

● 职业高中试用教材
● 高等教育出版社

电子线路

下 册

陈其纯 编



ZHIYE GAOZHONG SHIYONG JIAOCAI

内 容 简 介

本书系三年制职业高中的电子线路课程教材,是由江苏省教委根据职业高中的迫切需要组织编写的,具体编写工作是在苏州市教育局的指导下进行的。全书分为上、下两册。上册包括半导体基础知识和晶体二极管整流电路、晶体三极管和场效应管、单级低频小信号放大器、多级放大器和负反馈放大器、调谐放大器和正弦波振荡器、直流放大器和集成运算放大器、低频功率放大器、直流稳压电源等九章;下册包括脉冲电路的基础知识、晶体管脉冲电路、数字电路基础知识、数字集成门电路、集成触发器、计数电路和译码显示电路、可控硅电路等七章。全书精简了分立元件电路的阐述,增加了集成电路的介绍,每章均有基本练习题。

本书深入浅出,通俗易懂,除可供职业高中电子、电器类专业选用作为教材外,还适用于收音机、录音机、电视机、家用电器,及工业电子设备等行业维修和生产人员作为培训及自学用书。

职业高中试用教材

电 子 线 路

下 册

陈其纯 编

*

高等教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

文字六〇三厂印刷

*

开本787×1092 1/32 印张 7.875 字数170 000

1987年8月第1版 1987年8月第1次印刷

印数 00 001—25 150

ISBN 7-04-000018-0/TN·4

书号 15010·0889 定价 1.05元

下册常用符号

a	可控硅阳极
CP	计数输入脉冲, 触发器的时钟脉冲端
c	可控硅阴极
F	触发器
G	逻辑门
g	可控硅控制极
I_{BS}	临界饱和基极电流
I_{CS}	集电极饱和电流
I_{IH}	高电平输入电流
Q	触发器的输出端
R	触发器的置 0 端
S	触发器的置 1 端
t_d	延迟时间
t_f	下降时间
t_r	上升时间
t_s	存贮时间
t_{on}	开通时间
t_{off}	关闭时间
t_{pd}	平均传输延迟时间
t_p	脉冲宽度
V_{OFF}	关门电平
V_{OH}	输出高电平

V_{OL} 输出低电平
 V_{ON} 开门电平
 V_{SH} 标准高电平
 V_{SL} 标准低电平
 α 可控硅控制角
 θ 可控硅导通角

下 册 目 录

第十章 脉冲电路的基础知识	1
10.1 脉冲信号	1
10.1.1 脉冲的概念及波形	1
10.1.2 脉冲信号的主要参数	2
10.1.3 脉冲的谐波成分	3
10.2 RC 电路	5
10.2.1 电容器的充放电过程	5
10.2.2 RC 微分电路	9
10.2.3 RC 积分电路	11
10.2.4 RC 脉冲分压器	14
10.3 二极管和三极管的开关特性	17
10.3.1 二极管的开关特性	17
10.3.2 三极管的开关特性	20
10.4 二极管限幅电路和箝位电路	26
10.4.1 二极管限幅电路	26
10.4.2 二极管箝位电路	29
10.5 晶体管反相器	33
10.5.1 反相器的工作原理	33
10.5.2 反相器的饱和、截止条件	34
10.5.3 反相器的带负载能力	35
习题十	38
第十一章 晶体管脉冲电路	42
11.1 集基耦合双稳态电路	42

11.1.1	电路的组成和工作原理	42
11.1.2	输出脉冲电压幅度	45
11.1.3	触发翻转方式	47
11.2	集基耦合单稳态电路	05
11.2.1	电路组成及工作原理	50
11.2.2	输出脉冲幅度和宽度	52
11.3	集基耦合多谐振荡器	54
11.3.1	电路和工作原理	54
11.3.2	输出脉冲幅值和振荡周期	56
11.4	射极耦合双稳态电路	57
11.4.1	电路组成和工作原理	57
11.4.2	射极耦合双稳态电路的回差现象	60
11.5	电压锯齿波发生器	63
11.5.1	电压锯齿波发生器原理	63
11.5.2	电压锯齿波电路举例	66
习题十一		69
第十二章 数字电路基础知识		72
12.1	数字电路概述	72
12.1.1	数字电路及其特点	72
12.1.2	数字电路的发展和应用	73
12.2	基本逻辑门电路	73
12.2.1	关于逻辑电路的几个规定	74
12.2.2	与门电路	76
12.2.3	或门电路	78
12.2.4	非门电路	80
12.2.5	组合逻辑门电路	81
12.3	逻辑代数及其在逻辑电路中的应用	85

12.3.1	逻辑代数的变量、常量和函数	86
12.3.2	逻辑代数的基本运算规则	86
12.3.3	逻辑函数式与组合逻辑电路	88
12.3.4	逻辑代数的基本定律及其应用	91
习题十二		99
第十三章 数字集成门电路		103
13.1	DTL 与非门电路	103
13.2	TTL 与非门电路	105
13.2.1	TTL 与非门电路的结构	105
13.2.2	TTL 与非门工作原理	105
13.2.3	TTL 与非门的改进电路	110
13.2.4	TTL 与非门的电压传输特性及抗干扰能力	111
13.2.5	TTL 与非门主要参数简介	114
13.2.6	与非门输入端的扩展及多余输入端的处理	116
13.3	用集成与非门组成的电路	118
13.3.1	用集成与非门组成其他逻辑门电路	118
13.3.2	用集成与非门电路组成的脉冲电路	120
13.4	MOS 集成门电路	126
13.4.1	MOS 反相器和集成门电路	127
13.4.2	CMOS 反相器和集成门电路	130
13.5	TTL 及 CMOS 小规模数字集成电路的 型号和外引线的排列	132
习题十三		136
第十四章 集成触发器		138
14.1	集成触发器的基本形式	138
14.1.1	基本 RS 触发器	138
14.1.2	钟控同步 RS 触发器	142

14.2	计数触发型钟控同步 RS 触发器及其空翻现象	145
14.2.1	计数触发型钟控同步 RS 触发器	145
14.2.2	计数触发型钟控同步 RS 触发器的空翻现象	146
14.3	防止空翻的触发器	147
14.3.1	维持-阻塞触发器	147
14.3.2	主从触发器	150
14.4	几种逻辑功能不同的触发器	152
14.4.1	JK 型触发器	152
14.4.2	T 型触发器	155
14.4.3	D 型触发器	157
14.5	国产触发器的型号及外引线排列示例	158
习题十四		159
第十五章	计数电路和译码显示电路	161
15.1	计数电路	161
15.1.1	计数器和二进制计数	161
15.1.2	二进制计数器	164
15.1.3	十进制计数器	167
15.2	译码和数字显示电路	171
15.2.1	译码电路原理	171
15.2.2	分段式数码显示器及其译码显示电路原理	174
习题十五		181
第十六章	可控硅电路	183
16.1	可控硅简介	183
16.1.1	可控硅的结构和符号	183
16.1.2	可控硅的工作原理	184
16.1.3	可控硅的参数、型号及简易测试	187

16.2 可控硅整流电路	189
16.2.1 单相半波可控整流电路	189
16.2.2 单相桥式可控整流电路	191
16.3 可控硅的触发电路	193
16.3.1 对可控硅触发电路的要求	193
16.3.2 单结晶体管触发电路	194
16.4 双向可控硅的开关性能及其应用简介	203
16.4.1 双向可控硅的开关性能	203
16.4.2 双向可控硅应用电路举例	204
习题十六	207
实验	209
实验十三: 双稳态电路	209
实验十四: 单稳态电路	211
实验十五: 多谐振荡器	214
实验十六: 射极耦合双稳态电路 (施密特电路)	215
实验十七: 与非门电路	218
实验十八: 集成逻辑门电路逻辑功能的测试	221
实验十九: 用集成与非门组成的门电路	227
实验二十: 用集成与非门组成环形多谐振荡器	229
实验二十一: 用集成与非门组成的单稳态电路	231
实验二十二: 用集成与非门组成的施密特电路	232
实验二十三: 集成触发器	233
实验二十四: 计数、七段数字译码和显示电路	237
附录	239
一、半导体集成电路的型号	239
二、集成电路型号与产地关系对照表	240

第十章 脉冲电路的基础知识

10.1 脉冲信号

10.1.1 脉冲的概念及波形

图 10.1.1(a) 是一个最简单的脉冲发生器。设开关K是打开的, 电阻 R 两端电压为零, 若在 t_1 时刻接通开关K, 则 R 两端的电压将跳变到近于电源电压 E ; 如果在 t_2 时刻, 突然断开开关K, 则 R 两端电压将从 E 跳变到零。不断地通、断开开关K, R 两端电压就会按图 10.1.1(b) 所示波形变化, 这就是脉冲波形的一种。

瞬间突然变化、作用时间极短的电压或电流称为脉冲。它可以是周期的, 也可以是非周期或单次的。脉冲信号的种类和波形很多, 常见的脉冲波形如图 10.1.2 所示。

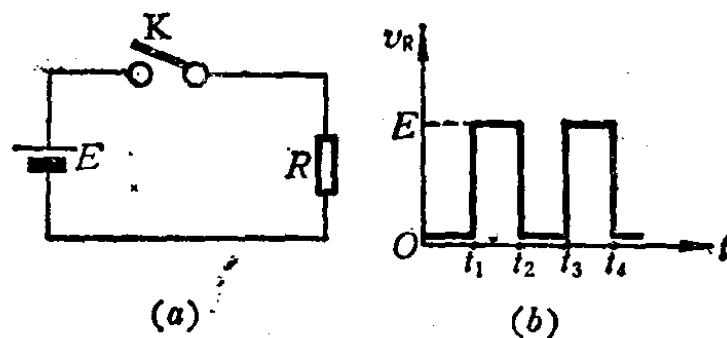


图 10.1.1 最简单的脉冲发生器

不同的脉冲信号有不同的用途。方形波、矩形波和尖峰波可作为自动控制设备的开关信号或触发信号; 锯齿波可作

为电视、雷达、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信号；钟形波可作导航信号等。

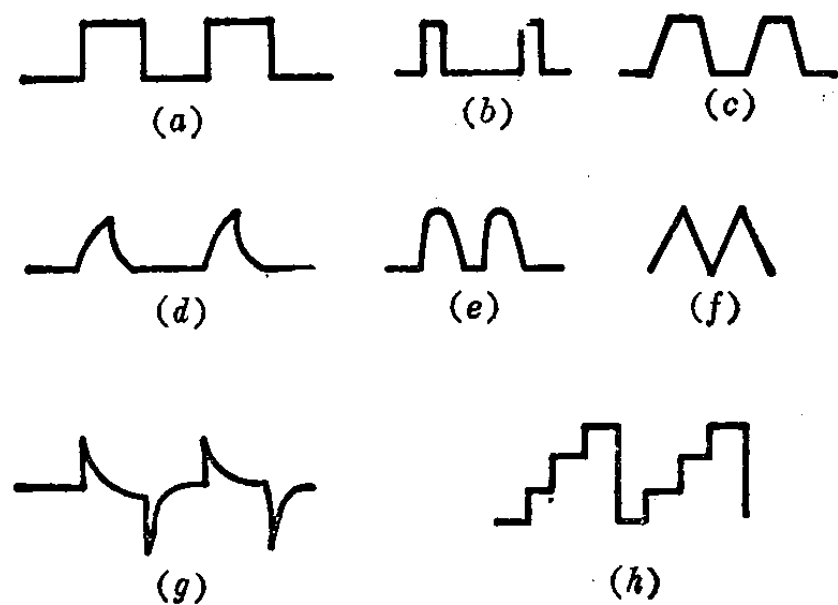


图 10.1.2 常见的脉冲波形
(a) 方波 (b) 矩形波 (c) 梯形波 (d) 锯齿波 (e) 钟形波 (f) 三角波 (g) 尖峰波 (h) 阶梯波

脉冲技术是现代电子技术中一个重要方面，它主要研究脉冲的产生、变换、放大、传输和测量。脉冲技术已广泛地应用在计算技术(电子计算机)、自动控制、遥控遥测、通讯、电视、雷达等各个领域。

10.1.2 脉冲信号的主要参数

脉冲波形的主要参数(以脉冲电压为例，参看图 10.1.3)说明于下：

- 一、脉冲幅度 V_m ：脉冲电压变化的最大值。
- 二、脉冲前沿上升时间 t_r ：由 $0.1 V_m$ 上升到 $0.9 V_m$ 所需的时间。
- 三、脉冲后沿下降时间 t_f ：由 $0.9 V_m$ 下降到 $0.1 V_m$ 所需

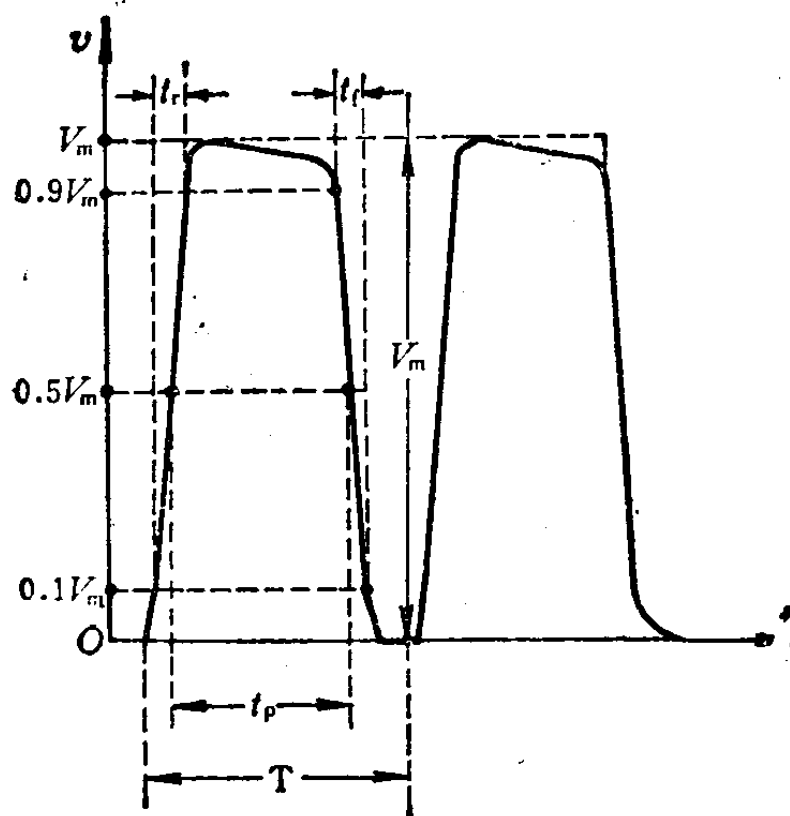


图 10.1.3 脉冲波形的参数

的时间。

四、脉冲宽度 t_p^* ：从前沿的 $0.5 V_m$ 到后沿的 $0.5 V_m$ 之间的时间，又称脉冲持续时间。

五、脉冲周期 T ：周期性脉冲信号前、后两次出现的时间间隔。单位是秒(s)、毫秒(ms)、微秒(μs)、纳秒(ns) 等。1秒(s) = 10^3 毫秒(ms) = 10^6 微秒(μs) = 10^9 纳秒(ns)。

六、脉冲重复频率 f ： $f = \frac{1}{T}$ ，它表示每秒钟内脉冲信号出现的次数，单位为赫兹(Hz)。

10.1.3 脉冲的谐波成分

* 有的资料上用 t_k 表示。

从电工原理中知道，频率和初始相位都相同的正弦波叠加后仍然是同一频率的正弦波。但频率不同的正弦波叠加后所得的波则不再是正弦波。例如三个频率比为 1:3:5，幅值比为 5:3:1 的正弦波叠加，即

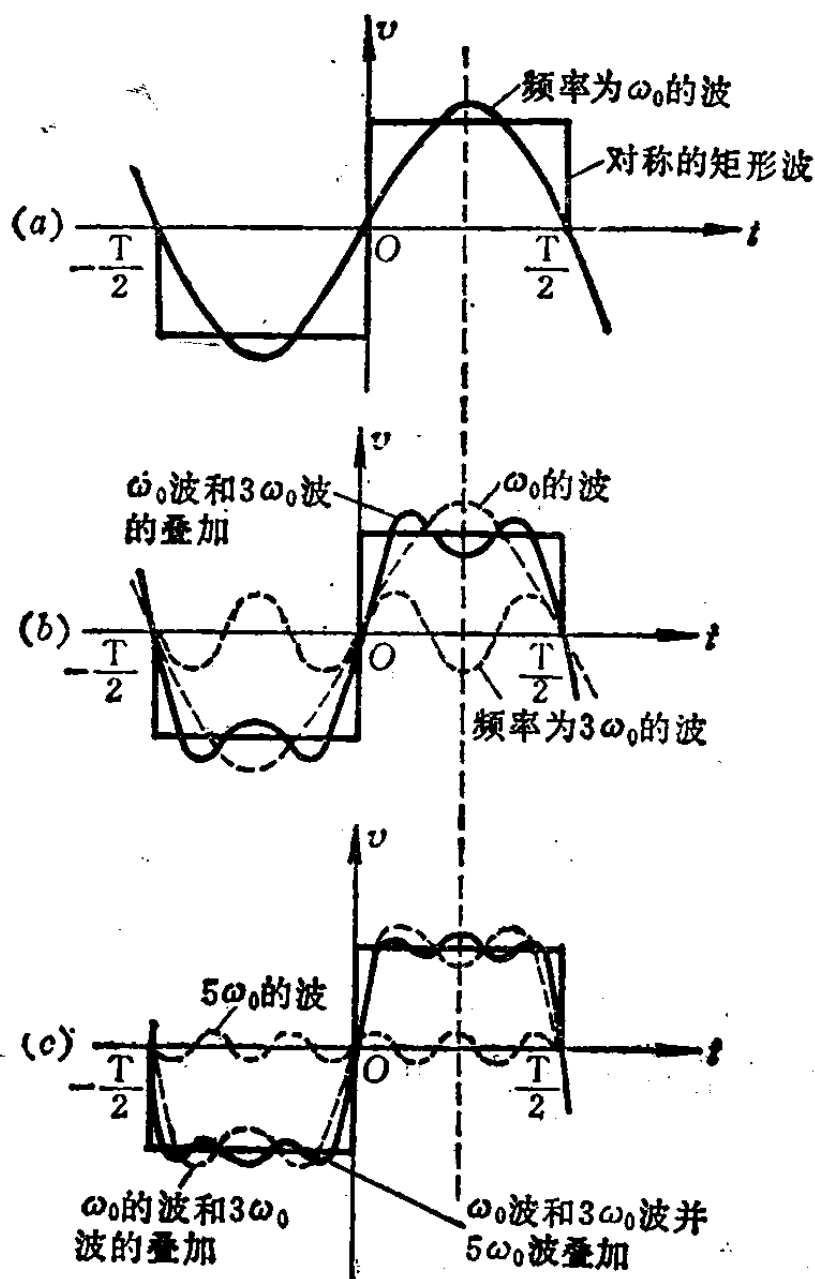


图 10.1.4 三个不同频率的正弦波合成

- (a) 基波
- (b) 基波与三次谐波的合成
- (c) 基波与三次、五次谐波的合成

$$v = A \sin \omega_0 t + \frac{A}{3} \sin 3 \omega_0 t + \frac{A}{5} \sin 5 \omega_0 t$$

从图 10.1.4 可看出其波形近似于对称矩形波。

如按一定规律叠加的正弦分量越多，合成的波形就越近于对称矩形波。

任意一个脉冲波，都可分解成一系列频率成整数倍的正弦成分，它的每一个正弦成分，称为一个谐波分量。其中与脉冲周期相同的正弦波叫基波。其他正弦波的频率是基波频率的整数倍，称为谐波。例如为基波频率三倍的叫三次谐波；为基波频率 N 倍的叫 N 次谐波。实验证明，前沿和后沿陡直的矩形波，它的高次谐波频率高而且谐波成分多，所以又称多谐波。

10.2 RC 电路

RC 电路是由电阻 R 和电容 C 构成的简单电路，它是脉冲电路的基础。

10.2.1 电容器的充放电过程

一、电容器的充电过程

电容器的充电过程，就是其极板上电荷量的积累过程。积累是逐渐进行的，所以电容两端的电压 v_c 是逐渐升高的，即电容器两端的电压不能突变。

在图 10.2.1 中设开关 K 原来合在 B 点上，电容 C 上没有电荷，故 $v_c = 0$ 。当 K 由 B 合向 A 时，电源 E 通过 R 向电容器 C 充电。开始时，因电容两端电压不能突变， $v_c = 0$ 。这时充电电流 i_c 最大，等于 E/R 。随着 C 上电荷的积累， v_c 逐渐上升。

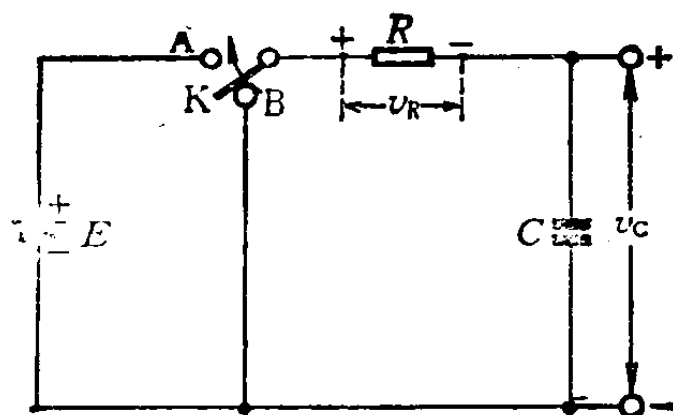


图 10.2.1 电容器充、放电电路

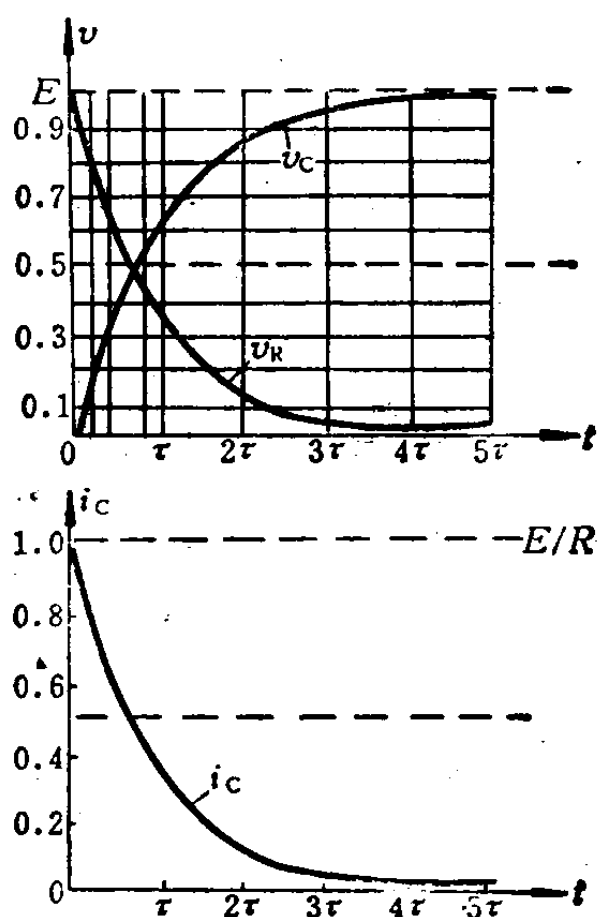


图 10.2.2 RC 电路电容充电波形图

同时,因为 $v_R = E - v_C$, $i_C = v_R / R = (E - v_C) / R$, 所以 i_C 逐渐下降,最后 $v_C = E$, $i_C = 0$, 充电过程结束。电容上电压波形和充电电流波形如图 10.2.2 所示。在电工原理中已指出,电压、电流变化规律是指数规律,即

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

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

电容器的充电速度与 R 和 C 的大小有关, 电容 C 越大, 充至同样电压所需的电荷越多, 所以 v_c 上升就越慢; 电阻 R 越大, 充电电流越小, 电荷量积累越慢, 所以 v_c 上升也越慢。 R 与 C 的乘积称为电路的时间常数 τ 。 $\tau = RC$, 若 R 的单位为 Ω (欧姆), C 的单位为 F (法拉), 则 τ 的单位为 s (秒)。 充电快慢可由时间常数 τ 来衡量, τ 大则慢, τ 小则快。 表 10.2.1 为电容器充电时间表。 从表中可看出:

表 10.2.1 电容器充电时间表

$t/\tau = t/RC$	0	0.2	0.4	0.693	3	5
v_c/E	0	0.181	0.330	0.5	0.950	0.993

当 $t = 0.7 \tau$ 时, $v_c \approx 0.5 E$

$t = 3 \tau$ 时, $v_c = 0.95 E$

$t = 5 \tau$ 时, $v_c = 0.99 E$

通常规定, 当 $t = (3 \sim 5) \tau$ 时, 即认为充电过程结束。

二、电容器的放电过程

在电容器充电结束后, 把图 10.2.1 中开关 K 合到 B 点使电容器通过 R 放电, 开始瞬间, 因电荷的释放也要有个过程, 所以电容器两端电压 v_c 仍为 E , 这时放电电流 i_c 为最大, 等于 E/R 。 随后, v_c 逐渐下降, i_c 也跟着下降, 最后 $v_c = 0, i_c = 0$ 。 电容上的电压波形和放电电流波形如图 10.2.3 所示。

放电的速度也取决于时间常数 $\tau = RC$, τ 越大, 则放电越

慢； τ 越小，则放电越快。实验证明，当电容器开始放电后，经 0.7τ ， v_c 放掉一半，经 $3\tau \sim 5\tau$ ，放电过程基本结束。由电工原理可知，电容放电时，电压、电流变化呈指数

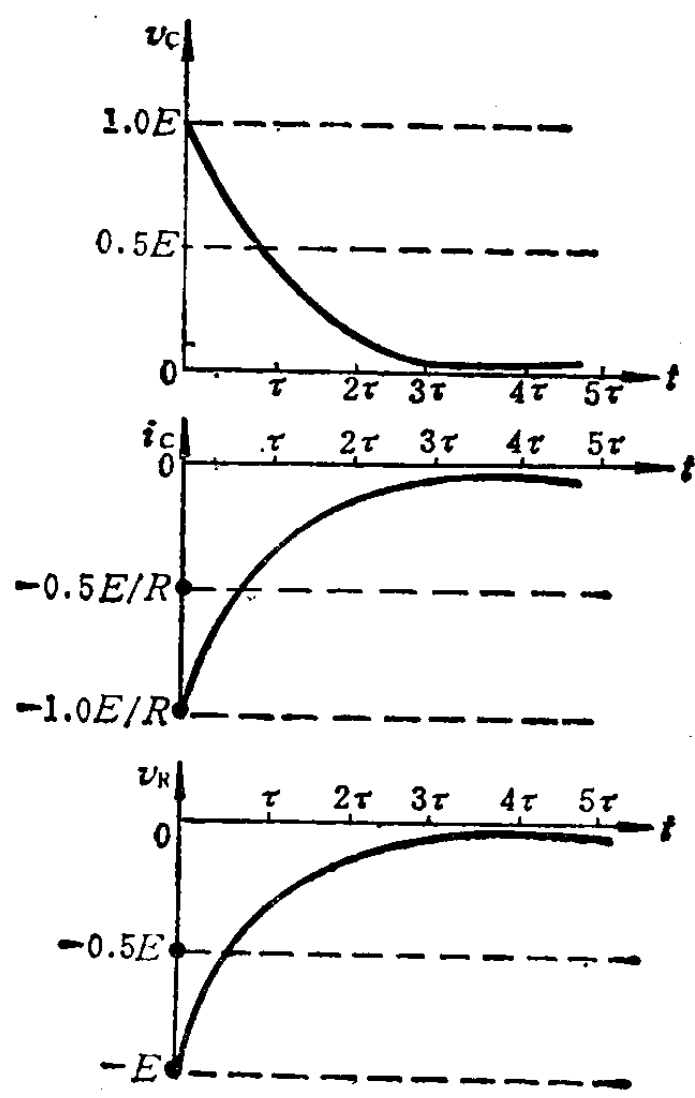


图 10.2.3 RC电路电容放电波形图

规律，即

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

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

式中 i_c 取负值是表示放电电流与充电电流方向相反，图 10.2.3 中 i_c 取负值其含意相同。