

邮 电 中 等 函 授 试 用 教 材

脉冲与数字电路

董献忱 赵裕臣 编著 赵六骏 审

人 民 邮 电 出 版 社



邮电中等函授试用教材

脉冲与数字电路

董献忱 赵裕臣 编著
赵六骏 审

人民邮电出版社

内 容 提 要

本书介绍了脉冲与数字电路基本知识、基本工作原理和基本的分析方法。全书理论联系实际,由浅入深,通俗易懂,每章末均附有思考题、习题和小实验,以供自学时练习。

本书共八章,包括:脉冲电路的基本知识,脉冲波形变换电路,脉冲波形产生电路,数制,逻辑代数,逻辑门电路,触发器和计数器。

本书作为邮电中等函授试用教材,也可作为电子技术人员及邮电中等学校师生学习参考。

邮电中等函授试用教材

脉 冲 与 数 字 电 路

董献忱 赵裕臣 编著

赵六骏 审

人民邮电出版社出版

北京东长安街27号

河南省邮电印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

开本: 850×1168 1/32 1983年7月第一版
印张: 16 4/32 页数: 258 1987年6月河南第8次印刷
字数: 426千字 插页: 1 印数: 46,001-58,000册

统一书号: 15045·总2718—无6234

定 价: 2.80元

编 者 的 话

本书是邮电中等函授通信各专业共用的技术基础课教材，是根据1980年11月全国邮电中等函授教学大纲审定会审定的“脉冲与数字电路的教学大纲”，并在作者讲稿的基础上编写而成的。

脉冲与数字电路课程是与电子工程各专业有关的技术基础课。目前它已广泛的应用于通信、计算机、自动控制、电视、雷达、人造卫星等许多技术领域，而且随着我国四个现代化的进程，还将获得越来越广泛的应用。因此，我们学好这门课程具有重要的实际意义。

本书主要讲述脉冲与数字电路的基本物理概念、典型电路组成、基本工作原理及简单的计算方法。在实际方面，介绍了电路的应用，调测的基本方法及小实验电路。

为了便于自学，对章节的安排，我们采取由易到难，由简到繁，基本上符合循序渐进的认识规律；对重点内容，力求深入浅出，通俗易懂，基本上可达到“无师自通”的学习效果；在叙述方法上，理论联系实际，着重讲透物理概念，尽量避免涉及太繁太深的数学；为了帮助掌握物理概念和加强基本训练，在每章末附有小结、思考题、习题及部分小实验内容。

本书第一、二、三章由董献忱同志编写，第四、五、六、七、八章由赵裕臣同志编写，全书由董献忱同志统编。

本书经赵六骏同志审阅。在编写过程中还得到冯周楠、谢沅清、刘元干等同志的热情支持和帮助，在此谨致以衷心的感谢。

由于作者水平有限，错误之处在所难免，希望读者批评指正。

1982.5

目 录

第一篇 脉冲电路

第一章 脉冲电路的基本知识	(8)
---------------------	-------

第一节 脉冲波形及其主要参数	(8)
----------------------	-------

一、什么叫脉冲和脉冲序列	(8)
--------------------	-------

二、矩形脉冲的主要参数	(7)
-------------------	-------

三、脉冲速度	(10)
--------------	--------

四、脉冲电路与数字电路	(11)
-------------------	--------

第二节 RC电路	(12)
----------------	--------

一、电容器的基本特性	(13)
------------------	--------

二、RC电路的充、放电过程	(16)
---------------------	--------

三、RC电路充、放电的数学表达式	(21)
------------------------	--------

四、计算举例	(25)
--------------	--------

附录1-2-1	(33)
---------------	--------

第三节 晶体管开关特性	(35)
-------------------	--------

一、晶体二极管(简称二极管)	(35)
----------------------	--------

二、晶体三极管(简称三极管)	(47)
----------------------	--------

本章小结	(67)
------------	--------

思考题、习题	(71,72)
--------------	-----------

小实验电路	(76)
-------------	--------

第二章 脉冲波形变换电路	(78)
--------------------	--------

第一节 微分电路和积分电路	(79)
---------------------	--------

一、微分电路	(79)
--------------	--------

二、积分电路	(84)
--------------	--------

三、RC分压电路	(89)
----------------	--------

第二节 限幅电路与箝位电路	(92)
---------------------	--------

一、限幅电路	(94)
二、钳位电路	(109)
第三节 锯齿波形成电路	(118)
一、锯齿波的主要参数	(118)
二、锯齿波形成电路	(119)
附录2-3-1	(137)
第四节 反相器	(138)
一、反相器的电路	(138)
二、反相器的带负载能力	(144)
本章小结	(147)
思考题、习题	(149、150)
小实验电路	(155)
第三章 脉冲波形产生电路	(159)
第一节 集-基耦合双稳态电路	(160)
一、集-基耦合双稳态电路的工作原理	(160)
二、实际电路的介绍	(180)
三、双稳态电路的调测	(182)
第二节 集-基耦合单稳态电路	(186)
一、单稳态电路的工作原理	(187)
二、实际电路的介绍及应用	(199)
三、单稳态电路的调测	(201)
第三节 集-基耦合无稳态电路	(203)
一、电路的工作原理	(203)
二、实际电路介绍	(212)
三、集-基耦合无稳态电路的调测	(213)
第四节 射极耦合双稳态电路	(215)
一、电路的工作原理	(215)
二、电路的回差现象	(227)
三、实际电路简介	(231)
四、射极耦合双稳态电路的调测	(234)

本章小结	(235)
思考题、习题	(238)
小实验电路	(242)

第二篇 数字电路

第四章 数制	(247)
--------------	---------

第一节 数的表示法	(247)
-----------------	---------

一、十进位计数制	(247)
----------------	---------

二、二进位计数制	(249)
----------------	---------

第二节 二进制数与十进制数的相互转换	(251)
--------------------------	---------

一、二进制整数转换为十进制数	(251)
----------------------	---------

二、十进制整数转换为二进制数	(252)
----------------------	---------

第三节 二进制数的四则运算	(254)
---------------------	---------

一、加法运算规则	(254)
----------------	---------

二、减法运算规则	(255)
----------------	---------

三、乘法运算规则	(255)
----------------	---------

四、除法运算	(256)
--------------	---------

本章小结	(256)
------------	---------

思考题、习题	(257、258)
--------------	-------------

第五章 逻辑代数(布尔代数)	(259)
----------------------	---------

第一节 逻辑代数的基本关系	(260)
---------------------	---------

一、逻辑代数和逻辑变量	(260)
-------------------	---------

二、基本的逻辑运算	(261)
-----------------	---------

第二节 逻辑代数的基本公式	(266)
---------------------	---------

一、基本运算公式	(268)
----------------	---------

二、基本定律	(269)
--------------	---------

三、扩展基本定律运用范围的几个规则	(273)
-------------------------	---------

四、逻辑代数式简化举例	(276)
-------------------	---------

第三节 逻辑代数的应用	(277)
-------------------	---------

一、逻辑电路的分析	(277)
-----------------	---------

二、逻辑电路的综合	(280)
-----------------	---------

第四节 卡诺图	(287)
一、卡诺图表示法	(287)
二、多变量卡诺图的画法	(289)
三、卡诺图和逻辑函数式的关系	(292)
四、卡诺图化简法	(294)
本章小结	(304)
思考题、习题	(306、307)
第六章 逻辑门电路	(310)
第一节 分立元件门电路	(311)
一、二极管“与”门电路	(311)
二、二极管“或”门电路	(315)
三、“非”门电路	(318)
四、复合门电路	(320)
第二节 二极管—三极管逻辑门电路 (DTL)	(322)
一、电路组成	(324)
二、工作原理	(327)
三、几个主要元件的作用	(328)
第三节 TTL “与非” 门电路	(331)
一、简单的TTL “与非” 门电路	(332)
二、实用的TTL “与非” 门电路	(334)
三、TTL “与非” 门的电压传输特性	(340)
四、TTL “与非” 门的主要指标	(344)
五、TTL门电路产品简介	(353)
六、使用TTL门电路的基本常识	(362)
第四节 MOS集成逻辑门电路	(365)
一、P沟道场效应管	(366)
二、P-MOS门电路	(374)
三、C-MOS门电路	(376)
本章小结	(383)
思考题、习题	(386、388)

第七章 集成电路触发器	(392)
第一节 基本 $\overline{R}-S$ 触发器	(393)
一、电路组成	(393)
二、工作原理	(395)
三、基本 $\overline{R}-S$ 触发器对输入负脉冲的要求	(396)
四、应用	(397)
第二节 钟控触发器的基本类型	(399)
一、钟控 $R-S$ 触发器	(399)
二、 D 触发器	(403)
三、 $J-K$ 触发器	(404)
四、 T 和 T' 触发器	(406)
五、钟控触发器的空翻问题	(409)
第三节 维持-阻塞触发器	(411)
一、电路组成	(411)
二、工作原理	(413)
三、 D 触发器的逻辑功能	(414)
四、集成 D 触发器简介	(415)
第四节 主-从触发器	(418)
一、主从触发器的工作方式	(418)
二、主从 $J-K$ 触发器	(420)
三、集成主从 $J-K$ 触发器简介	(423)
第五节 集成触发器的主要指标和功能变换	(427)
一、主要技术指标	(427)
二、触发器之间的相互转换	(429)
本章小结	(435)
思考题、习题	(439、440)
第八章 计数电路	(443)
第一节 二进制计数器	(443)
一、计数器的基本单元	(444)
二、异步二进制加法计数电路	(447)

三、异步二进制减法计数电路	(451)
四、集成触发器组成的异步二进制计数器	(453)
第二节 十进制计数器	(456)
一、十进制计数器的基本知识	(456)
二、“2421”码十进制计数单元	(460)
三、“8421”码十进制计数单元	(462)
四、集成十进制计数单元	(465)
第三节 译码器和分配器	(471)
一、什么是译码器	(471)
二、二进制译码器	(472)
三、十进制译码器	(476)
四、分配器	(480)
第四节 数字显示电路	(484)
一、辉光数字显示器	(485)
二、荧光数码管显示器	(490)
本章小结	(501)
思考题、习题	(502、503)

第一篇 脉冲电路

脉冲技术是电子技术的一个重要领域，在近三十多年来，它随着生产、科研等方面的需要而得到迅速的发展。今天，脉冲技术已成为近代电子技术中的一种基础技术。它在生产过程中的自动控制，以及遥测、遥控、电视、雷达、通信、仪表、电子计算机等许多方面都得到了广泛的应用。

脉冲电路之所以被广泛的应用，是因为在解决信息传输、物理量的测量；数据的运算和处理以及能量的转换和控制等方面具有以下优点：

(1) 抗干扰能力强 当信息以脉冲形式传递时，则可用电脉冲（以后简称脉冲）的有无、脉冲的宽度、脉冲的重复频率等特征量来表示。但干扰对信息的影响，在多数情况下，只影响脉冲的幅度，这时可以通过“再生”技术加以消除。因此，脉冲电路比模拟电路抗干扰能力较强。

(2) 精确度高 在电子计算机和数字式仪表等电子设备中，信号的传输或指示都是以数字的形式进行的，增加位数，即可达到相当高的精确度。

(3) 控制电路功耗小 在脉冲电路中，晶体管（或组件）主要工作在开关状态，而它的过渡过程是非常短暂的。以晶体管为例，它的开关相当于饱和与截止两种工作状态，因为饱和时电流大而管压降很低；在截止时管压降高而电流极小。因此，脉冲电路中器件的功耗是比较小的。

本篇是讨论分立元件的脉冲电路，主要介绍脉冲波形变换和产生电路。分立元件脉冲电路通常是由电阻 R 、电容器 C 、电感 L 和晶

体管以及其它电子器件所组成。我们主要研究用什么方法来产生及变换各种脉冲信号，讨论这些脉冲电路的基本工作原理和简单的计算方法。

本篇包括三章，第一章为脉冲电路的基本知识；第二章为脉冲波形变换电路；第三章为脉冲波形产生电路。

第一章 脉冲电路的基本知识

目 的 和 要 求

本章主要的研究对象是：脉冲波形的特性；晶体管（二、三极管）的开关特性； RC 电路的暂态特性。通过本章的学习，应当掌握以下几个基本概念：

（1）由于脉冲波形的种类较多，用途也不一样，所以各种脉冲波形的参数不尽相同。这里仅介绍几种常用的脉冲波形，并重点介绍常见的非理想矩形脉冲的主要参数。因此，要求掌握非理想矩形脉冲波形的特性及其主要参数。

（2）脉冲电路是处于开关状态的电路，所以也称为开关电路，其结构通常是由电阻 R 、电容 C 、电感 L 和电子开关器件所组成。开关具有两种状态——开状态和关状态（或者说，接通状态和断开状态）。在实际脉冲电路中，通常是用晶体二极管和三极管的开关特性来完成电路的开关作用。因此，要求掌握晶体二极管和三极管的开关特性、等效电路等基本概念。

（3） RC 电路在脉冲电路中具有十分重要的作用。我们将讨论 RC 电路的暂态特性，即充、放电的物理过程。因此，要求掌握 RC 电路的充、放电的特性。本章是全书的基础，因此上述三点要求必须牢牢掌握。

第一节 脉冲波形及其主要参数

一、什么叫脉冲和脉冲序列

“脉冲”一词系指一种间断的、突然变化的现象。即隔一段时间突然出现，持续一极短时间又突然消失。随后又可能突然出现，

持续一极短时间又突然消失。因此，我们说脉冲含有脉动和短促的意思。我们所讨论的脉冲，系指在短暂的时间内出现的电压或电流的突然变化。在自然界中，雷电就是一种常见的能量非常巨大的脉冲。因此，我们又将某种电量发生突然变化，而产生不连续（或间断）的电信号（以下简称信号）称作脉冲。

例如，邮电部门发送电报时，每按一次电键就可以产生一个脉冲。按电键的时间有长有短，所得到的脉冲也就有宽有窄，这样就可得到一系列的宽窄不同的矩形脉冲，电路如图1-1-1(a)所示。

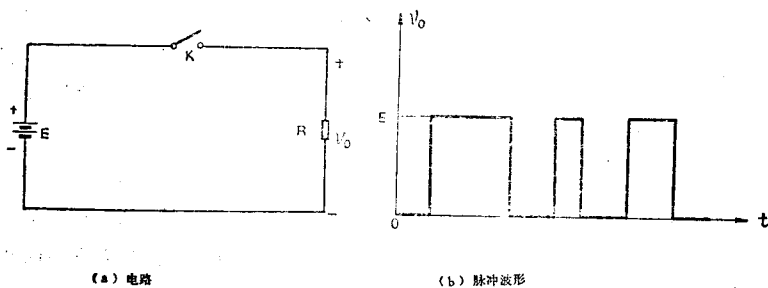


图 1-1-1 发送电报示意图

由电路图可以看出，当按下电键 K ，电路接通，电阻 R 两端的电压等于电源电压 E ，即输出电压 $v_o = E$ ；当不按电键 K ，电路断开，电阻 R 两端的电压等于零，即输出电压 $v_o = 0$ 。根据用户电文的内容，反复按下和不按电键 K ，就能获得幅度为 E 、宽度随电文而变化的一系列的脉冲电压波形，如图1-1-1(b)所示。

脉冲信号的波形是千变万化的，种类繁多。但经常用到的有如图1-1-2所示的几种波形。

由图可以看出，这些脉冲信号波形的共同特点就是具有突变性。以矩形脉冲为例，它的电压数值从零突然变到峰值，经过一段时间后，又从峰值突然变到零值。又如尖脉冲信号波形，其电压数值从零值突然变到峰值，然后再以指数规律迅速变到零值。

由于脉冲信号波形的不同，用途也不一样。一般说来，矩形脉

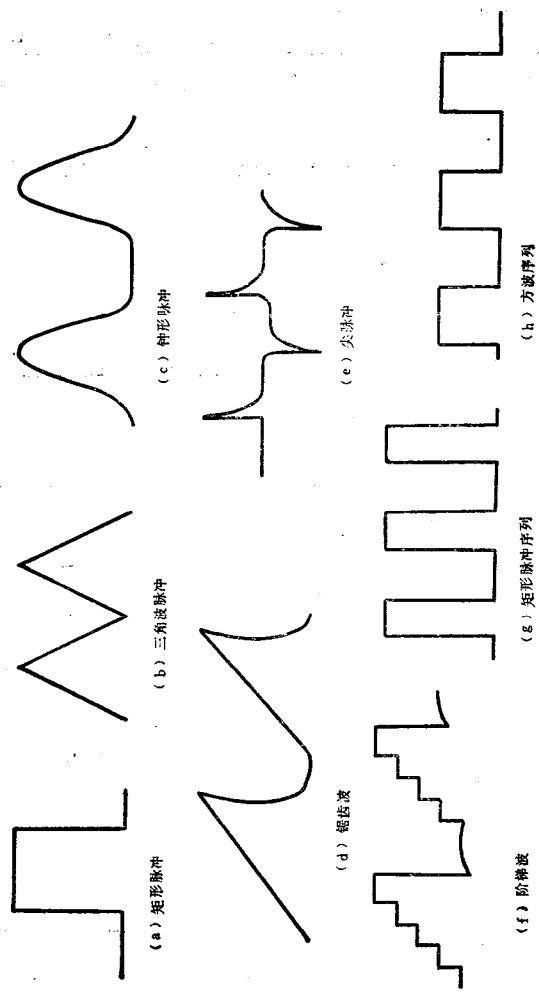


图 1-1-2 常见的脉冲信号波形

冲常作为开关控制信号，或用来产生尖脉冲；尖脉冲常作为触发信号；锯齿波可作为电视、示波器等设备中的扫描信号；阶梯波可作为测量晶体管特性曲线的控制信号。

实际上脉冲波形当然不止这几种，因为从广泛意义上来说，一切具有突变部分的周期性或非周期性的电压或电流波形都应称作脉冲。

所谓的脉冲序列，通常系指由多个单一脉冲构成的脉冲信号，如图1-1-3所示。

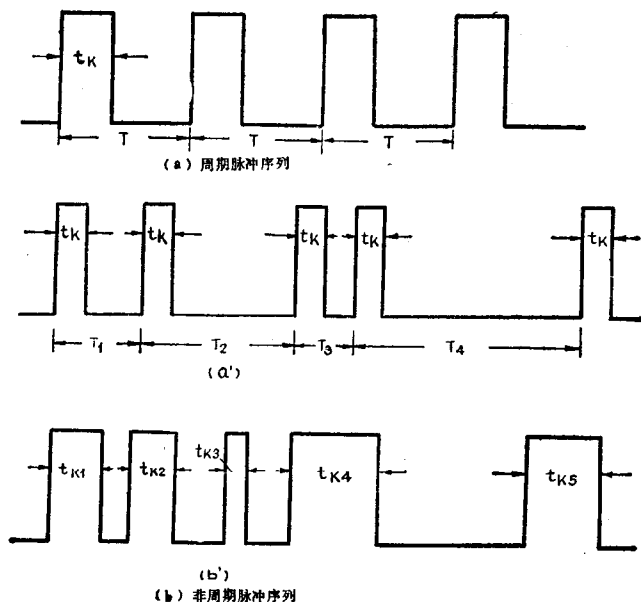


图 1-1-3 脉冲序列

由图可以看出，脉冲序列通常分为两种类型，一种是周期性的脉冲序列（或称有规则性的脉冲序列），如图1-1-3(a)所示。这种脉冲序列是以间隔相等的时间($t = T$)出现脉冲波形，即周期性地出现脉冲。它的特点是：脉冲出现的时间间隔相同；脉冲的高度

(或称幅度)相等;脉冲的持续时间亦相同。这种脉冲序列在脉冲电路与数字电路中得到了广泛的应用。另一种是非周期性的脉冲序列(或称无规则的脉冲序列),如图1-1-3(b)所示。这种脉冲序列又分为两种形式,一种形式是,脉冲的高度和持续时间都相等,但脉冲出现的时间间隔不相等。如图(a')所示。另一种形式是,脉冲的高度相同,但脉冲波形的持续时间各不相同,如图(b')所示。

二、矩形脉冲的主要参数

我们知道,一个正弦信号可用幅度 V_m 、角频率 ω 、初相位 ϕ 三个参数表示,即:

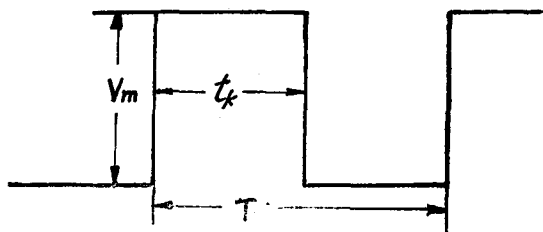
$$v = V_m \sin(\omega t + \phi)$$

这就是说,假如知道一个正弦波的幅度 V_m 、角频率 ω 和初相位 ϕ 以后,便可确定它的波形了。

同样,脉冲信号只要是理想的周期性的脉冲波也可以用三个参数表示,即脉冲幅度 V_m 、脉冲持续时间 t_k 、重复周期 T ,如图1-1-4(a)所示。但对一个任意的非理想的脉冲信号,也用 V_m 、 t_k 、 T 三个参数来描述脉冲波形那是不够的,因此,必须引入新的参数才能对它进行完整的描述。

下面着重介绍常用的非理想矩形脉冲的几个主要参数。并结合图1-1-4(b)进行说明。

(1)脉冲幅度 $V_m(I_m)$ 脉冲电压或电流从一种状态(静态值或零值)变化到另一种状态(稳定峰值)的跳变值称为脉冲幅度。脉



(a) 理想矩形脉冲