

国家级示范性高等职业院校重点建设专业精品课程规划教材

单片机原理及应用

DANPIANJI YUANLI JI YINGYONG

主编 / 熊 科 彭珂良 陈晓龙 主审 / 胡晓林

副主编 / 胡晓莉 张春香 黄双根



天津大学出版社
TIANJIN UNIVERSITY PRESS

国家级示范性高等职业院校重点建设专业精品课程规划教材

单片机原理及应用

主 编 熊 科 彭珂良 陈晓龙
副主编 胡晓莉 张春香 黄双根
主 审 胡晓林

TP3
327.9

 天津大学出版社
TIANJIN UNIVERSITY PRESS

内 容 提 要

本书内容包括 MCS-51 单片机基础知识、单片机基本结构和工作原理、指令系统、单片机程序设计、中断系统、定时器/计数器、串行接口、I/O 应用与扩展、A/D 与 D/A 转换及应用、单片机应用系统设计等。

本书可作为高职高专电类、机电类专业的教学用书,也可供从事专业技术工作的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

单片机原理及应用/熊科,彭珂良,陈晓龙主编. —天津:天津大学出版社,2009.9

ISBN 978-7-5618-3210-3

I. 单… II. ①熊…②彭…③陈… III. 单片微型计算机-高等学校-教材 IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 161834 号

出版发行 天津大学出版社

出 版 人 杨欢

地 址 天津市卫津路 92 号天津大学内(邮编:300072)

电 话 发行部:022-27403647 邮购部:022-27402742

网 址 www.tjup.com

印 刷 北京市通州京华印刷制版厂

经 销 全国各地新华书店

开 本 185mm×260mm

印 张 12.5

字 数 312 千

版 次 2009 年 9 月第 1 版

印 次 2009 年 9 月第 1 次

定 价 23.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,烦请向我社发行部门联系调换。

版权所有 侵权必究

前 言

近几年,单片微型计算机(简称单片机)发展极为迅速,在工业、农业、国防科研及日常生活等各个领域的应用极为广泛。单片机的种类很多,如 Intel 公司的 MCS—51 系列单片机因在同类产品中具有结构简单、功能强大、可靠性和性价比高等特点,已成为单片机发展史上的重要标志性产品,其市场推广和应用有着广泛的代表性。

本书以计算机的基本数制和基本逻辑电路为起点,以 MCS—51 单片机基本结构、原理和指令系统为基础,着重介绍了单片机程序语言设计方法、设计技巧,阐述了 MCS—51 单片机的存储系统、中断系统、定时器/计数器、串并行接口等功能部件的结构、使用方法和典型应用,还讲述了 I/O 口应用与扩展、A/D 与 D/A 转换原理及单片机应用系统的设计等知识。

本书由江西工业贸易职业技术学院熊科、萍乡高等专科学校彭珂良、江西旅游商贸职业学院陈晓龙任主编;由江西工贸职业技术学院胡晓莉、江西旅游商贸职业学院张春香、江西农业大学黄双根任副主编;韶关学院黄大兴、安徽工商职业技术学院聂凯、江西科技师范学院王国辉、廖彦华参与编写。本书第 1、2、3、4 章由胡晓莉编写,第 5 章由黄大兴编写,第 6 章由聂凯编写,第 7 章由彭珂良编写,第 8、10 章由陈晓龙、张春香编写,第 9 章由黄大兴、聂凯、王国辉、廖彦华和黄双根编写。熊科负责统稿,由九江职业大学胡晓林担任主审。

本书在编写过程中,得到了一些企业界相关技术人员的帮助与指导,在此一并向他们表示衷心感谢。

由于编者水平有限,编写时间匆忙,书中难免会有错误和疏漏,恳请读者批评指正。

编者
2009 年 6 月

目 录

第1章 单片机基础知识	1
1.1 数制与编码	1
1.2 基本逻辑电路	5
思考与练习	10
第2章 MCS—51 单片机基本结构和原理	12
2.1 单片机的概述	12
2.2 MCS—51 单片机基本结构和原理	16
2.3 存储器组织结构	20
2.4 输入/输出(I/O)端	28
2.5 单片机时钟与时序	31
2.6 单片机的工作方式	36
思考与练习	40
第3章 MCS—51 型单片机指令系统	41
3.1 指令系统简介	41
3.2 指令寻址方式	42
3.3 数据传送类指令及应用	47
3.4 算术运算类指令及应用	51
3.5 逻辑运算类指令及应用	57
3.6 控制转移类指令及应用	60
3.7 位操作类指令及应用	65
思考与练习	67
第4章 单片机程序设计	72
4.1 汇编语言	72
4.2 汇编语言程序设计步骤与汇编	76
4.3 顺序程序设计	77
4.4 分支程序设计	78
4.5 循环程序设计	81
4.6 子程序设计	85
4.7 查表程序设计	88
思考与练习	89
第5章 MCS—51 单片机中断系统	91
5.1 中断	91
5.2 MCS—51 型单片机的中断系统	93
5.3 中断响应过程	96

5.4 中断系统的应用	100
思考与练习	102
第6章 MCS—51 单片机定时器/计数器	104
6.1 定时器/计数器概述	104
6.2 定时器/计数器的工作方式	107
6.3 定时器/计数器的应用	110
思考与练习	114
第7章 MCS—51 单片机串行接口	116
7.1 串行通信基础	116
7.2 MCS—51 单片机串行接口结构	119
7.3 串行口工作方式	122
7.4 串行口应用	126
思考与练习	135
第8章 I/O 口应用与扩展	137
8.1 键盘接口技术	137
8.2 显示器接口技术	145
8.3 8255 可编程芯片 I/O 端口扩展	153
思考与练习	157
第9章 数/模转换接口	160
9.1 D/A 转换	160
9.2 模/数转换接口	167
思考与练习	172
第10章 单片机应用系统开发	173
10.1 单片机应用系统开发过程	173
10.2 单片机开发工具及系统调试	177
10.3 单片机系统可靠性设计	179
10.4 单片机应用实例	181
思考与练习	191

第 1 章 单片机基础知识

本章要点

- 单片机的数制定义、数制转换及运算
- 单片机中基本电路的结构、特点及使用功能

计算机是微电子学与计算数学相结合的产物。微电子学的基本元件及其集成电路是形成计算机硬件基础,而计算数学的计算方法与数据结构则是构成计算机软件基础。本章简要地阐述计算机中最基本的单元电路及最主要的数学知识。本章的内容是必要的入门知识,是以后各章的基础。

1.1 数制与编码

数制是人们利用符号进行计数的科学方法。数制有很多种,在计算机中常使用的有十进制、二进制和十六进制。

1.1.1 数制的基与权

数制所使用的数码的个数称为基;数制每一位所具有的值称为权。

1. 二进制

二进制的基为“二”,即其使用的数码为 0、1,共两个数字。二进制各位的权是以 2 为底的幂。例如,二进制数 1011 相当于十进制的数是:

$$1011B=1\times 2^3+0\times 2^2+1\times 2^1+1\times 2^0=8+0+2+1=11$$

由此可知,四位二进制数中各位的权是:

2^3	2^2	2^1	2^0
8	4	2	1

二进制数只有两个数码,即 0 和 1,在计算机中容易实现。例如,可以用高电平表示 1,低电平表示 0;或者晶闸管截止时的输出表示 1,导通时的输出表示 0。所以,采用二进制就可以利用电路进行计数工作。二进制数的运算规则类似于十进制,加法为逢二进一,减法为借一为二。利用加法和减法就可以进行乘法、除法以及其他数值运算。上式中的后缀 B (Binary)表示为二进制。

2. 十进制

十进制的基为“十”,即其所使用的数码为 0~9,共 10 个数字。十进制各位的权是以 10 为底的幂,每个数所处的位置不同,它的值是不同的,每一位数是其右边相邻那位数的 10 倍。例如,数 435 就是下列多项式的缩写:

$$435D=4\times 10^2+3\times 10^1+5\times 10^0$$

可见,在十进制中每个数字的值都是以该数字乘以基数的幂次来表示。通常将基数的幂次称为权。例如,上述各位的权分别为个、十、百,即以 10 为底的 0 次幂、1 次幂、2 次幂,通常简称为 0 权位、1 权位、2 权位等。上式中的后缀 D(Decimal)表示十进制数,通常十进制数可不加后缀。

3. 十六进制

十六进制的基为“十六”,即其数码共有 16 个:0、1、2、3、4、5、6、7、8、9、A、B、C、D、E、F。其中 A~F 相当于十进制数的 10~15。十六进制的权是以 16 为底的幂,有时也称其各位的权为 0 权、1 权、2 权等。例如,十六进制数 A3EH 相当于十进制的数是:

$$A3EH=10\times16^2+3\times16^1+14\times16^0=2\,622$$

上式中的后缀 H(Hexadecimal)表示为十六进制数。十六进制数如是字母开头,则在使用汇编指令时前面需加一个 0。

由于十六进制数易于书写和记忆,且与二进制之间的转换十分方便,因此人们在书写计算机语言时多用十六进制。

1.1.2 数制的转换

1. 二、十六进制数转换成十进制数

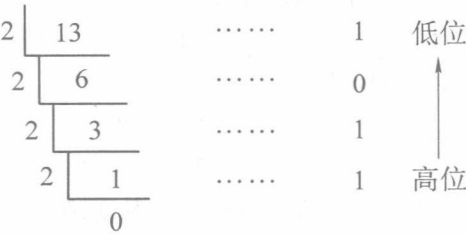
根据定义,只需将二、十六进制数按权展开后相加即可。

例: $1011B=1\times2^3+0\times2^2+1\times2^1+1\times2^0=11$
 $A4H=10\times16^1+4\times16^0=164$

2. 十进制数转换成进二、十六制数

一个十进制整数转换成二进制数时,通常采用“除二取余”法,即用“2”连续除十进制数,直至商为 0,逆序排列余数即可得到。

例如,将 13 转换成二进制数:



结果:13=1101B

同理,将十进制数“除十六取余”,即可得到十六进制数。

例如,将 236 转换成十六进制数:



结果:236=ECH

1.1.3 计算机中的常用编码

在计算机中常需要把二进制代码按一定规律编排,使每组代码具有特定含义,这就是计算机中的编码。下面将介绍在计算机中有符号数的编码和 BCD 码等问题。

1. 有符号数的编码

数学上有符号数的正负号分别用“+”和“-”来表示。在计算机中由于采用二进制,只有“1”和“0”两个数字。一般规定最高位是符号位,最高位为“0”表示正数,为“1”表示负数。因在单片机中多数情况以 8 位二进制数为单位表示数字,因而下面所举例子均是 8 位二进制数。计算机中的带符号数有三种表示法,即原码、反码和补码。

(1) 原码

正数的符号位用“0”表示,负数的符号位用“1”表示,这种表示法称为原码。

例如: $X1 = +1010101$ $[X1]_{\text{原}} = 01010101$

$X2 = -1010101$ $[X2]_{\text{原}} = 11010101$

左边数称为真值,即为某数的实际有效值。右边为用原码表示的数,两者的最高位分别用“0”、“1”代替了“+”、“-”。

(2) 反码

一个数的反码很容易由原码求得。如果是正数,则其反码与原码相同;如果是负数,则其反码除符号位为 1 外,其他各数位均将 1 转换为 0,0 转换为 1。

例如: $X1 = +1010101$ $[X1]_{\text{反}} = 01010101$

$X2 = -1010101$ $[X2]_{\text{反}} = 10101010$

(3) 补码

一个数的补码也很容易由反码求得。如果是正数,则其补码与反码相同;如果是负数,则其补码为反码加 1。

例如: $X1 = +1010101$ $[X1]_{\text{补}} = 01010101$

$X2 = -1010101$ $[X2]_{\text{补}} = 10101011$

2. BCD 码

二进制编码的十进制数,定义为二—十进制,简称 BCD(Binary Coded Decimal)码。在 BCD 码中是用四位二进制数给 0~9 这 10 个数字编码。例如,十进制数 94 用 BCD 码表示即为 10010100。

使用这种数制既考虑了计算机的特点,又顾及到人们使用十进制数的习惯。在微型机中输入和输出数据时常采用这种数制。

BCD 码与十进制数的相互转换:按照 BCD 的四位编码与十进制的关系,可以很容易地实现 BCD 码与十进制数之间的转换。

例: 0100 1001 0111 BCD = 497

BCD 码与二进制之间的转换不是直接的,要先经过十进制,然后再转换为二进制;反之,过程类似。

1.1.4 二进制数的运算

二进制数的四则运算包括加、减、乘、除,在学习单片机原理时,尤其需要掌握其中的加、

减和乘法运算规则。

(1) 二进制数的加法

二进制数的加法运算规则为： $0+0=0$ ， $0+1=1$ ， $1+0=1$ （交换律）， $1+1=10$ （二进制中的“10”就是十进制的“2”）。例如：

$$\begin{array}{r} 1001\ 0110\text{B} \\ + 0111\ 0011\text{B} \\ \hline 10000\ 1001\text{B} \end{array}$$

(2) 二进制数的减法

二进制数向前借位时，为“10”。例如：

$$\begin{array}{r} 1001\ 0110\text{B} \\ - 0111\ 0011\text{B} \\ \hline 0010\ 0011\text{B} \end{array}$$

(3) 二进制数的乘法

二进制数的乘法运算规则为： $0\times 0=0$ ， $0\times 1=0$ ， $1\times 0=0$ ， $1\times 1=1$ 。例如：

$$\begin{array}{r} 10010110\text{B} \\ \times \quad 101\text{B} \\ \hline 10010110 \\ 00000000 \\ + 10010110 \\ \hline 1011101110\text{B} \end{array}$$

(4) 有符号数的运算

原码虽然比较简单、直观，但采用原码进行加、减运算时，计算机的电路将比较复杂。如果采用补码，就可以把减法变成加法运算，省去了减法器，大大简化了硬件电路。

例 1 $24-11=24+[-11]_{\text{补}}=13$

用二进制运算如下：

$$\begin{array}{r} 00011000\text{B} \\ + 11110101\text{B} \\ \hline 100001101\text{B} \end{array}$$

因为在 8 位机中，最高位 D7 的进位已超出计算机字长的范围，所以是自然丢失的。由此可见，在不考虑最高位产生进位的情况下，作减法运算与补码相加的结果完全相同。

例 2 $(-5)+(-6)=[-5]_{\text{补}}+[-6]_{\text{补}}=-11=\text{F5H}$

用二进制运算如下：

$$\begin{array}{r} 11111011\text{B} \\ + 11111010\text{B} \\ \hline 111110101\text{B} \end{array}$$

补码运算的结果仍为补码。本例所求和数符号位为 1，即为负数的补码。

由上述二例可见，当数用补码表示时，无论是加法还是减法都可采用加法运算，而且是连同符号位一起进行的，不必关心符号位，且能得到正确结果。因此，在计算机中普遍用补码来表示带符号的数。

上述四种数制的对照表如表 1-1 所示,由此可见各数制的异同。

表 1-1 各数制对照表

二进制	十进制	十六进制	BCD 码	二进制	十进制	十六进制	BCD 码
0000	0	0	0000	1000	8	8	1000
0001	1	1	0001	1001	9	9	1001
0010	2	2	0010	1010	10	A	00010000
0011	3	3	0011	1011	11	B	00010001
0100	4	4	0100	1100	12	C	00010010
0101	5	5	0101	1101	13	D	00010011
0110	6	6	0110	1110	14	E	00010100
0111	7	7	0111	1111	15	F	00010101

(5) 字母与字符的编码(ASC II 码)

由于计算机中采用二进制数,所以要在计算机中表示字母、字符等都要用特定的二进制码表示。

字母与字符用二进制码表示的方法很多。目前在计算机中最普遍采用的是 ASC II 码。它采用七位(b0~b6)二进制编码,故可以表示 128 个字符,其中包括数码 0~9 以及英文字母等可打印的字符。

1.2 基本逻辑电路

无论多么复杂的计算机,都是由若干基本电路单元组成。本节对计算机中最常见的基本电路作简单介绍,这些电路是组成计算机的硬件基础。

1.2.1 常用逻辑门电路

逻辑电路是计算机实现运算、控制功能所必需的电路,是计算机的基本单元电路。在逻辑电路中,只有输入和输出两种状态,即高电平和低电平。通常以逻辑“1”和“0”表示电平高低。下面简单介绍常用逻辑电路的逻辑符号和逻辑功能。

1. 与门

与门是一个能够实现逻辑乘运算的多端输入单端输出的逻辑电路。图 1-1(a)即为一个二输入的与门,其真值表如表 1-2 所示。逻辑函数式是:

$$Y = A \cdot B$$

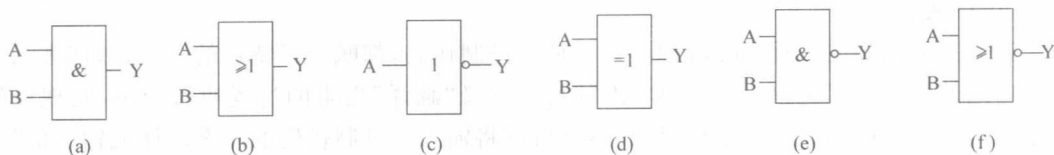


图 1-1 常用逻辑单元图形符号

(a)与门;(b)或门;(c)非门;(d)异或门;(e)与非门;(f)或非门

表 1-2 常用逻辑电路真值表

输入		输出				
A	B	与门	或门	非门	异或门	与非门
0	0	0	0	1	0	1
0	1	0	1	1	1	0
1	0	0	1	0	1	0
1	1	1	1	0	0	0

2. 或门

或门是一个能够实现逻辑加运算的多端输入单端输出的逻辑电路。图 1-1(b)即为一个二输入的或门,其真值表如表 1-2 所示。逻辑函数式是:

$$Y = A + B$$

3. 非门

非门是一个能够完成逻辑非运算的单端输入单端输出的逻辑电路。图 1-1(c)即为非门电路,其真值表如表 1-2 所示。逻辑函数式是:

$$Y = \overline{A}$$

4. 异或门

异或门是一个能够完成逻辑异或运算的多端输入单端输出的逻辑电路。图 1-1(d)即为一个二输入的异或门,其真值表如表 12-2 所示。逻辑函数式是:

$$Y = A \oplus B$$

5. 与非门

与非门是一个能够完成逻辑与非运算的多端输入单端输出的逻辑电路。图 1-1(e)即为一个二输入的与非门,其真值表如表 1-2 所示。逻辑函数式是:

$$Y = \overline{A \cdot B}$$

6. 或非门

或非门是一个能够完成逻辑或非运算的多端输入单端输出的逻辑电路。图 1-1(f)即为一个二输入的或非门,其真值表如表 1-2 所示。逻辑函数式是:

$$Y = \overline{A + B}$$

1.2.2 译码器

译码器是组合逻辑电路的一个重要器件,可以分为变量译码和显示译码两类。变量译码是一种较少输入变为较多输出的器件,一般分为 2n 译码和 8421BCD 码译码两类。显示译码主要解决二进制数显示成对应的十或十六进制数的转换功能,一般可分为驱动 LED 和驱动 LCD 两类。

译码是编码的逆过程,在编码时,每一种二进制代码,都赋予了特定的含义,即都表示了一个确定的信号或者对象。把代码状态的特定含义“翻译”出来的过程叫做译码,实现译码操作的电路称为译码器。或者说,译码器是可以将输入二进制代码的状态翻译成输出信号,表示其原来含义的电路。

译码器的种类很多,但它们的工作原理和分析设计方法大同小异,其中二进制译码器、

二—十进制译码器和显示译码器是三种最典型、使用十分广泛的译码电路。

译码器是典型的组合数字电路,是将一种编码转换为另一种编码的逻辑电路,学习译码器就必须与各种编码打交道。从广义的角度看,译码器有以下四类:

①二进制码译码器,也称最小项译码器、 N 中取一译码器,最小项译码器一般是将二进制码译为十进制码;

②代码转换译码器,是从一种编码转换为另一种编码;

③显示译码器,一般是将一种编码译成十进制码或特定的编码,并通过显示器件将译码器的状态显示出来。

④编码器,一般是将十进制码转换为相应的其他编码,其实质与代码转换译码器一样,编码是译码的反过程。

1.2.3 三态门(三态缓冲器)

为减少信息传输线的数目,大多数计算机中的信息传输线均采用总线形式,即凡要传输的同类信息都走同一组传输线,且信息是分时传送的。在计算机中一般有三组总线,即数据总线、地址总线和控制总线。为防止信息相互干扰,要求凡挂到总线上的寄存器或存储器的输出端不仅能呈现 0、1 两个信息状态,而且还应能呈现第三种状态——高阻抗状态(又称高阻状态),即此时好像它们的输出被开关断开,对总线状态不起作用,此时总线可由其他器件占用。三态门可实现上述功能,它除具有输入输出端之外,还有一控制端 E ,如图 1-2(a)所示。

当控制端 $E=1$ 时,输出=输入,此时总线由该器件驱动,总线上的数据由输入数据决定;当 $E=0$ 时,输出端呈高阻抗状态,该器件对总线不起作用。当寄存器输出端接至三态门,再由三态门输出端与总线连接起来,就构成三态输出的缓冲寄存器。图 1-3 所示即为一个 4 位的三态输出缓冲寄存器。由于这里采用的是单向三态门,所以数据只能从寄存器输出至数据总线。如果要实现双向传送,则要用双向三态门,如图 1-2(b)所示。

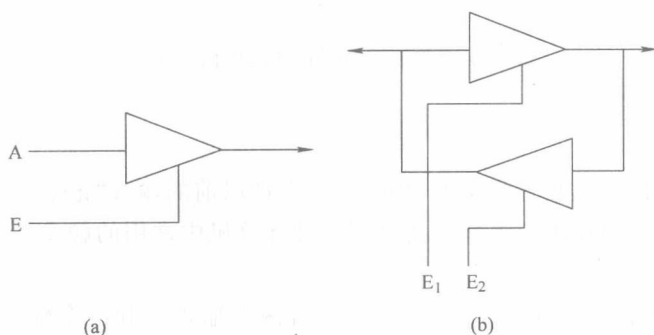


图 1-2 三态门

(a)单向三态门;(b)双向三态门

1.2.4 缓冲器

缓冲寄存器又称缓冲器,它分输入缓冲器和输出缓冲器两种。前者的作用是将外设送

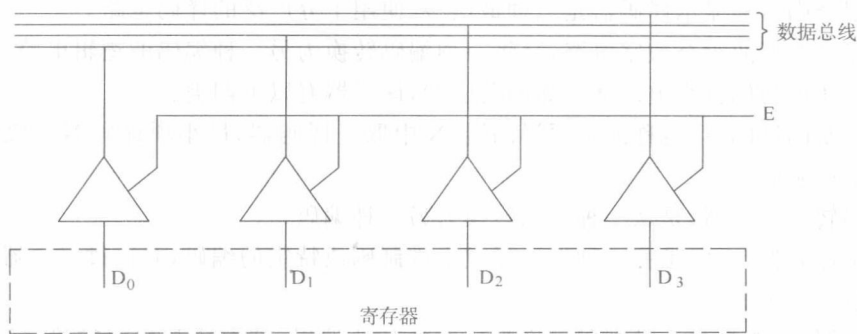


图 1-3 三态门输出缓冲寄存器

来的数据暂时存放,以便处理器将它取走;后者的作用是用来暂时存放处理器送往外设的数据,以便在适当的时间节拍和给定的计算步骤将数据输出到其他记忆元件中去。有了数控缓冲器,就可以在高速工作的 CPU 与慢速工作的外设之间起协调和缓冲作用,实现数据传送的同步。由于缓冲器接在数据总线上,故必须具有三态输出功能。

图 1-4 是一个并行输入、并行输出的四位缓冲寄存器的电路原理图,它由四个 D 触发器组成。

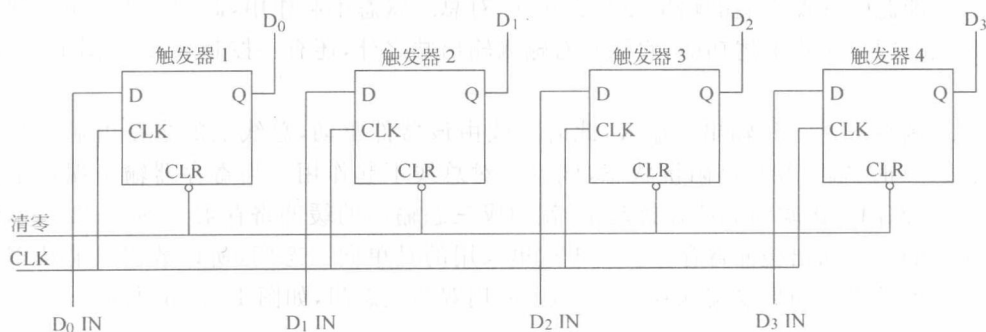


图 1-4 四位缓冲寄存器的电路原理图

1.2.5 触发器

触发器是计算机记忆装置的基本单元,它具有把以前的输入“记忆”下来的功能,一个触发器能储存一位二进制代码。下面简要介绍几种计算机中常用的触发器。

1. RS 触发器

RS 触发器的逻辑符号如图 1-5 所示。它有两个输入端和两个输出端。其中,S 为置位信号输入端,R 为复位信号输入端,Q 和 $\overline{Q}$ 为两个输出端。规定 Q 为高电平, $\overline{Q}$ 为低电平时,该触发器为 1 状态;反之为 0 状态。其真值表如表 1-3 所示。

2. D 触发器

D 触发器又称数据触发器,它的逻辑符号如图 1-6 所示。R、S 分别为置 0 端和置 1 端,触发器的状态是由时钟脉冲 CLK 上升沿到来时 D 端的状态决定。当 D=1 时,触发器为 1 状态;反之为 0 状态。其真值表如表 1-4 所示。

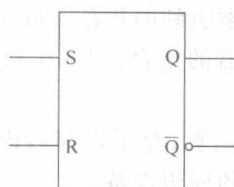


图 1-5 RS 触发器

表 1-3 RS 触发器真值表

输 入		输 出
S	R	Q $\bar{Q}$
0	0	不确定
0	1	1 0
1	0	0 1
1	1	保持不变

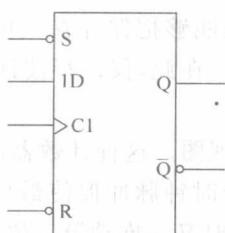


图 1-6 D 触发器

表 1-4 D 触发器真值表

时钟脉冲	输 入	输 出
	D	Q
	0	0
	1	1

3. JK 触发器

JK 触发器的逻辑符号如图 1-7 所示。R、S 分别为置 0 端和置 1 端。K 为同步置 0 输入端，J 为同步置 1 输入端。触发器的状态是由时钟脉冲 CLK 下降沿到来时 J、K 端的状态决定。其真值表如表 1-5 所示。

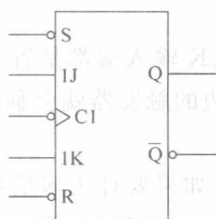


图 1-7 JK 触发器

表 1-5 JK 触发器真值表

时钟脉冲	输 入	输 出
	J K	Q
	0 0	不变
	0 1	0
	1 0	1
	1 1	翻转

JK 触发器逻辑功能比较全面，因此在各种寄存器、计数器、逻辑控制等方面应用最为广泛。但在某些情况，如二进制计数、移位、累加等，多用 D 触发器。由于 D 触发器线路简单，所以大量应用于移位寄存器等方面。

1.2.6 寄存器

寄存器是中央处理器内的组成部分，是有限存储容量的高速存储部件，它们可用来暂存指令、数据和位址。寄存器是由触发器组成的。一个触发器就是一个一位寄存器。多个触发器就可以组成一个多位寄存器。由于寄存器在计算机中的作用不同，从而被命名为不同的名称。在中央处理器的控制部件中，包含的寄存器有指令寄存器（IR）和程序计数器（PC）。在中央处理器的算术及逻辑部件中，包含的寄存器有累加器（ACC）。

寄存器是内存阶层中的最顶端，也是系统获得操作资料的最快速途径。寄存器通常都是以它们可以保存的位元数量来估量，举例来说，一个“8 位元寄存器”或“32 位元寄存器”。

寄存器通常都用来指由一个指令输出或输入可以直接索引到的暂存器群组。可称它们为“架构寄存器”。例如，x86 指令及定义八个 32 位元寄存器的集合，但一个具备 x86 指令集的 CPU 可以包含比八个更多的寄存器。

寄存器的作用是可将寄存器内的数据执行算术及逻辑运算；存于寄存器内的地址可用来指向内存的某个位置，即寻址；可以用来读写数据到电脑的周边设备。

1.2.7 计数器

计数器也是由若干个触发器组成的寄存器，它的特点是能够把储存在其中的数字加 1 或减 1。计数器的种类很多，有行波计数器和同步计数器等。在此，仅以行波计数器为例进行介绍。

图 1-8 就是由 JK 触发器组成的行波计数器的工作原理图。这种计数器的特点是：第一个时钟脉冲促使其最低有效位加 1，使其由 0 变 1；第二个时钟脉冲促使最低有效位由 1 变 0，同时推动第二位，使其由 0 变 1；同理，第二位由 1 变 0 时又去推动第三位，使其由 0 变 1。这样如水波前进一样逐位进位下去。

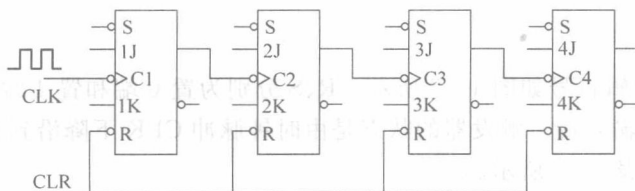


图 1-8 行波计数器的工作原理

图 1-8 中各位的 J、K 输入端都是悬浮的。这相当于 J、K 输入端都是置 1 的状态，即各位都处于准备翻转的状态。只要时钟脉冲边沿一到，最右边的触发器就会翻转，即 Q 由 0 转为 1 或由 1 转为 0。

图 1-8 中的计数器是四位的，因此可以计 0~15 的数。如果要计更多的数，需要增加位数，如 8 位计数器可计 0~255 的数，16 位计数器则可以计 0~65 535 的数。

思考与练习

1. 将下列各二进制数转换为十进制数。

(1)11010B (2)110100B (3)10101011B (4)11111B

2. 将第 1 题中各二进制数转换为十六进制数。

3. 将下列各数转换为十六进制数。

(1)129D (2)253D (3)01000011BCD (4)00101001BCD

4. 什么叫原码、反码及补码？

5. 已知原码如下，写出其补码和反码（其最高位为符号位）。

(1) $[X]_{\text{原}} = 01011001$ (2) $[X]_{\text{原}} = 11011011$

(3) $[X]_{\text{原}} = 00111110$ (4) $[X]_{\text{原}} = 11111100$

6. 当计算机把下列数看成无符号数时，它们相应的十进制数为多少？若把它们看成是

补码,最高位为符号位,那么它们相应的十进制数是多少?

(1)10001110 (2)10110000 (3)00010001 (4)01110101

7. 触发器、寄存器及存储器之间有什么关系?

8. 三态门有何作用? 其符号如何画?

9. 指出下列各式中,当自变量取哪些值时 $F=1$?

(1) $F=AB+\bar{A}\bar{B}$

(2) $F=\bar{A}\bar{B}+\bar{A}B$

(3) $F=\bar{C}+AB$

(4) $F=ABC+AB\bar{C}+A\bar{B}C$