

实用电子电路

62例

〔美〕 RCA公司 编

科学普及出版社

72.76
306

实用电子电路62例

[美]RCA公司 编

李良巧 译 柯朴 校
阎立



科学普及出版社

8710274

0-19/15

内 容 提 要

本书介绍无线电爱好者、音乐爱好者、摄影师、汽车驾驶员和家庭主人都很感兴趣的62种实用电路。对每种电路的工作原理、制作方法和调试步骤作了详细叙述。每种电路还附有印制线路板图和元件位置图。对半导体器件的工作原理、基本电路、机械加工、工具使用、电路焊接、电路测试以及故障检修等也有简要说明。

本书适合我国广大无线电爱好者学习、参考和制作。各地乡镇企业亦可从中选用合适的产品。

RCA Solid-State Hobby Circuits Manual
Technical series HM-91

* * *

实用电子电路62例

〔美〕RCA公司 编

李良巧 译 柯朴 校
阎立

责任编辑：朱桂兰

封面设计：王序德

科学普及出版社出版(北京海淀区白石桥路32号)
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
保定科技印刷厂印刷

开本：850×1168毫米1/32 印张：13 字数：286千字
1986年11月第1版 1986年11月第1次印刷
印数：0001—23,000册 定价：2.30元
统一书号：15051·1163 本社书号：1090

前 言

《实用电子电路62例》介绍了六十多种非常实用的电路。所有的电子学爱好者，包括初学者直至专家，都能制作这些电路。书里对每一种电路的工作原理都作了详细的叙述，并附有实物照片、示意图、电路图、元件表和制作设计图。书中专门有一章按照爱好者的兴趣（如无线电、摄影、音乐等）对电路加以分类，从而使各方面的读者都能够很容易地找到自己所需要的有用电路。

书中还简要地叙述了用于各种电路中的半导体器件，包括硅整流管、晶体管、MOS场效应晶体管、可控硅和集成电路的理论和工作原理，还叙述了所采用的基本电路的理论和原理。本书还另辟章节，介绍了电路结构考虑以及所需工具、焊接技术、测试、故障检修等方面的知识。

目 录

一、固体器件的理论和工作原理	1
1.1 半导体材料	1
1.2 器件的类型	3
1.3 敏感元件	19
二、基本电路	21
2.1 放大器	21
2.2 振荡器	23
2.3 开关	25
2.4 指示灯电路	33
三、加工与制作	34
3.1 制作实践	34
3.2 引线图	45
3.3 装卸的特殊考虑	48
3.4 安全保护措施	53
四、测试与故障检修	55
4.1 基本步骤	55
4.2 有源元件的测试电路	57
4.3 电阻器和电容器的色标	60
4.4 晶体管测试仪	63
五、电路的应用	65
(本章按照读者的兴趣爱好,将书中的电路加以分类,以便各方面读者能找到自己所需要的电路。)	
5.1 对汽车司机有用的电路	65

5.2 对无线电爱好者有用的电路	86
5.3 对摄影爱好者有用的电路	70
5.4 对音乐爱好者有用的电路	72
5.5 家庭中有用的电路	74
5.6 游戏电路及新型电路	76

六、电路.....79

共有六十二种实用电路，每一种电路的叙述包括以下内容：简介、工作原理、调式、安全措施及制作方法。

电路1 稳压电源——变压器-整流器级	79
电路2 通用串联稳压电源	81
电路3 通用并联电源	83
电路4 有限调整范围的可变电压电源	84
电路5 0至12伏全可调稳压电源	86
电路6 集成电路9伏稳压电源	88
电路7 移位寄存器	91
电路8 计数电路	96
电路9 仪表显示器	120
电路10 大尺度灯光显示器	127
电路11 数码管显示器	132
电路12 24小时钟	138
电路13 12小时钟	144
电路14 走停钟	150
电路15 音频和电码练习振荡器	154
电路16 集成电路音频振荡器	158
电路17 通用的话筒前置放大器	162
电路18 宽动态范围的话筒前置放大器	165
电路19 集成电路话筒前置放大器	168
电路20 集成电路双通道混合器	171
电路21 多输入混合器	175

电路22	耳机或线路放大器	177
电路23	混合器、压缩器和线路放大器	179
电路24	立体声前置放大器和混合器	184
电路25	电唱机前置放大器	190
电路26	光电音频衰减器	195
电路27	集成电路无线话筒	198
电路28	集成电路的音频放大器-振荡器	201
电路29	7.5瓦音频放大器	205
电路30	15瓦立体声放大器	210
电路31	30瓦音频放大器	215
电路32	音频选频放大器	222
电路33	半自动键控器	227
电路34	全自动键控器	230
电路35	音频磁带键控器	236
电路36	音频操作开关	245
电路37	陷落式波频计	248
电路38	可变频率振荡器	251
电路39	可变频率振荡器的校准装置	257
电路40	100千赫晶体振荡器	263
电路41	视频线路放大器	266
电路42	电子节拍器	269
电路43	电子音调盒	271
电路44	六-八音度电子风琴	275
电路45	闪光灯	285
电路46	放大机曝光表	288
电路47	通用定时器	292
电路48	电灯调光器	296
电路49	温度报警器	298
电路50	集成电路报警器	303

电路51	正作用光控开关	309
电路52	<u>汽车转速计</u>	310
电路53	6 伏蓄电池充电电路	314
电路54	12伏蓄电池充电电路	318
电路55	汽车车灯监视器	322
电路56	警笛	324
电路57	“斯洛特”电子游戏机	326
电路58	电骰子	343
电路59	金属探测器	351
电路60	<u>电动机速度控制</u>	355
电路61	模型火车和赛车的速度控制电路	361
电路62	时间延迟电路	366
七、	钻孔和印制线路板样图	370
八、附录：	部分元器件性能表	404

一、固体器件的理论和 工作原理

固体器件或半导体器件是一种在电子设备里可以完成各种各样功能的多用途器件。同其他的电子器件一样，半导体器件具有几乎是瞬时控制电荷运动的能力。然而，与其他类型的电子器件相比，半导体器件又具有许多重要的优点。它不仅体积很小，而且重量很轻；另外，它没有灯丝或热子。因此，半导体器件不需要预热时间，也不需要灯丝电源。半导体器件总的功率消耗很小。由于半导体器件是固体结构，所以它不存在颤动噪声，而且结实可靠。

1.1 半导体材料

半导体器件利用固体里的电流进行工作。这一点与真空电子器件大不相同，真空电子器件是依靠真空或气体里的电荷流动而工作的。一般说来，根据传导电流的能力可以将所有的物质分成导体、半导体和绝缘体这三类。顾名思义，半导体的导电性差（电阻大），但比绝缘体的导电性要好（电阻小）。

在半导体器件里最常采用的材料是锗和硅。锗用在许多小功率和中功率的二极管和晶体管中，而硅由于可在高得多的温度下工作，尤其适合于制造大功率的器件。

加入少量的被称为“掺杂剂”或“杂质”的元素，可以提高半导体材料的导电性并实现对导电性的控制。例如，硼可以作硅的“掺杂剂”。采用不同类型的“掺杂剂”可以形成n型材料或p型材料，n型材料的晶体结构中有多余的电子，p型材料在其晶体结构里缺少电子。晶体结构中失掉电子的那些位置被称为“空穴”。

P-n结

当n型材料和p型材料形成一个p-n结时，如图1所示，则相互作用就产生了，即从n型材料出来的一些多余电子越过p-n结扩散到p型材料并与其空穴复合。这种相互作用在紧靠着结的附近形成一个窄小的空间电荷区（常被称为过渡层或耗尽层）。在这个区域里，p型材料由于补充电子的结果而得到少量的负电荷；相反，n型材料由于失去了多余的

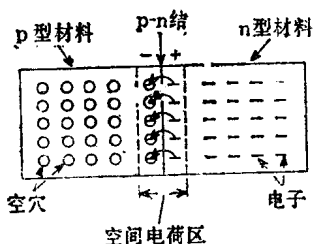


图1 p-n结上空穴和电子的相互作用

电子而带有少量的正电荷。因此，总的效应相当于有一个假想的电池按图1所示极性接在结的两端。在没有外接电路和外加电压的情况下，空间电荷区两端的电位差或电位梯度阻止p-n结两端的进一步扩散并在两种类型材料中保持不同的

特性。

电 流

当p-n结两端有一个外接电池时，则流过的电流的量值决定于外加电压的极性和它对空间电荷区的作用。图2(a)

示出电池被接成反向偏置的情况。这种连接方法有效地增大了空间电荷区的宽度，电位差将增大，直到接近于外加电池电压为止，因此，流过的电流是极小的。在图 2 (b) 中所示的加正偏压情况下，空间电荷区实际上变窄了，电位梯度也减小到一个很小的值，因此，只要保持正电压加上，电子就会连续不断地流动。

在分析电路时，习惯上把电流的方向规定为从正端流向负端，这样使用起来比较方便。然而，在研究半导体时，根据电子流和“空穴”流来思考电流的流动是有益的。电子流从负流到正；空穴流从正流到负。

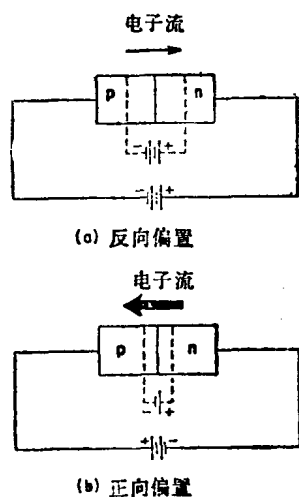


图 2 p-n 结加偏压时的电子流

1.2 器件的类型

硅整流管

从结构上看，硅整流管(或半导体二极管)是一个 p-n 结，其图形符号示于图 3。这种类型的整流管，可以在高达 200°C 的环境温度下工作。这时电流容量可达 400 安，电压可达 1,300 伏。为了得到更大的电流或更高的耐压，可以把两只或更多只整流管并联或串联起来使用。

由于这种整流管正向电流与反向电流的比值大，所以它

的整流效率高达99%。硅整流管还具有极好的寿命特性，就是

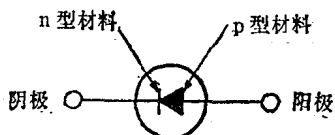


图3 硅整流管的图形符号

是说时效、潮湿或温度对它的影响极小。然而，结温度的突然升高很容易引起硅整流管的损坏。大电流的冲击，或环境温度变化过大，都会造成结温度的突然升高。这种整流管体积很小，重量很轻，而且可以

做得受振动的影响较小。

图4示出硅整流管在正向偏压和反向偏压两种情况下的电压-电流特性。当加正向偏压(整流管阳极相对于阴极为正)时，整流管的工作很象一只小电阻。正向压降 $+V$ (一般为0.6伏)就是克服 $p-n$ 结上的空间电荷区电位梯度所需要的电位。只要电路里的电流在整流管的额定值之内，这个电压降就基本保持不变。然而，如果加在器件上的电压增大(比如，故意提高电压，或者器件受到高电压冲击)到使电流显著地超过额定值时，则正向压降就会变成为过大，并且会造成整流管的永久性损坏。

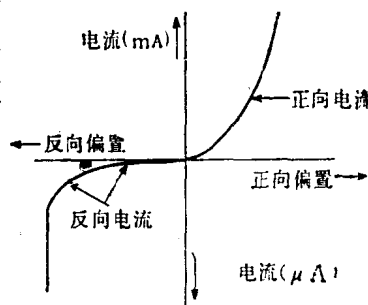


图4 硅整流管的电压-电流特性

在正常的反向偏压下，硅整流管电流在几微安范围之内。假如反向偏压超过图4所示的反向峰值电压额定值(PRV)时，那么反向电流就会非常迅速地增加。当偏压超过最大额定值时就会损坏整流管。在桥式整流电路或全波整流电路中，可以把若干只整流管串联使用，这样就能达到高电

压电源所要求的反向峰值电压。

齐纳 (Zener) 二极管 (或稳压二极管) 是一种特殊类型的整流管, 它具有如下特点, 即: 尽管其输入电流有较大变化, 而电路里的齐纳二极管两端的电压却保持不变。

双极型晶体管

双极型晶体管可以看成是两个背靠背连接的二极管 ($p-n$ 结), 如图 5 所示。两端的厚层部分是用同一种类型的材料制作的 (在图 5 情况下为 n 型材料), 而中间被一层很薄的相反类型材料隔开 (在图 5 中为 p 型材料)。当电池按图示极性连接时, 左边的一个 $p-n$ 结加的是正向偏压 (正偏结), 电流很容易通过 (低阻); 右边的一个 $p-n$ 结为负偏压 (反偏结), 阻止电流的流动 (高阻)。正偏结电流几乎全部通过很薄的中间区, 并且流过反偏结。有很小一部分电流从基极流出, 这基极电流决定了反偏结电流的大小。在这里, 是用一个小电流去控制一个

大得多的电流, 这样就实现了功率放大。由于晶体管具有功率放大作用, 这使它可以用作放大器件和信号控制 (开关) 器件。(应该注意: 晶体管是电流放大器件, 而不象真空管是电压放大器件。)

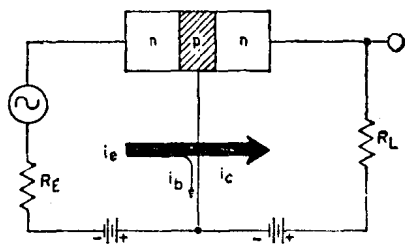


图 5 接成功率放大电路的
 $n-p-n$ 晶体管结构。箭头示出
电子流动的方向

晶体管的电路图形符号示于图 6。器件的三个电极分别称为发射极 (E), 基极 (B) 和集电极 (C)。在正常工作

时, 发射极-基极结要接成正向偏压, 集电极-基极结则要接成反向偏压。发射极引线上的箭头用来标志晶体管是 $p-n-p$ 型还是 $n-p-n$ 型, 并且这箭号还表示通常定义的电路中电流的方向。除了偏压极性相反和电子流动的方向相反之外, $p-n-p$ 型器件的工作原理和图 5 所示的 $n-p-n$ 型器件是一样的。

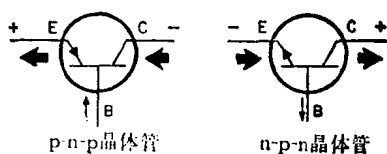


图 6 $p-n-p$ 和 $n-p-n$ 晶体管的电路图形符号。圆圈外面的箭号表示电子流动的方向

晶体管可以组成三种电路: 共基极电路, 共发射极电路和共集电极电路。这三种接法的电路示于图 7。在三种接法中, 发射极电流均等于基极电流和集电极电流之和。表 I 列出这

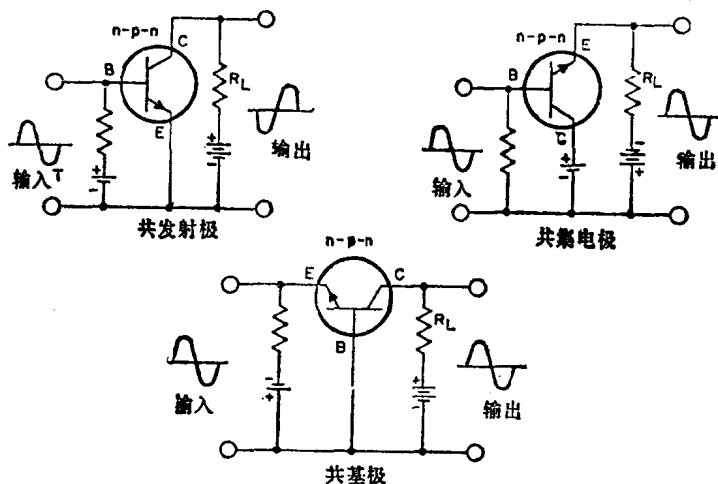


图 7 共发射极, 共集电极和共基极晶体管电路

三种晶体管电路的重要特征

表 I

	共 基 极	共 发 射 极	共 集 电 极
电 压 增 益	≥ 200	≥ 200	略 小 于 1
电 流 增 益	略 小 于 1	近 似 为 50	近 似 为 50
功率增益(电压增益乘电流增益)	≥ 200 (近似为电压增益)	高达 10,000	近 似 为 50 (与电流增益一样)
相 位	不 反 相	反 相	不 反 相
输入信号加到	发 射 极	基 极	基 极
输出阻抗(欧)	高 (2000 ~ 10,000)	高 (50 ~ 50,000)	低 (5 ~ 5,000)
输入阻抗(欧)	低 (10 ~ 50)	低 (20 ~ 5,000)	高 (5,000 ~ 1,000,000)
输出信号取自	集 电 极	集电极	发 射 极

三种接法的特性。

MOS场效应晶体管

场效应晶体管不象本书所叙述的其他晶体管，那些晶体管都是双极型器件。双极型晶体管在工作时，半导体中的两种载流子(电子及空穴)都起主要作用。双极型晶体管的名称就是由此而来。场效应晶体管是单极型晶体管，即工作时仅仅是一种类型的载流子(在p沟道器件里是空穴，而在n沟道器件里则是电子)起作用。

场效应晶体管的工作原理可以用电荷控制概念来说明。栅极是一个金属控制电极，它的作用是一个电荷贮存或控制元件。栅极上所加的电荷在栅极正下方的半导体层或沟道里感应出数量相等而极性相反的电荷。在沟道里所感应的电荷可用于控制两接点之间的导电能力，这两个接点被称为源极

和漏极，位于沟道的两端。

在MOS（金属-氧化物-半导体）场效应晶体管里，用一种绝缘材料使一个或若干个金属电极（栅极）与半导体材料隔离，如图8所示。在这些绝缘栅极加上合适的偏压，可以把有用的载流子沟道（从源极至漏极的沟道）耗尽，还可在不增大稳态输入电流或不降低功率增益的情况下增加沟道的导电能力。在本书电路里所采用的所有场效应管都是绝缘栅场效应晶体管。

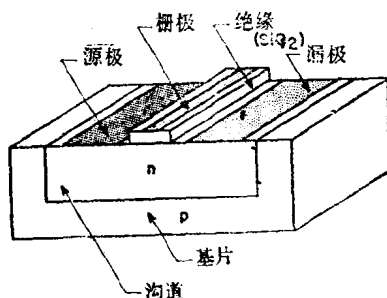


图8 MOS场效应晶体管的结构

MOS场效应管分为耗尽型和增强型两种。在耗尽型场效应管里，在不加栅压时，沟道里就有载流子，栅极上加反向电压就把这些电荷耗尽，从而减小沟道的导电性。栅极加上正向电压就会使更多的载流子进入沟道，从而增加沟道的导电性。在增强型场效应晶体管里，栅极必须加正向偏压才能产生有用的载流子，并经沟道导电，在栅极偏压为零或者是反向时，这种场效应管就不存在有用的沟道导电了。耗尽型的MOS晶体管特别适用于电压放大器，射频放大器和电压控制衰减器。增强型的MOS晶体管则特别适合于用作开关器件。

MOS晶体管可以利用电子导电（n沟道）或是空穴导电（p沟道），所以MOS场效应晶体管有四种不同的类型。如

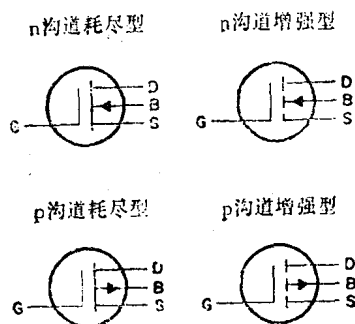


图 9 MOS晶体管的电路图形符号 (G = 栅极, D = 漏极, B = 激活块, S = 源极)

图 9 所示, MOS晶体管电路图形符号表示出它是n沟道还是p沟道, 是耗尽型还是增强型。

按照符号图中的箭头指向可以判断器件是n沟道还是p沟道:n沟道器件图形符号中的箭头指向沟道,p沟道器件的箭头离开沟道。关于沟道线的规定是:实线为“正常情况下为接通”的耗尽型,间断线为“正常情况下为断开”的增强型。

双栅极MOS场效应晶体管有两个独立的绝缘栅极。双栅极晶体管具备单栅极场效应晶体管的所有特性,而且更适宜在某些方面应用。

图10为双栅极MOS场效应晶体管的示意图。晶体管包括用两个沟道连接起来的三个扩散区,每个沟道受它自己的独立的栅极控制。

单元NO.1的作用如同一般的单栅极MOS场效应晶体管,中间扩散区为漏极,单元NO.2的作用象一只负载电阻。同样地,也可以把单元NO.2看作一只独立的三极管,而单元NO.1作用象一只源电阻。图11示出双栅极MOS场效应晶体管中两个单元的等效电路图,还示出了这种晶体管的引线图。