

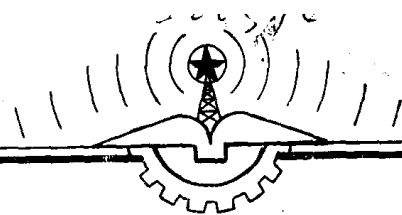


晶体管脉冲电路

一系脉冲组 编

西北电讯工程学院

1974



晶体管脉冲电路

一系脉冲组 编

西北电讯工程学院

1974.12.

毛主席语录

路线是个纲，纲举目张。

我们的教育方针，应该使受教育者在德育、智育、体育几方面都得到发展，成为有社会主义觉悟的有文化的劳动者。

教育必须为无产阶级政治服务，必须同生产劳动相结合。
劳动人民要知识化，知识分子要劳动化。

反潮流是马列主义的一个原则。

学制要缩短，教育要革命，资产阶级知识分子统治我们学校的现象，再也不能继续下去了。

一切事物都是对立的统一。

要把精力集中在培养分析问题和解决问题的能力上，不要只是跟在教员的后边跑，自己没有主动性。

目 录

第一章 基础知识	1
第一节 惯性元件及 RC、RL 电路的暂态特性.....	1
第二节 二极管及晶体管的开关性能.....	15
第二章 限幅与钳位电路	33
第一节 限幅器.....	33
第二节 钳位器.....	39
第三章 锯齿形电压形成电路	42
第一节 简单锯齿形电压形成电路.....	42
第二节 自举电路.....	46
第三节 负反馈锯齿波形成电路.....	52
第四章 断续正弦波形成电路	56
第一节 电路及工作原理.....	56
第二节 加补偿的断续正弦波电路.....	59
第三节 断续正弦振荡器的设计原则.....	60
第四节 峰化电路.....	61
第五章 双稳态触发器	64
第一节 对称式双稳态电路.....	64
第二节 射极耦合双稳态电路.....	86
第六章 单稳态触发器与自激多谐振荡器	98
第一节 集-基耦合单稳态触发器.....	98
第二节 射极耦合单稳态触发器.....	111
第三节 集-基耦合自激多谐振荡器.....	120
第四节 射极定时自激多谐振荡器.....	126
第七章 间歇振荡器	130
第一节 脉冲变压器的基本知识.....	130
第二节 自激间歇振荡器.....	136
第三节 触发式间歇振荡器.....	142

第八章 数字集成电路简介.....145

 第一节 概述.....145

 第二节 二极管—晶体管逻辑集成电路(D.T.L).....147

 第三节 晶体管—晶体管逻辑集成电路(T.T.L).....149

 第四节 集成电路触发器.....154

 附录 数字集成电路命名方法.....162

第九章 门电路.....163

 第一节 二极管门电路.....163

 第二节 晶体管“非”门(倒相器).....167

 第三节 门电路的连接及其设计方法.....171

第一章 基础知识

脉冲技术涉及的范围总的说来是电压、电流脉冲的产生、形成、变换、应用等电子学的领域。电子开关和惰性电路是脉冲与数字电路的基本组成部分。毛主席教导我们：“要把精力集中在培养分析问题和解决问题的能力上。”我们应能正确的分析和应用此二者，以掌握脉冲技术的基础知识。

第一节 惰性元件及RC、RL电路的暂态特性

由电工学中的开闭定律可知，电容器上的电压或者电感圈中的电流不可能发生突变而呈现有所谓的惰性。（这实质上是由于电荷的积累或磁能的建立与消失都需要一些时间。）因此，通常称它们为惰性元件。具有惰性元件的电路，当电压或电流发生变化时，一般都要经过一段暂态过程才能稳定下来。电路在暂态过程中的变化规律称之为电路的暂态特性，或称为暂态响应。

脉冲技术中应用的惰性电路式样很多，我们不可能，也无必要逐一地分析它们。毛主席教导我们：“学会分析事物的方法，养成分析的习惯。”抓住主要矛盾，选择最基本的，常见的、典型的加以解剖，掌握好分析方法，那么较复杂的也就不难经过进一步地努力加以解决了。

本节着重于简单RC电路的暂态分析。RL电路将由同学自行模拟类比。至于RLC电路则简介其主要性能，不详细分析。

一、电容器与电感线圈的基本性质

1. 电容器的电容量（C），电容器上所存电荷量（Q），以及电容器两端的电压V之间有下述关系：

$$Q = CV_c \quad (1-1)$$

电容器上电荷Q的积累是由于有电流流进该电容器的结果，因此：

$$Q = \int i_c dt \quad (1-2)$$

由于在电容器上积累了电荷，在电容器两端就呈现出一定的电位差（电压），由(1-1)和(1-2)式可得其电压变化量与流进电容器的电流间关系为：

$$V_c = \frac{1}{c} \int i_c dt \quad (1-3)$$

或者表示为：

$$i_c = c \frac{dv_c}{dt} \quad (1-4)$$

注意：采用上述解析式时，电容器上的电压方向应与流进该电容的电流方向相符，如图

1-1 所示，不能弄错，不然将有错误的分析结果。

为了加深印象，更直观的理解上述关系，下面画出几个波形图供分析。

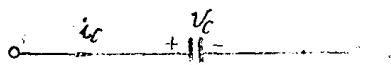


图 1-1

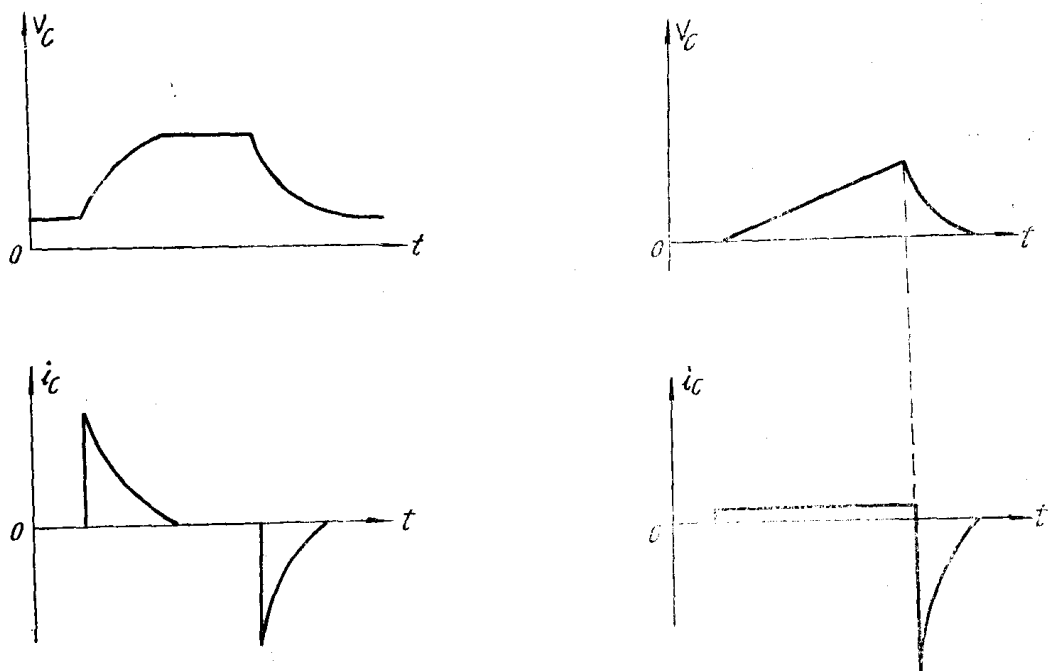


图 1-2

由图 1-2 结合 (1-4) 式作些分析可得出一些重要的结论：

- (1) i_c 正比于 V_c 的变化速度，而与 V_c 的绝对值无关；
- (2) 当 $\frac{dv_c}{dt}$ 有不连续的变化时， i_c 就一定是同时发生了突变。
- (3) 当 i_c 不变时， V_c 就线性变化。
- (4) 若要电容器上的电压发生突变，则必须有 $i_c \rightarrow \infty$ 才能实现，但客观世界不可能实现无穷大的电流，因此，电容器上的电压绝不会发生跃变；另一方面也告诉我们，若欲电容器上的电压发生快变化，则必须使流过它的电流很大才行。

2. 对于电感线圈，其上的电压 V_L 与流过其中的电流 i_L 有下面的关系：

$$V_L = L \frac{di_L}{dt} \quad (1-5)$$

电感线圈的性质与电容器的性质〔(1-4)式〕可以类比,不再作重复分析,但是必须同样熟练地掌握正确的结论。

二、RC 电路与 RL 电路的暂态过程

1. 图 1-3 所示的是一个最简单的 RC 串联电路,我们对它的暂态过程进行分析,找出变化规律并引出在一般情况下分析它的方法。

假设原来 K 是一直打开的;而且电容器 C 上也未曾充有电荷。

若在某一瞬间闭合 K,则在电路中由于电源电势 E 的作用将有电流产生,此电流 i_c 流过电容器并对它充电,因此电容器上将有电压建立起来;并且随着充电过程的继续进行电压也随之增高,电流随之减小,直至电容器上的电压升到等于电源电势 E 时,电路中电流降为零,电容器不再被充电,这个变化过程才结束。

下面我们通过数学分析,找出电容器电压 u_c (电流 i_c) 的变化规律。

根据基尔霍夫定律我们可列出 K 闭合后的回路电压方程:

$$i_c \cdot R + u_c = E$$

$$\text{因为 } i_c = C \frac{du_c}{dt}, \text{ 将它代入上式}$$

则

$$RC \frac{du_c}{dt} + u_c = E \quad (1-6)$$

不难看出此电路方程是一阶线性常微分方程。由数学知识可知其解的形式为

$$u_c = E + Ae^{-t/\tau} \quad (1-7)$$

A 是按起始条件确定的待定常数。

因为 $t=0^+$ 时, $u_c=0$, 将它代入 (1-7) 式可得 $A = -E$

$$\left. \begin{aligned} \therefore u_c &= E (1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) \\ u_R &= E - u_c = E e^{-\frac{t}{\tau}} \end{aligned} \right\} \quad (1-8)$$

式中 $\tau = RC$, 称为电路的时常数。

由 (1-8) 式看出,简单 RC 电路的暂态变化过程是按指数规律进行的。

2. 对于简单 RC 电路,我们在分析它的暂态时总是得到如 (1-6) 式那样的一个一阶微分方程,而这种方程的解我们也知道总是具有如下形式:

$$u = A_1 + A_2 e^{-\frac{t}{\tau}} \quad (1-9)$$

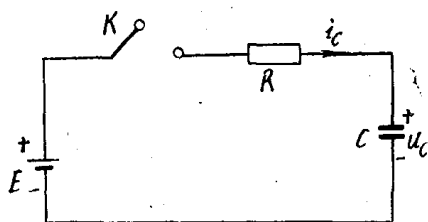


图 1-3

其中 τ 是电路时常数, 而 A_1 、 A_2 是按电路的初始状态和稳定后的状态确定的待定常数。

假若经过对给定的电路的分析, 我们已知道其起始状态和稳定状态下 u 的数值。那么可知:

$$\text{起始值} \quad u(0^+) = A_1 + A_2$$

$$\text{稳定值} \quad u(\infty) = A_1$$

因而代入 $u(0^+)$ 和 $u(\infty)$ 后, (1-9) 式就表示为下面的形式:

$$u(t) = u(\infty) + [u(0^+) - u(\infty)]e^{-\frac{t}{\tau}} \quad (1-10)$$

经过简单变换, (1-10) 式亦可表示为另外的形式:

$$u(t) = u(\infty) - [u(\infty) - u(0^+)]e^{-\frac{t}{\tau}} \quad (1-11)$$

$$= u(0^+) + [u(\infty) - u(0^+)](1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) \quad (1-12)$$

从此不难看出, 要想求得一个表现为一阶线性常系数微分方程的 RC 电路的暂态过程, 只要能根据电路的物理状态判定起始状态, 稳定状态和时常数, 将它们直接代入 (1-10) 式就可以了, 不需要每次重复求介电路的全过程。 $u(0)$ 、 $u(\infty)$ 、和 τ 称为三要素。这种解析方法就称为三要素法。有时也称为快速解法。

必须能根据具体电路正确地求出三要素, 并且能熟记和熟练运用 (1-10) ~ (1-12) 式。

3. 在有些情况下, 要求我们算出 K 闭合后电压 u 变化到某个确定值时所经历的时间 T_1 , 为此我们通过 (1-10) 式可得

$$u(T_1) = u(\infty) + [u(0^+) - u(\infty)]e^{-\frac{T_1}{\tau}}$$

经过整理得到

$$T_1 = \tau \ln \frac{u(\infty) - u(0^+)}{u(\infty) - u(T_1)} \quad (1-13)$$

(1-13) 式亦必须熟记和能熟练、正确的应用它。

4. 作图方法

在工作实践中为了使理论分析的结果能有一个清晰的概念, 常常需要将理论计算的结果画出一个大致的、直观的、形象的时间波形图来, 因此正确的作图方法也是一个基本技能。

在脉冲技术中, 脉冲波形都是由一些不同的暂态过程构成的, 而不少暂态过程经常是按指数规律变化的, 因此脉冲波形的画图经常迁到指数曲线的画法问题。

下面取一个最简单的 $u = e^{-\frac{t}{\tau}}$ 的例子来说明作图的方法及某些有关知识。

$$\text{设} \quad u = e^{-\frac{t}{\tau}}$$

可求出电压和时间有下列的数量关系：

t	0	τ	2.3τ	3τ	5τ	$\rightarrow\infty$
u	1	0.37	0.1	0.05	0.007	$\rightarrow 0$

在已知时常数 τ 和上例几个特殊点之后，再考虑到指数曲线本身是连续变化的，就可以大致的画出电压变化曲线图来。

首先在横轴上取定 $t = \tau$ 的点，然后将电压起始点和 $t = \tau$ 的点连一直线，这直线的斜率就是 $-1/\tau$ ；它也就是电压曲线起始点的切线。然后再按上表所列的几个特殊点的电压的数值在图上取定相应的点，最后联结这些点就将曲线大致地描出来了。

几点说明：

(1) 在任一时间 t 处作的曲线的切线与时间轴的相交点恒等于 $t + \tau$ 。

(2) 由于暂态过程完全结束电路达到稳定需要无穷长的时间，因此，我们不可能用完全稳定所需时间来表示暂态过程的长短。当暂态过程经过 5τ 的时间后，电压值已降到了只有起始值的 0.007 了，因此通常认为暂态的持续期为 5τ 。在更宽

的条件下，也有取 3τ 作为暂态持续期的；因为历时 3τ 后电压离稳定值也只差 5% 了。

(3) 通常取电压自起始值降至 10% 所经历的时间 2.3τ 作为这类尖顶脉冲（或脉冲边沿）的宽度；也有取电压自 90% 降至 10% 起始值所经历的时间 2.2τ 作为脉冲宽度的。究竟脉冲的宽度及持续期取多长为合适，应视具体应用电路时的要求来选定。

例（一）

如图示之电路中 $E = 6V$ ， $R = 20K$ ， $C = 200P$ ，开关 K 在“1”稳定后扳至“2”，经 $30\mu s$ 再返至“1”，试写出 u_C 、 u_R 的表示式，画出 u_C 、 u_R 的波形。

解：K 在“1”时，稳定后电路中没有电压亦无电流。

$$u_C = 0 \quad u_R = 0$$

K 由“1”扳至“2”，相当于在电路中接了 6V 的电压，于是电源 E 开始对电容 C 充电。

∵ 电容上电压不能突变，

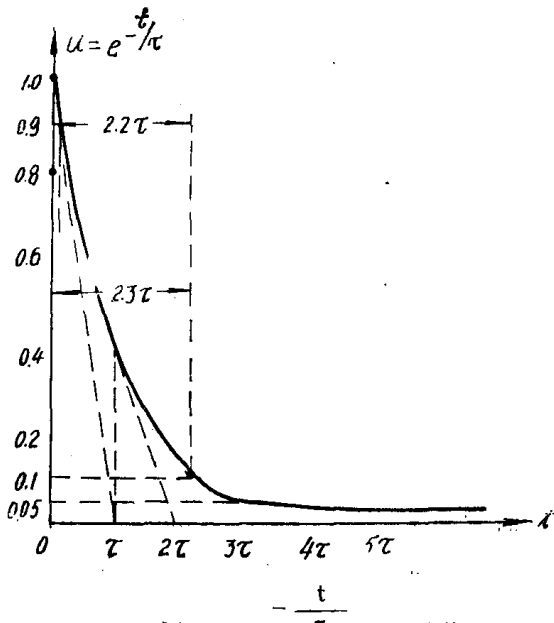
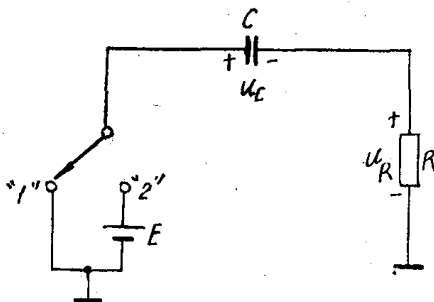


图 1-4 $e^{-\frac{t}{\tau}} \sim t$ 的曲线



∴在接通瞬间 $u_c(0^+) = 0$

$$u_R(0^+) = 6V$$

电路时常数 $\tau = RC = 20K\Omega \times 200p = 4\mu s$ 。由于 $30\mu s > 3 \sim 5\tau$ ，故可认为 $30\mu s$ 时电路已达到稳态，电容电压等于电源电压；电路中电流为零。所以

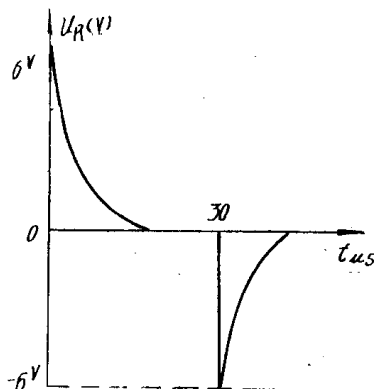
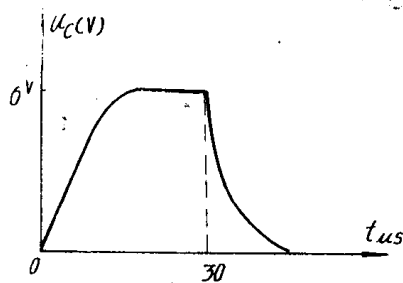
$$u_c(\infty) = 6V$$

$$u_R(\infty) = 0$$

根据以上分析，得到了求解电路的三要素：起始值、稳定值、时常数。由解析式(1-10) ~ (1-12) 得到：

$$u_c(t) = 6(1 - e^{-\frac{t}{4}}) V$$

$$u_R(t) = 6e^{-\frac{t}{4}} V$$



稳定以后再将 K 接 “1” 电容通过电阻放电，在接通瞬间 $u_c(0^+) = 6V$ ， $u_R(0^+) = -6V$ ，放电时常数 $\tau = RC = 20K\Omega \times 200P = 4\mu s$

放电结束时 $u_c(\infty) = 0$ $u_R(\infty) = 0$

$$\text{则 } u_c(t) = 6e^{-\frac{t}{4}} V, u_R(t) = -6e^{-\frac{t}{4}} V$$

电容器和电阻上的电压波形如图所示。

例（二）如图示之电路，起初 K 置于 “1” 的位置，电路已稳定。在某瞬间 t_1 K 移置到 “6V” 的位置，经 $1\mu s$ 的间隔后又再回置于 “1V” 的位置。求解 u_1 、 u_c 、 u_2 的解析式并画出时间波形图。

解：当 $t = t_1^-$ 时（ t_1^- 表示 t_1 前瞬间）

$u_1(t_1^-) = 1V$ ； $u_2(t_1^-) = 0$ （这是因为在稳态时电容器隔断直流电流，因此电阻 R 两端压降为零）； $u_c(t_1^-) = 1V$ [∵ $u_2 = 0$ ∴ $u_c(t_1^-) = u_1(t_1^-)$]

当 $t = t_1^+$ 时

$$u_1(t_1^+) = 6V$$

$u_c(t_1^+) = u_c(t_1^-) = 1V$ （由于电容器上的电压不能发生突变）；

$$u_2(t_1^+) = u_1(t_1^+) - u_c(t_1^+) = 5V$$

电路时常数 $\tau = RC = 10K\Omega \times 100pf = 1\mu s$ 。因此若 K 保持于 “6V” 位置不再变动，则在经过 $(3 \sim 5)\mu s$ 时间之后，电路将达到稳态。那时将有 $u_1(\infty) = 6V$ ； $u_2(\infty) = 0$ ； $u_c(\infty) = 6V$ 的情况出现。

由上面的分析我们已经判定了求解电路的三要素：起始值、稳定值和时常数；因此运用解析式(1-10~1-12)，在 $t = t_1^+$ 以后即可得到

$$u_1(t) = 6V$$

$$u_c(t) = 6 - 5e^{-\frac{t}{1}} V$$

$$u_2(t) = 5e^{-\frac{t}{1}} V$$

各电压按照上面解出的规律变化，但经过 $1\mu s$ 的时间之后，由于K又回掷到“1V”的位置上去，因而电路又转到一个新的暂态变化中去而不再按原有的规律继续变化。

当K又移回“1”去（设 $t=t_2$ ）之前的瞬间，各电压之数值为

$$u_1(t_2^-) = 6V$$

$$u_c(t_2^-) = 6 - 5e^{-1} = 6 - 5 \times 0.37 \\ = 6 - 1.85 = 4.15V$$

$$u_2(t_2^-) = 5e^{-1} = 1.85V$$

尔后，当 $t=t_2$ 时，K回至“1V”位置，用前述分析的方法即可得出

$$u_1(t_2^+) = 1V$$

$$u_c(t_2^+) = u_c(t_2^-) = 4.15V$$

$$u_2(t_2^+) = u_1(t_2^+) - u_c(t_2^+) \\ = -3.15V$$

若 $t \rightarrow \infty$ 电路稳定下来，则

$$u_1(\infty) = 1V$$

$$u_c(\infty) = 1V$$

$$u_2(\infty) = 0V$$

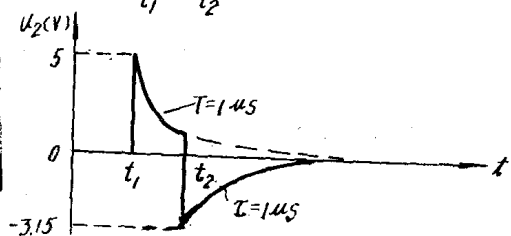
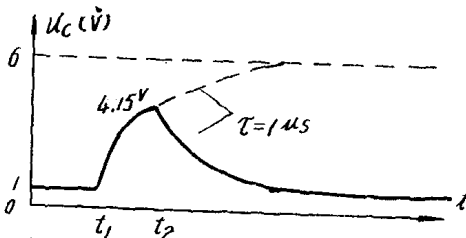
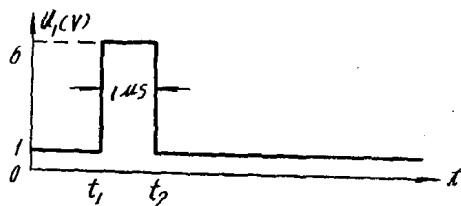
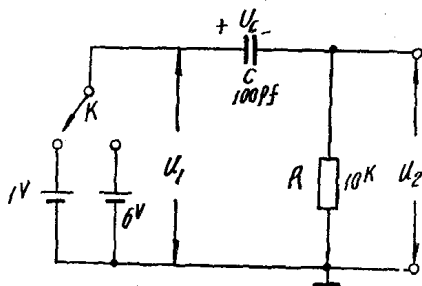
电路时常数仍为 $\tau = RC = 1\mu s$ 。

因此在 $t=t_2$ 以后：

$$u_1(t) = 1V$$

$$u_c(t) = 1 + 3.15e^{-\frac{t}{1}} V$$

$$u_2(t) = -3.15e^{-\frac{t}{1}} V$$



全部过程如时间图所示。

仔细观察一下 u_1 、 u_c 、 u_2 的波形图，将发现在 $t=t_1$ 的瞬间，由于K的转换位置使 u_1 从V跳变到6V，也就是说 u_1 “正突跳”了5V，与此同时 u_c 保持不变，而 u_2 却也同样地“正突跳”了5V。再看 $t=t_2$ 的瞬间，也是由于K的换向使 u_1 从6V“负突跳”了5V， u_c

仍保持不变，而 u_2 却又同样地“负突跳”了 5V。由此引出一个以后将要经常运用的基本概念，“电容器本身电压不能突跳，但是电容器传递突跳电压”，也就是电容器的一端发生多大的电压跳变必然在另一端引起同样的电压跳变。

5. RL 电路的暂态过程

简单的 RL 电路如图 1-5 所示。若原先 L 中无储能，当把 K 闭合时，由于 L 中不能突然流过电流，（也即磁场能量不会突然建立起来。）电路中初始电流为零；在电阻上无压降；因而电压全部降落在电感 L 上。

尔后随着电感中电流的逐渐建立， u_2 越来越大， u_L 越来越小，到电路达到稳定后，全部电压都降在电阻 R 上。其电压的变化大致如图 1-6 所示。

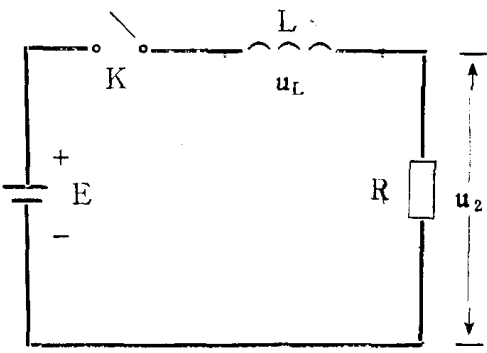


图 1-5 R—L 电路

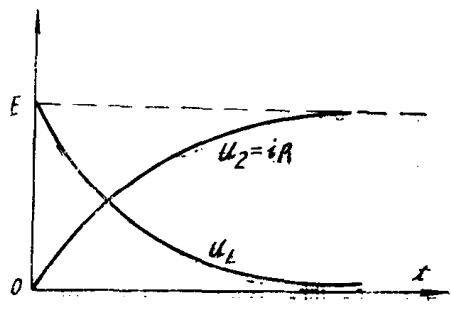


图 1-6 $u_L \sim t$ 曲线

$u_L \sim t$

对于图 1-5 所示之简单 R—L 电路不难列出方程来求解。亦可运用三要素法来求解。其结果为：

$$\left. \begin{aligned} u_L &= E e^{-\frac{t}{\tau}} \\ u_2 &= E (1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) \end{aligned} \right\} \quad (1-14)$$

此处时常数 $\tau = \frac{L}{R}$

R—L 电路暂态与 R—C 电路暂态有许多可类比之处，故不再重复。

三、RLC 电路的暂态过程

RLC 电路也是脉冲电路里经常碰到的惰性电路。下面就串联回路和并联回路两种 给于扼要的介绍。

1. RLC 并联回路

RLC 并联回路如图 1-7 所示。设原已供给回路一个电流 I_0 。且已达稳定，当 $t=0$ 的瞬间将 K 打开，由于原在线圈 L 中储有磁能，因此电路将发生一个暂态变化过程，根据 R、L、C 的数值的不同情形，将会出现下面三种情况。

(1) 衰减振荡型

当 $R > \frac{1}{2} \sqrt{\frac{L}{C}}$ 时, 输出电压

$$V \doteq -I_0 \sqrt{\frac{L}{C}} e^{-\alpha t} \sin \omega t \quad (1-15)$$

式中 $\alpha = \frac{1}{2RC}$; $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ 。

由 (1-15) 式不难看出输出电压 V 是一个衰减的正弦振荡, 振幅衰减的速度与 α 有关; 并联电阻 R 越大 (同时也是线圈 L 的导线电阻越小) 则振幅衰减的越慢。

(2) 临界阻尼型

当 $R = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{L}{C}}$ 时, 输出电压

$$V = -\frac{I_0}{C} t e^{-t/\sqrt{LC}} \quad (1-16)$$

输出电压是单个较窄的尖峰状, 在 $t = \sqrt{LC}$ 时出现峰值, 其峰值电压为:

$$V_m = 0.37 I_0 \sqrt{\frac{L}{C}}。$$

(3) 过阻尼型

当 $R < \frac{1}{2} \sqrt{\frac{L}{C}}$ 时, 输出电压

$$V = -\frac{I_0}{2\beta C} [e^{-(\alpha - \beta)t} - e^{-(\alpha + \beta)t}] \quad (1-17)$$

式中 $\alpha = \frac{1}{2RC}$; $\beta = \sqrt{\alpha^2 - \omega_0^2}$; $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ 。

输出电压是一个最大值很小、很钝、尾巴拖得比较长的非周期脉冲。上述三种情况下的输出电压波形如图 1-8 所示。

2. RLC 串联回路

RLC 串联回路很少正式采用为获得某种波形的惰性电路, 但在实用电路里有时采用电感线圈作为补偿元件来改善波形的边沿, 因此对于 RLC 串联回路作一点介绍。其电路及波形如图 1-9 所示。

假设原来 K 是闭合的而且没有加电感线圈 L , 则在某一瞬间打开 K 后, 电压 V 将按指数规律上升, 这是大家已熟悉的情况; 目前在加有电感 L 的情况下, 当 K 打开后, 由于在 L 中已有储存的磁能, 故在 LC 之间发生磁能与电能的转换。如果 R 值较大 (即电路损耗较

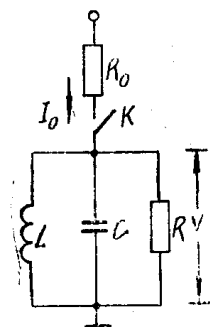


图 1-7 RLC 并联回路

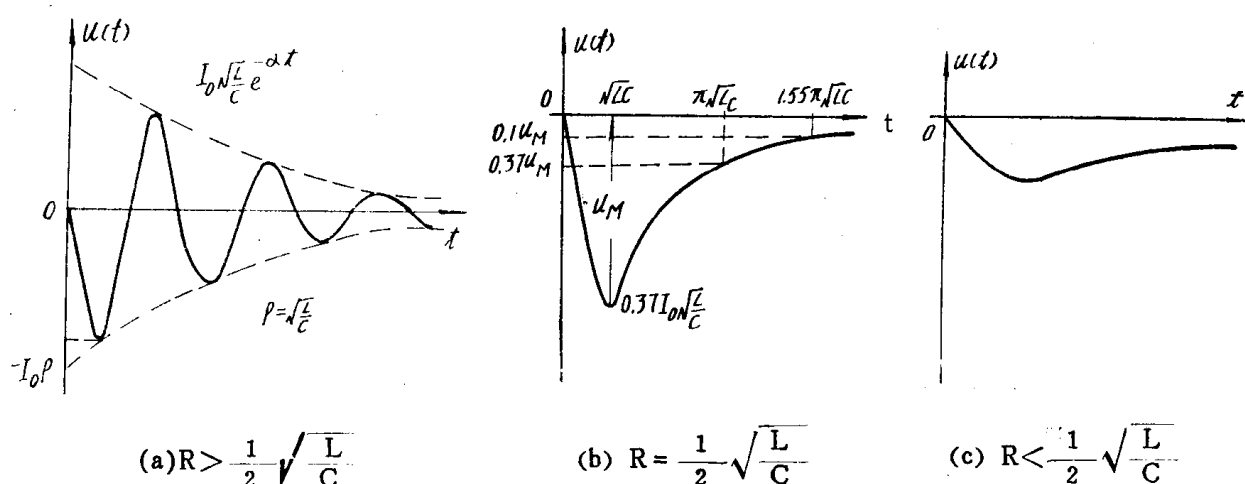


图 1-8 RLC 并联回路的三种情况

小) 则在电路中将发生衰减振荡, 直到最后振荡能量消失殆尽, 暂态过程结束。其输出波形如图 1-9 中减幅振荡所示。其中输出端电压稳定值为

$$u(\infty) = \frac{R}{R_0 + R} E$$

如果电阻 R 值较小以致在电路中不可能形成振荡, 则输出波形将如图 1-9 中另一曲线所示。

将二曲线相比不难得出结论: 只要适当采取加感措施, 可以改善波形边沿。

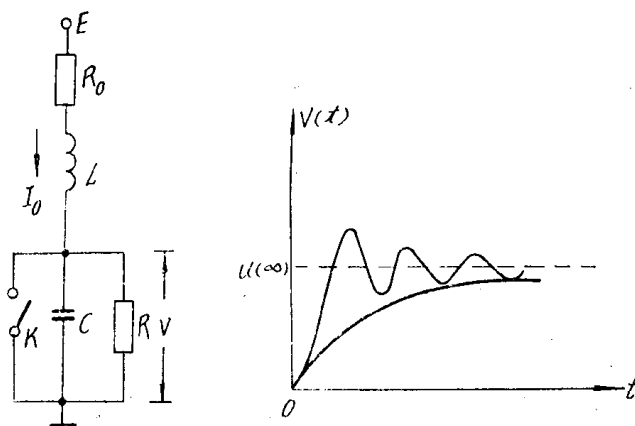


图 1-9 RLC 串联回路的情况

四、简单惯性电路的基本应用 (线性变换电路)

1. 微分电路

微分电路的主要用途是用于将宽脉冲变成窄脉冲, 如图 1-10 所示。如果电路的时间常数 τ 远小于输入方波的宽度, 即 $\tau = RC \ll T_1$, 则输出波形变成了尖顶脉冲, 相比于输入波形宽度是十分地缩窄了。

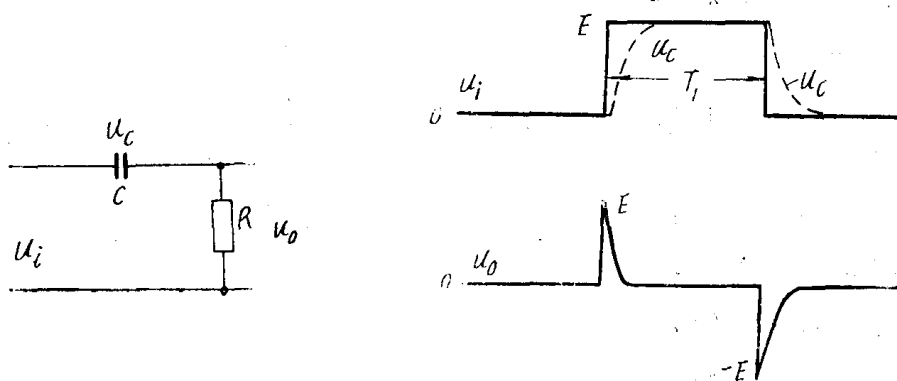


图 1-10 微分电路及其输入输出波形

所谓“微分”的含意是这样引入的：

$$\because u_o = i_c R$$

$$= C \frac{du_c}{dt} \cdot R = RC \frac{du_c}{dt}$$

从图1-10可见，当 $\tau \ll T_1$ 时，除了 u_i 跳变后的一个短时间外， u_c 就等于 u_i ，因此得出：

$$u_o = RC \frac{du_c}{dt} \approx RC \frac{du_i}{dt}$$

从此式可见电路的输出电压对输入电压是微分的关系。

不难看出，电路的时常数 τ 越小则可获得越窄的输出脉冲；但是必须指出，时常数 τ 并是可以任意减小的，因为当考虑到输入脉冲必然具有的边沿以及实际电路中的寄生电容的影响时；当电路的时常数 τ 或 C 的数值小到可以与这些因素相比时，输出脉冲的振幅将显著地减小，同时宽度却不会得到相应明显的缩窄。因此要从实际用途来恰当选取合适的数值。一般是首先选取尽可能小的电容值，然后再取定电阻值。

考虑输入脉冲边沿情况的分析，可参阅其它有关书籍，在此不作进一步的讨论。

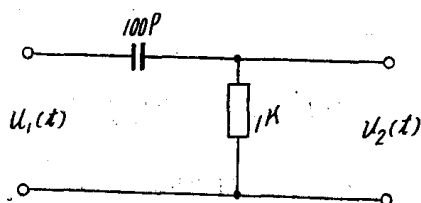
同时还要指出，用RL电路或者临界阻尼的RLC电路亦可以形成窄脉冲，这个道理是明显的；但通常在脉冲宽度要求不是太窄的情况下，一般都采用RC电路，因为它的电路构成最简单，工艺简单，成本低。只有在要求脉宽更窄以及振幅较大的情况下，才采用电感元件来形成脉冲。

例（三）给定如图所示之电路及输入周期脉冲 $u_1(t)$ 波形，求输出 $u_2(t)$ 之波形。

解：电路之时常数为

$$\tau = RC = 1K \times 100P = 0.1\mu s$$

外加重复周期脉冲之宽度为 $T_1 = 1\mu s$ ；由于 $T_1 = 10\tau$ 大于电路的暂态持续过程 $(3 \sim 5)\tau$ ，所以此电路为一个微分电路。当每一个正方形波来



到前，电路皆已达稳态。

由此可知 $u_2(t_1^-) = 0$

当 $t = t_1^+$ 时，由于电容器传递突跳电压，故而也可知

$$u_2(t_1^+) = 10V$$

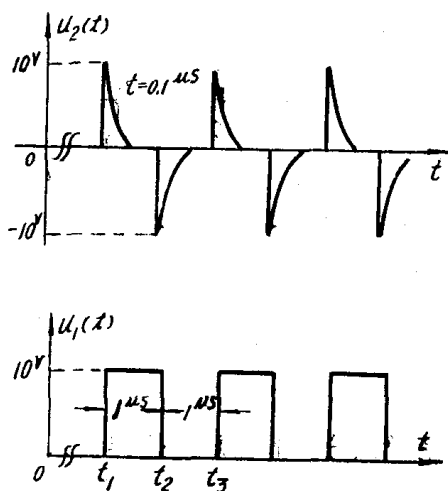
电路时常数 $\tau = 0.1\mu s$ 。

$$u_2(\infty) = 0V。$$

$$\therefore u_2(t) = 10e^{-t/0.1}V \quad (t_2 > t > t_1)$$

或 $u_2(t) = -10e^{-t/0.1}V \quad (t_3 > t > t_2)$

$u_2(t)$ 的波形与 $u_1(t)$ 的波形在时间轴上对齐一致地画在图上。其波形正如分析的是微分电路输出的典型形状——正负相间的尖脉冲。



2. 积分电路

如图1-11所示的简单 RC 电路，当电路的时常数 $\tau = RC$ 远大于输入脉冲的宽度时 ($RC \gg T_1$)，则在输入脉冲作用期 T_1 内，输出电压增长得很少，如图 1-11(b) 所示，这种 RC 电路称为积分电路。

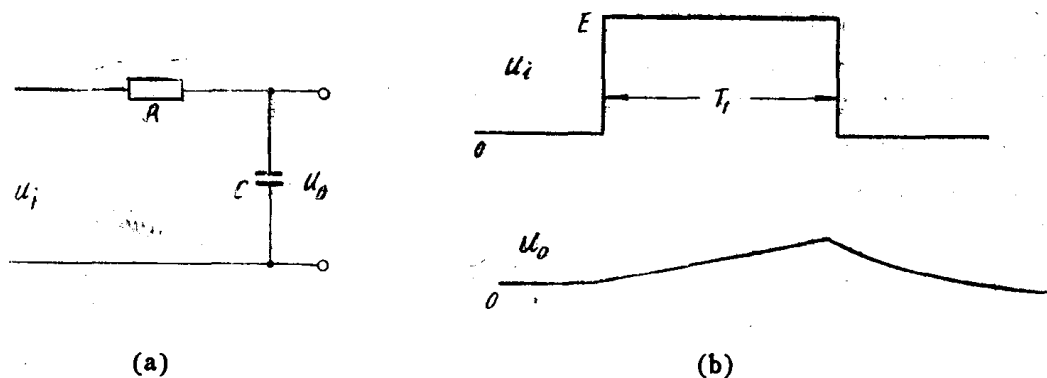


图 1-11 积分电路及其输入输出波形

之所以称为积分电路是由于在作用期 T_1 内，电容器 C 上的电压增加得很少，因而流过电容器的电流 $i = \frac{u_i - u_o}{R}$ 变化很小，且近似可以认为是不变的，即 $i = \frac{u_i - u_o}{R} \approx \frac{u_i}{R}$ ，因此输出电压 u_o 与输入电压 u_i 有如下关系：