

近代无线电 实验系统

施蕴陵 主编



北京大学出版社

近代无线电实验系统

施蕴陵 主编



北京大学出版社

近代无线电实验系统

施蕴陵 主编

责任编辑：李采华

◆

北京大学出版社出版

(北京大学校内)

北京大学印刷厂 印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

◆

850×1168毫米 32开本 10.5印张 220千字

1990年3月第一版 1990年3月第一次印刷

印数：0001—3,000册

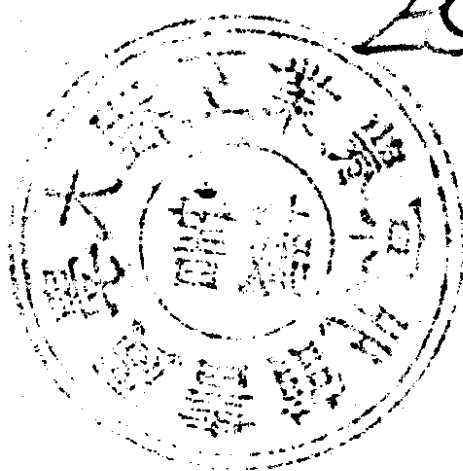
ISBN7-301-01011-7/TN·002

定价：4.80元

内 容 简 介

本书共有11个实验系统，它描述了微型计算机在过程控制、信号采集处理、计算机通信、数据库管理诸方面的基本原理和方法。

本书可作为高等院校学生和研究生的一本实验教材。对从事微机应用的工作者也是一本有益的参考书。



2532/22/6

前 言

《近代无线电实验系统》一书的编写是1984年在昆明召开的高等院校理科无线电类教材会议上确定的。其宗旨是要求高等院校理科学生在校学习期间，学习计算机应用到实验科学的各个领域的方法。它包括计算机应用于过程控制、计算机应用于信号处理、计算机应用于通信、计算机应用于测量以及计算机应用于管理等诸方面。

由于书中的每一个实验都是从实际的科学研究课题中精炼、简化得到的一个比较接近实际的系统，本书详细叙述了建立一个这样的系统的原理和方法，所以学生阅读了这本书、做完实验以后，可以直接跨入实际工作。从四年来实践结果中亦已得到证明。

同学在课前应根据本书的要求和指定的参考书，查阅资料自行设计和准备，然后进入实验室工作，取得正确结果。每个实验安排24学时至28学时，在实验过程中允许并鼓励学生提出新的方案和见解，教师不做统一规定。

本书是在北京大学王楚教授指导下编写的。自1985年以来，又经过任课教师、历届研究生、大学生多次实践，做了不少修改。本书对象是高等院校学生和研究生，对于微机应用工作者也是一本有益的参考书。

编 者

1988年9月

目 录

实验一	单板机应用于温度控制.....	(1)
实验二	用PID算法进行温度控制的研究.....	(15)
实验三	用微处理器实现控频.....	(39)
实验四	从噪声中提取电子自旋共振信号.....	(67)
实验五	超低频信号的磁性记录、采集和频谱分析.....	(86)
实验六	IBM-PC 微机数据采集分析系统 ——语音信号的分析——.....	(115)
实验七	数据传送与纠错码.....	(153)
实验八	计算机通信.....	(180)
实验九	单片机系统的扩展.....	(220)
实验十	DBASE III 应用于管理	(255)
实验十一	He-Ne 激光束的光腰自动测量系统.....	(323)

实验一 单板机应用于温度控制

一、实验目的

1. 掌握将单板机用于系统温度的自动控制。
2. 学习用“继电器”方式控制系统的温度。

二、实验原理

简单的温度控制系统的模型如图 1.1 所示。设系统的热容量为 C ，单位是 $\text{cal}/^\circ\text{C}$ ；系统温度为 θ ，环境温度为 θ_0 ，单位为 $^\circ\text{C}$ ；系统与环境由于存在温度差有热交换，其热阻为 R ，单位为 $^\circ\text{C} \cdot \text{s}/\text{cal}$ ；而加热功率 P ，折算为热流量 Q ，单位 cal/s 。则有热力学方程：

$$C \frac{d\theta}{dt} + \frac{\theta - \theta_0}{R} = Q \quad (1)$$

即

$$RC \frac{d\theta}{dt} + \theta = RQ + \theta_0$$

在温度达到平衡时 $d\theta/dt = 0$ 所以

$$R = \frac{\theta - \theta_0}{Q}$$

平衡时系统温度应为

$$\theta_s = RQ + \theta_0$$

如果开始时系统内部温度和环境温度相同，则系统之温度将按下式渐升并达到平衡点 θ_s 。

$$\theta = RQ(1 - e^{-t/RC}) + \theta_0 \quad (2)$$

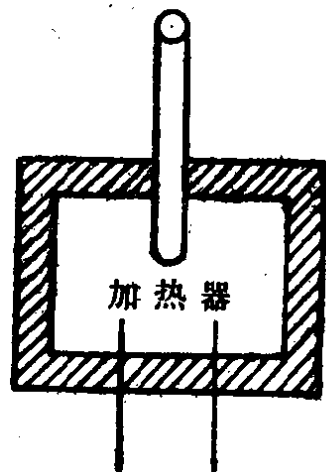


图1.1 简单的温控系统模型

通常为使系统温度控制达到一定的精度要求采用闭环控制方式。在精度要求不十分高的情况下，可以采用“继电器”控制方式。当系统温度达到平衡时，热流量在不大的差动间隙内摆动，如图1.2所示。在精度要求高的场合，闭环控制要求用PID(比例

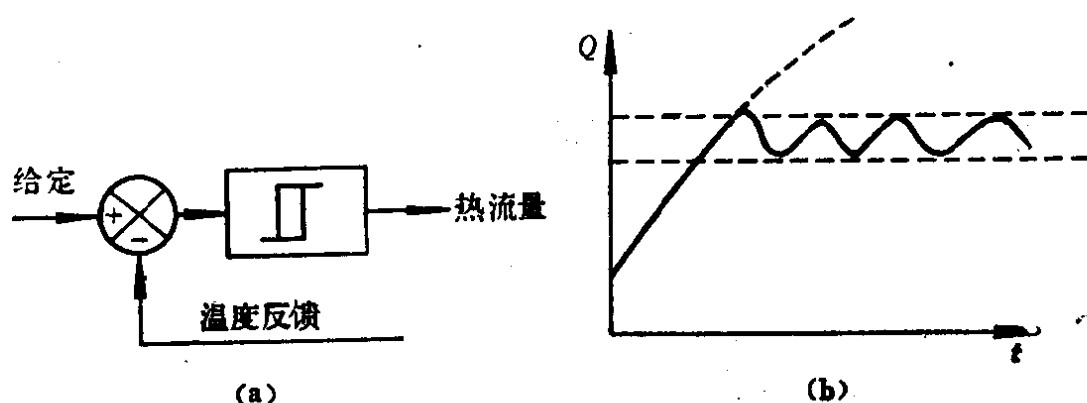


图1.2 “继电器”控温方式

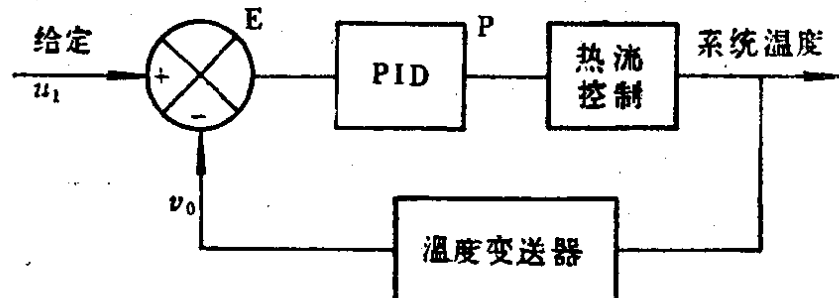


图1.3 PID控温方式

积分微分)校正，其方框图见图1.3。在图中，PID校正器的输出为

$$P = K_P \left[E + T_d \frac{dE}{dt} + \frac{1}{T_i} \int_0^t E dt \right] \quad (3)$$

上式中 E 为误差检测器的输出， T_d 为微分时间常数， T_i 为积分时间常数， K_P 是增益。 K_P, T_d, T_i 值应视系统的特性适当选择，以达最佳控制。

传统的模拟控制方式可以由单板机取代用数字式来实现系统的温度控制。对于“继电器”控制方式(亦称两点式控制)，其方

法是明显的。对于使用PID校正的控制，则需把表达式(3)离散化，只要采样频率足够地高，则用数字方法完全可以取代模拟系统。

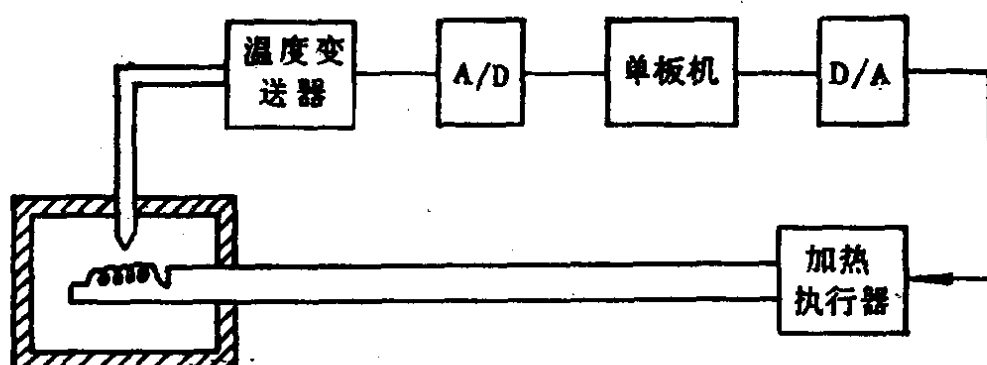


图1.4 用单板机进行温控方框图

图1.4是利用单板机作为温度控制系统的方框图。在“继电器”控制方式中D/A可以省略。测温元件可以是热偶、热敏电阻等。

三、实验系统

本实验要求控制一个小温槽的温度，使之恒温在高于室温五至十度的点上。测温元件采用RRZI型热敏电阻，其温度系数约为0.5%/℃。通过检测系统的温度变化，并经过放大，模-数转换后送入计算机，进行控制。

现将系统各部分硬件原理描述如下。

测温电桥原理如图1.5所示。这部分电路的设计原理如下：

设 $R_1 + R_2 = R'$ ，在电桥平衡时 $R_n = R'$ ，而当温度升高或降低时热敏电阻阻值会发生变化，电桥的输出电压

$$\begin{aligned}
 V_{AB} &= V_A - V_B = \frac{V_T}{2} \cdot \frac{R' - R_n}{R_n + R'} \\
 &\approx \frac{V_T}{2} \frac{R' - R_n}{2R'} \approx \frac{V_T}{2} \frac{R' - R_n}{2R_n} \quad (4)
 \end{aligned}$$

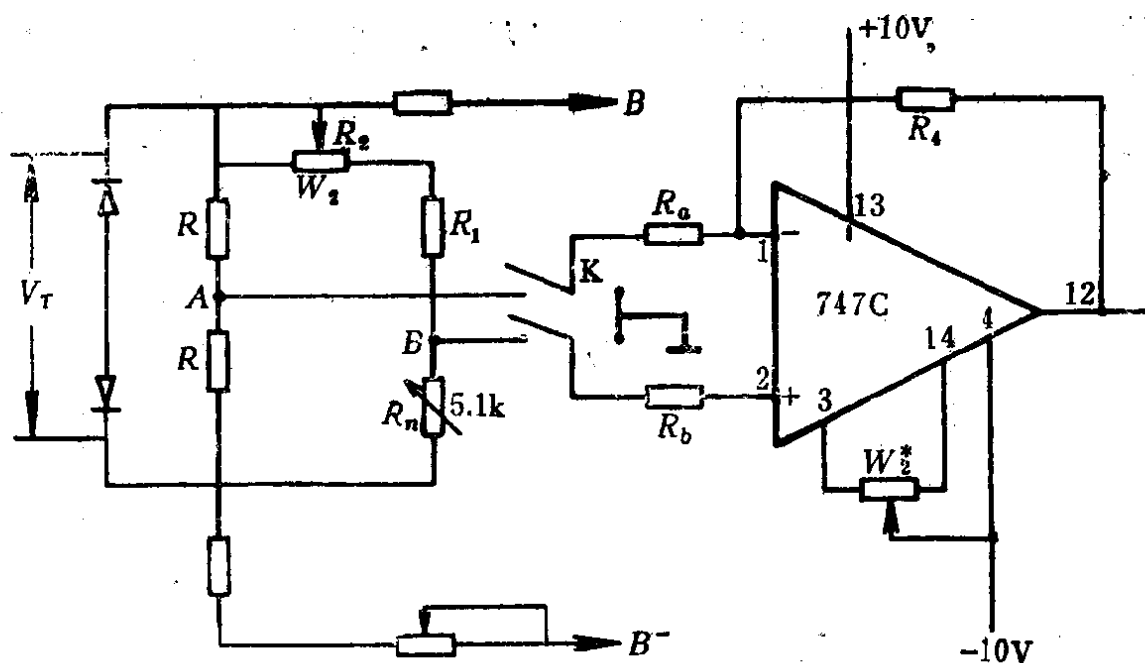


图1.5 测温电桥原理图

设温度每变化 1°C 而热敏电阻变化 ΔR_n , $K = \frac{\Delta R_n}{R_n} \cdot 100\%$

是变化率的百分比, 则对应的电桥输出电压 V_{AB} 的变化为

$$\begin{aligned} \Delta V_{AB} &= \frac{V_T}{2} \left[\frac{R' - R_n}{R_n + R'} - \frac{R' - \Delta R_n - R_n}{R_n + \Delta R_n + R'} \right] \\ &\simeq \frac{V_T}{2} \frac{\Delta R_n}{R_n + R'} \simeq \frac{\Delta R_n}{2R_n} \cdot \frac{V_T}{2} \\ &\simeq \frac{K}{2} \cdot \frac{V_T}{2} = \frac{V_T}{4} \cdot K \end{aligned} \quad (5)$$

变送放大器的放大倍数为

$$A = \frac{R_4}{R_b} \quad (6)$$

所以相应于 1°C 的温度变化变送放大器的输出电压变化为

$$\Delta V = A \cdot \Delta V_{AB} = \frac{V_T}{4} \cdot K \cdot A \quad (7)$$

单板机中经过模-数转换的读数与电压的对应关系为

$$P = 33\text{H/V}$$

对应于 0 V 电压, 读数为 00H,

对应于 2.5 V 电压, 读数为 80H,

对应于 5.0 V 电压, 读数为 100H, 我们只能见 00H.

这样对应于温度变化 1°C , 单板机上显示器的读数变化

$$\Delta N = \Delta V \cdot P = \frac{V_T}{4} \cdot K \cdot A \cdot P \quad (8)$$

本实验中用的模数转换是 0809, 其引脚见图 1.6 所示. 它已经装在单板机上, 用单板机的时钟做为定时时钟, START 信号接在 CPU 的 IORQ 线上, 所以只需一个 OUT 指令即可启动 A/D 转换, 转换完成的信号线 EOC 接在 CTC 的通道 3 上, 我们可以利用这个信号通过 CTC 的通道 3 向 CPU 申请中断.

本实验中是用单板机上 PIO B 口中的 PB_0 来做为加热控制线, PB_0 为高电平(即为“1”)继续执行加热, 而 PB_0 为低电平

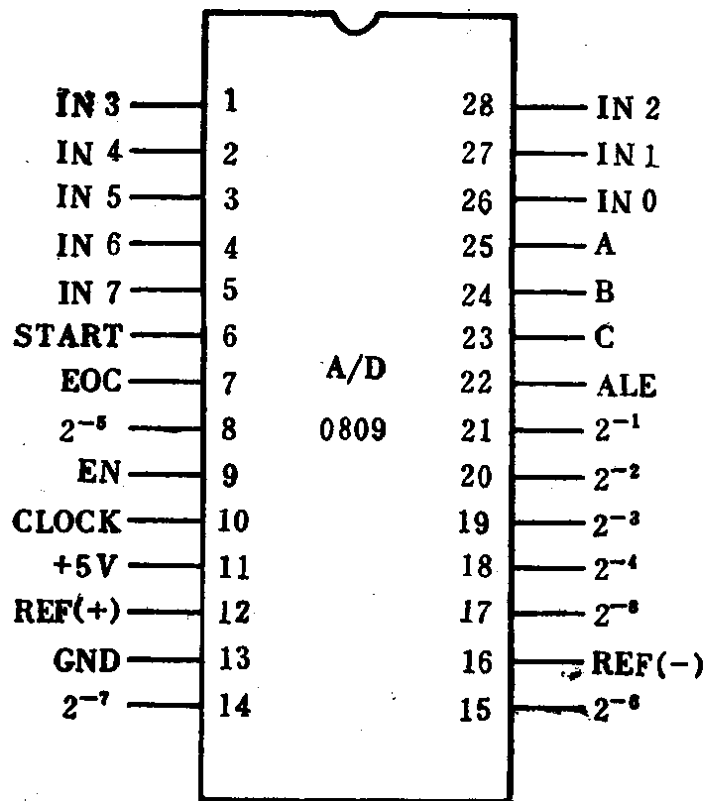


图1.6 0809引脚

(为“0”)则停止加热, $PB_3 \sim PB_7$ 用来连接 $\mu 80$ 打印机的查询线, A 口的 $PA_0 \sim PA_7$ 用来连接打印机的数据线。

整个系统的硬件连接见附录四硬件系统图。

四、实验内容与步骤

1. 根据小温槽恒温于几十度的某一值的控制, 要求设计温度电桥及变送放大器的参数, 调整电桥和放大器的放大倍数并测量之。

所用的主要器件是:

- 实验室现有的小温槽系统;
- 八位单板机 CMC-80 型;
- 测温热敏电阻(阻值 $5.1k\Omega$, 温度系数约 $0.5\%/^{\circ}\text{C}$);
- 运算放大器用 LM747C, 特性和管脚见附录一。三极管为 3DK4 型。

2. 编制一个程序。测量温度 T 与温度变送器的输出电压 V , 填入下表(二者在理论上应为线性关系)。

T (温度)	V (输出电压)	输出电压对应的数字量

其中温度测量用温度计, 变送器的输出电压用数字电压表, 输出电压对应的数字量用单板机中两位显示器显示。

【提示】 首先对温度变送器进行校准。先把开关 K 接地, 调电位器 W_1 , 使运放 747 输出为 0, 然后把开关 K 接电桥输出, 根据需要在某一个温度值 T_0 上, 调电位器 W_2 , 使得 747 输出仍为 0, 这时电桥处于平衡状态, 把这作为零点来测量温度 T 随时间 t 的变化曲线。

3. 参考图1.7控温程序流程图, 编制程序对设定的温度数值(可用键盘键入指定内存)进行闭环控制, 观察实际温度的控制过程, 请考虑温度控制的时间间隔和存储每一样点的时间间隔。采集的数据顺序存放在以3A00H 为起始单元的内存单元中。

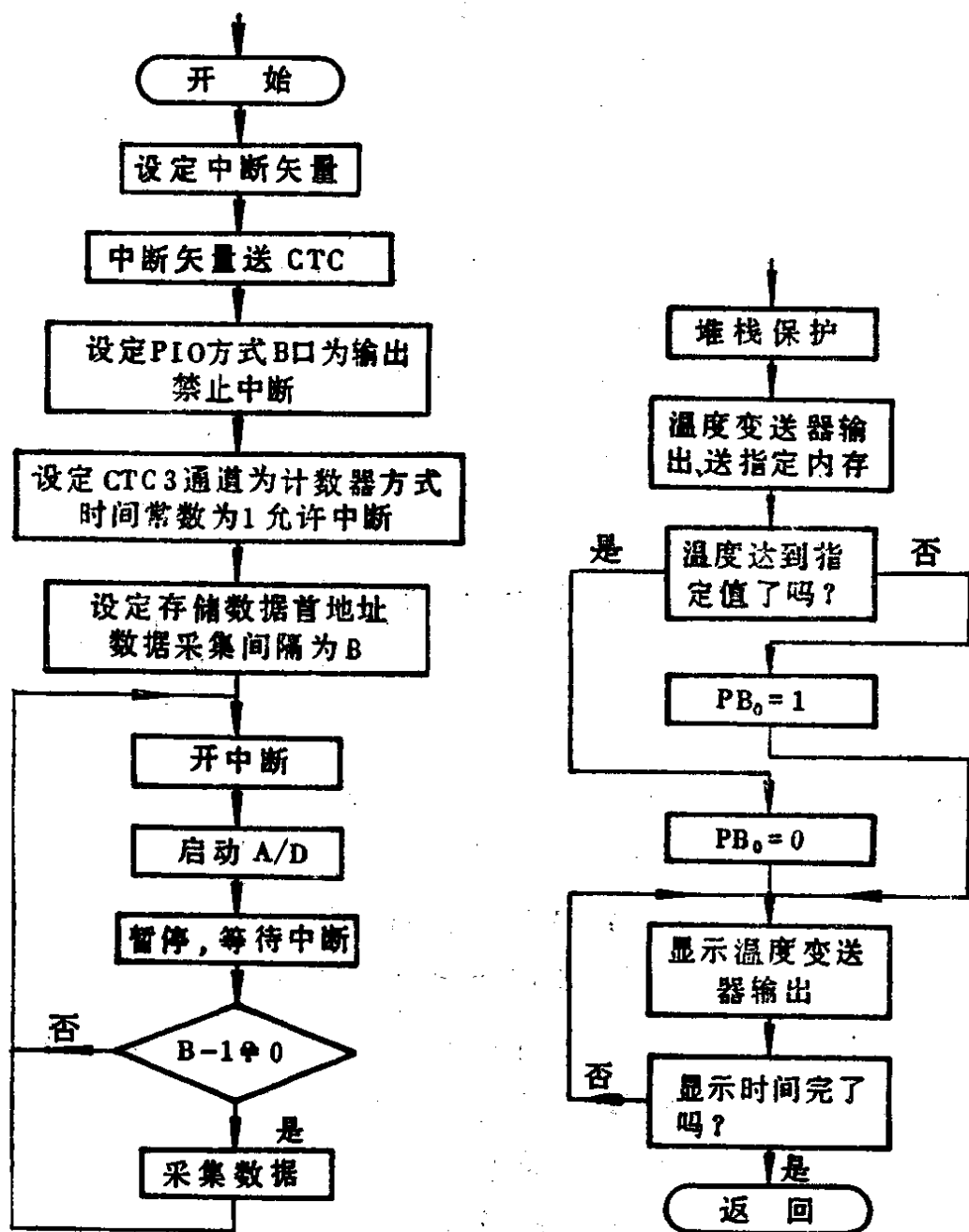


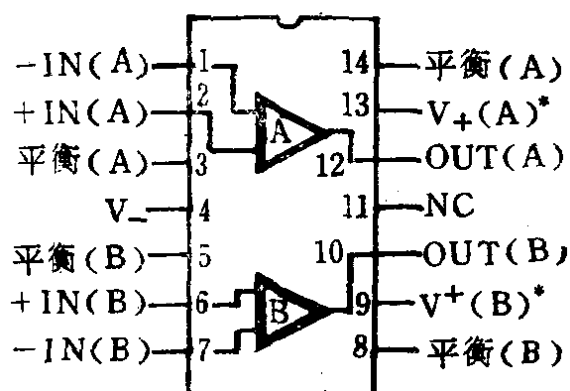
图1.7 控温程序流程图

4. 看懂 ROM 中已编制好的打印程序(见附录三), 将控温曲线由打印机打印出来。

5. 请从你的实际控温曲线求出达到平衡时所需的时间和控制精度。

附录一 运算放大器747管脚

747是双运算放大器(见下图)。供电电压允许最大为+18V。



附录二 I/O 地址分配和有关子程序

本实验使用的单板机型号为 CMC-80，在实验中有关的口地址如下。

PIO 口地址: 80H, A 口数据寄存器
81H, B 口数据寄存器
82H, A 口控制寄存器
83H, B 口控制寄存器

CTC 口地址: 8CH, 通道 0
8DH, 通道 1
8EH, 通道 2
8FH, 通道 3

七位显示器: 90H, 数据锁存器
94H, 数位选择器

用户区 RAM: 2000H~236FH
2400H~3FFFH

模数转换: 98H; 模数转换的输入通道 IN0, 通道 0

本实验中可调用的子程序有:

首地址	子程序内容
04FCH	将累加器A口的高低四位拆开放入 IX 和 IX + 1 所指的地址中
07ECH	七段字形代码
0634H	20ms 延时
19C0H	打印子程序, 将欲打印的字符变为 ASCII 码装入寄存器 C 中, 调用这个子程序即可打印出所需的字符

另外有一个起始地址为 18A0H 的打印程序, 启动这个程序, 共可打印 96 个数据点。

打印程序、打印子程序列在附录三中。

附录三 打印子程序和打印程序清单

1. 启动打印子程序。首地址 19C0H。此程序是针对本控温系统所用打印机连接的硬件设计的 (打印机型号为 μ -80 型)。要求欲打印字符以 ASCII 码形式放 C 寄存器中。

		ORG 19C0H
19C0	3E 0F	DISUP; LD A, 0FH
19C2	D3 82	OUT (82H), A
19C4	3E 4F	LD A, 4FH
19C6	D3 83	OUT (83H), A
19C8	DB 81	L1; IN A, (81H)
19CA	E6 10	AND 10H
19CC	EE 00	XOR 00H
19CE	20 F8	JR NZ, L1
19D0	C5	PUSH BC
19D1	E5	PUSH HL
19D2	D5	PUSH DE
19D3	DD E5	PUSH IX
19D5	CD 3406	CALL 0634H
19D8	DD E1	POP IX
19DA	D1	POP DE

19DB	E1	POP HL
19DC	C1	POP BC
19DD	3E 0F	LD A, 0FH
19DF	D3 83	OUT (83), A
19E1	79	LD A, C
19E2	D3 80	OUT (80H), A
19E4	3E 08	LD A, 08H
19E6	D3 81	OUT (81H), A
19E8	3E 00	LD A, 00H
19EA	D3 81	OUT (81H), A
19EC	3E 08	LD A, 08H
19EE	D3 81	OUT (81H), A
19F0	C9	RET
		END

2. 绘制控温曲线程序。首地址18A0H。此程序将存放在3A00H为首地址的数据用 μ -80型打印机绘制出来。

18A0	21	8019	DRG 18A0H
18A3	0E	20	LD HL, 1980H
18A5	CD	C019	LD C, 20H
18A8	06	04	CALL DISUP
18AA	4E		D0: LD B, 04H
18AB	CD	C019	D1: LD C, (HL)
18AE	23		CALL DISUP
18AF	10	F9	INC HL
18B1	7D		DJNZ D1
18B2	FE	A8	LD A, L
18B4	28	0B	CP 0A8H
18B6	06	04	JR Z, D3
18B8	0E	20	LD B, 04H
18BA	CD	C019	LD C, 20H
18BD	10	FB	D2: CALL DISUP
18BF	18	E7	DJNZ D2
18C1	06	02	JR D0
			D3: LD B, 02H

18C3	0E	30			LD C, 30H
18C5	CD	C019			D4, CALL DISUP
18C8	10	FB			DJNZ D4
18CA	16	00			LD D, 00H
18CC	06	09			D5, LD B, 09H
18CE	0E	2B			LD C, 2BH
18D0	CD	C019			CALL DISUP
18D3	0E	2D			LD C, 2DH
18D5	CD	C019			D6, CALL DISUP
18D8	10	FB			DJNZ D6
18DA	14				INC D
18DB	7A				LD A, D
18DC	FE	09			CP 09H
18DE	20	EC			JR NZ, D5
18E0	06	06			LD B, 06H
18E2	4E				D7, LD C, (HL)
18E3	CD	C019			CALL DISUP
18E6	23				INC HL
18E7	10	F9			DJNZ D7
18E9	C3	1900			JP 1900H
					ORG 1900H
1900	DD	21	003A		LD IX, 3A00H
1904	06	60			LD B, 60H
1906	16	09			LD D, 09H
1908	26	30			LD H, 30H
190A	DD	5E	00		C0, LD E, (IX)
190D	7A				LD A, D
190E	FE	00			CP 00H
1910	20	14			JR NZ, C1
1912	16	0A			LD D, 0AH
1914	24				INC H
1915	4C				LD C, H
1916	CD	C019			CALL DISUP
1919	0E	30			LD C, 30H
191B	CD	C019			CALL DISUP