、20 及 40，并分别记录其 SV 及 PV 状态，其结果如图 3 所示。

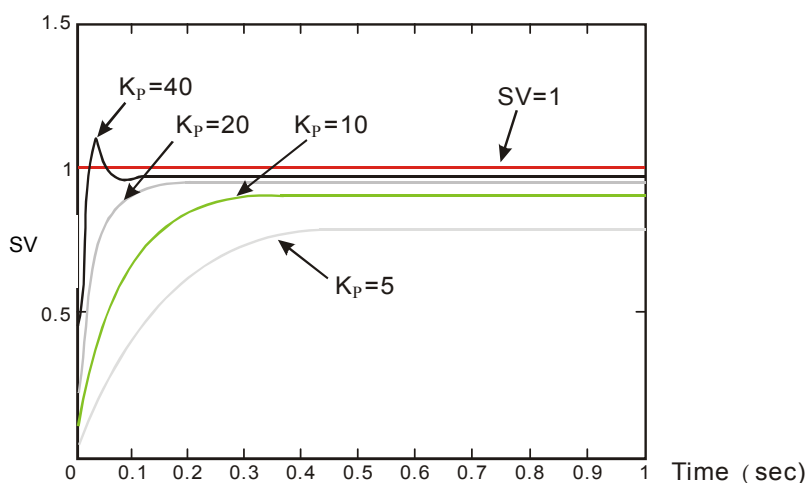


图 ( 3 )

步骤2：观察上图后得知  $K_P$  为 40 时，其反应会有过冲现象，因此不选用；而  $K_P$  为 20 时，其 PV 反应曲线接近 SV 值且不会有过冲现象，但是由于启动过快，因此输出值 MV 瞬间值会很大，所以考虑暂不选用；接着  $K_P$  为 10 时，其 PV 反应曲线接近 SV 值并且是比较平滑接近，因此考虑使用此值；最后  $K_P$  为 5 时，其反应过慢，因此也暂不考虑使用。

步骤3：选定  $K_P$  为 10 后，先调整  $K_I$  值由小到大 (如 1、2、4 至 8)，以不超过  $K_P$  值为原则；然后再调整  $K_D$  由小到大 (如 0.01、0.05、0.1 及 0.2)，以不超过  $K_P$  的 10% 为原则；最后可得如图 4 之 PV 与 SV 的关系图。

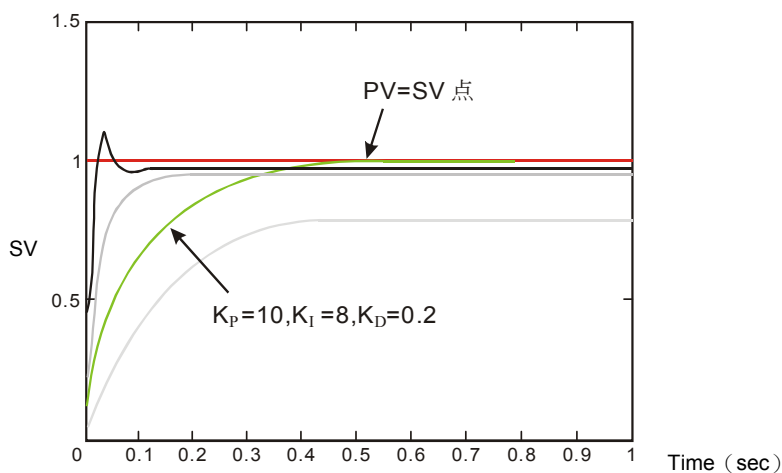


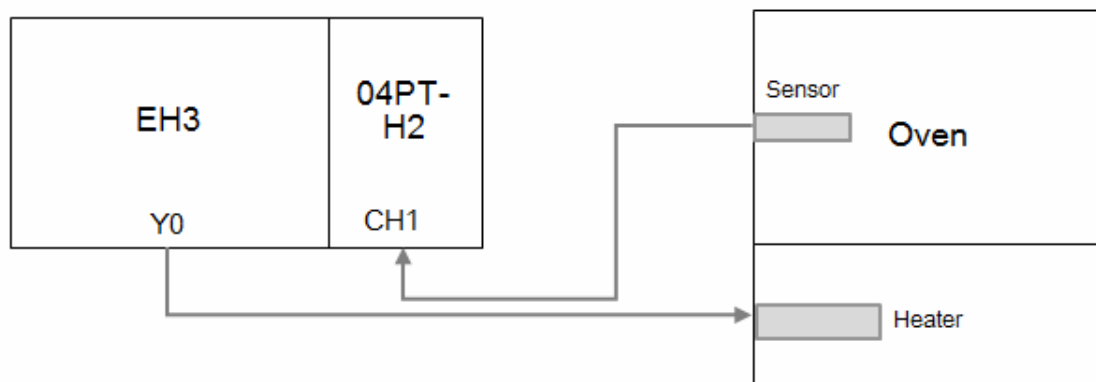
图 ( 4 )

附注：本范例仅供参考，因此使用者还需依实际控制系统之状况，自行调整其适合之控制参数。

## 4. 范例说明

### 4.1 范例一：主机温度 PID 控制（主机输出控制烤箱）

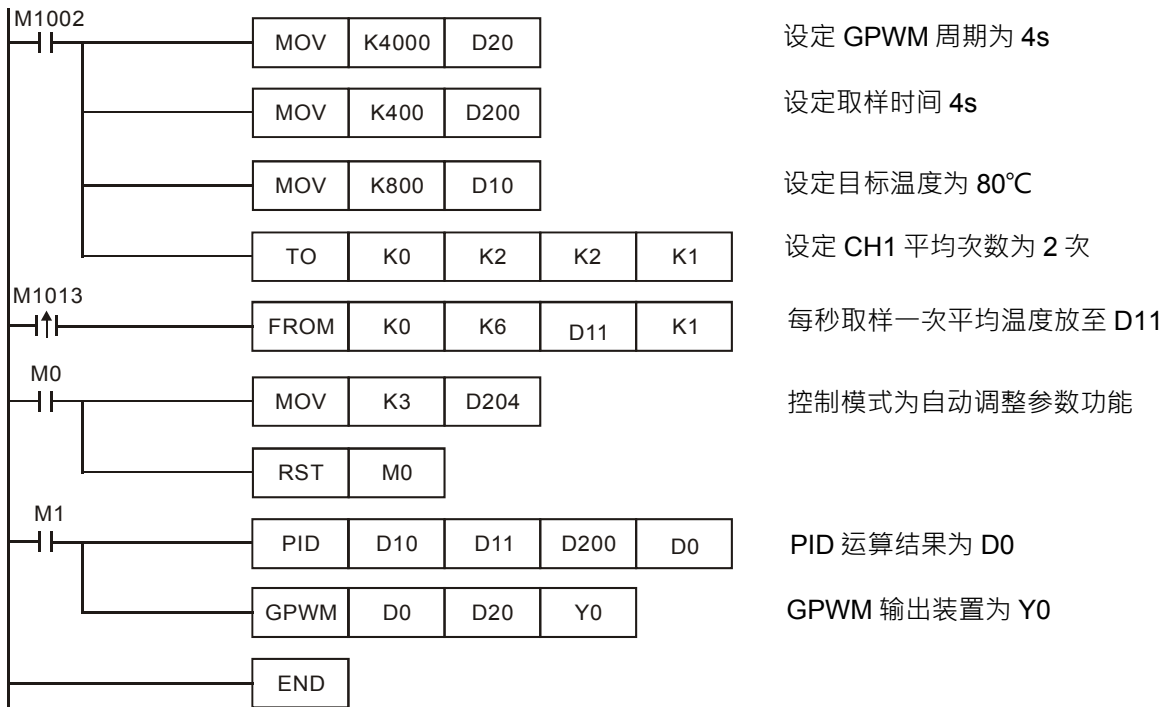
【系统架构】



【控制要求】

本范例的控制环境为烤箱，配置以DVP32EH00R3 主机搭配DVP04PT-H2模块控制烤箱，PID控制为使用温度控制专用的自动调整参数功能（D204=K3）做初步调整，调整完毕时将自动改为K4（D204），并且使用该自动计算出的参数（ $K_P$ 、 $K_I$ 、 $K_D$ ）实现对烤箱的PID控制。

【控制程序】



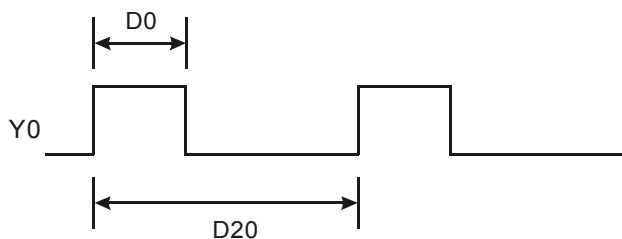
【装置说明】

PLC 装置	控制说明
M0	启动控制模式
M1	PID 指令运算启动
Y0	可调变脉冲宽度的脉冲输出
D0	PID 运算输出结果
D10	目标温度值
D11	平均温度值
D20	GPWM 指令的运算周期
D200	PID 取样时间
D204	控制模式

【程序说明】

- 启动 M0 及 M1，DVP04PT-H2 温度模块将烤箱的现在值温度测得后传给 PLC 主机，主机控制模式使用温度自动调整参数功能 ( D204=K3 ) 做初步调整，自动计算出最佳的 PID 温度控制参数，调整完毕后，自动修改动作方向为已调整过的温度控制专用功能 ( D204=K4 )，并且使用该自动计算出的参数 ( D201 K<sub>P</sub>、D202 K<sub>I</sub>、D203 K<sub>D</sub> ) 实现对烤箱温度的 PID 控制。

- 使用该温度自动调整参数功能进行 PID 运算，其输出结果 ( D0 ) 作为 GPWM 指令的输入，GPWM 指令执行后 Y0 输出可变宽度的脉波 ( 宽度由 D0 决定 ) 控制加热器装置，从而自动实现对烤箱温度的 PID 控制。



初步调整功能的实验结果如图 5 所示：

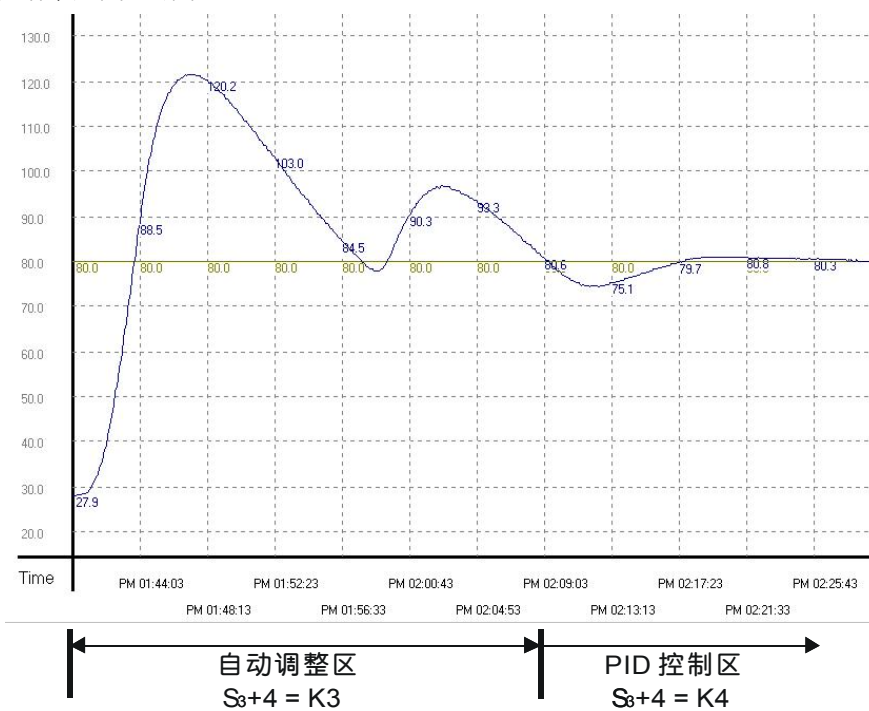


图 ( 5 )

使用调整后参数做温度控制专用功能的实验结果如图 6 所示：

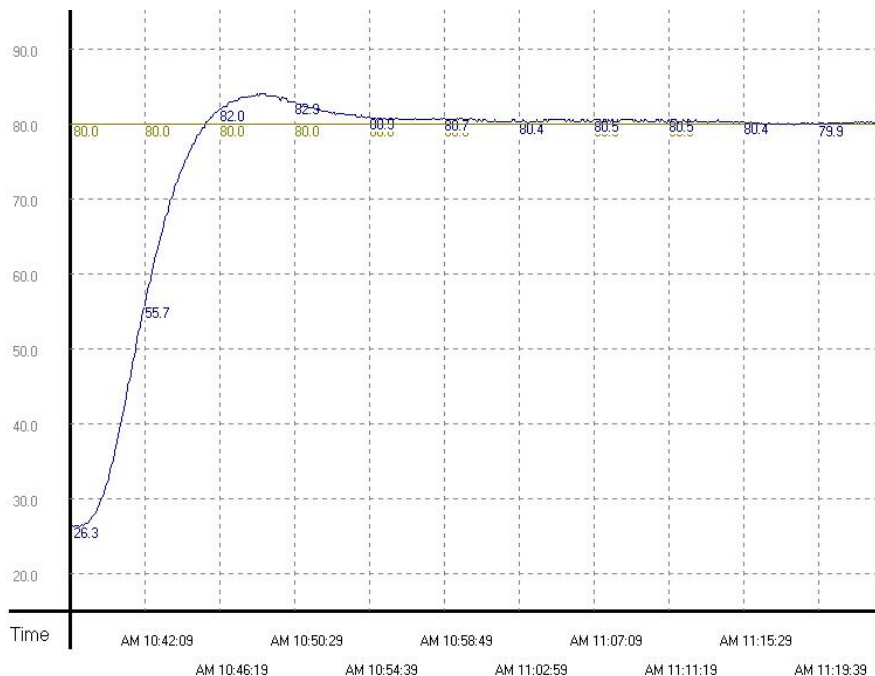


图 ( 6 )

由图 6 可看出经过初步调整后的温度控制结果，控制时间大约只使用了 20 分钟。接着验证目标温度由 80°C 修改成 100°C，则得到的结果图 7 所示：

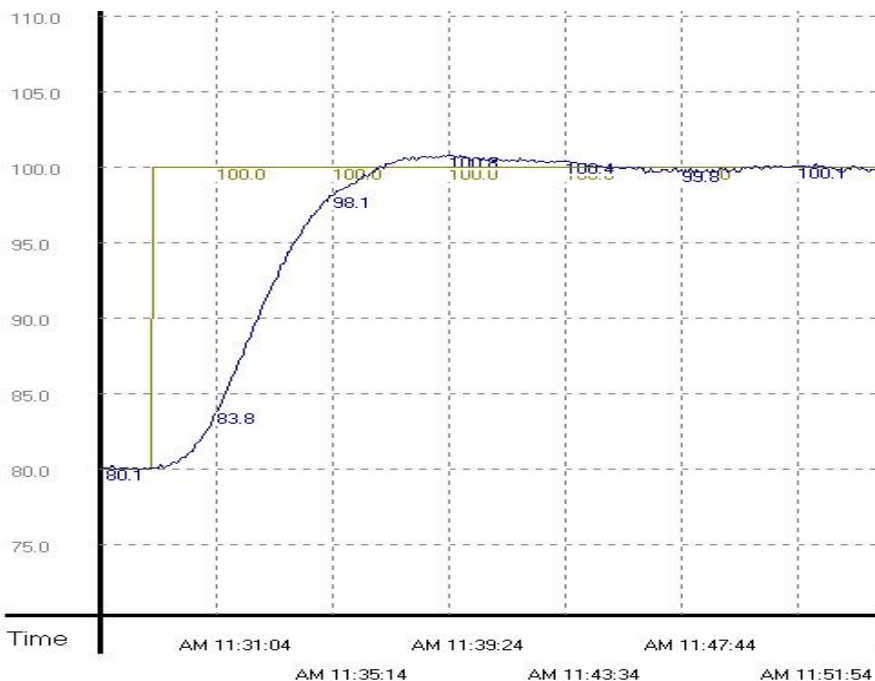
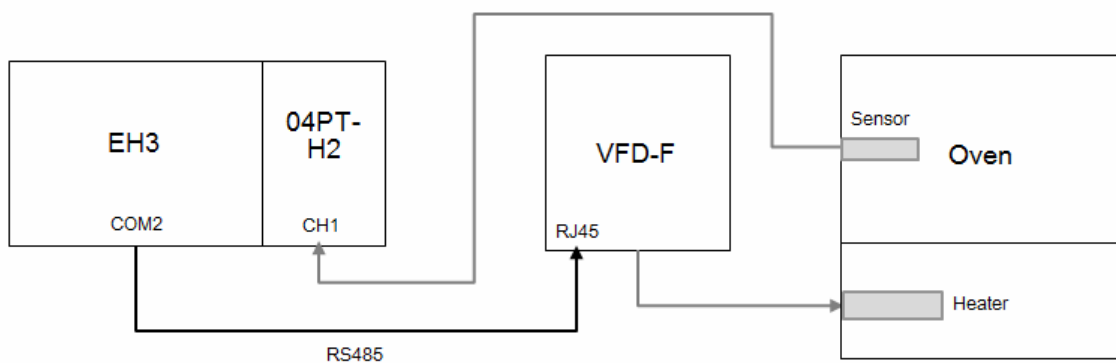


图 ( 7 )

由图 7 可看出由 80°C 所调整出来的参数套用到 100°C，仍然可以达到控制温度的目的，而且控制时间也不会太长。

## 4.2 范例二：主机温度 PID 控制（主机透过变频器控制烤箱）

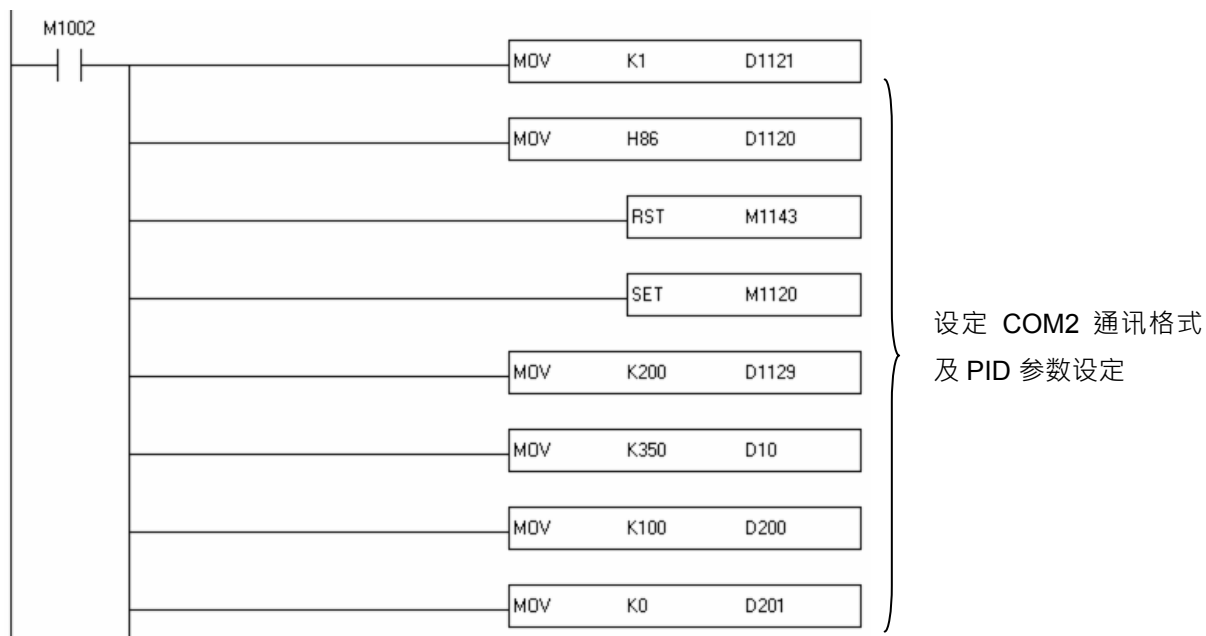
### 【系统架构】

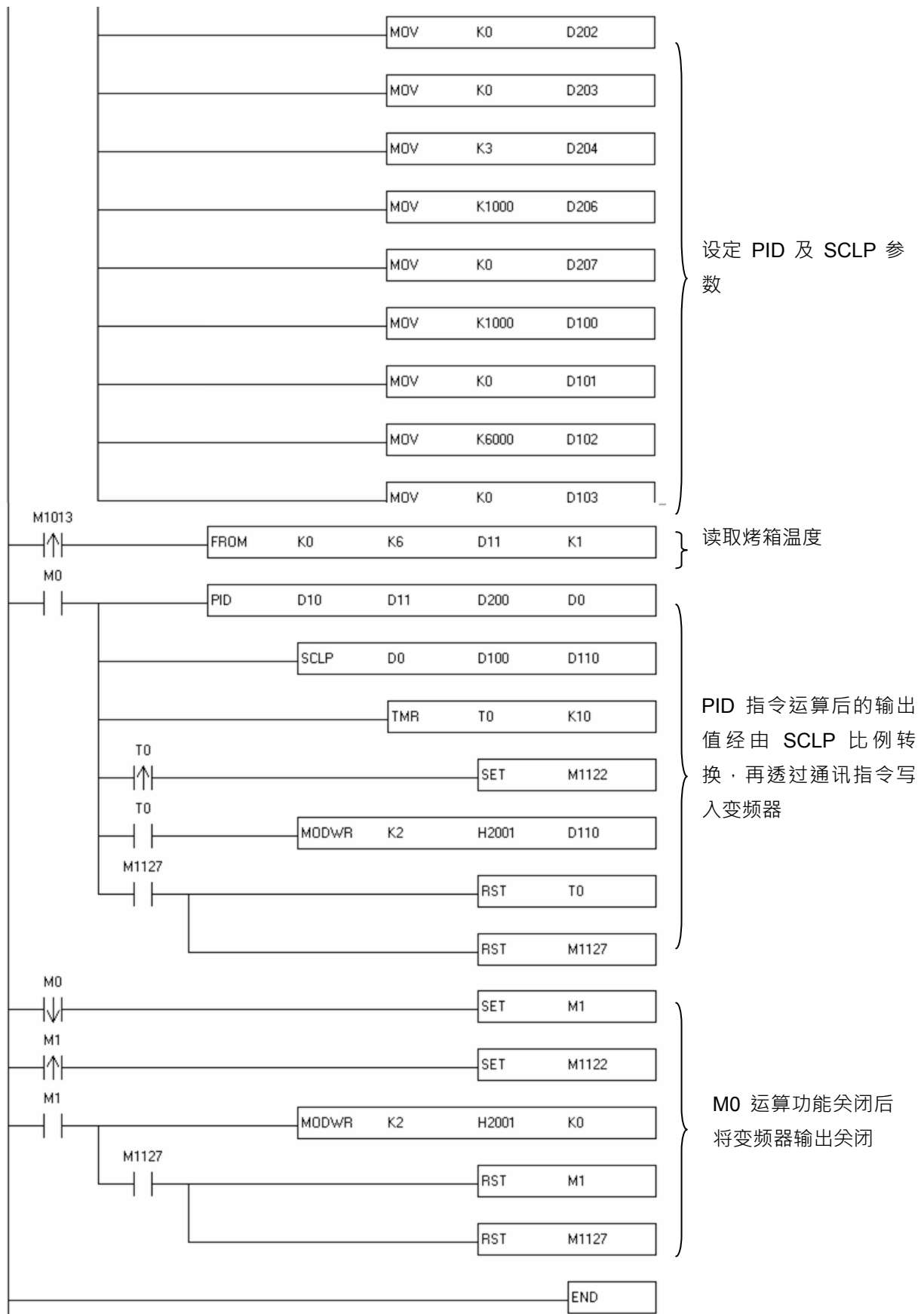


### 【控制要求】

本范例的控制环境为烤箱，配置以DVP32EH00R3 主机搭配DVP04PT-H2模块透过变频器VFD007F23A控制烤箱，PID控制为使用温度控制专用的自动调整参数功能（D204=K3）做初步调整，调整完毕后调整完毕时将自动改为K4（D204），并且使用该自动计算出的参数（ $K_P$ 、 $K_I$ 、 $K_D$ ）实现对烤箱的PID控制。

### 【控制程序】







## 【装置说明】

PLC 装置	控制说明
M0	执行 PID 温度自动调整功能
M1	输入变频器频率 0
M1013	1sec 脉冲
M1127	数据传送接收完毕标志
D0	PID 输出值 ( MV )
D10	PID 目标温度 ( SV )
D11	CH1 现在平均摄氏温度 ( PV )
D100~D103	SCLP 参数
D110	SCLP 目的装置
D200~D207	PID 参数

## 【程序说明】

- 设定变频器通讯参数 P9-00~P9-05 ( 通讯站号为 2 , 通讯格式为 9600 7 E 1 ASCII ) , 设定变频器 P1-02 参数为 220 ( 烤箱规格为 AC220V ) , P2-00 参数为 04 ( 频率指令来源为通讯 RS-485 ) , P2-01 参数为 00 ( 运转命令为键盘操作 ) 。 PLC 通讯站号为 1 。
- 设定目标温度 D10 为 35°C , 手动启动 M0 执行 PID 指令 , 每秒透过模块读取烤箱温度 ( D11 ) , 利用 PID 指令运算及 SCLP 比例换算 , 透过 MODWR 通讯指令将输出值写入变频器通讯位置 ( 频率命令 H2001 ) 。
- 当 PID 控制模式变为 K4 时 ( D204=K4 ) , 自动计算出最佳的 PID 温度控制参数 ( D201  $K_P$  、 D202  $K_I$  、 D203  $K_D$  ) , 实验结果之温度曲线如图 8 。
- 利用此控制模式 K4 ( D204=K4 ) 搭配计算出的参数  $K_P$  、  $K_I$  、  $K_D$  数值 , 重新启动 M0 执行 PID 指令 , 实验结果之温度曲线如图 9 。
- 将目标温度 D10 改为 45°C , 利用此控制模式 K4 ( D204=K4 ) 搭配计算出的参数  $K_P$  、  $K_I$  、  $K_D$  数值 , 重新启动 M0 执行 PID 指令 , 实验结果之温度曲线如图 10 。
- 当 M0 关闭时 , MODWR 通讯指令将 0 写入变频器通讯位置 ( 频率命令 H2001 ) 。

目标温度为 35°C时，初步调整功能的实验结果如图 8 所示：

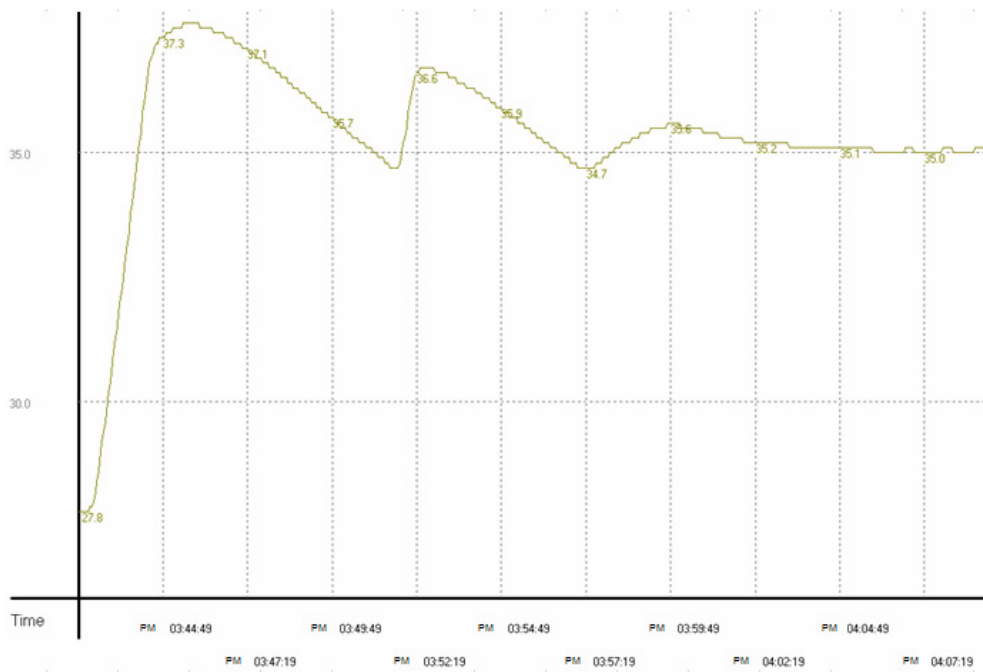


图 ( 8 )

目标温度为 35°C，使用调整后参数 (  $K_P$ 、 $K_I$ 、 $K_D$  ) 做温度控制专用功能的实验结果如图 9 所示：

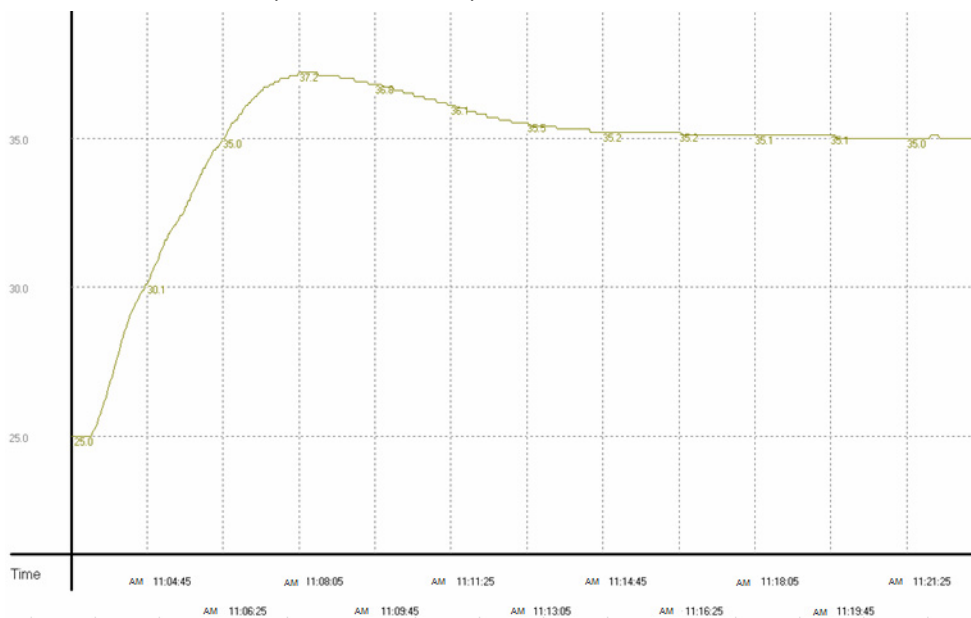


图 ( 9 )

下图 10 为由 35°C 所调整出来的 PID 参数套用到 45°C。

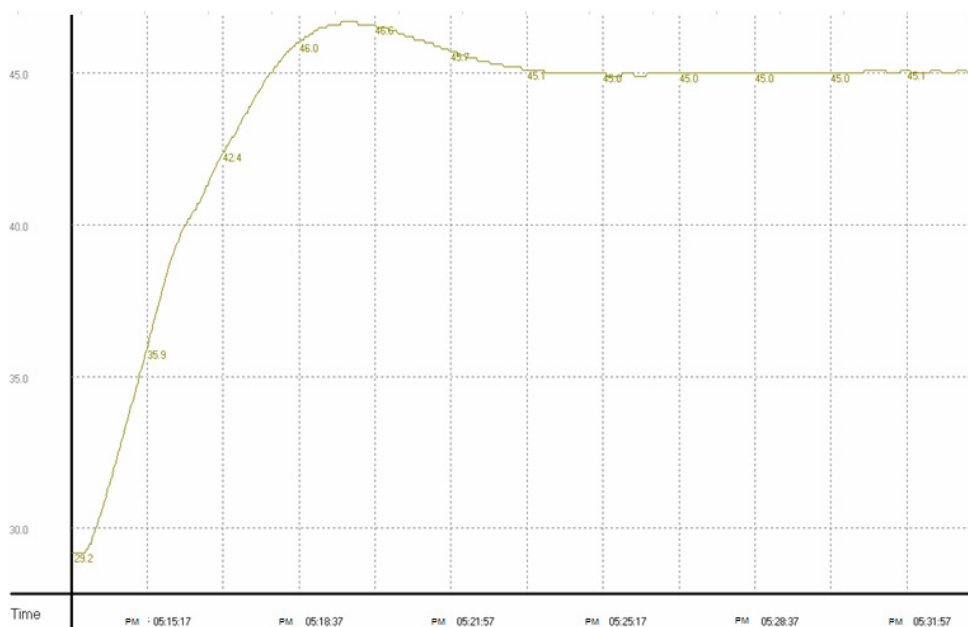
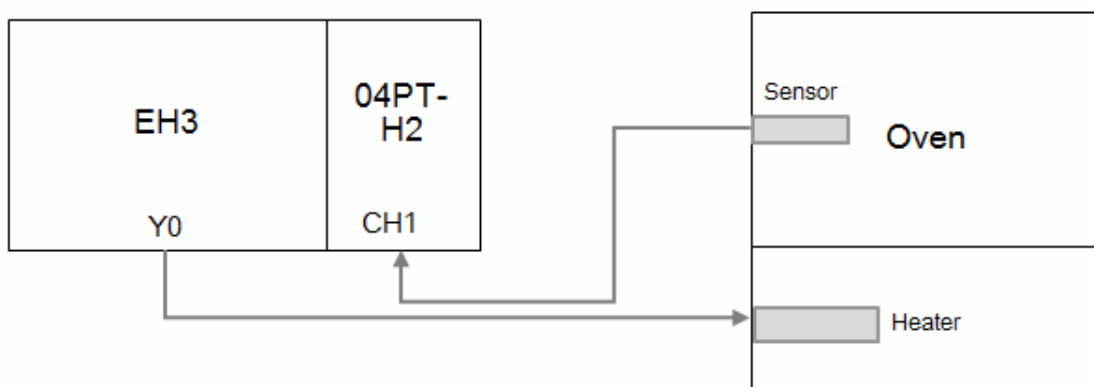


图 ( 10 )

### 4.3 范例三：DVP04PT-H2 模块温度 PID 控制

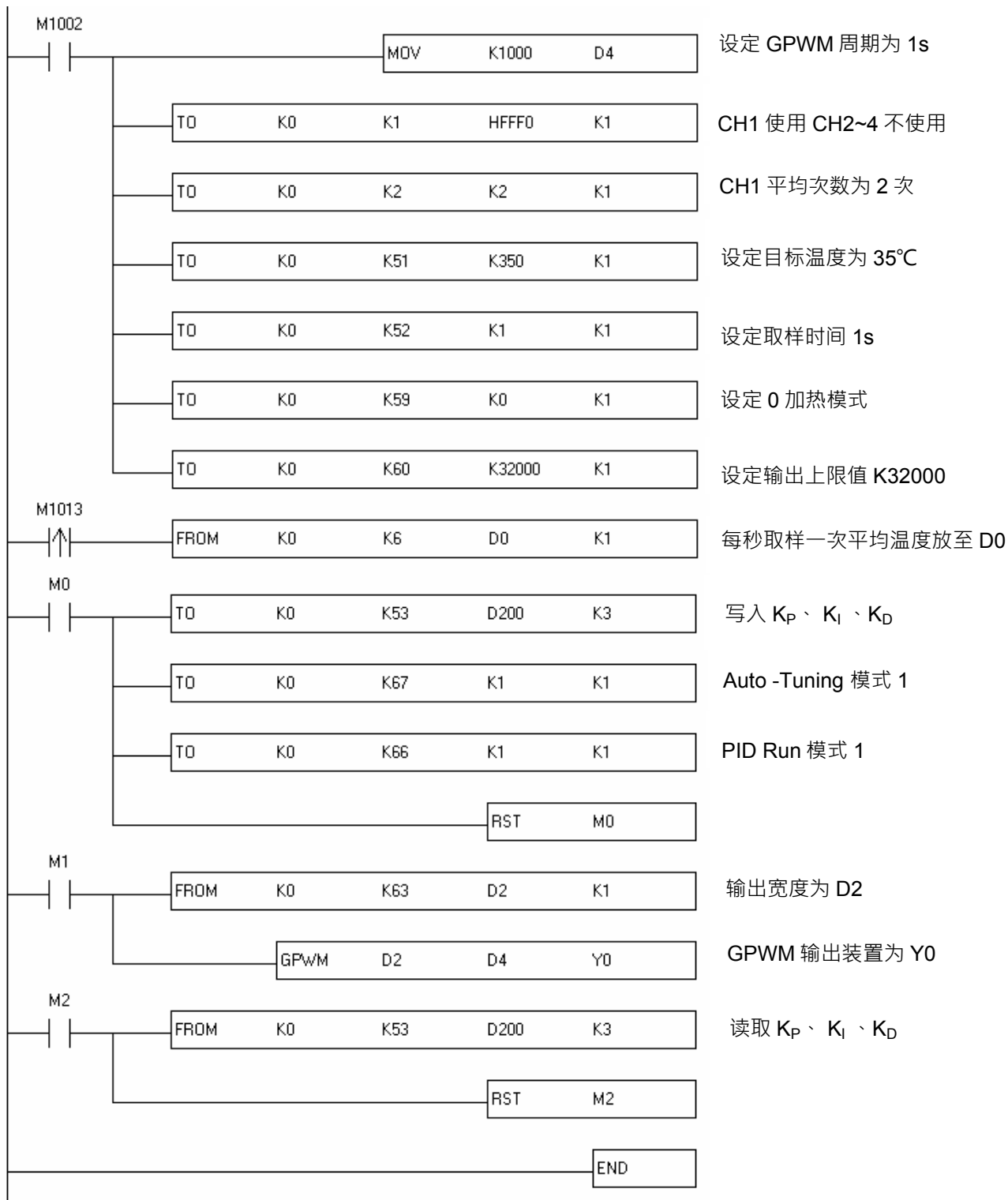
【系统架构】



【控制要求】

本范例的控制环境为烤箱，配置以DVP32EH00R3 主机搭配DVP04PT-H2模块控制烤箱，PID控制为使用自动调整参数功能做调整，调整完毕后使用该自动计算出的参数（ $K_P$ 、 $K_I$ 、 $K_D$ ）实现对烤箱的PID控制。

【控制程序】



**【装置说明】**

PLC 装置	控制說明
M0	写入 $K_P$ 、 $K_I$ 、 $K_D$ 参数及启动控制模式
M1	启动脉波调变
M2	读取 $K_P$ 、 $K_I$ 、 $K_D$ 参数
Y0	可调变脉冲宽度的脉冲输出
D0	CH1 平均摄氏温度
D2	输出宽度
D4	GPWM 指令的运算周期
D200	$K_P$
D201	$K_I$
D202	$K_D$

**【程序说明】**

- 将模块 PID 温度控制参数 D5~D7 写入 0，启动 M0 及 M1，利用模块温度自动调整参数功能 ( Auto-tuning ) 做初步调整，每秒透过模块读取烤箱温度 ( D0 )，主机 GPWM 指令使 Y0 装置启动加热器加热。
- 当温度无波动且持续维持 35°C 时，为自动计算出最佳的 PID 温度控制参数 ( D200  $K_P$ 、D201  $K_I$ 、D202  $K_D$  )。实验结果之温度曲线如图 11。
- 启动 M2 读出模块 PID 温度控制参数 (  $K_P$ 、 $K_I$ 、 $K_D$  )，将程序中模块 CR67 设定值改为 K0 ( 将 Auto Tuning 改为 0 不动作 )。
- 利用计算出的参数  $K_P$ 、 $K_I$ 、 $K_D$  数值，重新启动 M0 及 M1，实验结果之温度曲线如图 12。
- 将模块目标温度 CR51 改为 45°C，利用计算出的参数  $K_P$ 、 $K_I$ 、 $K_D$  数值，重新启动 M0 及 M1，实验结果之温度曲线如图 13。

## DVP04PT-H2 温度模块 PID 控制寄存器说明 :

CR#				保持型		寄存器	说明
CH1	CH2	CH3	CH4				
#51	#71	#91	#111	O	R/W	温度设定值	出厂设定值为 K0。
#52	#72	#92	#112	O	R/W	取样时间	可设定范围 K1 ~ K30 · 单位 : s 出厂设定值为 K2
#53	#73	#93	#113	O	R/W	K <sub>P</sub>	出厂设定值为 K121
#54	#74	#94	#114	O	R/W	K <sub>I</sub>	积分常数 · 出厂设定值为 K2,098
#55	#75	#95	#115	O	R/W	K <sub>D</sub>	微分常数 · 出厂设定值为 K-29
#56	#76	#96	#116	O	R/W	积分量上限	可设定范围 K-32,760 ~ K32,760 出厂设定值为 K0
#57	#77	#97	#117	O	R/W	积分量下限	可设定范围 K-32,760 ~ K32,760 出厂设定值为 K0
#58	#78	#98	#118	X	R	积分量	目前累积的偏差量。出厂设定值为 K0
#59	#79	#99	#119	O	R/W	加热/冷却选择	0 : 加热器 · 1 : 冷却器 · 出厂设定值为 K0
#60	#80	#100	#120	O	R/W	输出量上限值	可设定范围 K-32,760 ~ K32,760 出厂设定值为 K4,000
#61	#81	#101	#121	O	R/W	输出量下限值	可设定范围 K-32,760 ~ K32,760 出厂设定值为 K0
#62	#82	#102	#122	X	R	输出比例	可设定范围 K0 ~ K1,000 · 单位 : 0.1% 出厂设定值为 K0
#63	#83	#103	#123	X	R	输出宽度	控制输出宽度 · 单位 : ms 出厂设定值为 K0
#64	#84	#104	#124	X	R	输出周期	控制输出周期 · 单位 : ms 出厂设定值为 K0
#65	#85	#105	#125	X	R	输出量	出厂设定值为 K0
#66	#86	#106	#126	X	R/W	PID_Run/Stop	0 : Stop · 1 : Run · 出厂设定值为 K0
#67	#87	#107	#127	X	R/W	Auto Tune	0 : 不动作 · 1 : Auto-tuning 出厂设定值为 K0。

初步调整功能的实验结果如图 11 所示 :

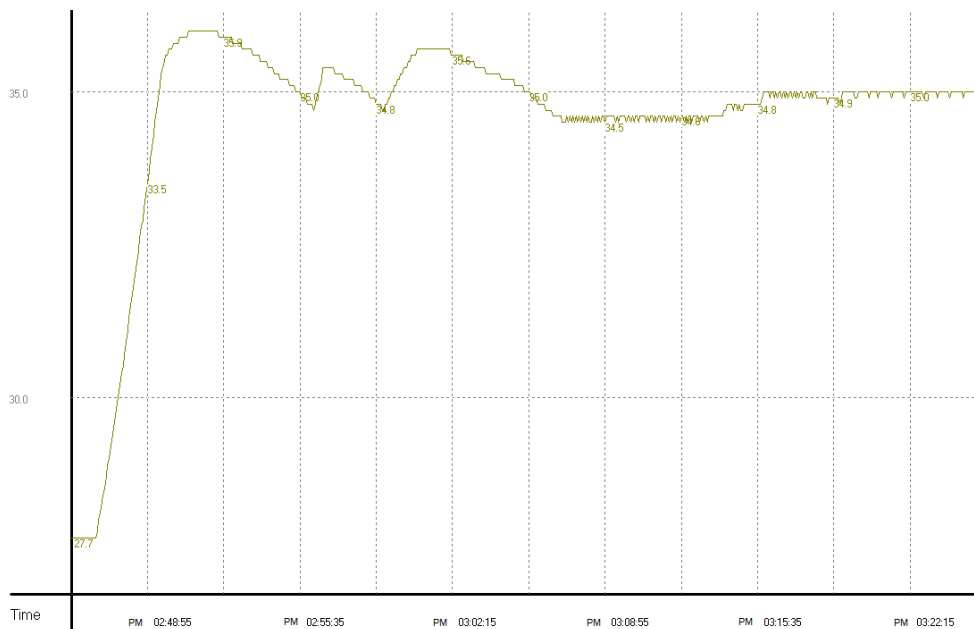


图 ( 11 )

使用调整后参数 (  $K_P$  、  $K_I$  、  $K_D$  ) 实验结果如图 12 所示 :

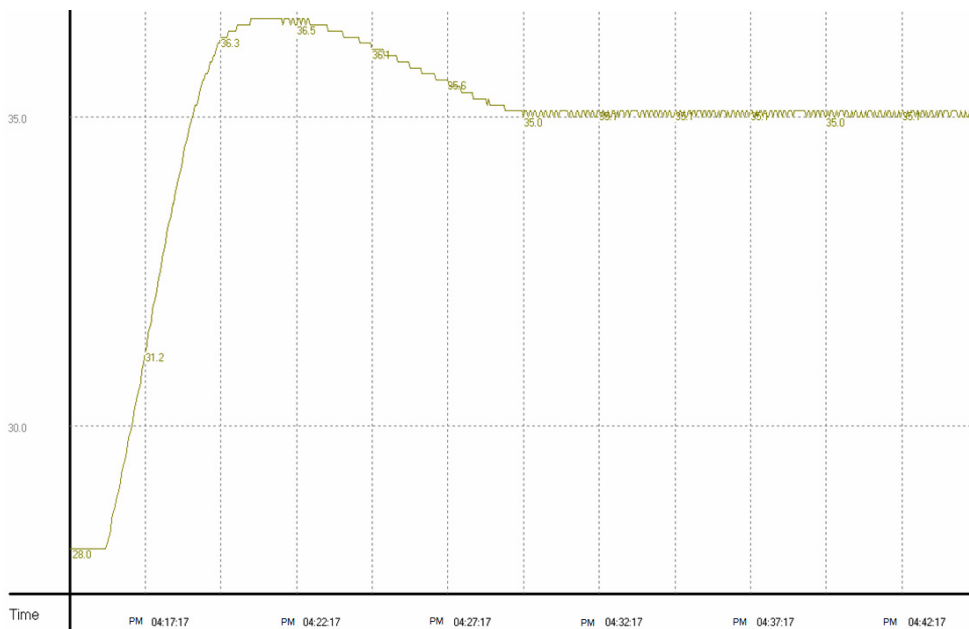


图 ( 12 )

下图 13 为 35°C所调整出来的 PID 参数套用到 45°C。

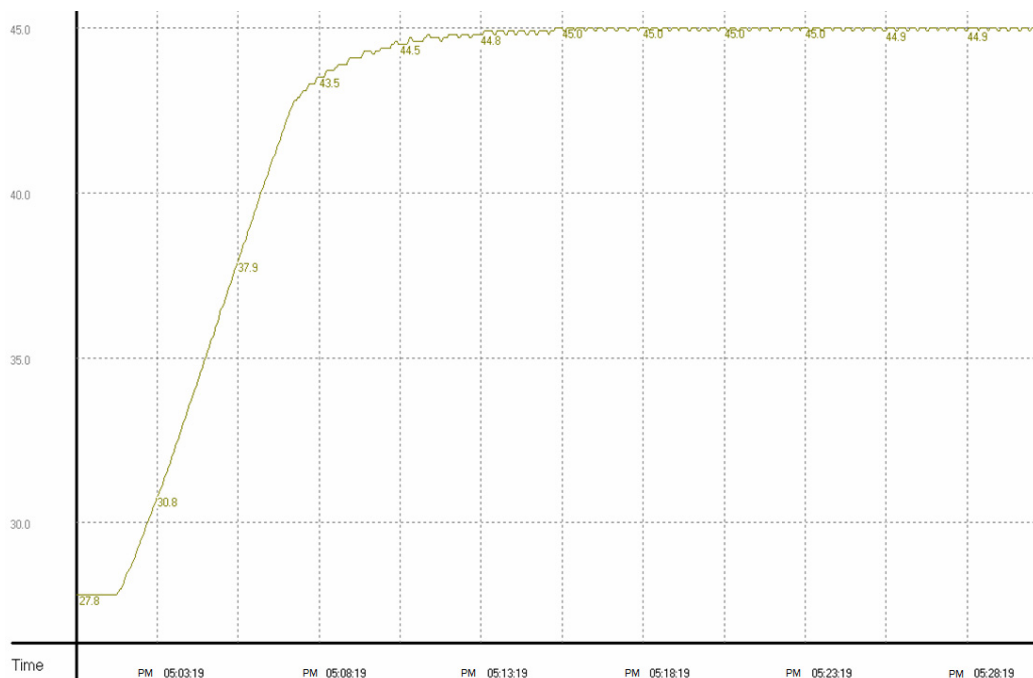
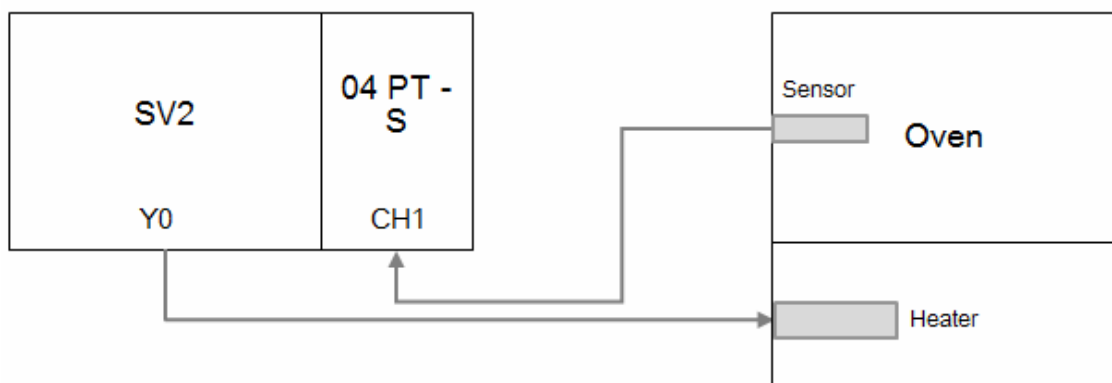


图 ( 13 )

#### 4.4 范例四：DVP04PT-S 模块温度 PID 控制

【系统架构】

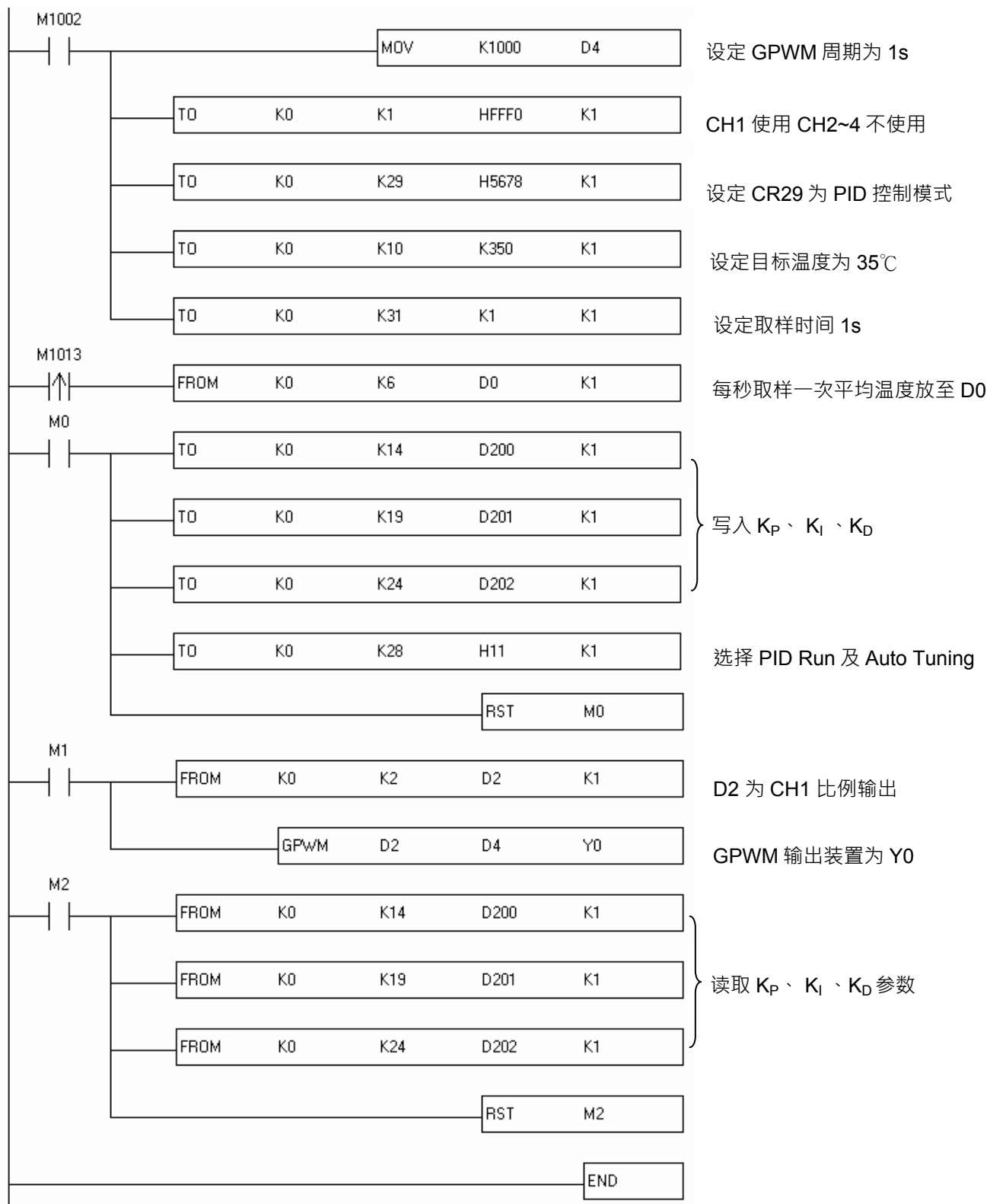


【控制要求】

本范例的控制环境为烤箱，配置以DVP28SV11R2 主机搭配DVP04PT-S模块控制烤箱，PID控制为使用自动调整参数功能做调整，调整完毕后使用该自动计算出的参数（ $K_P$ 、 $K_I$ 、 $K_D$ ）实现对烤箱的PID控制。



【控制程序】



**【装置说明】**

PLC 装置	控制說明
M0	写入 $K_P$ 、 $K_I$ 、 $K_D$ 参数及启动控制模式
M1	启动脉冲波宽调变
M2	读取 $K_P$ 、 $K_I$ 、 $K_D$ 参数
Y0	可調變脈冲寬度的脈冲輸出
D0	CH1 平均摄氏温度
D2	输出宽度
D4	GPWM 指令的运算周期
D200	$K_P$
D201	$K_I$
D202	$K_D$

**【程序说明】**

- 将模块 PID 温度控制参数 D5~D7 写入 0，启动 M0 及 M1，利用模块温度自动调整参数功能 ( Auto-tuning ) 做初步调整，每秒透过模块读取烤箱温度 ( D0 )，主机 GPWM 指令使 Y0 装置启动加热器加热。
- 当温度无波动且持续维持 35°C 时，为自动计算出最佳的 PID 温度控制参数 ( D200  $K_P$ 、D201  $K_I$ 、D202  $K_D$  )。实验结果之温度曲线如图 14。
- 启动 M2 读出模块 PID 温度控制参数 (  $K_P$ 、 $K_I$ 、 $K_D$  )，将程序中模块 CR28 设定值改为 H1 ( 将 Auto Tuning 改为 0 不动作 )。
- 利用计算出的参数  $K_P$ 、 $K_I$ 、 $K_D$  数值，重新启动 M0 及 M1，实验结果之温度曲线如图 15。
- 将模块目标温度 CR10 改为 45°C，利用计算出的参数  $K_P$ 、 $K_I$ 、 $K_D$  数值，重新启动 M0 及 M1，实验结果之温度曲线如图 16。

DVP04PT-S 温度模块 PID 控制寄存器说明：

DVP04PT-S 在 V3.08 以上版本，当 CR#29 设定为 H'5678 时，CR#0 ~ CR#34 可做为 PID 设定使用：

PID 模式内容说明			
CR#0	机种型号	CR#22	CH4 $K_I$
CR#2	CH1 PID 输出%	CR#24	CH1 $K_D$
CR#3	CH2 PID 输出%	CR#25	CH2 $K_D$
CR#4	CH3 PID 输出%	CR#26	CH3 $K_D$
CR#5	CH4 PID 输出%	CR#27	CH4 $K_D$
CR#2~CR#5 : 范围 : 0~1000 · 单位 0.1%		CR#28	Run/Stop & Auto tuning
CR#6	CH1 摄氏平均温度		Bit0 : CH1 PID Run/Stop
CR#7	CH2 摄氏平均温度		Bit1 : CH2 PID Run/Stop
CR#8	CH3 摄氏平均温度		Bit2 : CH3 PID Run/Stop
CR#9	CH4 摄氏平均温度		Bit3 : CH4 PID Run/Stop
CR#6~CR#9 : 单位 0.1°C			0=PID Stop · 1=PID Run
CR#10	CH1 温度设定		Bit4 : CH1 Auto tuning
CR#11	CH2 温度设定		Bit5 : CH2 Auto tuning
CR#12	CH3 温度设定		Bit6 : CH3 Auto tuning
CR#13	CH4 温度设定		Bit7 : CH4 Auto tuning
CR#10~CR#13 : PID 目标值设定 ( SV )		设为 1 会进入 Auto tuning 功能，完毕时自动改为 0。	
CR#14	CH1 $K_P$	CR#29	进入 PID 模式 ( H'5678 ) 写回 K0，退出 PID 模式
CR#15	CH2 $K_P$	CR#30	错误码
CR#16	CH3 $K_P$	CR#31	CH1 取样时间
CR#17	CH4 $K_P$	CR#32	CH2 取样时间
CR#19	CH1 $K_I$	CR#33	CH3 取样时间
CR#20	CH2 $K_I$	CR#34	CH4 取样时间
CR#21	CH3 $K_I$	CR#31~CR#34 : 范围 1~30 · 单位 1s	
注：需先进入 PID 模式 ( CR#29 写入 H'5678 )，再对其它 CR 做设定。			

初步调整功能的实验结果如图 14 所示 :

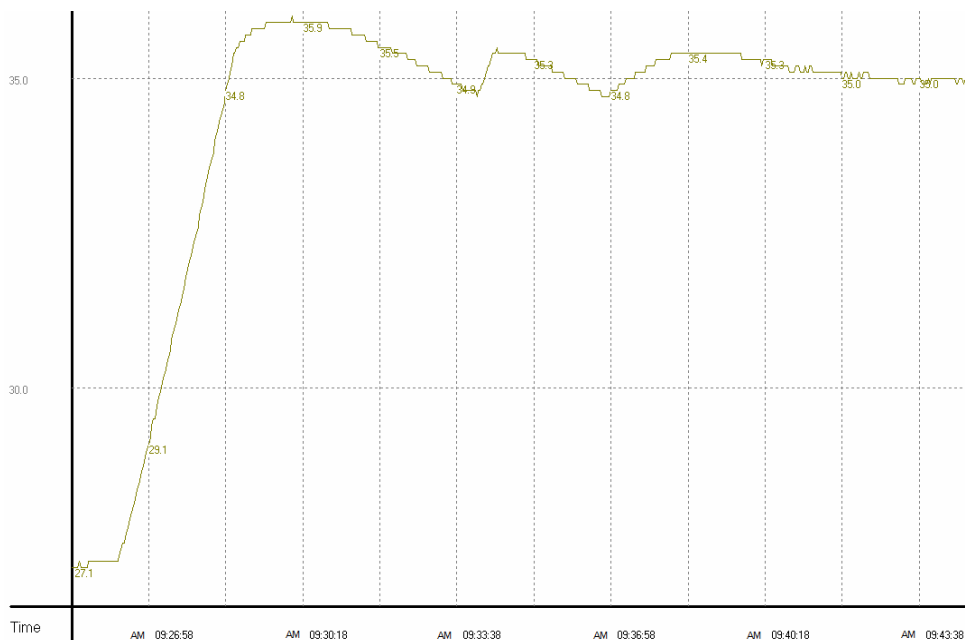


图 ( 14 )

使用调整后参数 ( $K_P$ 、 $K_I$ 、 $K_D$ ) 做温度控制专用功能的实验结果如图 15 所示 :

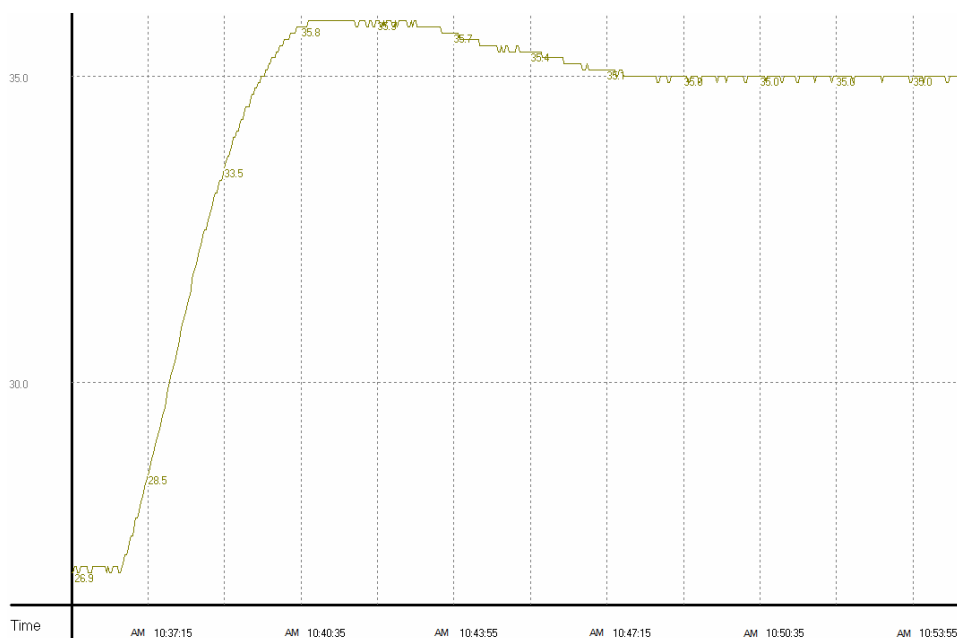


图 ( 15 )

下图 16 为 35°C所调整出来的 PID 参数套用到 45°C。

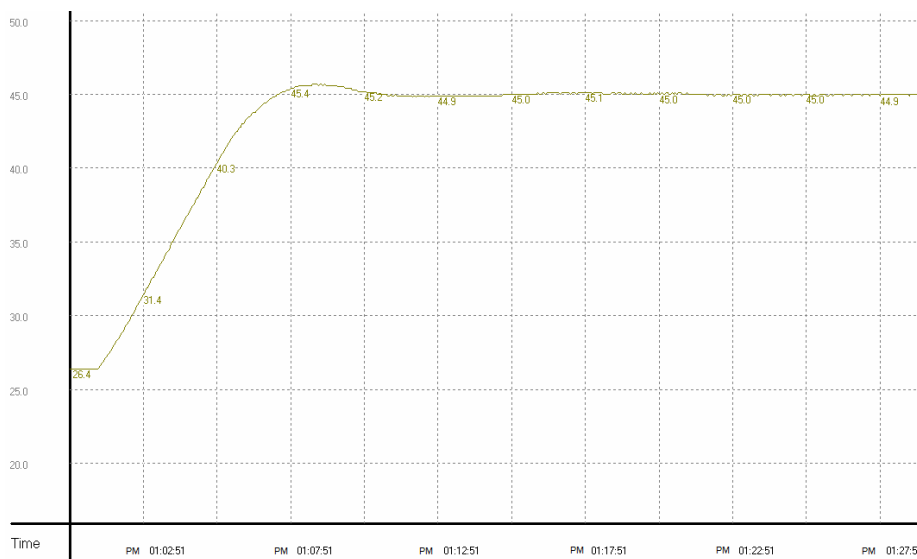


图 ( 16 )