



“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材



“十二五”江苏省高等学校重点教材

高等院校信息技术规划教材

数字电路逻辑设计 (第3版)

朱正伟 等 编著



清华大学出版社



“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材



“十二

重点教材

高等院校信息技术规划教材

数字电路逻辑设计 (第3版)

朱正伟 吴志敏 陆贵荣 梁向红 储开斌 何宝祥 编著



清华大学出版社
北京



本书是“十二五”江苏省高等学校重点教材,编号:2014-1-121。

本书结合应用型人才培养目标和教学特点,将传统数字电子技术与现代自动化数字电子技术的基础知识和工程理论有机融合,突破传统教学模式的局限,将目标定位于使学生在数字电子技术的基础理论、实践能力和创新精神三方面有明显的进步。引导学生基于全新的数字技术平台强化自己的学习效果,得以高起点地适应相关后续课程的要求。

全书共分10章,内容涉及数字电路基础、逻辑门电路、组合逻辑电路、组合逻辑电路的自动化设计、触发器、时序逻辑电路、时序逻辑电路的自动化设计、半导体存储器及其应用、脉冲波形的产生与变换、D/A与A/D转换器及其应用等。

本书结构完整、内容新颖、涉及面广,分析与设计方法灵活多样,配有大量的例题、习题和工程应用性项目,使读者比较容易接受、掌握和应用。

本书可以作为普通高等学校电类专业和机电一体化等非电类专业的技术基础课教材,也可以作为相关专业工程技术人员的学习及参考用书。

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 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

数字电路逻辑设计/朱正伟等编著. —3版. —北京:清华大学出版社,2017

(高等院校信息技术规划教材)

ISBN 978-7-302-46122-7

I. ①数… II. ①朱… III. ①数字电路—逻辑设计—高等学校—教材 IV. ①TN79

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 154810 号

责任编辑:袁勤勇 李 晔

封面设计:常雪影

责任校对:李建庄

责任印制:宋 林

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课件下载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

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:185mm×260mm

印 张:20.25

字 数:493千字

版 次:2006年2月第1版 2017年6月第3版

印 次:2017年6月第1次印刷

印 数:1~2000

定 价:49.00元

产品编号:071270-01

前言

本书第1版为国家普通高等教育“十一五”规划教材，2007年被评为江苏省高等学校精品教材，本书第2版为“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材。本书列入“十二五”江苏省高等学校重点教材，编号：2014-1-121。

本书在前两版的基础上，针对传统教材和教学中存在的问题，按照教育部电子电气基础课程教学指导委员会修订的课程教学基本要求，总结提高、修改增删而成。第3版教材在编写时突出了以下特点：

1. 将传统数字技术与现代数字技术有机融合

本教材以数字电子基本理论和基本技能为引导，以EDA平台和硬件描述语言为设计手段，将数字电子技术课程和EDA技术课程深度融合，建立传统数字电子技术设计和现代数字电子设计方法相结合的新课程体系。

2. 保持知识结构的合理性和新颖性

本教材以注重基本概念、基本单元电路、基本方法和典型电路为出发点，保证了数字电路知识点的完整性和合理性，同时教材中安排了许多针对性强的应用实例和自主创新型综合实践项目，体现了教材的新颖性。

3. 有利于与后续课程构成创新能力教学课程体系

本教材在构建时兼顾了与后续课程的衔接，包括基本知识的衔接、设计项目的可延伸性以及对学生创新能力培养的铺垫等，尽可能为后续课程创建良好的接口，由此可将数字电路、单片机技术、EDA技术、SoC、嵌入式系统等具有较大相关性的课程构建一个创新课程系列有机体。这可以优化相关专业的课程设置，让学生提前进入理论与工程实践相结合的高效学习和训练阶段，提前激发创造欲望，提前具备进入自主设计性空间的能力，提前为未来的学习和实践打开充裕的时间空间、自主学习空间和就业准备空间。

4. 注重创新能力的培养

本教材通过教材的启迪和教材中大量的有创意启发性的项目的训练,能动地激发创新意识,培养自主创新能力,从而使学生在数字电子技术的基本理论、实践能力和创新精神3方面能得到同步收获,有能力提早进入大学生课外科技活动。本教材以数字电路传统技术的介绍为基础,以自动化设计技术的学习为能力培养的手段,注重现代数字技术基本知识、理论和方法的介绍,注重工程能力、分析能力和实践能力的培养,全书构建了从介绍基础知识向创新能力培养逐级递进的学习和实践的阶梯。

参加本书第3版编写工作的有吴志敏(第1、2章)、梁向红(第3、4章)、陆贵荣(第5、6、7章)、朱正伟(第8章)、何宝祥(第9章)、储开斌(第10章),朱正伟负责全书的策划、组织和定稿。

作者虽然力求完美,但由于水平有限,错误和疏漏之处难免,恳请关心本教材的师生和其他读者不吝指正。

编者

2017年4月

目录

Contents

第 1 章	数字电路基础	1
1.1	数字电路概述	1
1.1.1	模拟信号和数字信号	1
1.1.2	数字电路及其分类	3
1.1.3	数字电路的特点	4
1.1.4	数字电路的分析、设计与测试	5
1.2	数制	6
1.2.1	常用计数制	6
1.2.2	数制转换	8
1.3	码制	10
1.3.1	二-十进制编码	10
1.3.2	可靠性代码	11
1.3.3	字符编码	12
1.4	二进制数的表示方法及算术运算	13
1.4.1	二进制数的表示方法	13
1.4.2	二进制数的算术运算	15
1.5	逻辑代数的运算	16
1.5.1	逻辑变量与逻辑函数	16
1.5.2	三种基本逻辑运算	17
1.5.3	复合逻辑运算	19
1.6	逻辑代数的基本定律和基本运算规则	20
1.6.1	逻辑代数的基本定律	20
1.6.2	逻辑代数的基本运算规则	21
1.7	逻辑函数的表示方法及标准形式	22
1.7.1	逻辑函数的表示方法	22
1.7.2	逻辑函数的两种标准形式	24

1.8 逻辑函数的化简	27
1.8.1 公式化简法	27
1.8.2 卡诺图化简法	29
1.8.3 具有无关项的逻辑函数及其化简	34
习题 1	36
第 2 章 逻辑门电路	39
2.1 TTL 集成门电路	39
2.1.1 TTL 与非门结构与工作原理	39
2.1.2 TTL 门的技术参数	40
2.1.3 TTL 数字集成电路系列简介	43
2.1.4 其他类型的 TTL 门	45
2.2 其他类型的双极型集成电路	48
2.2.1 ECL 电路	49
2.2.2 I ² L 电路	49
2.3 MOS 集成门电路	50
2.3.1 MOS 管的结构与工作原理	50
2.3.2 MOS 反相器	51
2.3.3 其他类型的 MOS 门电路	52
2.3.4 CMOS 逻辑门的技术参数	54
2.3.5 CMOS 数字集成电路系列简介	55
2.4 集成门电路的使用	56
2.4.1 TTL 门电路的使用	56
2.4.2 CMOS 门电路的使用	57
2.4.3 门电路的接口技术	58
习题 2	59
第 3 章 组合逻辑电路	62
3.1 传统的组合逻辑电路的分析与设计	62
3.1.1 传统的组合电路分析	62
3.1.2 传统的组合电路设计	66
3.2 编码器与译码器	70
3.2.1 编码器	70
3.2.2 译码器	72
3.3 数据选择器和数据分配器	78
3.3.1 数据选择器的功能及工作原理	78
3.3.2 常用集成数据选择器及其应用	79

3.3.3 数据分配器	81
3.4 数值比较器	84
3.4.1 数值比较器的工作原理	84
3.4.2 集成数值比较器	86
3.5 算术运算电路	87
3.5.1 加法运算电路	87
3.5.2 减法运算电路	89
3.6 可编程逻辑器件	90
3.6.1 可编程逻辑器件概述	90
3.6.2 可编程器件的结构及工作原理	92
3.6.3 可编程逻辑器件的产品及开发	94
3.6.4 复杂可编程逻辑器件 CPLD	97
3.6.5 现场可编程门阵列 FPGA	101
3.7 组合逻辑电路竞争与冒险	106
3.7.1 竞争冒险及产生原因	106
3.7.2 竞争冒险的判断方法	107
3.7.3 消除竞争冒险的方法	108
习题 3	109
第 4 章 组合逻辑电路的自动化设计	114
4.1 数字电路自动化设计与分析流程	114
4.1.1 传统数字电路设计中存在的问题	114
4.1.2 Quartus II 简介	115
4.1.3 自动化设计流程	116
4.2 原理图输入法组合逻辑电路设计	119
4.2.1 编辑输入图形文件	119
4.2.2 功能简要分析	123
4.2.3 编译工程	124
4.2.4 时序仿真测试电路功能	127
4.2.5 引脚锁定和编程下载	130
4.3 Verilog HDL 语言输入法组合逻辑电路设计	135
4.3.1 Verilog HDL 语法简介	135
4.3.2 用 Verilog 进行组合电路的设计	137
4.3.3 三人表决电路的语句表达方式	140
4.3.4 Verilog 的其他表达方式	141
4.3.5 4 位串行加法器综合设计	143
习题 4	146

第5章 触发器	148
5.1 基本 RS 触发器	148
5.1.1 电路结构	148
5.1.2 工作原理	148
5.1.3 逻辑功能及其描述	149
5.2 同步 RS 触发器	151
5.2.1 电路结构	151
5.2.2 工作原理	151
5.2.3 逻辑功能及其描述	151
5.2.4 同步触发器的空翻现象	153
5.3 主从触发器	153
5.3.1 主从 RS 触发器	153
5.3.2 主从 JK 触发器	154
5.4 边沿触发器	156
5.5 触发器功能的转换	158
5.6 集成触发器	162
5.6.1 集成触发器举例	162
5.6.2 集成触发器的脉冲工作特性	163
5.7 触发器的应用	165
习题 5	167
第6章 时序逻辑电路	171
6.1 时序逻辑电路概述	171
6.1.1 时序逻辑电路的结构及特点	171
6.1.2 时序逻辑电路的分类	172
6.2 时序逻辑电路的分析	172
6.2.1 时序逻辑电路一般分析步骤	172
6.2.2 同步时序逻辑电路分析	172
6.2.3 异步时序逻辑电路分析	175
6.3 时序逻辑电路的设计	177
6.3.1 同步时序逻辑电路的设计	177
6.3.2 异步时序逻辑电路的设计	180
6.4 计数器	182
6.4.1 二进制计数器	182
6.4.2 非二进制计数器	188
6.4.3 集成计数器的应用	192

6.5	寄存器	201
6.5.1	数码寄存器	201
6.5.2	移位寄存器	201
6.5.3	集成移位寄存器及其应用	203
习题 6		207
第 7 章	时序电路的自动化设计与分析	212
7.1	深入了解时序逻辑电路性能	212
7.1.1	基于 74LS161 宏模块的计数器设计	212
7.1.2	进位控制电路改进	214
7.1.3	通过控制同步加载构建计数器	215
7.1.4	利用预置数据控制计数器进位	216
7.2	计数器的自动化设计方案	218
7.2.1	基于一般模型的十进制计数器设计	218
7.2.2	含自启动电路的十进制计数器设计	219
7.2.3	任意进制异步控制型计数器设计	220
7.2.4	4 位同步自动预置型计数器设计	221
7.2.5	基于 LPM 宏模块的计数器设计	223
7.3	有限状态机设计与应用	226
7.3.1	有限状态机概述	226
7.3.2	步进电机控制电路设计	227
7.3.3	温度控制电路设计	231
习题 7		233
第 8 章	半导体存储器及其应用	235
8.1	概述	235
8.1.1	存储器的分类	235
8.1.2	半导体存储器的技术指标	236
8.2	随机存取存储器	237
8.2.1	RAM 的分类及其结构	237
8.2.2	静态存储单元	239
8.2.3	动态存储单元	240
8.2.4	RAM 的操作与定时	240
8.2.5	存储器容量扩展	242
8.3	只读存储器	244
8.3.1	ROM 的分类与结构	244
8.3.2	掩膜 ROM	244

108	8.3.3 可编程 PROM	245
108	8.3.4 其他类型存储器	246
108	8.3.5 ROM 存储器的应用	247
108	8.4 常用存储器集成芯片简介	248
108	8.4.1 6116 型 RAM 器简介	249
108	8.4.2 2764 型 EPROM 简介	249
108	8.5 存储器应用电路设计	250
108	8.5.1 多通道数字信号采集电路设计	250
108	8.5.2 DDS 信号发生器设计	254
108	习题 8	259
108	第 9 章 脉冲波形的产生与变换	261
108	9.1 集成 555 定时器	261
108	9.1.1 电路组成及工作原理	261
108	9.1.2 555 定时器的功能	262
108	9.2 施密特触发器	264
108	9.2.1 由门电路组成的施密特触发器	264
108	9.2.2 集成施密特触发器	265
108	9.2.3 由 555 定时器组成的施密特触发器	266
108	9.2.4 施密特触发器的应用	267
108	9.3 单稳态触发器	268
108	9.3.1 集成单稳态触发器	269
108	9.3.2 由 555 定时器组成的单稳态触发器	272
108	9.3.3 单稳态触发器的用途	273
108	9.4 多谐振荡器	274
108	9.4.1 由门电路构成多谐振荡器	275
108	9.4.2 石英晶体振荡器	276
108	9.4.3 用施密特触发器构成多谐振荡器	276
108	9.4.4 由 555 定时器构成多谐振荡器	277
108	9.5 综合应用电路	278
108	习题 9	279
108	第 10 章 D/A 与 A/D 转换器及其应用	282
108	10.1 概述	282
108	10.2 D/A 转换器	283
108	10.2.1 权电阻网络 D/A 转换器	284
108	10.2.2 倒 T 型电阻网络 D/A 转换器	285

10.2.3	权电流型 D/A 转换器	286
10.2.4	D/A 转换器的主要技术指标	287
10.2.5	D/A 转换器集成芯片及选择要点	288
10.2.6	集成 DAC 器件	290
10.3	A/D 转换器	291
10.3.1	A/D 转换器的工作原理	291
10.3.2	并行比较型 A/D 转换器	293
10.3.3	逐次比较型 A/D 转换器	295
10.3.4	双积分型转换器	297
10.3.5	A/D 转换器的主要技术指标	299
10.3.6	A/D 转换器集成芯片及选择要点	300
10.3.7	集成 ADC 器件	302
10.4	D/A 与 D/A 的典型应用电路	304
10.4.1	D/A 的典型应用电路	304
10.4.2	A/D 的典型应用电路	306
习题 10		308
参考文献		311

第 1 章 数字电路概述

1.1 模拟信号和数字信号

在自然界中存在着各种各样的物理量,但就其特点和变化规律而言,主要可分为两大类:模拟信号和数字信号。

1. 模拟信号

在自然界的许多物理量中,有一些物理量如温度、压力、声音、质量等都具有一个共同的特点,即它们在时间上是连续变化的,幅值上也是连续取值的。这种连续变化的物理量称为模拟量,表示模拟量的信号称为模拟信号,处理模拟信号的电子电路称为模拟电路。

2. 数字信号

与模拟量相对应的另一类物理量称为数字量。这些信号的变化发生在一系列离散的瞬间,其值也是离散的,即它们是一系列有限离散、数值也离散的信号。如电子表的秒信号、生产流水线上记录零件个数的计数信号等。表示数字量的信号称为数字信号,工作于数字信号下的电子电路称为数字电路。

1) 数字信号的主要参数

数字信号在电路中往往表现为突变的电压或电流,如图 1.1 所示。一个理想的周期

电路采用相同的逻辑电平标准,一般可以不标出高、低电平的具体值,而用逻辑0和逻辑1表示。

第1章 *chapter 1*

数字电路基础

引言 随着信息时代的到来,“数字”这两个字正以越来越高的频率出现在各个领域,数字化已成为当今电子技术的发展潮流。数字电路是数字技术的核心,是计算机和数字通信的硬件基础。数字电路包括信号的传送、控制、记忆、计数、产生、整形等内容。数字电路在结构、分析方法、功能、特点等方面均不同于模拟电路。数字电路的基本单元是逻辑门电路,分析工具是逻辑代数,在功能上则着重强调电路输入与输出间的因果关系。数字电路比较简单、抗干扰能力强、精度高、便于集成,因而在自动控制系统、测量设备、电子计算机等领域获得了日益广泛的应用。本章将首先介绍数字电路的一些基本概念及数字电路中常用的数制与码制,然后介绍逻辑代数的基本知识。

1.1 数字电路概述

1.1.1 模拟信号和数字信号

在自然界中存在着各种各样的物理量,但就其特点和变化规律而言,主要可分为两大类:模拟信号和数字信号。

1. 模拟信号

在自然界的许多物理量中,有一些物理量如温度、压力、声音、质量等都具有一个共同的特点,即它们在时间上是连续变化的,幅值上也是连续取值的。这种连续变化的物理量称为模拟量,表示模拟量的信号称为模拟信号,处理模拟信号的电子电路称为模拟电路。

2. 数字信号

与模拟量相对应的另一类物理量称为数字量。这些信号的变化发生在一系列离散的瞬间,其值也是离散的,即它们是一系列时间离散、数值也离散的信号。如电子表的秒信号、生产流水线上记录零件个数的计数信号等。表示数字量的信号称为数字信号,工作于数字信号下的电子电路称为数字电路。

1) 数字信号的主要参数

数字信号在电路中往往表现为突变的电压或电流,如图 1.1 所示。一个理想的周期

性数字信号,可以用以下几个参数来描绘。

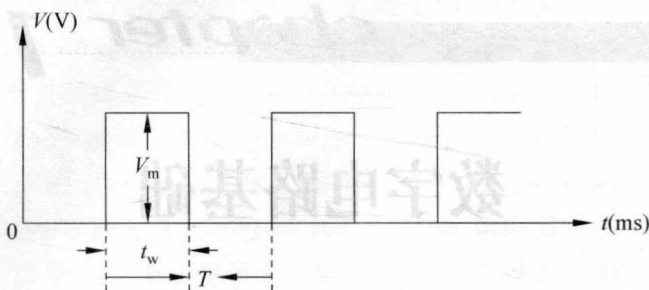


图 1.1 理想的周期性数字信号

V_m ——信号幅度。它表示电压波形变化的最大值。
 T ——信号的周期。信号的频率 $f=1/T$ 。
 t_w ——脉冲宽度。它表示脉冲的作用时间。
 q ——占空比。它表示脉冲宽度 t_w 占整个周期 T 的百分比,其定义为:

$$q(\%) = \frac{t_w}{T} \times 100\%$$

2) 数字信号的描述方法

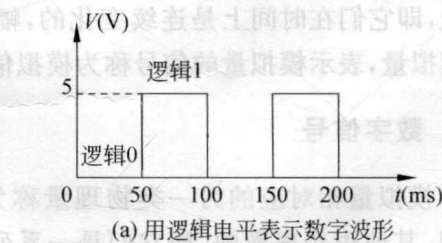
模拟信号的表示方法可以是数学表达式,也可以是波形图等等。数字信号的表示方法可以是二值数字逻辑以及由逻辑电平描述的数字波形。

在数字电路中,可以用 0 和 1 组成的二进制数表示数量的大小,也可以用 0 和 1 表示两种不同的逻辑状态。当表示数量时,两个二进制数可以进行数值运算,常称为算术运算。当用 0 和 1 描述客观世界存在的彼此相互关联又相互对立的事物时,如是与非、真与假、开与关等等,这里的 0 和 1 不是数值,而是逻辑 0 和逻辑 1。这种只有两种对立逻辑状态的逻辑关系称为二值数字逻辑或数字逻辑。

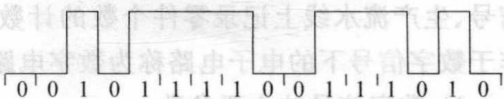
在电路中可以很方便地用电子器件的开关来实现二值数字逻辑,也就是以高、低电平分别表示逻辑 1 和逻辑 0 两种状态。在表示的时候有两种逻辑体制,其中正逻辑体制规定高电平为逻辑 1,低电平为逻辑 0;负逻辑体制规定低电平为逻辑 1,高电平为逻辑 0。

在分析实际数字电路时,考虑的是信号之间的逻辑关系,只要能区别出表示逻辑状态的高、低电平,可以忽略高、低电平的具体数值。如一类 CMOS 器件的电压范围与逻辑电平之间的关系是:信号电压在 3.5~5V 范围内,都表示高电平;在 0~1.5V 范围内,都表示低电平。这些表示数字电压的高、低电平通常称为逻辑电平。应当注意,逻辑电平不是物理量,而是物理量的相对表示。

图 1.2 所示为用逻辑电平描述的数字波形,其中图 1.2(a)所示的逻辑 0 表示低电平,逻辑 1 表示高电平。图 1.2(b)所示为 16 位数据的波形。通常在分析一个数字系统时,由于



(a) 用逻辑电平表示数字波形



(b) 16 位数据的图形表示

图 1.2 数字波形

电路采用相同的逻辑电平标准,一般可以不标出高、低电平的电压值,时间轴也可以不标。

1.1.2 数字电路及其分类

与模拟信号不同,数字信号的确立具有一定的人为性。模拟信号比较直接地反映了自然界中真实的物理量的变化,而数字信号量则是通过人为的选择,比较间接地反映实际的物理量的变化。例如,在任一小的时间段内,连续变化的电压值的取值具有无限多种,如果用计算机来直接处理这个模拟电压量显然是不可能的。因为再大的计算机内存也无法放下在此时间段内所发生的,而且是实际存在的无限多的电压值。因此,必须将随这段时间变化的电压值离散化,变成有限数目的电压值,再用计算机直接处理的数字数据(如二进制数)来表达这些离散的电压值。

数字电路是用数字信号完成对数字量进行算术运算和逻辑运算的电路。由于它具有逻辑运算和逻辑处理功能,所以又称数字逻辑电路。

电子电路按功能分为模拟电路和数字电路。根据分类方法的不同,数字电路可分为如下几类。

1. 按电路类型分类

1) 组合逻辑电路

组合逻辑电路的特点是输出只与当时的输入有关,电路没有记忆功能,输出状态随着输入状态的变化而变化,如编码器、加减法器、比较器、数据选择器等都属于此类。

2) 时序逻辑电路

时序逻辑电路的特点是输出不仅与当时的输入有关,还与电路原来的状态有关。它与组合逻辑电路最本质的区别在于时序电路具有记忆功能,类似于含储能元件的电感或电容的电路,如触发器、计数器、寄存器等电路都是时序电路的典型器件。

2. 按集成电路规模的大小分类

数字电路的发展历史与模拟电路一样,经历了由电子管、半导体分立器件到集成电路的过程。由于集成电路的发展非常迅速,很快占有主导地位,因此,数字电路主流形式是数字集成电路。

根据集成电路规模的大小,数字集成电路通常分为小规模集成(Small Scale Integration, SSI)电路、中规模集成(Medium Scale Integration, MSI)电路、大规模集成(Large Scale Integration, LSI)电路、超大规模集成(Very Large Scale Integration, VLSI)电路和甚大规模集成电路(Ultra Large Scale Integration, ULSI)。

1) 小规模集成(SSI)电路

小规模集成电路通常指含逻辑门个数小于10门(或含元件数小于100个)的电路,典型集成电路有逻辑门、触发器等。

2) 中规模集成(MSI)电路

中规模集成电路通常指含逻辑门数为10~99门(或含元件数100~999个)的电路,典型集成电路有计数器、加法器等。

3) 大规模集成(LSI)电路

大规模集成电路通常指含逻辑门数为 $100 \sim 9999$ 门(或含元件数 $1000 \sim 99\,999$ 个)的电路,典型集成电路有小型存储器、门阵列等。

4) 超大规模集成(VLSI)电路

超大规模集成电路通常指含逻辑门数为 $10\,000 \sim 99\,999$ (或含元件数 $100\,000 \sim 999\,999$ 个)的电路,典型集成电路有大型存储器、微处理器等。

5) 甚大规模集成(ULSI)电路

甚大规模集成电路通常指含逻辑门数大于 10^6 门(或含元件数大于 10^7 个)的电路,典型集成电路有可编程逻辑器件、多功能专用集成电路等。

3. 按所采用的半导体类型分类

1) 双极型电路

双极型电路采用双极型半导体器件作为元件。双极型集成电路又可分为 TTL(Transistor Transistor Logic)电路、ECL(Emitter Coupled Logic)电路和 I²L(Integrated Injection Logic)电路等类型。其中 TTL 电路的“性能价格比”最佳,应用最广泛。

2) 单极型电路

采用金属-氧化物半导体场效应管(简称为 MOS 管)作为元件。MOS 集成电路又可分为 PMOS、NMOS 和 CMOS 等类型。其中 CMOS 电路应用较普遍,因为它不但适用于通用逻辑电路的设计,而且综合性能最好。

1.1.3 数字电路的特点

数字电路主要采用二值逻辑,数字电路的理论基础和数学工具是逻辑代数。在数字电路中的电子器件,如二极管、三极管和 MOS 管等主要工作在开关状态,即导通或截止两种状态之一。对电路中电压和电流的精确值要求并不高,只要电路能可靠地区分出高、低电平即可。数字电路结构简单,便于集成化。

在电路结构上,数字电路和模拟电路都是由晶体管、集成电路等电子器件所组成的。但与模拟电路相比,数字电路主要有下列优点。

1. 容易设计,便于构成大规模集成电路

由于数字电路是以二值数字逻辑为基础的,只有 0 和 1 两个基本数字,易于用电路来实现,比如可用二极管的导通与截止这两个对立的状态来表示数字信号的逻辑 0 和逻辑 1。大多数数字电路都可以采用集成化电路来系列化生产,成本低廉、使用方便,从而进一步促进了集成电路在数字电路中的广泛应用。

2. 稳定性好,抗干扰能力强

在数字系统中,数字电路只需判断输入、输出信号是逻辑 1 还是逻辑 0,而无须知道其表示的电压或电流的精确值。只要噪声信号不超过高低电平的阈值,就不会影响逻辑状态,因而可以通过整形很方便地去除叠加于传输信号上的噪声与干扰,还可利用差错

控制技术对传输信号进行查错和纠错。

3. 信息的处理能力强

数字系统能方便地与电子计算机连接,利用计算机的强大功能进行数据处理,对输入的数字信号进行算术运算、逻辑运算,还能进行逻辑推理和判断,这在控制系统中是不可缺少的。

4. 精度高

数字电路可以很容易地通过增加二进制位数来使其结果达到人们所希望的精度。因此,数字电路组成的数字系统工作准确、精度高。

5. 保真度好

信号一旦数字化后,在传输和处理过程中信息的精度不会降低,即结果再现性好。例如同类型的数字电路总是能精确地产生相同的结果。而模拟电路输出的电压和电流信号则会受组件参数的变化和周围环境温度、湿度的变化,偏离原有的量值,从而产生不同的结果,这就是信号的失真。

6. 便于存储

数字信息便于长期保存,比如可将数字信息存入磁盘、光盘等长期保存。

7. 便于利用自动化设计技术

迅速发展的计算机技术使得数字系统设计完全可以利用自动化设计技术来实现。即直接利用计算机来完成数字电路系统的硬件设计与测试,从而极大地提高了数字电路的设计效率,这是模拟电路设计难以企及的。

8. 功耗小

由于数字电路中的组件均处于开关状态,极大地降低了静态功耗。

数字电路通常是由不同功能的数字电路模块构成的,它们存在着上述模拟电路无法比拟的优势,其应用日益广泛,在整个电路系统所占的比重也越来越大。随着集成电路制造技术的不断进步和发展,数字系统正在向低功耗、低电压、高速度、高集成度方向迅猛发展。集成电路的成本不断降低,产品类型层出不穷,大量使用大规模数字逻辑功能模块来高效设计数字产品已成为现实。因此在电子信息、通信与计算机工程领域,数字电子技术是一门发展最快、跨学科门类最多、应用最广的学科和实用技术。

1.1.4 数字电路的分析、设计与测试

1. 数字电路的分析方法

数字电路在电路结构、功能和特点等方面均不同于模拟电路,主要研究对象是电路