技工学校电子类通用教材

数字逻辑电路

劳动人事出版社

技工学校电子类通用教材

数字逻辑电路

技工学校电子类专业教材编审委员会组织编写

劳动人事出版社

161

内 容 简 介

本书是根据原劳动人事部培训就业局、电子工业部教育局组织制订的《数字逻辑电路教学大纲》编写，供技工学校电子类计算机专业使用的通用教材。

本书内容包括数字电路基础知识、逻辑代数基础、逻辑门电路、触发器和多谐振荡器、组合逻辑电路、时序逻辑电路等。

本书也适合育工培训和职工自学使用。

本书由山西省太原市电子技校赵忠祥编写，北京市738厂技校石如琥审稿。

数字逻辑电路

技工学校电子类专业教材编审委员会组织编写

责任编辑：黄未来

劳动人事出版社出版

(北京市和平里中街12号)

涿州冶林印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

787×1092毫米　16开本　10.5印张　261千字

1989年1月北京第1版　　1989年3月河北第1次印刷

印数：15,000册

ISBN 7-5045-0264-2/TN·005（课）　　定价：3.55元

说　　明

当前，电子技术迅速发展，国民经济各部门对电子技术的应用日益广泛，对电子类专业技术工人的需求越来越迫切。为了满足技工学校培养电子类专业中级技术工人的需要，不断提高教学质量，加速实现我国的四个现代化，原劳动人事部培训就业局、电子工业部教育局在前几年组织编写教材工作的基础上，于1986年成立技工学校电子类专业教材编审委员会，委托北京、天津、上海三市的电子工业部门，组织编写技工学校电子类专业通用教材。这次编写的教材有数学、物理、制图、电子电路基础、电子测量与仪器、收录机原理调试与维修、无线电基础、微型电子计算机原理、操作系统、程序设计基础、微型计算机原理及应用、数字逻辑电路、录像机原理、BASIC语言和PASCAL语言等十五种，由劳动人事出版社出版；另有电工基础、晶体管脉冲与数字电路、电视机原理调试与维修、无线电整机装配工艺基础、晶体管原理等五种，仍由天津科技出版社出版。其它课程的教材，以后将陆续组织编写。

上述教材，是本着改革的精神组织编写的。力求做到理论与实际相结合，符合循序渐进的要求，从打好基础入手，突出操作技能训练的特点，并且尽量反映当前生产中采用新设备、新材料、新技术、新工艺的成就。力图使培养出来的学生，能够比较系统地掌握专业技术理论知识，学会一定操作技能，具有培养目标要求的文化素质和职业道德品质，以适合电子工业发展的需要。

这套教材供二年制（招收高中毕业生）和三年制（招收初中毕业生）的技工学校电子类的学生使用。也适合青工培训和职工自学使用。在使用教材的过程中，希望读者提出批评和改进意见，以便再版时修订。

劳动部培训司

1988年7月

目　　录

第一章　数字电路基础知识

§ 1-1　数字电路概述

一、数字电路的特点

在电工基础和电子电路基础等课程的学习中，我们所接触到的工作信号是正弦交流信号和音频信号等，这些信号的幅度随时间连续地变化。数字电路中的工作信号则是不连续变化的信号，通常把它们叫做脉冲信号。

脉冲信号的种类和形式很多，图1-1给出了几种常用的脉冲信号的波形。作用时间很短的突变电压（或电流）称之为脉冲电压（或电流），也称为数字信号。

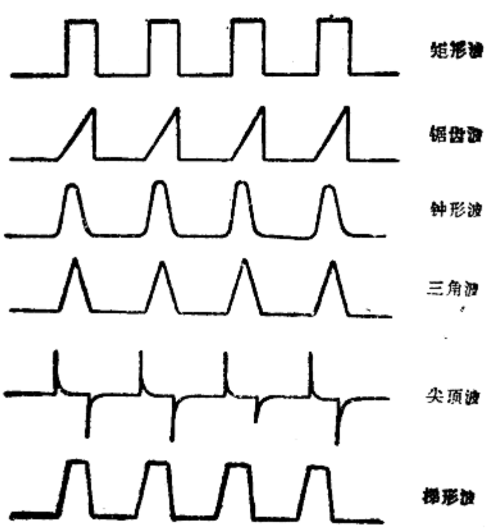

图 1-1　常见脉冲波形

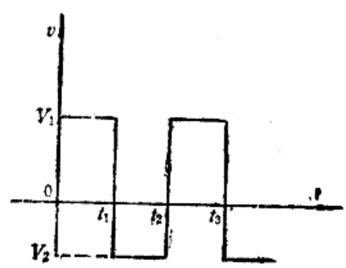

图 1-2　脉冲波形逻辑状态的变化

数字电路按照功能可划分为简单功能电路和复杂功能电路。脉冲信号的发生、变换、控制和记忆等电路，都属于简单功能电路。复杂功能电路包括计数、寄存、运算和译码显示等电路。无论简单功能电路，还是复杂功能电路，都是由几种基本逻辑电路组成的。逻辑电路是输出信号和输入信号之间存在着一定逻辑关系的电路。逻辑电路的输入和输出信号只有两种相互对立的状态，即开和关、电平的高和低、脉冲的有和无等。通常为了便于研究逻辑电路，用逻辑1表示高电平，用逻辑0表示低电平，这种表示法称为正逻辑。如果用逻辑0表示高电平，用逻辑1表示低电平，那么就称为负逻辑。在无特殊说明时，一般都采用正逻辑表示法。

图1-2给出的脉冲波形中，高电平V_1为1状态，低电平V_2为0状态。脉冲波形的电平在t_1

时刻由1变为0，t_2时刻又从0变为1，t_3时刻再从1变为0，等等。

数字电路所使用的元件有两大类。一类是半导体管或集成电路，用来接通和断开电路，实现开关作用。另一类是电阻、电容等元件，用来贮存和释放电场能量。因此，数字电路的分析都归结为半导体器件的开关作用和电容器的充放电过程的研究。由于半导体器件工作在开关状态，就不能用电子电路基础课程中所学的等效电路法来分析，常常要借用图解法进行分析。电容的充放电是决定数字电路瞬态过程的关键，它不能采用复数运算和矢量法求解，只能借助于物理概念和波形图进行分析。此外，大量的逻辑电路的分析，要借助于逻辑代数这一工具来进行。

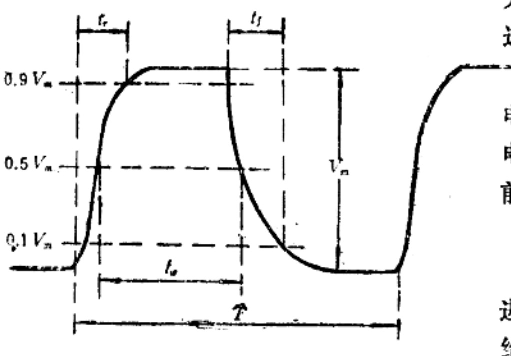

图 1-3　脉冲波形的参数

因此，学习半导体器件的开关特性，RC电路的瞬态过程和逻辑代数，是掌握分析数字电路的基础，也是进一步学习复杂数字电路的前提。

二、脉冲信号的波形和参数

分析脉冲数字电路时，经常要对脉冲波形进行定量分析，用以评价电路的性能。图1-1给出的脉冲波形是理想化的波形，实际电路的脉冲波形不象理想化波形那样简单，现在我们用图1-3所示的矩形脉冲电压波为例，介绍脉冲波形的主要参数。

1．脉冲幅度V_m

它是指脉冲电压变化的最大值，用以表示脉冲信号强弱。

2．脉冲周期T

它是指周期性脉冲信号两个相邻脉冲重复出现的时间间隔，周期的单位为秒（s）、毫秒（ms）或微秒（μs）等。周期的倒数为脉冲的重复频率，即

$$f=\frac{1}{T}$$

脉冲频率的单位为赫兹（Hz），它表示每秒内脉冲重复出现的次数。

3．脉冲前沿t_r

它表示脉冲信号从静态值变到峰值所需要的时间，通常规定脉冲电压从$0.1V_m$变到$0.9V_m$所需要的时间，作为脉冲信号的前沿。

4．脉冲后沿t_f

它表示脉冲信号从峰值变到静态值所需要的时间，通常规定脉冲电压从$0.9V_m$变到$0.1V_m$所需要的时间，作为脉冲信号的后沿。

5．脉冲宽度t_w

它表示脉冲信号峰值连续存在的时间，通常规定脉冲信号从脉冲前沿内的$0.5V_m$变到后沿内的$0.5V_m$所需要的时间，作为脉冲信号的宽度t_w，又常叫做脉冲持续时间。

三、记数体制

通常人们习惯于采用十进制数进行记数和运算，在数字电路中是用二进制数进行记数和运算的。数字电路中采用二进制数，是因为数字电路中的开关元件都有两个稳定状态。如果

用一个物理元件表示十进制数时，就要求这个物理元件有十种不同的稳定状态，制造这种元件比制造有两个稳定状态的元件要困难得多。同时，二进制数的运算简单，数字电路容易实现。

1．十进制数

在十进制记数中，是用十个不同的数码0、1、2、3、4、5、6、7、8、9来表示一个数，运算时由低位向高位的进位是“逢十进一”。数码处于不同位置时，它所代表的数量是不同的，例如

$$(1987)_{10}=1000+900+80+7$$
$$=1\times10^3+9\times10^2+8\times10^1+7\times10^0$$

这里数的下标10，表示是十进制数。

通常，一个几位十进制的数N可表示为

$$(N)_{10}=a_{n-1}10^{n-1}+a_{n-2}10^{n-2}+\cdots+a_1 10^1+a_0 10^0+a_{-1}10^{-1}+\cdots+a_{-m}10^{-m} \tag{1—1}$$

或写成以下和式

$$(N)_{10}=\sum_{i=-m}^{n-1}a_i 10^i \tag{1—2}$$

2．二进制数

二进制数是用两个不同的数码0、1来表示的，并且由低位向高位的进位是“逢二进一”。二进制数N可写成如下形式

$$(N)_2=a_{n-1}2^{n-1}+a_{n-2}2^{n-2}+\cdots+a_1 2^1+a_0 2^0+a_{-1}2^{-1}+a_{-2}2^{-2}+\cdots+a_{-m}2^{-m} \tag{1—3}$$

或写成如下和式

$$(N)_2=\sum_{i=-m}^{n-1}a_i 2^i \tag{1—4}$$

二进制数运算很简单，相应的规则为

$0+0=0$	$0\times0=0$
$0+1=1$	$0\times1=0$
$1+0=1$	$1\times0=0$
$1+1=10$	$1\times1=1$

至于减法和除法，分别是加法和乘法的逆运算，其运算规则可类似于加法和乘法。

下面通过几个例子，说明二进制数的四则运算。

例1-1　完成下列二进制数的运算。

①$1001+1011$　　②$1101-1010$

③$1001\times101$　　④$1111\div101$

解　类似十进制数运算，分别列竖式：

① $$\begin{array}{r}1001\\ +1011\\ \hline 10100\end{array}$$　② $$\begin{array}{r}1101\\ -1010\\ \hline 0011\end{array}$$

```
③     1001          ④        11
    × 101               ┌─────
    ─────           101 │ 1111
      1001                101
     0000               ─────
    1001                   101
    ──────                 101
    101101              ─────
                             0
```

3. 二进制数与十进制数的相互转换

尽管二进制数的运算简单，可是因二进制数的位数太多，例如十进制数50表示为二进制数是110010，很不方便。日常人们习惯于使用十进制数，因此常常要进行二进制数和十进制数之间的转换。

二进制数转换为十进制数比较容易，可以直接利用公式（1—3）进行。

例 1-2 将 $(1101)_2$转换成十进制数。

解

$$
\begin{aligned}
(1101)_2 &= 1\times 2^3+1\times 2^2+1\times 2^0 \\
&= 8+4+1 \\
&= (13)_{10}
\end{aligned}
$$

例 1-3 将 $(0.101)_2$转换成十进制数。

解

$$
\begin{aligned}
(0.101)_2 &= 1\times 2^{-1}+1\times 2^{-3} \\
&= 0.5+0.125 \\
&= (0.625)_{10}
\end{aligned}
$$

十进制数转换为二进制数的方法，整数和小数的转换有所不同。首先看十进制整数的转换，现以十进制数29转换为二进制数为例，说明转换方法。十进制数29用二进制表示可以写成下列形式：

$$(29)_{10}=a_4\times 2^4+a_3\times 2^3+a_2\times 2^2+a_1\times 2^1+a_0\times 2^0$$

上式两边同除以2，所得余数相等，都是a_0。其商再连续除以2，得到余数依次为a_1、a_2、a_3、a_4，直到最后的商等于0为止。这样十进制数就转换成二进制数了，其过程为

$$
\begin{array}{r|l l}
2 & 29 & \text{余数为 } 1 \\
2 & 14 & \text{余数为 } 0 \\
2 & 7 & \text{余数为 } 1 \\
2 & 3 & \text{余数为 } 1 \\
2 & 1 & \text{余数为 } 1 \\
 & 0 &
\end{array}
\quad \uparrow \text{读出方向}
$$

其结果应为 $(29)_{10}=(11101)_2$

因此十进制整数转换为二进制整数时，可采用上述“除 2 反序取余”法。

对于十进制小数的转换，以十进制数0.375为例来说明，十进制小数0.375可以写成下列形式

$$(0.375)_{10}=a_{-1}\times 2^{-1}+a_{-2}\times 2^{-2}+a_{-3}\times 2^{-3}+\cdots$$

把上式两边乘以2，两边得到积的整数相等为a_{-1}，然后去掉乘积的整数部分，再用2乘以剩下的小数部分，每次乘积的整数部分依次为a_{-2}、$a_{-3}\cdots$。这样就转换成二进制数了，其过程为

$$
\begin{array}{rl}
 & 0.375 \\
 & \times\quad 2 \\
\hline
\text{移出}\leftarrow\cdots & 0.750 \quad\quad \text{整数部分为 } 0 \\
 & \times\quad 2 \\
\hline
\text{移出}\leftarrow\cdots & 1.500 \quad\quad \text{整数部分为 } 1 \\
 & \times\quad 2 \\
\hline
 & 1.000 \quad\quad \text{整数部分为 } 1
\end{array}
\quad \downarrow \text{读出方向}
$$

其结果应为 $(0.375)_{10}=(0.011)_2$

因此十进制小数转换为二进制小数时，可采用“乘2顺序取整”法。

4．八进制数和十六进制数

除了二进制数外，在记数体制中还常采用八进制数、十六进制数。这是因为位数较多的二进制数书写和阅读很不方便，八进制数、十六进制数就克服了这个缺点。

八进制数是用0～7八个不同的数码来表示的，八进制数N可写成如下形式

$$(N)_8=a_{n-1}8^{n-1}+a_{n-2}8^{n-2}+\cdots+a_1 8^1+a_0 8^0$$
$$+a_{-1}8^{-1}+a_{-2}8^{-2}+\cdots+a_{-m}8^{-m} \tag{1—5}$$

或者写成如下和式

$$(N)_8=\sum_{i=-m}^{n-1} a_i 8^i \tag{1—6}$$

八进制数和二进制数之间的转换很简单。因为八进制中0～7八个数和二进制中000～111八个数相对应，再加上1就要进位，也就是 $(10)_8=(8)_{10}=(1000)_2$。因此，只要把二进制数从小数点起分三位一组，那么每组二进制数就代表一位八进制数。

例 1-4 将二进制数 $(1011.01)_2$ 转换为八进制数。

解 先把二进制数从小数点起每三位分成一组，如下

001　011　010

每组数用八进制数表示为

1　3.2

因此，$(1011.01)_2=(13.2)_8$

例 1-5 把八进制数 $(124.3)_8$ 转换为二进制数。

解 把八进制数每一位转换成相应的三位二进制数。

1　2　4.3

001　010　100.011

因此，$(124.3)_8=(001010100.011)_2=(1010100.011)_2$

十六进制数是用0～9和A、B、C、D、E、F等十六个不同的数码来表示的，其中A～F等六个字母代表10～15等六个数码。十六进制数N可写成如下形式

$$(N)_{16}=a_{n-1}16^{n-1}+a_{n-2}16^{n-2}+\cdots+a_1 16^1+a_0 16^0$$
$$+a_{-1}16^{-1}+a_{-2}16^{-2}+\cdots+a_{-m}16^{-m} \tag{1—7}$$

或写成如下和式

$$(N)_{16}=\sum_{i=-m}^{n-1} a_i 16^i \qquad (1-8)$$

和八进制数类似，十六进制数可用四位二进制数表示。因此，十六进制数和二进制数之间转换时，只要把二进制数从小数点起分四位一组，每组二进制数就代表一位十六进制数。

例 1-6 把 $(111101.111)_2$转换为十六进制数。

解 把二进制数从小数点起每四位分成一组，并写出每组对应的十六进制数。

0011 1101. 1110

3 D. E

因此，$(11\ 11\ 01.1\ 11)_2=(3D.E)_{16}$

例 1-7 把 $(B\,2.A)_{16}$转换成二进制数。

解 把十六进制数每一位转换成相应的四位二进制数。

B 2. A

1011 0010. 1010

因此，$(B\,2.A)_{16}=(10\,11\,00\,10.10\,10)_2$

$=(10\,11\,00\,10.101)_2$

§ 1-2 RC 电 路

RC电路是由电阻和电容构成的电路，电阻和电容在数字电路中控制瞬态过程，因此掌握RC电路的特性是学习数字电路的基础。

一、电容器充放电规律

电容器是容纳电荷的容器，容纳电荷能力的大小，用电容量表示，记为C。用Q表示电容器极板所充电量，用V_C表示电容器极板间的电压。三者之间的关系为

$$C=\frac{Q}{V_C} \qquad (1-9)$$

电容器每伏特电压下能容纳1库仑电荷时，规定它有1法拉的容量。实际使用的电容器的容量比1法拉小得多，常使用微法或皮法单位。

1微法$=10^{-6}$法拉

1皮法$=10^{-12}$法拉

这里法拉记为F，微法记为μF，皮法记为pF。

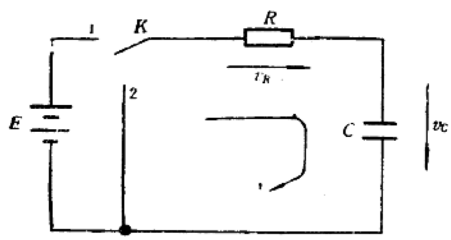

图 1-4 电容器充放电电路

电容器电容量的大小，取决于它本身的结构。对于给定的电容器，它的电容量C是确定的。只有电容器中充有一定的电荷时，电容器极板之间才会有相应的电压。电容器两端电压的改变是靠电容器所充电荷的改变来实现的，电容器极板上电荷的积累和释放需要一定的时间。也就是说，电容器两端电压的增加或减少都要经历一段时间。因此，电容两端电压是不

能突变的。

我们用图1-4所示电路来说明电容器充电和放电的规律。

当开关K由位置2接到位置1时，电源E通过电阻R对电容C进行充电。从图1-4电路得知

$$i=\frac{V_R}{R}=\frac{E-V_C}{R} \tag{1—10}$$

由于电容器极板上原来没有电荷，所以$v_C=0$。开关K接到位置1的瞬间，电容上电荷尚未积累，v_C仍为零。由式（1—10）得知，充电电流最大，即 $i=\frac{E}{R}$。

随着充电时间的增加，电容器上电荷逐渐积累，v_C也逐渐随着增大，充电电流i逐渐减小。从而导致电荷积累速度变慢，也就是v_C增大的速度变慢，即充电的速度变慢。当充电的时间足够长以后，v_c值达到E值，充电电流为零。这时充电结束，电路进入稳定状态。

经数学推导，对于图1-4电路中充电时电压、电流变化规律为

$$v_c=E(1-e^{-\frac{t}{RC}}) \tag{1—11}$$

$$i=\frac{E}{R}e^{-\frac{t}{RC}} \tag{1—12}$$

图1-5给出了充电过程电压、电流的变化曲线。

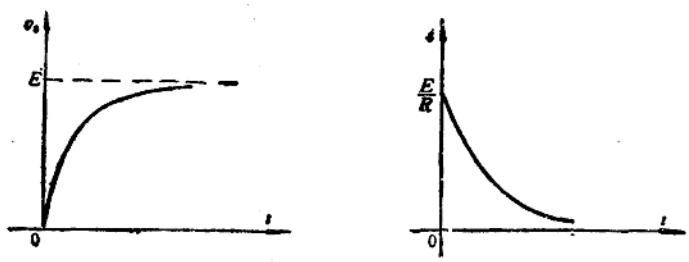

图 1-5 电容器充电曲线

电容器充满电后，开关K由位置1扳向位置2时，电容器将通过电阻R放电。放电开始瞬间 $v_c=E$，$i=-\frac{E}{R}$. 式中负号表示放电电流方向和充电电流方向相反。放电时，电压、电流变化规律为

$$v_c=E\cdot e^{-\frac{t}{RC}} \tag{1—13}$$

$$i=-\frac{E}{R}e^{-\frac{t}{RC}} \tag{1—14}$$

放电过程直到电容器上电荷全部放完为止，那时$v_c=0$，$i=0$。图1-6给出了放电过程电压、电流的变化曲线。

总之，电容器充放电过程是瞬态过程，并且是按指数规律变化的。充电和放电过程开始

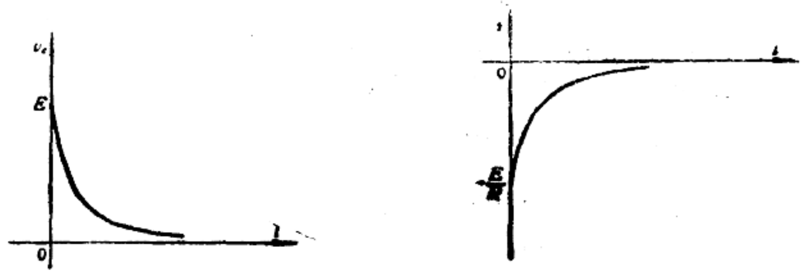

图 1-6 电容器放电曲线

时，流过电容的电流最大，电容对突变电压呈现低阻抗，相当于“短路”。充电或放电过程结束后，流过电容的电流等于零，电容呈现高阻抗，相当于“开路”。

二、RC电路的时间常数

电容器充放电过程中，各有关电压、电流都是时间的函数，电阻R和电容C的乘积是一个时间量，其量纲为

$$[R]\cdot[C]=[\text{欧姆}]\cdot[\text{法拉}]=\frac{[\text{伏特}]}{[\text{安培}]}\cdot\frac{[\text{库仑}]}{[\text{伏特}]}=\frac{[\text{安培}]\cdot[\text{秒}]}{[\text{安培}]}=[\text{秒}]$$

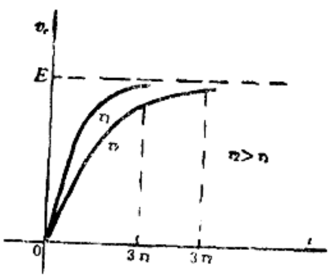

图 1-7 不同时间常数的充电曲线

记为$\tau=R\cdot C$，称之为电容器C充放电时间常数。τ值的大小表明充放电过程的快慢。τ值越大充放电时间越长，τ值越小充放电时间就越短。

图1-7给出了不同τ值的充电电压v_c的曲线，时间常数τ越大，电路的瞬态过程就越长。这是因为外加电压不变时，充电结束后电容器上建立的电压是一定的。对于容量确定的电容器，所积累的电荷也是确定的。若电阻R大，则充电电流小，积累电荷的时间就长；对于电阻值R是确定值时，电容量C不同，充电结束时虽然建立的电压相同，但是电容量大的电容器积累的电荷要多，充电时间就要长。

时间常数τ不同，对放电过程的影响可类似地分析。

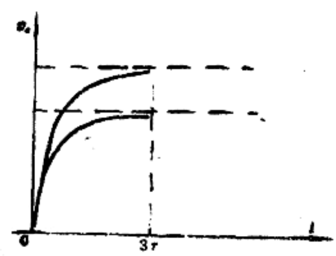

图 1-8 不同外加电压的充电曲线

从图1-8可以看出，相同时间常数的电路，尽管外加电压不同，其瞬态过程的时间是相同的。这是因为外加电压增大了，虽然充电电流会增大，但是由于充电结束后电容器建立的电压相应增大，即电容器极板上电荷积累也相应增多，抵消了充电电流增大的影响。

三、RC电路的基本分析方法

前面我们分析了一个电阻和一个电容相串联的RC电路。对于较复杂的RC电路，只要能用串、并联或等效电源法简化成最简单的RC电路，就能类似地进行分析。

最简单的RC电路的瞬态过程是按时间常数$\tau=R\cdot C$成指数规律变化的，输出电压$v_o(t)$可写成如下形式

$$v_0(t)=B_1+B_2e^{-\frac{t}{\tau}} \tag{1—15}$$

当$t\to\infty$时，$v_0(t)\to B_1$。因此式中的B_1等于输出电压最终的稳态值，也就是$B_1=V_0(\infty)$。

式（1—15）中的B_2可这样确定：用$V_0(0^+)$表示输出电压的起始值，将$t=0^+$代入（1—15）式，得到$V_0(0^+)=B_1+B_2$，那么$B_2=V_0(0^+)-V_0(\infty)$。

因此，（1—15）式可改写为

$$v_0(t)=V_0(\infty)+[V_0(0^+)-V_0(\infty)]\cdot e^{-\frac{t}{\tau}} \tag{1—16}$$

这个表达式同样适用于能归并为一个电阻和一个电容的复杂RC电路，因此它是研究RC电路瞬态过程的基本公式。式（1—16）的物理意义是：在输入电压突变后瞬间（$t=0^+$），输出电压的瞬态值就是$V_0(0^+)$。随后电容开始充电（或放电），其瞬态过程服从于指数规律。决定这一过程快慢的因素，是电路的时间常数τ。瞬态过程结束后，输出电压达到新的稳定值$V_0(\infty)$。

根据式（1—16）可画出$t\geqslant0^+$的$v_0(t)$波形。至于$t\leqslant0^-$时的波形，应根据电路瞬态过程开始前的v_0值画出。$V_0(0^+)$、$V_0(\infty)$、τ以及$V_0(0^-)$可根据电路和初始条件确定，找到这几个值后，画输出波形就十分容易了。

对于图1-9（a）所示电路，输入信号v_I在$t>0$后为恒量，电路进入稳定状态后电容C可视为“开路”，所以输出电压最终稳定值$V_0(\infty)=0$。输入信号突变前的稳定状态，$V_I(0^-)=0$，所以$V_0(0^-)=0$。在$t=0^+$瞬时，对于输入的跳变电压，电容C可视为“短路”，突变电压全部降在电阻R上。因此v_0也产生同样大小的突变，即$V_0(0^+)=E$。将$V_0(\infty)$和$V_0(0^+)$代入式（1—16）可得

$$v_0=E\cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

图1-9（a）所示电路时间常数$\tau=R\cdot C$，根据$v_0(t)$表达式可画出它的波形，如图1-9（c）所示。由于$t=3\tau$时v_0已下降到起始值E的5%，到$t=5\tau$之后，v_0已下降到接近于最终稳态值$V_0(\infty)=0$。

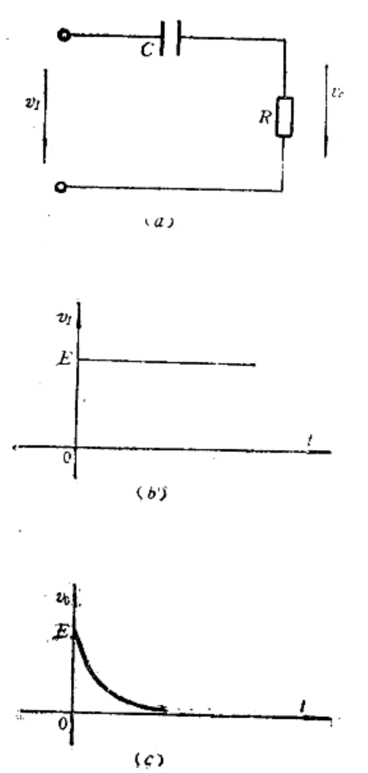

图 1-9 RC电路的分析
（a）电路图（b）V_I的波形（c）V_0的波形

对于复杂RC电路的时间常数τ，可按下述方法确定：将电路中的电压源短路（保留其串联内阻），电流源开路（保留其并联电阻），然后把电路中各电阻和电容归并为一个总电阻R和一个总电容C相串联，这个$R\cdot C$乘积就是该电路的时间常数τ。

因此，RC电路的分析可归结为确定$V_0(0^+)$、$V_0(\infty)$和τ三要素，然后根据式（1—16）写出瞬态过程表达式，并可画出波形图。

例 1-7 对于图1-10(a)所示电路，当$t=0$瞬间将开关K由位置1扳向位置2，求该电路

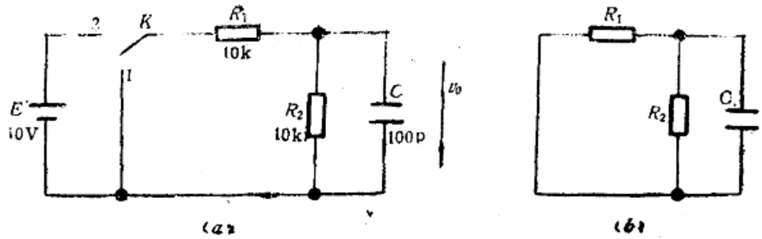

图 1-10 例1-7的电路图
(a) 电路图 (b) 等效电路

的$V_0(0^+)$、$V_0(\infty)$ 和时间常数τ。

解 电路进入最终稳定状态后，将由电阻R_1和R_2分压，因此

$$V_0(\infty)=V_{R_2}(\infty)=\frac{R_2}{R_1+R_2}E=\frac{10}{10+10}\times 10=5\ (\mathrm{V})$$

在$t=0^+$瞬间，电容C上的电压不能突变，则有$V_0(0^+)=V_C(0^+)=0(\mathrm{V})$。

利用等效电源法作出求τ的等效电路，如图1-10(b) 所示。因此

$$\tau=(R_1 /\!/ R_2)\cdot C=\frac{R_1\cdot R_2}{R_1+R_2}\cdot C=\frac{10\times 10}{10+10}\times 10^3\times 100\times 10^{-12}=5\times 10^{-7}\ (\mathrm{s})$$

$$=0.5(\mu\mathrm{s})$$

例 1-8 在图1-11(a) 电路中，电容C两端的初始电压 $V_c(0^-)=0$，V_I为0V到10V的正阶跃脉冲，如图1-11(b) 所示，试画出v_0的波形。

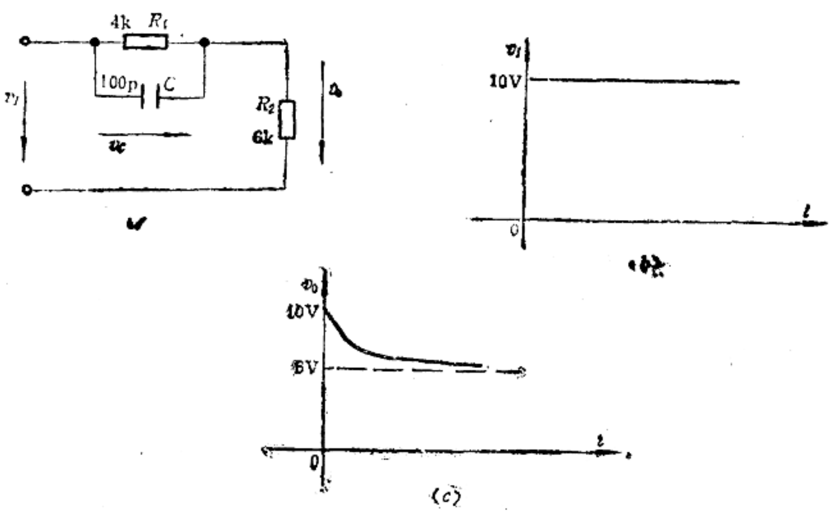

图 1-11 例1-8的电路和波形
(a) 电路图 (b) 输入波形 (c) 输出波形

解 根据电路的初始条件得到

$$V_0(0^-)=V_I(0^-)-V_c(0^-)=0-0=0\ (\mathrm{V})$$

由于电容两端电压不能突变，则有

$$V_c(0^+)=V_c(0^-)$$

于是有

$$V_0(0^+)=V_I(0^+)-V_c(0^+)=V_I(0^+)-V_c(0^-)$$
$$=10-0=10(\mathrm{V})$$

因为瞬态过程结束后，电容相当于开路，故可得到

$$V_0(\infty)=\frac{R_2}{R_1+R_2}\cdot E=\frac{6}{4+6}\times 10=6\ (\mathrm{V})$$

利用等效电源法，将图1-11(a)所示电路中输入端短路，总电阻$R=R_1 /\!/ R_2$，因此

$$\tau=(R_1 /\!/ R_2)\cdot C=\frac{R_1R_2}{R_1+R_2}\cdot C=\frac{4\times 6}{4+6}\times 10^3\times 100\times 10^{-12}$$
$$=2.4\times 10^{-7}(\mathrm{s})=0.24\ (\mu\mathrm{s})$$

根据式（1—16），得

$$v_0(t)=V_0(\infty)+[V_0(0^+)-V_0(\infty)]\cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$=6+(10-6)\cdot e^{-\frac{t}{0.24\times 10^{-6}}}$$

$$=6+4\cdot e^{-\frac{t}{0.24\times 10^{-6}}}$$

由上述表达式可画出$v_0(t)$的波形图，如图1-11(*c*)所示。

四、RC微分电路

微分电路是常用的脉冲变换电路之一，它可将矩形脉冲变换为正负极性的尖顶脉冲。

对于图1-12（*a*）电路，如果输入电压v_I为图1-12(*b*) 所示波形，也就是输入一个矩形脉冲。设电路时间常数$\tau=RC$远小于输入矩形脉冲的宽度t_w。

下面分析电路的输出波形。

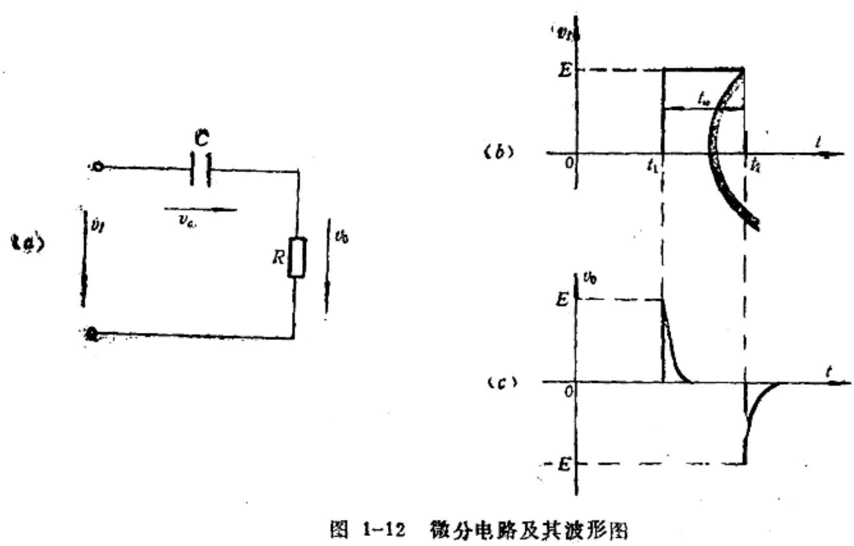

图 1-12 微分电路及其波形图

(*a*) 电路图 (*b*) 输入波形 (*c*) 输出波形