

上海市工人业余学校课本

电子技术

第四册

上海人民出版社

上海市工人业余学校课本

电 子 · 技 术

江苏工业学院图书馆
脉冲部
第四册
藏书章

上海人民出版社

内 容 提 要

本书介绍了工业生产自动化中常用脉冲单元电路,比较详细地讨论了反相器、双稳态触发器、单稳态触发器、射极耦合触发器等电路的基本原理及简单的设计方法。可供需要脉冲技术知识的工农兵学习之用,也可供从事这方面工作的同志参考。对于自激多谐振荡器、电压扫描电路、门电路、晶体管电视机扫描电路等的工作原理作了较详细的讨论,由于晶体管电视机的日益普及,我们在附录中还叙述了电视接收机的工作原理,并附有晶体管电视接收机电原理图,供需要熟悉电视接收机原理的同志参考。

上海市工人业余学校课本

电 子 技 术

第 四 册

上海市工人业余学校教材编写组

上海人民出版社出版

(上海绍兴路5号)

新华书店上海发行所发行 上海市印刷六厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 10.375 插页 2 字数 230,000

1974年4月第1版 1974年4月第1次印刷

印数 1—25,000

统一书号: 15171·129 定价: 0.67 元

说 明

在毛主席无产阶级革命路线的指引下，本市工人业余教育蓬勃开展。为了培养“又红又专”的工人阶级技术队伍的需要，我们组织有关单位编写了这套电子技术教材。

电子技术教材共分五册。前三册是基础部分：第一册讲述直流、交流和整流电路；第二册讲述晶体三极管、低频放大器、功率放大器；第三册讲述直流放大器、稳压电源、正弦波振荡器、场效应晶体管电路；第四册讲述脉冲基本单元电路及晶体管电视接收机扫描电路。

这套教材是试用本，适合具有一定生产实践经验和相当于初中文化水平的工人使用。各单位在教学时可根据实际情况选用，也可穿插自编教材。

编写新教材，是教育革命的一个重要组成部分。由于我们缺乏经验，这套教材一定存在很多缺点和问题，希望广大学员和教师在试用中提出批评和修改意见。

上海市工人业余学校教材编写组

一九七三年七月

目 录

绪 言	1
第一章 基础知识	3
第一节 直流电路的复习	3
第二节 电容器的充放电	8
第三节 微分电路	16
第四节 积分电路	20
小 结	22
习 题	23
第二章 晶体管反相器	26
第一节 晶体管开关特性	26
第二节 反相器	32
第三节 反相器的计算	38
第四节 反相器的改进电路	46
第五节 应用举例	53
小 结	57
习 题	57
第三章 双稳态触发器	60
第一节 双稳态触发器的作用原理	61
第二节 工作条件的分析	64
第三节 触发方式	71
第四节 典型电路的设计与调试	79
第五节 其他电路介绍	87
第六节 应用举例	90

小 结	.....	97
习 题	.....	97
第四章 单稳态触发器	.....	100
第一节 集基耦合单稳态电路	.....	101
第二节 射极耦合单稳态电路	.....	114
第三节 应用举例	.....	121
小 结	.....	127
习 题	.....	127
第五章 自激多谐振荡器	.....	129
第一节 集基耦合多谐振荡器的工作原理	.....	129
第二节 振荡幅度和振荡周期	.....	133
第三节 改进电路	.....	133
第四节 多谐振荡器的设计与调试	.....	136
第五节 多谐振荡器应用	.....	139
小 结	.....	143
习 题	.....	144
第六章 射极耦合触发器	.....	145
第一节 射极耦合触发器的工作原理	.....	145
第二节 射极耦合触发电路的回差	.....	151
第三节 射极耦合触发器的用途	.....	155
第四节 射极耦合触发器的估算与调试	.....	166
小 结	.....	171
思考题与习题	.....	172
第七章 电压扫描电路	.....	173
第一节 电压锯齿波扫描电路的原理	.....	175
第二节 采用补偿电势的电压锯齿波电路	.....	178
第三节 电容负反馈锯齿波电压发生器	.....	183

第四节	互补自激锯齿波发生器	189
第五节	电流型电压扫描电路	194
小 结	.....	197
习 题	.....	198
第八章	门电路简介	200
第一节	二极管门电路	202
第二节	三极管门电路	208
小 结	.....	215
习 题	.....	217
第九章	晶体管电视机扫描电路	219
第一节	电感与脉冲变压器	219
第二节	间歇振荡器	227
第三节	锯齿波电流扫描	242
第四节	同步分离与自动频率控制	266
实 验	.....	281
一、	延时吸合继电器	281
二、	双稳态触发器	282
三、	单稳态触发器	284
四、	多谐振荡器	285
五、	射极耦合触发器	286
习题答案	.....	289
附录一	黑白电视接收机的基本工作原理	291
第一节	黑白电视的发送	291
第二节	电视接收机工作原理简介	304
附录二	常用晶体管与显象管参数表	320

绪 言

脉冲技术是电子技术中的一种基础技术，它主要研究用什么样的方法来产生、形成、变换、放大和测量各种脉冲信号，并对这些线路进行设计和计算。

随着工农业和科学技术特别是国防工业的发展，脉冲技术已经广泛地应用于雷达、电视、遥控、遥测、多路通讯、自动控制、数字仪表、电子计算机、原子核物理以及其他各种各样的电子设备。在毛主席关于“中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平”的光辉指示下，我国曾多次成功地爆炸了原子弹、氢弹和发射了人造地球卫星，这也从一个侧面说明了脉冲技术在我国获得了飞跃的发展。

什么叫脉冲呢？脉冲这个词包含着脉动和短促的意思。起初是用它来称呼存在时间极短的电压或电流波形，如图 1-1(a)、(b) 所示。以后，随着大量新波形的出现，又把脉冲这个称呼推广到存在时间并不是很短的波形，如图 1-1(c)、(d) 所示。因此，通常把一切非正弦波形都统称为脉冲。

脉冲波形千变万化，种类很多，图 1-1 所示的仅为几种常用的波形。这几种脉冲波形的用途也不一样，一般讲，矩形脉冲和方波常用作

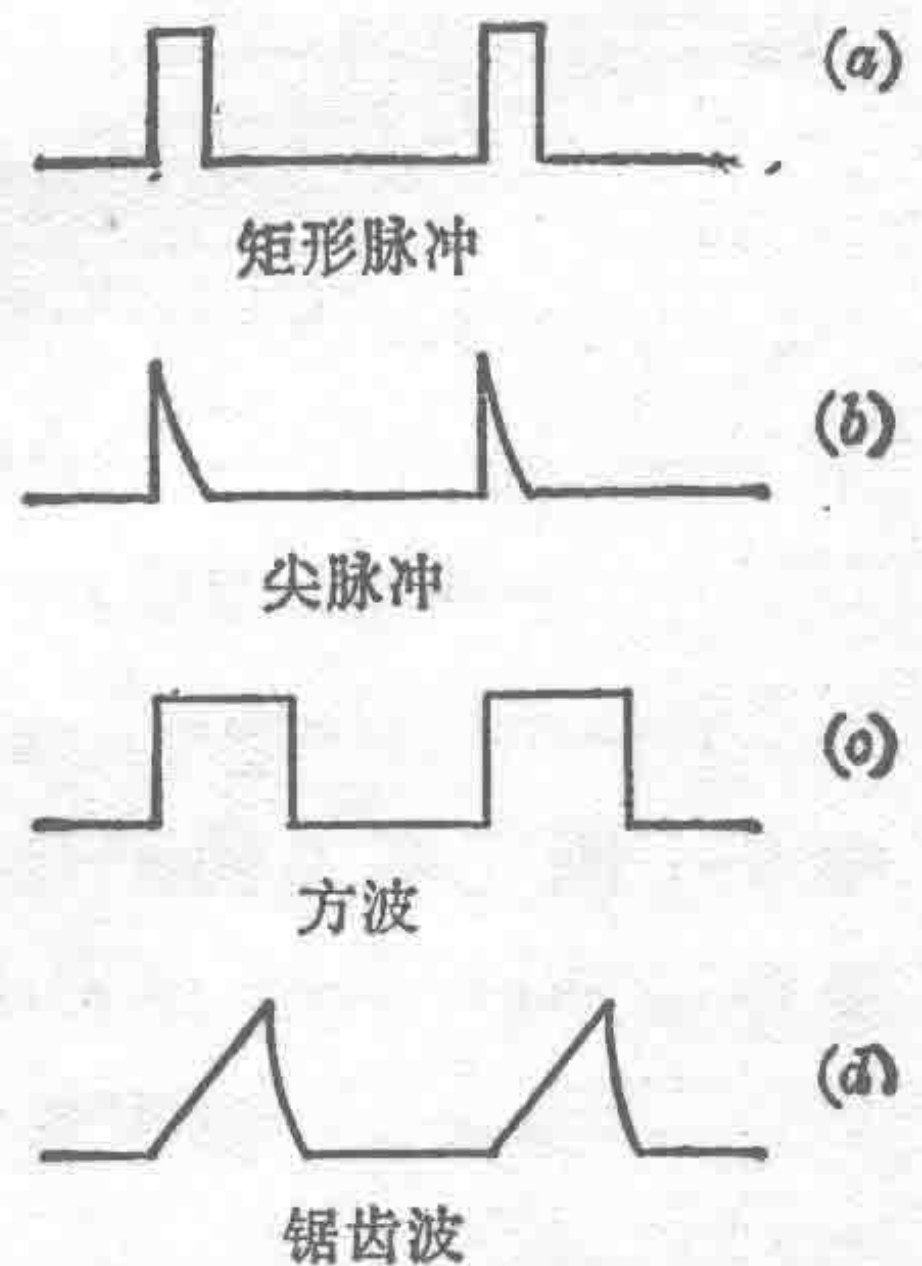


图 1-1 常用的脉冲波形

控制信号或用来产生尖脉冲；尖脉冲常用作触发信号；锯齿波则经常在示波器、电视机、雷达等设备中作为扫描电信号。

尽管脉冲的波形多种多样，但它们都有一个共同的特点，这就是整个波形都是由若干个瞬时状态（暂态）过程段所组成的。为了获得这种暂态过程，电路必须包含两个组成部分：一个是开关，用以接通或断开电路，从而破坏电路的稳态，使之产生暂态过程；一个是惰性电路，用以控制暂态过程的快慢和形状。本书所介绍的脉冲线路是用晶体管作开关元件的，而最常用的惰性电路则是 RC 充放电回路。

本书除讨论 RC 电路的充放电规律和晶体管开关特性外，还着重讨论几种低速典型电路（反相器、双稳态触发器、单稳态触发器、多谐振荡器、射极耦合触发器及扫描发生器）的工作原理，并围绕脉冲的幅度、频率、宽度等主要指标作一些适当的计算，以便为设计脉冲电路提供依据，并应用到生产实际中去。考虑到电视机的日益普及，本书还适当增加了电视机扫描电路和电视机线路，以供参考。

第一章 基础知识

第一节 直流电路的复习

一、简单直流电路的计算

简单的直流电路指只含一个电流回路的电路(图 1-2), 其中 E 代表电源电压, 它的极性由图中正负号标出, 回路中流过的电流 I 的方向规定为由高电位流向低电位。根据欧姆定律可以求得电流 I 和各电阻两端的压降 U_1 、 U_2 。

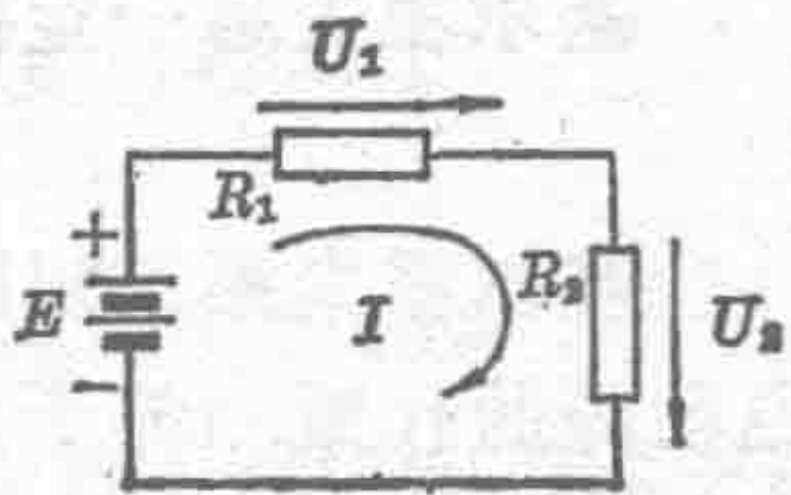


图 1-2 简单直流电路

[例 1] 在图 1-2 中, 已知 $E=24\text{ V}$, $R_1=10\text{ k}\Omega$, $R_2=30\text{ k}\Omega$, 求 R_1 两端的电压降 U_1 。

解: 由欧姆定律:

$$I = \frac{E}{R_1 + R_2} = \frac{24}{10 \times 10^3 + 30 \times 10^3}$$
$$= 0.6 \times 10^{-3} \text{ A} = 0.6 \text{ mA}$$

$$U_1 = IR_1 = 0.6 \times 10^{-3} \times 10 \times 10^3 = 6 \text{ V}$$

从上面的例题可以得出如下结论:

由电阻串联组成的电路具有电阻分压的关系。图 1-2 中的 U_1 是电源电压 E 的一部分, 其大小取决于 R_1 与电路中总电阻的比值。把例 1 中的两个式子合并可得:

$$U_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} E \quad (1-1)$$

式中 $\frac{R_1}{R_1+R_2}$ 称为分压系数, 这种电路有时也叫做电阻分压器。这个式子我们应能熟练运用, 今后若遇到这类电路时, 我们通常将直接写出结果而不再重复上述步骤。

二、复杂电路的计算

1. 基尔霍夫定律

此定律共分两条, 在电子技术第一册第一章中已经讲过, 在此, 我们仅将结论写出来。

基尔霍夫第一定律: 流入节点电流的代数和等于零, 即:

$$\sum I = 0 \quad (1-2)$$

基尔霍夫第二定律: 在电路的任意一个闭合回路中, 它的电动势的代数和等于各电阻上电压降的代数和。即:

$$\sum E = \sum IR \quad (1-3)$$

[例 2] 有一电路如图 1-3 所示, 已知 $E_1=3\text{V}$, $E_2=6\text{V}$, $E_3=0.7\text{V}$, $R_1=3\text{k}\Omega$, $R_2=5\text{k}\Omega$, 试求电流 I_1 、 I_2 和 I_3 。

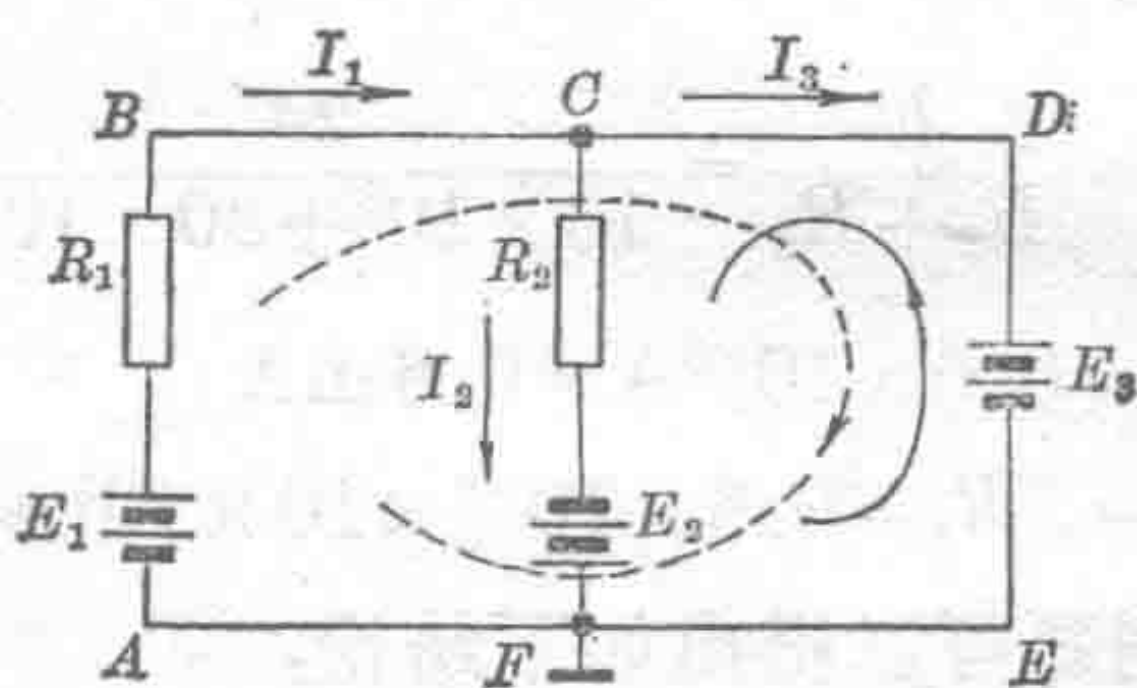


图 1-3 例 2 电路图

解: 在 $ABDE$ 回路中, 假定环绕方向为顺时针方向 (如虚线所示), 那末由基尔霍夫第二定律式 (1-3) 得:

$$E_1 - E_3 = I_1 R_1$$

$$\begin{aligned}\therefore I_1 &= \frac{E_1 - E_3}{R_1} = \frac{3 - 0.7}{3 \times 10^3} \\ &= 0.77 \times 10^{-3} \text{ A} = 0.77 \text{ mA}\end{aligned}$$

在 $CDEF$ 回路中, 假定环绕方向为逆时针方向 (如实线所示), 那末, 同样有:

$$\begin{aligned}E_2 + E_3 &= I_2 R_2 \\ \therefore I_2 &= \frac{E_2 + E_3}{R_2} = \frac{6 + 0.7}{5 \times 10^3} \\ &= 1.34 \times 10^{-3} \text{ A} = 1.34 \text{ mA}.\end{aligned}$$

对于节点 C , 由基尔霍夫第一定律式(1-2)有:

$$\begin{aligned}I_1 - I_2 - I_3 &= 0 \\ \therefore I_3 &= I_1 - I_2 = 0.77 - 1.34 = -0.57 \text{ mA}\end{aligned}$$

I_3 的计算结果中出现负号, 说明 I_3 的实际流向与图中假定的方向正好相反, 即 I_3 是由 D 点流向 C 点的。

2. 等效发电机定理

在有些场合下, 利用基尔霍夫定律计算会很复杂, 此时我们可以采用等效发电机定理。所谓等效发电机定理, 就是说对于任何一个由电源和电阻所组成的有两个引出端的复杂电路, 总可以简化成一个由等效电源 E_0 和等效内阻 R_0 相串联的简单回路来代替, 其中 E_0 就是两引出端断开时的开路电压, R_0 就是将原来电路中的所有电压源短路时两引出端间的总电阻。下面我们举两个例子来说明等效发电机定理的用法。

[例 3] 有一电路如图 1-4(a) 所示, 已知 $E = 12\text{V}$, $R_1 = 2\text{k}\Omega$, $R_2 = 3\text{k}\Omega$, $R = 6\text{k}\Omega$, 试用等效发电机定理计算流过电阻 R 的电流 I 。

解: 在电阻 R 两端取作引出端 a 、 b , 则从 a 、 b 两点向左

看的电路可简化为一个等效电源 E_0 串联一个等效内阻 R_0 ，其中 E_0 是当 a 、 b 两点断开时的开路电压，即：

$$E_0 = \frac{R_2 E}{R_1 + R_2} = \frac{3}{2+3} \times 12 = 7.2 \text{ V}$$

R_0 是 a 、 b 两端断开并将电源 E 短接时 a 、 b 两端的总电阻 [图 1-4(a) 虚线方框中的部分可等效成图 1-4(b) 所示]，即：

$$R_0 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{2 \times 3}{2+3} = 1.2 \text{ k}\Omega$$

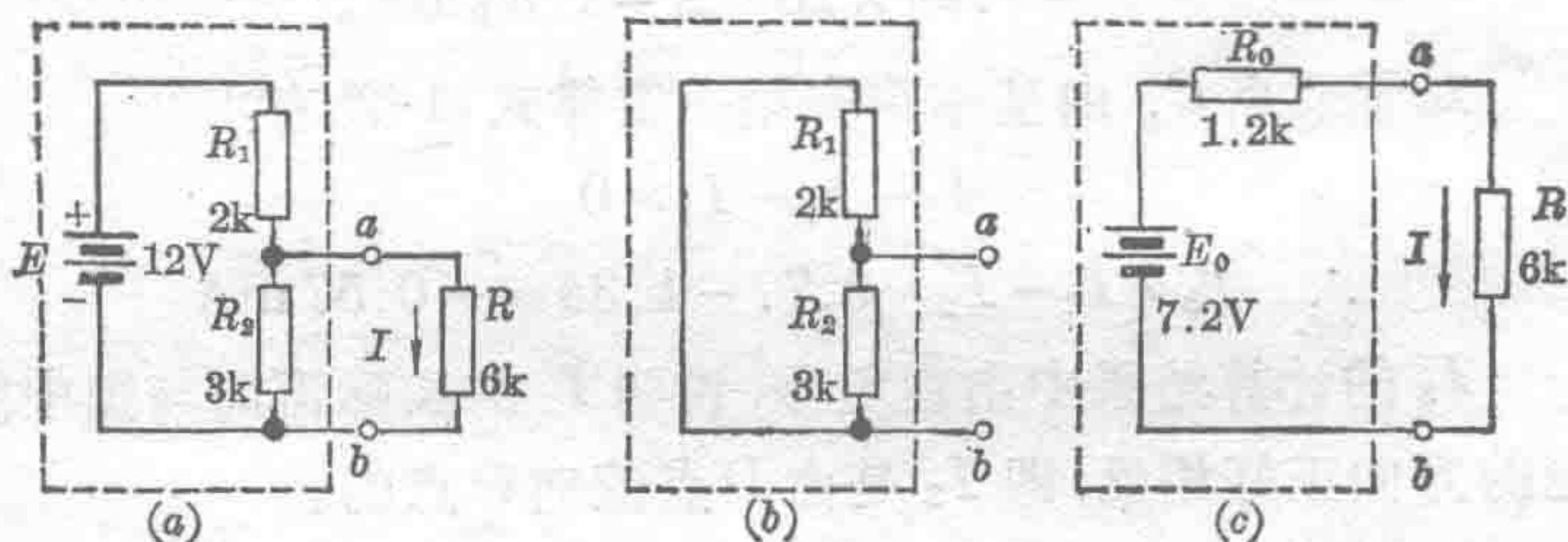


图 1-4 用等效发电机定理求解

这样，电路就可简化成如图 1-4(c) 所示。于是：

$$I = \frac{E_0}{R_0 + R} = \frac{7.2}{1.2 \times 10^3 + 6 \times 10^3} = 1 \times 10^{-3} \text{ A} = 1 \text{ mA}$$

[例 4] 图 1-5(a) 为一较复杂的直流电路，已知 $E_1 = 24 \text{ V}$ ， $E_2 = 3 \text{ V}$ ， $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$ ， $R_2 = 20 \text{ k}\Omega$ ， $R = 2 \text{ k}\Omega$ ，试求电阻

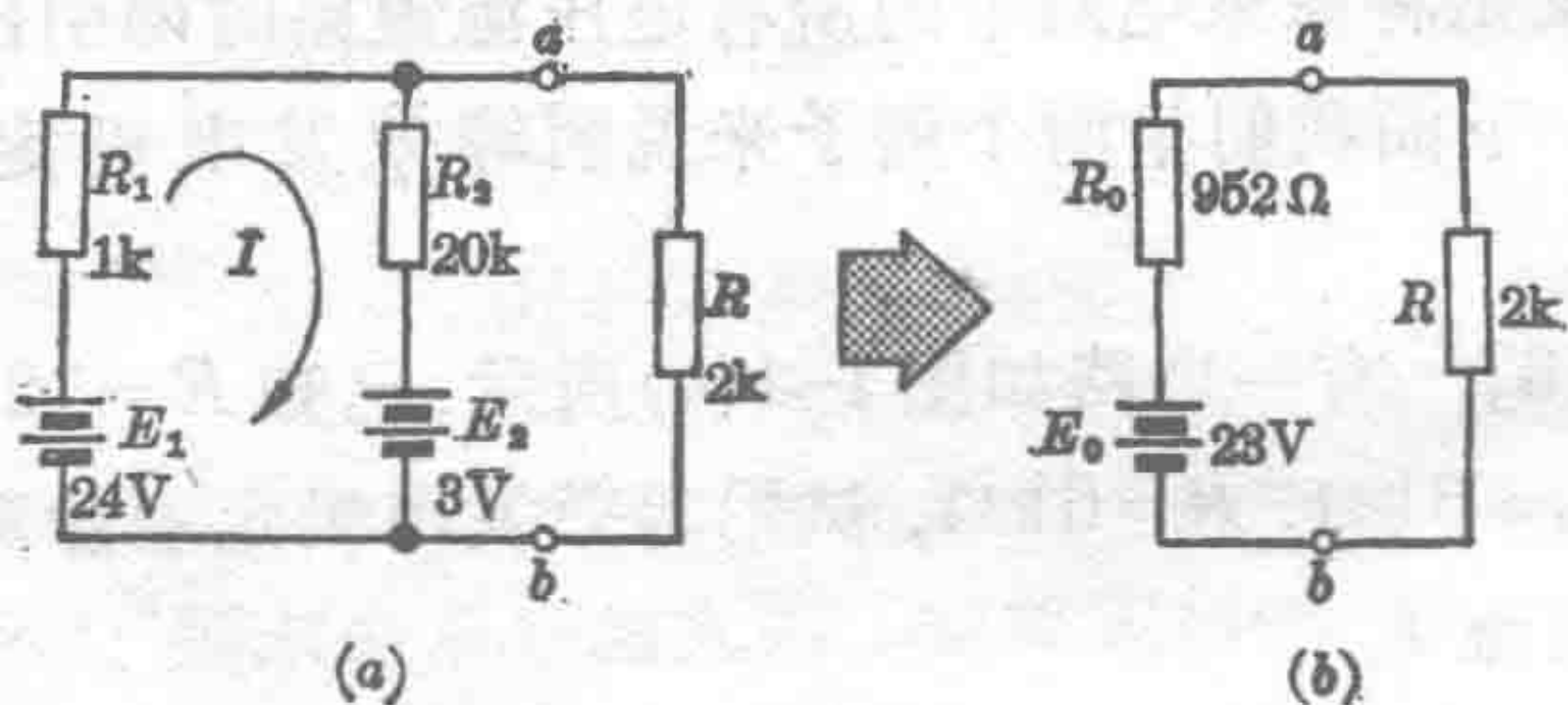


图 1-5 用等效发电机定理简化复杂电路

R 两端的电压降 U_R 。

解：采用等效发电机定理可把这个复杂的电路简化为简单回路，然后再进行计算。

为了求 E_0 ，先把电路在 a 、 b 两点处断开，左边回路有两个极性相反电源，回路中的电流 I 的方向由电压较高的 E_1 来决定，即方向如图中箭头所示。由式(1-3)知：

$$E_1 - E_2 = IR_1 + IR_2$$

即回路中的电流大小为：

$$I = \frac{E_1 - E_2}{R_1 + R_2} = \frac{24 - 3}{1 \times 10^3 + 20 \times 10^3} = 1 \times 10^{-3} \text{ A} = 1 \text{ mA}$$

所以 a 、 b 两点的开路电压是：

$$E_0 = E_1 - IR_1 = 24 - 1 \times 10^{-3} \times 1 \times 10^3 = 23 \text{ V}$$

至于 R_0 就是 R_1 和 R_2 的并联，即

$$R_0 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{1 \times 20}{1 + 20} = 0.952 \text{ k}\Omega$$

然后，根据图 1-5(b) 的简化等效电路的 R_0 和 R 的分压比，可求得所需要的 U_R 值：

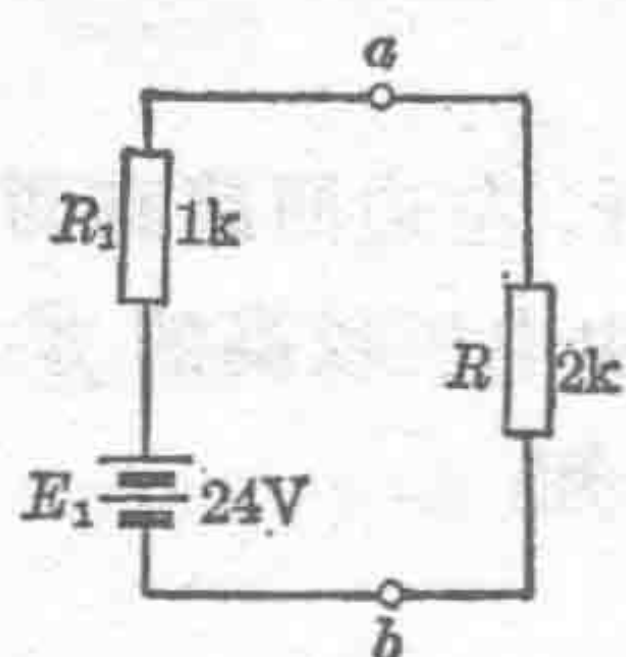
$$U_R = \frac{R}{R_0 + R} E_0 = \frac{2}{0.952 + 2} \times 23 = 15.6 \text{ V}$$

3. 复杂电路的估算

在分析脉冲电路时，在保证一定精度的情况下，复杂电路的估算往往可以使问题大为简化。要进行估算，首先必须找出对电路起决定作用的主要支路，然后忽略影响较小的次要支路，这就要求“对于具体情况作具体的分析”。下面，我们试用估算法来计算例 4。

我们知道，在任一个支路中，电流大小和电压成正比，和电阻成反比。从图 1-5(a) 的电路看， $E_1 \gg E_2$ ，而 $R_1 \ll R_2$ ，

因此在 R 上产生电压降的主要电流是流过 R_1 支路的电流, 而流过支路 R_2 的电流则是次要的, 就是说 R_2 的支路可以忽略,



这样图 1-5(a) 就可简化成图 (1-6)。由分压公式可直接求得 U_R :

$$U_R = \frac{R}{R_1 + R} E_1 = \frac{2}{1+2} \times 24 = 16 \text{ V}$$

而以前用等效发电机定理计算得到的

图 1-6 例 4 的简化电路 为 15.6 V, 可见两者相差不多。

比较上面两种方法可以看到, 估算法在特殊的情况下非常简便, 但是它的使用场合是有限制的(如例 3 的电路就无法简化), 而等效发电机定理在一般情况下都可应用。

第二节 电容器的充放电

在电子技术的第一册中已经讲过电容器的充电和放电过程是很短暂的, 但对于脉冲技术来讲这个过程不可忽视, 而是十分重要和非常有用的, 它几乎是脉冲电路中最经常遇到的现象, 所以下面将再比较详细地介绍一下电容器的充放电规律。

我们知道, 当电容器的极板带有一定数量的电荷时, 电容器两端就出现相应的电压; 反之, 若电容器上没有电荷, 则电容器的端电压为零。实际上, 电容器所带的电荷量 Q 与电容器的端电压 u_c 之比就是电容器的电容量 C , 即:

$$C = \frac{Q}{u_c} \quad (1-4)$$

对于同一电容器而言, 极板所带电荷越多, 则电容的端电

压越高。所以要使电容器两端建立一定的电压，就必须向电容器输送相应数量的电荷。也就是说，充电就是电容上的电荷积累（相应于电压的建立）的过程，放电则是电容上的电荷释放（相应于电压的衰减）的过程。

一、电容器的充放电过程

图 1-7 是描述电容器充放电过程的一个实验电路。假设开关 K 原合在位置 2，电容上的电荷为零，因此电容 C 的端电压 u_c 也为零。如果把开关 K 由位置 2 扳到位置 1 的瞬间作为 $t=0$ ，在不同的时刻 t 测量电容 C 的端电压 u_c 可得到如下表的结果：

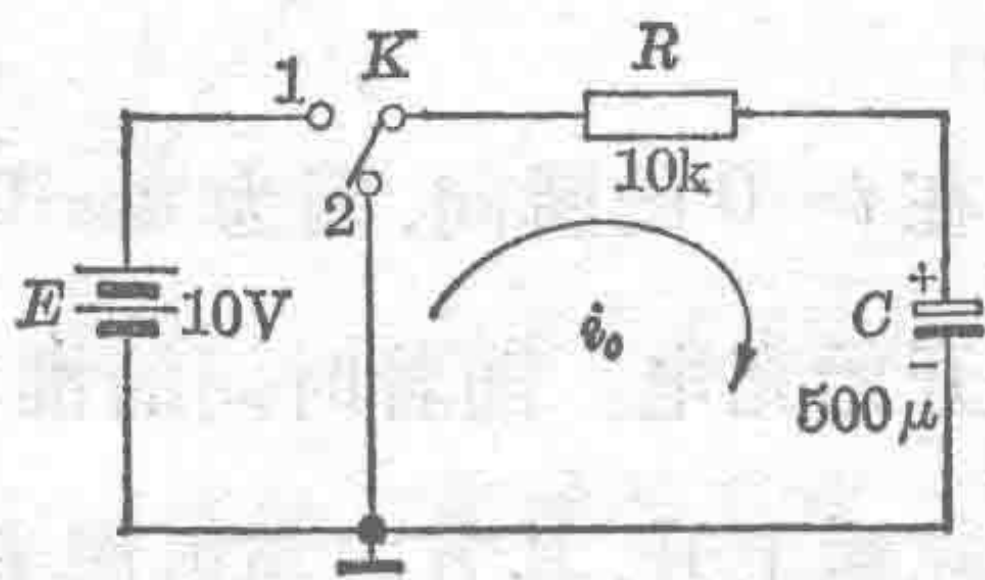


图 1-7 电容器充放电过程的实验电路

表 1-1

t (秒)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20	25
u_c (伏)	0	1.81	3.30	4.51	5.51	6.32	6.99	7.53	7.98	8.35	8.65	9.50	9.82	9.93

根据表 1-1 的实验结果可作得电容充电时的端电压 u_c 与时间 t 的关系曲线，如图 1-8(a) 所示。同样，如果我们测

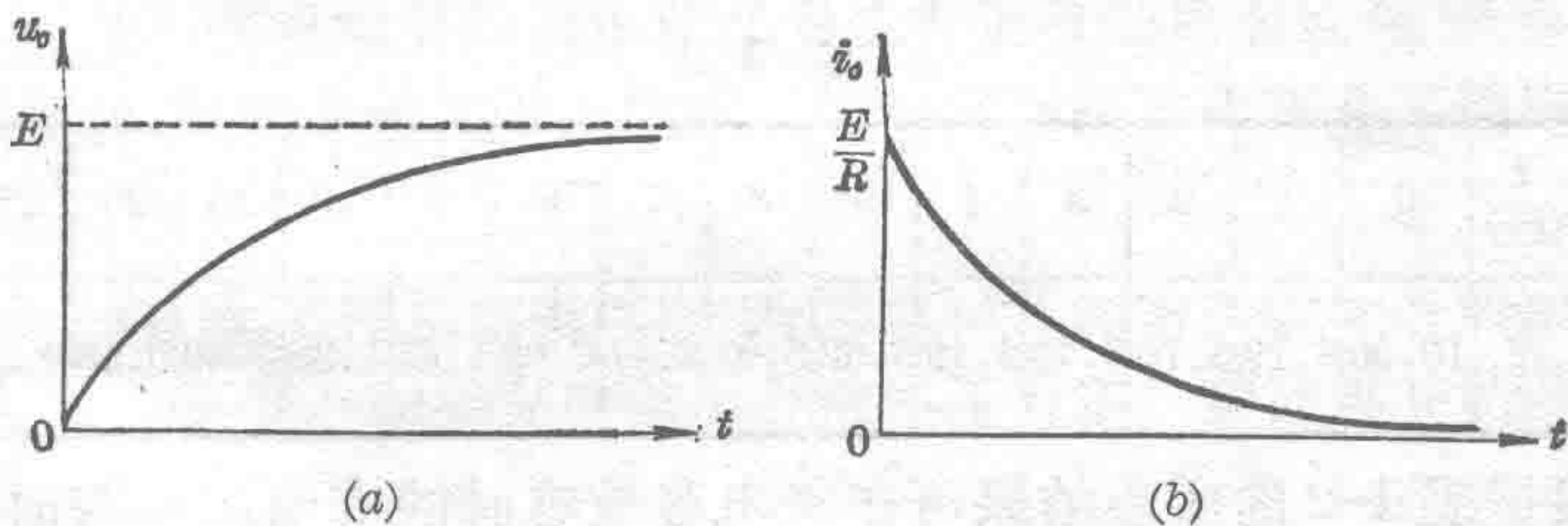


图 1-8 电容器的充电曲线

量充电电流 i_c 随时间 t 的变化规律后也可作得曲线, 如图 1-8(b) 所示。下面定性地分析一下形成图 1-8 所示曲线的原因。

图 1-7 的电路在充电时满足:

$$E = u_c + i_c R$$

即对于充电电流 i_c 满足:

$$i_c = \frac{E - u_c}{R}$$

在 $t=0$ 的瞬间, 因为 $u_c=0$, 所以此时 $i_c = \frac{E}{R}$ 电流最大, 电容开始充电。随着时间的推移, 电容上的电荷逐渐积累, u_c 相应地上升, 其方向与电源 E 相反, 使充电电流 $\frac{E - u_c}{R}$ 随着 u_c 的上升而减小, 反过来又促使 u_c 的上升越来越慢。当 u_c 上升到和 E 相等时, $i_c=0$, 充电过程结束, 因而充电过程中 u_c 和 i_c 随时间变化的规律如图 1-8 所示。它们在开始时变化较快, 以后逐渐减慢, 直到无限接近最终值, 于是电路就处于稳定状态, 这种形状的曲线在数学上叫做指数曲线。

若充电结束后再将开关 K 扳到位置 2, 则电容 C 上原来积累的电荷就要通过电阻 R 放电。在不同的时刻 t 测得的电容端电压 u_c 如下表所示:

表 1-2

t (秒)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20	25
u_c (伏)	10.00	8.19	6.70	5.49	4.49	3.68	3.01	2.47	2.02	1.65	1.35	0.50	0.18	0.07

根据表 1-2 的实验结果可作得电容放电时的端电压 u_c 与时间 t 的关系曲线, 如图 1-9(a) 所示。同样, 如果我们测量放