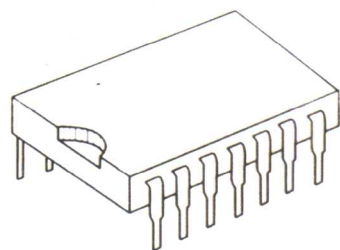




北京市高等教育精品教材立项项目



熊伟林 刘连青 主编

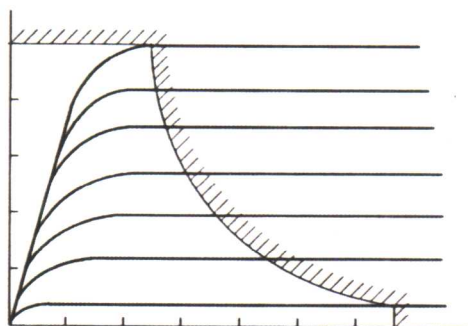
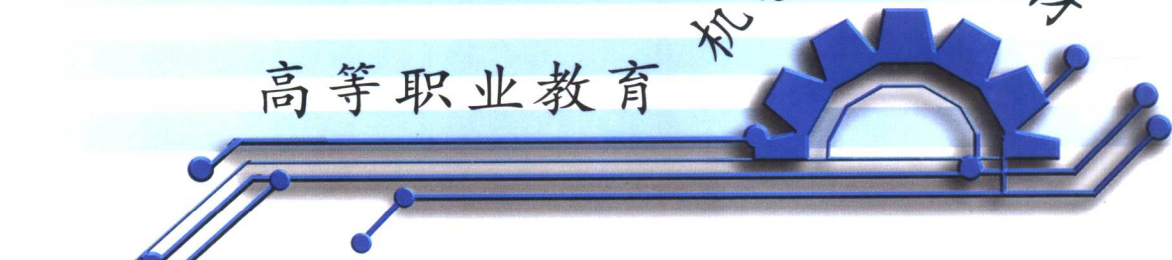


现代电子技术基础

(上册)

机电类系列教材

高等职业教育



清华大学出版社

北京市高等教育精品教材立项项目
高等职业教育机电类系列教材

现代电子技术基础 (上册)

主编 熊伟林 刘连青
主审 李庆常

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

现代电子技术的飞速发展要求学习者能够尽快了解和掌握最新的高科技知识,本书力求使读者在有限的时间里系统地掌握模拟电子技术及应用、数字电子技术及应用、高频电子线路等现代电子技术基础知识。

本书从实用电子技术基础理论和实验出发,介绍了现代电子技术的基本概念、元器件特性及其应用电路,同时给出了典型而且重要的电子线路实验方法,注重实践技能的培养。全书内容共8章,分上、下两册。上册主要包括现代电子技术基础知识、常用电子器件(包括模拟和数字元器件、集成器件等)、各种放大电路和集成运算放大器及其应用等内容;下册主要包括逻辑电路、信号产生电路、频率变换电路和自动控制电路等内容。书中配有适量的例题与习题。本书取材尽可能以实际应用电路为主,避免复杂的理论推导和计算,并尽量做到保证基础,适当延伸。在内容选择和讲解方面力图体现科学实用、讲法新颖、文字简练、层次分明的特点。

本书是北京市高等教育精品教材立项项目教材,可作为高职高专电子信息类专业电子技术课程的教材,也可作为电子技术工程人员或大专院校师生的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

现代电子技术基础(上册)/熊伟林,刘连青主编. —北京:清华大学出版社,2004

(高等职业教育机电类系列教材)

ISBN 7-302-07846-7

I. 现… II. ①熊… ②刘… III. 电子技术—高等学校:技术学校—教材 IV. TN

中国版本图书馆CIP数据核字(2003)第120202号

出版者:清华大学出版社

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

社总机:010-62770175

地 址:北京清华大学学研大厦

邮 编:100084

客户服务:010-62776969

组稿编辑:陈国新

文稿编辑:魏艳春

印刷者:北京市人民文学印刷厂

装订者:三河市李旗庄少明装订厂

发 行 者:新华书店总店北京发行所

开 本:185×260 印张:17.5 字数:403千字

版 次:2004年2月第1版 2004年2月第1次印刷

书 号:ISBN 7-302-07846-7/TN·165

印 数:1~4000

定 价:26.00元

本书如存在文字不清、漏印以及缺页、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)62770175-3103或(010)62795704

前 言

“现代电子技术基础”是高职高专院校电子信息类专业重要的技术基础课,主要包括模拟电子技术、数字电子技术、高频电子技术等内容。它的任务是使学生掌握现代电子技术基础的有关知识,提高专业知识水平、职业技能和综合素质,增强其适应职业变化和继续学习的能力。

本教材是北京市高等教育精品教材立项项目,是为高职高专电子信息类专业编写的教材。和传统的类似教材相比,本教材在内容组织和结构安排上都做了较大的改革和尝试。

本书没有采用传统的“先模拟、再数字、后高频”的学习模式,而是将模拟电子技术与数字电子技术、低频电子线路与高频电子线路有机地结合起来,构成一门综合性较强的课程。它首先概括地介绍了现代电子技术基础知识(第1章),使读者对模拟信号与数字信号、模拟电路(含高频电路、低频电路)与数字电路有初步的了解,明确现代电子技术基础的整体内容,接着比较集中地介绍了常用电子器件的特性或功能(第2章),包括分立器件和集成器件、模拟器件和逻辑器件,而后按常用电子电路类型分别介绍放大电路(第3章)、集成运放(第4章)、逻辑电路(第5章)、信号产生电路(第6章)、频率变换电路(第7章)和反馈控制电路(第8章)。其中第3章系统地介绍了各种类型的三极管放大器、调谐放大器和高低频功率放大器等,在此并没有将高低频电路截然分开,这样便于读者对各种放大电路的结构和特点进行比较,以更好地理解 and 掌握它们的功能,了解它们的应用。在第4章引入反馈的概念后,重点介绍了集成运算放大器的典型应用,如基本运算电路、有源滤波电路、电压比较器等。第5章在第1,2章的基础上,系统介绍了组合逻辑电路和时序逻辑电路的分析与设计方法,同时介绍了模拟-数字之间转换、可编程逻辑器件等内容。第6章对常用的信号产生电路做了系统介绍,主要包括直流稳压电源、各种高低频正弦波振荡器、函数信号发生器等内容。第7章介绍了调幅与检波、混频与倍频、调频与鉴频、调相与鉴相等频率变换的基本概念及典型应用电路,为读者进一步学习通信技术、测量技术等其他技术课程奠定基础。最后在第8章扼要介绍了在现代电子技术领域应用十分广泛的反馈控制电路(AGC、AFC、APC/PLL)的基本工作原理。此外,本书在介绍理论知识的同时,融入较多的实验项目,最后还安排了课程设计。

电子技术基础课程历来是电子信息类专业学生感到难学的课程,“化难为易”也是本书编写的基本原则之一。本书针对当前国内高职高专学生现有的掌握知识的能力和学习特点,强调课程的基础性和应用性。无论是介绍常用电子器件,还是研究实际应用电路,

均以讲清基本概念、特性功能、性能参数、测试技术、使用方法等基础问题为主,而没有像传统的教材那样对电子线路进行较深的理论分析。本书避免较为烦琐的数学推导和计算,使学生易于接受和掌握现代电子技术的基础知识和实用技术。

现代电子技术基础是一门具有工程特点和很强实践性的课程,也是发展变化较快的技术课程,因此本书更新教学内容,以基本器件和实用电路为基础,不割裂模拟电路与数字电路,突出新器件、新电路的应用,并建立现代电子系统的概念。读者可方便地在本书中查阅到常用的各种电子器件和实用电路,这对加强各种形式的实践教学环节和电子工程方面的技能训练,以及培养学生的专业素质和能力具有十分重要的作用。

本教材是根据当前国内高职高专教学的需要,针对该层次学生的学习特点,结合实际教学经验编写的,内容安排适度、重点突出、科学实用、通俗易懂。全书共8章,分上、下两册,上册包括第1~4章,下册包括第5~8章。全部内容大约需要学习180课时,上、下册各占一半,分两个学期学习。

本教材由北京信息职业技术学院电子工程系熊伟林、刘连青主编。上册由北京信息职业技术学院王连起、吕燕、万冬等教师参编。其中第1章、第2.1~2.8节和第3章由熊伟林、刘连青执笔;第2.9~2.16节由吕燕执笔;第4章由王连起执笔;第2.9~2.16节的部分电路图由万冬绘制。下册由北京信息职业技术学院毛瑞丽、冯跃跃、张建新、鲍秋凤等参编。其中第5章由毛瑞丽执笔;第6章由熊伟林执笔;第7.1~7.7节由冯跃跃执笔;第7.8节由鲍秋凤执笔;第8章由张建新执笔。全书由北京理工大学信息科学技术学院李庆常教授主审。

由于作者水平有限,书中难免有错漏和不妥之处,欢迎读者批评指正。

编者
2003年11月

目 录

第 1 章 现代电子技术基础知识	1
学习目标	1
1.1 模拟信号与数字信号	1
1.1.1 模拟量与模拟信号	2
1.1.2 数字量与数字信号	2
1.1.3 模拟电路与数字电路	4
思考与练习	9
1.2 电子电路简介	9
1.2.1 放大电路	9
1.2.2 运算电路	12
1.2.3 信号产生电路	12
1.2.4 频率变换电路	12
1.2.5 逻辑电路	13
1.2.6 集成电路	18
思考与练习	21
1.3 电子测量简介	21
1.3.1 元器件参数的测量	21
1.3.2 电压的测量	21
1.3.3 电流的测量	22
1.3.4 频率特性的测量	22
1.3.5 常用电子测量仪器的使用	23
思考与练习	25
小结	25
习题	26
第 2 章 常用电子器件	28
学习目标	28
2.1 半导体基础知识	28
2.1.1 半导体的主要特性	28
2.1.2 N 型半导体与 P 型半导体	29

2.1.3	PN 结的导电特性	31
2.1.4	PN 结的电容效应	34
	思考与练习	35
2.2	半导体二极管	35
2.2.1	二极管的伏安特性与主要参数	35
2.2.2	二极管的分类及命名方法	39
2.2.3	二极管的等效电路模型	41
2.2.4	稳压二极管	41
2.2.5	二极管与稳压管的简单测试	43
2.2.6	晶闸管	44
2.2.7	单结晶体管	46
	思考与练习	48
2.3	双极型晶体管	49
2.3.1	三极管的结构与类型	49
2.3.2	三极管的电流关系	49
2.3.3	三极管的特性曲线	50
2.3.4	三极管的主要参数	55
2.3.5	三极管命名方法	58
	思考与练习	58
2.4	单极型晶体管	60
2.4.1	结型场效应管	60
2.4.2	绝缘栅型场效应管	62
2.4.3	场效应管特性参数	64
2.4.4	场效应管与双极型三极管的性能比较	65
2.4.5	VMOS 场效应管	66
2.4.6	常用半导体器件性能的检测	66
	思考与练习	68
2.5	半导体光电器件	68
2.5.1	发光二极管	68
2.5.2	光敏二极管	70
2.5.3	光敏三极管	71
2.5.4	光电耦合器	71
	思考与练习	72
2.6	集成运算放大器	72
2.6.1	基本结构和电路符号	72
2.6.2	电压传输特性	74
2.6.3	主要参数	74
	思考与练习	75

2.7	模拟乘法器	75
2.7.1	模拟乘法器的基础知识	76
2.7.2	模拟乘法器的应用电路举例	77
	思考与练习	79
2.8	集成逻辑门	79
2.8.1	半导体元件开关特性	79
2.8.2	TTL 集成逻辑门	81
2.8.3	CMOS 集成逻辑门	87
2.8.4	接口电路简介	88
	思考与练习	88
2.9	触发器	90
2.9.1	基本 RS 触发器	91
2.9.2	同步 RS 触发器	93
2.9.3	D 触发器与 JK 触发器	94
	思考与练习	97
2.10	555 定时器	98
2.10.1	CC7555 定时器的电路结构及工作原理	98
2.10.2	CC7555 定时器应用实例	99
	思考与练习	103
2.11	编码器与译码器	103
2.11.1	编码与译码的概念	103
2.11.2	编码器	104
2.11.3	译码器	107
	思考与练习	114
2.12	加法器与数值比较器	114
2.12.1	一位加法器	114
2.12.2	多位加法器	116
2.12.3	加法器的应用	117
2.12.4	数值比较器	120
2.12.5	比较器的应用	121
	思考与练习	122
2.13	数据选择器和分配器	122
2.13.1	数据选择器	123
2.13.2	数据分配器	127
	思考与练习	128
2.14	奇偶校验/发生器	128
2.14.1	奇偶校验的概念	128
2.14.2	奇偶校验/发生器	129

2.14.3	奇偶校验系统简介	130
	思考与练习	131
2.15	计数器	132
2.15.1	计数器的分类	132
2.15.2	异步计数器	132
2.15.3	同步计数器	136
2.15.4	大容量 N 进制计数器	138
	思考与练习	139
2.16	寄存器与顺序脉冲发生器	140
2.16.1	数码寄存器	140
2.16.2	移位寄存器	140
2.16.3	寄存器的应用	145
2.16.4	顺序脉冲发生器	146
	思考与练习	147
	小结	148
	习题	149
第3章	放大电路	154
	学习目标	154
3.1	三极管放大器	154
3.1.1	信号的输入和输出	154
3.1.2	共射放大器	155
3.1.3	共集放大器	165
3.1.4	共基放大器	166
3.1.5	三种组态放大器性能比较	167
3.1.6	放大器的稳定性	168
3.1.7	共射放大器的制作与测试	169
3.1.8	电压跟随器的制作与测试	171
	思考与练习	173
3.2	场效应管放大器	175
3.2.1	共源极放大电路	175
3.2.2	共漏极放大器(源极输出器)	177
3.2.3	场效应管放大器的制作与调试	178
	思考与练习	180
3.3	多级放大器	182
3.3.1	直接耦合多级放大器	182
3.3.2	阻容耦合多级放大器	184
3.3.3	变压器耦合多级放大器	185
3.3.4	放大器的通频带	186

思考与练习	187
3.4 差分放大器	187
3.4.1 零点漂移	187
3.4.2 差分式基本放大电路	188
3.4.3 几种常用的差分放大电路	190
3.4.4 差分放大电路的几种接法	192
思考与练习	192
3.5 小信号调谐放大器	193
3.5.1 单调谐放大器	193
3.5.2 多级单调谐放大器	196
3.5.3 双调谐放大器	197
3.5.4 参差调谐放大器	198
3.5.5 调谐放大器的稳定性	199
3.5.6 集成中频放大器	200
3.5.7 小信号调谐放大器的调试与测量	202
思考与练习	204
3.6 低频功率放大器	204
3.6.1 功率放大器的分类	204
3.6.2 OCL 功放电路	205
3.6.3 OTL 功放电路	207
3.6.4 低频功放基本参数的测试	208
思考与练习	210
3.7 高频功率放大器	212
3.7.1 高频功率放大器的分类和特点	212
3.7.2 丙类谐振功率放大器的工作原理	213
3.7.3 丙类谐振功率放大器的特性	215
思考与练习	217
小结	217
习题	219
第4章 集成运算放大器及其应用	224
学习目标	224
4.1 理想集成运算放大器	224
4.1.1 理想集成运放的假设条件	224
4.1.2 理想集成运放的分析法则	225
思考与练习	225
4.2 放大器中的负反馈	225
4.2.1 正反馈与负反馈	226
4.2.2 电压反馈与电流反馈	227

4.2.3	串联反馈与并联反馈	227
4.2.4	负反馈对放大器性能的影响	227
	思考与练习	232
4.3	集成运放基本运算电路	232
4.3.1	比例运算电路	232
4.3.2	加法与减法运算电路	233
4.3.3	积分与微分运算电路	235
4.3.4	对数与指数运算电路	237
	思考与练习	238
4.4	集成运算放大器的线性应用	238
4.4.1	交流小信号放大电路	239
4.4.2	差动放大器	241
4.4.3	有源滤波器	242
	思考与练习	246
4.5	集成运算放大器的非线性应用	246
4.5.1	电压比较器	246
4.5.2	采样保持电路	249
	思考与练习	250
4.6	集成运放的使用与基本运算电路的测试	250
4.6.1	集成运放的基本使用方法	250
4.6.2	集成运放使用中的辅助电路	251
4.6.3	基本运算电路的测试	255
	小结	257
	习题	258
附录 A	课程实验	261
附录 B	课程设计	265
参考文献		269

第 1 章 现代电子技术基础知识

学习目标

1. 了解模拟信号与数字信号的特点,掌握数制与码制的概念。
2. 了解放大电路、运算电路、信号产生电路、频率变换电路、组合逻辑电路、时序逻辑电路等常见电子电路的基本功能,掌握基本逻辑关系与逻辑门电路符号。
3. 了解测量电压、电流、元器件参数、频率特性的常用电子仪器和基本测量方法。

在自然界中,存在各种各样的物理量(如温度、压力、速度、高度、电压、电流、亮度等),尽管它们的形式千差万别,但就其基本特征而言,可以归纳为两类,即模拟量(analog quantity)和数字量(digital quantity)。在现实生活中,许多物理量的测量值既可以用模拟形式来表示,也可以用数字形式来表示。

现代电子技术通过采用电子器件,并利用其广泛的应用特性,可以实现模拟量和数字量之间的相互转换。无论是采用模拟量,还是采用数字量,最终的目的是要实现在接收信息和发送信息过程中对信号进行传送、处理和再现(还原),使人们获得真实的信息。如通信系统中的信号发送设备和接收设备就是典型的例子。

本章主要介绍现代电子技术基础知识,使读者对电子信号特征、电子电路类型和特点,以及常用电子测量仪器等有一基本了解。

1.1 模拟信号与数字信号

电子电路主要处理的是电信号(electric signal)——可以用电压、电流等电类物理量表示的信号。对于非电信号一般可以利用适当的换能器转换为电信号,例如声音可以通过话筒变换成电信号。电路基础中把电信号分为直流(DC)信号、正弦交流信号(通常简称为交流 AC)和非正弦信号(non-sinusoidal signal)等几种基本类型,如图 1.1.1 所示。

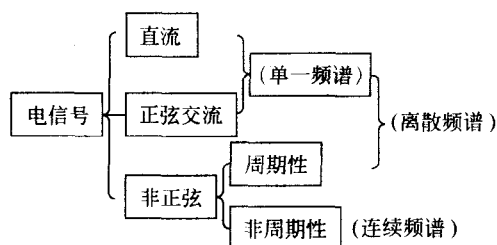


图 1.1.1 电信号的基本分类

1.1.1 模拟量与模拟信号

电子技术按信号与信息所对应的模式把电信号分为模拟信号(analog signal)和数字信号(digital signal)两大类。

模拟量的瞬时值(instantaneous value)变化是连续的,即取值为无限多,但其时间变化可以是连续的,也可以是离散的。“时间离散”的意思是指某一模拟量在某一段时间内有取值,而在另一段时间内没有取值(即取值为0),参看图1.1.2(c)。表示模拟量的电信号叫做模拟信号,图1.1.2列出了三种模拟信号的电压波形。

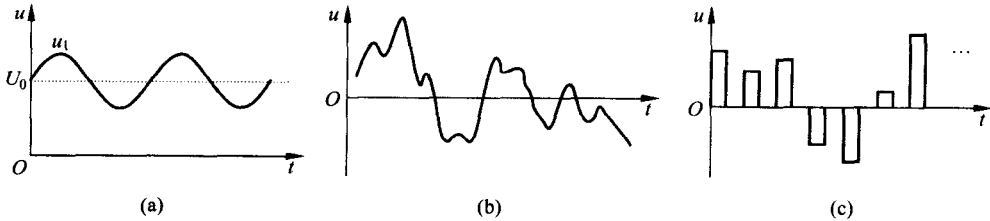


图 1.1.2 模拟信号举例

图1.1.2(a)是某直接耦合放大器输出的信号,该信号中包含一个直流分量 U_0 和一个正弦交流分量 u_1 ,它们在时间上和瞬时取值上都是连续的,并且有无穷多个数值。图1.1.2(b)是一种语音信号波形,该信号属于复杂信号,在信号分析中可以把它看成是由直流分量 U_0 和多种频率成分的正弦交流分量叠加在一起而成的。显然该信号在时间上和瞬时取值上也都是连续的,并且也有无穷多个数值。图1.1.2(c)是摄像机输出的亮度信号,该电压信号在时间上是离散的(在某些时间内有幅值,而在某些时间内幅值为零),但在幅度取值上可以有无穷多个数值(不同的幅度对应着不同的亮度),这样的信号仍属于模拟信号。

模拟信号随时间 t 的变化一般可以用数学函数形式表达,以电压为例,正弦交流信号(sinusoidal alternating signal)可以用正弦函数式表达为

$$u(t) = U_m \sin(\omega t + \psi) \quad (1.1.1)$$

式中, U_m, ω, ψ 称为正弦波的三要素,分别叫做振幅(或峰值)、角频率和初相。

周期为 T 的非正弦周期性信号可以用傅里叶(Fourier)级数形式表示为

$$u(t) = U_0 + U_{m1} \sin(\omega t + \psi_1) + U_{m2} \sin(2\omega t + \psi_2) + \cdots + U_{mn} \sin(n\omega t + \psi_n) + \cdots \quad (1.1.2)$$

式中, $\omega = \frac{2\pi}{T}$ 叫做基频(角频率), U_0 叫做平均值(即直流分量), n 叫做谐波次数。

任何一个复杂信号都可以看成由许多不同频率、不同振幅的正弦信号叠加而成。因此,研究模拟信号和模拟电路的基础是直流分析方法和交流分析方法。通常把直流分析叫做静态分析(quiescent analyse),把交流分析叫做动态分析(dynamic analyse)。

1.1.2 数字量与数字信号

数字量是指其瞬时值随时间的变化是离散的,并且取值为有限个数值。表示数字量

的信号叫做数字信号,其特点是在时间上和幅度上都是离散变化的。

1. 数字信号的形式

数字信号有两种形式,一种为逻辑电平型(logic level),简称电平型,即以一个时间节拍内的信号是高电平还是低电平来表示 1 或 0,如图 1.1.3(a)所示。另一种为脉冲型(impulse),即以一个时间节拍内有无脉冲来表示 1 或 0,例如图 1.1.3(b)所示。二者在波形上的显著差别是,电平型信号在一个时间节拍内不归零,而脉冲型信号波形在一个时间节拍内归零。

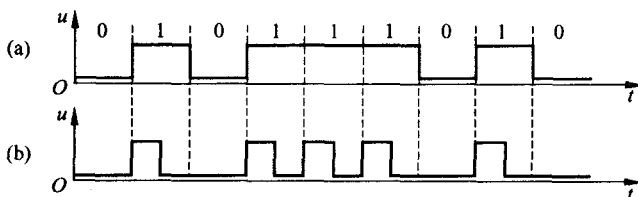


图 1.1.3 数字信号举例

(a) 电平型;(b) 脉冲型

这里“1”和“0”两个字符并不是表示数量的大小,而是代表两种不同的逻辑状态(logic state),如电位的高低、脉冲的有无、开关的通断等,因此把 1 和 0 称为逻辑常量(logic constant)。

2. 脉冲信号

数字电路中所采用的脉冲信号波形不一定是矩形波,也可能是尖脉冲、三角波、锯齿波等其他波形,常见的脉冲波形如图 1.1.4 所示。

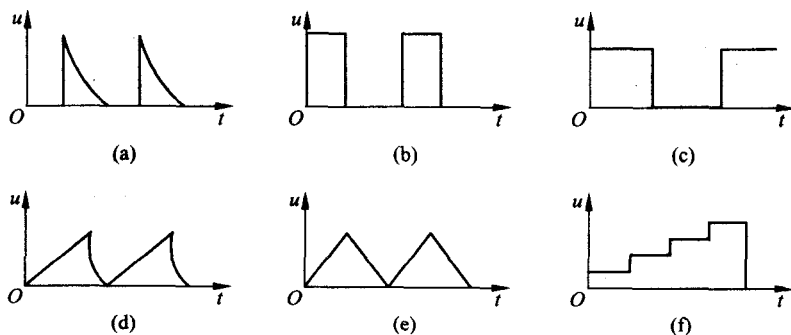


图 1.1.4 常见脉冲波形

(a) 尖脉冲;(b) 矩形波;(c) 方波;(d) 锯齿波;(e) 三角波;(f) 阶梯波

各种脉冲波形一般要经过整形电路后成为矩形波(数字信号)。实际的矩形波如图 1.1.5 所示(以电压波形为例),其主要参数如下:

- ① 脉冲幅度 U_m ——脉冲电压波形变化的最大值,即最高值与最低值的差。
- ② 脉冲周期 T ——相邻两个脉冲波形重复出现所需要的时间,单位为秒(s)。
- ③ 脉冲频率 f ——单位时间内脉冲所出现的次数,单位为赫[兹](Hz)。

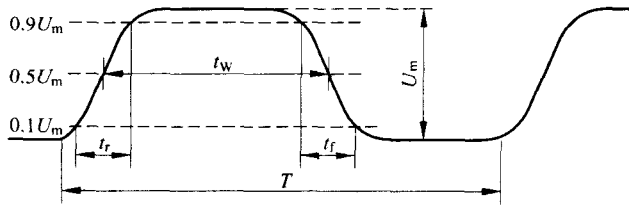


图 1.1.5 脉冲波形的主要参数

④ 脉冲上升时间 t_r ——脉冲波形从 $0.1U_m$ 上升到 $0.9U_m$ 所需要的时间,单位为秒(s)。

⑤ 脉冲下降时间 t_f ——脉冲波形从 $0.9U_m$ 下降到 $0.1U_m$ 所需要的时间,单位为秒(s)。

⑥ 脉冲宽度 t_w ——脉冲波形从上升沿 $0.5U_m$ 到下降沿 $0.5U_m$ 所需要的时间,单位为秒(s)。

⑦ 占空比 q ——脉冲宽度与周期的比值(用百分数或小数表示),即

$$q = \frac{t_w}{T} \quad (1.1.3)$$

占空比 $q=50\%$ (即脉宽 $t_w = \frac{T}{2}$) 的矩形波叫做方波。

1.1.3 模拟电路与数字电路

1. 模拟电路与数字电路

如前所述,数字信号与模拟信号的主要区别在于信号的某一参数取值是否为有限个。若取值为无限,则必然能与某种信息一一对应,就属于模拟信号;若取值为有限(只有少量几个取值),则只能表示某种逻辑状态,就属于数字信号,即数字信号在时间上和幅度取值上都是离散的,且取值有限。

按照电子电路所采用的信号形式,把传送、变换和处理模拟信号的电路叫做模拟电路(analog circuit),例如信号放大电路、模拟运算电路和频率变换电路等。把传送、变换和处理数字信号的电路叫做数字电路(digital circuit),例如组合逻辑电路、时序逻辑电路等。

由于数字电路一般采用二进制(用1和0两个字符表示信号的有无或电路的逻辑状态),因此数字电路辨别信号的有无是非常容易的,从而大大提高了电路的工作可靠性。同时,数字电路不仅可以通过整形去除叠加在传输信号上的噪声和干扰,而且还可以进一步利用差错控制技术对传输信号进行检错和纠错。所以,跟模拟电路相比,数字电路具有较强的抗干扰能力,较高的可靠性、精确性和稳定性,并且通用性广,便于集成化以及进行故障诊断和系统维护。

在很多应用领域,数字电路正在逐步地取代模拟电路,但在现代电子技术应用中两者共同发挥着重要的作用。当前数字电路正向着大规模集成化、低功耗、可编程、易于测试和多值化方向发展。

2. 数字电路采用的数制

数制(notation)是指计数的方法,即计数进位的规则。日常生活中采用的是十进制(decimal notation)计数方法,用0,1,2,3,4,5,6,7,8,9共10个字符表示十进制数,其计数规则是“逢十进一、借一当十”。数学上把一种数制中所允许的计数字符个数叫做基数(radix),简称为基(base)。十进制的基数为十,即 $(10)_{10}$,下角标数字表示进制。任意一个十进制数可以写作按位权 (10^n) 展开的形式,例如

$$(2863.25)_{10} = 2 \times 10^3 + 8 \times 10^2 + 6 \times 10^1 + 3 \times 10^0 + 2 \times 10^{-1} + 5 \times 10^{-2}$$

其中 $10^3, 10^2, 10^1, 10^0, 10^{-1}, 10^{-2}$ 分别叫做十进制数的千位、百位、十位、个位、十分位、百分位的位权。

数字电路中经常采用二进制(binary notation)、八进制(octal notation)和十六进制(hexadecimal notation)等数制,表1.1.1列出了十进制、二进制、八进制、十六进制的对照关系。

表 1.1.1 十进制、二进制、八进制、十六进制对照表

十进制	二进制	八进制	十六进制
0	0	0	0
1	1	1	1
2	10	2	2
3	11	3	3
4	100	4	4
5	101	5	5
6	110	6	6
7	111	7	7
8	1000	10	8
9	1001	11	9
10	1010	12	A
11	1011	13	B
12	1100	14	C
13	1101	15	D
14	1110	16	E
15	1111	17	F
16	10000	20	10

(1) 二进制 只用0和1两个字符表示数,基数为二,其计数规则是“逢二进一、借一当二”。常用的二进制基本运算式如下:

加法: $0+0=0, 1+0=1, 0+1=1, 1+1=10$

减法: $0-0=0, 1-0=1, 1-1=0, 10-1=1$

乘法: $0 \times 0=0, 0 \times 1=0, 1 \times 0=0, 1 \times 1=1$

把二进制数转换成十进制数时,只需要将其按位权(2^n)展开即可求得相应的十进制数。例如

$$(1011.101)_2 = 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 0 \times 2^{-2} + 1 \times 2^{-3} = 8 + 0 + 2 + 1 + 0.5 + 0 + 0.125 = (11.625)_{10}$$

(2) 八进制 用 0,1,2,3,4,5,6,7 共 8 个字符表示数,基数为八,计数规则是“逢八进一、借一当八”。

把八进制数转换成十进制数时,只需要将其按位权(8^n)展开即可求得相应的十进制数。例如

$$(172.01)_8 = 1 \times 8^2 + 7 \times 8^1 + 2 \times 8^0 + 0 \times 8^{-1} + 1 \times 8^{-2} = 64 + 56 + 2 + 0.015625 = (122.015625)_{10}$$

(3) 十六进制 用 0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,A,B,C,D,E,F 共 16 个字符表示数,基数为十六,计数规则是“逢十六进一、借一当十六”。

把十六进制数转换成十进制数时,只需要将其按位权(16^n)展开即可求得相应的十进制数。例如

$$(4C2)_{16} = 4 \times 16^2 + 12 \times 16^1 + 2 \times 16^0 = 1024 + 192 + 2 = (1218)_{10}$$

3. 数制之间的转换

(1) 十进制转换为二进制 把十进制数转换为二进制数时,应采用“整数除 2 取余、小数乘 2 取整”法。例如,把十进制数 $(234.6875)_{10}$ 转换为二进制数的过程如下。

① 首先把整数部分用“除 2 取余法”转换成二进制整数:



即 $(234)_{10} = (11101010)_2$ 。

② 其次把小数部分用“乘 2 取整法”转换成二进制整数