

全国高等师范院校电化教育课
教师进修班讲义

扩音录音收音

马季善 编写

西北师范学院电化教育中心

一九八二年

目 录

第一章 二极管及其应用

§ 1 · 半导体·····	1
§ 2 · PN 结的形成·····	5
§ 3 · 晶体二极管·····	7
§ 4 · 整流电路·····	9
§ 5 · 滤波电路·····	16
§ 6 · 电子管整流电路·····	17

第二章 放大电路

§ 1 · 晶体二极管的结构及放大作用·····	18
§ 2 · 晶体管的放大原理·····	24
§ 3 · 多级放大·····	29
§ 4 · 功率放大器·····	32
§ 5 · 负反馈的应用·····	42
§ 5 · 调谐放大器·····	45

第三章 振荡电路

§ 1 · LC 振荡电路·····	47
§ 2 · 从放大电路到振荡器·····	48
§ 3 · LC 振荡电路和 RC 振荡电路·····	50
§ 4 · 高频讯号发生器及低频讯号发生器简介·····	54
§ 5 · 调制·····	55

第四章 话筒·喇叭

§ 1 · 话筒·····	58
§ 2 · 喇叭·····	59
§ 3 · 电唱机·····	59

第五章 扩音机

§ 1 · 扩音电路介绍·····	65
§ 2 · 电子管扩音机简介·····	70
§ 3 · 喇叭匹配·····	73
§ 4 · 扩音机的使用和保管·····	77
§ 5 · 立体声·····	78

第六章 收音机

§ 1 · 无线电及其传播·····	81
§ 2 · 最简单的收音机·····	83
§ 3 · 晶体管采复再生式收音机·····	87
§ 4 · 晶体管超外差式收音机·····	88
§ 5 · 电子管收音机电路分析·····	94

第七章 录音机

§ 1 · 录音机的结构·····	96
§ 2 · 录音机的工作情况·····	97
§ 3 · 盒式录音机的基本原理·····	100
§ 4 · 录音注意事项·····	107
§ 5 · 盒式录音机线路分析·····	109
§ 6 · 电子管录音机简介·····	112
§ 7 · 录音机的保养·····	119

基 本 实 验

万用电表.....	121
用惠斯通电桥测电阻.....	130
三相负载.....	132
交流接触器控制三相 感应电动机的正反转.....	134

第一章

二极管及其应用

§ 1 半导体

在我们周围物质世界中除了我们熟知的导体和绝缘体外，还存在着导电性能介于导体和绝缘体之间，这类物质叫半导体。这类物质很多，**锗、硅、硒**以及一些化合物等都属于半导体。

半导体的导电性能

半导体既不能看作导体也不能看作绝缘体，它具有一种独特的性能。例如（1）当外界温度升高时，半导体的导电性能就显著增加，温度下降时它的导电性能就显著下降这就是说半导体导电能力与温度有密切关系。（2）当有光线照射某些半导体上时，它们就表现出导体性质，导电能力很强；但在没有光照时，它们又像绝缘体一样不导电。这就是说半导体的导电能力与光照有密切关系。（3）如果在纯洁的半导体中适当的掺入极微量的杂质如**硼、磷**等，则半导体的导电能力就会有上百万倍的增加。这是半导体最显著、最突出的性质。正是半导体具有这样的特性，人们利用掺杂质的方法制造出不同性质、不同用途的半导体器件，成为无线电电子技术的主要器件。

§ 2 P—N 结

在纯洁的半导体中加入极微量的杂质，使半导体的导电能力增加许多倍。这种半导体称为**杂质半导体**。

这里所谓的杂质并不是随便的杂质，而是所加的杂质有一定的要求。

一、本征半导体

纯净的半导体叫做**本征半导体**，图1是**锗和硅**的原子结构，**锗**原

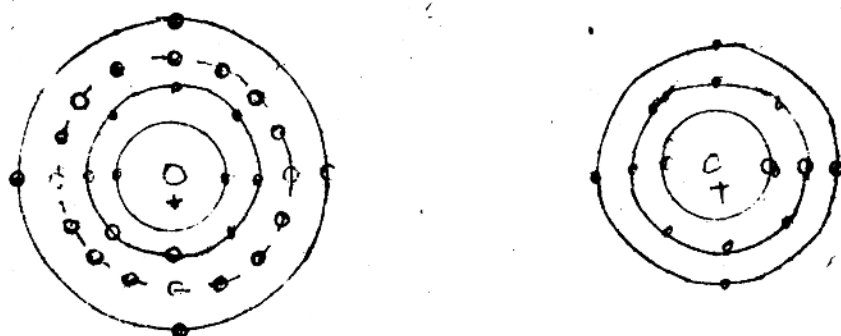


图 1

子核围绕着四层电子，最外层有四个电子。硅原子核围绕着三层电子，最外层也是四个电子。处在原子核最外层的四个电子叫做价电子。有几个价电子就叫几价元素。所以锗和硅都是四价元素。从图 2 来看分布在每个原子核最外层的四个价电子，除了受本原子核的吸引外，还受相邻原子的原子核吸引。因此两个相邻原子的价电子便成对地存在，这一对电子同时受这两个原子的束缚，为它们有所共有而相邻原子也通过这个电子对被联系

在一起。这样电子对就好像起了“键”（连结）的作用。以上所述几个力作用始终是处于平衡状态的，所以每个电子所受的束缚力应该是平衡的。与绝缘体相似，所以本征半导体是不易导电的。只有在受到光照或温度影响使电子的动

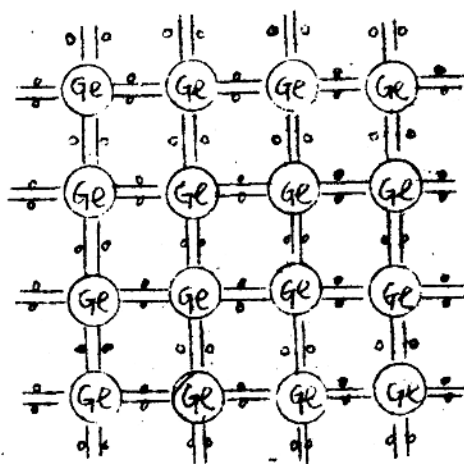


图 2

能增加而摆脱束缚力时才能导电。

二、P型半导体

本征半导体的导电能力虽然较差，但如果掺入微量的杂质元素，它的导电能力就大大提高，

如在纯硅中掺入微量的3价元素硼(B)由于硼原子外层只有三个电子，所以它在与硅原子联接时还多出一个没有形成键的空位。由于这个空位缺少电子，就叫它为“空穴”。图3所示。由于掺入的每个硼原子都可提供一个空穴，这样可使硅晶体空穴的数目大大增加，形成了主要靠空穴导电的半导体，又称空穴型半导体简称P型半导体。

在电工学中知道，导电是靠电子的运动，那末空穴为什么能导电呢？这是因为空穴缺少电子，而带正电荷。故容易吸收相邻原子的价电子来补充这个空位，从而使相邻原子中又出现空穴，这个新出现的空穴又可能被其它原

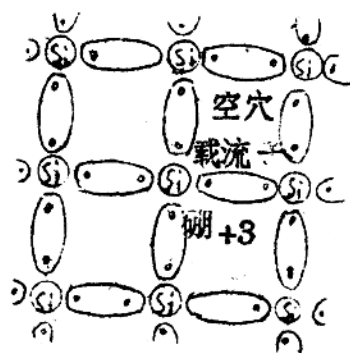


图 3

子中的电子而填充。电子这样不断的填充空穴，就使空穴位置不断在原子原子间转移。在电场的作用下，由于空穴是带正电的，空穴位置的定向转移，就等于正电荷的运动。这种导电方式就叫做空穴导电。当然，空穴导电实质上仍然是电子在运动，只不过是相继填补空穴。

三、N型半导体

如果在纯净硅晶体中掺入5价元素磷(P)，由于磷原子外层有5个价电子，每个磷原子的5个外层电子与周围的4个硅原子相联结，剩下一个电子，由于它受原子的束缚力很弱，极易成为自由电子如图

4所示。由于电子载流子数目大大增加，形成了主要靠电子导电的电子型半导体，简称N型半导体。

要注意的是不管是P型半导体或是N型半导体，它们可以依靠空穴或者电子来导电，但整块半导体还是呈中性的。

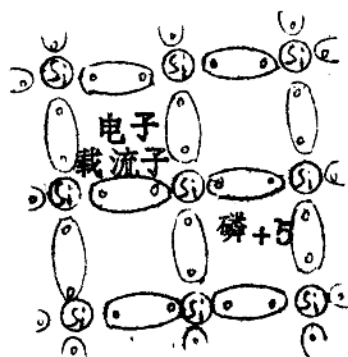


图 4

四、P—N结

P—N结是半导体三极管和三极管中最基本结构，它的性能如何，直接影响着二极管和二极管质量。

因此必须弄清P—N结的形成原理及其特性。所谓P—N结是一块P型半导体和一块N型半导体的结合。

1、从实验看P—N结特性

在图5中电池B和P—N结相连接时有两种连接方法，是(A)正

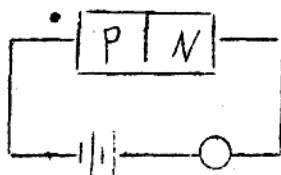
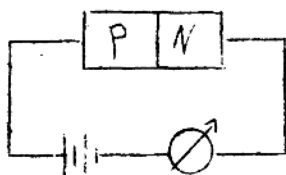


图 5

向连接法（即P型部分接电池的正极，N型部分接电池的负极）。

(B)反向连接法（即P型部分接电池的负极，N型部分接电池的正极）。由于接法不同，则电路中的电流也不一样。在正向连接时电路

电中流很大。也就是说 P N 结呈现电阻很小，这时电流通过 P N 结的方向是由 P 到 N 的。反向连接时则电路中的电流很小，也就是说这时 P N 结呈现电阻很大。这时电流通过 P N 结的方向是由 N 到 P 的。这个实验告诉了 P N 结具有单向导电性能。

§ 2. P N 结的形成

现利用图 6 来说明 P N 结的形成

在图 A 中所示，是当 P 型和 N 型半导体尚未接触时的情况，P 型半导体里有大量的空穴和极少量的电子（空穴用 $\circ$ 表示，电子用 $\bullet$ 表示），而 N 型半导体则相反，有大量的电子和极少量的空穴（这里还应指出不管是 P 型还是 N 型，整块半导体是呈中性的）。

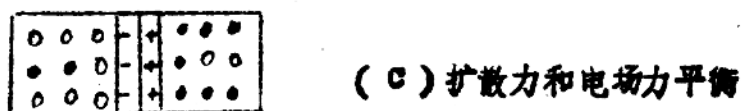
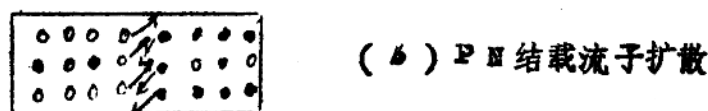
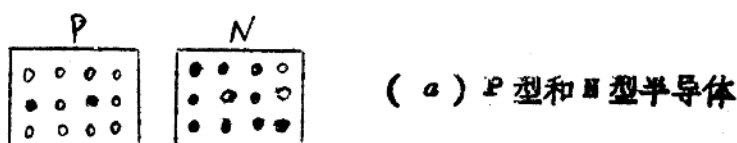


图 6

当 P 型和 N 型半导体相接触时，如图 b 所示，由于两块半导体中载流子的浓度相差很大，P 型半导体中的空穴浓度远大于 N 型，因此

空穴将向 N 型半导体里扩散，同样道理， N 型半导体中的电子将向 P 型半导体里扩散。

扩散结果，在 P 型和 N 型半导体接触面附近， P 型半导体区域空穴减少。正如前述，本来呈现中性的 P 型半导体，现在由于失去空穴，而在它靠近 N 型半导体一边形成了一层负电荷。同样， N 型半导体由于失去电子，而在它靠近 P 型半导体一边形成一层正电荷，这两层正负电荷就会产生一个电场 $E_{内}$ 。其方向是从正到负（即从 N 指向 P 的）。显然这个电场的产生将会阻止电子和空穴继续扩散。

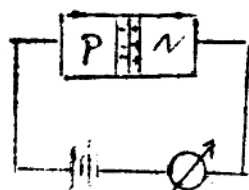
这样就有两种力量影响载流子的运动，一种是由于载流子浓度差而产生的扩散力；同时还存在电子和空穴扩散的结果而产生的电场力。当两力平衡时，扩散处于终止。称为平衡状态。此时在 P 型和 N 型半导体的交界面处形成的那一正负空间电荷叫阻挡层，一般所说的 $P-N$ 结就是指这个阻挡层。

3. $P-N$ 结的单向导电

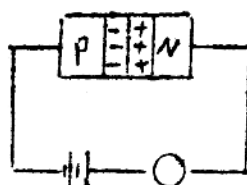
(1) 正向连接时，阻挡层变窄。

当正向连接时，如图 7—1 所示，外加电源所产生的外加电场 $E_{外}$ 与内电场 $E_{内}$ 方向相反，外加电场削弱了内电场 $E_{内}$ ，使阻挡层变窄。这样一来有利于扩散运动，于是多数载流子在外电场的作用下将顺利通过阻挡层（可视为 $P-N$ 结电阻很小了）。电路中出现很大电流，此电流叫正向电流。

阻挡层变窄



阻挡层变宽



图

7

(2) 反向连接时, 阻挡层加宽。

当 P-N 结反向连接时, 如图 7-6 所示, 外加电源所产生的外电场与内电场方向一致。外加电场加强了内电场, 因此使阻挡层加宽。这样一来, 扩散无法进行, 于是多数载流子受阻挡层阻止无法通过。但是 P 型半导体中的少数载流子(电子)和 N 型半导体中少数载流子(空穴)将在外电场作用下通过 P-N 结, 电路中出现微小电流, 叫作反向电流。

§ 3. 晶体二极管

晶体二极管实际上就是一个由 P-N 结、引出线及管壳所构成。二极管由于用途不同, 可分为点接触型和面接触型两类。

一、晶体二极管的伏安特性曲线。

伏安特性曲线是加到二极管两端电压和通过二极管电流的关系曲线。该曲线如图 8, 它可分成以下三个部分。

(1) 正向特性: 在二极管两极加以正向电压, 就产生正向电流, 但是, 当这个电压比较小时由于外加电场不足以克服内电场对载流子扩散而造成的阻力, 因此这时正向电流仍然很小, 当二极管两极间的电压超过一定的数值以后(这个电压的数值称为死区电压), 内部电场的阻挡层的作用被大大削弱, 电流增大很快。

(2) 反向电压: 当二极管两极加以反向电压时, 由于在 P 型半导体中还存在着少数电子, 在 N 型半导体中还存在着少数空穴, 这些载流子在反向电压的作用下, 很容易通过 P-N 结, 但是电流很小, 称为反向电流, 反向电流随温

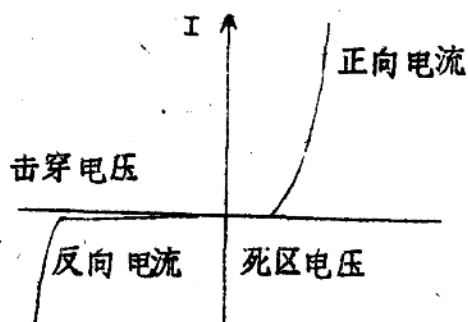


图 8 ~7~

度的上升而增加。基本上不随反向电压的增高而变化，这是因为少数载流子有限，电压再增高也不能使载流子数目增加。这种电流称为反向饱和电流。

(3) 反向击穿特性

当反向电压增加到一定的数值以后，反向电流突然增大，产生这种现象的原因是外加的强电强制把外层电子拉了出来，使载流子的数目剧增，这个电压叫做反向击穿电压。二极管超过击穿电压时，会将二极管烧坏。

二、晶体二极管主要参数

使用二极管时必须注意管子特性，只有了二极管的特性正确使用，才能发挥它的性能。一般二极管有三个主要参数

(1) 额定整流电流

额定整流电流就是允许通过二极管的最大直流电流，它同P-N结的面积和所用材料有关，一般是P-N结的面积愈大额定整流电流也愈大。

(2) 最大反向工作电压

这个指标反映了P-N结的反向击穿特性。两端的反向电压，绝不允许超过此值。

(3) 工作频率

这个数值直接给出了二极管工作频率的上限值。

三、二极管简单测试

利用万用表可以粗略地测量晶体二极管，确定那一端是正极，那一端是负极，并可看出二极管的正向电阻和反向电阻，这两个阻值相差愈大愈好，如果这两个电阻值相差不多，则表明这个二极管性能不好或者不能用。

§ 4. 整流电路(二极管的应用)

交流电的优点很多,如便于升降电压等,可以电网供电几乎全是交流电,然而在某些场合必须要用直流电,本节就是要讨论如何将交流电改变成直流电。把交流电变成直流电的过程叫整流,其电路叫整流电路。

一、单相半波电阻负载整流电路

单相半波电阻负载的整流电路是由电源 e_1 、变压器 B 、整流元件 D 和负载 R_L 组成,如图9所示。电源 $e_1 = E_m \sin \omega t$ 是一个按正弦规律变化的电压。其中 E_m 为交流电压的最大值,若以 E_1 为有效值,则 $e_1 = \sqrt{2} E_1 \sin \omega t$, $E_m = \sqrt{2} E_1$ 。变压器 B 的任务是将电网的电压变换成负载要求的电压 e_2 。整流元件(二极管),将正弦变化的电压变成单方向的脉动电压。电阻 R_L 相当于直流负载。

1. 整流电路工作原理

如图9所示, e_2 是一个随时间变化的正弦波形的电压,其数学表示式为 $e_2 = E_2 \times \sqrt{2} \sin \omega t$ 。

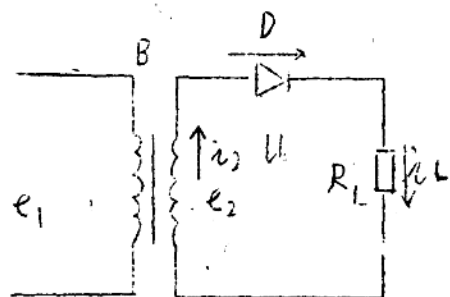


图 9

在 $0 \sim \pi$ 时间内,变压器的次级电压给二极管 D 加正向电压,则 D 导通,负载上的电压与电源电压 e_2 一样。负载电流波形如图10所示。

在 $\pi \sim 2\pi$ 时间内,二极管 D 加反向电压, D 不导通没有电流通过,因此负载上没有电压。这时电源的电压全部加在二极管上。

可知,在变压器上的电压虽然是交变的,但在负载 R_L 上却得到了单向的电流。这就将交流转换成直流了。

2. 负载上直流电流和直流电压

加在负载 R_L 上的电压只有电源电压的半个波，所以叫半波整流。这样单向流动的半波电流中就有了直流成分，此直流电压的数值（即半波电压在整个周期内的平均值）

$$U_L = \frac{\sqrt{2}}{\pi} E_2 = 0.45 E_2$$

图 11 中虚线的高度表示直流

电压 U_L 的大小。

在实用中，是根据负载电压 U_L 的大小，来求变压器 E_2 那末可将上式改写成

$$E_2 = \frac{1}{0.45} \cdot U_L = 2.22 U_L$$

通过负载 R_L 的直流电流

$$I_L = \frac{U_L}{R_L} = \frac{0.45 E_2}{R_L}$$

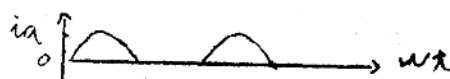
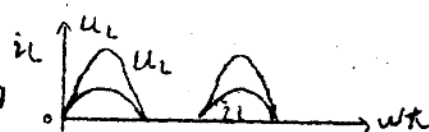
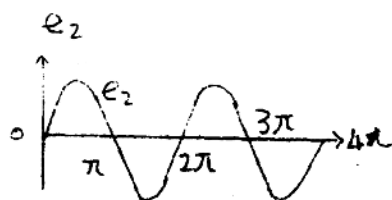


图 10

3. 选择整流元件

流过整流元件的均电流 I_a 与流过负载的直流电流 I_L 相等。

$$I_a = I_L = \frac{0.45 E_2}{R_L}$$

整流元件承受的最大反向电压 U_{afm} ，

就是 e_2 的最大值：

$$U_{afm} = \sqrt{2} E_2$$

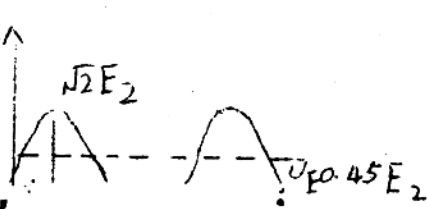


图 12

根据 I_o 及 U_{ofM} 即可选择整流元件。

二. 单相全波电阻负载整流电路

单相全波整流电路, 是由两个单相半波整流电路合起来组成的。它的电路如图 12 所示, 变压器级引出线的电压 e_{2a} 和 e_{2b} 是大小相等, 又抽头方向又是相反。故有

$$e_{2a} = -e_{2b} = \sqrt{2} E_2 \sin \omega t$$

1. 工作原理

在图 13 中当 $0 \sim \pi$ 时间内, e_{2a} 为正电压电流经过 D_1 、 R_L 变压器中心抽头而构成回路。这时 e_{2b} 因加在 D_2 上的是反向电压而没有电流 (不导通)。

$\pi \sim 2\pi$ 时间内, e_{2b} 为正电压。电流经过 D_2 、 R_L 变压器中心抽头而构成回路。因加在 D_1 上的是反向电压而没有电流 (不导通)。

可见, 由两个整流元件构成的单相半波整流电路中, 整流元件是轮流导电, 从而负载电阻 R_L 上, 每一个半周都具有单方向电流流过负载 R_L 。负载电阻 R_L 上的电压、电流、和整流元件的电压、电流波形如图 13 所示。

2. 负载直流电压和电流的计算

全波整流电路的直流输出电压比半波整流电路要大一倍。见图 14

$$U_L = 0.9 E_2$$

$$I_L = \frac{0.9}{R_L} E_2$$

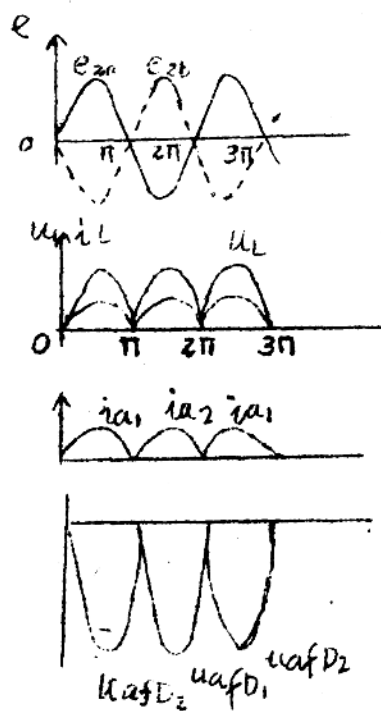


图 13

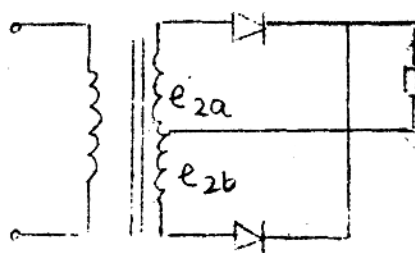


图 12

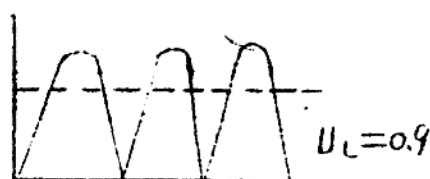


图 14

3. 整流元件参数的计算

在全波整流电路中,两个整流元件是轮流导电的,流过每个整流元件的平均电流只有负载电流的一半。

$$I_D = \frac{1}{2} I_L = \frac{0.45}{R_L} \cdot R_L$$

现在讨论全波整流电路中,每个整流元件所承受的最大反向电压是多少。

在 $0 \sim \pi$ 时间内, e_{2a} 是正, e_{2b} 是负。整流元件 D_1 是导通的,

D_1 上电压降极小可以看作是一根导线一样如图15所示,从图中可以看到, e_{2a} 实际上就接到整流元件 D_2 上,所以 D_2 两端的电压的最大值应为 $2 \cdot \sqrt{2} \cdot E_2$,即为 D_2 承受的最大反向电压。

同样在 $\pi - 2\pi$ 时间内,整流元件 D_1 导通, D_1 两端电压的最大值也应是 $2\sqrt{2}E_2$ 。

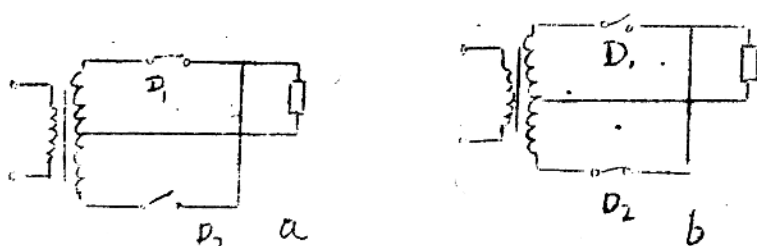


图 15

由上可知,在全波整流电路中,每个元件所承受的最大反向电压是变压器次级绕组的两倍。

$$U_{FM} = 2 \cdot \sqrt{2} \cdot E_2$$

三、单相桥式整流电路

单相桥式整流是由四个晶体管所组成,因电路接成一电桥形式,故称桥式整流电路,电路如图16所示, a 、 b 、 c 表示三种的画法。

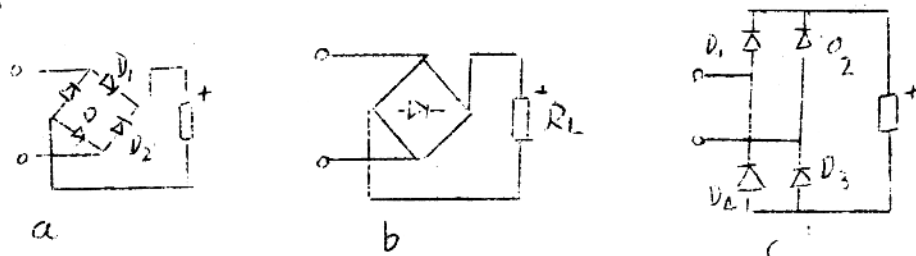


图 16