

目 录

第一章 固态器件	(1)
1-1 固态器件的介绍	(1)
1-2 半导体二极管	(2)
1-3 稳压二极管	(3)
1-4 隧道二极管	(4)
1-5 压控变容二极管	(6)
1-6 其他二极管	(6)
1-7 可控硅整流器	(8)
1-8 双向可控硅	(9)
1-9 双向三端可控硅	(11)
1-10 其他可控硅	(13)
1-11 单结晶体管	(14)
1-12 可编程序单结晶体管	(16)
1-13 NPN 双极晶体管	(16)
1-14 PNP 双极晶体管	(18)
1-15 复合晶体管	(19)
1-16 功率晶体管	(20)
1-17 结型场效应晶体管	(21)
1-18 耗尽型金属氧化物半导体场效应晶体管	(23)
1-19 增强型金属氧化物半导体场效应晶体管	(25)
1-20 纵向金属氧化物半导体场效应晶体管	(27)
1-21 晶体管-晶体管逻辑电路	(28)
1-22 互补型氧化物金属半导体	(30)
1-23 测试固态器件	(30)
第二章 光电子器件	(35)
2-1 光电子学简介	(35)
2-2 光电二极管	(35)
2-3 光电晶体管	(36)
2-4 光电复合晶体管	(36)
2-5 光电场效应晶体管	(38)
2-6 光触发可控硅	(39)
2-7 红外线探测系统	(39)
2-8 光电阻器	(40)
2-9 光电池(太阳能电池)	(41)
2-10 发光二极管	(42)
2-11 5×7 发光二极管矩阵显示器	(43)
2-12 字母数字显示器	(44)

2-13	荧光显示屏	(45)
2-14	液晶显示屏	(45)
2-15	多位显示屏	(46)
2-16	数码管显示屏	(47)
2-17	光隔离器	(48)
2-18	光电子遮断开关	(49)
2-19	固态自动光开关	(49)
2-20	光电子器件的测试	(50)
第三章	真空管	(53)
3-1	真空管介绍	(53)
3-2	真空二极管	(55)
3-3	真空三极管	(56)
3-4	真空四极管	(57)
3-5	五极管	(58)
3-6	多栅管	(59)
3-7	电子注功率管(束射四极管)	(59)
3-8	充气管	(61)
3-9	复合电子管	(62)
3-10	测试真空管电路	(63)
第四章	电源	(64)
4-1	电源的介绍	(64)
4-2	半波整流器	(64)
4-3	全波整流器	(65)
4-4	桥式(全波)整流器	(66)
4-5	滤波	(67)
4-6	稳压器	(68)
4-7	倍压整流器	(69)
4-8	三倍压整流器和四倍压整流器	(70)
4-9	双电压电源	(71)
4-10	多电压电源	(71)
4-11	直流变直流转换器	(72)
4-12	开关电源	(74)
4-13	瞬时短路的电压保护(消弧电压保护)	(74)
4-14	检测电源故障	(75)
第五章	放大器	(78)
5-1	放大器的种类和型号	(78)
5-2	电路中有源器件的分析	(79)
5-3	双结型 NPN 晶体管共发射极电路	(80)
5-4	双结型 PNP 晶体管共发射极电路	(81)
5-5	双结型 NPN 晶体管共集电极(射极跟随器)电路	(82)
5-6	双结型 NPN 晶体管共基极电路	(84)
5-7	双结型晶体管放大器的比较	(84)
5-8	两级串联 NPN 晶体管放大器	(86)

5-9	结型场效应晶体管放大器	(87)
5-10	耗尽型金属氧化物半导体场效应晶体管放大器	(88)
5-11	增强型金属氧化物半导体场效应晶体管放大器	(89)
5-12	双栅金属氧化物半导体场效应晶体管放大器	(90)
5-13	推挽放大器	(91)
5-14	NPN 共发射极放大器的基本设计	(92)
5-15	晶体管放大器的故障检修	(93)
第六章	振荡器和多谐振荡器	(95)
6-1	振荡器和多谐振荡器的介绍	(95)
6-2	RC 相移振荡器	(96)
6-3	文氏桥式振荡器	(97)
6-4	电感反馈式振荡器	(98)
6-5	哈特莱振荡器(电感耦合三点振荡器)	(99)
6-6	考皮兹振荡器	(100)
6-7	不用晶体的稳频振荡器	(100)
6-8	晶体振荡器	(101)
6-9	间歇振荡器	(102)
6-10	张弛(锯齿波)振荡器	(102)
6-11	非稳态多谐振荡器	(104)
6-12	单稳态(一次触发)多谐振荡器	(104)
6-13	双稳态(稳态触发)多谐振荡器	(105)
6-14	双稳态(反转触发)多谐振荡器	(106)
6-15	双稳态(受控稳态触发)多谐振荡器	(107)
6-16	检验振荡器和多谐振荡器	(108)
第七章	音频电路	(109)
7-1	音频电路的介绍	(109)
7-2	级间耦合的种类	(112)
7-3	平衡放大器	(112)
7-4	单头功率放大器	(115)
7-5	倒相器	(116)
7-6	变压器输出推挽功率放大器	(117)
7-7	互补输出功率放大器	(118)
7-8	准互补输出功率放大器	(119)
7-9	调音控制	(120)
7-10	拾音器	(121)
7-11	扬声器	(122)
7-12	音频电路的试验	(123)
第八章	基本收音机系统和电路	(127)
8-1	调幅的介绍	(127)
8-2	调幅发射机	(130)
8-3	射频电压放大器	(130)
8-4	倍频器	(131)
8-5	射频功率放大器	(132)

8-6	调制电路	(133)
8-7	调幅收音机电路的介绍	(134)
8-8	射频放大器	(135)
8-9	混频(变频)电路	(136)
8-10	中频放大器	(137)
8-11	音频检波和自动音量控制	(137)
8-12	调频的介绍	(138)
8-13	调频发射机	(140)
8-14	预矫和去矫	(141)
8-15	电抗调频电路	(141)
8-16	调频收音机电路的介绍	(142)
8-17	限幅器	(143)
8-18	鉴频器	(144)
8-19	比例检波器	(144)
8-20	调频立体声多频道发射机	(145)
8-21	调频立体声多频道接收机	(146)
8-22	平衡桥式检波器	(147)
8-23	标准的调幅,调频,调频立体声接收机	(148)
8-24	寻找发射机和收音机电路的故障	(148)
第九章	基本电视系统和电路	(152)
9-1	电视传输系统	(152)
9-2	电视信号	(154)
9-3	电视发射机	(155)
9-4	基本电视接收机	(157)
9-5	电视调谐器	(158)
9-6	电视中频放大器和视频检波器	(160)
9-7	视频放大器	(160)
9-8	自动增益控制电路	(162)
9-9	同步信号分离器	(163)
9-10	行偏转和高压部分	(164)
9-11	帧偏转部分	(164)
9-12	彩色电视简介	(164)
9-13	彩色电视发射机	(168)
9-14	彩色电视接收机	(169)
9-15	检测电视接收机的故障	(170)
第十章	集成电路	(172)
10-1	集成电路的介绍	(172)
10-2	单片集成电路的制作	(174)
10-3	集成电路电压调整器	(177)
10-4	集成电路电压调整器的其他应用	(178)
10-5	LM380 集成电路音频放大器	(180)
10-6	LM379 集成电路立体声音频放大器	(181)
10-7	555 精密定时器集成电路	(182)

10-8	555 单稳多谐振荡器	(183)
10-9	555 非稳态多谐振荡器	(185)
10-10	555 脉冲丢失检测器	(187)
10-11	8038 精密波形发生器/电压控制振荡器集成电路	(188)
10-12	8038 基本的功能可变发生器	(189)
10-13	锁相环路集成电路	(190)
10-14	调幅收音机子系统的集成电路	(191)
10-15	2 瓦电视/调频通道集成电路	(192)
10-16	集成电路的测试与维护	(195)
第十一章	运算放大器	(198)
11-1	运算放大器的工作	(198)
11-2	运算放大器的特性	(199)
11-3	电压比较器	(201)
11-4	反相放大器	(202)
11-5	同相输入放大器	(203)
11-6	电压跟随器	(204)
11-7	电压加法放大器	(205)
11-8	电压减法放大器	(206)
11-9	积分器	(208)
11-10	微分器	(208)
11-11	有源低通滤波器	(209)
11-12	有源高通滤波器	(210)
11-13	有源带通滤波器	(211)
11-14	有源陷波滤波器	(213)
11-15	方波发生器	(214)
11-16	锯齿波发生器	(215)
11-17	三角波发生器	(216)
11-18	正弦波振荡器	(216)
11-19	正交振荡器	(217)
11-20	函数发生器	(218)
11-21	运算放大器的测试	(219)
第十二章	数字电路	(221)
12-1	数字电路的介绍	(221)
12-2	“与”门电路	(222)
12-3	“或”门电路	(223)
12-4	“异或”门	(224)
12-5	缓冲器/驱动器和反相器	(225)
12-6	“与非”门电路	(225)
12-7	“或非”门电路	(226)
12-8	等效逻辑门	(227)
12-9	逻辑门电路的组合	(228)
12-10	RS 触发器	(229)
12-11	带时钟信号的 RS 触发器	(230)

12-12	T 型触发器	(231)
12-13	JK 触发器	(232)
12-14	JK 主/从触发器	(233)
12-15	D 型触发器	(234)
12-16	非稳态多谐振荡器	(235)
12-17	单稳态多谐振荡器(单稳触发器)	(236)
12-18	二进制寄存器	(237)
12-19	环形计数器	(239)
12-20	转尾环形计数器	(240)
12-21	二进制加法计数器	(242)
12-22	二进制减法计数器	(243)
12-23	模计数器	(245)
12-24	二进制加法器	(246)
12-25	二进制并行加法和减法	(246)
12-26	编码器	(248)
12-27	译码器	(249)
12-28	发光二极管七段显示	(249)
12-29	二至十进制码对七段的译码器	(251)
12-30	比较器	(252)
12-31	多路转换器	(253)
12-32	信号分离器	(254)
12-33	随机存取存储器	(256)
12-34	只读存储器	(259)
12-35	三态逻辑器件	(261)
12-36	二进制数字系统	(262)
12-37	其他数字系统	(264)
12-38	布尔代数定理	(266)
12-39	逻辑脉冲发生器	(266)
13-40	逻辑探测器	(267)
12-41	数字 TTL 集成电路检测器	(267)
12-42	试验数字集成电路	(270)
第十三章	微型电子计算机	(272)
13-1	计算机的有关知识	(272)
13-2	关键元件的功能	(273)
13-3	指令周期和时序控制	(275)
13-4	总线系统的概念	(276)
13-5	基本计算机的工作	(276)
13-6	微处理机芯片和它的功能	(279)
13-7	存储器系统	(283)
13-8	接口技术	(285)
13-9	微处理机的软件	(287)
13-10	编制程序的基本概念	(290)
13-11	微计算机的结构	(292)

13-12	微计算机故障修理的概述	(293)
13-13	其他常用微处理机名词汇编	(295)

附 录..... (299)

一、	原电池	(299)
二、	充电电瓶	(300)
三、	万用表简介	(301)
四、	示波器	(301)
五、	基本信号发生器的使用	(306)
六、	试验可分解电路的步骤	(307)
七、	频谱和频谱的分配	(308)
八、	10 的乘方和小数表示法	(308)
九、	收录机用集成电路型号对照	(310)
十、	电视机用集成电路型号对照	(315)
十一、	录像机用集成电路型号对照	(326)
十二、	部分运算放大器国内外型号对照	(353)
十三、	TTL 集成电路国内外型号对照	(356)
十四、	部分常用半导体三极管国内外型号对照	(373)
十五、	部分常用半导体二极管国内外型号对照	(377)
十六、	不同制式电视的有关数据比较	(385)

第一章 固态器件

1-1 固态器件的介绍

图 1-1 示出的各种类型的封装品是已制成的三引线 and 四引线的固态器件。除了二个引线的二极管以外,任一封装件内装着的是 PNP、NPN 双极晶体管、结型场效应晶体管、金属氧化物场效应晶体管、可控硅、三端双向可控硅、单结晶体管,还是复合晶体管,那是很难分辨的。所以使用固态器件时,器件的标志和技术规格是非常重要的。封装件 TO-3、TO-66、TO-220 比其他封装品较大,是为大功率容量而设计的。

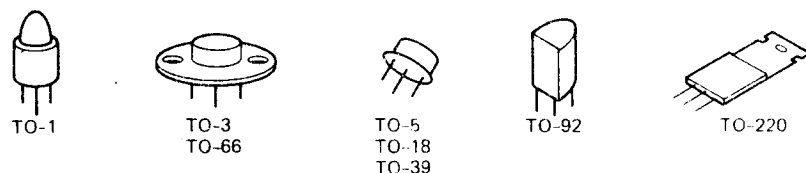


图 1-1 固态器件外形

这些封装件虽没有标准的引线辨认规定,但是如图 1-2、图 1-3 所示,有些是遵循习惯的规定的。不过最合理的做法还是取得表明引线排列的器件说明书。

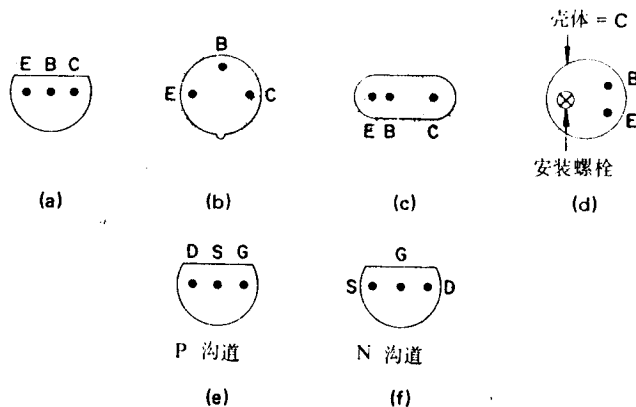


图 1-2 双极晶体管和场效应晶体管的引线表示法

一般固态器件是用锗或硅制成的 N 型和 P 型半导体材料。P 型材料大多数载流子是空穴,少数载流子是电子。反之 N 型材料大多数载流子是电子,少数载流子是空穴。图 1-4 示出 PN 结和示意图。

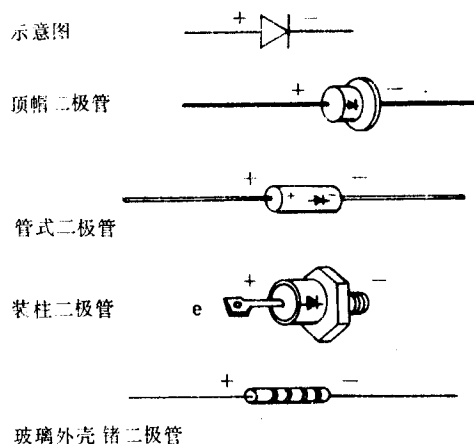


图 1-3 固态器件示意图和包装种类

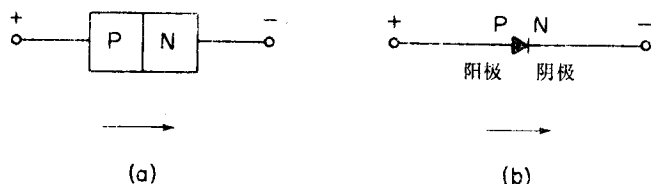


图 1-4 PN 结和示意图

(a)惯用的电流流向;(b)常用电流取向的低电阻方向

1-2 半导体二极管

半导体二极管是用半导体材料制成的 PN 结所组成的。P 型材料称做正极,N 型材料称做负极。较大的二极管上应画有二极管示意图表示引线的正极或负极,较小的二极管在一端有一圈条纹的表示负极。玻璃二极管有几个彩色条纹,通常用黑色条纹表示负极。

在制造过程中有些空穴和电子在结合处产生虚电池,被称为位能电池、势垒、空间电荷区或耗尽区。在正偏置状态势垒被抵销,耗尽区减薄,空穴和电子很容易结合。在反偏置状态耗尽区展宽,只有很少空穴和电子结合造成漏电流。如图 1-5 示出 PN 结偏置。

当正极比负极电位较正时(较大于导通电压,大约锗管是 0.3 伏,硅管是 0.7 伏),这个二极管是正偏置。事实上电池的正端把空穴流推向结合处,另一方面电池的负端把电子流推向结合处,促进了空穴和电子的结合。在这种状态下,二极管的内阻很低,流经二极管的电流很大(取决于外接电阻)。当正极比负极的正值较小时,二极管是反偏置。在这种状态下,空穴被吸引到电池的负端,而电子被吸引到电池的正端,因此使空穴和电子的结合几乎不可能。这时内阻极高,导致流通电流很小(取决于二极管的泄漏电流)。过量的反偏置电压会击穿二极管。通过二极管正反方向的电流太大都会损坏二极管。

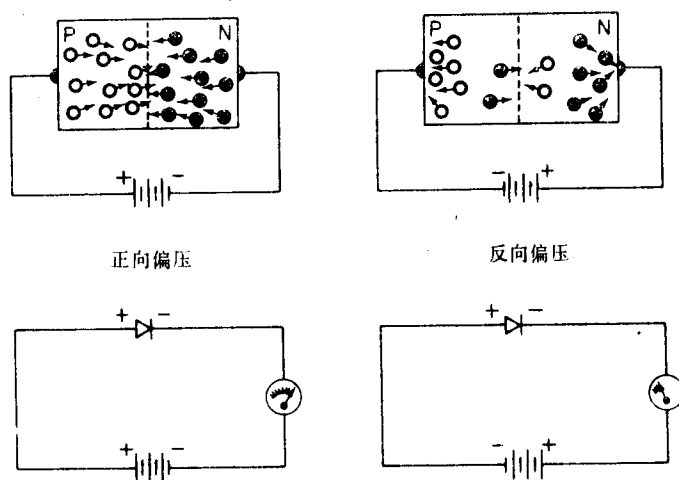


图 1-5 PN 结偏置

图 1-6 示出固体二极管的特性曲线。

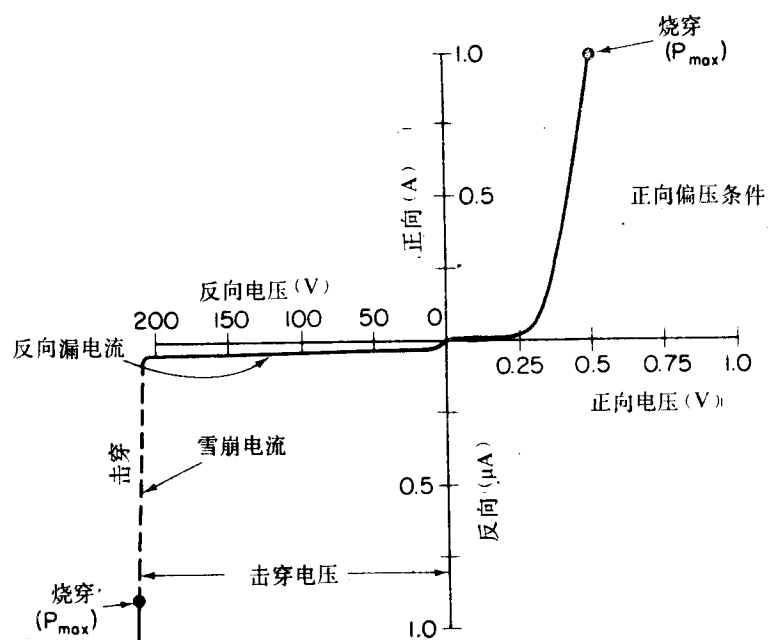


图 1-6 固体二极管特性曲线

1-3 稳压二极管

稳压二极管是特殊的掺杂二极管(见图 1-7),在正偏置状态,它的作用像正规二极管一

样(允许最大电流流通)。然而在反偏置状态,未达到设计的稳压电压以前,它是不能导通的。这时,稳压二极管的电流是反方向,但是保持稳压管两端的稳压电压(或基准电压),确定流过它的电流值有两个因素:一是串联电阻(限流) R_s ,一是并联的负载电阻(R_L)。用公式 $R_s = (V_{RS}/I_Z)$ 可以求出电阻 R_s ,其中 $V_{RS} = V_{源} - V_Z$ 。无负载时流经稳压管和 R_s 的是特定的电流量。电压降 V_{RS} 加上 V_Z 等于 $V_{源}$ (电源电压必须比 V_Z 至少大 1 伏)。当把负载联接到稳压管的两端时,二极管电流降低的数值正是被负载分出去的电流数,这样使经过 R_s 的电流保持不变($I_Z = I_{RS} - I_{RL}$)。用改变流经稳压二极管的电流来保持稳压管两端的电压不变。稳压二极管的特性曲线和运行如图 1-8 和图 1-9 所示。



图 1-7 稳压二极管示意图

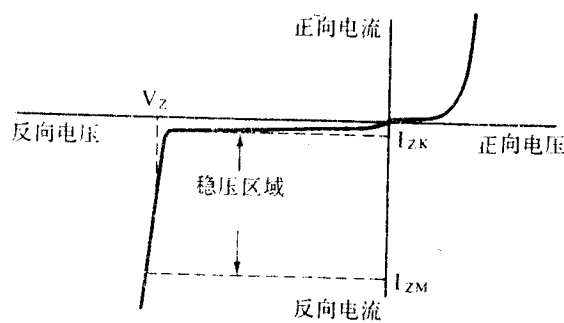


图 1-8 稳压二极管特性曲线

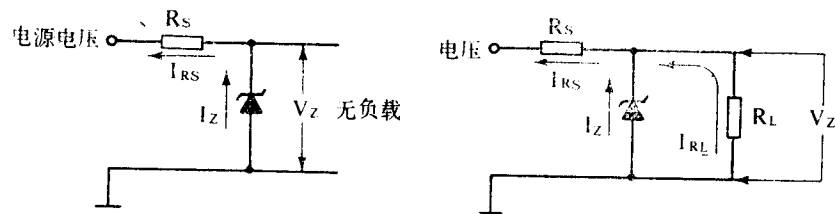


图 1-9 稳压二极管运行

1-4 隧道二极管

隧道二极管是半导体二极管(见图 1-10),其中 P 和 N 材料是重掺杂的,结果形成极薄的过渡区。隧道二极管的有效作用发生在低于正规锗二极管导通电压以下。当加上正偏压时,产生很大的正向电流。如果继续增加正向偏压,电流反而很快下降接近于零。电流随着

正向偏压增加而下降的区域称做负阻区(A 点到 B 点)。如图 1-11 所示。

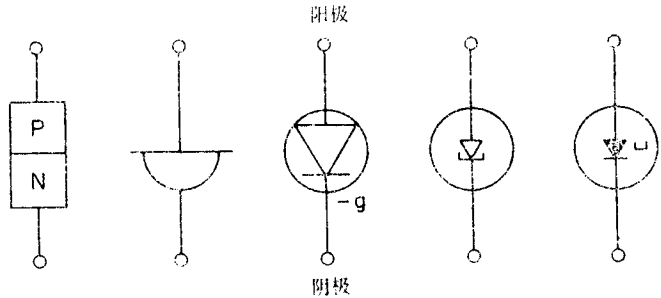


图 1-10 隧道二极管 PN 结和示意图

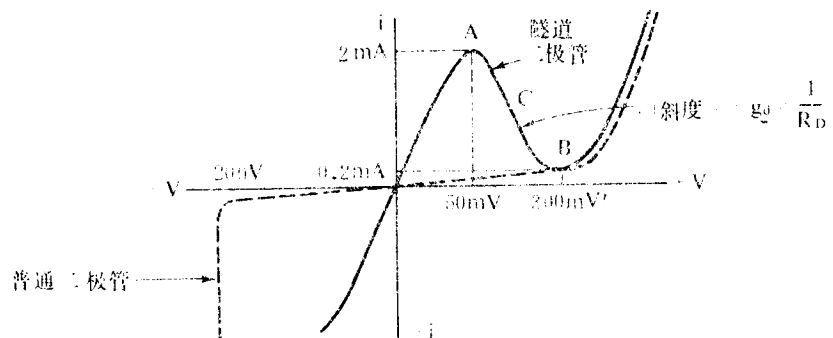


图 1-11 隧道二极管与正常二极管的关系曲线

对于开关电路,在高频放大器和振荡器中,隧道二极管的这个区域很有用。事实上,通过隧道效应电流穿过了二极管的正常势垒区。当正偏压继续增加时,正常二极管的特性势垒区将被克服。由于重掺杂,反偏置也有显著的电流流通。

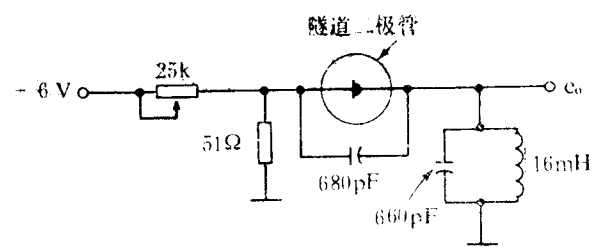


图 1-12 隧道二极管振荡电路

如在图 1-12 所示的典型的振荡器电路中,25kΩ 电位器和 51Ω 电阻器构成一个分压器,把偏压加到隧道二极管上。隧道二极管充当一个开关支撑着振荡电路的振荡(660pF 电容器和 16mH 电感器)。这个电路工作大约在 100 千赫兹。

1-5 压控变容二极管

反偏置二极管显示压控变容二极管(VVC)的性质。P 和 N 区充当极板,耗尽区充当介质,很小的反偏压产生很大的电容,增加偏压电容量减少(见图 1-13)。电容量的单位为微微法,假如这个二极管变为正偏置,电容被破坏,这个二极管就当做普通二极管使用。

VVC 二极管用于电子调谐电路。它们和普通二极管一样,稳定,可靠,反应快,有很宽的频率范围。由于 VVC 二极管的调谐使用电调谐而不是机械调谐,在遥控调谐中得到很好的利用。有些制造厂生产 VVC 二极管采用的商品名称叫做变容二极管、压控变容器、桥连电容、伏特电容等。

如图 1-14 所示的中调谐电路,VVC 二极管是反偏置,用控制电压的数量来变更与振荡电路并联的电容,电容的变更达到回路的调谐,串联电容隔断直流电压使它达不到振荡回路。

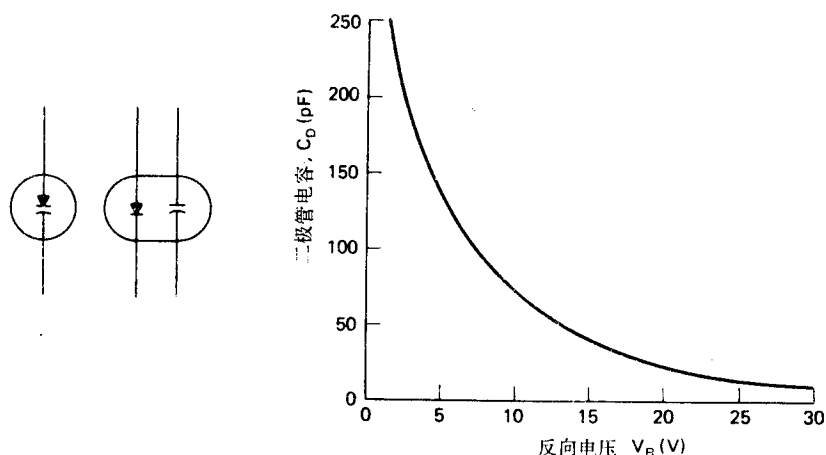


图 1-13 VVC 二极管示意图和特性曲线

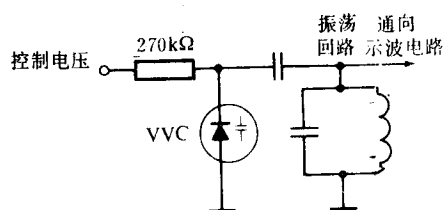


图 1-14 VVC 二极管调谐电路

1-6 其他二极管

逆向二极管和稳压管类似,不同的是特殊掺杂,在反偏置比正偏置更快的击穿(见图 1-15),这种二极管可以用于整流小电平信号,在整流以前这样的信号很难放大。

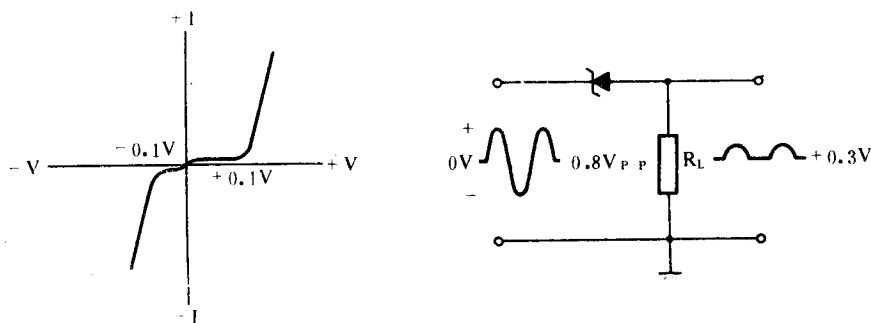


图 1-15 逆向二极管特性曲线和电路应用

肖特基二极管是单极型器件(图 1-16)。它的正极是金属做的,负极是 N 型材料做的。金属没有空穴,所以没有位垒区和耗尽区存在。使二极管的截止和导通比双向二极管快。肖特基二极管很适合高频检波。

阶跃恢复二极管(有时称做快速二极管)是特殊掺杂,靠近结时杂物的浓度很小(图 1-17)。正常二极管在低频时整流很好,但在高频时耗尽区来不及作开关转换,结果形成少量反向电流。快速二极管也会发生这种情况,只有在反偏置状态的一个定点上,二极管出现快速断开。这种二极管能应用到射频放大器和倍频器中。

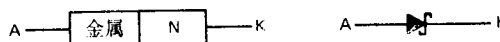


图 1-16 肖特基二极管结构和示意符号

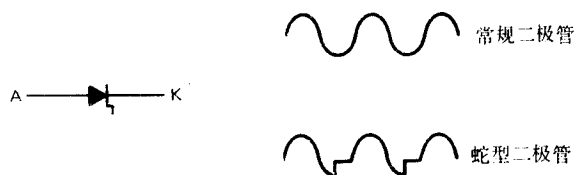


图 1-17 快速二极管示意符号和与正规二极管整流的比较

p-i-n 二极管在 p 和 n 结中间有一层薄的本征硅(见图 1-18)。在不加偏置时,本征区 i 没有自由电荷。在正偏置状态电子从 n 区流入 i 区,降低它的交流电阻。直流电流越大,交流电阻越低。这种特性可应用于射频调制器电路。

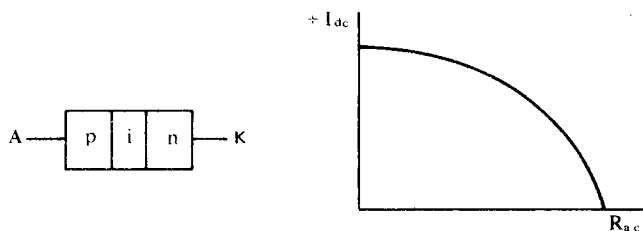


图 1-18 p-i-n 二极管结构

1-7 可控硅整流器

可控硅整流器(SCR)属于半导体开关元件系列(四层PNPN 固态元件)。它的正式名称是反向截断三极闸流管见图 1-19 所示。可控硅整流器象普通二极管那样地工作,只是通常要用一个正脉冲加到栅极,使它进入正偏置状态触发导通。一旦被触发导通,栅极失去对电流流通的控制,这使得可控硅的作用象一个闭锁开关。关闭可控硅必须把电流降低到最低维持电流以下。完成这一动作常常用断开负极或正极的引线或者用反向偏置。可控硅的特性曲线见图 1-20 所示。

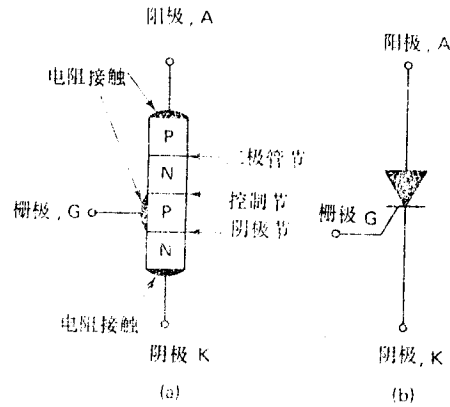


图 1-19 可控硅结构和示意图

(a)构造, (b)电路符号

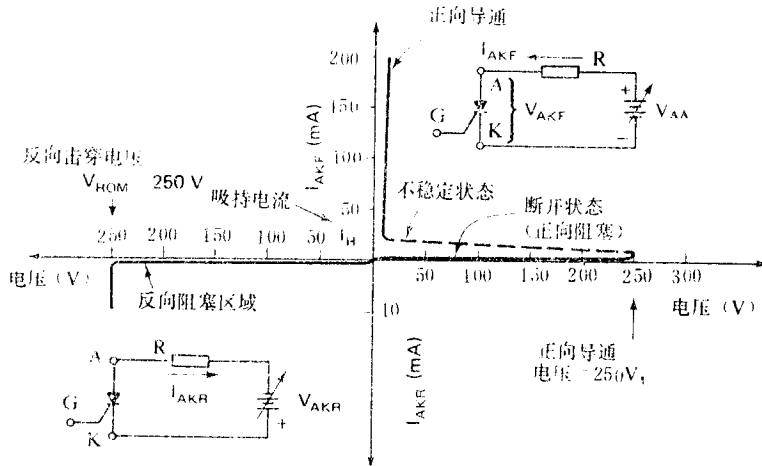


图 1-20 可控硅特性曲线

虽然可控硅的运行只在周期的正半周,它可以在交流控制下使用。最简单的电路只用一个电位器控制,从 0° 到 30° 可以使它触发,而导通时间会从 0° 到 180° 。给控制电路加一个电

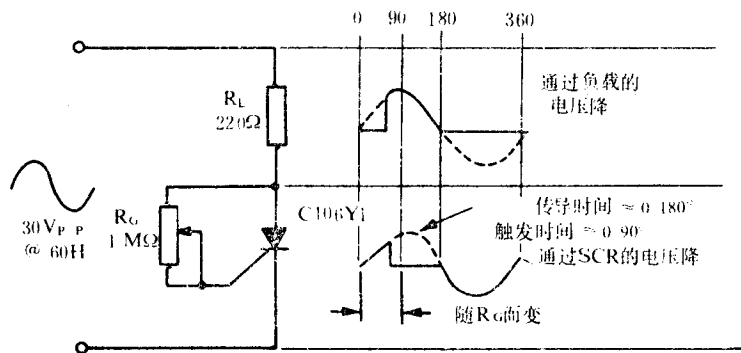


图 1-21 基本交流触发

容器可以把可控硅的触发时间延伸到 180° 。

当可控硅开路时(不导通),因为没有电流流通,它的端电压达到电源电压,而负载两端电压等于零,在触发之后可控硅的电阻很低,可控硅两端电压很小,而负载两端电压等于电源电压。可控硅的交流触发和 RC 相位控制触发见图 1-21 和 1-22 所示。

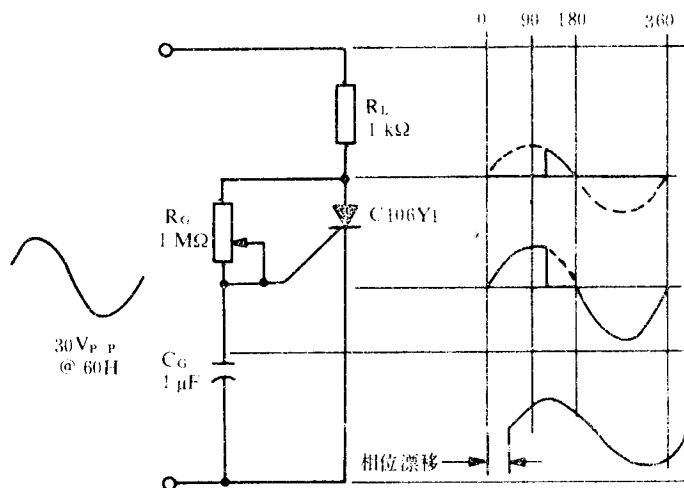


图 1-22 RC 相位控制触发

1-8 双向可控硅

双向可控硅(DIAC)的工作象两个背靠背的齐纳稳压器(图 1-23)。只要超过穿通电压,

双向可控硅可以在正反方向导通。在导通时由于负阻作用,双向可控硅两端的电压低于穿通电压。当经过双向可控硅的电流降低到最小支持电流以下时,即停止导通并形成开路。和其他固态工作一样,双向可控硅必须联接一些外部串联电阻,来限制电流以免烧毁。用限制尖峰脉冲方法,DIAC 可以充当保护器件。因为在电压穿通时有一个尖的电流脉冲,所以它们十分广泛的与其它闸流管电路共用。DIAC 的特性曲线和用 DIAC 作交流控制器如图 1-24 和图 1-25 所示。

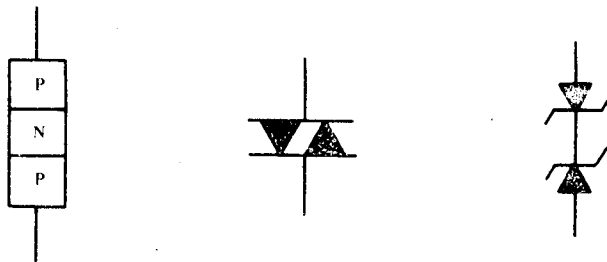


图 1-23 双向可控硅的结构、示意符号和等效电路

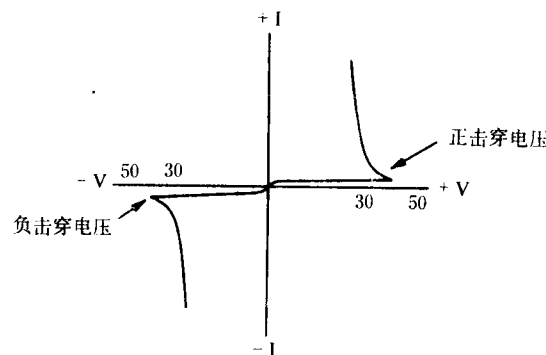


图 1-24 双向可控硅特性曲线

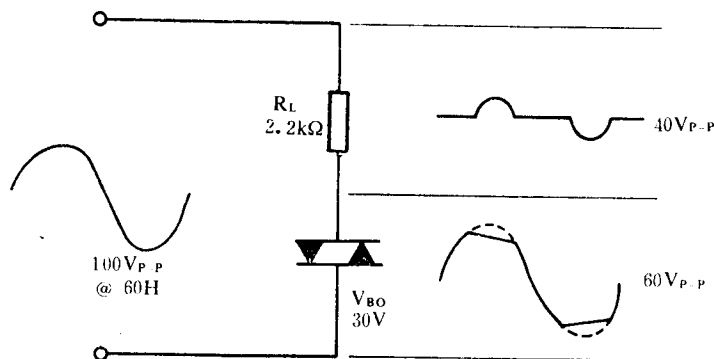


图 1-25 用双向可控硅做交流限制器