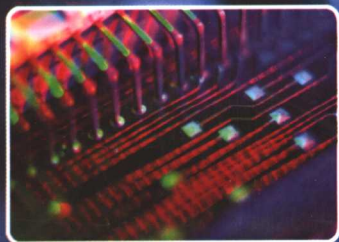


单片机原理

综合实验教程

大连理工大学电工电子实验中心 组编

秦晓梅 陈育斌 主编



368.1
444



大连理工大学出版社
DALIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

单片机原理综合实验教程

组编 大连理工大学电工电子实验中心
主编 秦晓梅 陈育斌
编者 秦晓梅 陈育斌 赵世斌
贾凤英 张仁杰

大连理工大学出版社

© 秦晓梅, 陈育斌 2004

图书在版编目(CIP)数据

单片机原理综合实验教程 / 秦晓梅, 陈育斌主编. — 大连: 大连理工大学出版社, 2004.6

ISBN 7-5611-2567-4

I. 单… II. ①秦… ②陈… III. 单片机微型计算机—高等学校—教材
IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 033976 号

大连理工大学出版社出版

地址: 大连市凌水河 邮政编码: 116024

电话: 0411-84708342 传真: 0411-84701469 邮购: 0411-84707961

E-mail: dulp@dulp.cn URL: <http://www.dulp.cn>

大连理工印刷有限公司印刷 大连理工大学出版社发行

幅面尺寸: 185mm × 260mm 印张: 7 字数: 160 千字

印数: 1 ~ 2 000

2004 年 6 月第 1 版

2004 年 6 月第 1 次印刷

责任编辑: 范业婷

责任校对: 杨帆

封面设计: 宋蕾

定 价: 10.00 元

序

辉煌的20世纪已经过去,世界进入了风景无限的21世纪。回顾过去我们会发现,电子信息技术在上个世纪得到了空前的高速发展,并在各个领域都得到了广泛的应用。电子信息技术对促进社会整体的进步与发展起到了日益重要的作用,在当今高技术群域中处于主导地位,社会其他各个领域的成功与发展无一能够脱离电子信息技术的支持。据有关专家统计,20世纪末电子工业已经成为世界第一工业。

综观国内各高校近年来专业发展的情况,我们发现与电子信息技术相关的专业已成为发展最快的专业之一,也是最热门的专业之一。21世纪是知识经济时代,时代的特点将会对人才的培养和需求提出新的要求和标准,这就要求我们广大的高校教育工作者及时适应社会发展的步伐,对教学内容进行不断地改革和创新。

高等学校是培养人才最重要的基地,担负着历史赋予的培养人才的重要使命。当前我国高等教育得到了突飞猛进的发展,国内各高校的教学改革也相应出现了百花齐放、蓬勃发展的的大好局面。大连理工大学电工电子实验中心的建设在学校的重视下,在世行贷款项目的支持下,已进入了最快最好的发展时期。近年来,我们不仅对实验设备、测量仪

器进行了全面的更新换代,同时也对实验内容进行全面的更新和改进,增大了设计性、综合性、科研创新性实验(创新院、创新班)的比例。建立了自主的、新的实验课程体系。我们将实验课程体系划分为五个层次:认知性实验、验证性实验、设计性实验、综合性实验、科研创新性实验。五个层次的实验课程由浅入深,贯穿于大一到大四共八个学期,保证了实验教学的科学性和连续性。对应五个层次,设置了一系列实验课程,并且编写出版了相应的实验教材。

本系列实验教材包括以下几个方面:仪器仪表使用及电子器件识别、电子工程训练(一、二)、电工学、可编程控制器、电路原理、模拟电子技术、数字电子技术、单片机原理、微机原理、电子系统综合设计、EDA 技术、科研创新专题(一、二、三)。教材的特点为:独立设课,以设计性和综合性为主,注重学生系统设计能力的培养和训练,部分课程将理论教学溶于实验教学当中,教材的编写全部基于新的实验设备和测量仪器。

在此,对实验教材编者们的辛勤劳动表示由衷的感谢!最后,希望广大师生多提宝贵意见,以利不断提高。

大连理工大学电工电子实验中心

2004. 5

前 言

单片机技术对于高等学校理工科的学生来说是必须掌握的一门技术。我们在多年理论教学和实验教学的基础上,将理论、验证性实验和综合设计性实验有机地结合起来,独立设课,探索出一种实践性教学环节的新模式。为配合这一实验教学模式,我们编写了本教程。本教程适用于高等学校高年级本科生的综合设计性实验教学,同时也适合于电类的专业技术人员作为参考书使用。

本教程分3章:

第1章对MCS-51单片机作了一个非常简要的概述。这方面的资料非常多,本书就不进行过多的论述。

第2章为基础实验。在每一个实验题目中,首先介绍相关的知识点,然后进行针对性的实验。这一章的实验题目中给出了参考程序,这样有利于初学者入门和快速掌握相关的知识。在每一个实验题目的后面还给出了具有一定难度的思考题,为读者提供了一个开拓思路、发挥想象力的空间。

第3章为综合实验。本章提高了实验的复杂性和难度,题目本身也更接近实际应用。在这一章中,强调的是系统的设计步骤、方法。特别要强调的是

在程序设计时首先要画出程序的流程图,并且在调试中还要进行必要的修改,使程序的流程尽可能地合理和简化。

附录中给出了 AEDK-51 单片机实验系统简介以及 MCS-51 系列单片机指令表。以供读者编程时参考。

本教程第 1 章及附录部分由张仁杰编写,第 2 章分别由秦晓梅和贾凤英编写,第 3 章分别由陈育斌和赵世斌编写。全书由秦晓梅、陈育斌最终统稿。

全书由杨素英老师主审。在编写的过程中得到杨素英老师和张立勇老师的大力支持,在此谨向两位老师表示诚挚的谢意。

应当说明,本教程是以 ADEK-51 实验设备为实验平台编写的,因此其内容难免存在一定的局限性,但是作为学习单片机的基本原理,掌握其应用方法来说还是能够满足教学要求的。

由于时间仓促,水平有限,书中难免存在错误和不足,恳请读者指正。

编著者

2004 年 6 月

目 录

第1章 概 述

- 1.1 MCS-51 单片机内部结构 /1
- 1.2 MCS-51 单片机的主要特点 /2

第2章 基础实验

- 实验2.1 外部数据存储器读写实验 /3
 - 2.2.1 相关知识点 /3
 - 2.2.2 实验内容 /4
- 实验2.2 输入/输出端口实验 /7
 - 2.2.1 相关知识点 /7
 - 2.2.2 实验内容 /10
- 实验2.3 外部中断 $\overline{\text{INT}_0}$ 实验 /13
 - 2.3.1 相关知识点 /13
 - 2.3.2 实验内容 /16
- 实验2.4 定时/计数器T1实验 /19
 - 2.4.1 相关知识点 /19
 - 2.4.2 实验内容 /21
- 实验2.5 8255 并行接口扩展实验 /24
 - 2.5.1 相关知识点 /24
 - 2.5.2 实验内容 /26
- 实验2.6 D/A 转换器DAC0832 接口实验 /28
 - 2.6.1 相关知识点 /28
 - 2.6.2 实验内容 /30
- 实验2.7 A/D 转换器ADC0809 接口实验 /33
 - 2.7.1 相关知识点 /33
 - 2.7.2 实验内容 /35
- 实验2.8 单片机串行接口通信实验 /37
 - 2.8.1 相关知识点 /37
 - 2.8.2 实验内容 /40

- 实验2.9 键盘扫描/显示芯片8279 /43

- 2.9.1 相关知识点 /43
- 2.9.2 动态显示实验内容 /51
- 2.9.3 键盘扫描实验内容 /57

第3章 综合实验

- 实验3.1 广告牌彩灯设计实验 /62
- 实验3.2 电子程序设计实验 /65
- 实验3.3 0~5V 数字电压表实验 /66
- 实验3.4 多功能方波发生器实验 /68
- 实验3.5 具有加密、应答式串行通信程序实验 /71
- 实验3.6 具有键盘控制功能的广告彩灯程序实验 /76
- 实验3.7 中断嵌套实验 /80
- 实验3.8 简易时间顺序控制器设计实验 /85
- 实验3.9 可编程时间顺序控制器设计实验 /86
- 实验3.10 自动报时系统设计实验 /87

附录1 AEDKP51 单片机实验系统简介

- 一、实验系统的配置 /89
- 二、实验系统的维护 /91

附录2 MCS-51 系列单片机指令表

- 一、数据传送指令 /100
- 二、算术运算指令 /101
- 三、逻辑运算和移位指令 /102
- 四、控制转移指令 /103
- 五、位操作指令 /104

图 1-1 8051 单片机内部结构

1.2 MCS-51 单片机的主要特点

1. 内部程序存储器 ROM: 4k 的存储容量;
2. 内部数据存储器 RAM: 256B (128B 的 RAM + SFR);
3. 寄存器: 设 4 个工作寄存器区, 每个区有 $R_0 \sim R_7$, 共 8 个工作寄存器;
4. 4 个 8 位并行输入输出端口: P_0 、 P_1 、 P_2 和 P_3 ;
5. 2 个 16 位的定时/计数器 T_0 、 T_1 ;
6. 全双工的串行端口 (RXD: 接收端; TXD: 发送端);
7. 中断系统: 设有 5 个中断源 ($\overline{INT_0}$ 、 $\overline{INT_1}$ 、 T_0 、 T_1 和串行口);
8. 系统扩展能力: 可外接 64k 的 ROM 和 64k 的 RAM;
9. 堆栈: 设在 RAM 单元中, 可以浮动, 即通过堆栈指针 SP 来确定堆栈的位置。复位时 $SP = 07H$;
10. 布尔处理机: 具有位寻址区, 配合布尔运算的指令进行各种逻辑运算;
11. 指令系统:
 - ① 111 条指令。按功能可分为 5 大类, 即
数据传送 (如: MOV、MOVX、MOVC 等);
算术运算 (如: ADD、ADDC、SUBB、INC、DEC、DIV、MUL 等);
逻辑运算 (如: ANL、ORL、XRL、CLR、RL、RR、RLC、RRC 等);
控制转移 (如: AJMP、LJMP、SJMP、JZ、JNZ、CJNE、DJNZ、ACALL、RET 等);
布尔操作 (如: MOV、CLR、SETB、ANL、JC、JNC、JB、JNB、JBC 等)。
 - ② 指令的长度: 单字节、双字节和三字节;
 - ③ 指令的执行时间:
单字节单周期 (如 MOV A, Rn);
单字节双周期 (如 INC DPTR);
单字节四周期 (如 DIV AB、MUL AB);
双字节单周期 (如 MOV A, #data);
双字节双周期 (如 AJMP addr11);
三字节双周期 (如 LJMP addr16)。

第2章 基础实验

实验2.1 外部存储器读写实验

2.1.1 相关知识点

1. 外部数据存储器读写时序

设单片机使用片外ROM,且执行的是一条 MOVX A, @DPTR 指令,时序如图2-1所示。

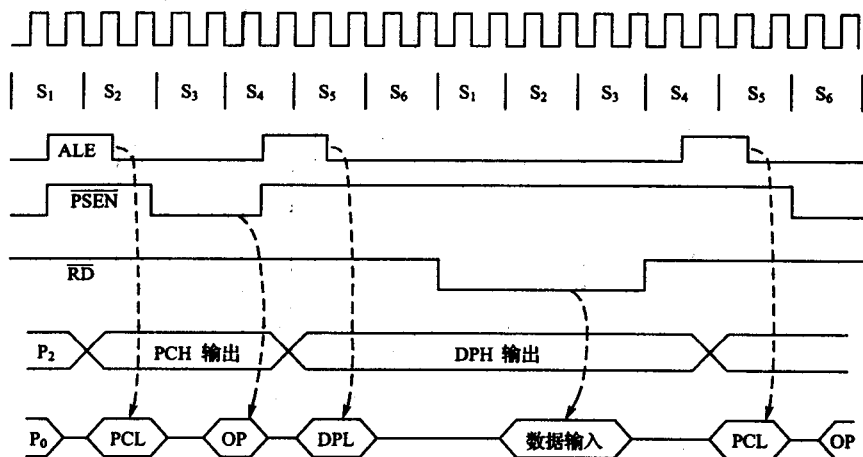


图 2-1 读片外ROM 指令时序

2. 访问外部数据存储器指令及控制信号

当访问外部数据存储器(简称外存储器)时,必须使用专用的MOVX指令。在这种情况下,CPU将P₀口设定为外存储器的低8位地址总线,即地址和数据的“分时复用总线”,P₂口设定为外存储器的高8位地址总线。

在第一个机器周期的S₂、P₂时刻,外部8位数据锁存器74LS373利用单片机的ALE信号下降沿将单片机P₀口输出的低8位地址信号进行锁存,为外存储器提供一个完整的16位地址信号。在S₃、P₁时刻,单片机发送PSEN低电平选通信号,将外部程序存储器ROM中的指令通过P₀口送到单片机内部的指令寄存器并进行译码。以指令MOVX A, @DPTR指令为例,在S₅、P₁时刻,指令经译码后,将DPTR中的内容(外部数据存储器的16位地址),分别经P₀、P₂口输出,并在S₅、P₂时刻74LS373将P₀口中低8位地址锁存,与

P₂ 口共同为外部数据存储提供一个完整的 16 位地址信号。

在指令执行第 2 个机器周期的 S₁、P₁ 时刻,外部数据存储器 RAM 在单片机发送的 $\overline{RD}$ 低电平信号作用下,将被选中的单元中的数据送到 P₀ 口上,并由单片机经 P₀ 口传送到累加器 A。

可见,MOVX 指令是专用的访问外部数据存储器的指令,在指令的时序图中,包含着单片机的总线操作和 $\overline{RD}$ 、 $\overline{WR}$ 信号的控制。这一点与 MOV 指令有着本质上的区别。在实际应用中,往往利用单片机的这一特性,将其他外围芯片如 A/D 转换器、D/A 转换器、并行口扩展电路等器件都按照存储器的连接模式与 P₀、P₂ 口的总线进行连接,配合地址译码器对这些器件进行片选,这样通过 MOVX 指令实现对这些外围器件的访问。

3. 外部存储器与 MCS-51 单片机的连接

连接图如图 2-2 所示。

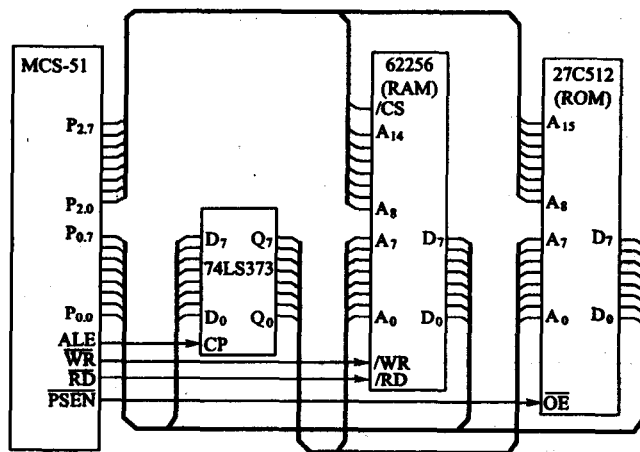


图 2-2 外部 RAM、ROM 与单片机的连接

2.1.2 实验内容

一、实验目的

通过此实验,熟悉、了解和掌握 MCS-51 单片机编程的基本规则、基本指令的使用和仿真实验系统 LCA51 软件的调试方法。

二、实验要求

编制简单的程序,对单片机内部 RAM 和外部 RAM 进行读写操作。

三、实验连线

将 P_{1.0} 接至 L₁。

四、实验说明

存储器的读写是单片机编程中最常见的操作。

本次实验有两个程序:

1. EXP1_A.ASM: 将内部 RAM 的 20H~2FH 单元和外部 RAM 的 0000H~000FH 单

元分别送数00H、01H、02H~0FH。实验者使用参考程序时,可分别使用“单步”、“断点”和“全速运行”三种方式运行,充分利用LCA51 调试软件提供的各种观察窗口,观察ACC、R₀、R₁、R₂ 和内部RAM 的20H~2FH、外部RAM 的0000H~000FH 中数据变化的过程。

2. EXP1_B.ASM:对片外RAM 的某一固定的地址单元进行读写操作,并比较读写的数字是否一致,若不一致表明程序有误或存储单元不可靠,使程序转入出错处理(本程序通过使L₁ 灯点亮表示出错)。为了较全面的检查存储单元的每一位,程序采用的存储数据分别是55H 和AAH 两个数值(请分析为什么?)来验证读写操作的可靠性。

五、实验程序及流程图

1. EXP1_A.ASM 程序清单

```

ORG 0000H
LJMP START
ORG 0100H
START: MOV R0, #20H      ;片内RAM 数据区指针赋初值
      MOV DPTR, #0000H   ;片外RAM 存储器指针赋初值
      MOV R2, #10H       ;计数器R2 原始赋初值16
      MOV A, #00H        ;累加器A 原始清零
LOOP:  MOV @R0, A         ;向内部RAM 单元送数
      MOVX @DPTR, A       ;向外部RAM 存储单元送数
      INC A               ;累加器A 加1
      INC R0              ;修改内部RAM 指针
      INC DPTR            ;修改外部RAM 指针
      DJNZ R2, LOOP       ;操作是否结束?
      SJMP $              ;操作结束时停机
      END

```

2. EXP1_A.ASM 程序流程图(图2-3)

3. EXP1_B.ASM 程序清单

```

ORG      0000H
LJMP     START
ORG      0040H
START:   MOV     SP, #60H
      MOV     DPTR, #4000H ;置外部RAM 读写地址
      MOV     A, #55H      ;测试的数据一
      MOV     B, A
      MOVX    @DPTR, A     ;写外部RAM
      MOVX    A, @DPTR     ;读外部RAM
      XRL     A, B         ;比较读回的数据
      JNZ     ERROR
      MOV     A, #0AAH     ;测试的数据二
      MOV     B, A
      MOVX    @DPTR, A
      MOVX    A, @DPTR
      XRL     A, B

```

	JZ	PASS	; 测试通过
ERROR:	SETB	P1.0	; 测试失败, 点亮 L ₁
	SJMP	\$	; 停机
PASS:	CPL	P1.0	; L ₁ 状态(亮/灭)转换
	MOV	R1, #00H	; 延时
DELAY:	MOV	R2, #00H	
	DJNZ	R2, \$	
	DJNZ	R1, DELAY	
	LJMP	START	; 循环测试
	END		

4. EXP1_B. ASM 程序流程图(图 2-4)

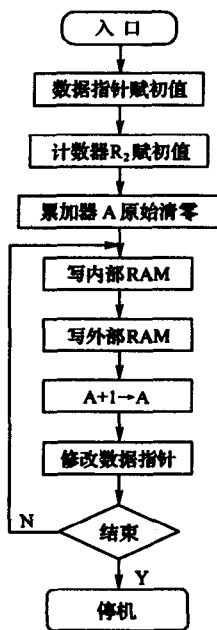


图 2-3 EXP1_A. ASM 程序流程图

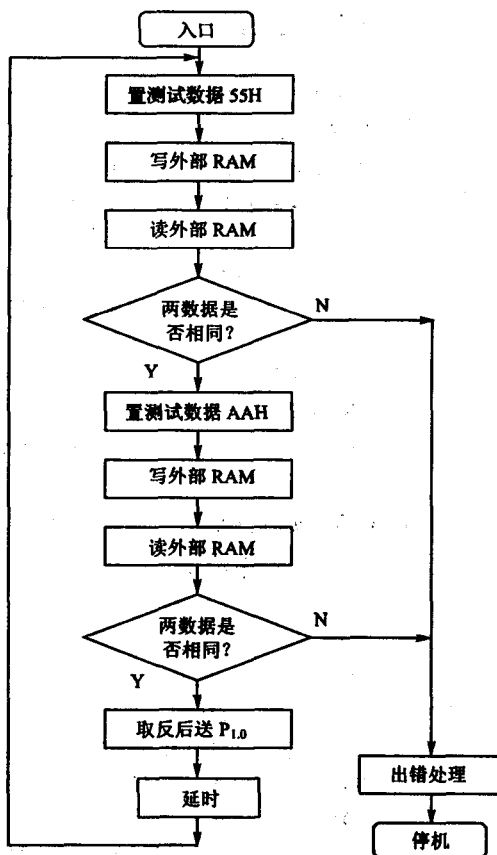


图 2-4 EXP1_B. ASM 程序流程图

实验 2.2 输入/输出端口实验

2.2.1 相关知识点

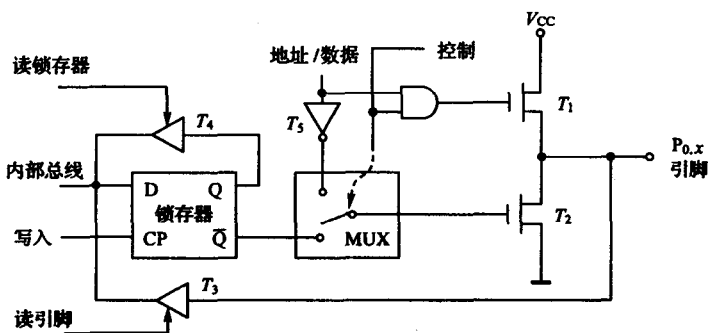
1. MCS-51 内部并行端口结构(图 2-5)

2. MCS-51 单片机 I/O 端口功能分配

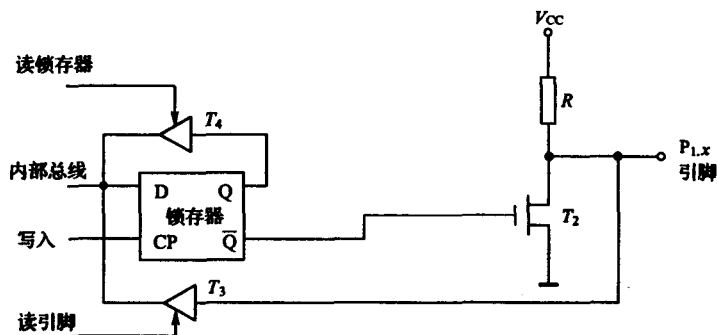
在 MCS-51 单片机内部的 4 个并行 I/O 端口 $P_0 \sim P_3$ 中,除了都具有通用的 I/O 功能外,还具有各自不同的其他功能,电路结构的形式也各不一样。

① P_0 、 P_2 口内部各有一个“二选一”的多路开关,由 CPU 控制分别实现通用 I/O 功能或外部扩展时传输数据和地址信号的总线功能,其中: P_0 口作为低 8 位地址总线和数据总线(也称“分时复用总线”); P_2 口作为高 8 位地址总线。

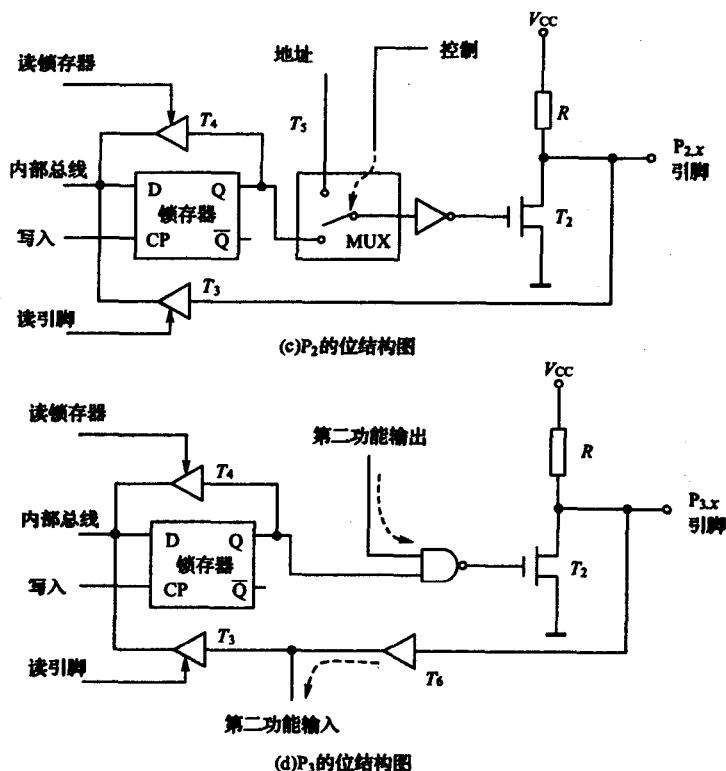
② P_1 、 P_3 端口之间也有差别,其中 P_3 口除了通用 I/O 功能外还具有第二功能,其第二功能引脚定义见表 2-1。



(a) P_0 的位结构图



(b) P_1 的位结构图

图 2-5 MCS-51 并行端口 P₀~P₃ 位结构图表 2-1 P₃ 口第二功能引脚定义表

P ₃ 口引脚	第二功能	注 释
P _{3.0}	RXD	串行数据接收口
P _{3.1}	TXD	串行数据发送口
P _{3.2}	INT ₀	外中断 0 输入
P _{3.3}	INT ₁	外中断 1 输入
P _{3.4}	T ₀	计数器 T ₀ 计数输入
P _{3.5}	T ₁	计数器 T ₁ 计数输入
P _{3.6}	$\overline{\text{WR}}$	外部 RAM 写选通信号
P _{3.7}	$\overline{\text{RD}}$	外部 RAM 读选通信号

3. MCS-51 单片机 I/O 端口工作原理

现将 P₀ 端口的工作原理简单地介绍如下：

① P₀ 端口作为通用 I/O 端口时

“控制”端=0，多路开关与锁存器 $\overline{\text{Q}}$ 端连接，同时“控制”端的“0”电平将端口上端的场效应管截止。所以在 I/O 模式下，如果 P₀ 端口与 MOS 负载连接时，如图 2-6 所示，必须外接上拉电阻 (10k Ω 左右)，否则端口无法输出高电平。

当单片机执行 MOV P0, A 输出指令时，数据通过内部总线在指令周期中的“写信号”作用下锁存到触发器中。如果数据=0，则 $\overline{\text{Q}}=1$ ，使下面的场效应管饱和导通，端口引脚电

平为0。如果数据为1,则 $\bar{Q}$ 端为0,使下端场效应管截止,在这种情况下,端口引脚电平是靠外部(上拉电阻或等效的上拉电阻)将端口电平拉到高电平。

当单片机执行MOV A, P0 输入指令时,指令周期中的“读引脚”信号将三态门 T_3 打开,引脚电平通过内部总线送到累加器A。

MCS-51 单片机的指令系统中没有设立专用的输入、输出指令,对应的操作是由MOV 指令实现的。如:MOV A, P0 对应输入、MOV P0, A 对应着输出(其他端口类同)。

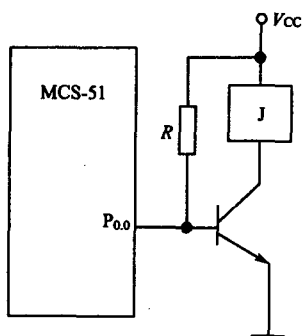


图 2-6 三极管负载示意图

在端口电路中,三态门 T_4 用于CPU 读锁存器数据的通道,这是一种较特殊的设计。当端口设计为输出口时,在完成一次输出操作后往往需要将输出的结果取回来重新进行修改然后再次输出,这种操作也称“读-修改-写”操作。前一次输出的数据一方面锁存在触发器中,同时通过场效应管送到端口引脚。要想重新读回前次的数,理论上可以从端口引脚通过 T_4 门读入,但是在实际应用中会产生错误。以图 2-6 为例,端口引脚直接与三极管连接,当前次输出“1”电平使三极管饱和导通时,端口引脚被钳位在0.7 V,如果将此电平读回时,会得到一个“0”电平的错误结果。因此在进行“读-修改-写”操作时,端口被设计成从 T_4 门输入,这样可以避免外电路带来的错误和干扰。与“读-修改-写”操作相关的指令有:ANL P0, A、ORL P0, A 及XRL、JBC、CPL、INC、MOV PX. Y, C、SETB PX. Y 等。

②P₀ 端口在系统扩展作复用总线时

“控制”端=1,多路开关接收来自“地址/数据”经反相器反相后的数据。此时控制场效应管 T_1 的与门被打开。

当“地址/数据”信号=1 时:与门输出=1,反相器 T_3 输出=0,因此 T_1 导通、 T_2 截止,端口引脚输出高电平。

当“地址/数据”信号=0 时:与门输出=0,反相器 T_3 输出=1,因此 T_1 截止、 T_2 导通,端口引脚输出低电平。

与I/O 模式不同的是 T_1 、 T_2 都处于工作状态,因此在总线方式中P₀ 口不用外加上拉电阻。

P₂ 口与P₀ 口基本相同,区别在于P₂ 口有一个等效高阻值电阻替代 T_1 场效应管。

P₃ 口由一个与门实现端口的I/O 功能与第二功能的选择:

I/O 模式时“第二输出功能”=1,与门处于打开状态,场效应管 T_2 的状态取决于锁存器Q 端电平;

第二功能时输出时,锁存器Q 端固定为“1”电平,场效应管 T_2 的输出取决于“第二输出功能”的电平。第二功能输入时,三态门 T_4 打开,引脚信号送入对应的模块电路。