

图解自动化技术丛书

图 解

单片机 功能与应用

郭速学 朱承彦 郭楠 编著



中国电力出版社

www.infopower.com.cn

TP368.1/395

2008

图解自动化技术丛书

图 解

单片机 功能与应用

郭速学 朱承彦 郭楠 编著



中国电力出版社

www.infopower.com.cn

内 容 简 介

本书是《图解自动化技术丛书》之一。

本书从基础知识的介绍出发,图文并茂,直观、系统地介绍了单片机的内部结构、工作原理和应用技巧。全书分为10章,内容包括51单片机编程资源图解、51单片机指令系统图解、汇编语言程序设计图解、输入/输出过程通道图解、单片机显示电路图解、51单片机按键识别电路图解、51单片机常用算法图解、单片机常用电路图解、51单片机抗扰技术图解、51单片机典型应用案例图解。书中注重基础,强调应用,内容充实,通俗易懂,例举了大量电路实例,既适于51单片机的初学者,又可作为工程技术人员的参考书和高校相关专业的教材。

图书在版编目(CIP)数据

图解单片机功能与应用/郭速学,朱承彦,郭楠编著. —北京:中国电力出版社,2008.2

(图解自动化技术丛书)

ISBN 978-7-5083-6384-4

I. 图… II. ①郭…②朱…③郭… III. 单片微型计算机—图解 IV. TP368.1-64

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第192916号

责任编辑:刘 焜

责任校对:崔燕菊

责任印制:李文志

书 名:图解单片机功能与应用

编 著:郭速学 朱承彦 郭楠

出版发行:中国电力出版社

地址:北京市三里河路6号 邮政编码:100044

电话:(010) 68362602

传真:(010) 68316497

印 刷:北京市同江印刷厂

开本尺寸:185mm×260mm

印 张:21.5

字 数:483千字

书 号:ISBN 978-7-5083-6384-4

版 次:2008年2月北京第1版

印 次:2008年2月第1次印刷

印 数:0001—3000册

定 价:35.00元

敬 告 读 者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

前 言

单片机是超大规模集成电路技术的产物,随着微电子技术的进步,单片机的种类及应用技术发展十分迅速,在工业测控系统、智能仪表和家用电器中都得到了广泛的应用。单片机的种类很多,其中 51 系列单片机具有性价比高、系列齐全等优势,是开发应用系统时的一种首选机型,因此,本书以 51 系列单片机为例进行介绍。

近年来,从事单片机应用系统开发的工程技术人员越来越多,但许多初学者普遍感到学了单片机原理之后,进行实际项目开发还有很大距离,面对具体问题感到无从下手。虽然市面上 51 系列单片机的书籍很多,但大多数以介绍原理为主,应用电路设计较少。为了使初学者在较短的时间内,掌握单片机应用系统开发技术,作者根据多年的教学、科研经验,力求突出应用性、实用性,以图解的方式编写了本书。本书从低起点出发,图文并茂,直观、系统地介绍了单片机的内部结构、工作原理和应用技巧。全书分为十章,内容包括 51 单片机编程资源图解、51 单片机指令系统图解、汇编语言程序设计图解、输入/输出过程通道图解、51 单片机显示电路图解、51 单片机按键识别电路图解、常用控制算法图解、单片机常用电路图解、单片机抗干扰技术图解、51 单片机典型应用案例图解。

本书由郭速学、朱承彦、郭楠编著,第一~四章由朱承彦编写,第五~八章由郭楠编写,第九、十章由郭速学编写。徐庆明、郭伟、刘建华、马振芳、王光明、何既君、郭凤军、王邦良、王颖、王梓、郭丽英同志参加了本书中程序的调试验证、插图和表格的绘制及全书的校对工作。本书在编写过程中得到了许多专家和同志们的大力支持和热情帮助,在此一并表示感谢。

限于作者水平,书中难免存在欠缺和不妥之处,敬请广大读者批评指正。

作 者

2008 年 1 月

目 录

前 言

第一章 51 单片机编程资源图解	1
第一节 51 单片机概述	1
一、单片机的基本概念	1
二、51 单片机家族简介	1
三、51 单片机的内部结构	2
四、51 单片机的引脚功能	3
五、51 单片机应用系统结构	4
第二节 51 单片机并行 I/O 端口图解	5
一、P0 口电路功能图解	5
二、P1 口电路功能图解	6
三、P2 口电路功能图解	7
四、P3 口电路功能图解	7
第三节 51 单片机的内部存储器图解	8
一、51 单片机存储器的编址方法	8
二、片内 RAM 存储器	9
第四节 51 单片机的定时 / 计数器图解	12
一、定时 / 计数器的结构与工作原理	12
二、控制定时 / 计数器的特殊功能寄存器	12
三、定时 / 计数器的工作模式	14
四、定时 / 计数器的初始化	18
五、定时 / 计数器应用举例	19
第五节 51 单片机的中断控制系统图解	20
一、中断的基本概念	20
二、51 单片机的中断管理机制	21
三、中断处理的过程	24
四、中断源的扩展	24
五、中断应用举例	26
第六节 51 单片机串行通信接口图解	27
一、通信的基本概念	28
二、串行通信口的结构和工作原理	29

三、串行通信口的工作方式与波特率设置.....	29
四、串行通信.....	33
五、应用举例.....	35
第二章 51 单片机指令系统图解.....	39
第一节 指令系统概述.....	39
一、有关时序的定义.....	39
二、指令的分类.....	39
三、汇编指令的格式.....	39
第二节 寻址方式图解.....	41
一、立即寻址.....	42
二、直接寻址.....	42
三、寄存器寻址.....	42
四、寄存器间接寻址.....	43
五、基址加变址寻址.....	44
六、相对寻址.....	44
七、位寻址.....	45
第三节 指令系统分类图解.....	45
一、数据传送类指令.....	45
二、算术运算类指令.....	47
三、逻辑运算类指令.....	51
四、控制转移类指令.....	53
五、布尔操作类指令.....	57
第三章 汇编语言程序设计图解.....	59
第一节 程序设计基础知识.....	59
一、名词术语介绍.....	59
二、程序设计步骤.....	59
三、常用伪指令.....	60
第二节 程序的基本结构图解.....	61
一、顺序结构.....	61
二、分支结构.....	62
三、循环结构.....	64
四、子程序调用结构.....	66
第三节 程序设计图解.....	70
一、代码转换.....	70
二、算术运算.....	74
三、查找与排序.....	78

第四章 输入 / 输出过程通道图解	83
第一节 模拟量输入通道图解	83
一、A/D 转换原理	84
二、A/D 转换器的主要性能	85
三、典型 A/D 转换芯片与应用	86
第二节 模拟量输出通道图解	92
一、D/A 转换原理	92
二、D/A 转换器的主要性能	93
三、典型 D/A 转换芯片与应用	94
第三节 开关量输入 / 输出通道图解	100
一、开关量输入	100
二、开关量输出	101
第五章 51 单片机显示电路图解	109
第一节 51 单片机与 LED 显示器接口图解	109
一、LED 显示器结构与工作原理	109
二、LED 显示器控制方式	110
第二节 51 单片机与 LCD 显示器接口图解	114
一、LCD 的基本结构和显示原理	115
二、LCD 显示器的分类	115
三、字符点阵 LCD 与 51 单片机的接口	116
四、图形点阵 LCD 与 51 单片机的接口	121
第三节 单片机应用系统中汉字的显示	127
一、汉字的显示过程	127
二、汉字库芯片 GB5199B 的使用	127
三、显示程序设计	130
四、自制汉字库提取字模程序	136
第六章 51 单片机按键识别电路图解	139
第一节 利用并口扩展按键	139
一、独立式按键接口设计	139
二、矩阵式键盘接口设计	143
第二节 利用串口扩展按键	149
一、利用串口扩展独立式按键	149
二、利用串口扩展矩阵式按键	150
第三节 利用专用芯片扩展按键	152
一、利用 Intel 8279 构成键盘显示电路	152
二、利用 ZLG 7289A 构成键盘显示电路	162

第四节	巧用 P2 口剩余线扩展按键	170
一、	电路原理图	170
二、	程序设计	171
第五节	巧用 ADC 0809 剩余通道扩展按键	172
一、	多通道扩展	172
二、	单通道扩展	172
第六节	智能自动化仪表中流行的三键式	174
一、	电路设计	174
二、	程序设计	175
第七节	拨码盘接口电路图解	175
一、	拨码盘的结构与原理	176
二、	BCD 拨码盘与 51 单片机接口电路	177
三、	程序设计	177
第七章	常用控制算法图解	179
第一节	测量数据预处理方法图解	179
一、	线性化处理程序设计	179
二、	标度变换程序设计	181
三、	越限报警程序设计	182
第二节	数字 PID 控制算法图解	183
一、	数字 PID 控制器	183
二、	数字 PID 控制器的改进	187
三、	数字 PID 控制器的参数整定	190
第三节	模糊控制算法图解	194
一、	模糊控制规律	194
二、	模糊控制器的实现	195
三、	模糊控制技术的发展	196
第八章	单片机常用电路图解	201
第一节	时钟与复位电路图解	201
一、	时钟电路	201
二、	复位电路与复位状态	203
第二节	地址译码电路图解	205
一、	线选法	205
二、	全地址译码	206
第三节	并行口扩展电路图解	207
一、	用 74 系列 TTL 芯片扩展	207
二、	用可编程接口芯片扩展	208

三、通过串行口扩展并行 I/O 口	218
第四节 掉电保护电路图解	220
一、由 NE555 定时器构成的掉电保护电路	221
二、由 TL7705 构成的掉电保护电路	221
第五节 看门狗电路图解	222
一、单稳态型看门狗电路	223
二、定时 / 计数器型看门狗电路	224
三、专用芯片型看门狗电路	224
第六节 实时时钟电路图解	227
一、并行实时时钟	227
二、串行实时时钟	232
第七节 遥控发射 / 接收电路图解	237
一、编码器 PT2262	237
二、解码器 PT2272	238
三、典型应用	239
第九章 单片机抗干扰技术图解	241
第一节 硬件抗扰技术图解	241
一、差模干扰信号的抑制	241
二、共模干扰信号的抑制	246
三、电源抗扰技术	254
四、CPU 抗扰技术	257
五、过程通道抗扰技术	257
六、接地系统抗扰设计	270
第二节 软件抗干扰技术图解	275
一、数字滤波技术	275
二、软件冗余技术	282
三、软件陷阱技术	283
四、软件看门狗	285
五、故障自诊断技术	286
第十章 51 单片机典型应用案例图解	289
第一节 变频调速恒压供水控制系统	289
一、电路方案设计	290
二、软件方案设计	295
第二节 燃油、燃气锅炉单片机控制器	299
一、电路总体方案设计	300
二、A/D 转换电路原理	302

	三、电源与功率接口电路.....	302
	四、按键识别电路工作原理.....	303
	五、软件设计.....	304
第三节	单片机智能测速表	306
	一、电路方案设计.....	307
	二、软件方案设计.....	309
第四节	模拟、数字智能显示控制仪表	314
	一、电路总体方案设计.....	315
	二、显示电路工作原理.....	315
	三、按键识别电路工作原理.....	319
	四、A/D 转换电路工作原理.....	320
	五、软件设计.....	324
第五节	IC 卡读写器	325
	一、IC 卡基本知识.....	325
	二、SLE4442 逻辑加密卡介绍	327
	三、51 单片机与 IC 卡接口电路.....	330
	四、程序设计.....	332
参考文献		334

第一章

51 单片机编程资源图解

第一节 51 单片机概述

一、单片机的基本概念

单片机至今还没有一个统一的定义，一般将 CPU、存储器、定时/计数器以及输入/输出接口电路等计算机的主要功能部件集成在一个半导体芯片上就称为单片机（Single Chip Microcomputer），单片机是按工业控制要求设计制作的，广泛应用于工业控制领域，因此也称为微控制器（Micro-Controller）。

单片机从 20 世纪 70 年代诞生到现在已经有 30 多年历史，从早期的 1 位机、4 位机已经发展到 8 位机、16 位机和 32 位机。单片机的特点是体积小、速度快、低电压、低功耗、通信功能强和集成资源多，在嵌入式系统中得到了普遍的应用。

近年来单片机的发展十分迅猛，形成了多家公司的多种产品系列并存的局面，目前世界上生产单片机的主要厂商和典型产品如表 1-1 所示。

表 1-1 单片机主要生产厂商及产品

公 司	典型产品
Intel	MCS-51、MCS-96
Philips	80C51 系列
Motorola	MC68 系列
ATMEL	89C51 系列
Microchip	PIC16C 5X 系列
Zilog	Z8 系列
Sygnal	89C51F 系列

二、51 单片机家族简介

目前市场上的单片机种类较多，但主流产品仍为 Intel 公司的 MCS（Micro Computer System）51 系列，表 1-2 列出了 MCS-51 单片机及兼容系列的单片机型号及性能。

表 1-2 51 系列单片机性能

型 号		ROM	RAM (B)	定时/计数器 (个×位)	中断源(个)	I/O 线 (条)	频率 MHz
8051	8051AH/BH	4KB ROM	128	2×16	5	4×8	2~12
	8751AH/BH	4KB EPROM	128	2×16	5	4×8	2~12
	8031AH	无	128	2×16	5	4×8	2~12
8052	8052AH	8KB ROM	256	3×16	6	4×8	2~12
	8752AH	8KB EPROM	256	3×16	6	4×8	2~12
	8032AH	无	256	3×16	6	4×8	2~12
80C51	80C51BH	4KB ROM	128	2×16	5	4×8	2~12
	87C51BH	4KB EPROM	128	2×16	5	4×8	2~12
	80C31BH	无	128	2×16	5	4×8	2~12
80C52	80C52AH	8KB ROM	256	3×16	6	4×8	2~12
	80C32AH	无	256	3×16	6	4×8	2~12

三、51 单片机的内部结构

8031、8051 和 8751 单片机的内部结构是完全相同的，其基本组成结构如图 1-1 所示。

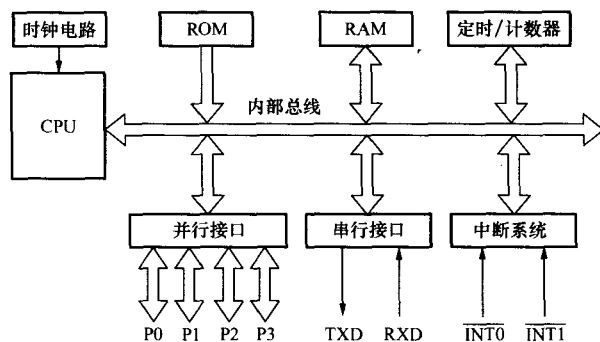


图 1-1 51 系列单片机基本结构

51 系列单片机都具有以下硬件资源：8 位数据字长、128 字节片内 RAM、4 个 8 位的并行输入/输出接口、1 个全双工异步串行口、2 个 16 位定时/计数器、5 个中断源（其中包括 2 个中断优先级）、时钟发生器、可寻址 64KB 的程序存储器和 64KB 的数据存储器。

MCS-51 单片机的内部结构如图 1-2 所示。

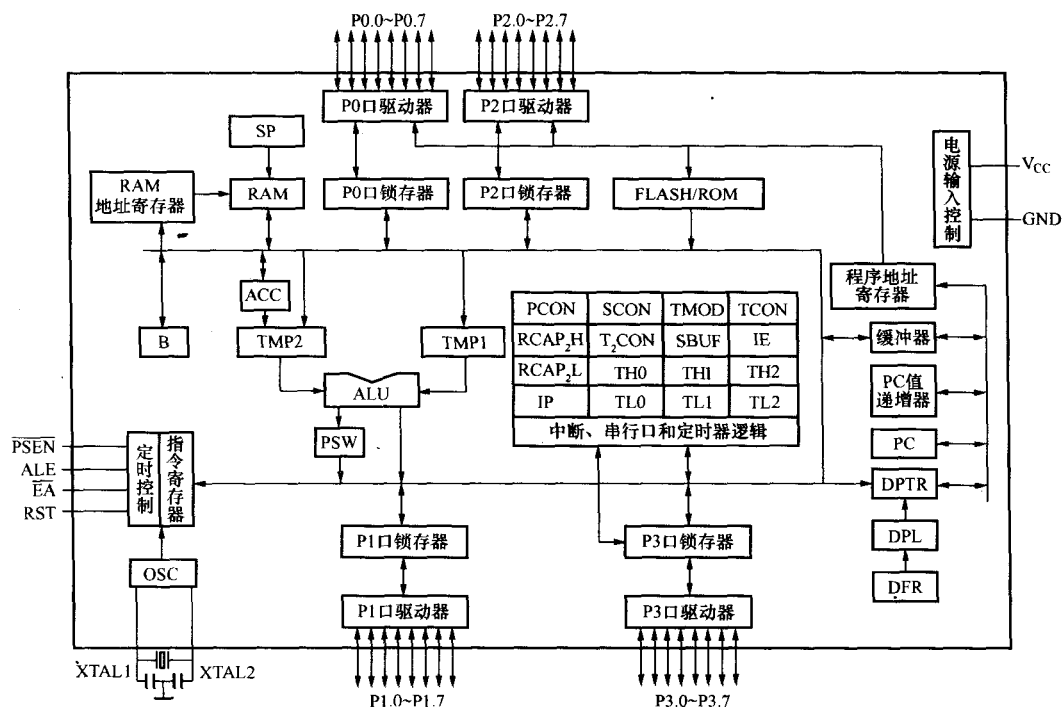


图 1-2 8051 单片机内部结构

四、51 单片机的引脚功能

单片机控制技术的关键有两方面：一是硬件连线，二是软件编程。本节主要介绍了 51 单片机的引脚功能。51 单片机芯片有两种封装形式，即双列直插式和方型封装式，其中双列直插封装式的芯片引脚名称和排列顺序如图 1-3 所示，各个引脚的功能如表 1-3 所示。

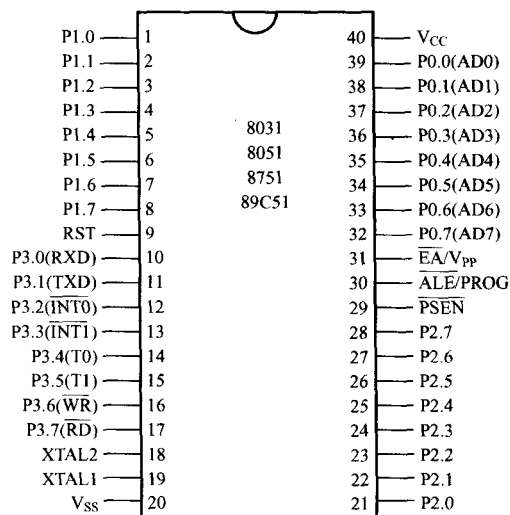


图 1-3 51 系列单片机引脚图

表 1-3 51 系列单片机的引脚功能

引脚序号	引脚名称	功 能 说 明
1~8	P1.0~P1.7	8 位准双向三态 I/O 端口，内部带上拉电阻： (1) 当输出时，可带 4 个 LS 型 TTL 负载； (2) 当输入时，必须先向该引脚写 1
9	RST	复位引脚，正常工作时，在该引脚上应当加低电平，若加两个机器周期宽度以上高电平，则单片机复位
10~17	P3.0~P3.7	8 位准双向三态 I/O 端口，内部带上拉电阻，具有两种功能： (1) 做一般 I/O 口时，用法同 P1； (2) 做特殊功能用时， P3.0: 串行通信接收端 R×D； P3.1: 串行通信发送端 T×D； P3.2: 外部中断源 $\overline{\text{INT0}}$ 中断申请信号线； P3.3: 外部中断源 $\overline{\text{INT1}}$ 中断申请信号线； P3.4: 定时/计数器 T0 计数输入端； P3.5: 定时/计数器 T1 计数输入端； P3.6: 外部 RAM 写选通信号线 $\overline{\text{WR}}$ ； P3.7: 外部 RAM 读选通信号线 $\overline{\text{RD}}$
18、19	XTAL2 XTAL1	外部振荡时钟输入引脚
20	V _{SS}	系统接地端子
21~28	P2.0~P2.7	8 位准双向三态 I/O 端口，内部带上拉电阻，具有两种功能： (1) 做一般 I/O 口时，用法同 P1； (2) 扩充外部存储器时，做高 8 位地址 A8~A15
29	$\overline{\text{PSEN}}$	外部 ROM 选通信号线
30	ALE/ $\overline{\text{PROG}}$	使用外部 RAM 时，做地址锁存信号； 烧写 EPROM 时，接收烧录启动信号
31	$\overline{\text{EA}}/\text{V}_{\text{PP}}$	该引脚具有三个功能： (1) 接低电平时，CPU 执行外部 ROM 中的程序； (2) 接高电平时，CPU 执行内部 4K ROM 中的程序，超过 4K 时，自动转去执行外部 ROM 中的程序； (3) 烧写程序时，此引脚接收合适的烧写电压
32~39	P0.7~P0.0	8 位准双向三态 I/O 端口，内部无上拉电阻，需要外接。 (1) 做一般 I/O 口用法同 P1，每个引脚能带 8 个 LS 型 TTL 负载； (2) 扩充外部存储器时，分时输出数据和低 8 位地址 A0~A7
40	V _{CC}	芯片供电输入端子

五、51 单片机应用系统结构

单片机应用系统结构包括系统配置与系统扩展。若单片机内部的功能单元 ROM、RAM、I/O 口、定时/计数器和中断系统等容量不够用时，增加一些外围芯片来满足设计要求，称为

系统扩展。若将单片机本身没有的功能部件设计上去,则称为系统配置。图 1-4 为单片机应用系统的一般结构。

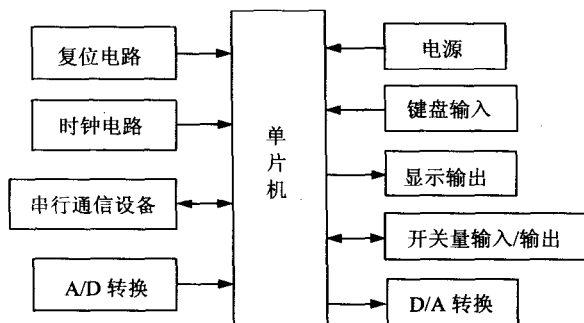


图 1-4 单片机应用系统的基本结构

第二节 51 单片机并行 I/O 端口图解

一、P0 口电路功能图解

P0 口是一个 8 位的准双向 I/O 口,其中 1 位的内部结构如图 1-5 所示。它由一个输出锁存器、两个三态缓冲器、输出驱动电路和输出控制电路四部分组成。

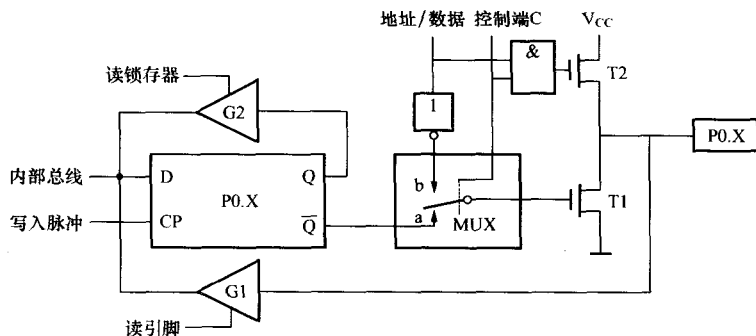


图 1-5 P0 口内部一位结构图

输出锁存器为 D 触发器,其 D 端直接与内部数据总线相连。两个三态缓冲器 (G1、G2) 中,一个用于读引脚信息,一个用于读锁存器输出信息。输出驱动电路由两个场效应管 (T1、T2) 组成,当 T1 导通和 T2 截止时,输出为低电平;当 T2 导通和 T1 截止时,输出为高电平;当 T1、T2 均截止时,输出端浮空。T1、T2 的工作状态由控制电路决定,控制电路由一个与门、一个反向器和一路模拟转换开关 MUX 组成,其功能如表 1-4 所示。

表 1-4 P0 口控制线的功能

控制信号 C	功 能
C=0 时	一方面封锁住与门，使与门的输出为“0”，T2 截止，另一方面使 MUX 倒向 a 端，P0 口做一般 I/O 口用，此时：D=1 时， $\bar{Q}=0$ ，T1 截止，P0.X 输出高电平；D=0 时， $\bar{Q}=1$ ，T1 导通，P0.X 输出低电平
C=1 时	MUX 倒向 b 端，地址/数据信号线通过与门和 T1 接通，分时输出地址（A0~A7），数据（D0~D7），此时： 地址/数据为“1”时，与门输出“1”，非门输出“0”，即 T2 导通，T1 截止，P0.X 输出为“1”； 地址/数据为“0”时，与门输出“0”，非门输出“1”，即 T1 导通，T2 截止，P0.X 输出为“0”

为了保存 P0 口瞬间输出的地址，必须外接地址锁存器，如图 1-6 所示。

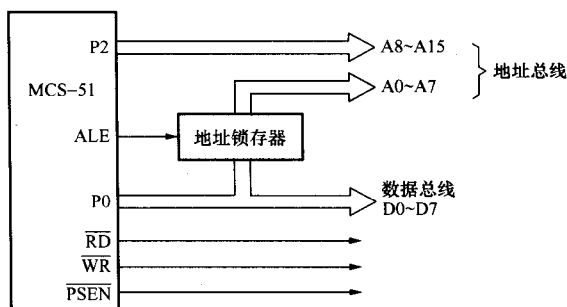


图 1-6 51 单片机地址总线扩展

如图 1-6 所示， $\overline{RD}$ 和 $\overline{WR}$ 为外部 RAM 读写控制信号， $\overline{PSEN}$ 则为外部程序存储器选通信号。

注意

若需要读 P0 口的外部引脚，必须先向该口线写“1”，即让 T1 也截止，否则，T1 导通时会将管脚箝位在 0 电平，造成外部信号读不进来，这就是所谓准双向口的含义。

二、P1 口电路功能图解

P1 口是一个 8 位的准双向 I/O 口，其中 1 位的内部结构如图 1-7 所示，输出驱动电路由一只场效应管和一个上拉电阻组成。每一根口线都可以分别定义成输入或输出线。做输出线时，写入“1”，则 $\bar{Q}$ 为“0”，T1 截止，P1.X 输出高电平，写入“0”，则 $\bar{Q}$ 为“1”，T1 导通，P1.X 输出低电平。做输入线时，必须先向该口线写“1”，使 T1 截止。对于 52 系列单片机 P1.0、P1.1 还有第二功能，P1.0 可以作为定时/计数器 2 的外部输入端 T2，P1.1 可以作为定时/计数器 2 的外部控制输入端 T2EX。

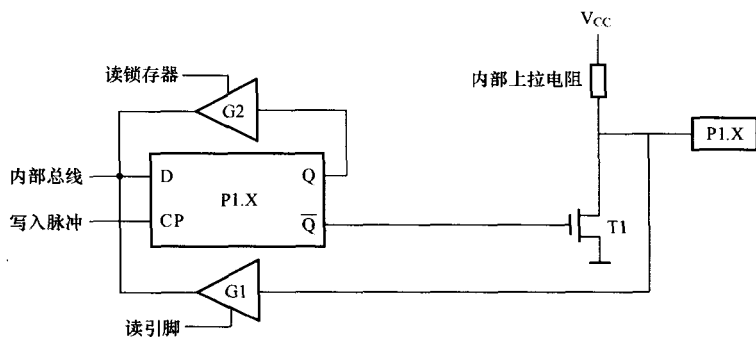


图 1-7 P1 口内部一位结构图

三、P2 口电路功能图解

P2 口是一个 8 位的准双向 I/O 口。它具有两种功能，对于无片内 ROM 的单片机来说，用于扩展外部存储器；对于有片内 ROM 的单片机来说，可作为 I/O 口线。其中 1 位的内部结构如图 1-8 所示，与 P1 口相比多了输出转换部分。做一般 I/O 口线时，MUX 倒向 a，与 Q 接通，当 D=1 时，Q=1，非门输出为 0，T1 截止，P2.X 输出高电平；当 D=0 时，Q=0，非门输出为 1，T1 导通，P2.X 输出低电平。当系统接有外部存储器时，在 CPU 的控制下 MUX 倒向 b，与地址线接通，输出高 8 位地址（A8~A15）。

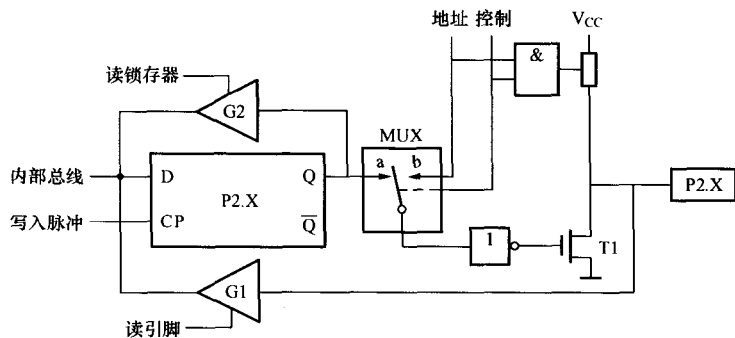


图 1-8 P2 口内部一位结构图

四、P3 口电路功能图解

P3 口是一个 8 位的准双向多功能 I/O 口。与 P1 口相比多了第二功能控制电路，其中 1 位的内部结构如图 1-9 所示。

当使用第一功能（一般 I/O 口）时，第二功能输出线总是保持高电平，当 D=1 时，Q=1，信号通过与非门输出“0”，T1 截止，P3.X 输出高电平；当 D=0 时，Q=0，与非门输出为 1，T1 导通，P3.X 输出低电平。当输入线时也要先向该口线写“1”，让 T1 截止。当使用第二功能输出时，该位的锁存器必须保持“1”，打开与非门，T1 输出状态由第二功能输出线上的信号决定；当使用第二功能输入时，引脚信号通过缓冲器来到第二输入功能线上。