

鍛压电工学

下 册

“鍛压电工学”编写小组

1 9 7 7 年 12 月



目 录

绪 言	1
第一章 基础知识	
1—1 电容器及RC微分电路	3
1—2 半导体基本知识	8
1—3 半导体二极管及整流电路	10
1—4 半导体二极管及其电流放大作用	20
第二章 晶体管脉冲数字电路	
2—1 二极管门电路	30
2—2 三极管门电路	35
2—3 双稳态触发器	41
2—4 二进制计数器	46
2—5 十进制计数器	51
2—6 译码及数字显示	54
2—7 集成电路逻辑门及触发器	57
2—8 自激多谐振荡器	64
2—9 单稳态触发器	69
2—10 步进电机	71
2—11 环形分配器 (脉冲分配器)	75
第三章 冲床进给的数字控制原理	
3—1 数控冲床进给系统的方框图	82
3—2 进给控制器	83
3—3 冲床进给数字控制的逻辑图	85

第四章 简易数字程序控制冲床的电路及原理

4—1	数控冲床简介·····	8 7
4—2	冲床数字程序控制装置·····	8 9
4—3	各部件逻辑图及逻辑功能分析·····	9 8
4—4	总逻辑图阅读举例·····	1 1 2

第五章 简易数字程序控制冲床的其它电路

5—5	稳压电源·····	1 2 0
5—2	无触点接近开关·····	1 2 7
5—3	光电检测·····	1 3 2

緒 言

上册中介绍了锻压机床的继电——接触器控制，这种控制对于按照加工要求来操作机床较为合适，但是还需人工送料和操作机床。特别是冲床工作，由于人工送料，常易发生人身安全事故；又如对于锻锤或锻造液压机，工作时温度高，锻件重，劳动强度大。凡此种种，都要求锻压机床向自动化方向发展，以确保操作工人的人身安全，减轻劳动强度，并随之也提高了生产效率、加工精度等。为了实现锻压机床工作的自动化，遵照毛主席的“尽量采用先进技术”的指示，近几年来日益广泛地采用数字程序控制，例如数控冲床，数控冲模回转压力机，数控挤压速度的挤压机，数控快锻液压机……等等。

数字程序控制（简称数控）是怎么一回事呢？下面我们以冲床的工作为例作一说明。对于冲床的工作过程，大家都是熟悉的：假若我们要冲制像图0—1那样的条料。冲床开机连续冲压时，冲头不断地作上下往复运动，操作工人就趁冲头上升尚未下冲的间隙时间内，将条料向前移动一段合适的距离，距离的大小靠装在下模的定位销来定位，随后冲头下冲，冲压出一个工件。待冲头上升时，操作工人又将条料向前移动一段同样的距离，待下一次冲压。

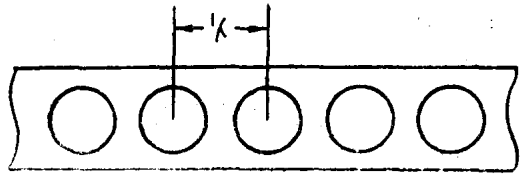


图0—1 条料

这样，进给、冲压、进给、冲压……，不断重复地工作。

工人操作冲床，注意力必须高度集中，稍不注意就容易出人身事故；同时，当条料没有送到位时，冲头就下冲，会出废品。因此，为了解决自动送料，采用了数控技术。数控冲床用步进电机带动条料移动来代替人工送进；（步进电机的特点是给一个脉冲，电机转一个角度，即步进。总的角位移和输入步进电机的脉冲个数成正比。什么是脉冲？将在第一章中介绍。）用一个计数器对输入步进电动机的脉冲个数进行计数，来控制进给的长度；在冲头上按装冲头信号发生器，用来协调冲头运动和条料进给的配合，即冲头刚上升时发出信号，使条料立即进给。整个动作的基本思路如图0—2所示。

在图0—2中，控制门是控制步进电机的转动和停止的开关。控制门打开，脉冲发生器产生的脉冲通过控制门输给步进电机，使步进电机转动，带动条料进给；反之，控制门关上，脉冲通不过，步进电机停止。控制门的打开和关上由一个启停开关来控制。整个工作过程如下：先把需要进给的长度输入进给长度输入开关，然后开机工作，当冲头刚上

升时，冲头信号发生器发出信号，把启停开关接通，使控制门打开，这时，脉冲发生器产生的脉冲通过控制门，使步进电机转动带动条料进给；同时，脉冲不断使计数器作加1计数。计数器计的数不断和进给长度输入开关输入的数进行比较，当两个数相等时，即符合了，就发出信号，使启停开关断开，控制门关上。这时，脉冲通不过，步进电机停止，进给完毕。随后，冲头下冲，冲制出工件。冲制完了以后，冲头上升，冲头信号发生器又发出信号，使步进电机带动条料进给，……，这样，冲头不断地自动进行工作。设计时使进给所需的时间小于冲头一次行程的时间，就不会发生进给不到位，冲头就下冲，造成废品的问题。这样，就把用人工操作的长度进给，变成用数字量控制的自动进给，实现了自动化操作。这就是简易数字控制的原理。

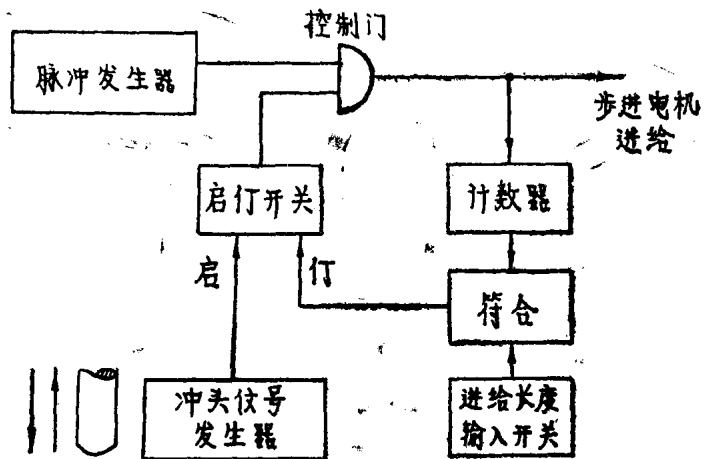


图 0—2 条料进给的

后，冲头上升，冲头信号发生器又发出信号，使步进电机带动条料进给，……，这样，冲头不断地自动进行工作。设计时使进给所需的时间小于冲头一次行程的时间，就不会发生进给不到位，冲头就下冲，造成废品的问题。这样，就把用人工操作的长度进给，变成用数字量控制的自动进给，实现了自动化操作。这就是简易数字控制的原理。

为了使冲床工作自动化，当一片条料冲完时，就需将废料退出，新料送进，而且要送进到恰当位置，以便进行又一次的连续冲压。所以一台冲床要达到自动工作，除了条料作数字自动送进外，还要按一定的程序将以上所述的动作自动地完成，这种按一定的程序完成若干动作的控制系統，称为程序控制。所以数字程序控制，是数字控制与程序控制的综合应用，简称数控。

考虑将来的发展的需要，本书以简易数控冲床为典型例子，前二章介绍二极管、三极管的基本知识，及常用的基本脉冲数字电路。在这基础上介绍简易数控冲床的工作原理，学会阅读逻辑图。此外，还介绍自动化控制中常用的稳压电源、无触点接近开关和光电检测与保护等内容。通过学习，使学员能够掌握电子学的基本知识，了解常用的基本脉冲数字电路，建立数控技术在锻压生产中应用的初步概念，使学员为实现锻压生产自动化作一些必要的准备。

第一章 基础知识

内容提要

构成数字电路的基本元件为电阻、电容、晶体二极管、三极管。要了解数字电路必须首先了解这些基本元件的作用、特性等、电阻已在上册中作了介绍。所以，本章着重讲述电容充放电的规律及其在交、直流电路中的作用；二极管、三极管的结构、特性、参数及其使用方面的问题。

1—1 电容器及RC微分电路

一、电容器和电容量

用绝缘材料隔开的两片金属导体，就构成了一个电容器，它具有储存电荷的能力，其符号如图1—1(a)所示。常用文字C表示。组成电容器的导体叫电极，如果把电容器的两个电极分别接在直流电源的U两端，如图1—1(b)所示，则电容器C就被充电，在充电的瞬间，电路中有电流*i*，在电容器两极板上就堆积等量异性的电荷*q*，在电容器两端则产生电压*u_c*，*u_c*的极性与电源电压U的极性相对应，当*u_c*与U相等时，电路电流*i* = 0，电容器充电完毕。电容器充电后，极板上所带的电荷量与外电压的大小成正比即：

$$Q = CU \quad (1-1) \quad \text{或} \quad C = \frac{Q}{u} \quad (1-2)$$

式中比例常数C称为电容量，它表示在一定电压下电容器能储存多少电荷。电容的单位为“法拉”，简称“法”(F)，亦即当外加电压U(= *u_c*) = 1伏，电容器能储存电荷1库时，则此电容器的电容量为1法。常用电容器的电容量都很小，采用“微法”或“微微法”为单位。

1微法(μF) = 10⁻⁶法(f)

1微微法(pf) = 10⁻¹²法(f)。

电容器的种类：按

电容量能否改变来分：

有可变电容器和固定电容器两种。按材料来

分：有云母电容器、金属膜电容器、电解电容

器、瓷介电容器、聚笨已稀电容器、薄膜电容器，钽电容器等。

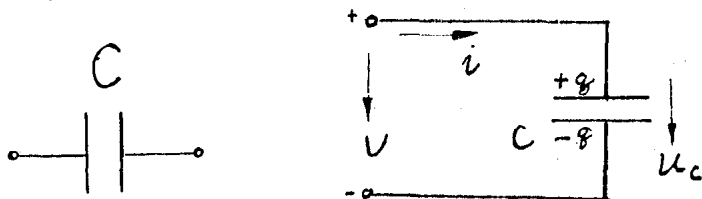


图1—1 电容器符号及原理图

使用电解电容时，要注意“+”“-”极性，“+”接正，“-”接负，否则电容器就会损坏。其符号，如图1-2(e)所示。一般金属壳电解电容的金属外壳是负极，和外壳绝缘的另一端是正极。

一般电容器上所标的额定电压，例如“450V”是指直流工作电压，有脉动成分的直流电路中，则需考虑脉动电压的峰值，不应超过直流电压定额，如用于50周交流电，所加电压只能是直流额定电压的1/3左右，如用于400周交流电，所加电压只能是直流额定电压的1/5左右。标有极性的电解电容，一般不能用于交流电路中。

常见电容器的外型如图1-2所示

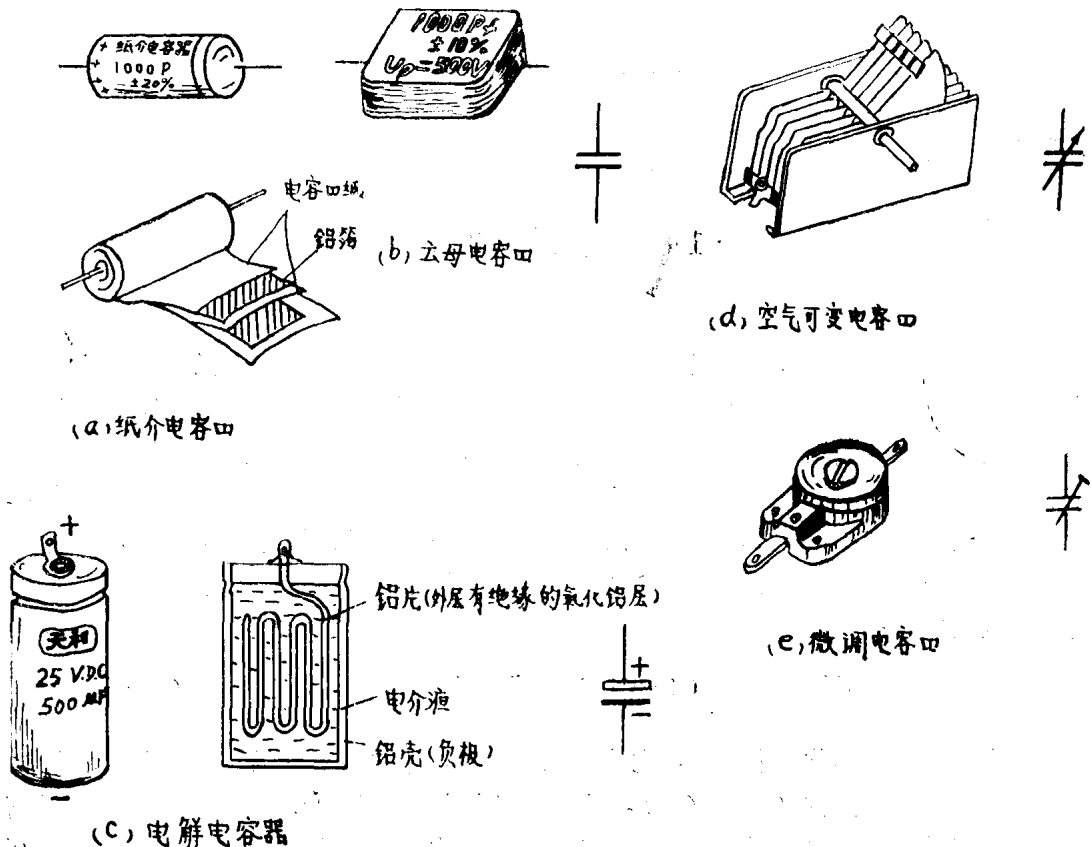


图1-2 电容器的外型图

二. 电容器的充放电

1. RC电路中的充电过程

电容器极板上没有电荷，两极板间也就没有电压，电荷储存的过程，也就是电压建立的过程，即充电过程。

如图1-3(a)所示，电容器C与电阻R串联，接在电源U上，当开关K合在a点时，电容C被充电，电路中有电流*i*。此时：

$$U = u_R + u_C$$

$$= iR + u_C$$

或
$$i = \frac{U - u_C}{R}$$

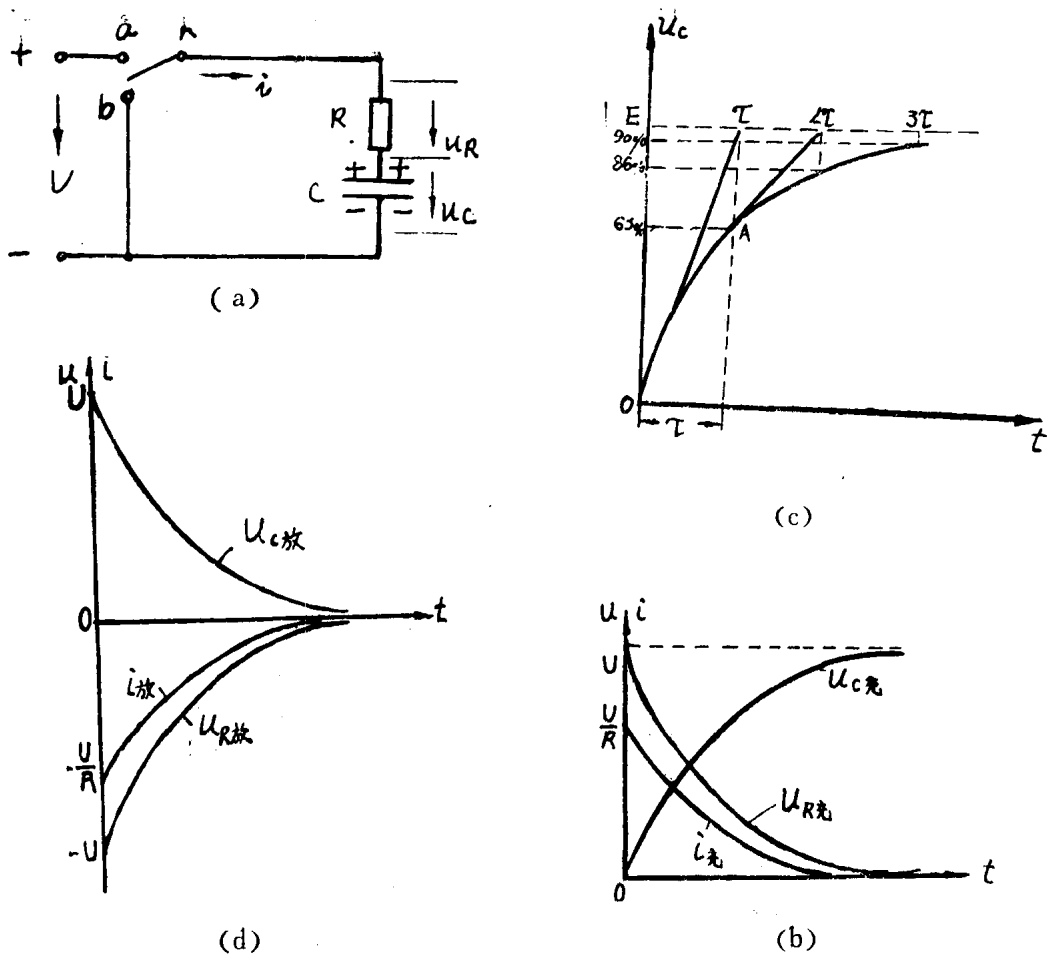


图 1—3 电阻、电容串联电路的充放电

当开关刚合上的瞬间，($t=0$)，极板上还没有积存电荷，故此时 $u_c=0$ ，
 则 $i = \frac{U - u_c}{R} = \frac{U}{R}$ ，即刚充电瞬间，电流 i 最大；电源电压全部降在电阻 R 上，
 $U = iR$ 电容器 C 相当于短路。随着充电的进行，电容器上电荷逐渐积存， u_c 逐渐增加，
 i 也就逐渐减小（因 $i = \frac{U - u_c}{R}$ ） u_R 随着减小；直到 $t = \infty$ 时， $u_c = U$ ，则 $i = 0$ ，
 $u_R = 0$ ，即充电过程结束，电路中没有电流，电容器相当于断路。图 1—3 (b) 表示
 充电过程中 u_c ， u_R 及 i 随充电时间变化的规律。 u_c 随时间按指数规律上升， i 是随时间
 按指数规律下降， u_R 亦是随时间按指数规律下降，它们的变化在开始较快，逐渐减慢，
 最后接近最终值。从理论上讲，当 $t = \infty$ 时， $u_c = U$ ， $i = 0$ ， $u_R = 0$ 。但实际情况
 是 $t = (4 \sim 6) RC$ 时， $u_c = 0.99 U$ ， $i = 0.01 \frac{U}{R}$ ， $u_R = 0.01 U$ ，充电过程
 基本结束。如图 1—3 (c) 所示。

可见电容器充电的快慢与 RC 的大小有关。 RC 称时间常数，用 τ 表示，即 $\tau = RC$ ，

单位为秒， τ 值决定了充电的快慢。 τ 越大，充电越慢因为当C大时，在同样的电压下，电容器容纳的电荷（Q）就要多， u_C 上升就慢，到达最终值的时间就要长；当R大时，在同样的电压下，充电电流*i*就小， u_C 上升也慢，到达最终值的时间也要长。反之， τ 越小，充电就越快。

2. RC电路的放电过程

见图1-3(a)中，待充电结束以后， $u_C = u$ ，此时将开关K倒向b，则电容器上 u_C 通过R放电，此时， $u_C + u_R = 0$ ，或 $u_C + iR = 0$ ， $i = -\frac{u_C}{R}$ ，（或 $i = -\frac{U}{R}$ ）这个“-”号，说明放电电流*i*的方向与充电电流的方向相反。同时在开始放电的瞬间，电流的数值最大，随着放电的进行，电容器上储存的电荷逐渐减少， u_C 逐渐降低，*i*和 u_R 数值逐渐减小，最后接近于零。如图1-3(d)所示。 u_C ， u_R ，*i*都随时间按指数规律变化，当开始放电瞬间， $t = 0$ 时， $u_C = u$ ， $u_R = -u_C$ （或 $u_R = -U$ ），即 $i = -\frac{U}{R}$ ，此时*i*最大， u_R 亦最大。最后 $u_C = 0$ ， $u_R = 0$ ， $i = 0$ ，放电完毕。其

放电的快慢同样决定于时间常数 τ ， τ 值越小，放电越快， τ 值越大，放电越慢。

从以上可知，电容器两端的电压在充放电刚开始瞬间仍是原来数值，然后随着充放电的过程按指数曲线逐渐变化，这说明电容器两端电压 u_C 不能突变。这是因为电容器上电压的数值是由电容器上储存的电荷量来决定的，不论是充电，放电，电容器上电荷的积存或消失，都需要时间，不能发生突变，所以电容器两端的电压也不能发生突变。电容器的这个特性，在电子技术中，应用很多，所以这一概念非常重要。

三. RC微分电路

在图1-4(a)所示的RC电路中，如输入一矩形波电压 u_{sr} ，其幅值为E，宽度为 T_K ，如图1-4(b)所示，由R两端输出电压 u_{sc} ，我们下面讨论 u_{sc} 的波形，如图1-4(c)、(d)、(e)所示。

当 u_{sr} 从零跃变到E时，C充电，电路中则有电流*i*在R两端则有输出

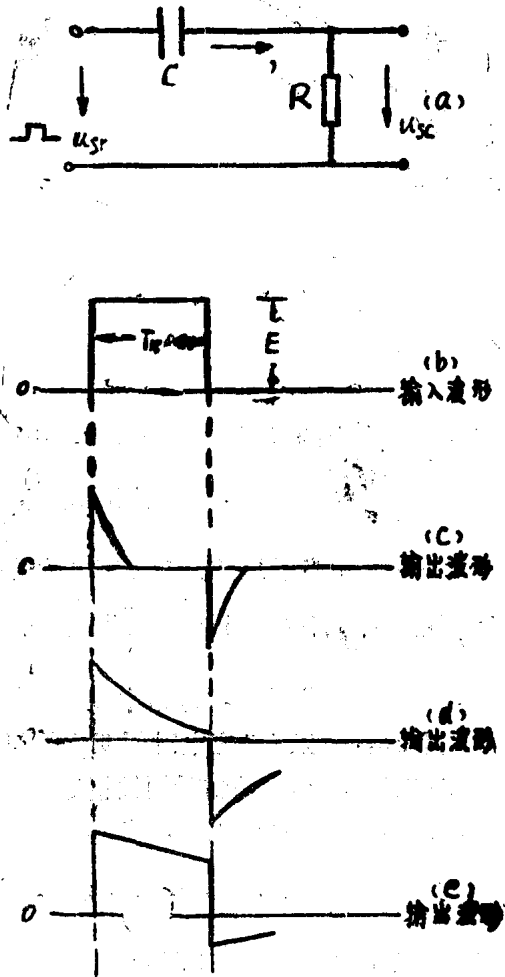


图1-4 RC微分电路

电压 u_{sc} 随着充电的进行, 电容 C 两端电压按指数规律升高, 使 u_{sc} 从 E 的数值逐渐下降, 最终接近零; 而当 u_{sr} 从 E 跃变到零时, C 放电, 电路中的电流方向与充电时相反, 而输出电压 u_{sc} 则从 $-E$ 的数值逐渐上升, 最终接近零。此充放电过程前面已经阐述过了, u_R 在充放电过程中的变化规律, 可看图 1-3 (b)、(c)。但对于不同的时间常数 τ , u_R 的变化速度就不一样, 而 u_{sc} 等于 u_R , 故 u_{sc} 的波形就不一样, 如图 1-4 (c)、(d)、(e) 所示。

当 $\tau = RC \gg T_K$ 时, 相对 T_K 而言, 充放电进行较慢, 在 T_K 时间内, u_C 变化不大, u_{sc} 变化亦不大, 接近 u_{sr} 的波形。如图 1-4 (e) 所示, 此时的 RC 电路, 就是一般的阻容耦合电路, 而不是微分电路。

当 $\tau = RC \ll T_K$ 时, 相对 T_K 而言, 充放电进行较快, 当 u_{sr} 由零跃到 E 时, u_{sc} 由 E 的数值很快变为零, 当 u_{sr} 由 E 跃变到零时, u_{sc} 则从 $-E$ 的数值很快变为零, 如图 1-4 (c) 所示。可见此时在 RC 电路中 u_{sc} 只是反映了 u_{sr} 的突变部分, 当 u_{sr} 突变时, u_{sc} 为一尖脉冲 (所谓脉冲, 就是短暂的电信号, 通常把非正弦波形均称为脉冲)。而对于 u_{sr} 的恒定部分, 则 $u_{sc} = 0$, 就是说, u_{sc} 与 u_{sr} 的微分近似成正比, 或者说, u_{sr} 突变时, u_{sc} 较大, 而 u_{sr} 恒定时, u_{sc} 为零。这样的电路就称 RC 微分电路。如果将连续的方波输入到 RC 微分电路, 就可在输出端得到一系列正、负尖脉冲。在开关电路中, 常常利用微分电路的特性把输入信号中的突变部分变为尖脉冲, 作为触发信号。

从上面分析来看, 一个 RC 电路是微分电路? 还是一般的 RC 耦合电路? 这也和其它事物一样, 有一个决定性质的数量界限, 超过这个界限, 就有质的变化, 即从量变到质变, 对方波信号来说, 脉冲宽度为 T_K , 而 RC 电路的时间常数为 τ , 由 τ 相对 T_K 的大小来决定电路的性质, 当 $\tau = RC \leq \left(\frac{1}{3} \sim \frac{1}{5}\right) T_K$ 时, 则输入信号作用期间, 电路的充电基本结束, 并在下一脉冲到来之前, 电路放电基本完毕, 若 τ 超过以上数值, 就和一般的 RC 耦合电路一样, 若 τ 越小 (通常 $\tau \leq \frac{1}{10} T_K$), 就可得到又尖又窄的输出脉冲。

四、电容器在交直流电路中的作用

在直流电路中, 电流不能通过电容, 因为电容器的两极板之间是用绝缘物隔开的。但在正弦交流电路中, 由于作用在电容器上的电压不断地在交变着, 就造成了电容器不断的充电和放电, 因而在电路中形成了电流。

当电容 C 在正弦电压 $u = u_m \sin \omega t$ 的作用下, 其极板上的电荷 q , 亦随着加在电容器上的电压的变动而变动, 可用下式表示:

$q = Cu = CU_m \sin \omega t$, 由此可得电路中的电流为

$$\begin{aligned} i &= \frac{dq}{dt} = C \frac{du}{dt} \\ &= C \frac{dU_m \sin \omega t}{dt} \\ &= \omega C U_m \cos \omega t \\ &= I_m \sin \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right) \end{aligned} \quad (1-4)$$

式中： $I_m = \omega C U_m$

即：
$$\frac{U_m}{I_m} = \frac{U}{I} = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C} = X_C \quad (1-5)$$

此时正弦电流，电压的有效值之比为 X_C ，称为容抗，单位为欧姆。 X_C 的大小反映容抗在电路中对电流起阻碍作用的大小。容抗 X_C 与 C 及 f 成反比。电容 C 越大，容抗 X_C 越小，对电流的阻碍作用亦越小。频率 f 越高，则容抗 X_C 越小，对电流的阻碍作用亦越小。对直流来说，频率 f 为零，容抗 X_C 则为无限大，相当于断路，不能通过电流，这说明电容 C 有隔直流的作用。

(1-4)式还说明了通过电容器的电流超前于电容器两端的电压 90° 。

电容 C 的容抗 X_C 在电路中对电流虽然有阻碍作用，但它和电感一样是不消耗能量的，不同于电阻在电路中要消耗能量。

当电容器两端加上交流电压 u 时，当 u 从0上升到最大值，电容器两端的电荷与电压成正比上升，即电容器充电，此充电过程，就是电荷储存的过程，当电容器两极板上储存等量异性电荷，在极板之间就形成电场，此时电容器从电源吸取能量，储存在电场中。当电源电压 u 从最大值下降为零期间，电容器的电荷，电压也随着降为零，电场也随着消失，即电容器放电，原来电场中储存的能量随着放电过程将还回给电源。总的来看，电容器不消耗能量，只是和电源有能量的交换，即是说电容器上的平均功率为零，但瞬时功率不为零。

思考题：

用万用表的欧姆档测量电容器时，指针很快向右摆动，以后慢慢返回，这是为什么？

1-2 半导体基本知識

有一类物质，例如锗(Ge)和硅(Si)其导电性能介于导体与绝缘体之间，故称为半导体。

半导体的导电性能虽然不如导体，但是半导体如有杂质则对其导电性能的影响很大。由于半导体有这样的特点，我们人为的在半导体材料中掺入不同的、有用的杂质，就可制成P型和N型的半导体材料。

一、P型和N型半导体

在N型半导体中，含有大量带负电的电子，少量带正电的空穴，电子和空穴都称为载流子。在这里，电子为多数载流子，空穴为少数载流子。在外电场作用下，主要是由多数载流子—电子起导电作用，所以N型半导体又称为电子型半导体，如图1-5(a)所示。

在P型半导体中，含有大量带正电的空穴，少量带负电的电子，有外电场作用时，主要由多数载流子—空穴起导电作用，故P型半导体又称空穴型半导体，如图1-5(b)所示。

必须指出，不管N型还是P型半导体，它们虽然都有一种带正电或带负电的多数载

流子，但是半导体本身仍然是不带电的，正如导体中虽然有大量带负电的自由电子，但导体本身并不显带电一样。

二、PN结的形成

如果采取某种工艺使一块半导体中一部分是P型、另一部分为N型半导体，那么在两部分交界处就会形成PN结。什么是PN结？由于

在P型半导体中空穴浓度大，而在N型半导体中是电子浓度大，因此P区的空穴就要从浓度大的地方向浓度小的地方扩散，即向N区扩散，而N区的电子也要从N区向P区扩散。电子和空穴的扩散是同时进行的，因此在PN交界处，P区的薄层A由于失去空穴而带负电，

N区的薄层B则由于失去电子而带正电，这就在交界处形成了一个电场，如图1-6所示。此电场称为内电场，其方向是由N区指向P区。此电场的作用，一方面阻碍多数载流子的继续扩散，另一方面促使少数载流子按电场的方向运动。即N区的空穴向P区运动，同时P区的电子向N区运动。这种少数载流子在电场力作用下的运动称为漂移运动。于是漂移运动与扩散运动的方向正好相反。在扩散初期：内电场没有形成或很弱，

扩散受到的阻力很小，因此扩散得很快。随着不断地扩散，A、B薄层加厚，即内电场增强，扩散的阻力越来越大，扩散的作用越来越小，而漂移的运动与扩散运动的作用相等时，由于扩散流过交界面的多数载流子的数量正好与漂移流过交界面的少数载流子的数量相等，即流过PN结的总电流为零。由此可见，PN结的本质就是扩散与漂移的一对矛盾，两者相依，相伴而存在，有扩散，就形成电场，就有了漂移。当交界面的薄层A、B建立起一定厚度时，扩散与漂移就达到相对平衡，矛盾得到暂时统一，这就形成了PN结。

三、PN结的单向导电性

1、在PN结两端加正向电压—P端接正，N端接负，如图1-7(a)所示。

外加电压在PN结所产生的电场方向是由P区指向N区，与扩散运动方向一致，与内电场方向相反，也就加强了扩散，削弱了漂移，沿着这个外加电场的方向，P区的空穴向N区运动，同时N区的电子向P区运动，由于P区空穴和N区电子都是多数载流子，就形成了一股较大的电流。外加电源不断提供电子和空穴，电流亦就源源不断地流。此时称PN结是导通状态，电流很大，相当于电阻很小。

2、在PN结两端加反向电压

P端接负，N端接正，如图1-7(b)所示。

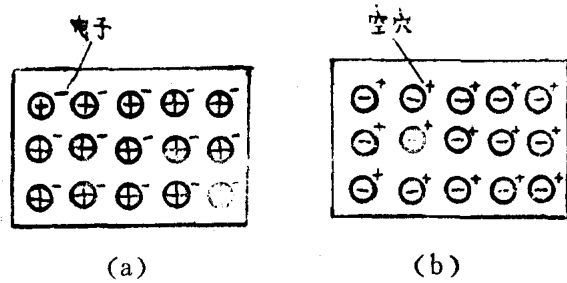


图1-5型 P型半导体 n型半导体

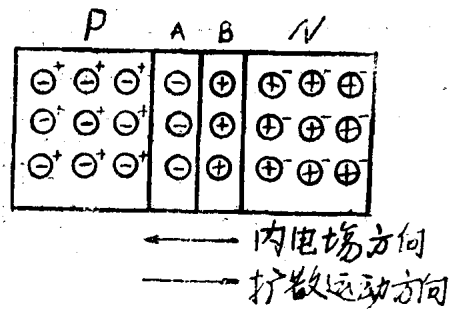


图1-6 PN结的形成

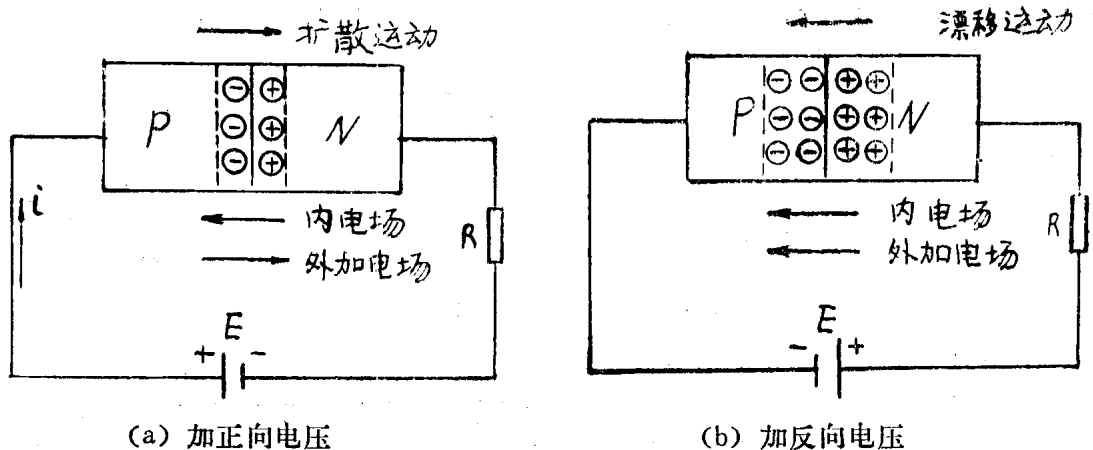


图 1—7 PN 结的单向导电性

外加电压在 Pn 结产生的电场方向是由 N 区指向 P 区, 与内电场方向一致, 与扩散运动相反, 促进漂移运动的, 在这种情况下, 即经过 PN 结交界面的电流是由 P 区少数载流子电子, 和 N 区少数载流子空穴在外电场作用下形成一个很小的电流, 称为反向电流。由于少数载流子的数量极少, 此时可误认为不导电, 就相当于电阻很大, 即称为截止状态。

以上说明, PN 结的导电性能, 决定于外加电压的方向, 当外加正向电压时, 就使 PN 结成为导通状态, 当外加反向电压时, 就使 PN 结成为截止状态, 这就是 PN 结所具有的单向导电性能, 它只允许电流从单方向流过。如果正向电流越大, 反向电流越小, 正说明单向导电性能越好。PN 结是各种半导体管最基本的结构。

1—3 半导体二极管及整流电路

一、半导体二极管

1、半导体二极管的外型、结构、符号、型号。

半导体二极管是由一个 PN 结及两端的电极引线, 再加上管壳构成。从 P 型半导体引出的电极, 称为正极 (或阳极), 从 N 型半导体引出的电极称为负极 (或阴极)。其符号如图 1—9 所示。箭头的方向就是电流可流通的方向, 表示二极管的单向导电性, 也可以把二极管形像地看成一个随电压方向的不同而自动“开”和“关”的开关元件, 如图 1—10 (a) (b) 所示。

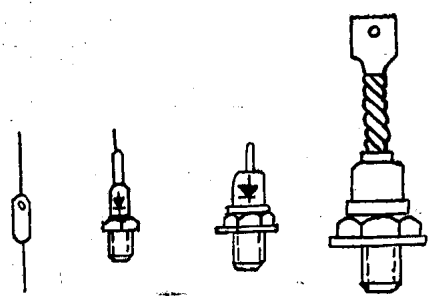


图 1—8 半导体二极管外形图

二极管型号命名图例: 2AP1 是 N 型锗材料制成的普通二极管。

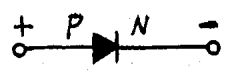


图 1—9 半导体二极管的符号

2、二极管的特性及参数

前面已经提到二极管具有单向导电性。下面我们进一步来了解二极管的特性与参数。

在二极管两端加上电压，其电流与电压的关系称为伏安特性。可从实验得出数据，并绘成曲线，如图 1—1 1 所示。从曲线看：

(1) 二极管加上正向电压时，就产生正向电流，其正向特性如图 1—1 1 第一象限的曲线所示。电压从零开始增加的起始部分，由于内电场对扩散运动造成的阻力没有被克服，因此，电流几乎为零，管子没有导通。当电压增加到一定数值后（锗管约 0.3 伏，硅管约 0.7 伏这个数值称为死区电压）内电场的作用被克服，电流就增加很快，电流与电压之间为非线性关系。二极管在正向工作时，电压小，电流较大，亦即它的内阻较小，即正向导通性能好。

(2) 电流通过二极管时，管子就要发热。电流太大，发热过甚，PN 结就会因温度过高而烧坏，因此二极管都有一个所允许通过的最大整流电流值（平均值 I_{cm} ），使用时不能超过此规定数值（可从手册中查出）。一般 2AP 型的约几十毫安，2CP 型约几十到几百毫安，2CZ 型约几安到几百安。

(3) 二极管加反向电压时，其反向特性如图 1—1 1 第三象限的曲线所示。二极管在反向工作时，只有微小的反向电流，当在一定的范围内增大反向电压时，反向电流亦不增加。硅管的反向电流比锗管反向电流小，说明二极管反向截止性能好。

(4) 二极管的反向电压增加到一定数值时，反向电流突然剧增，此时，二极管被反向击穿，这时的电压称为反向击穿电压 V_B 。为了防止二极管的反向击穿损坏，手册上规定了允许的最大反向工作电压（峰值）。使用时必须注意，这个值是指电压的峰值，例如交流 220 伏的峰值是 $\sqrt{2} \cdot 220 = 311$ 伏，一般 2AP 约几十伏，2CP、

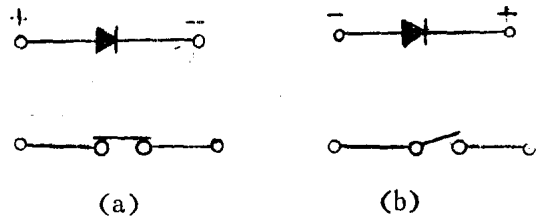


图 1—1 0 二极管的开关作用

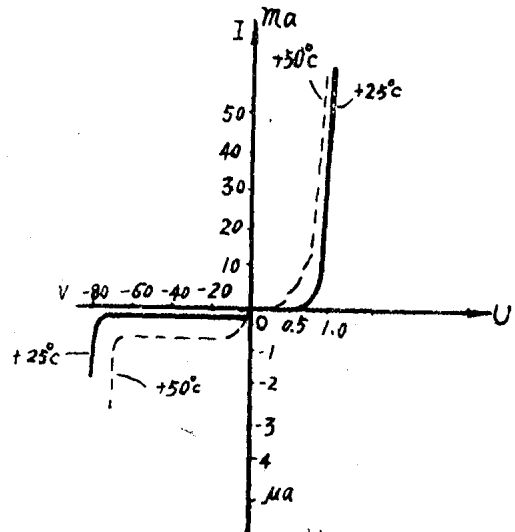
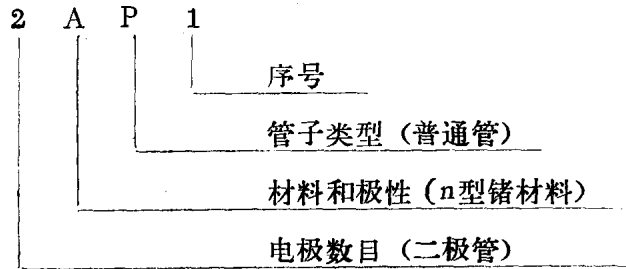


图 1—1 1 二极管的伏安特性

2 CZ约几十伏到几百伏。

3. 半导体二极管的简易测试

根据二极管的单向导电性，即正向电阻小，反向电阻大这一特点，可用万用表的欧姆档来测二极管的正、反向电阻值。第一可以判别管脚的正负，第二可以检验二极管的单向导电性能是否良好。

测试方法：把万用表拨到欧姆档，将二根测试棒分别测量二极管两端，正、反两次，可读出两个电阻值，一个值大，一个值小。因为黑笔为电池的正端，红笔为电池的负端，由此可以判别：阻值小者，二极管接黑笔的为阳极；接红笔的为阴极，如图 1-1-2 (a) 所示。当电阻大时，二极管接黑笔的一端为阴极，接红笔的一端为阳极，如图 1-1-2 (b) 所示。

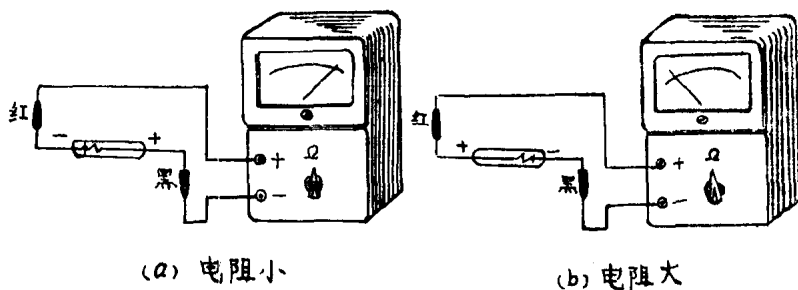


图 1-1-2 用万用表检验二极管

使用万用表欧姆档来测晶体管时，用 $R \times 100$ ，或 $R \times 1K$ 档为适合，因为 $R \times 10K$ 档电压较高，可能击穿PN结， $R \times 10$ 及 $R \times 1$ 两档，电流过大，可能烧坏管子。

上面测出的电阻值相差越大越好，一般小功率二极管，正向电阻约几百欧，反向电阻几百千欧，大功率管的电阻值相应小些。如果正反两个阻值相差不大，说明二极管单向导电性能不好。如果正、反两个阻值都无限大，说明管子已断路。若测得正、反两个阻值都很小，则表示管子已短路。

二、单相整流电路

我们知道供电电网都是交流电；而电子仪器、电讯设备、电解、电镀等，都需要直流电，过去多采用直流发电机，作为直流电源，既不经济、又不方便，目前广泛采用整流器，就是利用二极管的单向导电性把交流电变换为直流电。

1、半波整流电路

(1) 半波整流电路的组成

电路图如图 1-1-3 (a) 所示。图中B为电源变压器，由于负载需要的直流电压 U_{r_z} ，往往不能由供电的交流电源电压整流后就得到所需要的 U_{r_z} 值，因此要经过变压器的变压使整流后的直流电压 U_{r_z} 的数值能满足负载的要求。如果电源电压的数值E正好能满足负载的要求时，就可不用变压器。D为半导体二极管，作为整流元件，利用二极管的单向导电性将交流电变成直流电。 R_{r_z} 是负载，亦即需要用直流电的电气设备。

(2) 整流电路的工作原理

把变压器的原边绕组接到交流电源上，在付边就感应出交流电势 e_2 ，即 $e_2 = \sqrt{2} E_2 \sin \omega t$ ，如图1-13 (b)所示。在 e_2 的正半周时变压器付边a端为“+”、b端为“-”，在二极管上加的是正向电压，二极管导通，电流由 $a \rightarrow D \rightarrow R_{fz} \rightarrow b$ 。变压器付边电流、二极管的电流和负载上的电流都一样，见图1-13 (b)。此时如果忽略二极管上的压降，则负载上的电压 U_{fz} 就与 e_2 正半波相同。

在负半周时，变压器付边a端为“-”，b端为“+”，二极管上加的是反向电压，因此二极管截止，回路中电流都为零， U_{fz} 亦为零。

综合上述现象，电源是交流，而负载上得到的是脉动的直流，且一周期只有半个波形，故称半波整流。

(3) 负载上直流电流，电压的数值，即求一个周期内半波的平均值 U_{fz} ，见图1-14， U_{fz} 可用下式来求：

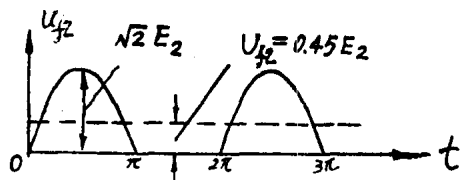
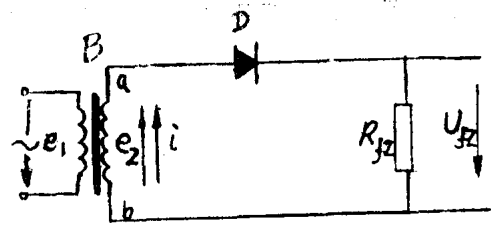
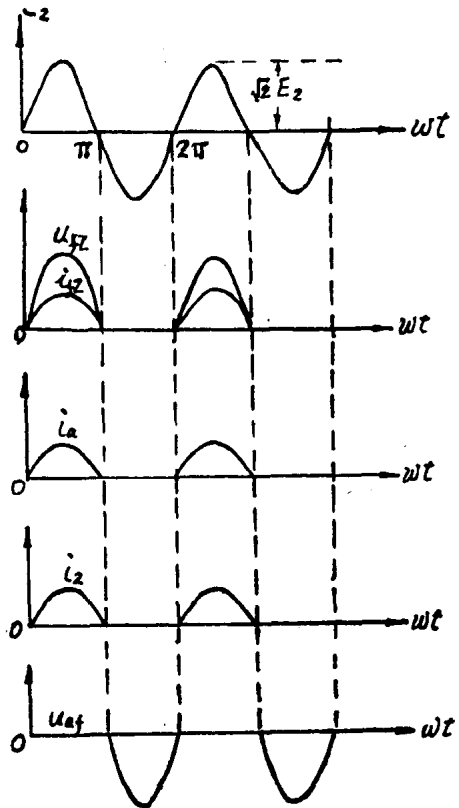


图1-14 单相半波整流平均值



(a) 电路



(b) 波形图

图1-13 单相半波整流

$$U_{fz} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{\pi} U_{2m} \sin \omega t d\omega t$$

$$= \frac{U_{2m}}{\pi} = \frac{E_{2m}}{\pi} = \frac{\sqrt{2}}{\pi} E_2 = 0.45 E_2 \quad (1-6)$$

$$I_{fz} = \frac{U_{fz}}{R_{fz}} = \frac{0.45 E_2}{R_{fz}} \quad (1-7)$$

(4) 整流元件的参数计算

根据整流元件上通过的平均电流及当元件截止时承受的最大反向电压，就可以选择整流元件。

二极管上的平均电流 I_a 与负载上的电流 I_{r_z} 相同，故：

$$I_a = I_{r_z} = 0.45 \frac{E_2}{R_{r_z}} \quad (1-8)$$

二极管上的最大反向电压

$$U_{a.r.m} = E_{2.m} = \sqrt{2} E_2 \quad (1-9)$$

2. 单相全波整流电路

由于半波整流电路输出功率小，直流脉动大，变压器利用率不高，采用两个整流元件交替工作的全波整流电路，如图 1-15 (a) 所示。全波整流电路实际上是由二个半波整流电路合起来组成的，变压器付边有中心抽头，把付绕组分成相等的两部分，电势 E_{2a} 和 E_{2b} ，它们大小相等，方向相反。

(1) 整流电路工作原理：

在 e_2 正半周时 (见图 1-15 (a)) a 端为正，b 端为负，二极管 D_1 承受正向电压而导通，二极管 D_2 承受反向电压截止，这时，电流由 $a \rightarrow D_1 \rightarrow R_{r_z} \rightarrow M$ 。此时若忽略 D_1 的管压降，N 点电位就是 a 点电位， D_2 承受 ab 两端的电压，最大值为 $2\sqrt{2} E_2$ 。

在负半周时，a 端为负，b 端为正，此时 D_1 承受反向电压而截止， D_2 承受正向电压而导通，电流由 $b \rightarrow D_2 \rightarrow R_{r_z} \rightarrow M$ 。可见两个二极管 D_1 、 D_2 在一周期内轮流导电，各导通 180° ，电流从同一个方向流经负载，如图 1-15 (b) 所示。

(2) 负载上电流电压的平均值

在一个周期内有两个半波电流流过负载，显然其平均电流、电压为半波整流时的两倍，如图 1-16 所示。即：

$$U_{r_z} = 0.9 E_2 \quad (1-10)$$

$$I_{r_z} = \frac{U_{r_z}}{R_{r_z}} = \frac{0.9 E_2}{R_{r_z}} \quad (1-11)$$

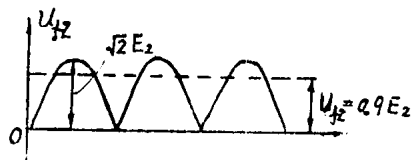
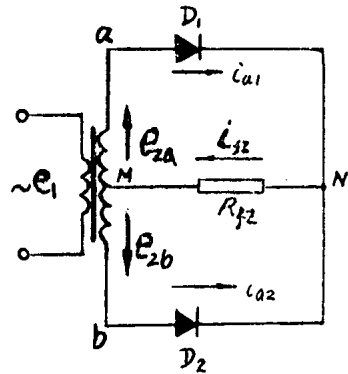
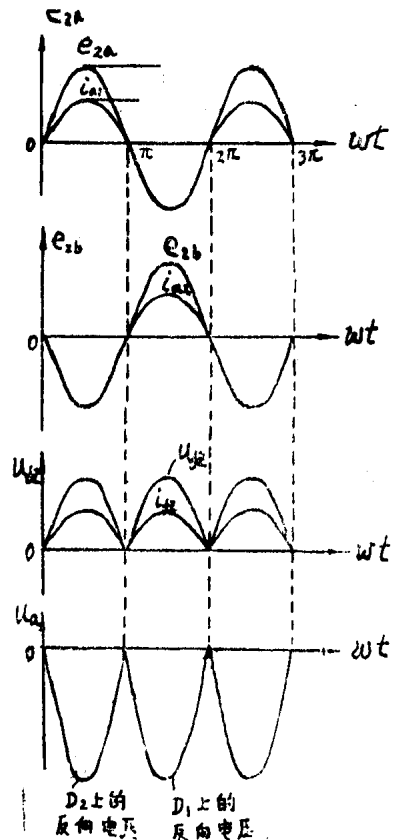


图 1-16 单相全波整流平均值



(a) 电路



(b) 电压电流波形

图 1-15 单相全波整流