

微型计算机原理与接口应用

实 验 指 导

王效先 杨 慧 编著

科 学 出 版 社

1 9 9 2

(京)新登字 092 号

内 容 简 介

本书汇集了以 Z80 微处理器为核心的实验范例 29 个,着重讨论了可编程 I/O 接口的使用,并系统地介绍了微机应用中常用的 S-100, STD, IEEE-488 和 EIA-RS-232 等 4 种通用总线的标准结构。主要包括: TP-801 单板计算机, 可编程 I/O 接口电路, 微机的总线, 编程实验, 硬件及接口实验, 接口应用实验。

本书可作为高校计算机专业的实验教材,也可作为各类成人大学有关专业的参考书。

JS455/11

微型计算机原理与接口应用

实 验 指 导

王效先 杨 慧 编著

责任编辑 林 鹏

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100707

北京怀柔黄坎印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1992 年 5 月第 一 版 开本: 850×1168 1/32

1992 年 5 月第一次印刷 印张: 9

印数: 1—4 500 字数: 235 000

ISBN 7-03-002877-5/TP·211

定价: 6.10 元

前 言

本书是一本关于微机原理及其应用与接口技术的实验教学用书，是作者在总结了多年教学经验的基础上编写而成的。经甘肃省高等学校教材编审委员会审定并推荐出版。

微机原理及其应用与接口技术是实践性很强的专业课程。计算机教学必须理论联系实际。实验教学配合理论教学，能加深学生对课堂讲授内容的理解，开发学生智力，培养学生独立地分析问题和解决问题的能力。因而一本好的实验指导书将是十分重要的。

本书所涉及的主要内容是以 8 位微处理器 Z80 为核心的微机系统。目前，国内微型计算机的应用虽已由 8 位机过渡到 16 位机，但作为学习计算机系统的基础知识和基本原理，以及学习开发系统的基本功能，8 位微处理机（Z80）仍然是比较理想和经济的教学用机。特别是它的完善的指令系统，较强地中断功能和丰富的接口电路可以与 16 位机相媲美。近年来兴起的以 Z80 为 CPU 的 STD 总线工业控制机的广泛应用又使得它的应用前景十分广阔。

本书编写时，充分考虑了国内各师范院校计算机应用专业的课程设置、教学水平和实验设备配置的现状，同时也考虑了非师范院校的其它专业也都开设了微机原理及实验课程。所以本书可作为上述院校计算机应用专业或课程的实验教材。

本书实验内容三章共 29 个实验，参考学时数为 67—76 学时。其中四、五两章的 20 个实验的学时数为 40 学时，每个实验 2 学时；第六章 9 个实验的学时数为 27—36 学时，每个实验 3—4 学时。书中编入的 29 个实验，各校可根据“微机原理与应用”和“接口应用”两课程实验的计划学时数和器材的配置情况选做。

本书的出版，首先要感谢甘肃省高等学校教材编审委员会的支持和关心；感谢西北师范大学计算机系周中一副教授的支持和关心。本书在编写过程中也得到了与作者一起从事微机实验教学的其它同志的帮助；全书由西北工业大学计算机系汤星辉教授审定，审定意见对作者帮助很大，在此一并致谢。

由于作者水平所限，书中谬误之处在所难免，恳请读者批评指正。

目 录

第一部分 实验设备及接口电路	I
----------------------	---

第一章 TP-801 单板计算机及其使用	1
-----------------------------------	----------

1.1 TP-801 单板机的主要技术指标	1
-----------------------------	---

1.2 TP-801 单板机原理简介	3
--------------------------	---

1.3 TP-801 单板机使用说明	25
--------------------------	----

第二章 可编程 I/O 接口电路	44
-------------------------------	-----------

2.1 计数器/定时器电路	44
---------------------	----

2.2 可编程并行 I/O 接口电路	55
--------------------------	----

2.3 可编程串行通信接口	69
---------------------	----

2.4 Z80-DMA 简介	88
----------------------	----

第三章 微型计算机的总线	100
---------------------------	------------

3.1 概述	100
--------------	-----

3.2 S-100 总线	102
--------------------	-----

3.3 STD 总线	107
------------------	-----

3.4 IEEE-488 总线	112
-----------------------	-----

3.5 EIA-RS-232C 串行通讯总线	119
------------------------------	-----

第二部分 实验	123
---------------	-----

第四章 编程实验	123
-----------------------	------------

实验 4.1 键盘练习	123
-------------------	-----

实验 4.2 计算相对转移偏移量	127
------------------------	-----

实验 4.3 简单程序的编程练习	130
------------------------	-----

实验 4.4 分支程序的编程练习	133
------------------------	-----

实验 4.5 循环程序的编程练习	136
------------------------	-----

实验 4.6 多重循环程序编程练习	1
-------------------------	---

实验 4.7 子程序设计练习	
----------------------	--

实验 4.8 代码转换程序设计	
-----------------------	--

实验 4.9 单板机显示程序设计	151
实验 4.10 EPROM 编程	154
第五章 硬件及接口实验	159
实验 5.1 单板机内存容量扩充 (一)	159
实验 5.2 单板机内存扩充 (二)	162
实验 5.3 中断实验	166
实验 5.4 Z80-CTC 实验	172
实验 5.5 Intel 8253 实验	175
实验 5.6 Z80-CTC 的应用——电子钟	177
实验 5.7 Z80-PIO 实验	179
实验 5.8 Intel 8255A 实验	185
实验 5.9 Intel 8251A 实验	187
实验 5.10 Z80-DMA 实验	192
第六章 接口应用实验	197
实验 6.1 用可编程串行通讯接口电路实现磁带录音机的读写 ..	197
实验 6.2 Z80-PIO, CTC 的综合应用——交通信号灯自动控制 系统	201
实验 6.3 用 DMA 电路互连实现双机通讯	203
实验 6.4 PIO 用作 TTL 电路测试器	206
实验 6.5 用 A/D 转换电路组成的数据采集系统	211
实验 6.6 用 D/A 转换电路组成的波形发生器	215
实验 6.7 用 D/A 转换显示图形	220
实验 6.8 直流电机转速自动控制	225
实验 6.9 可编程乐曲演奏器	232
第三部分 附录	255
附录一 部分实验参考程序	255
附录二 Z80 指令表	270
参考文献	280

第一部分

实验设备及接口电路

第一章 TP-801 单板计算机及其使用

TP-801 单板计算机是以 Z80 微处理器为中央处理器的微型计算机。整个系统做在一块印制板上。它结构简单，功能齐全。这种计算机可以说是集中 Z80-CPU 功能的最小系统，也是最易学习和使用的计算机系统。该机最适于作教学用机，是初学者学习微型计算机的硬件原理、指令系统、编写程序的方法和技巧的理想机型。

1.1 TP-801 单板机的主要技术指标

一 中央处理器 (CPU)

TP-801 单板机的 CPU 有两种规格：

一是 Z80-CPU，其时钟频率为 1.9968MHz，近似 2MHz，时钟周期为 0.5 μ s。

另一是 Z80A-CPU，这种规格的 CPU 时钟频率为 3.9936MHz，近似 4MHz，时钟周期为 0.25 μ s。

二 存储器

板上提供 6K 字节的 ROM，其中 2K 字节驻有监控程序 TPBUGA，采用 EPROM2716 片子，另外 4K 字节为两个 PROM 空插座，可插入两片 EPROM2716。

RAM 存储器, 板上提供了 4K 字节, 采用静态 2114RAM 片子。此外尚有 6K 字节的存储空间供用户扩充。

三 输入输出器件

TP-801 单板机的输入设备是一简易十六进制键盘和附设的 12 个功能按键。

TP-801 的输出设备有:

显示器, 由 6 位 7 段 LED 显示管组成, 通常左端 4 位显示地址 (显示 I/O 地址是左两位), 右两位显示地址中的内容。

一个盒式录音机接口, 用来将 RAM 中信息转储到录音磁带上和把记录在磁带上的信息装入单板机的内存中。

I/O 可编程接口, TP-801 机有两个可编程 I/O 接口。一是并行输入输出可编程接口 Z80-PIO, 两个独立的通道全供用户使用。另一是计数器/定时器电路 Z80-CTC, 它有 4 个通道, 其中 0 通道供用户使用, 其余 3 个由 TPBUG-A 占用。

四 中断功能

外部中断可选用 3 种可屏蔽中断方式, 即方式 0、方式 1 和方式 2, 其中方式 2 中断功能最强。这 3 种中断方式可由用户用指令设置。

五 EPROM 编程

板上有一个完整的 EPROM 编程器, 便于用户固化应用程序。

六 电源

系统运行使用 $+5V \pm 5\%$, 3A 的外部直流稳压电源; EPROM 编程由外部提供 $+25V$, 100MA 的直流稳压电源。

七 S-100 总线插座

板上提供两组具有 S-100 总线标准的插座,供用户扩展 TP-801 机的功能。

八 布线区

板上有一个 $6.35\text{cm} \times 17.78\text{cm}$ 的供用户扩展机器功能的布线区。连接到布线区的信号有 Z80-CPU 的三总线信号、Z80-PIO 两个通道的 I/O 线和联络线以及 CTC0 通道的输入和输出信号。

1.2 TP-801 单板机原理简介

TP-801 机的硬件结构框图如图 1.1 所示。其整机硬件电路主要由中央处理器 (CPU) 存储器和 I/O 接口 3 部分组成。

一 CPU 及时钟电路

(一) Z80-CPU 的结构

TP-801 单板机的 CPU 采用美国 ZiLog 公司生产的 Z80 微处理器。它是 8 位微处理器中用得最为广泛的一种微处理器。其结构框图如图 1.2 所示。

Z80-CPU 是一种 8 位内部单总线 (数据总线)、外部三总线 (地址总线、数据总线和控制总线) 结构的微处理器。采用双列直插式塑料封装,共 40 条引脚 (引脚功能参看教科书)。

1. 寄存器阵列

微处理器中寄存器是使用者应该十分重视的一个部分,因为读者在学习指令系统和程序设计中将会经常接触到它们。

Z80-CPU 寄存器阵列包括 18 个 8 位寄存器、4 个 16 位寄存器和两个不可编程的 8 位暂存寄存器 W, Z, 总共 224 位。所有寄存器都用静态 RAM 实现。两组各 6 个的通用寄存器可以单独用作 8 位寄存器,也可成对地用作 16 位寄存器。还有两组累加器

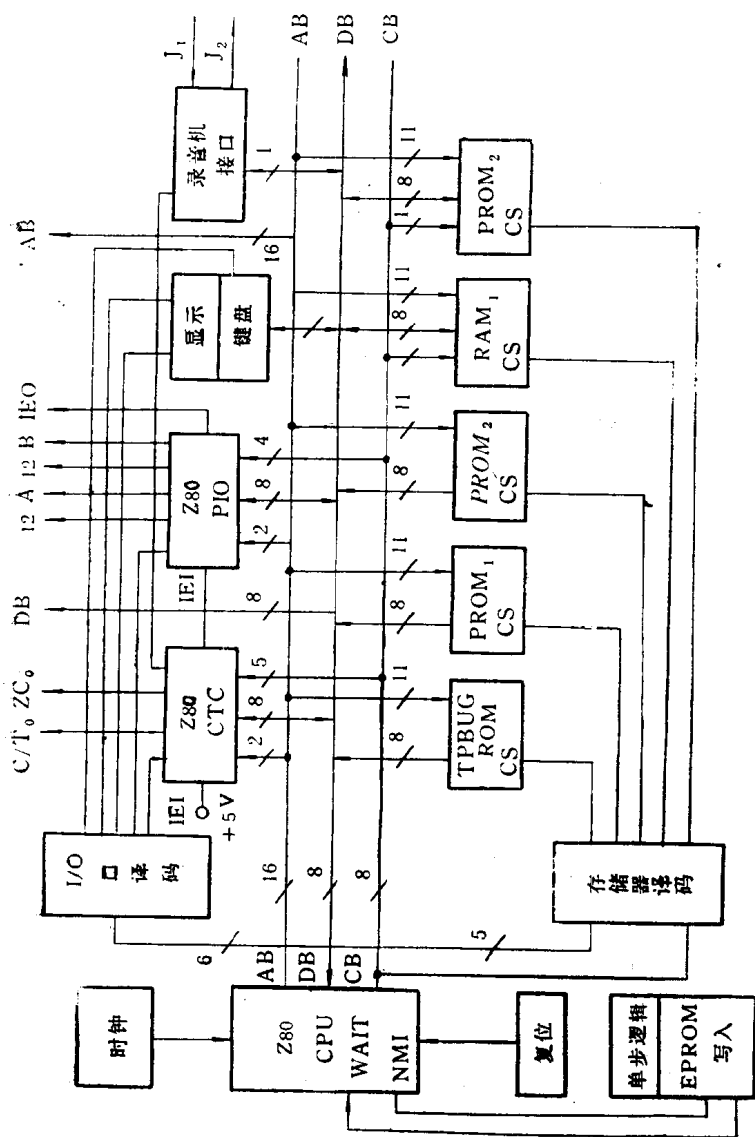


图 1.1 TP-801 单板机原理框图

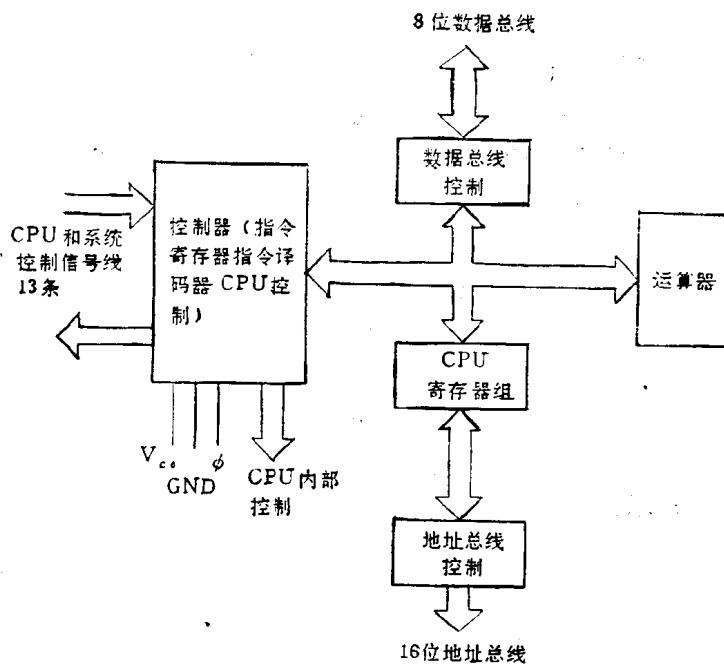


图 1.2 Z80-CPU 内部结构框图

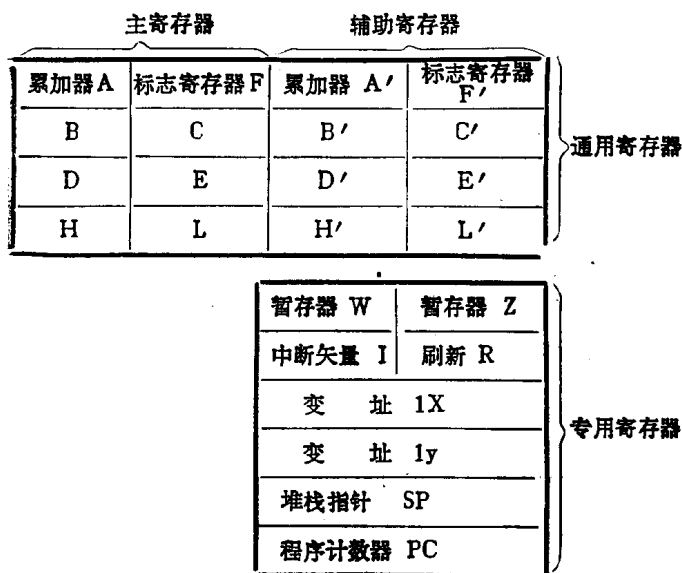


图 1.3 Z80-CPU 寄存器结构

和标志寄存器。图 1.3 形象地按它们各自的功能类型、位数长短画在一起，以便记忆。

- (1) 程序计数器 PC (16 位)。
- (2) 堆栈指示器 SP (16 位)。
- (3) 两个累加器 (A 和 A') 和两个标志寄存器 (F 和 F')。
- (4) 两组各 6 个的通用寄存器。

通用寄存器由主寄存器和辅助寄存器组成。主寄存器有 B, C, D, E, H, L; 辅助寄存器有 B', C', D', E', H', L'。Z80-CPU 内部的主寄存器和辅助寄存器之间成一一对应关系。程序员只要通过两条交换指令就可以在这两组寄存器之间相互交换内容。但要特别注意,任何时候辅助寄存器不能直接参与操作,它们必须通过交换指令与各自对应的主寄存器交换内容后,由主寄存器参与操作,操作后的结果仍可通过交换指令存放到辅助寄存器中。

Z80-CPU 内部因设置了一组辅助寄存器,因而也就增加了 CPU 内部暂存数据的存储容量。这给处理单级中断或子程序调用时,保护现场提供了方便,加快了中断响应的速度。

- (5) 两个不可编程的暂存寄存器 W 和 Z。
- (6) 两个变址寄存器 IX 和 IY (16 位)。

两个独立的变址寄存器用来存放变址寻址方式中用的 16 位基地址。

- (7) 中断矢量地址寄存器 I (8 位)。

当 Z80-CPU 以方式 2 响应中断时, I 寄存器用来提供 16 位中断矢量地址指针的高 8 位地址,而指针的低 8 位地址则由申请中断的外设提供。

- (8) 动态存储器刷新寄存器 R (8 位)。

动态存储器的刷新是按行进行的,这个行地址就由 R 寄存器提供,而在每刷新一行后, R 的内容就自动加 1,以指向下一行。

2. 运算器 ALU

运算器是一个以二进制补码加法器/减法器为基础的逻辑电

路。它具有下列功能：

算术运算：加、减、加 1、减 1。

逻辑运算：与、或、异或、求反、求补、比较。

移位功能：对某一数逐位的左移、右移、循环。

位处理功能：对寄存器或存储器中的某一位检测、置 1、置 0。

运算器功能的强弱基本决定了微处理器指令系统的优劣。Z80-CPU 所以被广泛应用，很大原因在于它的运算器功能较其它型号的 CPU 更全面、更丰富。

3. 控制器

控制器包括指令寄存器、指令译码器和定时与控制电路共三部分。

每条指令从存储器取出后便放到指令寄存器中，随即送到指令译码器进行译码，并通过定时与控制电路在规定的时刻，产生和提供相应的控制信号，以执行所需要的操作。

(二) 时钟电路

时钟信号用来协调微机内部各部分的动作，使其有条不紊的进行操作。时钟电路如图 1.4 所示。

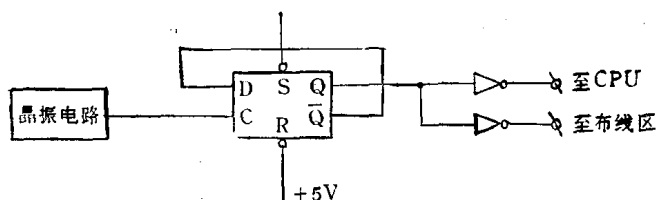


图 1.4 时钟电路

晶体振荡电路的晶振频率为 3.9936MHz，这个值恰好是堪萨斯标准音频磁带机接口所要求的 1200/2400Hz 和 300 波特的整数倍。晶振电路输出的 3.9936MHz 由 D 触发器二分频后为 1.9968MHz 的 CPU 的时钟频率，近似于 2MHz。时钟周期接近 500ns，从而可以使用 8080A 的接口芯片及廉价的存储芯片。D

触发器的输出通过反相器接到 Z80-CPU, PIO 和 CTC; 对于采用以 Z80A 为 CPU 的单板机, 晶振频率再不需要进行分频, 所以 Z80A-CPU 的时钟频率为 3.9936MHz, 近似为 4MHz. 时钟周期为 250ns.

二 存储器

图 1.5 是 TP-801 单板机的 CPU 与其 ROM 和 RAM 之间的电路系统图. 图中各存储器采用的集成芯片是:

ROM, PROM₁, PROM₂ 均采用 EPROM2716 芯片, 2716 的存储容量为 $2K \times 8$ 位, 其中 ROM 中已经装入了单板机的监控程序 TPBUG-A; PROM₁ 和 PROM₂ 供用户固化应用程序之用.

RAM 采用静态随机存储芯片 2114, 它的存储容量是 $1K \times 4$ 位. 系统中共用了 8 片 2114, 每两片构成一个 $1K \times 8$ 位的存储器. 图中, U₁₆, U₁₇ 为第一个 1KRAM 字节; U₁₈, U₁₉ 为第 2 个 1KRAM 字节; U₂₀, U₂₁ 为第 3 个 1KRAM 字节; U₂₂, U₂₃ 为第 4 个 1KRAM 字节.

因此 TP-801 单板机的板内存储容量 (ROM, PROM₁, PROM₂ 和 RAM) 总共是 10K 字节.

(一) 存储器译码

ROM, RAM 存储芯片内部都有地址译码线路. 2716 的存储容量是 2K 字节, 它有 11 根地址线, 接在 CPU 地址总线的 A₀—A₁₀ 端, 依靠内部译码线路可译出 $2^{11} = 2048$ 个地址, 即 2K 地址. RAM2114 是 1K 存储容量, 它有 10 根地址线, 接在 CPU 地址总线的 A₀—A₉ 端, 依靠内部译码线路可译出 $2^{10} = 1024$ 地址.

为了区别不同存储芯片之间的不同地址, 存储芯片上还有一个片选端 $\overline{CS}$, 它是由 CPU 地址总线的高位线来控制的. 片选端 $\overline{CS}$ 与 CPU 地址总线的高位线 A₁₁—A₁₅ 的连接是由一片八中取一译码器 74LS138 来完成的, 如图 1.5 所示. 74LS138 八选一译码器有 6 个输入端, 8 个输出端. 当 3 个输入端 G₁, G_{2A}, G_{2B}

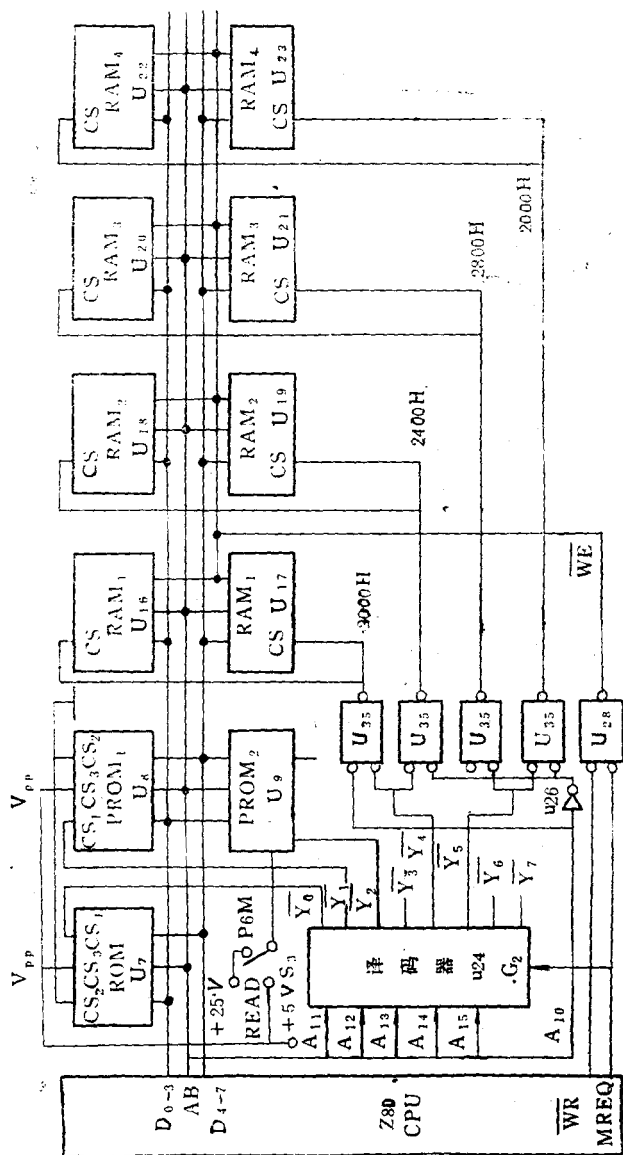


图 1.5 存储器译码电路

的状态为 100 时, 才会对另 3 个输入端 A, B, C 进行译码, 从而译出 $2^3 = 8$ 个地址区, 从 8 个输出端 $\bar{Y}_0 - \bar{Y}_7$ 输出。(低电平有效)。例如 A, B, C 为 000 时 $\bar{Y}_0 = 0$ 有效, 其它输出端为高电平均无效; 当 A, B, C 为 001 时, $\bar{Y}_1 = 0$ 有效, 其它输出端无效; 余类推。而当 G_1, G_{2A}, G_{2B} 的状态非 100 时, 译码器不工作, 所有输出端均无效。

图 1.5 中, 译码器 G_1, G_{2A}, G_{2B} 端分别接在 CPU 的引脚 A_{15}, A_{14} , 和 MREQ 端上, 所以只有当 A_{15}, A_{14} , MREQ 为 000 状态时, 才能使译码器工作。当 CPU 访问存储器时 MREQ 自然为低电平, 因此它不会影响地址代码, 而真正影响地址代码的是 A_{15}, A_{14} 两根地址线。所以要译码器工作 A_{15}, A_{14} 必须是“0”状态, 这样译码器译出的地址区为:

从 0000 0000 0000 0000 } (二进制表示)
到 0011 1111 1111 1111 }

用十六进制数表示则为 0000H—3FFFH。

在 TP-801 单板机中, 只用了一片八中取一译码器, 其输出端 $\bar{Y}_0, \bar{Y}_1, \bar{Y}_2$ 作为 ROM, PROM₁ 和 PROM₂ 的片选信号加到各芯片的片选端 $\overline{CS}$ 。输出端 $\bar{Y}_4, \bar{Y}_5$ 与地址线 A_{10} 经由 U_{35} 门电路组合, 分别变成 4 条 RAM 的片选信号, 每条片选信号表示一个 1K 地址区, 接到两片 2114 (组成 $1K \times 8$ 位) RAM 上。

RAM 的读写信号 $\overline{WE}$ 控制端, 由 CPU 的 $\overline{WR}$ 及 $\overline{MREQ}$ 控制线控制。当 $\overline{WR}, \overline{MREQ}$ 同时为低电平时, 通过门电路 U_{28} 输出去控制各片 RAM 的 $\overline{WE}$ 端, 对存储器进行写; 而当 $\overline{WR}$ 为高电平, 且 $\overline{MREQ}$ 为低电平时, U_{28} 门电路输出高电平, 对存储器进行读。

(二) 存储器地址空间分配

存储器地址空间分配及片选信号示于表 1.1。

监控程序 TPBUG-A 安排在地址号 0000—07FFH 的 2K 字节单元内。这种安排是为了当机器运行一开始清零后就执行监控程序, 因为清零瞬时, 程序计数器 $PC = 0000H$ 。

表 1.1 TP-801 内存空间分配

地 址	器 件	A ₅₁ — A ₁₁	A ₁₀ — A ₀	译码器的有效输出
3800—3FFFH	未用, 可扩展	00111	可变	$\bar{Y}_7 = \overline{CS_7}$ (至布线区)
3000—37FFFH	未用, 可扩展	00110	可变	$\bar{Y}_6 = \overline{CS_6}$ (至布线区)
2800—2FFFH	2KRAM(U ₂₀ —U ₂₃)	00101	可变	$\bar{Y}_5 = \overline{CS_5} = \overline{RAM_2SEL}$
2000—27FFFH	2KRAM(U ₁₆ —U ₁₉)	00100	可变	$\bar{Y}_4 = \overline{CS_4} = \overline{RAM_1SEL}$
1800—1FFFH	未用, 可扩展	00011	可变	$\bar{Y}_3 = \overline{CS_3}$ (至布线区)
1000—17FFFH	2KPROM ₂ (U ₉)	00010	可变	$\bar{Y}_2 = \overline{CS_2} = \overline{PROM_2SEL}$
0800—0FFFH	2KPROM ₁ (U ₈)	00001	可变	$\bar{Y}_1 = \overline{CS_1} = \overline{PROM_1SEL}$
0000—07FFFH	2KROM(U ₇)	00000	可变	$\bar{Y}_0 = \overline{CP_0} = \overline{MONSEL}$

0800—0FFFH 为 2K 字节的 PROM₁ 的插座地址。用户可在其上面插入已固化了用户应用程序的 EPROM 芯片以供机器运行。当 RESET 信号有效时, 机器从 0000H 单元开始执行程序, 监控程序在 00CDH 单元安排一条检查开关 “S₂” 位置的指令。如果 S₂ 置于 MONRST 位置, 则机器继续执行监控程序, 在 LED 显示器上显示 “P”, 并扫描键盘的输入。如果 S₂ 置于 PROM₁ RST 位置, 则机器转去执行 0800H 单元开始的用户应用程序, 而不必通过键盘输入命令而进入用户程序。

1000—17FFFH 为 2K 字节的 PROM₂ 插座地址。监控程序可对插在此插座上的 EPROM 进行编程写入。此外 PROM₁ 的 2K 地址不够用户程序使用时, 也可利用 PROM₂ 的地址。

1800—1FFFH 的 2K 地址号 ($\bar{Y}_3$) 本机未用, 用户可在布线区扩展使用它。有的厂家生产的单板机已在此地址区安排了 TP-801P 的微打控制程序 TPMP。

2000—2FFFH 为 4K 字节的 RAM 地址。U₁₆, U₁₇ 占有 2000—23FFFH 的 1K 字节; U₁₈, U₁₉ 则占用 2400—27FFFH 的 1K 字节; U₂₀, U₂₁ 占用 2800—2BFFFH 1K 字节; U₂₂, U₂₃ 占用 2C00—2FFFH 1K 字节。

3000—37FFFH 2K 地址号 ($\bar{Y}_6$) 及 3800—3FFFH 2K 地址号 ($\bar{Y}_7$) 本机均未用, 用户也可在布线区扩展使用它。