

电技工学校试用教材

脉冲与数字电路

杨宝琇 罗象王 编

人民邮电出版社

内 容 提 要

本书是根据邮电技工学校《脉冲与数字电路》教学大纲编写的，是邮电技工学校的统编教材之一。全书共分九章，即基础知识、分立元件门电路、集成门电路、分立元件触发器、集成触发器、门电路和触发器的应用、脉冲的产生和整形电路、中大规模数字集成电路简介、实验指导等。

本书的特点是：

①内容编排上注意了由浅入深、由特殊到一般、由感性到理性的循序渐近原则。

②讲解方法上着重从物理概念入手，以讨论理想情况为主，尽量避免繁琐的定量分析。

③为加强技工学生动手能力的培养，本书除安排了十一个实验外，还介绍了常用典型单元电路的检测方法和故障处理方法。

本书也可作为其它电子类技工学校学生和工作人员的参考书。

邮电技工学校试用教材
脉 冲 与 数 字 电 路
杨宝琇 罗象王 编

人民邮电出版社出版
北京东长安街27号
河北省邮电印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行
各地新华书店经售

开本：787×1092 1/32
印张：16 8/32 页数：260
字数：370 千字

1988年5月 第一版
1988年5月河北第1次印刷
印数：1-8 000册

ISBN7-115-03567-9/TN 061

定价：3.35 元

前 言

邮电技工教育是邮电教育体系中的一个重要组成部分。

随着通信业务技术的发展，培养大批有适当基础理论知识和熟练操作技能的通信技术工人和业务人员是邮电技工教育的重要任务，要求邮电技工学校培养出来的通信技术工人和业务人员有良好的职业道德和适应实际生产需要的技术业务能力。在知识和能力上基本上达到中级工水平。

为此我局组织全国邮电技工学校根据劳动人事部关于技工教育的要求和邮电技工教育的特点，研究制订了教学计划和教学大纲，并从邮电技工学校的教师和部分现业单位的业务技术人员中，选出有技工教育实践经验的人员编写邮电技工统编试用教材，并由邮电技工教材编审委员会组织审定，供全国邮电技工学校教学使用，也可供各地通信部门用作中级技术工人和业务人员的培训材料。

这套统编的邮电技工试用教材，密切联系生产实际，力求体现“基础理论教育适当，操作技能训练从严”的方针。但是由于是初次编写，难免有缺点或不当之处，希望各地邮电技工学校在试用过程中，把发现的问题和意见告诉我们，以便研究改进，进一步提高。

邮电部教育局

一九八七年三月五日

目 录

第一章 基础知识	(1)
第一节 什么是脉冲数字电路	(1)
一、脉冲和脉冲电路	(1)
二、逻辑和逻辑电路	(6)
三、数字和数字电路	(9)
四、脉冲电路和数字电路的关系	(10)
第二节 R-C电路的特性及其应用	(11)
一、电容充放电特性	(11)
二、R-C电路输出时间特性	(16)
第三节 晶体二极管开关.....	(23)
一、二极管开关原理	(24)
二、二极管开关的应用举例	(25)
第四节 晶体三极管开关.....	(31)
一、双极型三极管开关原理	(31)
二、MOS场效应管开关原理	(40)
三、三极管开关的应用举例	(46)
第五节 二进制数	(49)
一、十进制数的特点	(50)
二、二进制数的特点	(51)
三、二进制数和十进制数间的转换	(51)
四、二进制数的四则运算	(54)
五、十进制数的二进制编码	(56)
第六节 逻辑代数初步	(59)
一、基本运算	(59)

二、真值表与逻辑式的关系	(64)
三、基本定律	(67)
本章小结	(70)
思考题及习题	(73)

第二章 分立元件门电路

第一节 基本门电路	(80)
一、与门	(80)
二、或门	(86)
三、非门	(91)
第二节 复合门电路	(95)
一、与一非连接成的复合门	(96)
二、或一非连接成的复合门	(99)
三、与一或一非连接成的复合门	(102)
四、非门电路的进一步分析	(104)
第三节 门电路的时间特性	(112)
一、传输时间的概念	(112)
二、传输时间引起的问题	(114)
三、产生传输时间的原因	(116)
四、加速电容的应用	(120)
第四节 其它型式分立元件门电路	(123)
一、具有箝位电路的非门	(123)
二、负逻辑门电路	(125)
三、三极管门电路	(127)
第五节 分立元件门电路的检测	(131)
一、非门电路的检测	(131)
二、与门电路的检测	(132)
三、或门电路的检测	(133)

本章小结.....	(135)
思考题及习题	(136)
第三章 集成门电路	(140)
第一节 TTL门电路	(141)
一、概述	(141)
二、TTL与非门	(145)
三、扩展电路和其它类型电路	(155)
四、TTL门电路的检测	(170)
五、使用TTL电路的注意事项	(173)
第二节 MOS门电路	(180)
一、概述	(180)
二、PMOS非门	(180)
三、PMOS与非门、或非门、与或非门.....	(186)
四、NMOS和CMOS门电路	(188)
五、MOS集成门电路的产品介绍	(191)
六、MOS集成电路的特点及应用中的问题	(196)
七、MOS门电路的检测	(202)
本章小结.....	(204)
思考题及习题	(205)
第四章 分立元件触发器	(210)
第一节 基本概念	(210)
一、什么叫触发器	(210)
二、触发器的基本功能	(212)
三、触发器的结构框图	(212)
四、触发器功能的实现	(213)
第二节 分立元件触发器电路	(215)

一、记忆电路	(215)
二、触发电路	(218)
三、常用分立元件触发器介绍	(228)
四、分立元件触发器的检测	(232)
本章小结	(235)
思考题及习题	(236)

第五章 集成触发器

第一节 <i>TTL</i> 集成触发器	(238)
一、集成触发器的基本型式	(238)
二、维持—阻塞 <i>D</i> 触发器组件	(248)
三、主—从 <i>J-K</i> 触发器组件	(257)
第二节 <i>PMOS</i> 集成触发器	(264)
一、基本 <i>R-S</i> 触发器	(265)
二、钟控 <i>R-S</i> 触发器	(268)
三、 <i>PMOS</i> 集成触发器产品介绍	(270)
第三节 <i>D</i> 、 <i>J-K</i> 触发器转换为 <i>T</i> 触发器	(273)
一、 <i>D</i> 触发器转换为 <i>T</i> 和 <i>T'</i> 触发器	(273)
二、 <i>J-K</i> 触发器转换为 <i>T</i> 及 <i>T'</i> 触发器	(274)
第四节 集成触发器的检测	(275)
一、 <i>TTL</i> 集成 <i>D</i> 触发器的检测	(276)
二、 <i>TTL</i> 集成 <i>J-K</i> 触发器的检测	(279)
本章小结	(281)
思考题及习题	(283)

第六章 门电路和触发器的应用

第一节 门电路的应用	(288)
一、告警电路	(288)

二、门控电路	(290)
三、加法电路	(292)
四、编码器	(297)
五、译码及显示电路	(302)
第二节 触发器的应用	(315)
一、消颤抖电路	(315)
二、计数器电路	(317)
三、寄存器电路	(335)
本章小结	(339)
思考题及习题	(340)
第七章 脉冲的产生及整形电路	(344)
第一节 自激多谐振荡器	(344)
一、电路构成	(344)
二、工作原理	(346)
三、变化电路	(352)
四、检测	(359)
五、应用举例	(361)
第二节 单稳态触发器	(362)
一、电路构成	(362)
二、工作原理	(363)
三、技术指标	(366)
四、变化电路	(369)
五、检测	(377)
六、单稳态电路的应用	(378)
第三节 施密特电路	(380)
一、电路构成及工作原理	(380)
二、电路的特点及回差	(383)
三、应用举例	(389)

四、检测	(390)
第四节 锯齿波产生器	(392)
一、电路构成	(393)
二、工作原理	(393)
三、变化电路	(394)
四、检测	(396)
五、锯齿波产生器的应用	(398)
本章小结	(401)
思考题及习题	(402)
第八章 中、大规模数字集成电路简介	(407)
第一节 中规模集成电路	(407)
一、TTL中规模集成十进制计数器	(408)
二、MOS中规模集成八段译码器	(414)
第二节 大规模集成电路	(418)
一、MOS随机存储器(RAM)	(420)
二、MOS只读存储器(ROM)	(425)
本章小结	(433)
思考题及习题	(434)
第九章 实验指导	(438)
实验一 示波器的使用练习及矩形脉冲参数的测量	(439)
实验二 R-C电路输出时间特性的研究	(443)
实验三 分立元件与非门电路的研究	(447)
实验四 TTL门电路的研究	(451)
实验五 分立元件触发器的研究	(456)

实验六	TTL集成触发器的研究	(459)
实验七	组合逻辑电路的分析	(465)
实验八	计数电路的研究.....	(472)
实验九	自激多谐振荡器的研究	(477)
实验十	单稳态电路的研究	(480)
实验十一	施密特电路的研究	(485)
附录	(489)
一、	SR8双踪脉冲示波器	(489)
二、	XC-13型脉冲信号发生器.....	(496)
三、	SJB-46型集成电路插座板	(501)
四、	部分常用数字集成电路的外引线排列图	(502)

第一章 基础知识

内 容 提 要

为了给学习和应用脉冲数字电路打下基础，本章首先阐明逻辑的基本概念；然后分析 R 、 C 电路的时间特性和晶体二极管、三极管的开关特性；最后介绍二进制数的表示和运算方法，以及逻辑代数的基本运算和基本定律。

第一节 什么是脉冲数字电路

一、脉冲和脉冲电路

1. 脉冲信号及其特点

所谓脉冲，乃是指突然变化的运动，如心脏的跳动、海浪的冲击等，这种运动类似人的脉搏，一冲一冲的，故称为脉冲运动。

在《电工基础》课中，大家曾学习过正弦交流信号的概念，正弦交流信号的波形如图 1.1(a) 所示，它的大小和方向都随着时间平滑地逐渐地作周期性变化。而图 1.1(b) 所示的信号波形则不然，虽然它的大小和方向也随时间作周期性变化，但不是平滑的渐变，而是在某些点上，譬如在 t_1 、 t_2 点，方向和大小会发生突变。

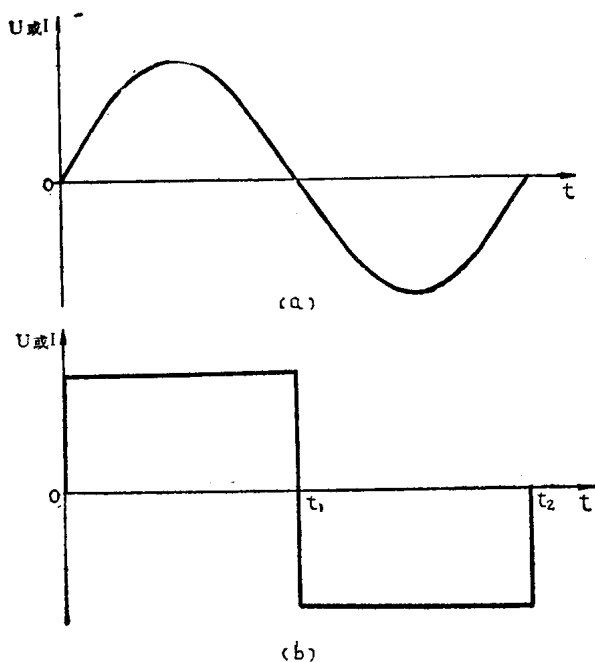


图1.1 两种不同的信号波形

通常把具有突变特点的电信号称为脉冲信号。目前脉冲数字电路中常用的脉冲信号波形如图1.2所示，其中图1.2(a)波形，因形状为矩形，称为矩形脉冲波形，简称矩形波。该波形的脉冲，每隔相等的时间重复出现一次，如 $t_3 - t_1 = t_5 - t_3$ ，因此是一个周期信号。另外，该波形的脉冲存在时间 $t_1 \sim t_2$ 、 $t_3 \sim t_4$ 等，对整个脉冲周期来说是很短暂的，即在一个周期中相当长的时间里脉冲为零。图1.2(b)形状似尖峰，称为尖脉冲；图1.2(c)是脉冲存在时间和不存在时间相等的一种矩形脉冲，称为方波；根据图1.2(d)、(e)、(f)的波形形状，它们很自然地分别称为锯齿波、三角波和阶梯波。

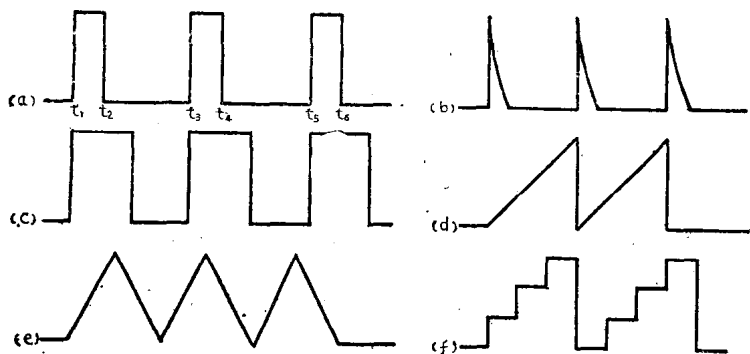


图 1.2 几种常用脉冲波形

顺便指出的是：脉冲信号并非一定是周期性信号，也可以是非周期的。譬如图1.2(a)，如果只有一个脉冲，当然还是一种脉冲信号，但就无周期可言了。

2. 理想矩形脉冲的参数

矩形脉冲信号是脉冲数字电路中应用最广的一种，其波形如图1.3所示，常用如下三个主要参数来描述它的特征。

(1) 脉冲幅度 U_m

这是一个描述脉冲信号强弱的参数。它在数值上等于脉冲自某一稳态值变化至另一稳态值之差，记作 U_m 。对图1.3来说， $U_m = E - 0 = E$ 。

(2) 脉冲宽度 t_K

它是描述脉冲存在时间长短的参数，因此又叫脉冲持续时间。对图1.3来说， $t_K = t_2 - t_1 = t_4 - t_3$ 。

t_K 的单位是秒(s)、毫秒(ms)、微秒(μs)、纳秒(ns)，它们的相互关系是：

$$1s = 10^3 ms$$

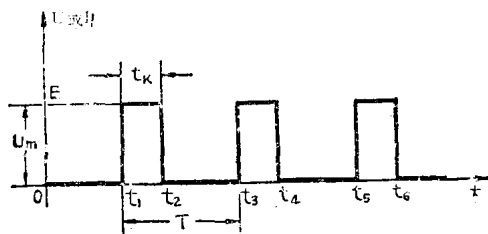


图 1.3 矩形脉冲参数示意图

$$1\text{ms} = 10^3 \mu\text{s}$$

$$1\mu\text{s} = 10^3 \text{ns}$$

(3) 脉冲重复周期 T

它是描述周期性脉冲信号中相邻脉冲间隔大小的参数。数值上等于任意两个相邻脉冲之间的时间间隔，如图 1.3 的 $T = t_3 - t_1 = t_5 - t_3$ 。

相邻脉冲间隔的大小，也可用脉冲重复频率 f 来描述，它表示每秒钟出现的脉冲个数，数值上等于脉冲重复周期 T 的倒数，即 $f = \frac{1}{T}$ 。

频率的单位是赫(Hz)、千赫(kHz)、兆赫(MHz)、吉赫(GHz)，它们的相互关系是：

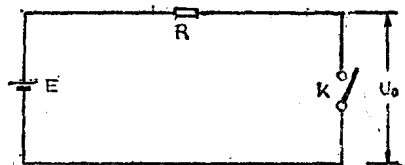
$$1\text{GHz} = 10^3 \text{MHz}$$

$$1\text{MHz} = 10^3 \text{kHz}$$

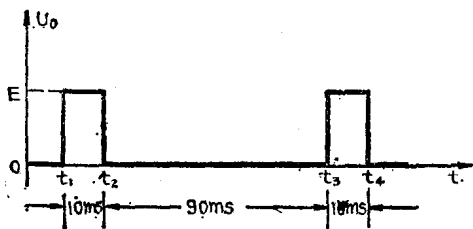
$$1\text{kHz} = 10^3 \text{Hz}$$

3. 脉冲电路及其组成

脉冲电路就是能够产生和变换各种脉冲波形的电路。为便于了解脉冲的产生过程和脉冲电路的组成，我们先来看看图 1.4(a) 所示的矩形脉冲电路模型。图中 K 为一开关，它的闭



(a)



(b)

图 1.4 矩形脉冲电路模型及输出波形

合与断开是由人工控制的，如果开关起始处于闭合状态，则输出电压 $U_o = 0$ ，若在 t_1 时刻突然打开开关 K ，则 U_o 由 0 突变为 E ，经过 10ms 后，在 t_2 时刻再闭合开关 K ，则 U_o 又由 E 突变为 0，经 90ms 后在 t_3 时刻又打开开关 K ， U_o 又由 0 突变为 E ，这就是说 $U_o = E$ 持续了 10ms ， $U_o = 0$ 维持了 90ms 。我们若重复的将开关 K 断开 10ms ，闭合 90ms ，便可得到一个如图 1.4(b) 所示的周期性矩形脉冲信号。图 1.4(a) 既然能够产生矩形脉冲信号，当然就是一个脉冲电路，它输出的矩形脉冲的脉冲幅度 $U_m = E$ ，脉冲宽度 $t_K = 10\text{ms}$ ，脉冲重复周期 $T = 10 + 90 = 100\text{ms}$ ，脉冲的重复频率 $f = \frac{1}{T} = \frac{10^3}{100} = 10\text{Hz}$ 。

从上述矩形脉冲的产生过程不难看出，脉冲电路模型是由一个开关和一个控制开关通、断时间的人组成的。显然，在实

际的脉冲电路中不能这样作，实际上是利用晶体二极管或三极管来代替开关 K ，用定时电路（又称惰性电路）来代替人对开关定时控制，这惰性电路一般由电阻 R 和电容 C 组成。因此，一个脉冲电路的基本组成应包括两部分，即晶体管开关电路和 $R-C$ 惰性电路。

二、逻辑和逻辑电路

1. 逻辑

逻辑一词是外来语，意思是指客观的规律性。通常所说某件事情是合乎逻辑的，实际就是说那件事情是符合某种客观规律的，按照客观规律，只要具备这个规律所规定的条件，也就是说只要符合某种逻辑关系，必然产生某种结果。例如用两个串联开关 A 和 B 组成的灯控电路，见图1.5所示。显然其控制结

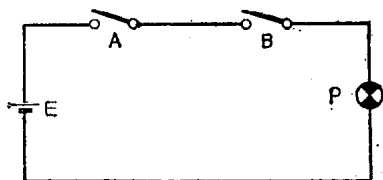


图 1.5 两串联开关灯控电路

果不外乎有两种可能，即灯亮或灯灭，究竟是哪一种结果，就要看开关 A 和 B 的状态了。开关 A 、开关 B 的状态也分别只有两种可能，即通或断。现将上述状态的各种可能组合，及其相应的结果排列起来可得表1.1，它包含了图1.5电路的全部逻辑关系，称其为逻辑关系表。由表看出，它是符合客观规律的，也是合乎逻辑的。实际表1.1反映的逻辑关系是：只有条件1与条件2全为通的时候，才能得到灯亮的结果；否则，即使只

表 1.1

逻辑关系表

条件 1 (A 开关状态)	条件 2 (B 开关状态)	结 果 (灯 P 状态)
断	断	灭
断	通	灭
通	断	灭
通	通	亮

有一个条件为断，也只能得到灯灭的结果。这种逻辑关系称为与逻辑关系，简称与逻辑。

2. 逻辑关系的描述方法

从上述分析知道，逻辑关系可以用文字叙述，也可以用逻辑因果关系表描述，但它们共同的缺点是繁琐、欠直观，又不便于运算。人们通过不断的实践，已经找到了描述逻辑关系的更好方法，现分述如下：

(1) 真值表

在我们所讨论的例子中，无论是条件还是结果，都只有两种可能状态，而不存在着中间状态，这样就可以用所谓逻辑 1 和逻辑 0 来代表这两种状态，这就是说 A、B、P 三者无论哪一个，它们的状态不是 1 就是 0，即所谓二值逻辑。现若将表 1.1 中条件的两种状态分别以 1 代表通、0 代表断；而在结果中以 1 代表亮、0 代表灭，则可得到表 1.2，称其为与逻辑真值表，简称与真值表。显然，它比表 1.1 简捷、明瞭得多，因此真值表是描述和研究逻辑问题常用的方法之一。

(2) 逻辑式

尽管真值表简捷、明瞭，但它依然存在着不便于运算的缺