

业余无线电爱好者自学读物之五

脉冲和数字电路



73.61
业余无线电爱好者自学读物之五

脉冲和数字电路

戴祖福 张幼男 编著

人民邮电出版社

DT 42/21
内 容 提 要

本书通俗地介绍脉冲和数字电路的原理及应用,内容包括 RC 电路、晶体管开关、双稳态触发器、多谐振荡器、定时整形电路、锯齿波发生器、门电路、组合逻辑电路、集成电路触发器、时序逻辑电路以及二进制数和逻辑代数的知识。内容简明实用,讲解具体生动,可供广大无线电爱好者自学及参考。

业余无线电爱好者自学读物之五
脉 冲 和 数 字 电 路
maichong he shuzi dianlu

戴祖福 张幼男 编著

责任编辑:高丕武

人民邮电出版社出版

北京东长安街27号

北京广益印刷厂印刷

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 1989年1月第一版

印张: $8\frac{24}{32}$ 页数: 140 1989年1月北京第1次印刷

字数: 195 千字 印数: 1—6 000 册

ISBN 7-115-03728-0/TN·141

定价: 2.80 元

出版说明

为了满足广大业余无线电爱好者自学电子技术的迫切需要，我们在中国电子学会普及工作部和华东地区电子科普创作研究会的支持和帮助下，组织华东地区作者编写了这套“业余无线电爱好者自学读物”。它的特点是具有较强的针对性、实用性和一定的趣味性，适合于具有初中以上文化程度的无线电爱好者自学。为了使读者循序渐进地掌握电子技术基础知识及实践技能，这套读物分七册出版：《实用电工基础》、《基础电子学》、《无线电广播与接收》、《电视广播与接收》、《脉冲和数字电路》、《实用电子测量》和《微电子技术应用》。各书讲述基本理论时以讲清物理概念为主，避免繁琐的数学推导；力求和爱好者的业余实践活动密切结合，按专题安排一定数量有实用性的实验项目，用理论知识把一个个实验串起来；每章后附有小结和习题，便于读者复习和巩固所学知识。读者可以根据自己的实际情况，系统学习这套读物或选学其中的某几册。

编辑出版这样一套自学读物，对我们来说还是一个尝试。欢迎广大无线电爱好者对这套读物的内容和编写方法提出宝贵意见。

目 录

第一章 绪论	1
第一节 什么是脉冲信号和脉冲电路	1
一、什么是脉冲信号	1
二、什么是脉冲电路	3
[实验一] 矩形波的产生	4
第二节 什么是数字信号和数字电路	5
一、什么是数字信号	5
二、什么是数字电路	6
第三节 脉冲数字电路的应用	7
第二章 RC 电路	8
第一节 RC 电路的特性	8
一、RC 电路在直流电压作用下的特性	8
二、RC 电路在脉冲电压作用下的特性	13
第二节 RC 电路的应用	15
一、脉冲耦合电路	16
二、微分电路	16
三、积分电路	18
四、脉冲分压器	19
[实验二] RC 电路的研究(1)	21
[实验三] RC 电路的研究(2)	22
小结	23
习题二	23
第三章 晶体管开关	26
第一节 二极管开关及其应用	26

一、二极管能作开关吗	26
二、二极管是理想开关吗	27
三、二极管开关的应用	28
第二节 三极管开关及其应用	33
一、三极管能作开关吗	33
二、三极管的开关条件	35
三、脉冲反相器	38
四、三极管的开关速度问题	40
五、改善反相器开关性能的措施	41
六、反相器的应用实例	44
[实验四] 限幅电路的研究	46
小结	47
习题三	47
第四章 双稳态触发器	50
第一节 基本概念	50
一、什么叫双稳态触发器	50
二、记忆功能的实现	51
三、双稳电路的稳定条件	53
四、触发翻转与触发脉冲的形成	54
第二节 双稳态触发器电路	57
一、单边触发的双稳态触发电路	57
二、计数触发的双稳态触发电路	59
三、双稳态触发器的参考电路	61
第三节 应用实例	64
一、织袜机故障停车电路	64
二、阶梯波形成电路	65
[实验五] 双稳态电路的简单调试	68
[实验六] 双稳态触发器的动态测试	70
小结	70

习题四	71
第五章 自激多谐振荡器	72
第一节 集基耦合多谐振荡器	72
一、振荡原理	72
二、参考电路	78
第二节 射极耦合多谐振荡器	81
一、电路结构	81
二、工作原理	82
第三节 应用举例	83
[实验七] 集基耦合自激多谐振荡器的简单调试	84
[实验八] 简单的电子琴	85
小结	87
习题五	87
第六章 定时整形电路	89
第一节 单稳态触发器	89
一、什么叫单稳态触发器	89
二、集基耦合单稳态触发器	90
三、射极耦合单稳态触发器	92
四、参考电路	94
五、单稳电路的应用	96
第二节 施密特触发器	100
一、结构特点	100
二、工作原理	101
三、回差现象	103
四、参考电路	103
五、施密特电路的应用	104
[实验九] 集基耦合单稳态触发器的检测	107
[实验十] 施密特电路的调试	109
小结	111

习题六	112
第七章 锯齿波发生器	114
第一节 锯齿波的概念	114
一、从示波器如何显示电压波形谈起	114
二、扫描信号及其用途	116
三、锯齿波参数	117
第二节 锯齿电压波发生器	118
一、简单的触发扫描电路	118
二、锯齿波的线性问题	119
三、恒流源锯齿波发生器	121
四、采用正向补偿电势的扫描电路	123
五、改进的自举电路	125
六、电容负反馈锯齿波发生器	126
第三节 参考电路	128
[实验十一] 电压扫描波的形成	129
小结	131
习题七	132
第八章 门电路	133
第一节 由分立元件构成的门电路	133
一、二极管与门	133
二、二极管或门	136
三、非门	138
四、正逻辑和负逻辑	139
第二节 TTL 门电路	140
一、TTL 与非门	141
二、主要参数	148
三、TTL 门电路的扩展	154
四、怎样正确使用 TTL 电路	159
[实验十二] TTL 门电路参数的测量	168

小结	170
习题八	170
第九章 组合逻辑电路	171
第一节 逻辑函数和逻辑图	171
一、怎样看懂逻辑图——逻辑分析	171
二、如何根据逻辑函数式画逻辑图	175
第二节 编码器	177
一、什么是二——十进制码(BCD 码)	178
二、电路分析	179
第三节 译码器	181
一、8421 BCD 4 线—10 线译码器	181
二、七段数字显示译码器	182
第四节 加法器	188
一、半加器	189
二、全加器	191
第五节 多谐振荡器	193
一、集成与非门的开关特性	194
二、工作原理	195
三、环形多谐振荡器	198
四、应用和调测	199
第六节 集成单稳态触发器	200
一、微分型单稳态触发器	200
二、积分型单稳态触发器	203
三、微分型和积分型单稳态电路的比较	204
四、调测	205
小结	206
习题九	207
第十章 集成电路触发器	210
第一节 基本 $R-S$ 触发器	210

一、电路构成	210
二、真值表和逻辑符号	212
第二节 钟控触发器	215
一、工作原理	215
二、怎样画触发器的工作波形图	217
第三节 触发器的逻辑功能	220
一、 $R-S$ 触发器	220
二、 D 触发器	220
三、 $J-K$ 触发器	222
四、 $T(T')$ 触发器	231
第四节 几种常用的触发器	224
一、 D 型触发器	224
二、 $J-K$ 型触发器	226
三、 D 、 $J-K$ 触发器转换成 T' 触发器和 T 触发器	228
[实验十三] 触发器的几个简单应用	230
一、无抖动开关电路	230
二、单脉冲发生器	232
[实验十四] 触发器逻辑功能测试	235
一、 D 触发器	235
二、 $J-K$ 触发器逻辑功能检查($TO 78$)	237
小结	239
习题十	240
第十一章 时序逻辑电路	245
第一节 常见的时序电路举例	245
一、寄存器	245
二、移位寄存器	246
三、计数器	247
第二节 时序逻辑电路应用实例	251
一、交替式显示控制电路	251

二、递增式显示控制电路	253
三、闪烁式显示控制电路	255
小结	257
习题十一	257
附录一 二进制数	258
附录二 逻辑代数	260

第一章 绪 论

第一节 什么是脉冲信号和脉冲电路

一、什么是脉冲信号

图 1-1(a)、(b)是我们已经熟悉的两种信号,图(a)是正弦交流电压(电流)信号,图(b)是直流电压(电流)信号。这类信号的特点是:电压(电流)在时间轴上是连续的,在幅度大小上变化是缓慢的[如图(a)]或恒定的[如图(b)]。具有这种特点的信号,称为模拟信号。

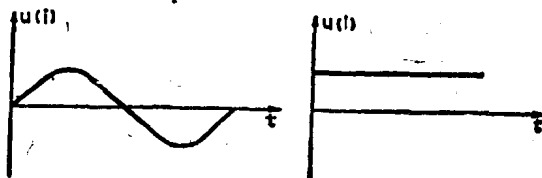


图 1-1 正弦交流电和直流电

本书要介绍另一类被称为“脉冲”的信号。所谓脉冲,顾名思义,有脉动和冲击的意思。图 1-2 给出了几种电压(或电流)的脉冲波。按波形命名,图(a)~(f)分别称之为方波、矩形波、尖脉冲波、锯齿波、阶梯波和钟形波。

尽管各种脉冲信号的波形有所不同,但它们都具有以下一些共同的特点:

8910144

• 1 •

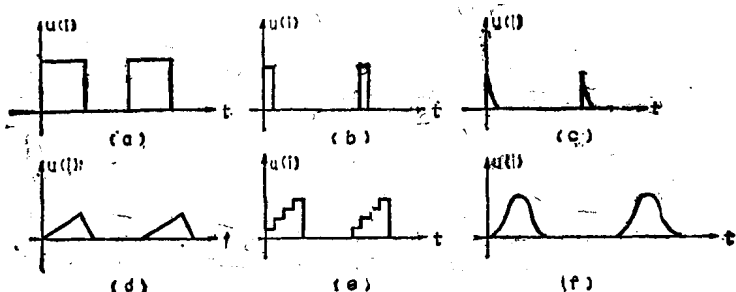


图 1-2 几种脉冲波

1. 在时间上是离散的，也就是说，有时有信号，有时没有信号。此外，信号的持续时间和间歇时间都比较短暂*；

2. 在幅度上，大部分脉冲信号有突变点，即具有陡峭的前沿或后沿[如图(a)、(b)、(c)、(e)]，或既有缓变部分又有快变部分[如图(d)]，或全是缓慢变化但波形离散[如图(f)]。

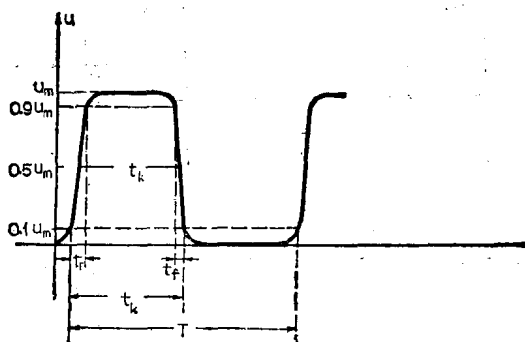


图 1-3 方波的参数

* 也有例外，例如，单脉冲的间歇时间就很长。

广义地说,凡不具有连续恒定的,或连续变化的电压(或电流)波形,都统称之为脉冲信号。

脉冲的特征通常用波形参数来描述。下面以图 1-3 所示实际的方波为例,介绍它的主要参数。图中

u_m —脉冲幅度;

t_r —脉冲上升沿或前沿,它是脉冲电压从 $0.1u_m$ 上升到 $0.9u_m$ 所需的时间;

t_f —脉冲下降沿或后沿,它是脉冲电压从 $0.9u_m$ 下降到 $0.1u_m$ 所需的时间;

t_k —脉冲宽度或脉冲持续时间,它是从前沿的 $0.1u_m$ 到后沿的 $0.1u_m$ 之间的时间间隔*;

T —脉冲周期,它是从前一个脉冲的某一特定点到相继后一个脉冲的对应点之间的时间间隔;

$T - t_k$ —脉冲间歇时间或脉冲休止期;

f —脉冲重复频率,它是周期 T 的倒数。

脉冲形状不同,描述它的参数也不同,但不外以上各项。

二、什么是脉冲电路

凡用来“处理”脉冲信号的电路都叫脉冲电路。所谓处理,包括脉冲的产生、变换、传输、放大以及整形等。这里,我们先简单谈一谈脉冲的产生。

现实生活中并不乏产生脉冲的例子。当我们收看电视时,在电视屏幕上有时突然出现一些小麻点,这可能是附近某个电气设备启动,或某个电机运转所产生的无规则脉冲干扰而引起的。下面我们来做一个产生方波或矩形波的小实验。

* 有时也用前沿的 $0.5u_m$ 到后沿的 $0.5u_m$ 之间的时间间隔表示有效脉冲宽度 t_k 。

【实验一】 矩形波的产生

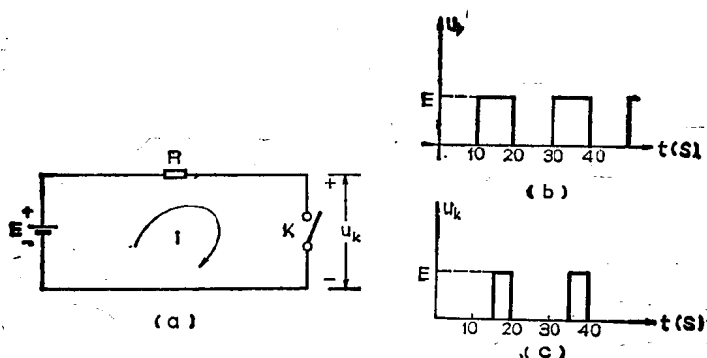


图 1-4 脉冲电压的产生

用电池 E 、电阻 R 、开关 K 组成图 1-4(a) 所示的电路，用万用表观察开关两端的电压 u_k 。

将开关闭合 10 秒钟。此时， $u_k = 0$ ；

再将开关断开 10 秒钟。此时，电源电压 E 全降在开关两端， $u_k = E$ 。

此后，每隔 10 秒钟，即将开关接通、断开，再接通，再断开，便获得如图 1-4(b) 所示的电压方波。它的幅度为 E ，脉冲宽度和脉冲间歇时间各为 10 秒，周期为 20 秒。

如果将开关接通时间改为 15 秒，断开时间改为 5 秒，就可获得如图 1-4(c) 所示的矩形波。其幅度仍为 E ，周期仍为 20 秒，但脉冲宽度变成 5 秒，间歇时间变成 15 秒。

在实际的脉冲电路里，开关通常是用定时元件控制的电子开关。定时电路，通常是 RC 充放电电路；电子开关，通常是工作在“开”与“关”状态下的晶体二极管或晶体三极管及场效应管。

第二节 什么是数字信号和数字电路

一、什么是数字信号

能用不同的状态代表不同数码来传递信息的信号叫数字信号。最常用的数字信号是由 0 和 1 两个数码所组成的二进制数字信号。这是因为 0 和 1 这两个数码很容易用数字电路某点电位的低和高来代表的缘故。多位二进制数相邻位之间的关系是“逢 2 进 1，借 1 为 2”。一位数码叫一个比特，一位数码持续的时间叫一拍。例如， $(1011011)_2$ 就是一个 7 比特的二进制数，用下标 2 来标志它是一个二进制数，换算成十进制数就是 91。

数码 0 和 1 有两种表示方法：一种是用电位的高和低来区分 1 和 0；另一种是用脉冲的有和无来区分 1 和 0。用前一种方法表示的数字信号叫电位型数字信号；用后一种方法表示的数字信号叫脉冲型数字信号。数 $(1011011)_2$ 的两种信号形式如图 1—5 所示。图中用高电平和有脉冲代表数码 1；用低电平和无脉冲代表数码 0。

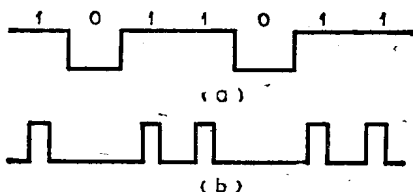


图 1-5 两种数字信号

由图 1—5 可以看出，数字信号也具有脉冲波形。就这一点来说，数字信号也是一种脉冲信号。但是，从研究的重点和

方 上来看,二者是完全不同的。对脉冲信号来说,着重研究的是脉冲的产生、变换、整形等,研究的方法主要是分析线性电路;而对数字信号来说,我们所关心的不是波形,而是两个数字信号之间的运算关系。

数字信号也叫逻辑信号。所谓“逻辑”,就是指客观事物的因果规律。“因”叫逻辑变量,“果”叫逻辑函数。“果”取决于“因”,“函数”取决于“变量”。比如,在房门上挂了 A 、 B 两把锁,要进入房间,必须将 A 与 B 都打开才行。我们把能进入房间这个“事件”起名叫 F 。 A 与 B 是全打开还是有一个或两个锁上,决定着 F 是发生还是不能发生。这里 A 和 B 是“因”,称为变量; F 是“果”,称为函数。变量取“打开”和“锁上”这两种状态,它是二值的;函数取进入房间和进不了房间这两种可能,也是二值的。在电路中同样可以用电位的高和低或数码1和0来区分这二值。可见,逻辑信号(包括变量和函数)也具有数字信号的形式。不过,两个数字信号之间的关系叫算术运算关系;而逻辑变量与逻辑函数之间的关系叫逻辑运算关系。算术运算包括两个数的加、减、乘、除;逻辑运算也叫逻辑判断,最基本的逻辑运算包括“与”、“或”、“非”。用前面的例子来说,只有 A 锁“与” B 锁全打开时,进入房间这个事件 F 才能成立,因此, F 是 A 、 B 相“与”的逻辑运算关系。

二、什么是数字电路

凡能处理数字信号并能对数字信号进行算术运算(对逻辑信号进行逻辑运算)的电路,就叫数字电路或逻辑电路。

数字电路和脉冲电路一样,都是以开关为主体的电路。因此,两种电路结构相似。

数字电路的输入和输出都是0和1二值信号,电路结构简