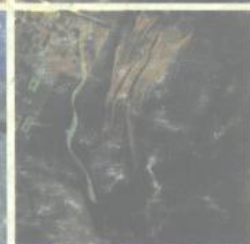
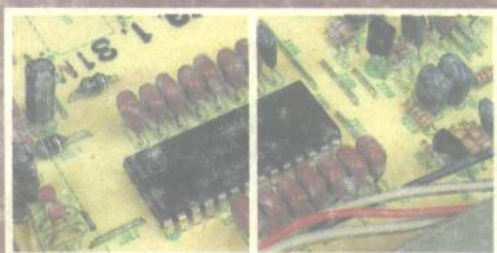


脉冲与数字 电路基础

王明臣 编著

● 电子技术教育丛书 ●



科学技术文献出版社

73.767
124

电子技术教育丛书

脉冲与数字电路基础

王明臣 编 著

科学技术文献出版社

(京)新登字130号

内 容 提 要

本文介绍脉冲与数字电路的基础知识,全书共分8章。内容包括:脉冲电路、数制和码制、逻辑代数、基本逻辑电路、组合逻辑电路,时序逻辑电路、运算电路、存储器等。在编写中,力求讲清物理概念,作到深入浅出和循序渐进,较系统地阐明问题的思考方法与分析步骤,以便适合读者自学。

DL44/13

脉冲与数字电路基础

王明臣 编著

科学技术文献出版社出版

(北京复兴路15号 邮政编码100038)

北京三环印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

787×1092毫米 16开本25.625 印张 617 千字

1991年8月第1版 1991年8月第1次印刷

印数 1—5800册

科技新书目: 242—084

ISBN 7-5023-1405-9/TN·76

定价: 14.50元

序

电子技术教育丛书编委会组织了富有实践经验的教授、高级讲师、高级工程师们花了一年多的时间,编写了这套《电子技术教育》丛书,是非常可喜的。

这套丛书的出版,对电子技术人才的培训,职业技术人员的成长会起到一定的积极作用,它将成为广大电子技术爱好者的良师益友。

我希望这套丛书能得到社会各界的关心和支持,同时通过广泛的教学实践,再据以修改补充,使其更加充实完善。

中国电子学会理事长

A handwritten signature in black ink, appearing to read '孙健生' (Sun Jiansheng), the President of the China Association of Electronics.

1990.10.18.

电子技术教育丛书编委会

顾 问：邢纯洁 郭厚登 佟 力

主任委员：刘学达

副主任委员：游泽清 王明臣

委员（按姓氏笔划）：

丁 新	卫功宜	王有春	王玉生
左万昌	宁云鹤	齐元昌	朱 毅
陈 忠	李 军	李兴民	陆如新
周贵存	张道远	张珍华	廖汇芳

前 言

为适应我国电子技术教育迅速发展的迫切需要,使教育更好地为四化建设服务,为电化教育服务,电子技术教育丛书编委会组织编写了这套《电子技术教育丛书》。

丛书包括,电子技术数学基础,电子技术电工基础,晶体管电路基础,脉冲与数字电路基础,模拟集成电路原理及应用,收录机和组合音响原理及电路解说,黑白电视机原理及电路解说,彩色电视机原理及电路解说,家用和专业用录像机原理及电路解说,卫星电视接收与转播,小型电视台转发设备,电子特技原理及应用,共用天线电视系统、摄像机与摄录放一体化机原理、操作和维护,小型电视台设备系统及其管理,实用无线电仪器与测量,微型计算机原理与应用,最新录像技术与设备,共十八册。

这套丛书是参照电子技术类职业教育的计划和大纲编写的。它包括了电子技术专业的基础课和专业课,具有较强的系统性,每册内容又具有一定的独立性。这套丛书可作为职业教育参考教材,也可供具有中等文化程度和电子技术爱好者自学时选用。

在编写丛书过程中,编者注意到理论与实践密切结合,硬件与软件相结合,并以小型电视台(站)所必须具备的配套设备作为专业课的基础。通过一定的理论分析和运用具体实例来加深对理论概念的理解,以简明分析问题的步骤和思路为线索,突出了物理概念。在文字上力求深入浅出和通俗易懂。每章后面一般都有一定数量的习题,帮助读者巩固所学的内容。书后还附有习题解答或提示,以便读者自我检查。

本套丛书前10本自1986年出版以来,已作了三次印刷,部分内容曾作为中国电子学会举办的“全国电子技术自修班”教材使用过,充分听取了广大教师、学员对本书的意见。这次出版,对书中的遗误和不妥之处进行了必要的修改;对部分内容也作了适当的调整和增删。例如“数字电路原理及应用”、“盒式收录机原理与电路解说”、“黑白彩色电视机原理与电路解说(上下册)”、“模拟低频电子电路”和“模拟高频电子电路”进行了改写,并增加了最新的机型和机种;“无线电数学”、“微型计算机原理和应用”进行了重写;同时又增添了“模拟集成电路原理及应用”,“卫星电视接收与转播”,“小型电视台转发设备”,“电子特技原理及应用”,“共用天线电视系统”、“摄像机与摄录放一体化机原理、操作和原理”,“小型电视台设备系统及其管理”,“实用无线电仪器与测量”,“最新录像技术与设备”等新书。

原电子工业部副部长,现中国电子学会理事长孙俊人同志亲自为本套丛书写了“序”,国家教委有关司局领导,对丛书的出版工作给予大力支持,并直接组织指导了全套丛书的选题、编写、定稿和印刷出版全过程;有关工作人员和编辑也为全套丛书尽早与读者见面做出了很大努力。尽管如此,在较短时间里,组织出版这样一套职业教育系列丛书,难度是很大的。因此,书中的错误与不当之处在所难免,尤其是这套丛书是否能满足职业教育的要求,更有待于广大读者通过学习实践提出宝贵意见,以便在此基础上编出更适合我国职业技术教育丛书。

最后,我们还应向为这套丛书及时出版而付出辛勤劳动的出版、印刷等部门,以及所有参与此项工作的同志表示衷心的感谢。

丛书编辑委员会
1990年8月于北京

目 录

第一章脉冲电路

1-1 脉冲的概念	(1)
一、脉冲的定义及参数	(1)
二、RC与RL简单串联电路的过渡特性	(2)
三、脉冲作用下的晶体管开关特性	(9)
1-2 脉冲波形的变换与整形电路	(18)
一、微分电路与积分电路	(18)
二、锯齿波产生电路	(20)
三、限幅电路与钳位电路	(28)
1-3 单稳态触发器与自激多谐振荡器	(36)
一、单稳态触发器	(36)
二、自激多谐振荡器	(40)

第二章数制与码制

2-1 数制的概念	(44)
一、数的表示方法	(44)
二、各种进位制的相互转换关系	(48)
2-2 二进制数的正数、负数、整数及小数表示方法	(45)
一、正负符号的表示方法	(54)
二、小数的表示方法	(54)
2-3 二进制的四则运算	(56)
一、二进制的加法	(57)
二、二进制的减法	(57)
三、二进制的乘法	(57)
四、二进制的除法	(58)
2-4 原码、补码和反码	(59)
一、原码	(59)
二、补码	(61)
三、反码	(64)
四、原码、补码与反码间的相互变换	(66)
五、补码加法的实现	(67)
2-5 二进制的编码	(75)
一、二进制编码的十进制数	(75)
二、字母和符号的编码	(78)

第三章逻辑代数

3-1 逻辑代数的概念与表示形式	(82)
一、什么叫逻辑代数	(82)
二、逻辑代数的基本运算	(83)
三、逻辑函数及其表示方法	(87)

2	逻辑代数基本运算定律、定理和重要规则	(93)
一、	逻辑代数中的三大基本定律	(93)
二、	逻辑代数基本定律	(98)
三、	逻辑代数运算中的基本法则	(105)
3-3	逻辑代数的标准式及简化	(108)
一、	逻辑代数的标准式	(108)
二、	利用公式简逻辑式	(112)
三、	利用长诺图化简逻辑表达式	(114)
第四章基本逻辑电路		
4-1	有触点开关逻辑电路	(127)
一、	开关逻辑电路	(127)
二、	继电器逻辑电路	(129)
三、	有触点开关电路的分析与综合	(135)
4-2	逻辑门电路	(137)
一、	基本逻辑门电路	(138)
二、	复合逻辑门电路	(142)
三、	其他逻辑门电路	(147)
4-3	逻辑门电路的分析与综合	(162)
一、	逻辑门电路的分析	(163)
二、	逻辑门电路的设计步骤与应用举例	(165)
4-4	正逻辑与负逻辑	(169)
一、	逻辑的对偶性	(169)
二、	摩根律与正、负逻辑的关系	(171)
三、	反相符号	(173)
第五章组合逻辑电路		
5-1	编码器	(178)
一、	二进制编码器	(178)
二、	二-十进制编码器	(180)
三、	代码转换电路	(182)
四、	优先编码器	(183)
5-2	译码器	(186)
一、	二进制译码器	(186)
二、	二-十进制译码器及显示器	(189)
三、	中规模集成二-十进制七段显示译码器	(198)
5-3	多路选择器	(200)
一、	多路选择器工作原理	(201)
二、	利用多路选择器实现数据传递	(202)
三、	利用多路选择器实现组合逻辑	(203)
5-4	数码比较器与奇偶校验器	(204)
一、	数码比较器	(204)

二、奇偶校验器·····	(208)
5-5 组合逻辑电路的竞争与冒险·····	(212)
一、什么是竞争与冒险·····	(212)
二、冒险竞争的判断·····	(214)
三、冒险竞争的消除·····	(216)
第六章 时序逻辑电路	
6-1 触发器·····	(219)
一、分立元件组成的触发器·····	(219)
二、集成触发器·····	(224)
三、各类触发器小结·····	(237)
6-2 寄存器·····	(242)
一、代码寄存器·····	(242)
二、移位寄存器·····	(244)
6-3 计数器·····	(247)
一、异步计数器·····	(247)
二、同步计数器·····	(251)
三、减法计数器与可逆计数器·····	(258)
第七章 运算电路	
7-1 加法电路·····	(268)
一、二进制加法器·····	(268)
二、二-十进制加法器·····	(275)
7-2 减法电路·····	(282)
一、二进制减法器·····	(282)
二、二-十进制减法器·····	(290)
7-3 乘法电路·····	(295)
一、二进制数乘法器·····	(296)
二、二-十进制乘法器·····	(302)
7-4 除法电路·····	(306)
一、二进制除法器·····	(306)
二、二-十进制除法器·····	(311)
7-5 运算电路的其它有关部件·····	(314)
一、累加器·····	(314)
二、实际加法器的组成·····	(318)
三、浮点运算电路·····	(322)
第八章 存储器	
8-1 存储器的分类·····	(328)
一、按存取方式分类·····	(328)
二、按所用元件材料分类·····	(329)
8-2 磁芯存储器·····	(329)
一、磁芯存储器写入与读出工作原理·····	(329)

二、2D方式（字排列方式）	(330)
三、3D方式位排列方式	(332)
8-3 半导体存储器	(332)
一、MOS基本电路及其工作原理	(338)
二、随机存取存储器（RAM）	(338)
三、只读存储器（ROM）	(349)
8-4 电荷耦合器构（CCD）存储器	(357)
一、CCD的基本工作原理	(357)
二、数据与电荷的“写入”和“读书”	(359)
三、CCD存储器应用实例	(360)
附 录:	(362)

第一章 脉冲电路

目的要求

脉冲电路是用来产生、整形及变换各种脉冲信号波形的电路。它在自动控制、电子计算机及其他电子技术领域中都具有十分广泛的用途。

通过本章的学习，要求读者能达到：

1. 了解脉冲的基本概念和脉冲波形的基本参数。
2. 理解RC与RL简单串联电路的过渡过程。
3. 掌握微分电路与积分电路的工作原理。
4. 会分析各种脉冲整形变换电路的工作原理。
5. 了解单稳触发电路与自激多谐振荡电路的工作过程。

1-1 脉冲的概念

一、脉冲的定义及参数

“脉冲”有脉动、冲击、突变的思意，例如脉搏、闪电、电报电码等，都是脉冲现象。而电脉冲，是指短时间内出现的电压或电流的突然变化。实际上又常把凡不按正弦（或余弦）规律变化、带有突变特点的电压、电流都泛称为脉冲电信号。

脉冲的种类很多，在图1-1中，给出了常见的几种脉冲信号波形。

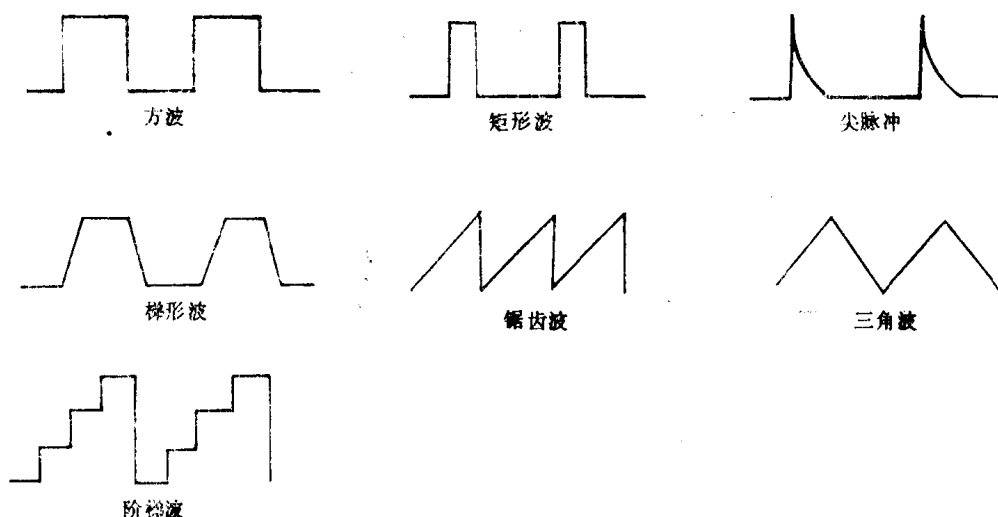


图1-1 常见的几种脉冲波形

对于正弦（或余弦）波，只要有振幅（最大值）、频率、相位（初相角）三个参数就可以把它确定了，但对于脉冲波形则是不够的。用来描述脉冲波形的主要参数有以下几个方面

(参看图1-2)。

1. 脉冲幅度 U_m (或 I_m)：表示脉冲电压 (或电流) 从一种稳定状态变化到另一种稳定状态的两值之差。如变化后的数值增加，叫正脉冲；反之，叫负脉冲。

2. 脉冲重复周期 T ：表示相邻脉冲重复出现的时间间隔。它是脉冲重复频率 f 的倒数，即有： $T = \frac{1}{f}$ 。

3. 脉冲宽度 t_u ：指脉冲出现的持续时间。对于顶部和底部宽度差别较大的波形，宽度 t_u 一般指幅度为 $0.5U_m$ 处的宽度，也有指底部宽度的，这应加以说明 (图1-2中的 t_u 指 $0.5U_m$ 处的宽度)。

4. 脉冲上升时间 (脉冲前沿或正跳变沿) t_r ：表示脉冲电压 (或电流) 由 $0.1U_m$ 上升到 $0.9U_m$ 所需要的时间。

5. 脉冲下降时间 (脉冲后沿或负跳变沿) t_f ：表示脉冲电压 (或电流) 由 $0.9U_m$ 下降到 $0.1U_m$ 所需要的时间。

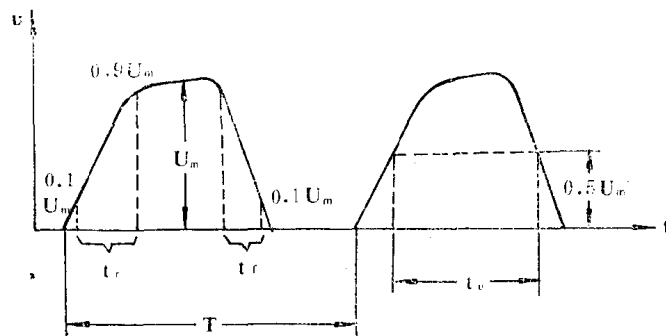


图1-2 脉冲的波形参数

脉冲的波形虽然种类很多，但是都可以分解为一系列不同频率的正弦波，即谐波。这些谐波具有一定的振幅和相位系数。如果把这些谐波的幅度随频率分布的情况列出，就可以得到脉冲信号的所谓频谱。

脉冲的前后沿变化很快，它对应于频谱中的高频成分；而脉冲的平顶部分变化迟缓，它对应于频谱中的低频成分。

二、RC与RL简单串联电路的过渡特性

用于上述脉冲的产生和变换的电路叫脉冲电路。虽然它的种类很多，但其电路构成元件也都是些电阻、电容、电感和晶体管等基本电路元件，只要我们掌握了这些基本元件的特性，就为以后分析复杂电路打下了基础。下面我们着重讨论由电阻 R 和电容 C 以及由电阻 R 和电感 L 所组成的电路特性。

1. 电容器在换路时情况

一个电容器两端的电压是怎样建立起来的呢？我们知道，这是由于电荷充入电容器的结果。电荷陆续充入，电压就随电荷量成正比地增高。电容器上的电荷必须依靠电流通过导线在一定的时间内逐渐积累起来。

因此，原来没有电荷的电容器，电荷和电压都必然是从零开始逐渐增加，而不会出现不占用时间的突然改变——跳变。当然，增加的速度可能有快有慢，这要根据电路的具体参

数来决定。

同样，如果给原来已充有一定电荷的电容器继续充电或放电，电容器上的电荷及电压也必定是逐渐增加或减少，而不会跳变。

这个规律，概括地说就是：在换路（电路突然改变）瞬间，电容两端电压保持原值而不能跳变（电容器电路中的电流是可以跳变的），这个结论称为电容的换路定律。例如图1-3(a)所示的电路，当开关K刚刚闭合（ $t=0$ ）瞬间，由于电容器上电压不能跳变，C两端电压等于零。根据回路电压定律，R上的电压就等于电源电压E，这时电路中的电流，用 $i(0)$ 表示为：

$$i(0) = \frac{E}{R}$$

在这一瞬间，从电路产生电流的观点来看，就象是C被短路掉的情形一样（图1-3(b)），所以我们可以说，没有充电的电容器在刚刚接通直流电源的瞬间相当于短路状态。

但是，随着时间的推移，C上逐渐建立的电压（用 U_c 表示）不断提高，显然电路电流，

$$i = \frac{E - U_c}{R}$$

必然随着 U_c 的增高而不断减小，直到充电完毕， $U_c = E$ 时，电流就停止了（ $i=0$ ）。这时电容器在电路中又相当于断开状态。

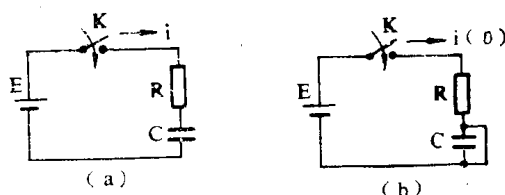


图1-3 电容在换路时电压不能突变

2. 电感在换路时的情况

在图1-4中，设电感线圈的电阻为R。当开关K刚刚接通电路时，L中的电流能否立即达到这个电路在稳定状态时的电流 $i = \frac{E}{R}$ 呢？

根据电学原理，当电感线圈中电流发生变化时，会产生自感电势，它阻止线圈中电流的变化，这就使得电流只能以零逐渐开始增加，而不会发生不占用时间的跳变。

同样道理，本来在电感中流过的电流也不会突然消失。因为只要电流产生变化，线圈总会产生自感电势来阻止电流的变化。综上所述：在换路瞬间，电感中的电流保持原值而不能突变，这个结论称为电感换路定律。

在刚刚接通电源瞬间，因为换路电流等于零，因此相当于电感线圈开路；当达到稳态后，在直流情况下由于电流不再变化，电感不会产生感抗，如果线圈的电阻很小，可以忽略不计，则线圈又相当于短路，这和电容器的情况正好相反。

3. RC电路中的过渡特性

以上我们讨论了换路时，电容两端的电压不能跳变，只能以它原有的数值逐渐地增加或减小。下面就几种常用的RC电路来研究其变化过程。

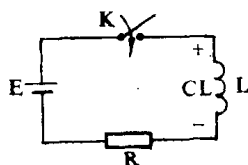


图1-4 电感换路时电流不能突变

(一) 接通直流电源使电容器充电

(1) 充电电流

我们首先通过一个实验来观察RC电路接通直流电源E后电路中电流的变化过程，如图1-5 (a)所示。设 $R=1$ 兆欧、 $C=50$ 微法、 $E=100$ 伏。开关K原处在B点；电容器上无电荷。当K合向A点后，电流表上观测到电流的变化，记录如下表。根据记录的数据画成曲线，则如图1-5 (b)所示。图中横轴t代表时间，纵轴 i_c 表示电容器充电电流。

电 流 变 化 时 间 表

时间(秒)	0	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	120	150	200	250	500	1000
电流(微安)	100	90.5	81.9	67.0	54.9	44.9	36.8	30.1	24.6	20.2	16.5	13.6	9.05	4.96	1.83	0.67	0.45	0.20

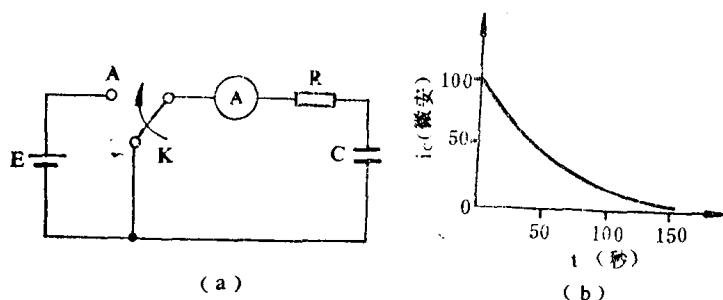


图1-5 电容充电过程

和上述曲线相应的是一个指数函数式，

即：

$$i_c = 100e^{-\frac{t}{50}} \text{ 微安}$$

从记录数据及上式都可以看出，当 $t=0$ 时（K合向A点的瞬间），充电电流的初始值 $i_c(0) = 100$ 微安，相当于C被短路时电路中的电流 $\frac{E}{R}$ 。然后按照指数式所表示的规律（指数律）随时间而减小。开始时，由于电容器两端电压比较小，充电电流比较大，因而电容器上的电压上升比较快。随着电容器上电压的上升，充电电流逐渐减小，使电压上升速度变慢，所以充电电流下降的速度也越来越慢，到最后缓慢地趋近于零。理论上，在t已经很大时，例如 $t=1000$ 秒， $i_c=0.203\mu A$ 仍不等于零。但在实际应用上，下降到初始电流 $100\mu A$ 的千分之几，可以忽略不计，就是说，此时电容器相当于开路，即起“隔直”作用。

上面的指数函数式，经数学证明可以推广于任意电容、电阻及电压值。即，

$$i_c = \frac{E}{R} e^{-\frac{t}{RC}}$$

把它画成 i_c 对 t 变化的曲线，就是图1-6所示的曲线。

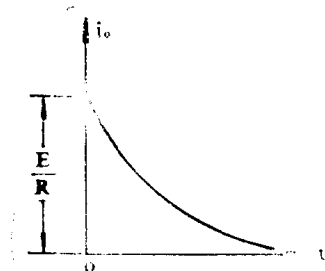


图1-6 充电电流按指数规律减小

(2) 电容器上的充电电压

我们已经知道一个未充电的电容器 C 与电阻 R 串联的电路接通直流电流后，电流在过渡过程中的变化规律。下面再来看一下 R 和 C 上的电压变化规律。电路如图1-7(a)所示。

显然，电阻 R 两端的电压

$$U_R = i_c R = E e^{-\frac{t}{RC}}$$

和电流 i_c 变化规律一样，由其初始值 E 按指数律逐渐减小到零。

根据回路电压定律，任向瞬间，充电回路中各部分电压之间应当符合下列关系，即

$$E = U_R + U_C$$

故电容器两端的电压 U_C 是

$$U_C = E - U_R = E - E e^{-\frac{t}{RC}}$$

$$\text{或 } U_C = E (1 - e^{-\frac{t}{RC}})$$

因此， U_C 的变化过程是自其初始值 $U_C(0) = 0$ 开始，按指数律逐渐增大到 E 。 U_R 及 U_C 的变化曲线如图1-7(b)所示。

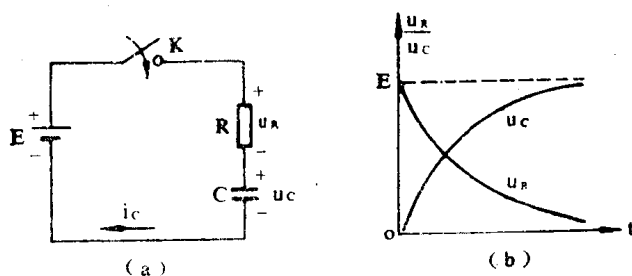


图1-7 充电电压按指数规律增加

(二)、电容器通过电阻放电

在图1-5中，当电容器充电至电压 E 后，把开关 K 合向 B 点，这时电路如图1-8(a)所示，电容器将通过电阻 R 放电。

实际观测和计算都可证明，电路中电流 i_c ，电阻两端电压 U_R 及电容电压 U_C 在暂态过程中，如图1-8(b)所示，也都是按指数律变化的。开始时， C 上电压比较高，放电电流大，电流下降比较快。随着 C 上电压不断下降，放电电流减小，同时下降速度也越来越慢，所以

电压下降速度也随之放慢，其表示式为

$$i_c = \frac{E}{R} e^{-\frac{t}{RC}}$$

$$U_R = E e^{-\frac{t}{RC}}$$

$$U_c = E e^{-\frac{t}{RC}}$$

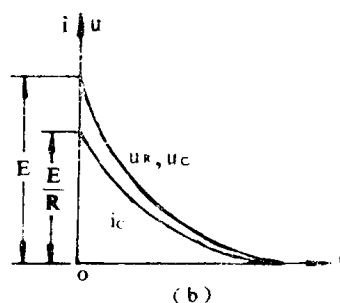
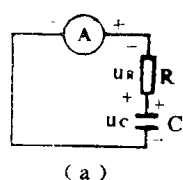


图1-8 电容器通过电阻放电

(三) 时间常数

我们用许多不同数值的 R 、 C 及 E 来重复充放电实验时可以发现：不论 R 、 C 及 E 的数值如何，电路中的暂态电流及电压，都是按指数律变化的。可见指数律是 RC 电路中暂态过程的基本规律。在 E 相同，而 R 及 C 的数值不同的两个电路中，尽管暂态电流（或电压），从相同的初始值变化到相同的终了值，但它们的变化速度却不同。例如在图1-9中， U_{c1} 和 U_{c2} 都从 E 按指数律减小到零，但 U_{c2} 的变化速度显然比 U_{c1} 要快。变化速度是根据什么条件决定的呢？

我们知道充在电电路中，电容器上的电压与充入的电荷成正比，即 $U_c = \frac{q}{C}$ ，故充电

到同样的电压 E ，电容量较大的电容需要充入的电荷较多，因而，时间就要长一些；另一方面，如果充电电路的电阻较大，充电电流势必小，电容器充电到同样电压所用时间也要相应地长一些。同样，在放电电路中，在同样的电压下， C 越大存储在其上的电荷越多，其放电时间必然较长；如果放电电路的电阻越大，则放电电流就越小，放出同样数量电荷的时间也要长一些。可见 RC 电路充放电速度的快慢，同时取决于 R 及 C 两者的大小，可以证明，它取决于两者的乘积 RC 的大小。 RC 越大，充放电就越慢； RC 越小，则充放电越快。

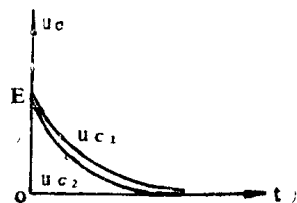


图1-9 时间常数的影响

至于电源 E 的作用，可以从图1-10来说明。图中表示两个 RC 值完全相同的电路，分别加以电源电压 E_a 及 E_b ($E_b > E_a$) 时，各电路中电容电压 U_c 的变化曲线。我们看到，虽然

两者最终达到的数值不同，但是它们达到其各自终了值的时间则是一样的。不仅如此，它们在变化过程中，达到其各自终了值的同一个百分数的时间也是相同的。例如图中 t_1 的瞬间，它们分别达到其终了值的 $1/2$ 等等。由此看出，电路的 RC 值相同，其暂态过程的速度也就相同。外加电压的大小则只能决定电路中每瞬间电流及电压的大小，而不影响其变化的快慢。变化的快慢完全取决于电路本身的内在因素—— RC 。乘积 RC ，就称为阻容电路的时间常数，习惯用字母 τ 表示，即 $\tau = RC$ 。当 R 以欧、 C 以法为单位时， τ 的单位为秒。

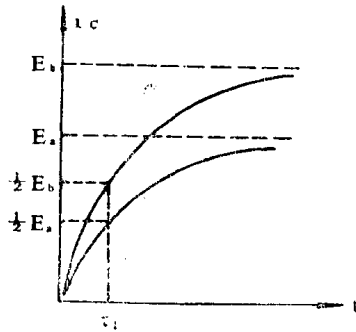


图1-10 电源 E 的影响

时间常数的物理意义可以用 RC 电路充电电流为例来说明。电源 E 接通后，经过 $t = \tau = RC$ 秒时，充电电流 i_c 恰好减小到其初始值 $\frac{E}{R}$ 的 $e^{-1} = 36.8\%$ ，如图1-11所示。因此，时间常数 τ 是过渡过程变了总变化量的 63.2% （余下 36.8% ）所经过的时间。充电电压以及放电电流的过渡过程也都是如此。 τ 的意义还可以这样理解，如果电源接通后，一直按初始充电电流 $\frac{E}{R}$ 充电而不减小的话，那么经过 τ 的时间，电容器被充满，即电压等于 E ，如图1-12所示。

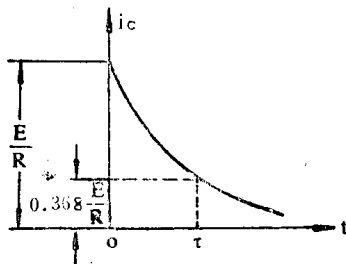


图1-11 充电电流与 τ 的关系

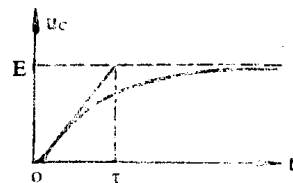


图1-12 充电电压与 τ 的关系

这很容易证明，因为充电电流始终为 $\frac{E}{R}$ ，经过 $\tau = RC$ 时间后，电容器上的电荷为：

$$q = \frac{E}{R} \times RC = EC, \text{ 则其两端电压 } U_c = \frac{q}{C} = E, \text{ 电容器被充满电。}$$

理论上，根据指数律，暂态过程必须经无限长时间才能结束，但在实际上，暂态过程经过 3τ ，（变化了 95% ），到 5τ （变化了 99.3% ），一般就可以认为暂态过程基本结束，已进入稳定状态了。因此，时间常数是衡量电路暂态过程长短的物理量。时间常数越大，暂态过程所经历的时间越长。