

清华大学计算机系列教材

计算机组成与结构 (第4版)习题详解 与实验指导

王爱英 编著



清华大学出版社

TP303/16=3C

2007

清华大学计算机系列教材

计算机组成与结构 (第4版)习题详解 与实验指导

王爱英 编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书是配合清华大学系列教材《计算机组成与结构(第4版)》而编写的习题详解和实验指导。全书共分两部分:第一部分是《计算机组成与结构(第4版)》各章编写的习题集及其参考解答;第二部分是计算机的硬件实验与测试方法,是根据作者多年来的教学和科研工作经验编写的。

本书可作为计算机专业和其他相关专业的计算机原理课程的补充教材或课外阅读资料,也可供计算机硬件的设计、制造和维修工程技术人员阅读和参考。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

图书在版编目(CIP)数据

计算机组成与结构(第4版)习题详解与实验指导/王爱英编著. —北京:清华大学出版社, 2007. 11

(清华大学计算机系列教材)

ISBN 978-7-302-15232-3

I. 计… II. 王… III. 计算机体系结构—高等学校—教学参考资料 IV. TP303

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第071279号

责任编辑:马瑛珺 顾 冰

责任校对:时翠兰

责任印制:李红英

出版发行:清华大学出版社

<http://www.tup.com.cn>

c-service@tup.tsinghua.edu.cn

社 总 机:010-62770175

投稿咨询:010-62772015

地 址:北京清华大学学研大厦A座

邮 编:100084

邮购热线:010-62786544

客户服务:010-62776969

印 装 者:北京鑫海金澳胶印有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:12.5

字 数:292千字

版 次:2007年11月第1版

印 次:2007年11月第1次印刷

印 数:1~5000

定 价:18.00元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。
联系电话:010-62770177 转 3103 产品编号:024321-01

前 言

计算机技术的飞速发展以及计算机的推广应用,使得计算机的应用十分广泛,从航天航空领域到家用电器领域都是如此。

计算机由硬件和软件组成,随着软件(操作系统、系统软件和应用软件)的发展,计算机的使用变得非常容易,从而能在各个行业中推广,然而这一切都建立在硬件的基础上。

清华大学出版社出版的教材《计算机组成与结构(第4版)》对计算机硬件进行了全面论述,帮助读者掌握相关的计算机硬件知识,本书是为配合该书的教学而编写的,全书由两部分组成。

第一部分为第1章~第12章,是与教科书中每一章相配合的习题及其解答,在内容方面涉及计算机的各个组成部件和整机(从工作原理到具体结构),尤其对教科书中各章的重点和难点,通过习题形式予以解答。本书中的习题基本上都给出了详细的解题过程,希望读者注意解题思路。另外有些题(尤其是具有设计性质的题)可以有多种解答方法,读者如能得出不同的题解,甚至用更便捷的方法得出答案则将收益不少,这是完全有可能的。

第二部分为第13章,是实验与测试,要学好“计算机组成与结构”这门课程,除了学好书本知识之外,实践也是很重要的。由于计算机涉及的知识面广,结构又比较复杂,因此通过多种途径加强实践是很重要的,做实验、搞设计,阅读并分析计算机的逻辑设计图,参加计算机的测试与调试等都是很好的实践环节。

实验是在教师和实验室工作人员帮助下进行的,安排适当,可以很快掌握实验技巧,学会仪器的使用方法,增强实际动手能力,为今后参加设计工作、调试工作,进入计算机的核心技术领域打好基础。

计算机是很复杂的设备,在设计阶段就要考虑怎样测试的问题。本部分提出了实验与测试的内容及其对设备的要求。考虑到各校实验设备与实验条件的差异,本部分不与具体的实验设备挂钩。

在这里还要强调一下,实验与测试的方法可以有多种多样,在实践中没有最好的方法,但肯定有更好的方法。

本书的编写得到了杨蔚明同志的帮助,她为本书的部分习题进行了解答,在此表示感谢!

本书在清华大学出版社的鼓励和支持下出版了,由于作者的知识水平和工作经验有限,所以给出的解答只是一种参考,也有可能存在错误和不妥之处,随时希望得到有识之士的指教。

作 者

2007年6月

目 录

第一部分 习题和解答	1
第 1 章 计算机系统概论.....	3
第 2 章 计算机的逻辑部件.....	8
第 3 章 运算方法和运算部件	21
第 4 章 主存储器	41
第 5 章 指令系统	49
第 6 章 中央处理器	61
第 7 章 存储系统	95
第 8 章 辅助存储器.....	121
第 9 章 输入输出(I/O)设备	133
第 10 章 输入输出(I/O)系统	139
第 11 章 计算机系统	156
第 12 章 计算机硬件设计和实现导论	165
第二部分 实验与测试	169
第 13 章 计算机硬件实验与测试技术	171
13.1 实验目的与内容	171
13.2 实验装置	172
13.2.1 控制板	172
13.2.2 启停控制电路	174
13.3 实验内容的设计	176
13.3.1 部件实验	176
13.3.2 整机实验	181
13.4 辅助软件	185
13.5 新计算机的测试、诊断和稳定性考验.....	185
参考文献	188

第一部分



习题和解答

第 1 章 计算机系统概论

1. 什么是硬件？什么是软件？

答：计算机系统是由硬件和软件组成的。硬件是构成计算机系统的实际装置。软件是为便于计算机应用和对硬件进行管理而编写的程序。软件和硬件的界面为指令系统。

在计算机中能由硬件执行的程序是由指令组成的，因此计算机执行程序的过程，实际上就是按照给定次序执行一组指令的过程。在一条指令中规定了要求计算机进行的操作及其相关信息，例如操作数的来源等。所有指令的集合称为指令系统。在机器内部，指令是用二进制代码表示的。

软件可分为系统软件和应用软件。在系统软件中，操作系统是为管理硬件和人机交换信息而设计的；各种语言（高级语言、汇编语言等）的编译程序是为系统程序员编制系统软件 and 用户编制应用软件服务的。

2. 说明高级语言、汇编语言和机器语言三者的差别和联系。

答：用二进制代码表示的指令系统称之为机器语言。用一串二进制代码（0 和 1）来编制程序是很困难的，容易出错，也不便于检查，于是产生了汇编语言，它利用符号来表示指令。例如一条加法运算指令可用符号 ADD A,B 来表示，其中 ADD 表示加法操作，A、B 为两操作数（通常为操作数的地址）。同样可用 SUB 表示减法运算，MUL 表示乘法运算等。汇编语言表示的一条语句基本上与机器语言表示的一条指令相对应，但计算机的硬件只能执行用机器语言编写的程序，因此需要由编译程序将汇编语言程序转换成机器语言程序。

无论用汇编语言还是用机器语言编写程序都需要对计算机硬件结构和指令系统有深入的理解，这对编程人员的要求是很高的，不易推广。

高级语言程序是由英文字母、数字、符号和计算公式等按照一定的语法规则组成的，编写程序时不需要了解硬件结构和指令系统，高级语言的一条语句的功能比汇编语言（或机器语言）的一条指令的功能强得多，相对来说，编程也比较容易。但是在执行该程序时要先将它翻译成机器语言，翻译工作是由系统程序员预先设计好的编译程序在计算机上运行而自动完成的。

3. 计算机硬件由哪几部分组成？各部分的作用是什么？各部分之间是怎样联系的？

答：组成计算机的基本部件有中央处理部件（CPU）、存储器和输入输出设备。

CPU 主要用于处理数据和控制程序（指令流）的执行，发出执行每条指令所需要的控制信号。

存储器用于存储信息（程序和数据）。存储器芯片中的最小存储单元是 1 位二进制代码（0 或 1）。若干个二进制代码组成 1 个字，字长可以是 8 位、16 位、32 位或 64 位等，由各个机器自行定义。8 位代码组成一个字节。存储器的每个字（或字节）都有一个唯一的地址。一般存储器本身没有处理数据的能力，仅能根据 CPU 送来的地址和读写命令取出或写入信息（指令或数据）。

输入设备用来输入原始数据和处理这些数据的程序。输入的内容存放在存储器中,可以通过 CPU 传送,也可以直接从输入设备传送到存储器中,后者由输入设备给出存储器地址和写命令。

输出设备用来输出计算机的处理结果,同样可以由 CPU 或存储器直接送来输出的内容,后者由输出设备给出存储器地址和读命令。

当前的计算机一般都能连接网络,联网设备可看作是输入输出设备的一种。

计算机各部件之间是通过总线联系的,根据作用的不同,分成地址总线、数据总线和控制总线 3 种,如图 1.1 所示。其中数据总线能双向传送数据。控制总线传送命令和应答信号,各部件之间的控制或应答信号也要相互传送。唯有地址线有所不同,CPU 仅送出地址,存储器仅接收地址,输入输出设备可接收从 CPU 送来的地址或向存储器送出地址。

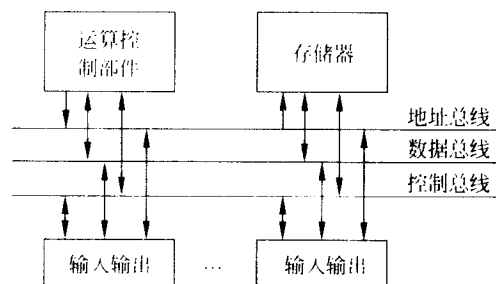


图 1.1 以总线连接的计算机框图

4. 计算机系统可分为哪几个层次?

答:如果用户用高级语言编写程序,该系统的层次结构如图 1.2 所示。但是应用程序并不一定要使用高级语言,此时实际运行时的层次结构将有所变化。

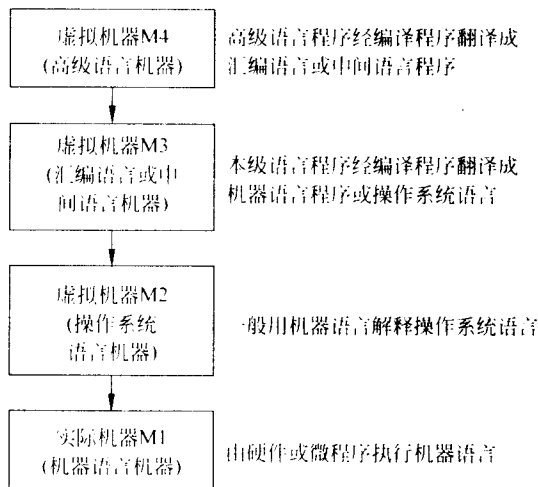


图 1.2 计算机系统的多级层次结构

5. 如何划分计算机发展的 4 个阶段(第一代到第四代)? 当前广泛应用的计算机主要采用哪种电路?

答:可以根据计算机采用的物理器件划分其发展的 4 个阶段。第一代主要采用电子管

器件,第二代主要采用晶体管器件,第三代主要采用集成电路器件,第四代主要采用大规模集成电路器件。根据摩尔定律,集成电路的集成度每隔 18 个月翻一番。当前广泛应用的计算机主要采用超大规模集成电路。

6. 试用汇编语言编写求 5 个数的平均值程序(自定指令系统)。

答:假设计算机至少有 3 个寄存器(R_1 、 R_2 和 R_3)。 R_1 存放被加数的个数,其初始值为 5。 R_2 用作变址寄存器,5 个数据(a、b、c、d、e)顺序存放在存储器中以 DATA 为起始地址的存储单元中。 R_3 为累加器,存放运算的中间结果和最后的累加和。

程序的流程图如图 1.3 所示。图中用 R_1 表示寄存器地址, (R_1) 为 R_1 中的内容, DATA 为存储器地址, $(DATA)$ 为 DATA 中的内容,其余类推。程序循环执行,第 1 次的加数 a 从 DATA 中取出,第 2 次的加数 b 从 DATA+1 中取出,……。每执行一次加法运算,变址寄存器的内容+1,循环次数 $(R_1)-1$,当 $(R_1)=0$ 时,5 个数相加完毕,除以 5 即得平均值。

用汇编语言编写的程序如下:

```

START:  MOV  R1, 5           ;将常数 5 传送到 R1
        CLR  R2           ;R2 清 0(0→R2)
        CLR  R3           ;R3 清 0(0→R3)
LOOP:   AOD  R3, DATA+(R2) ;R3 中得累加和
        INC  R2           ;(R2)→1→R2
        DEC  R1           ;(R1)→1→R1, 根据结果置状态位 Z, 如果结果(R1)为 0, Z=1,
                                ;否则 Z=0
        JMPZ LOOP          ;(R1)≠0, 转移到 LOOP; (R1)=0, 顺序执行下一条指令
        DIV  R3, 5         ;(R3)÷5→R3, R3 中为平均值
        HLT                    ;停机
DATA:   a                      ;数据
        b
        c
        d
        e
    
```

START、LOOP、DATA 是用符号表示的存储器地址。符号“;”后面的内容为注释。

7. 冯·诺依曼机结构的特点是什么? 近年来有哪些主要变化?

答:一般认为冯·诺依曼机具有如下基本特点:

- (1) 计算机由运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备 5 部分组成。
- (2) 采用存储程序的方式,程序和数据放在同一个存储器中,指令和数据一样可以送到运算器运算,即由指令组成的程序是可以修改的。
- (3) 数据以二进制码表示。

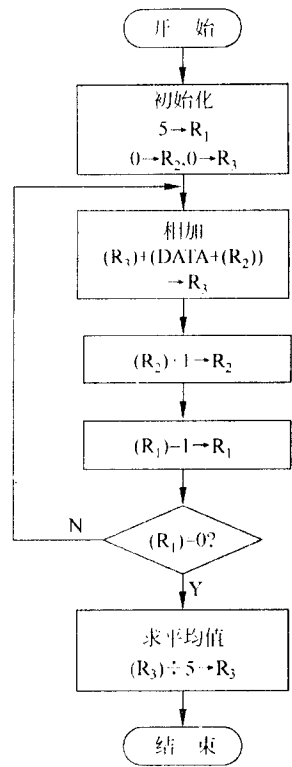


图 1.3 求平均值的程序流程

(4) 指令由操作码和地址码组成。

(5) 指令在存储器中按执行顺序存放,由指令计数器(即程序计数器 PC)指明要执行的指令所在的单元地址,一般按顺序递增,但可按运算结果或外界条件而改变。

(6) 机器以运算器为中心,输入输出设备与存储器间的数据传送都通过运算器。

60 多年来,随着技术的发展和 new 应用领域的开拓,对冯·诺依曼机做了很多改革,使计算机系统结构有了很大发展,例如程序与数据分开存放在不同的存储器区域中,程序不允许修改,机器不再以运算器为中心,而是以存储器为中心等,虽然有以上这些突破,但原则变化不大,习惯上仍称之为冯·诺依曼机。

8. 科学计算与数据处理有何差别?

答:科学计算的特点是数据值的变化范围大和计算工作量大,科学计算用的计算机一般设置有浮点运算指令。

数据处理的特点是输入输出的数据量大,但计算比较简单。

9. 通用计算机和控制计算机有何不同?

答:通用计算机一般用于科学计算、数据处理和计算机辅助设计等领域。

控制计算机一般用于工厂中的生产过程自动控制,通常都是实时控制,它们对计算机的速度要求不高,但可靠性要求很高。

用于控制的计算机,其输入信息往往是电压、温度、机械位置等模拟量,要先将它们转换成数字量,称为模数转换,然后计算机才能进行处理或计算。当从被控制对象测量到的信息是温度、位置等非电量时,要先将它们转换成电量,然后再转换成数字量。如何测量,用什么仪表测量也是一个很重要的问题。计算机的处理结果是数字量,一般要将它们转换成模拟量去控制对象,称为数模转换。如有需要,可将结果打印输出或显示在屏幕上,以供观察。提供计算机控制系统的厂家往往已将控制程序(称为应用程序包)编制好,可提供给用户。

10. Internet(因特网)采用什么协议?

答:因特网使用 TCP/IP 协议。TCP 为传输控制协议。IP 提供网间地址,在网络中心的统一管理下,对网络上的主机分配地址,保证一个地址对应一台网际主机,叫做 IP 地址。

11. 请解释网络中传输信息的两种方式:基带传输和宽带传输。

答:计算机中的信息以 0、1 两种方式出现,用以表示的电脉冲信号呈现方波形式,其所占据的频带通常为直流和低频,称为基带信号。在传输距离较近时,计算机网络系统都采用基带传输方式(例如以太网等局域网)。而在远程传输中,特别是通过无线信道或光信道进行的数据传输中,数字基带信号必须经过高频调制后才能在信道中进行传输,称之为数字基带信号的载波传输或宽带传输,在数字通信系统中大多采用载波调幅传输方式,有载波输出表示 1,无载波输出表示 0,如图 1.4 所示。

经过调制的数字信号在传输到接收端之后要通过滤波器滤掉相应的载波信号、噪声与干扰,从而恢复原来的基带信号,这一过程称为解调,其相应的设备叫解调器。将基带信号变换为调制信号的设备叫调制器。由于计算机通信时,既要接收信号,也要发送信号,因此需要具有调制和解调功能的设备,即调制解调器。

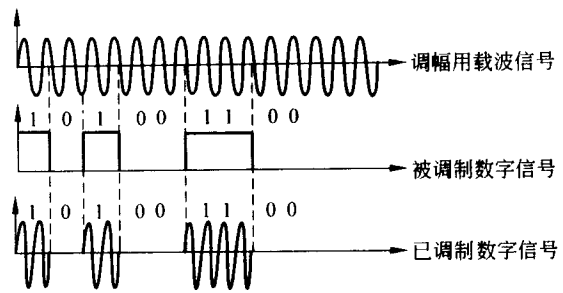


图 1.4 载波调幅信号

第 2 章 计算机的逻辑部件

1. 将下列逻辑表达式化简。

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

$$(2) F = AB + \bar{A}C + BC$$

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

$$(4) F = AB + \bar{B}D + (A+B)(A+\bar{B})(B+E)$$

答: (1) $(A+B)(A+\bar{B}) = A \cdot A + A\bar{B} + AB + B\bar{B} = A(1+\bar{B}+B) = A$

用卡诺图化简:

2 变量的卡诺图如图 2.1 所示。同时满足 $A+B$ 和 $A+\bar{B}$ 的是图中的重叠部分 A , 所以 $(A+B)(A+\bar{B}) = A$ 。

$$(2) AB + \bar{A}C + BC = AB + \bar{A}C + BC(A+\bar{A}) = AB(1+C) + \bar{A}C(1+B) = AB + \bar{A}C$$

用卡诺图化简:

3 变量的卡诺图如图 2.2 所示, BC 包含在 AB 和 $\bar{A}C$ 中, 所以可消去, $AB + \bar{A}C + BC = AB + \bar{A}C$ 。

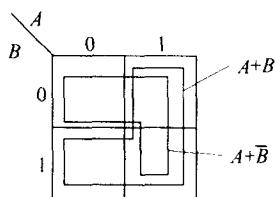


图 2.1 卡诺图(2 变量)

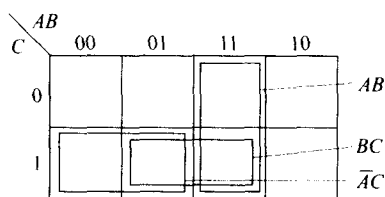


图 2.2 卡诺图(3 变量)

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

$$= (AB + ABCD) + (\bar{A}C + \bar{A}CBD) = AB + \bar{A}C$$

$$(4) AB + \bar{B}D + (A+B)(A+\bar{B})(B+E) = AB + \bar{B}D + (A + A\bar{B} + AB)(B+E)$$

$$= AB + \bar{B}D + A(B+E)$$

$$= AB + \bar{B}D + AE$$

2. 将下列逻辑表达式化简, 并画出(1)的逻辑图。

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

$$(2) F = AC + \bar{A}\bar{B} + \bar{B}\bar{C}D + B\bar{C}E + \bar{C}DE$$

答: (1) $A\bar{B} + A\bar{C}D + \bar{A}C + B\bar{C} = A\bar{B} + A\bar{C}D(B+\bar{B}) + \bar{A}C + B\bar{C}$

$$= A\bar{B} + A\bar{B}\bar{C}D + AB\bar{C}D + \bar{A}C + B\bar{C}$$

$$= A\bar{B}(1+\bar{C}D) + B\bar{C}(AD+1) + \bar{A}C$$

$$= A\bar{B} + B\bar{C} + \bar{A}C$$

用卡诺图化简:

4 变量卡诺图如图 2.3 所示。其中 $A\bar{C}D$ 包含在 $A\bar{B}$ 和 $B\bar{C}$ 中,可消去。所以 $A\bar{B} + A\bar{C}D + \bar{A}C + B\bar{C} = A\bar{B} + \bar{A}C + B\bar{C}$ 。

其逻辑图如图 2.4 所示。

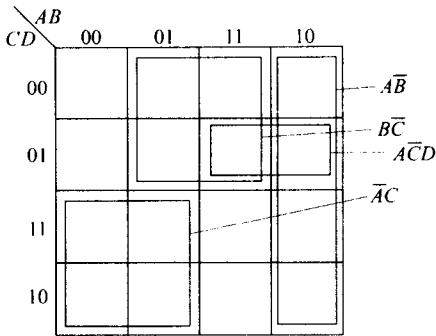


图 2.3 卡诺图(4 变量)

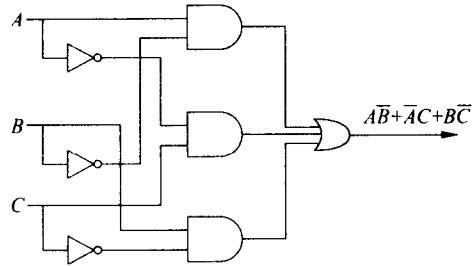


图 2.4 逻辑图

如果将公式变换如下:

$$\begin{aligned} A\bar{B} + B\bar{C} + \bar{A}C &= \overline{\overline{A\bar{B} + B\bar{C} + \bar{A}C}} = \overline{(\overline{A\bar{B}})(\overline{B\bar{C}})(\overline{\bar{A}C})} \\ &= \overline{(\bar{A} + B)(\bar{B} + C)(A + \bar{C})} \\ &= \overline{(\bar{A}B + \bar{A}C + BC)(A + \bar{C})} \\ &= \overline{\bar{A}B\bar{C} + ABC} \end{aligned}$$

则可用“与非门”构成,逻辑图如图 2.5 所示。

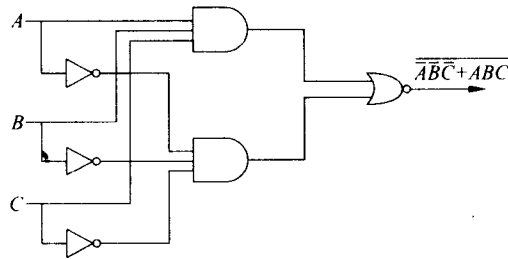


图 2.5 逻辑图

(2) 用卡诺图化简公式:

$$F = AC + \bar{A}\bar{B} + \bar{B}\bar{C}\bar{D} + B\bar{C}E + \bar{C}DE$$

5 变量卡诺图如图 2.6 所示,图中 AC 、 $\bar{A}\bar{B}$ 和 $B\bar{C}E$ 已用文字标出, $\bar{B}\bar{C}\bar{D}$ 由 00, 10, 04, 14 构成, $\bar{C}DE$ 由 30, 32, 36, 34 构成。

化简后,得 $F = AC + \bar{A}\bar{B} + \bar{B}\bar{D} + \bar{C}E$,其中 AC 和 $\bar{A}\bar{B}$ 从原公式中保留下来, $\bar{B}\bar{D}$ 由卡诺图中的 00, 01, 10, 11 和 05, 04, 15, 14 组成(用圆圈表示), $\bar{C}E$ 由 10, 30, 12, 16, 32, 36, 14, 34 组成(用椭圆表示)。

3. 用布尔代数的基本公式和规则证明下列等式成立。

(1) $A\bar{B} + BD + \bar{A}D + CD = A\bar{B} + D$

(2) $AB\bar{D} + A\bar{B}\bar{D} + AB\bar{C} = A\bar{D} + AB\bar{C}$

(3) $BC + D + \bar{D}(\bar{B} + \bar{C})(DA + B) = B + D$

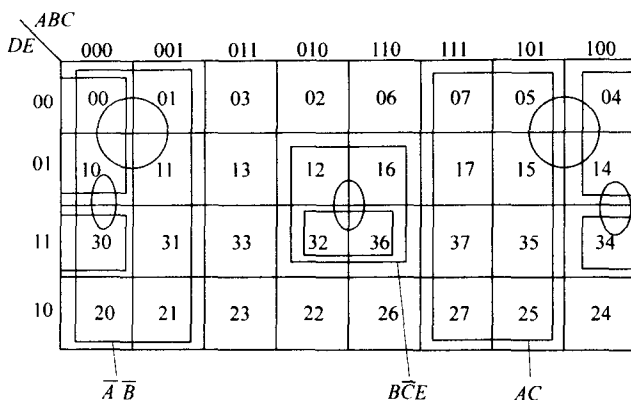


图 2.6 卡诺图(5 变量)

答: (1) $A\bar{B} + BD + \bar{A}D + CD = A\bar{B}(D + \bar{D}) + BD(A + \bar{A}) + \bar{A}D(B + \bar{B}) + CD$
 $= (A\bar{B}D + A\bar{B}\bar{D}) + (ABD + \bar{A}BD)$
 $+ (\bar{A}BD + \bar{A}\bar{B}D) + CD$
 $= (A\bar{B}D + ABD + \bar{A}BD + \bar{A}\bar{B}D) + A\bar{B}\bar{D} + \bar{A}\bar{B}D + CD$
 $= 1 \cdot D + A\bar{B}\bar{D} + \bar{A}\bar{B}D + CD$
 $= D + A\bar{B}\bar{D}$
 $= D + A\bar{B}$ (根据公式 $A + \bar{A}B = A + B$)
 $= A\bar{B} + D$

(2) $AB\bar{D} + A\bar{B}\bar{D} + ABC\bar{C} = A\bar{D}(B + \bar{B}) + ABC\bar{C} = A\bar{D} + AB\bar{C}$

(3) $BC + D + \bar{D}(\bar{B} + \bar{C})(DA + B) = BC + D + (\bar{B} + \bar{C})(DA + B)$
 $= BC + D + \bar{B}DA + \bar{C}DA + \bar{C}B$
 $= (C + \bar{C})B + (\bar{B}A + \bar{C}A)D + D$
 $= B + D$

4. 今有一全加器,其输入为 A, B, C ,其输出为 S (和), C' (进位),今输入为反码 $\bar{A}, \bar{B}, \bar{C}$,问此全加器是否能用? 该输出是什么?

答: 全加器能用,但输出是 S 的反码 \bar{S} , C' 的反码 \bar{C}' 。证明如下:
 根据全加器功能 $S = A\bar{B}\bar{C} + \bar{A}B\bar{C} + \bar{A}\bar{B}C + ABC$ 。将其变换,

$$\begin{aligned} \bar{S} &= \overline{A\bar{B}\bar{C} + \bar{A}B\bar{C} + \bar{A}\bar{B}C + ABC} \\ &= (\overline{A\bar{B}\bar{C}} + \overline{\bar{A}B\bar{C}})(\overline{\bar{A}\bar{B}C} + \overline{ABC}) \\ &= ((\bar{A} + B + C)(A + \bar{B} + \bar{C}))((A + B + \bar{C})(\bar{A} + \bar{B} + \bar{C})) \\ &= (\bar{A}\bar{B} + \bar{A}C + AB + BC + AC + \bar{B}C + C)(A\bar{B} + A\bar{C} + \bar{A}B + B\bar{C} + \bar{A}\bar{C} + \bar{B}\bar{C} + \bar{C}) \\ &= (\bar{A}\bar{B} + AB + C)(A\bar{B} + \bar{A}B + \bar{C}) \\ &= \bar{A}\bar{B}\bar{C} + AB\bar{C} + A\bar{B}C + \bar{A}BC \end{aligned}$$

说明: 当 A, B, C 用反码 $\bar{A}, \bar{B}, \bar{C}$ 输入时,通过全加器得到的是 \bar{S} 。

$$C' = AB + BC + AC$$

将其变换为

$$\begin{aligned} \bar{C}' &= \overline{AB + BC + AC} = (\bar{A} + \bar{B})(\bar{B} + \bar{C})(\bar{A} + \bar{C}) \\ &= (\bar{A}\bar{B} + \bar{A}\bar{C} + \bar{B}\bar{C})(\bar{A} + \bar{C}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \bar{A}\bar{B} + \bar{A}B\bar{C} + \bar{A}C + \bar{A}\bar{C} + \bar{A}B + \bar{B}C \\
 &= \bar{A}\bar{B} + \bar{A}\bar{C} + \bar{B}C
 \end{aligned}$$

说明：当 A, B, C 用反码输入时，通过全加器得到的进位是 \bar{C}' 。
也可用表 2.1 的真值表来验证。

表 2.1 和(S)与进位(C')的真值表

输 入			输 出						
A	B	C	\bar{A}	\bar{B}	\bar{C}	S	C'	\bar{S}	\bar{C}'
0	0	0	1	1	1	0	0	1	1
0	0	1	1	1	0	1	0	0	1
0	1	0	1	0	1	1	0	0	1
0	1	1	1	0	0	0	1	1	0
1	0	0	0	1	1	1	0	0	1
1	0	1	0	1	0	0	1	1	0
1	1	0	0	0	1	0	1	1	0
1	1	1	0	0	0	1	1	0	0

5. 今用两片 74181 芯片构成 8 位带符号整数的加法器，实现输入 $A = A_7 A_6 \dots A_0$ 与 $B = B_7 B_6 \dots B_0$ 之间的加法运算，结果为 $F = F_7 F_6 \dots F_0$ ，其中 A_7, B_7 和 F_7 为符号位。试写出判断溢出的逻辑表达式。

答：本题可在学习第 3 章加减法运算后再做。

根据计算机中数值的表示方法。符号位为 0，表示正数，符号位为 1，表示负数。符号位参与运算。

(1) 加法运算：当相加两数皆为正数或皆为负数时有可能溢出(数值超出计算机所能表示的范围称为溢出)。如果结果的符号位与加数/被加数不同为溢出。即溢出条件 = $\bar{A}_7 \bar{B}_7 F_7 + A_7 B_7 \bar{F}_7$ 。

也可以有其他答案，举例如下(例子中只列出 4 位，从左到右为第 7 位到第 4 位，最高位的进位用 C_8 表示)：

• 两正数相加：

$$\begin{array}{r}
 0 \times \times \times \\
 + 0 \times \times \times \\
 \hline
 0 \times \times \times \\
 F_7 = 0, C_8 = 0 \\
 \text{(不溢出)}
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{r}
 0 \times \times \times \\
 0 \times \times \times \\
 \hline
 1 \times \times \times \\
 F_7 = 1, C_8 = 0 \\
 \text{(溢出)}
 \end{array}$$

• 两负数相加：

$$\begin{array}{r}
 1 \times \times \times \\
 1 \times \times \times \\
 \hline
 11 \times \times \times \\
 F_7 = 1, C_8 = 1 \\
 \text{(不溢出)}
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{r}
 1 \times \times \times \\
 1 \times \times \times \\
 \hline
 10 \times \times \times \\
 F_7 = 0, C_8 = 1 \\
 \text{(溢出)}
 \end{array}$$

可以看出：两正数相加，不可能产生进位 C_8 ；两负数相加，必产生进位 C_8 。

• 正、负数相加：(不会溢出)

$$\begin{array}{r} 0 \times \times \times \\ 1 \times \times \times \\ \hline 10 \times \times \times \\ F_7=0, C_8=1 \end{array} \qquad \begin{array}{r} 0 \times \times \times \\ 1 \times \times \times \\ \hline 01 \times \times \times \\ F_7=1, C_8=0 \end{array}$$

将上例用真值表(表 2.2)表示。

表 2.2 加法运算的溢出条件

$A_7 \quad B_7$		溢 出 $F_7 \quad C_8$		不 溢 出 $F_7 \quad C_8$		$A_7 \quad B_7$		溢 出 $F_7 \quad C_8$		不 溢 出 $F_7 \quad C_8$	
0	0	1	0	0	0	1	0	/		0	1
1	1	0	1	1	1					1	0
0	1	/		0	1						
				1	0						

由表 2.2 可得出加法运算的溢出条件为：

$$A_7 \oplus B_7 \oplus F_7 \oplus C_8 = 1$$

(2) 减法运算($A-B$): 减数与被减数符号不同才可能溢出。如果 A 为正数, B 为负数, 结果 F 为正数时不溢出; 如果 A 为负数, B 为正数, 结果 F 为负数时不溢出, 否则为溢出。所以溢出条件 = $\bar{A}_7 B_7 F_7 + A_7 \bar{B}_7 \bar{F}_7$ 。

也可采用类似于加法运算方法列出减法运算的真值表, 得出减法运算的溢出条件为:

$$A_7 \oplus \bar{B}_7 \oplus F_7 \oplus C_8 = 1$$

实际上在 A_7, B_7, F_7 和 C_8 中取任意 1 个为反码, 其结果都是相同的。

根据以上所述, 判断是否溢出有多种方法, 还可以有其他方法。选择的原则是: ① 电路数量少; ② 产生结果的延迟时间短。在不能兼顾时, 根据实际情况折中选择之。

本题选择下述方法较为合适:

$$\text{溢出} = \text{加法运算}(\bar{A}_7 \bar{B}_7 F_7 + A_7 B_7 \bar{F}_7) + \text{减法指令}(\bar{A}_7 B_7 F_7 + A_7 \bar{B}_7 \bar{F}_7)。$$

6. 设计用若干个全加器和若干个与门实现的 8421 码十进制加法器单元电路, 运算结果保存在 D 触发器(寄存器)中。如果全加器的输出不用触发器保存是否可以?

答: 采用 8421 码的十进制数, 当运算结果 ≥ 10 (十进制) 时应产生进位信号, 设 $A_3 \sim A_0$ 和 $B_3 \sim B_0$ 是参加运算的两个数, 其中 A_3 和 B_3 是高位, $F_3 \sim F_0$ 是运算结果, $C_4 \sim C_1$ 是全加器的进位输出, 那么 8421 码向高位进位的条件是 $C_4 + F_3(F_2 + F_1)$, 其中 C_4 是运算结果 ≥ 16 时的进位信号, $F_3(F_2 + F_1)$ 是运算结果在 10~15 之间时的进位信号。有关 8421 码的十进制运算规则参见教材, 本题也可以在学习了有关内容时再做。当产生进位信号时, 本位数据应该加 6, 即二进制的 0110。所以十进制加法分 2 步进行, 步骤如下:

① 执行 $A+B$, 将 F 保存在寄存器中。

② 如果上次加法结果有进位, 即 $C_4 + F_3(F_2 + F_1) = 1$, 再进行一次 +6 运算, 将相加结果(最后的结果)再次保存到寄存器。

如果上次加法结果无进位, 则不再进行 +6 操作。

十进制加法器单元电路如图 2.7 所示。图 2.8 是外部送来的控制信号时序图。如果时钟 CP 直接加在 D 触发器的脉冲输入端, 则触发器的电位输入端逻辑图将按图 2.18(第 12 题的(1))修改。

第 1 次执行 $A+B$ 运算的结果与进位保存在寄存器中, (其输出用 $F_3'F_2'F_1'F_0'$ 和 C_4' 来表示), 以保证执行 +6 运算时, +6 命令'的完整性, 否则由于全加器无记忆功能其输出随输