

# 仲恺农业工程学院实验报告纸

自动化 (院、系) 自动化 专业 214 班 组 计算机控制系统 课

学号 202121724208 姓名 吕凯锋 实验日期

教师评定

## 第 3 章数字 PID 闭环控制

按闭环系统误差信号的比例、积分和微分进行控制的调节器简称为 PID 调节器(也叫 PID 控制器)。它是在连续系统中技术成熟、应用最为广泛的一种调节器。随着计算机技术的飞速发展, PID 控制算法可以用计算机程序实现了, 而这进一步拓宽了 PID 调节器的应用领域,出现了各种新型数字 PID 控制器。本章将从多个方面来开展数字 PID 控制器的实验研究。

### 3.2 积分分离法 PID 控制

#### 实验目的 3.2.1

- 1.了解 PID 参数对系统性能的影响。
- 2.学习凑试法整定 PID 参数。
- 3.掌握积分分离法 PID 控制规律

#### 3.2.2 实验设备

PC 机一台, TD-ACC 实验系统一套, SST51 系统板一块

#### 3.2.3 实验原理和内容

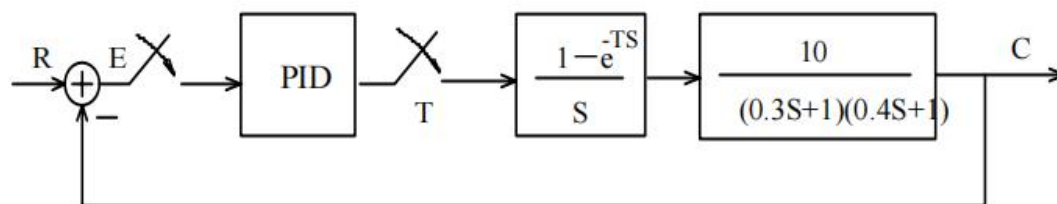


图 3.2-1

图 3.2-1 是一个典型的 PID 闭环控制系统方框图,其硬件电路原理及接线图可设计如下,图中画“◎”的线需用用户在实验中自行接好,对象需用用户在运放单元搭接。

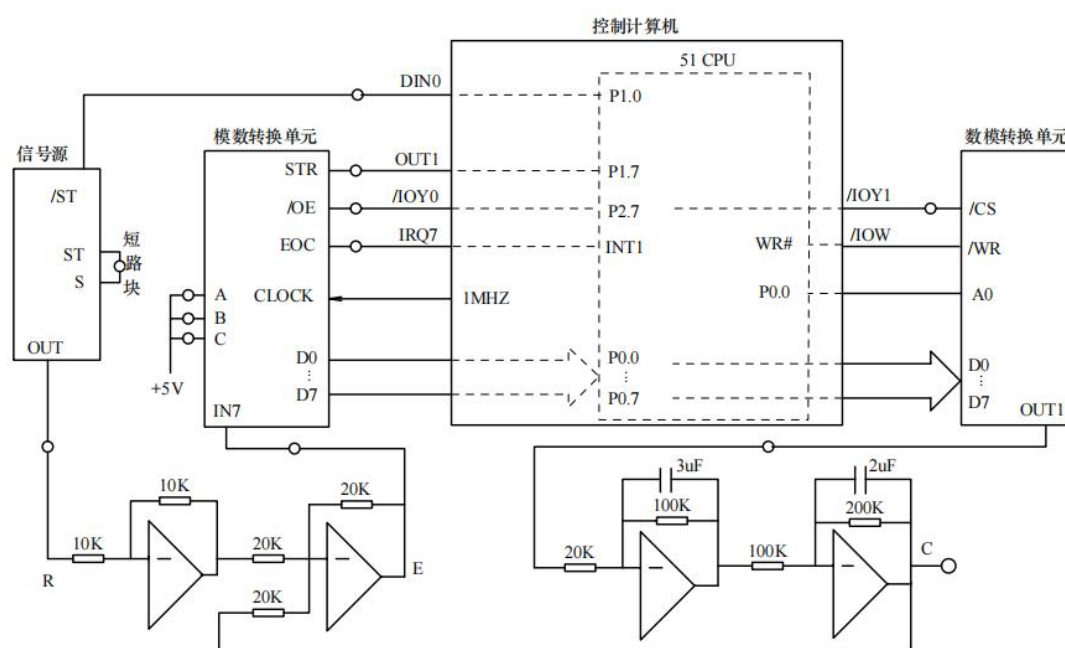


图 3.2-2

上图中，用 P1.7 来模拟 1#定时器的输出，通过“OUT1”排针引出，方波周期=定时器时常 x2,“IRQ7”表示 51 的外部中断 1,用作采样中断,“DIN0”表示 51 的 I/O 管脚 P1.0,

在这里作为输入管脚用来检测信号是否同步。这里，系统误差信号 E 通过模数转换单元“IN7”端输入，控制机的定时器作为基准时钟(初始化为 10ms)，定时采集“IN7”端的信号，并通过采样中断读入信号 E 的数字量，并进行 PID 计算，得到相应的控制量，再把控制量送到数模转换单元，由“OUT1”端输出相应的模拟信号，来控制对象系统。

本实验中,采用位置式 PID 算式。在一般的 PID 控制中,当有较大的扰动或大幅度改变给定值时,会有较大的误差,以及系统有惯性和滞后,因此在积分项的作用下,往往会使系统超调变大、过渡时间变长。为此,可采用积分分离法 PID 控制算法,即:当误差  $e(k)$  较大时,取消积分作用;当误差  $e(k)$  较小时才将积分作用加入。图 5.2-3 是积分分离法 PID 控制实验的参考程序流程图。

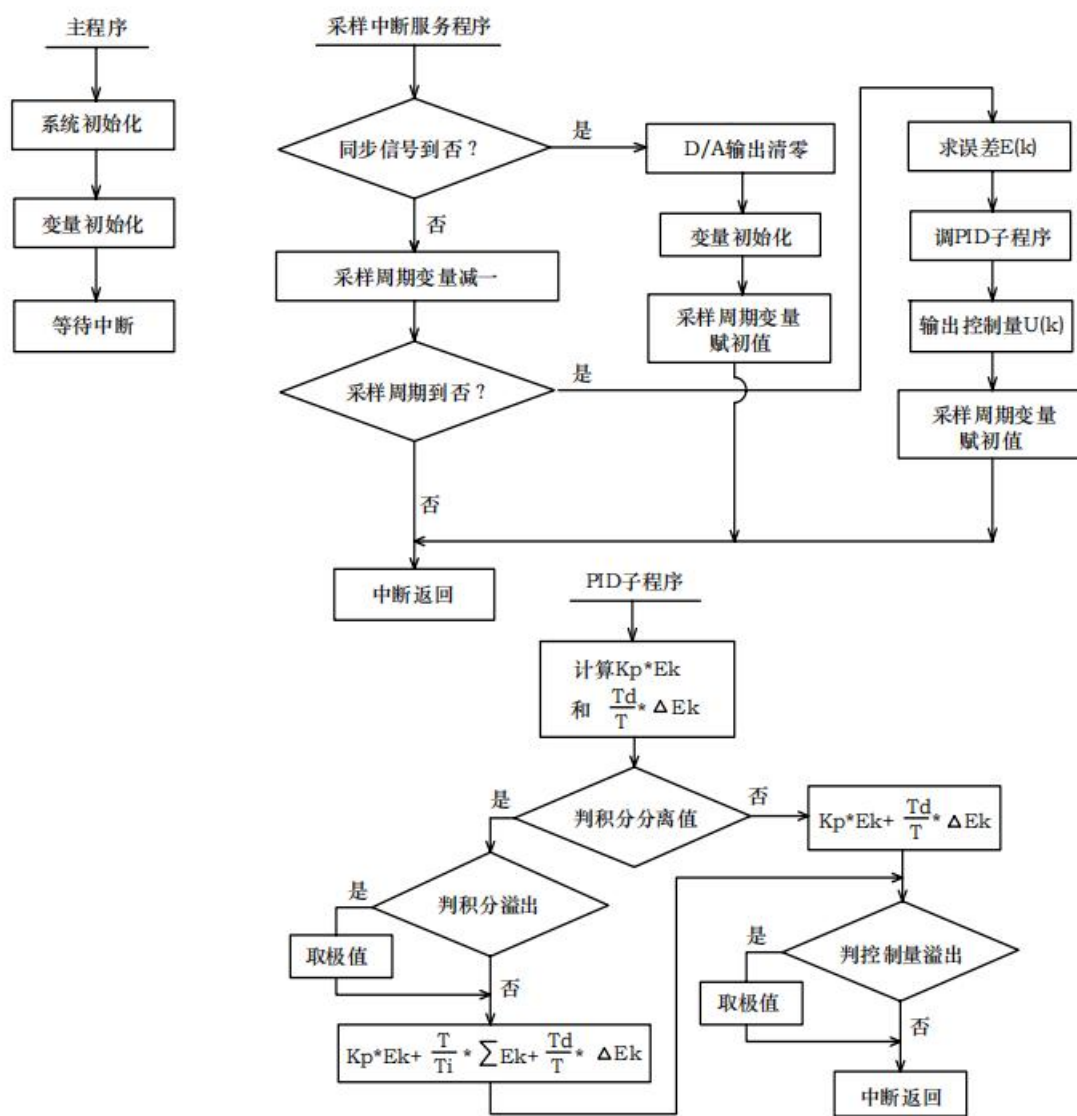


图 3.2-3

参考程序: 请参照随机软件中 example51 目录中的 ACC3-2-1 文件夹中的 ACC3-2-1.UV2。为了便于实验参数的调整, 下面讨论 PI 参数对系统性能的影响:

(1) 增大比例系数  $K_p$  一般将加快系统的响应, 在有静差的情况下有利于减小静差。但过大的比例系数会使系统有较大的超调, 并产生振荡, 使系统稳定性变坏。

(2) 增大积分时间参数  $T$  有利于消除静差、减小超调、减小振荡, 使系统更加稳定, 但系统静差的消除将随之减慢。

(3) 增大微分时间参数  $T$  有利于加快系统响应, 使超调量减小, 系统稳定性增加, 但系统对扰动的抑制能力减弱, 对扰动有较敏感的反应。

在调整参数时, 可以使用凑试法。参考以上参数对控制过程的影响趋势, 对参数实行“先比例, 后积分, 再微分”的步骤。

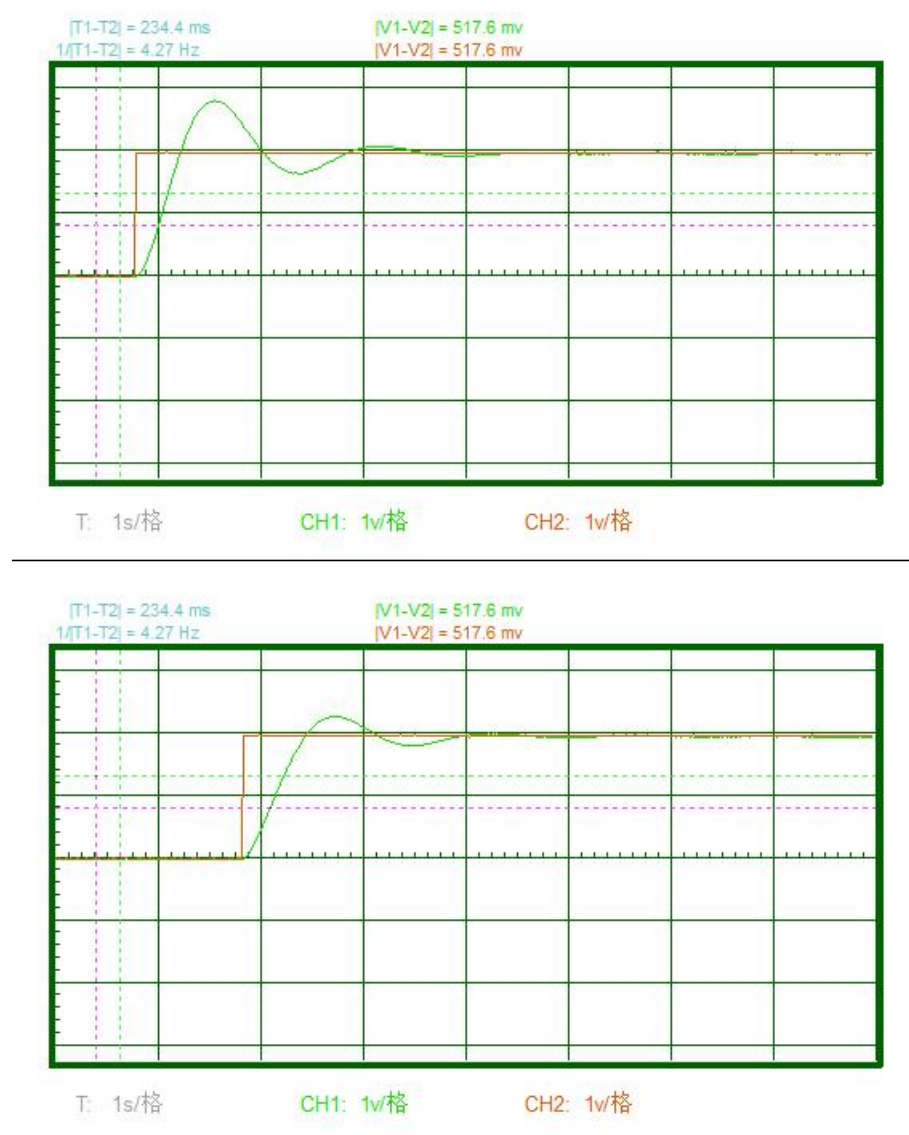
(1) 首先整定比例部分。将比例系数  $K$ , 由小变大, 并观察相应的系统响应, 直到响应曲线超调小、反应快。如果系统没有静差, 或者静差小到允许的范围内, 那么只需比例调节器即可。

(2) 如果在比例调节的基础上系统的静差不能满足要求, 则须加入积分作用。整定时首

先置积分时间  $T$  为一较大值,并将第一步整定得到的比例系数  $K_P$  缩小(如 80%),然后减小积分时间,使静差得到消除。如果动态性能(过渡时间短)也满意,则需 PI 调节器即可。

(3)若动态性能不好,则需加入微分作用。整定时,使微分时间  $T$  从 0 变大,并相应的改变比例系数和积分时间,逐步凑试,直到满意结果由于 PID 三个参数有互补作用,减小一个往往可由几个增大来补偿,因此参数的整定值不唯一,不同的参数组合完全有可能得到同样的效果。

### 3.2.3 实验结果



## 3.3 带死区的 PID 控制

### 3.3.1 实验目的

掌握带死区的 PID 控制规律

### 3.3.2 实验设备

PC 机一台，TD-ACC 实验系统一套，SST51 系统板一块

### 3.3.3 实验原理及内容

1.在计算机控制系统中，某些系统为了避免过于频繁的控制动作，为了消除由于频繁动作所引起的振荡,通常采用带死区的 PID 控制系统,该系统实际上是一个非线性控制系统。其基本思想是:可以按实际需要设置死区  $B$ ,当误差的绝对值 $|e(k)| \leq B$  时, $P(K)$ 为 0, $U$ 也为

常值，实际应用中，常值是由经验值来确定的;当  $e(k) > B$  时， $P(K)=e(k)$ , $U(K)$ 以 PID 运算的结果输出。

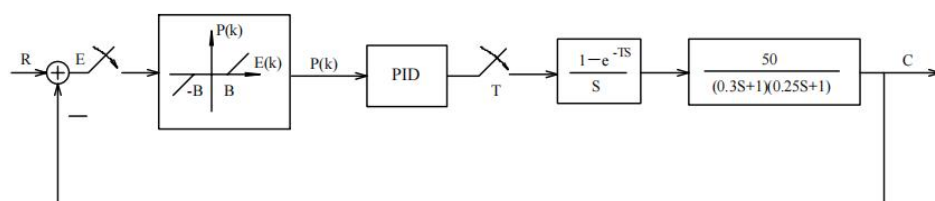
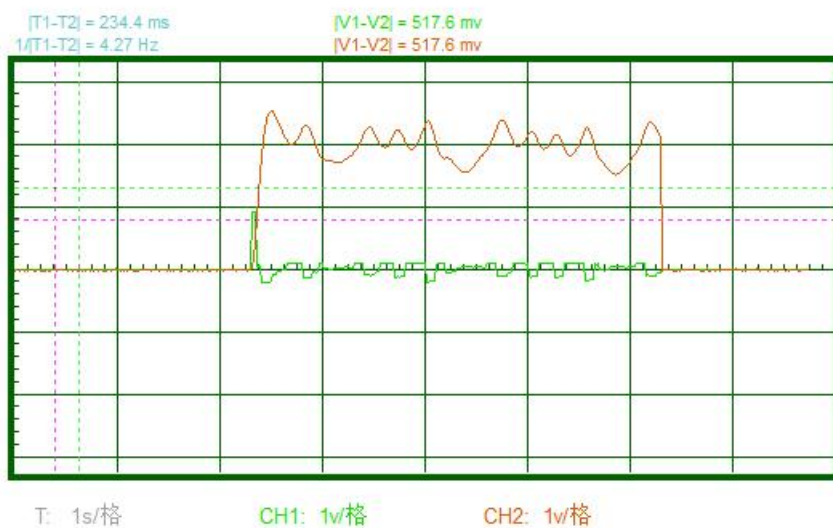
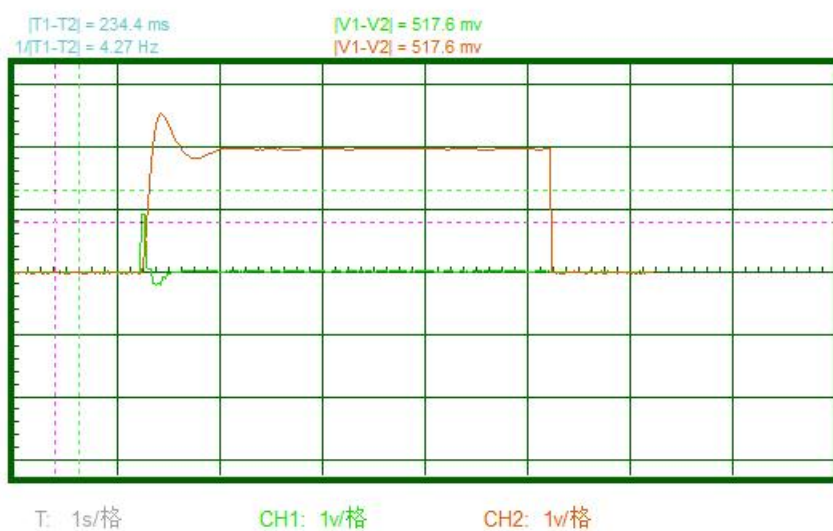
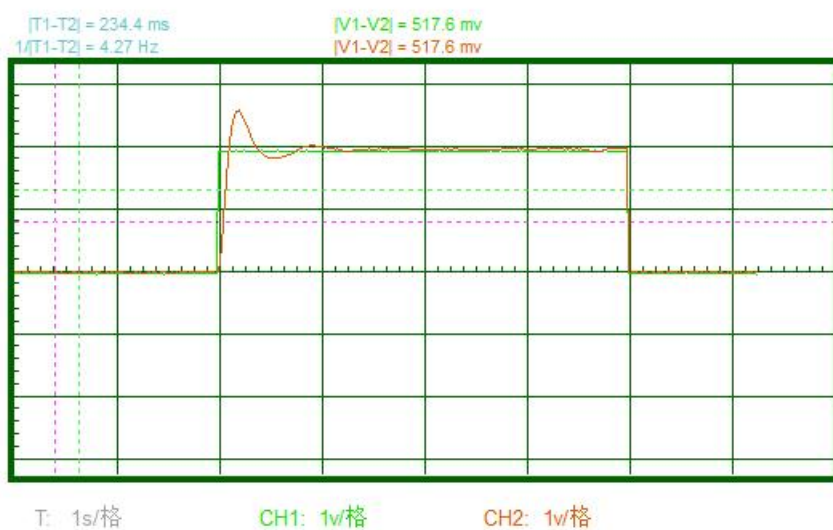


图 3.3-1

2.参考流程图



### 3.3.4 实验结果





## 3.4 简易工程法整定 PID 参数

在连续系统中，模拟调节器的参数整定方法很多，但简单易行的还是简易工程法。这种方法的优点是整定参数时不必依赖被控对象的数学模型，实际情况也是很难准确地得到数学模型的。简易工程法是由经典的频率法简化而来的，虽然稍微粗糙，但简单易行，非常适用于现场应用。常用的方法包括扩充临界比例度法和扩充响应曲线法。

### 3.4.1 实验目的

- 1.学习并掌握扩充临界比例度法整定 PID 参数。
- 2.学习并掌握扩充响应曲线法整定 PID 参数。

### 3.4.2 实验设备

PC 机一台，TD-ACC 实验系统一套，SST51 系统板一块

### 3.4.3 实验原理及内容

#### 1.扩充临界比例度法

##### 1)实验原理

扩充临界比例度法是对模拟调节器中的临界比例度法的推广，在工程实践中最常用，其参数整定步骤如下：

(1)选择一个足够小的采样周期  $T$ ，一般取系统纯滞后时间的  $1/10$  以下。(2)使系统闭环工作，只用比例控制，增大比例系数  $K_p$  直到系统等幅振荡，记下此时的临界比例系数  $K_{pu}$  和临界振荡周期  $T_u$ (见图 3.4-1)。

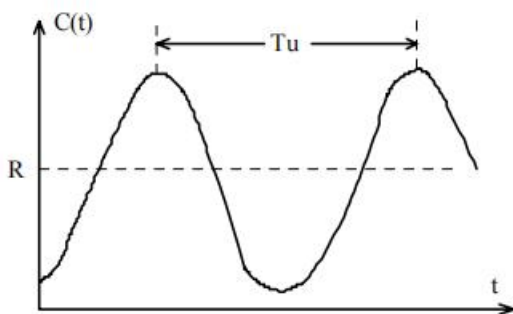


图 3.4-1

(3) 选择控制度(1.05~2.0)。控制度指数字调节器和模拟调节器控制效果之比



(4)根据控制度，查表 3.4-1 计算出采样周期 T 和  $K_p$ 、 $T_i$ 、 $T_D$ 。

表 3.4-1

控制度	T	$K_p$	$T_i$	$T_D$
1.05	$0.014T_U$	$0.63K_{pU}$	$0.49T_U$	$0.14T_U$
1.2	$0.043T_U$	$0.47K_{pU}$	$0.47T_U$	$0.16T_U$
1.5	$0.09T_U$	$0.34K_{pU}$	$0.43T_U$	$0.20T_U$
2.0	$0.16T_U$	$0.27K_{pU}$	$0.40T_U$	$0.22T_U$

(2)实验设计

图 3.4-2 是一个 PID 闭环控制系统的实验电路原理及接线图，图中画“o”的线需用户在实验中自行接好，对象需用户在运放单元搭接。其相应的程序流程图和 3.2 节中的图 3.2-3 是一样的，实验中的参数取值范围规定为:

参数名称	T	KP	TI	TD
取值范围	1~127	0~16	1~127	0~127
实际量纲	10~1270ms	0~16 倍	10ms~1270ms	0ms~1270ms

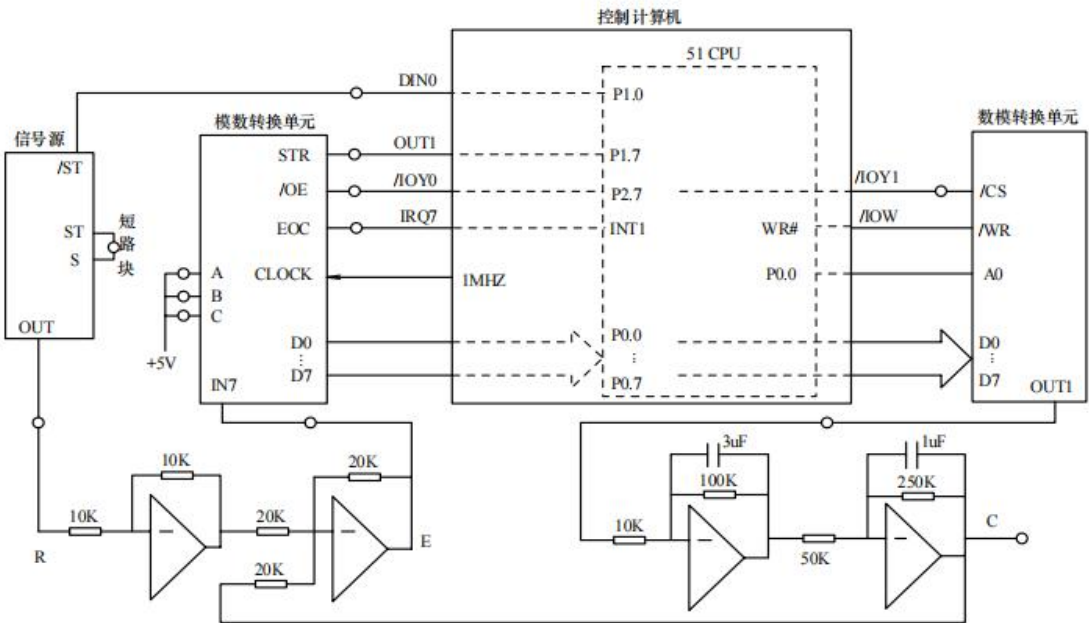


图 3.4-2

上图中，用 P1.7 来模拟 1# 定时器的输出，通过“OUT1”排针引出，方波周期=定时器时常 x2，“IRO7”表示 51 的外部中断 1,用作采样中断，“DINO”表示 51 的 I/O 管脚 P1.0.在这里作为输入管脚用来检测信号是否同步。

本实验中，将针对该闭环系统应用临界比例度法来整定 PID 参数。

## 2.扩充响应曲线法

### 1)实验原理

扩充响应曲线法是模拟调节器的响应曲线法的一种扩充，也是一种常用的工程整定方法。其参数整定步骤如下：

(1)使数字调节器不接入系统，让系统处于手动操作状态，当系统稳定在某一值处后，给对象一个阶跃输入。

(2)用仪表记录下被调量在阶跃输入下的整个响应曲线，见图 3.4-3。

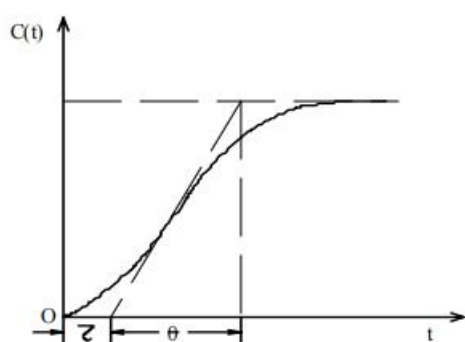


图 3.4-3

图中“ $\theta$ ”表示对象的时间常数；“ $\tau$ ”表示对象的纯滞后时常

(4) 根据所得的 $\theta$ 、 $\tau$ ，查表 3.4-2 计算出采样周期  $T$  和  $K_p$ 、 $T_I$ 、 $T_D$

表 3.4-2

控制度	$T$	$K_p$	$T_I$	$T_D$
1.05	$0.05 \tau$	$1.15 \frac{\theta}{\tau}$	$2.00 \tau$	$0.45 \tau$
1.2	$0.16 \tau$	$1.0 \frac{\theta}{\tau}$	$1.90 \tau$	$0.55 \tau$
1.5	$0.34 \tau$	$0.85 \frac{\theta}{\tau}$	$1.62 \tau$	$0.65 \tau$
2.0	$0.60 \tau$	$0.60 \frac{\theta}{\tau}$	$1.50 \tau$	$0.82 \tau$

2)实验设计同样，图 3.4-4 也是一个 PID 闭环控制系统的实验电路原理及接线图，图中画“。”的线需用户在实验中自行接好，对象需用户在运放单元搭接。其相应的程序流程图和 3.2 节中的图 3.2-3 是一样的。本实验中，将针对该闭环系统应用扩充响应曲线法来整定 PID 参数。图 3.4-4 中，用 P1.7 来模拟 1#定时器的输出，通过“OUT1”排针引出，方波周期=定时器时常  $\times 2$ ，“IRQ7”表示

51 的外部中断 1，用作采样中断，“DIN0”表示 51 的 I/O 管脚 P1.0，在这里作为输入管脚用来检测信号是否同步。

实验中，参考程序中的参数取值范围规定为：

参数名称	T	K <sub>p</sub>	T <sub>i</sub>	T <sub>D</sub>
取值范围	1~127	0~16	1~127	0~127
实际量纲	10~1270ms	0~16 倍	10ms~1270s	0ms~1270ms

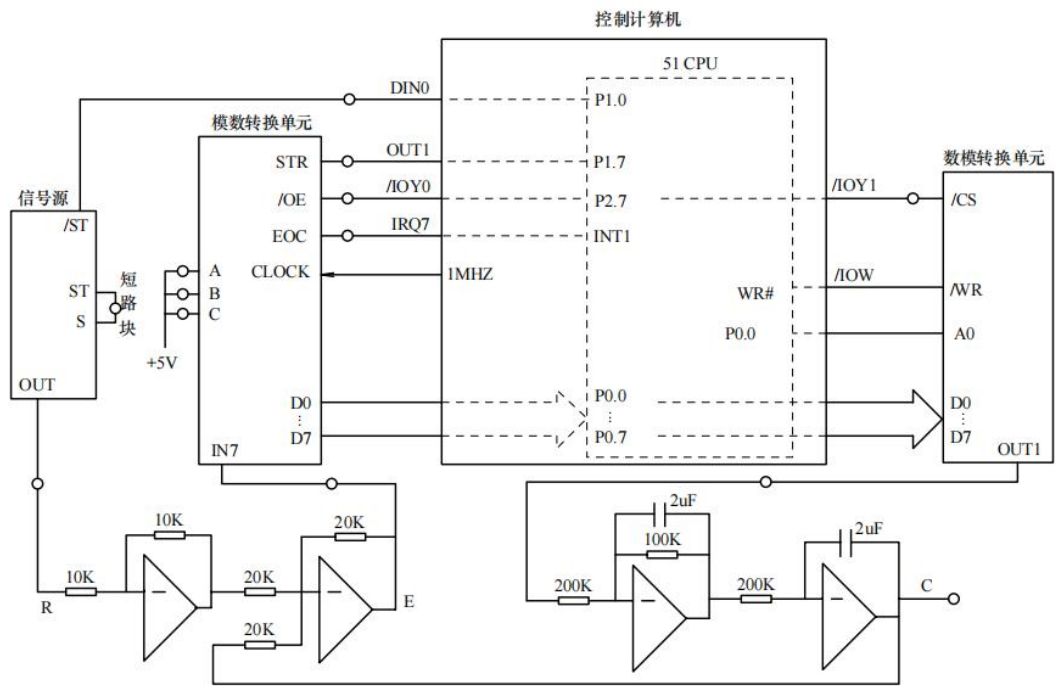


图 3.4-4

### 3.4.4 实验结果

