

高等学校教材

微型机控制技术实验教程

谢剑英 陈应麟 袁长奎

国防工业出版社

微型机控制技术实验教程

谢剑英 陈应麟 袁长奎

国防工业出版社

内 容 简 介

本书是一本配合微型计算机控制技术教学而编写的实验教程。全书包括模拟量输入输出通道、数据采集、数值控制、数字 PID 控制、数字控制器直接设计方法的达林算法、模型预测控制等内容的典型工程应用实验。书中既有一般的实验内容，也有一定难度的实验和思考题，紧密配合课程教学，内容丰富，具有启发性和实用性。

本书除作为工科高等院校自动控制、工业自动化、计算机应用等专业实验教程外，还可供从事微型机应用和自动化工作的工程技术人员参考。

微型机控制技术实验教程

weixingji kongzhi jishu shiyao jiaocheng

谢剑英 陈应麟 袁长奎

国防工业出版社出版

(北京市海淀区紫竹院南路23号)

(邮政编码100044)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

787×1092 1/16 印张 8 179千字

1991年4月第1版 1991年4月北京第一次印刷 印数：0001—4,800册

ISBN 7-118-00794-3/TP·104 定价：2.15元

出版说明

根据国务院关于高等学校教材工作分工的规定，我部承担了全国高等学校、中等专业学校工科电子类专业教材的编审、出版的组织工作。由于各有关院校及参与编审工作的广大教师共同努力，有关出版社的紧密配合，从1978年至1985年，已编审、出版了两轮教材，正在陆续供给高等学校和中等专业学校教学使用。

为了使工科电子类专业教材能更好地适应“三个面向”的需要，贯彻“努力提高教材质量，逐步实现教材多样化，增加不同品种、不同层次、不同学术观点、不同风格、不同改革试验的教材”的精神，我部所属的七个高等学校教材编审委员会和两个中等专业学校教材编审委员会，在总结前两轮教材工作的基础上，结合教育形势的发展和教学改革的需要，制订了1986~1990年的“七五”（第三轮）教材编审出版规划。列入规划的教材、实验教材、教学参考书等近400种选题。这批教材的评选推荐和编写工作由各编委会直接组织进行。

这批教材的书稿，是从通过教学实践、师生反映较好的讲义中经院校推荐，由编审委员会（小组）评选择优产生出来的。广大编审者、各编审委员会和有关出版社为保证教材的出版和提高教材的质量，作出了不懈的努力。

限于水平和经验，这批教材的编审、出版工作还会有缺点和不足之处，希望使用教材的单位，广大教师和同学积极提出批评建议，共同为不断提高工科电子类专业教材的质量而努力。

电子工业部教材办公室

前 言

本教程系按电子工业部制定的工科电子类专业教材 1986~1990 年编审出版规划,由全国高等学校工科电子类《自动控制》专业教材编审委员会评选审定并推荐出版的。

本教程由上海交通大学谢剑英、陈应麟、袁长奎编写,林锡来副教授任主审。

微型计算机在控制中的应用技术是一门实践性很强的学科,仅有理论上的学习是不够的,实践性环节的教学显得相当重要。近些年来,我们按照教学要求,根据典型工业控制对象,自制数字绘图仪、管道传热装置和液位控制装置,配置 STD 总线结构的微型机控制系统,配合微型机控制技术课程进行教学实验,取得了较好效果。本教程是在我校教学实验基础上编写而成的。

本书是教材规划中的《微型计算机控制技术》的配套实验教程。全书共七章。参考学时数为 25~35 学时。第一、二章为实验用 STD 总线结构的微型机控制系统的硬件组成和使用方法,含两个熟悉系统的实验(约 5 学时),目的是使学生掌握系统硬件以及常用外部设备打印机的接口和软件管理方法。第三、四、五、六章为基本实验(约 20~25 学时)。第三章为模拟量输入和输出通道,训练学生对过程通道的组成、接口和编程能力。第四章数字绘图仪的数值控制,训练学生掌握数值控制原理及其工程实现方法。第五章数字 PID 控制算法在管道传热装置和液位控制中的应用,目的在于使学生掌握这个算法的控制规律和参数整定方法。第六章达林算法在液位控制系统中的应用,目的在于使学生掌握达林算法的原理和工程应用。第七章模型预测控制的工程实现(约 5 学时),有一定难度,为选作实验。使用本教程时,可根据教学安排和实验设备灵活取舍。

本书以典型工程对象为应用背景,硬件和程序、原理和应用紧密结合,有利于配合课程教学,也不失为工程技术人员实现微型机控制的实用参考书。

本书由袁长奎编写第一、二、三章;陈应麟编写第四、五章;谢剑英编写第六、七章,并统编全稿。

由于时间仓促,编者水平有限,书中难免有错误和不妥之处,敬请广大读者批评指正。

编者 于上海交通大学

1990年5月

目 录

第一章 实验用微机控制器的结构	1
§ 1-1 STD 总线实验用微机控制器的结构	1
§ 1-2 处理器板的结构	2
§ 1-3 16路 8 位 A/D 转换板的结构	4
§ 1-4 4 路 8 位 D/A 转换板的结构	4
§ 1-5 存储器板的结构	5
§ 1-6 多功能接口板的结构	6
§ 1-7 键盘显示板的结构	8
§ 1-8 稳压电源板的结构	8
第二章 实验用微机控制器的操作方法	10
§ 2-1 实验用微机控制器的主要功能	10
§ 2-2 键盘	10
§ 2-3 发光二极管显示器	11
§ 2-4 行式打印机	11
§ 2-5 键盘操作方法	16
§ 2-6 实验一: 熟悉实验用微机的键盘操作	17
§ 2-7 实验二: 打印机接口及其管理方法	21
第三章 过程通道与数据采集系统	26
§ 3-1 模拟调试台的内部结构	26
§ 3-2 实验三: D/A 转换实验	27
§ 3-3 实验四: A/D 转换实验	29
§ 3-4 实验五: A/D 转换与 D/A 转换的互联	35
§ 3-5 实验六: 实验用微机控制器的模拟管理	37
第四章 顺序控制和数值控制	43
§ 4-1 数字绘图实验装置的基本结构	43
§ 4-2 旋转式步进电机的工作原理	44
§ 4-3 数字绘图实验装置的接口电路	46
§ 4-4 实验七: 模拟程序控制器	48
§ 4-5 实验八: 旋转步进电机的微机控制方法	53
§ 4-6 实验九: 数值控制	59
第五章 数字 PID 控制	65
§ 5-1 管道传热实验装置	65
§ 5-2 加热器的结构及其控制电路	66
§ 5-3 检测(测温)元件及转换电路	68
§ 5-4 直流风扇调速器	70
§ 5-5 实验十: 管道传热系统的 PID 控制算法	72
§ 5-6 液位高度的实验装置	77

V

§ 5-7	液位高度检测与放大装置	78
§ 5-8	液位高度的执行装置	79
§ 5-9	实验十一: 液位微机控制系统的数字 PID 控制算法	81
第六章	达林(Dahlin)算法	87
§ 6-1	概述	87
§ 6-2	实验装置	87
§ 6-3	达林算法的 $D(Z)$ 基本形式	87
§ 6-4	实验十二: 液位微机控制系统的达林算法	89
第七章	模型预测控制算法	98
§ 7-1	概述	98
§ 7-2	实验十三: 动态矩阵控制算法	98
附录	8085A 指令系统表(按指令代码编序)	116

第一章 实验用微机控制器的结构

由于微型计算机迅速发展, 计算机技术的总线概念逐渐形成和完善, 因而产生了各种各样的总线, 这些总线作为工业计算机, 不免存在不足之处。70 年代末期, 美国普洛公司 (Prolog Corporation) 根据工业控制计算机的特点和要求, 推出 STD 总线标准。STD 总线产品具有模块丰富、使用灵活、结构紧凑、高度可靠、环境适应性强、维修方便等优点。更由于 STD 总线能够针对不同的控制系统, 灵活组建成各种控制器, 达到适应性广的目的, 所以, STD 总线很快得到用户承认和飞快发展。目前由几百家 STD 总线产品生产厂商组成了庞大的 STD 生产厂团体 (STD MG), 开展生产适合工业用途的近千种模块。其销售额已占国际工业微机模块总额一半以上, 是世界一种非常流行的、高度模块化的工业微机总线标准。STD 总线也是我国优选重点发展的工业标准总线之一。几年来, 我国在工业控制机和 STD 总线标准的开发、生产和应用方面做了大量的工作。开发了 8 位机的 STD 总线系列产品, 供各工业控制领域应用。正由于 STD 总线在国际、国内有大量产品, 故我们的实验用微机控制器就采用了 STD 总线标准结构形式。下面我们对采用 STD 总线结构的实验用微机控制器的结构, 作一个简单的介绍。

§ 1-1 STD总线实验用微机控制器的结构

实验用微机控制器由处理器板、键盘显示板、存储器板、16 路 8 位 A/D 转换板、4 路 8 位 D/A 转换板、多功能接口板、稳压电源板等组成, 系统硬件结构如图 1-1 所示。图中十六路 8 位 A/D 板右侧输出接往接口板的 A 输入端。

从图 1-1 看出六块面积均为 $165.1 \times 114.3\text{mm}$ 的印刷板插在 8 槽母板上, 而键盘显示器板则通过 20 线扁平电缆 (J_1) 与 8085CPU 相连, 构成了实验用微机控制器。

STD 总线共有 56 根, 可分成五组:

- (1) 6 根逻辑电源线。
- (2) 8 根双向数据线。
- (3) 16 根地址线。
- (4) 22 根控制线。
- (5) 4 根辅助电源线。

总线的 56 根线使用 56 个引脚 (双 28 脚) 的边缘连接座。引脚间距离为 0.125 英寸。围绕着一个标准总线母板构成的总线系统, 允许任一功能模块插入任一插口。

实验用微机控制器的系统软件除了提供键盘监控程序外, 为用户提供了一些实验过程最常用的子程序和实验程序。当然也可以配置带 CRT 的监控程序和工业通用微机控制器系统管理程序等。

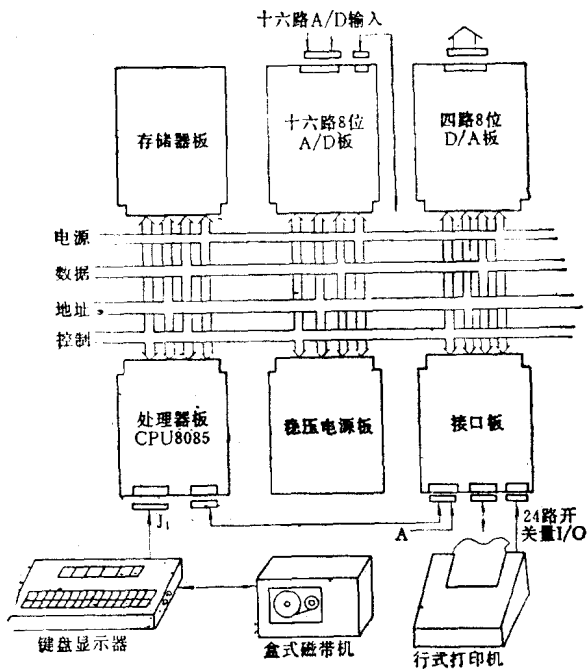


图1-1 实验用微机控制器系统硬件框图

§ 1-2 处理器板的结构

多功能的处理器板由 8085A 8 位微处理器，两片 10KB 基本存储器（包含 1 片 8 KB EPROM 和 1 片 2 KB 的静态 RAM）和一片 INTEL8253 芯片构成。板中有两个 20 脚针型插座，一个用来和键盘与显示器板相连；另一个采用了 CENTRONICS 接口，供具有同类接口打印机相连。此外为提高总线驱动能力，地址总线、数据总线和非 OC 门控

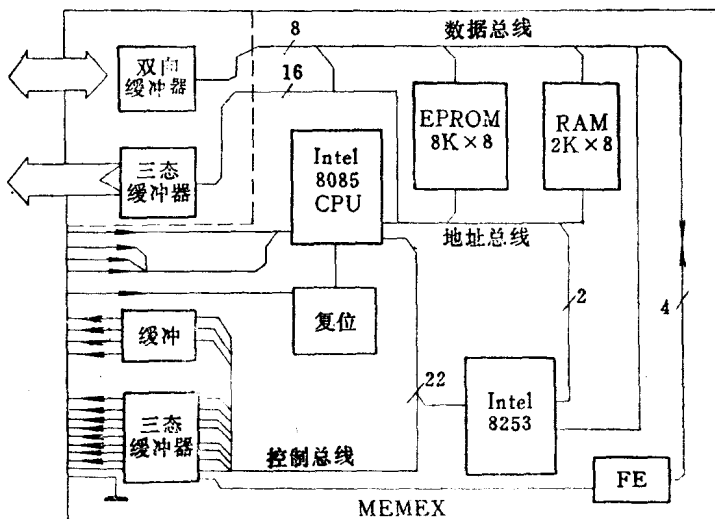


图1-2 处理器板功能框图

制总线，都经过 74LS244，和 74LS245 的驱动。其处理器板功能框图如图 1-2 所示。

处理器板工作情况如下：

1. 处理器板的核心是 INTEL 8085A CPU 器件。8085A CPU 也是国内采用得较多的一种 8 位微处理器。与 Z-80 CPU 相比，8085A 有它的特点和优点，主要是 INTEL 8085A CPU 的指令系统与 Z-80 CPU 兼容（即除 SIM 和 RIM 两条指令以外），并且有不同优先级的 4 个重新启动中断和一个屏蔽中断，故有较多的中断输入引脚。使它的中断管理系统的结构和管理方法灵活，更适合于工业过程控制。其次 8085A CPU 具有串行输入线 SID 和输出线 SOD，因此为系统提供一个简单有效的串行 I/O 接口。若用此接口连接 CRT，可提供高于 19200 波特的传输率。

8085A 4 个重新启动中断，它们的优先级排列、重新启动地址、申请中断的触发方式和在本实验控制器中的用途如表 1-1 所示。表中自上而下优先级依次降低。

表 1-1 8085 中断系统表

中断名称	中断向量地址	用 途	触发方式	系统修改的入口地址
TRAP	0024H	单步命令处理	脉冲上升沿与高电平相“与”	0157H
RST7.5	003CH	采样周期定时器	上升沿	20CEH
RST6.5	0034H	A/D 采样数据	高电平	20C8H
RST5.5	002CH	键盘显示器中断	高电平	07C8H

2. 基本存储器

在处理器板中，配置了 10KB 的存储器，其中 8KB 为 EPROM 选用 2764。2KB 为 RAM，选用 6116。

8KB EPROM 地址范围为 0000H~1FFFH，主要用来存放键盘监控程序，实验用算法程序，模拟管理程序和一些常用的子程序。

2KB RAM 地址范围为 2800H~2FFFH，可作为系统管理程序的数据区，也可以作为系统程序调试阶段的程序存储器。

3. 采样周期定时器

8253 芯片主要作为定时/计数之用。

采样周期定时器由 8253 的通道 1 和通道 2 的两个十六位计数器组成，通过改变这两个减法计数器的初值，可获得不同的采样定时中断信号。当系统时钟频率为 3.72MHz 时，最长的采样周期可达 23.8min(分钟)左右。

8253 芯片通道的口地址如表 1-2 所示。

表 1-2 处理器板 8253 口地址

口 地 址	功 能
00H	通道 0 十六位减法计数器口地址
01H	通道 1 十六位减法计数器口地址
02H	通道 2 十六位减法计数器口地址
03H	控制寄存器的口地址

§ 1-3 16路8位A/D转换板的结构

该板是具有十六个模拟量电压输入通道的8位A/D转换板。它由ADC 0816芯片构成,在CPU板的控制下,它可以选通任一模拟通道并进行A/D转换。CPU板通过接口板的8255 I选通该板的模拟通道,启动A/D转换只需执行一条OUT指令,读取转换结果也只需执行一条IN指令,故该板在数据采集和用作控制系统时,具有使用方便、编程简单的特点,该板结构框图如图1-3所示。

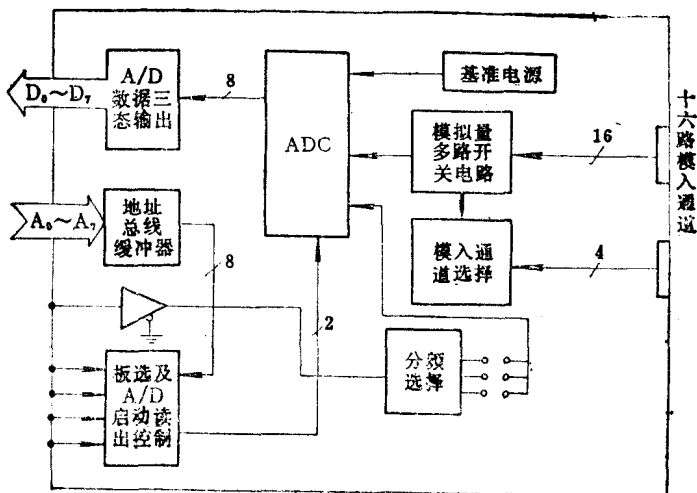


图1-3 16路A/D板结构框图

16路8位A/D板使用说明如下:

1. ADC 0816 转换时间为 $100\mu\text{s}$, 分辨率八位 ($1/256$), 转换误差 $\pm 1\text{LSB}$ 。
2. ADC 0816 现设计成单极性 (正极性) A/D 转换器, 要求输入模拟信号为 $0 \sim 5\text{V}$, 而变换结果是 $00 \sim \text{FFH}$ 的原码输出。
3. A/D 转换器采样结果的获得是通过 RST6.5 中断来实现的, 因此必须从变换结果信号 EOC 产生 RST6.5 中断请求信号, 但 RST6.5 中断并非最高优先权中断源, 故中断请求信号由 DW 3 单稳态电路获得, 并由 RST6.5F/FR-S 触发器保存, 才能不丢失中断信号。
4. ADC 0816 芯片启动信号的口地址为 0EH 。
RST6.5F/F 清除信号的口地址为 0CH 。

§ 1-4 4路8位D/A转换板的结构

4路8位D/A转换板D/A转换芯片采用的是DAC 0832,板上共有四个独立的D/A转换输出通道,0832与运算放大器一起组成数字量到模拟量的转换。在CPU板的控制下,可分别对板上任一模拟量电压输出通道更新D/A转换数据和启动D/A转换。该板的结构框图如图1-4所示。

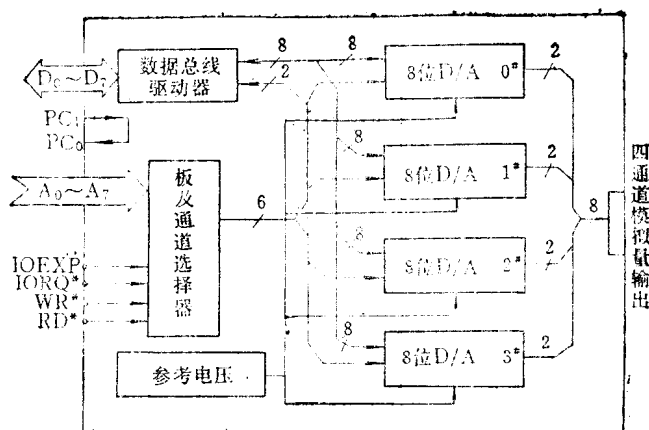


图1-4 8位D/A板结构框图

四路8位D/A板使用说明如下：

1. 8位D/A转换板选用DAC 0832芯片，其内部结构为双缓冲器及一个D/A转换器，转换电流建立时间 $1\mu s$ ，分辨率八位（ $1/256$ ），线性误差 0.05% 。

2. 板及通道地址 该板有4个模拟量电压输出通道，这4个模出通道与板所占的四个连续的I/O地址一一对应，即每个模出通道占有唯一的I/O地址。该板的板选地址由 $A_2 \sim A_7$ 这六根地址线来决定。 $A_0 \sim A_1$ 这两根地址总线决定板内通道选择，若系统只用一块D/A板时，可选用如下通道地址：

0路D/A转换器口地址为F0H；

1路D/A转换器口地址为F1H；

2路D/A转换器口地址为F2H；

3路D/A转换器口地址为F3H；

若系统还需扩展四路时，可用相同的D/A板，只需把通道号略加改换，就可以构成与前四路不同的口地址，此时扩展的四路D/A转换器口地址为：

4路D/A转换器口地址为F4H；

5路D/A转换器口地址为F5H；

6路D/A转换器口地址为F6H；

7路D/A转换器口地址为F7H。

§1-5 存储器板的结构

当一个控制系统的管理程序容量超过8KB和所需的随机数据区大于2KB时，处理器板中的基本存储器就不够用了，此时可采用存储器板来扩展实验用微机控制器内部存储容量。

存储器板也是一块使用EPROM和静态RAM混合组建，在逻辑设计时考虑到可以使用多种存储器芯片构成地址连续的存储区。该板的结构框图如图1-5所示。

存储器板使用说明如下：

1. 该板有 8 个用于扩展存储器用的芯片插座 $U_1 \sim U_8$, 每个插座可以扩展 $8K \times 8$ 容量的存储器, 共扩展 $0000H \sim FFFFH$ $64KB$ 存储器。在芯片控制开关 (W) 的控制下, 可以选择 2716、2732、2764、6116、6264 五种不同型号的存储芯片。本控制器只需扩展 EPROM $8KB$ 、RAM $8KB$, 故通过芯片控制开关, 连接成 $16KB$ 扩展存储板。

插座 1 (6116): 8000~87FF;
插座 2 (6116): 8800~8FFF;
插座 3 (6116): 9000~97FF;
插座 4 (6116): 9800~9FFF;
插座 5 (2716): A000~A7FF;
插座 6 (2716): A800~AFFF;
插座 7 (2716): B000~B7FF;
插座 8 (2716): B800~BFFF。

§ 1-6 多功能接口板的结构

板上提供了 8 个 8 位并行输入输出通道, 一个 6 位输入输出通道。每个通道数据线均加有双向缓冲器。该板的结构框图如图 1-6 所示。地址线由 $A_0 \sim A_7$ 通过地址译码器选通各个芯片, 得到确定的地址。

多功能接口板使用说明如下:

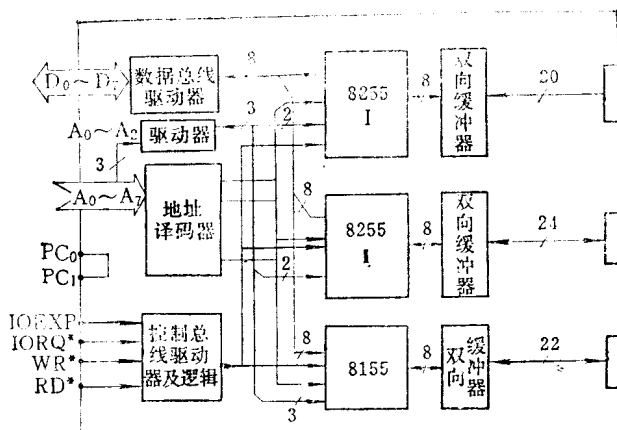


图1-6 多功能接口板结构框图

1. 8155 芯片的 I/O 接口作为行式打印机接口电路之用。
2. 8255 I 芯片口 A、口 B、口 C 用户可用作类似 8255 II 的用法，也可以用作输入/输出缓冲器使用，在这里对口 A、口 B 都不采用，只用口 C 的 PC_{4~7} 四根线作为 ADC 0816 A、B、C、D 通道选择。
3. 8255 II 芯片作为开关量 I/O 接口，输入/输出缓冲器采用 3 片 74LS244 芯片。这 24 路 I/O 信号中，16 路作为开关量测试信号，8 路作为开关量输出信号。
4. 本板中各芯片口地址如表 1-3 所示。

表1-3 多功能接口板中的口地址

口 地 址	功 能
04H	8255 I PA口的口地址
05H	8255 I PB口的口地址
06H	8255 I PC口的口地址
07H	8255 I 控制寄存器的口地址
08H	8255 II PA口的口地址
09H	8255 II PB口的口地址
0AH	8255 II PC口的口地址
0BH	8255 II 控制寄存器的口地址
20H	8155命令/状态寄存器的口地址
21H	8155PA口的口地址
22H	8155PB口的口地址
23H	8155PC口的口地址
24H	8155计时器低位字节口地址
25H	8155计时器高位字节口地址

§ 1-7 键盘显示板的结构

键盘显示是计算机常用输入/输出设备，在工业控制机中也是必不可少，故键盘显示板是处理器板的专用键盘显示器板，这两块板可以构成 STD 总线最小系统。用户可以在此基础上继续扩充各种 STD 功能板，像搭积木一样拼装出自己需要的控制系统。键盘显示板可不插在 STD 总线母板上，而是通过 20 线扁平电缆(J₁)插头与处理器板 CPU 板连接，直接安装在控制面板上。

该板由键盘显示器接口芯片 8279、LED 显示器，显示地址寄存器、显示输出寄存器及一些控制逻辑组成，其原理简图如图 1-7 所示。

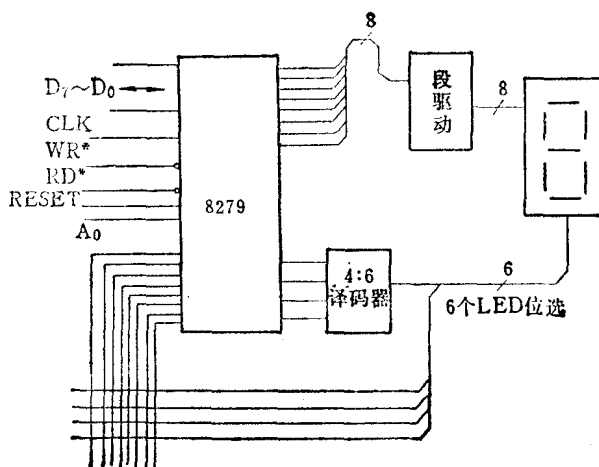


图1-7 键盘显示原理简图

§ 1-8 稳压电源板的结构

在微机控制系统中，电源对系统的稳定性和可靠性有较大的影响，必须给予足够重视。

STD 总线系统的电源可分为两类，外接式和母板插入式。外接式电源与模板框架分离，电源、地线以外接线形式与母板相连。插入式电源直接插入母板 56 芯插座，各组电源直接从 56 芯插座输出，向母板供电。本实验微机控制器采用母板插入式稳压电源。

为了避免系统中各种信号通过公共电源引入干扰，要求系统电源有较好的稳定性和较小的内阻。正 5 V，正负 12 V 3 组电源，要求在空载到满载的过程中和交流电网波动条件下，电压波动在 $\pm 5\%$ 之内。系统电源框图如图 1-8 所示。

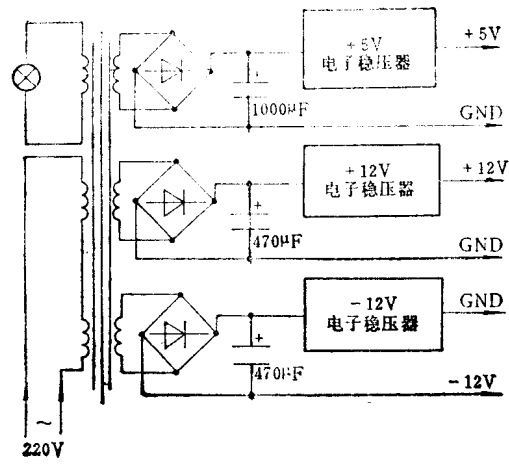


图1-8 稳压电源板结构框图

第二章 实验用微机控制器的操作方法

§ 2-1 实验用微机控制器的主要功能

实验用微机控制器的控制台由一块键盘显示板、6个显示器、31个按键组成。通过插座J₁与处理器板连接。该控制器具有以下功能：

1. 能检查和修改存储单元及寄存器的内容。
2. 能连续写入指令和数据到RAM区。
3. 内存数据搬家功能。
4. 读带功能。
5. 运行程序功能。
6. 单步运行程序的功能。
7. 连续显示存储区的功能。

§ 2-2 键 盘

键盘是人们直接向计算机传递信息的装置，也是人机联系的最普通最简便的输入设备。微机化计算机使用的键盘有两种：全编码键盘与非编码键盘。

全编码键盘：每按下一个键时，其键盘电路能自动提供被按代码，并产生选通脉冲通知CPU接受处理这一代码。其优点是易于使用，缺点是需要硬件较多。

非编码键盘：它只提供键盘的行和列矩阵，不能自动提供被按键代码。全部识别代码的工作是靠程序（软件）去完成，即用程序解决对键的识别产生相应键的代码。其优点是需要的硬件较少，实验用微机控制器采用非编码键盘，图2-1为键盘的分布图。

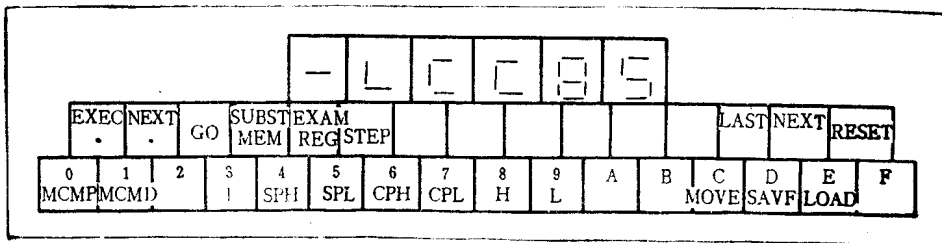


图2-1 实验用微机键盘分布图

从图看出31个键中16个是数字键，15个是命令键。16个数字键分别是十六进制的数0、1、2、3、4、5、6、7、8、9、A、B、C、D、E和F，用以向计算机输入十六进制数以作为存储单元地址或寄存器的代号或数据（即存储器或寄存器的内容）。当按下某一键时就代表把键上所代表的字符、数字转化成一定格式的代码送入计算机，这就相当于把这一字符、数字送到计算机中去，这就是键盘的基本功能。