

邮电中等专业学校试用教材

脉冲与数字电路



内 容 提 要

本书介绍了脉冲与数字电路的基本知识、工作原理和分析方法。在编写过程中，注意总结了近年来的教学实践经验，力求作到物理概念严谨。在叙述上由浅入深，通俗易懂。注意培养学生分析和解决问题的能力。每章末附有思考与练习题。

本书共九章，包括：脉冲电路的基本知识，分立元件触发电路，脉冲信号产生电路，逻辑门电路，数字电路的逻辑分析，集成触发器，计数器和寄存器，译码与数字显示，数字—模拟和模拟—数字转换器。

本书作为邮电中等专业学校试用教材，也可作为电子技术人员学习参考。

邮电中等专业学校试用教材

脉 冲 与 数 字 电 路

赵裕臣 编 赵六骏 审

*

人民邮电出版社出版

北京东长安街27号

北 京 印 刷 一 厂 印 刷

新华书店北京发行所发行

各 地 新 华 书 店 经 售

*

开本：850×1168 1/32 1984年11月第一版

印张：13 24/32页数：220 1984年11月北京第一次印刷

字数：359 千字 印数：1—28,000册

统一书号：15045·总2961-无6308

定价：1.35元

前 言

本书是邮电中等专业学校教学用书。为适应邮电教育事业发展的需要 1978 年以来，我们组织了部分邮电学校分工编写了微波、载波、市内电话、线路、电报、电源、综合电信和邮政机械等八个专业所用的专业基础课和专业课教学用书，有些已经出版，有些将陆续出版，以满足各邮电中等专业学校教学的需要。

编写教材，是提高教学质量的关键。我们组织编写本教材时，力求以马列主义、毛泽东思想为指导，努力运用辩证唯物主义的观点阐明科学技术的规律，内容上注意了少而精，尽量反映科学技术的新成就。书内难免存在缺点和错误。希望有关教师 and 同学在使用过程中，把发现的问题提给我们以便修改提高。

邮电部教育局
一九八〇年七月

编者的话

本书是根据邮电中等专业学校“电子电路”编审组拟定的“脉冲与数字电路”教学大纲编写的，为邮电中等专业学校通信各专业的试用教材。

脉冲与数字技术，目前已广泛应用于通信、电子计算机、遥控和遥测、自动控制和程序控制等许多技术领域。因此，“脉冲与数字电路”课程就成为通信与电子工程各专业有关的技术基础课，学好这门课程，对学习专业课和将来从事通信与电子工程方面的工作，都具有十分重要的实际意义。

本书前三章属于脉冲电路部分，后六章属于数字电路部分，鉴于我国目前邮电通信技术需要和发展，脉冲电路以分立元件电路为主，着重讨论基本电路，基本原理，波形分析和工程计算；而数字电路部分，着重讨论集成电路的逻辑功能和应用，以及逻辑电路的分析方法。

本书在编写过程中，注意总结了近年来的教学实践经验，力求阐述“脉冲与数字电路”的基本概念及规律，注重培养学生分析和解决问题的能力。

为了处理新技术和篇幅有限之间的矛盾，我们从实际出发，在保证基本概念，基本电路，基本原理，基本分析方法的前提下，精选内容，压缩了分立元件脉冲电路的内容，而适当增加了数字电路的分量。

本书的特点是：在内容上注意了由浅入深，由特殊到一般，由感性到理性，循序渐进的教学原则。在叙述方法上，力求通俗易懂，思路清楚，条理性强，物理概念明确。在分析电路时，以定性分析为主，定量分析为辅，避免太深太繁的数学推导，只给出了必

要的工程计算公式。在个别章节上，具有相对的独立性，可根据通信各专业的需要予以取舍。

为了巩固和加深对本课程所学知识的理解，在每章末尾附有小结，思考与练习，供教学中选用。

本书在编写过程中，承蒙邮电中等专业学校“电子电路”教材编审组对初稿进行了认真的讨论，最后又经赵六骏老师审校，他们从各自不同的角度提出许多宝贵意见，在此表示衷心地感谢。

由于水平有限，书中难免有不当和错误，希望各校师生及其他读者，给予批评指正。

作者 1984.2

目 录

第一章 脉冲电路的基本知识

第一节 脉冲信号的波形和参数	1
一、脉冲信号的波形	1
二、矩形脉冲的产生	2
三、矩形脉冲的基本参数	4
第二节 脉冲波形的线性变换电路	5
一、电容器的充、放电过程	6
二、微分电路	8
三、积分电路	12
第三节 晶体二极管的开关特性	13
一、晶体二极管的开关作用	13
二、二极管的开关时间	15
三、二极管的开关参数	18
四、二极管削波电路	19
五、箝位电路	23
第四节 晶体三极管的开关特性	25
一、三极管的开关作用	25
二、三极管饱和与截止时的条件和特征	27
三、三极管的开关时间	31
第五节 反相器	36
一、电路组成和工作原理	36
二、反相器的饱和及截止条件	37
三、性能改善	42

四、反相器的应用举例—晶体管时间继电器·····	46
小结·····	48
思考与练习·····	50

第二章 分立元件触发电路

第一节 集—基耦合双稳态触发器·····	54
一、基本电路·····	54
二、工作原理·····	55
三、工作条件·····	57
四、输出电压幅度·····	60
五、触发方式·····	63
六、应用举例·····	72
第二节 射极耦合双稳态触发器·····	73
一、电路组成·····	73
二、工作原理·····	74
三、回差及其调整·····	76
四、应用举例·····	78
第三节 单稳态触发器·····	81
一、电路组成·····	81
二、工作原理·····	81
三、主要技术指标·····	85
四、单稳态触发器的应用·····	89
小结·····	91
思考与练习·····	94

第三章 脉冲信号产生电路

第一节 自激多谐振荡器·····	98
------------------	----

一、多谐振荡电路的组成	98
二、工作原理	99
三、振荡幅度和周期	103
四、性能改进	107
五、应用举例	108
第二节 自激间歇振荡器	110
一、脉冲变压器的特点	110
二、自激间歇振荡器	111
三、脉冲宽度和重复周期	115
第三节 锯齿波产生器	116
一、电压锯齿波参数及产生方法	117
二、恒流源锯齿波产生电路	121
三、自举式锯齿波电路	126
四、电容负反馈锯齿波电路	131
五、应用举例	135
第四节 单结晶体管振荡电路	137
一、单结晶体管的结构及符号	137
二、单结晶体管的特性和主要参数	139
三、单结晶体管振荡电路	143
四、应用举例	147
小结	148
思考与练习	153

第四章 逻辑门电路

第一节 分立元件逻辑门电路	157
一、二极管“与”门和“或”门电路	158
二、三极管“非”门电路	168
三、复合门电路	170

四、“与非”门带负载的情况	174
第二节 二极管—晶体管逻辑(DTL)电路	177
一、集成电路简介	177
二、DTL“与非”门电路	179
第三节 集成 TTL “与非”门电路	184
一、简单的 TTL “与非”门电路	184
二、典型的 TTL “与非”门电路	188
三、TTL “与非”门的电压传输特性	191
四、TTL “与非”门电路的主要参数	195
五、TTL 门电路产品简介	207
第四节 发射极耦合逻辑(ECL)电路	214
一、ECL 基本电路的工作原理	215
二、ECL 门的实际电路	217
第五节 集成 MOS 逻辑门电路	219
一、MOS“非”门电路	220
二、“与非”门电路	225
三、“或非”门电路	226
四、C—MOS 传输门	228
第六节 用集成门构成的脉冲电路	231
一、环形多谐振荡器	231
二、单稳态触发器	235
小结	240
思考与练习	244

第五章 数字电路的逻辑分析

第一节 二进制数	250
一、十进制数	250
二、二进制数	252

三、二进制数和十进制数的相互转换	253
四、二进制数的四则运算	255
第二节 逻辑代数	258
一、逻辑代数中的变量和常量	258
二、基本运算	259
三、基本定律	261
四、扩展基本定律运用范围的几种规则	263
五、几个常用公式	265
第三节 逻辑函数式的简化	266
一、代数法	266
二、卡诺图法	268
第四节 组合逻辑电路分析和综合	283
一、组合逻辑电路的分析	283
二、组合逻辑电路的综合	286
小结	290
思考与练习	292

第六章 集成触发器

第一节 触发器的基本形式	297
一、基本 $\bar{R}\bar{S}$ 触发器	298
二、钟控 RS 触发器	302
三、触发器的几种逻辑功能	304
四、钟控触发器的空翻问题	309
第二节 维持阻塞 D 触发器	309
一、基本电路	310
二、集成单元维持阻塞式 D 触发器简介	313
第三节 主从 JK 触发器	318
一、基本电路	318

二、逻辑功能·····	320
三、集成单元主从型 JK 触发器简介·····	321
四、 JK 触发器转换为 D 型和 T 型触发器的方法·····	322
第四节 集成触发器的参数和测量方法·····	324
一、静态参数及测量方法·····	324
二、动态参数及测量方法·····	327
小结·····	329
思考与练习·····	331

第七章 计数器和寄存器

第一节 二进制计数器·····	334
一、计数器的基本单元电路·····	334
二、分立元件组成的二进制计数器·····	336
三、集成触发器组成的二进制计数器·····	340
第二节 十进制计数器·····	343
一、十进制编码·····	344
二、由分立元件组成的十进制计数单元·····	346
三、由集成触发器构成十进制计数器·····	352
四、计数器的集成电路·····	356
第三节 寄存器·····	363
一、数码寄存器·····	363
二、移位寄存器·····	365
小结·····	369
思考与练习·····	370

第八章 译码与数字显示

第一节 译码器·····	373
--------------	-----

一、二进制译码器	374
二、二—十进制译码器	377
第二节 辉光数码管及其显示电路	380
一、辉光数码管	381
二、辉光数码管显示电路	382
第三节 荧光数码管及其显示电路	386
一、荧光数码管	386
二、荧光数码管的译码显示电路	389
三、MOS 集成电路荧光数码管(八段)的显示电路	393
第四节 通用计数器	397
一、测量频率的原理	398
二、测量周期的原理	400
三、频率比值的测量	401
四、累加计数	402
五、时间间隔的测量原理	403
六、自校	403
七、通用计数器的组成	404
小结	406
思考与练习	407

第九章 数字—模拟和模拟—数字转换器

第一节 数—模(D/A)转换器	409
一、T 型电阻网络转换电路	410
二、电子开关	414
第二节 模—数(A/D)转换器	415
一、模—数转换原理简介	415
二、斜波式模—数转换电路	417
三、并行模—数转换电路	419

小结.....	423
思考与练习.....	424

第一章 脉冲电路的基本知识

内 容 提 要

脉冲电路是讨论各种脉冲波形的产生和变换的,其工作波形是脉冲波,数字电路的工作波形也是脉冲波,所以从这个意义上讲,数字电路也是一种脉冲电路。但是它着重于实现不同的逻辑功能和完成数字计算。

不论是脉冲电路还是数字电路,都是由开关和惰性元件(C、L)组成的。为了给学习和应用脉冲电路打下初步基础,本章首先阐明脉冲的基本概念,然后分析 R、C 电路的暂态过程和晶体二极管、三极管的开关特性。着重讨论由线性元件(R、C)组成的波形变换电路——微分和积分电路,以及由非线性元件(晶体二极管)构成的波形变换电路——二极管削波和箝位电路。最后分析三极管反相器。

第一节 脉冲信号的波形和参数

一、脉冲信号的波形

“脉冲”这个词包含着脉动和短促的意思。在脉冲技术发展的初期,电脉冲是指在短促的时间内,出现的电压或电流的突然变化。例如发报机,每按一次电键,就产生一个突然变化的电压或电流信号,这种作用时间短促的电压或电流,称为脉冲电压或脉冲电流,简称脉冲。常见波形如图 1-1-1(a)、(b)、(c) 所示。随着脉冲技

术的发展，出现了大量非正弦的新波形，如图 1-1-1(d)、(e)所示。因此，把这类波形也列入脉冲范围，所以脉冲波形从广义上讲，一切非正弦的，带有突变特点的波形，统称为脉冲。其中方形脉冲、

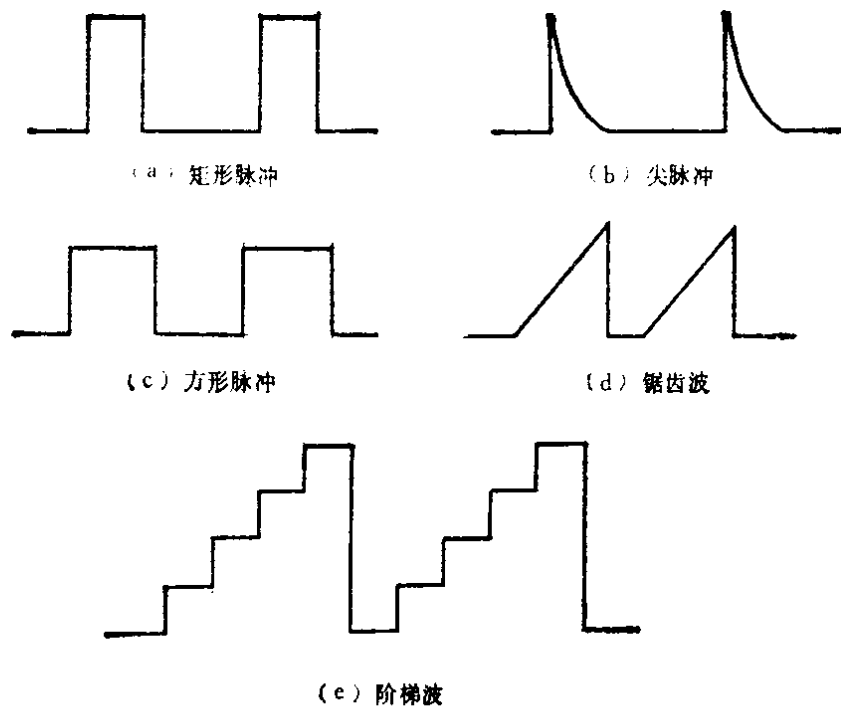


图 1-1-1 常用的脉冲波形

矩形脉冲和尖脉冲，可用作开关的控制信号；锯齿波常用作示波器、电视、雷达等仪器设备的扫描信号；阶梯波可用作测量晶体管或电子管特性曲线的信号。

二、矩形脉冲的产生

矩形脉冲是应用最广泛的脉冲信号。图 1-1-2(a) 是产生矩形脉冲的原理图，图中开关 K (可用晶体管代替) 作为控制元件。

当 K 置于 1 时，输出电压 $v_0 = 0\text{ V}$ 。在 $t = t_1$ 时，将 K 置于 2 时，输出电压 v_0 突然由 0 V 跳变到 12 V 。在 $t = t_2$ 时，又将 K 扳回到 1， v_0 又突然从 12 V 跳变到 0 V 。这样，扳动开关 K ，就可得到图 1-1-2(b) 所示的矩形脉冲波形。

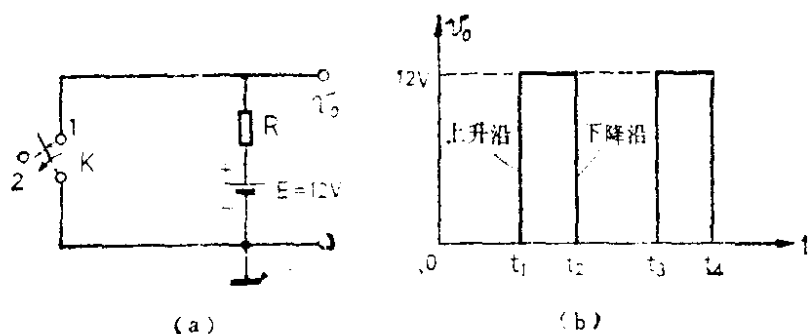


图 1-1-2 矩形脉冲的产生

通常，当脉冲信号由低电位跳到高电位时，称为正跳变，相应的波形叫做“上升沿”。而由高电位跳到低电位时，称为负跳变，相应的波形叫做“下降沿”。

周期性重复出现的脉冲信号，称为脉冲序列，如图 1-1-3 所示。

若脉冲信号出现的电位值（即图 1-1-3(a) 的波顶电压值 3 V）比脉冲出现前、后的电位值[即图 1-1-3(a) 的波底电位值 0 V]高，则称该脉冲信号为正脉冲序列。正脉冲波形的前沿，电位值由低变高为上升沿。而后沿的电位值由高变低为下降沿。

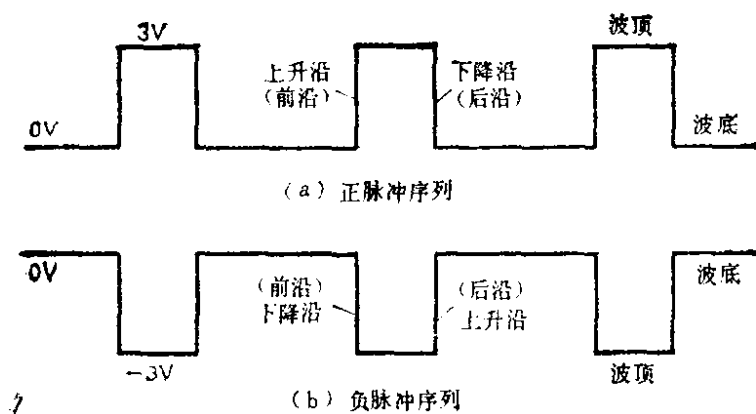


图 1-1-3 正、负脉冲序列

若脉冲信号出现时的电位值比脉冲出现前、后的电位值低，则称为负脉冲序列。如图 1-1-3(b) 所示，负脉冲波形的前沿，电位值由高变低为下降沿。而后沿的电位值由低变高为上升沿。

还需指出：在谈到矩形脉冲的电位高、低时，常使用电平的说

法，高电位和高电平是等同的。高电平就是指高电位，而低电平就是指低电位。

三、矩形脉冲的基本参数

任何波形，都可用一些参数来描述它的特征。例如，描述正弦波的特征，只需要三个参数就够了，即振幅、频率和相位。但是，脉冲波形多种多样，因此要描述脉冲波形的特征就比较复杂。对不同的波形需定义不同的参数。下面仅对矩形波形的主要参数（见图

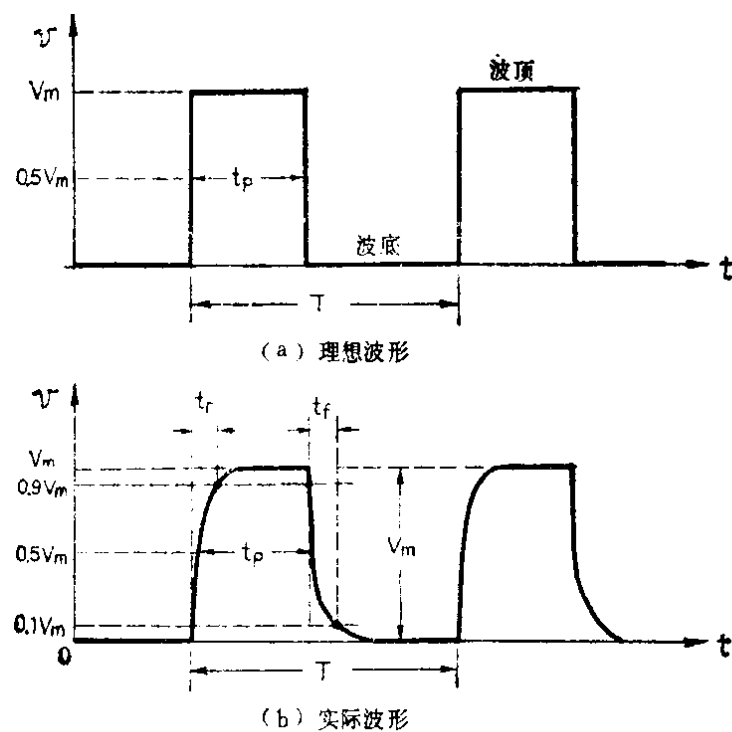


图 1-1-4 矩形波形

1-1-4 的正脉冲波形)介绍如下：

(1) 脉冲幅度 V_m

V_m 是指从脉冲波底到波顶之间的电位变化量。

(2) 脉冲上升时间 t_r

t_r 是指脉冲上升沿由 $0.1 V_m$ 上升到 $0.9 V_m$ 所需的时间。它表明脉冲开始时过渡过程的长短。 t_r 愈小，脉冲上升的愈快，上升