

高等教育出版社

高等工程专科试用教材

电子技术基础

数字部分

华中理工大学电子学教研室

邹寿彬 陈捷 编

邹寿彬 主编

351440

高等工程专科试用教材

电子技术基础

数字部分

华中理工大学电子学教研室

邹寿彬 陈捷 编

邹寿彬 主编

高等教育出版社

(京)112号

内容简介

本书是按照1989年国家教育委员会组织制订的《高等工程专科学校电子技术基础课程教学基本要求》(草案)进行编写的,分模拟和数字两部分出版。本书与陈大钦主编的模拟部分配套。

数字部分共分8章,内容是:数字逻辑电路概述、逻辑门电路、组合逻辑电路的分析与设计基础、中规模集成组合逻辑电路、触发器、时序逻辑电路、脉冲信号的产生与整形、A/D和D/A转换器。各章都有小结、思考题和习题,书末附有参考文献。

本书取材时,在保证基本要求的前提下,尽可能考虑到学生能适应90年代电子技术发展的需要。考虑到大专的教学要求及教学规律,编入了较多的例题和设计举例,并注意了课程的实用性,以利于培养应用型人才。

本书可作为高等工程专科学校和普通高等工业学校2~3年制大专班电子、电气类的教材,也可作为高等学校本科有关专业的教学参考书,以及供从事电子技术的工程技术人员参考。

本书责任编辑 任庆陵

高等工程专科学校试用教材
电子技术基础
数字部分
华中理工大学电子学教研室
邹寿彬、陈捷 编
邹寿彬 主编

高等教育出版社出版
新华书店总店北京科技发行所发行
北京印刷一厂印装

开本850×1168 1/32 印张10.125 字数260 000

1991年10月第1版 1991年10月第1次印刷

印数0001—4 215

ISBN 7-04-003517-0/TN·164

定价3.90元

序

本书是按照1989年国家教育委员会组织制订的《高等工程专科学校电子技术基础课程教学基本要求》(草案)进行编写的,分模拟部分和数字部分两册出版。本书可作为普通高等工业学校中的大专班和高等工程专科学校电气类、电子类专业“电子技术基础”课程的教材使用,对于高等学校本科有关专业,它也是一本比较精炼的教学参考书。

编写本书的指导思想是:

1. 在处理不断更新的电子技术内容和教材有限篇幅之间的矛盾时,我们采取的措施是在保证必要的基本概念、基本原理和基本分析方法的前提下,在取材时尽可能地考虑学生能适应90年代电子技术发展的需要。为此,本书在理论分析上以逻辑代数、卡诺图和真值(或功能)表为线索,要求学生确实掌握这些方法;在器件和电路的叙述上则由小规模集成电路向中、大规模集成电路发展。

2. 体现课程的实用性质。典型电路着重分析其功能和外部特性,典型器件着重叙述其功能表,并通过举例使学生掌握应用方法。在讲完组合逻辑电路和时序逻辑电路后,举例介绍应用中规模集成电路设计实际数字系统的方法。

3. 符合大专的教学要求和教学规律。高等工程专科学校的目标是培养高级工程技术应用型人才,为此本书重点不是放在理论分析上,而是放在应用和基本的设计方法上。同时每章内容都注意由浅入深,并配有一定数量的例题。

本书与陈大钦、肖锡湘、杨华编写的《电子技术基础》模拟部分是配套教材。

参加本书编写工作的有陈捷(1、2、3、4、7章)、邹寿彬(2、5、6、8章),邹寿彬为主编,负责全书的组织和

定稿。

在编写过程中，一直得到康华光教授的具体指导，并采用了由他主编的《电子技术基础》数字部分（第三版）中的一些材料。华中理工大学电子学教研室的同事们给予了热忱的帮助。本书由东南大学衣承斌教授主审，参加审阅的还有丁康源教授和郑虎申副教授，他们为初稿提出了许多具有方向性和指导意义的意见和修改建议。杨晓安、黄金兰、何志珍同志为本书绘制了全部插图。谨对上述所有同志表示衷心的感谢。

由于编者学识水平有限，书中必定有错误和不妥之处，敬请读者，特别是使用本书的教师和同学们提出批评和改进意见。

编者

1990年11月

于华中理工大学

数字电路常用文字符号表

$A_0, A_1, A_2 \dots$	第 0、1、2 … 位译码器地址输入
$A > B, A = B, A < B$	数字比较器 $A > B, A = B, A < B$ 输出
BCD	二-十进制码
BI	消隐输入
BO	借位输出
$C (CP)$	触发器时钟脉冲输入端
C_{ext}	外接电容端
CR	清零
D	D 触发器输入
$D_0, D_1, D_2 \dots$	第 0、1、2 … 位并行数据输入端
D_S	移位寄存器串行输入
D_{SL}	左移串行输入
D_{SR}	右移串行输入
EN	使能控制端
E_I, E_O	使能输入, 使能输出
FF	触发器
G	逻辑门
f_{max}	最高工作频率
I_{CCF}	正电源电流 (双极型)
I_{CCH}	输出高电平时电源电流 (双极型)
I_{CCL}	输出低电平时电源电流 (双极型)
I_D	静态电源电流
I_{DD}	“漏”电源电流 (MOS 型)
I_{DDH}	输出高电平时“漏”电源电流 (MOS 型)
I_{DDL}	输出低电平时“漏”电源电流 (MOS 型)
I_{IL}	低电平输入电流
I_{IH}	高电平输入电流
I_L	负载电流
I_O	输出电流

I_{OH}	输出高电平电流
I_{OL}	输出低电平电流
I_{REF}	参考电流 (基准电流)
$J、K$	$J K$ 触发器输入
L	逻辑函数
LD	置数控制
LT	灯测试输入
m	最小项
N	计数器计数输入端
N_o	扇出系数
P_D	静态功耗
P_M	最大允许功耗
R	$R S$ 触发器输入端、触发器清零端
R_{ds}	场效应管漏极-源极间的直流电阻
RBO	脉冲消隐输出
T	周期
t	时间
t_d	延迟时间
t_f	下降时间
t_H	保持时间
t_{on}	开通时间
t_{off}	关闭时间
t_{pd}	平均传输延迟时间
t_{pHL}	输出由高电平到低电平传输延迟时间
t_{pLH}	输出由低电平到高电平传输延迟时间
t_r	上升时间
t_{rc}	恢复时间
t_{set}	建立时间
t_w	脉冲宽度
t_{WH}	高电平脉冲宽度
t_{WL}	低电平脉冲宽度
t_{WO}	输出脉冲宽度

V_{CC}	正电源电压 (双极型)
V_{DD}	漏电源电压 (MOS型)
V_{EE}	负电源电压 (双极型)
V_{IH}	输入高电平电压
V_{IL}	输入低电平电压
V_{NH}	高电平噪声容限电压
V_{NL}	低电平噪声容限电压
V_{OH}	输出高电平电压
V_{OL}	输出低电平电压
V_{OFF}	关门电平
V_{ON}	开门电平
V_{REF}	参考电压 (基准电压)
V_{SS}	“源”电源电压 (MOS型)
ΔV_T	滞后电压
V_{T+}	正向阈值电压
V_{T-}	负向阈值电压
x	任意逻辑状态
↑	从低电平到高电平的跳变
↓	从高电平到低电平的跳变
⌋	高电平脉冲
⌋	低电平脉冲

目 录

1 数字逻辑电路概述

引言	1
1.1 数字电路的特点	2
1.1.1 数字电路的内容	2
1.1.2 逻辑状态与正、负逻辑	5
1.2 数制与码	6
1.2.1 数制	6
1.2.2 二进制码	12
1.3 基本逻辑函数	17
1.3.1 与逻辑	17
1.3.2 或逻辑	19
1.3.3 用极性指示符号表示与门和或门	21
1.3.4 非逻辑	22
1.3.5 与非门和或非门	23
1.3.6 逻辑函数的建立	23
小结	25
思考题和习题	26

2 逻辑门电路

引言	29
2.1 三极管-三极管集成逻辑门	30
2.1.1 TTL与非门的工作原理	30
2.1.2 TTL与非门的带负载能力	32
2.1.3 TTL与非门的电压传输特性及抗干扰能力	35
2.1.4 TTL与非门的参数	37
2.2 TTL集电极开路门和三态门	39

2.2.1	集电极开路门 (OC门)	40
2.2.2	三态门 (TSL门)	45
2.3	其他双极型逻辑门	47
2.3.1	肖特基 TTL 电路	47
2.3.2	发射极耦合逻辑 (ECL) 门	48
2.4	MOS逻辑门	50
2.4.1	N沟道 MOS 器件的结构和特性曲线	51
2.4.2	NMOS 逻辑门	53
2.4.3	CMOS 逻辑门	59
2.5	TTL 与 CMOS 逻辑门的接口技术	65
2.5.1	TTL 驱动 CMOS	65
2.5.2	CMOS 驱动 TTL	66
	小结	67
	思考题和习题	67

3 组合逻辑电路的分析与设计基础

	引言	73
3.1	逻辑代数	73
3.1.1	基本运算和基本定律	74
3.1.2	重要规则	77
3.2	逻辑函数的化简和变换	78
3.2.1	化简和变换的意义	78
3.2.2	代数法化简	80
3.3	逻辑函数的卡诺图化简法	82
3.3.1	最小项	82
3.3.2	卡诺图	84
3.3.3	用卡诺图化简逻辑函数	87
3.4	组合逻辑电路的分析与设计	91
3.4.1	组合逻辑电路的分析	92
3.4.2	组合逻辑电路的设计	94
3.5	组合逻辑电路中的竞争冒险	99

3.5.1 什么是竞争冒险.....	99
3.5.2 如何消除竞争冒险	100
小结	101
思考题和习题	102

4 中规模集成组合逻辑电路

引言	107
4.1 编码器和译码器	107
4.1.1 编码器	108
4.1.2 译码器	110
4.2 数据选择器和数据分配器	130
4.2.1 数据选择器	130
4.2.2 数据分配器	136
4.3 数字比较器	138
4.3.1 一位比较器	139
4.3.2 两位比较器	139
4.3.3 多位数的比较	141
4.4 加法器	143
4.4.1 半加器	143
4.4.2 全加器	144
4.4.3 多位加法器	145
4.5 其他组合逻辑电路	146
4.5.1 只读存储器 ROM	146
4.5.2 可编程逻辑阵列 PLA	151
小结	154
思考题和习题	155

5 触 发 器

引言	159
5.1 触发器的基本电路	159

5.1.1	基本 RS 触发器	159
5.1.2	时钟脉冲控制的 RS 触发器	165
5.2	主从触发器	168
5.2.1	主从触发器的工作原理	168
5.2.2	集成主从 RS 触发器	169
5.2.3	主从 JK 触发器和 T 触发器	171
5.2.4	TTL 集成触发器的参数	174
5.2.5	CMOS 主从 D 触发器	175
5.3	边沿触发器	178
	小结	180
	思考题和习题	181

6 时序逻辑电路

引言	186
6.1 移位寄存器	186
6.1.1 单向移位寄存器	186
6.1.2 并行存取单向移位寄存器	189
6.1.3 双向移位寄存器	194
6.2 计数器	197
6.2.1 异步二进制计数器	198
6.2.2 同步二进制计数器	203
6.2.3 十进制计数器	212
6.2.4 N 进制计数器	217
6.3 时序逻辑电路设计举例	228
小结	233
思考题和习题	234

7 脉冲信号的产生和整形

引言	238
7.1 预备知识	238

7.1.1	门坎电平 V_{th}	238
7.1.2	RC 电路的充、放电延时	240
7.2	单稳态触发器	242
7.2.1	由与非门构成的微分型单稳电路	242
7.2.2	由 555 定时器构成的单稳态触发器	248
7.2.3	集成单稳态触发器	252
7.2.4	单稳态触发器的应用	254
7.3	多谐振荡器	257
7.3.1	CMOS 多谐振荡器	257
7.3.2	石英晶体振荡器	260
7.3.3	由 555 定时器构成的多谐振荡器	260
7.4	施密特触发器	262
7.4.1	由 555 定时器构成的施密特触发器	263
7.4.2	施密特门电路	264
7.4.3	施密特电路的应用	266
	小结	268
	思考题和习题	268

8 A/D与D/A转换器

	引言	278
8.1	D/A转换器	278
8.1.1	D/A转换器的基本概念	278
8.1.2	D/A转换电路	280
8.1.3	D/A转换器的主要技术参数	282
8.1.4	集成D/A转换器举例	283
8.2	A/D转换器	288
8.2.1	采样/保持和A/D转换的基本概念	288
8.2.2	逐次逼近A/D转换器	291
8.2.3	双积分A/D转换器	295
8.2.4	并行A/D转换器	297

小结	300
思考题和习题	301
参考文献	305
TTL集成电路型号命名说明	307
新旧逻辑符号对照表	307

1 数字逻辑电路概述

引言 电子电路中的信号分为两类：模拟信号和数字信号。模拟信号是指幅度随时间连续变化的信号，如话筒中的音频电流信号，测温用的热电偶上得到的电压信号，它们的波形逼真地描绘出自然界物理量的变化，如图 1.0.1 a 所示。数字信号是指幅度和时间均断续变化的信号，即常称的离散信号，如自动生产线终端统计产品数量的序列脉冲信号，波形如图 1.0.1 b 所示，或者由模拟信号转化而来的电压信号，波形如图 1.0.1 c 所示。显然，用数字信号也能够表示声音、温度、压力等各种物理量的大

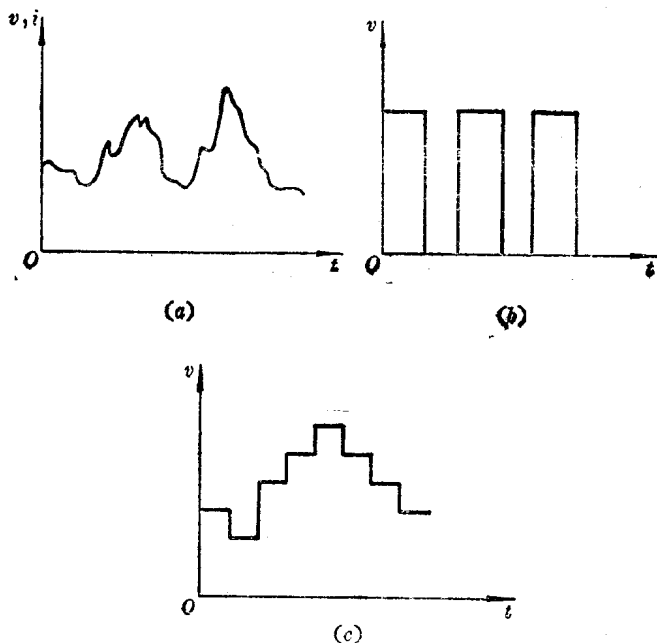


图 1.0.1 模拟信号和数字信号的波形
(a) 模拟信号 (b)、(c) 数字信号

小，只是存在着一定的误差，这正是模拟量和数字量相互转换时需要考虑的问题。电子电路对这两类信号的处理方法是完全不同的，由此划分成为模拟电子电路和数字电子电路。

1.1 数字电路的特点

1.1.1 数字电路的内容

1. 数字信号的表示方法

数字信号体现了电压（或电流）的有和无，它对应着半导体器件的截止与导通，所以数字信号可以用符号 0 和 1 来表示，它们代表两种截然相反的状态。典型的数字信号的波形就是矩形波。

2. 数字电路的范围

数字电路包含的种类很多，对数字信号的传送、控制、运算、计数、寄存、显示以及数字信号本身的产生、整形、变换都由数字电路来完成和实现。由于数字电路能完成的运算不仅仅是数值的运算，还包括逻辑状态的判断及运算，因此数字电路又称为数字逻辑电路。

举一个简单的例子。图 1.1.1 是数字频率计的方框图，该仪器用于测量周期信号的频率，被测信号可以是模拟信号也可以是

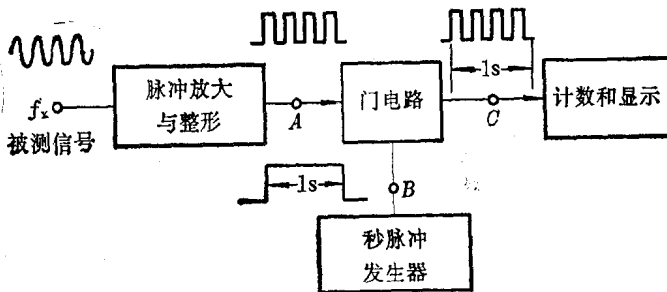


图 1.1.1 数字频率计方框图

数字信号。信号先经放大与整形电路变换为具有标准幅度的矩形脉冲，然后加到门电路的输入端A，门电路的开或关由加在B端的秒脉冲信号控制。秒脉冲信号将门打开一秒钟，使矩形脉冲通过门电路进入计数器，计数器在一秒钟内累计的脉冲个数就是信号的频率，结果由显示电路显示出来。该例中就用到了数字信号的产生、整形、控制、计数、显示等各种基本单元电路。

数字电路的应用极为广泛，主要用于数控装置、数字通信、数字测量和电子计算机等领域。

3. 数字集成电路概况

在数字电路中，双极型半导体器件晶体管工作于开关状态，即饱和导通或截止两个状态，其经过线性区的时间极为短暂，所以功耗很小；而单极型半导体器件MOS管则由于栅漏间的电阻 R_{gs} 高达 $10^{10}\Omega$ 数量级，以致于静态功耗接近于零，动态功耗也微乎其微。因此，相比于模拟电路，数字电路更易于高密度集成，分立元件几乎完全被淘汰。当前使用的数字集成电路种类繁多，一般按集成度将它们分为：

小规模集成电路SSI^①，其集成度为1~10门/片或10~100元件/片，主要是逻辑单元电路，如各种逻辑门电路、集成触发器等。

中规模集成电路MSI^②，10~100门/片或100~1000元件/片，是逻辑功能部件，例如译码器、编码器、选择器、比较器、寄存器、计数器、算术逻辑运算部件、A/D和D/A转换器等。

大规模集成电路LSI^③，100~1000门/片或1000~100000元件/片，是数字逻辑系统，如微型计算机使用的中央处理器(CPU)，存储器(ROM、RAM)和各种接口电路(PIO、CTC)等。

超大规模集成电路VLSI^④，1000门以上/片或 10^5 元件以上/

-
- ① SSI为Small Scale Integration的缩写。
 - ② MSI为Medium Scale Integration的缩写。
 - ③ LSI为Large Scale Integration的缩写。
 - ④ VLSI为Very Large Scale Integration的缩写。