

第 3 章

电子电路识图

电子电路图是用来描述电子设备、电子装置的电气原理、结构、安装和接线方式的图样，是电子技术领域相互交流的共同技术语言，是指导电子产品生产、调试和维修的重要技术资料。电路图一般用元件的符号、代号来表示实物，用线条表示实物之间的连接关系。不同的符号、代号表示不同实物，在国内外有着统一的规定。识图是指在熟悉各种元器件的符号和掌握电子技术基础理论知识前提下对电路图所描述的功能、特点、工作原理等逐一分析与理解，掌握电路图给出的所有信息。能够读懂电子电路图就能够掌握电子电器的性能、工作原理以及装配和检测方法。因此，学习电子电路识图是从事电子电器生产、装配、调试及维修的关键环节。

3.1 电子电路图的种类

电子产品的制造和装配过程中使用的图纸有许多种类型，电子电路图主要有电路方框图、电路原理图、工艺安装图和印刷电路板图等。

1. 电路方框图

将电子电路的构成划分成几个功能模块，每个模块用方框来表示，方框中表明模块的功能，这种图形称为框图。框图是用来对复杂的电子电路组成、原理的简单描述或概括，在设计电路初期选定设计方案时经常采用。如图 3-1 所示，为一种典型的手机原理框图，表明了手机电路各部分的关系和整机的工作原理。

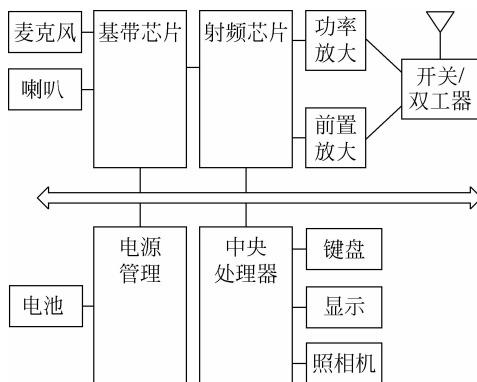


图 3-1 手机电子典型结构原理框图

2. 电路原理图

电路原理图是用来体现电子电路的工作原理的一种电路图。原理图描述了电子设备的电路结构、各单元电路的具体电路形式，以及各单元电路之间的连接方式；表明了输入、输出的参数要求，每个元器件的型号及性能参数。通过原理图可以清楚地知道电路设计的所有信息。因此，原理图是产品说明书、设计报告、论文及教科书中常采用的电路图形式。图 3-2 为晶体管收音机原理图。

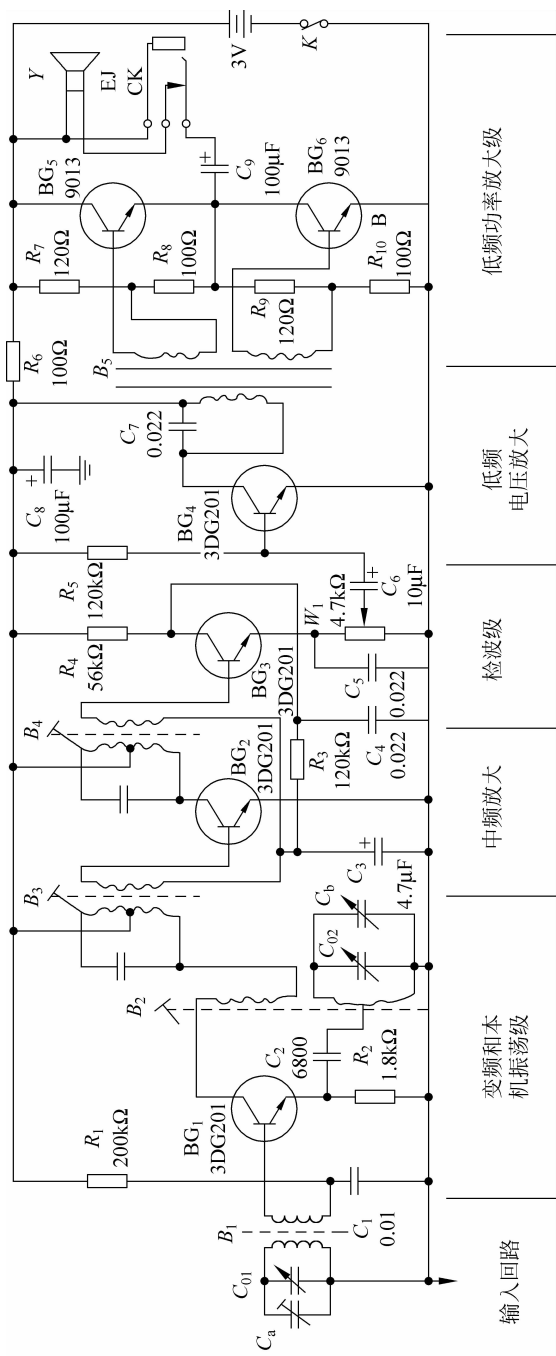


图 3-2 晶体管收音机原理图

3. 工艺安装图

工艺安装图是电路安装和焊接时使用的图,也称布线图。简单的安装图可以手工绘制,复杂的安装图则需要计算机来绘制。安装图可以分为正、反两个面,即正面安装元器件,反面布线、焊接。图 3-3 为一个实际晶体管收音机的安装示意图,从图中可以知道元器件及其连接关系。

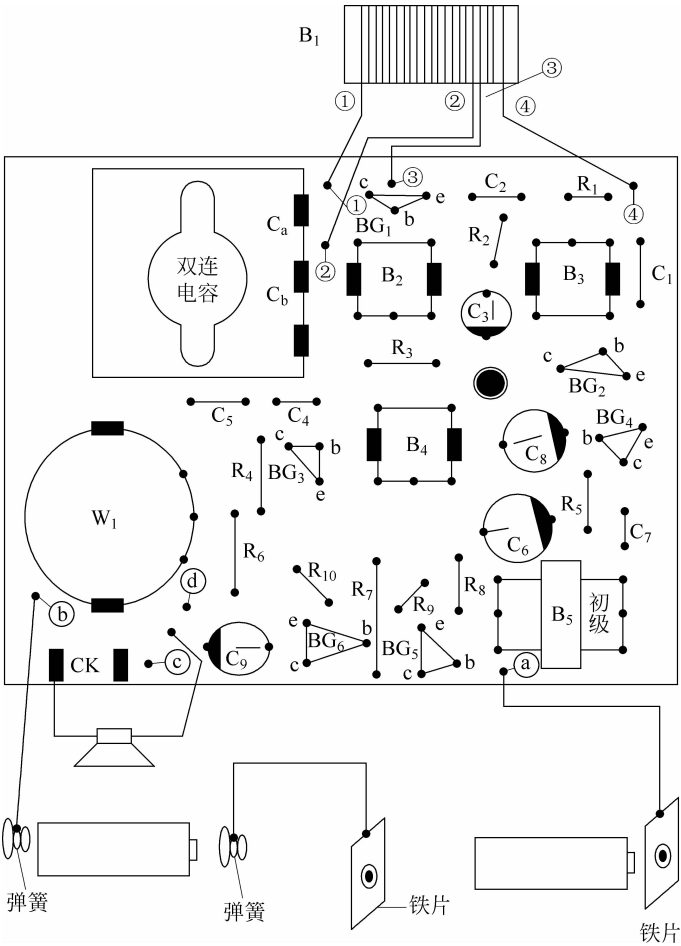


图 3-3 实际晶体管收音机的安装示意图

4. 印刷电路板图

印制电路板图又称印刷线路图。它是一种布线图,是用来制作印刷电路板的图纸。它是根据电路原理图设计的,它只印制线路和接点,不绘出元件的符号和代号。

3.2 电子电路的识图方法

所谓识图,就是对电路进行分析。识图能力体现了读者对所学知识的综合应用能力。通过识图可以学习别人的设计思想,并且可以提高自己的设计能力,这对一个电子技术从业

人员至关重要。例如,在实际工作中经常会遇到不熟悉的产品或设备,要求读者通过上述几种电路图将产品的原理读懂,这对读者来说可能是件比较难的事情,下面将给读者介绍识图的一般方法及步骤。

1. 熟悉元器件图形符号

在无线电电路图中,各种电子元器件都有其特定的表示方式,即元器件图形符号,开始识图首先要学会识别元器件符号。

(1) 电路符号的识别。图 3-4 是元器件图形符号的几个例子。

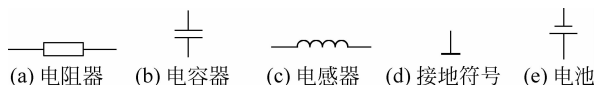


图 3-4 基本元器件的图形符号

(2) 元器件图形符号的标准化使用。国家标准中,一种电子元器件只有一种图形符号的表示形式。由于国家标准与国外一些国家的标准在某些方面存在不同,所以在进口机器的电路图中会出现一些与图 3-4 所示的几种元器件的图形符号不同的情况,看图时注意识别即可。

2. 了解用途

了解所读的电路用于何处及所起的作用,对于分析整个电路的工作原理、各部分的功能及性能指标均具有指导意义。因此,这一步骤是“识图”中非常重要的第一步。通常,对于已知电路均可以根据其使用场合大概了解其主要功能,有时还可以了解到电路的主要性能指标。

3. 化整为零

将所读电路分析为若干具有独立功能的部分,究竟分为多少部分,与电路的复杂程度、读者所掌握的基本功能电路的多少,以及识图的经验有关。有些电路的组成电路具有一定的规律,例如,通用型集成运算放大器一般有输入级、中间级、输出级和偏置电路 4 个部分;串联型稳压电源一般有调整管、基准电压电路、输出电压取样电路、比较放大电路和保护电路等部分;正弦波振荡电路一般有放大电路、选频网络、正反馈网络和稳幅环节等部分。

模拟电子电路分为信号处理电路、波形产生电路和电路的供电电源电路等。其中信号处理电路是最主要,也是电路形式最多的部分,而且不同电路对信号处理的方式和所达到的目的各不相同,例如,可对信号加以放大、滤波、转换等。因此,对于信号处理电路,一般以信号的流通方向为线索将复杂电路分解为若干基本电路。

4. 分析功能

选择合适的方法分析各个部分电路的工作原理和主要功能,这不但需要读者能够识别电路的类型(放大电路、运算电路、电压比较器等),而且还需要读者能够定性分析电路的性能特点(放大能力的强弱、输入和输出电阻的大小、振荡频率的高低、输出量的稳定性等)。

它们是确定整个电路功能和性能的基础。

5. 统观整体

首先将各部分电路用框图表示,并用合适的方式(文字、表达式、曲线、波形)简明扼要地表述其功能;然后根据各部分的联系将框图连接起来,得到整个电路的框图。由框图不仅能直观地看出各部分电路是如何相互配合来实现整个电路的功能的,还可定性分析出整个电路的性能特点。

以模拟集成运算放大器为例,集成运算放大器是模拟集成电路的重要组成部分,种类繁多,具体的电路结构千差万别,但其基本组成结构、基本构成原则在宏观上基本一致。集成运算放大器电路由输入级、中间级、输出级及偏置电路四大主要部分组成。集成运算放大器的结构如图 3-5 所示。

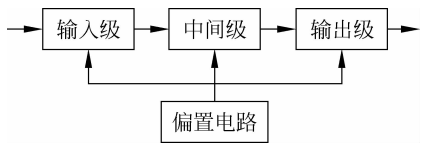


图 3-5 集成运算放大器的基本组成部分

(1) 偏置电路。偏置电路的作用是向各放大级提供合适的偏置电流,确定各级静态工作点。放大电路中,各级要完成的功能不同,因此对偏置电流的要求各不相同。对于输入级,通常要求提供一个比较小(一般为微安级)的偏置电流,而且应该非常稳定,以便提高集成运算放大器的输入电阻,降低输入偏置电流、输入失调电流及其温漂等。

(2) 输入级。集成运算放大器输入级的主要目的是抑制共模信号,且其性能对集成运算放大器的其他性能指标起决定性作用,是提高集成运算放大器质量的关键。为达到上述目标,输入级常采用差分放大电路的形式。差分电路形式主要有基本形式、长尾式和恒流源式。根据集成电路的工艺特点,集成电路中常用恒流源式差分电路作为输入级。

(3) 中间级。中间级的主要任务是提供足够大的电压增益。从这个目的出发,不仅要求中间级本身具有较高的电压增益,同时为了减少对前级的影响,还应具有较高的输入电阻。尤其当输入级采用有源负载时,输入电阻问题更为重要,否则将使输入级的电压增益大为下降,失去了有源负载的优点。另外,中间级还应向输出级提供较大的推动电流,并能根据需要进行单端输入至差分输出,或差分输入至单端输出的转换。

为了提高电压增益,集成运算放大器的中间级经常利用有源负载。另外,中间级的放大管有时采用复合管的结构形式。

(4) 输出级。集成运算放大器输出级的主要作用是提供足够的输出功率以满足负载的需要,同时还应具有较低的输出电阻以便增强带载能力,也应有较高的输入电阻,以免影响前级的电压增益。由于输出级工作在大信号状态,应设法尽可能减小输出波形的失真。此外,输出级应有过载保护措施,以防输出端短路或负载电流过大而烧毁功率管。

根据上述要求输出级一般采用功率放大电路。集成运算放大器中常采用互补对称电路的形式。

6. 性能估算

对各部分电路进行定量估算,从而得出整个电路的性能指标。从估算过程可知每一部分电路对整个电路的哪一性能产生怎样的影响,为调整、维修和改进电路打下基础。应当指出,读图时应首先分析电路主要组成部分的功能和性能,必要时再对次要部分进一步分析。

对于不同水平的读者和具体电路,分析步骤也不尽相同,上述思路和步骤仅供参考。

3.3 电子电路识图中的常见问题

在电子电路图识图的过程中,每个读者可能发生各种问题,但存在一定的共性,此处将电子电路图识图的过程中,尤其是在实物安装与焊接时,常出现的问题进行阐述,以提醒读者注意。

1. 识图中的一些常见问题

初学电子电路的读者,由于对电路图不熟悉,对无线电元器件不熟悉,在读电路图时经常发生一些差错。下面结合图 3-6 所示的晶体管单管收音机的电路图,来讲述识图过程中需要注意的问题。

(1) 分清器件极性。为了将元器件正确安装在电路板上,应该学会根据电路图将元器件对号入座。例如,二极管的符号,如图 3-6 中,连接在 15 点与 16 点之间的 VD 为二极管。三角形一边的引线代表正极,竖线一边的引线代表负极,所以连接二极管时,应当按线路正确连接二极管正负极。例如,图 3-6 中 15 点或 17 点的位置,如果错把连接二极管的正极一边接到 16 点或 18 点,这样这个线路图就接错了。二极管如果连接错误,轻则原理错误,重则二极管烧毁或击穿。另外,像三极管的 E、B 和 C 三个电极,电解电容的正负极,输出、输入变压器的一次、二次引线等,也经常会发生接错的现象。因此,要学会正确区分管子的正、负极。

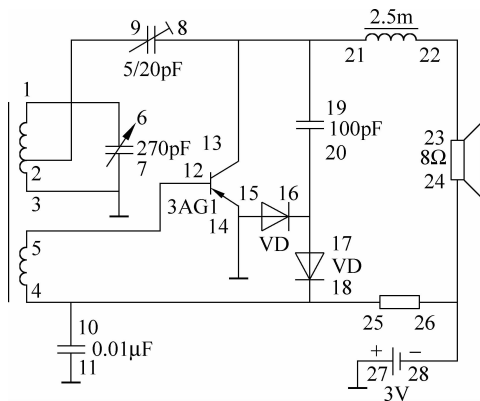


图 3-6 晶体管单管收音机电路图

(2) 分清连接点。正确地读图,避免把不该连接的地方连在一起。如图 3-6 中 2 点和 9 点连,1 点和 6 点连,但 2 点和 9 点的连线与 1 点和 6 点之间是不应该连接的(即导线金属部分不能连接在一起)。正确的读图方法是图中在有交叉线的地方,如果在交叉的部分加上黑点,说明交叉的导线是连接在一点上的。

(3) 排好焊接顺序。在实物焊接时,由于实物及连接线混在一起,不像电路图那样清晰,容易造成混乱,因此,应该注意区别焊完和未焊接头,严格按照电路一步一步往下进行。用过一个元件的一根引线后,本来应该用这个元件的另外一根引线去接别的元件,但由于不仔

细,即一根引线端 26 点要接 24 点和 28 点,另外一根引线端 25 点要接 18 点、10 点和 4 点。一个电阻要同时连接这么多点,焊接时要特别注意,要做到心中有数,最好在装配图中做好标记,以示区别。

(4) 最后应检查焊点。电路焊好后,要仔细检查各部分连线是否有差错。检查无误后方可合上电源开关,用仪表测试。

2. 识图中的几点经验

读电路图是一件认真、仔细的工作,要经常训练,不断总结经验,这样才能熟练掌握读电路图的方法。笔者在实践中总结了几条经验,可供读者参考。

(1) 要理解“接地”符号的意思,记住接地符号和接地符号之间就等于导线接在一起,是一个真公共节点,并不是真正的“接地”。如图 3-6 中,三极管发射极 14 点是接地的,0.01 μ F 电容 11 点也是接地的,如把 0.01 μ F 的电容的另一端 11 点接到三极管的发射极上或者把发射极 14 点接到电容的 11 点都是一样的。

(2) 正确理解节点之间的连接关系,假设有 A、B、C 三点,规定 A 点需和 B 点接,但如果 BC 两点已有线连接在前,那么把 A 点和 C 点连接起来也就等于把 A 点和 B 点连接起来。这一点在看电路图时是很重要的。例如,图 3-6 中 24、26、28 三点是连在一起的,如果 24 点已和 28 点连好,那么 26 点接一个 24 点(或接一个 28 点)这样三个点就等于连在一起了。

(3) 为了避免电路漏接或错接,在按照电路图安装电路时,安装完一条线用红笔在电路图相应的这条线上描一下。如图 3-6 中,焊完 1 点和 6 点这条连线,就用红笔在电路图节点 1 和 6 中间的黑线上描一下,这样图就描完了,电路也就焊好了。这对初学者显得格外重要。

(4) 为了能更好地了解电路的各种功能,应该掌握电子电路中的基本单元电路,要熟悉它们的原理和特点。例如,对各种放大、滤波、振荡和检波等基本电路都熟悉,这样要读收音机、音响等电路图就比较容易了。

(5) 为了熟练地识图、读图,平时应多参考电路图,多看有关书刊上的电路图,了解电路图的规范和不同画法。如图 3-7 中(a)和(b)的画法不一样,但电路的原理是一样的,所以读者应当能很熟练地看出这个问题。总之,学会读电路图并不难,只要了解电路的基本构成原理、制图规范,就不难做到熟练读图、识图。

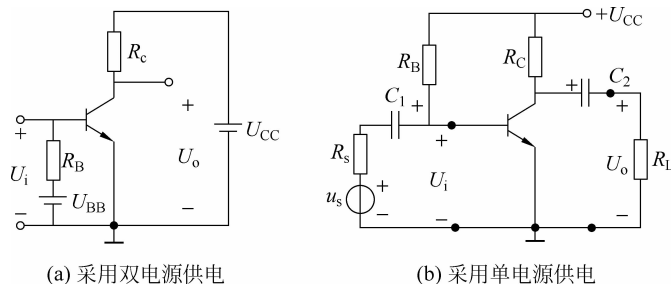


图 3-7 共射放大电路的两种不同画法

3. 如何识读印制电路板电路图

在制作各种小制作或各种电子装置时,经常会遇到印制电路板(俗称印制板)电路图,如图 3-8 所示是一种晶体管单管收音机的印制板电路图。

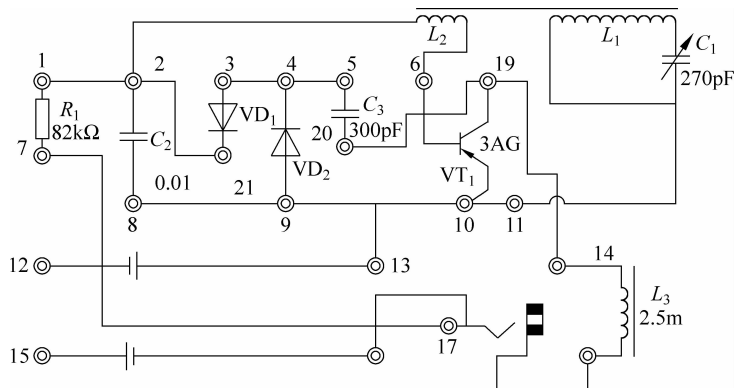


图 3-8 印制板铜箔面

印制板电路图一般都是给出有铜箔一面的连线情况,如 3-8 所示,另一面只有一个个小孔,如图 3-9 所示。下面结合图 3-8 和图 3-9 说明如何看印制板电路图。为了说明方便,把印制板电路图中的焊盘(插元器件的小孔)都编上了号,实际印制板电路途中没有这些编号。图 3-8 中标明 1、7 两个焊盘间要接一个 $82\text{k}\Omega$ 的电阻; 4、9 两个焊盘间要接一个二极管 VD_2 , 并且 VD_2 的负极接焊盘 4; 焊盘 10、6、19 应分别接 VT (三极管)的 E、B 和 C 三个电极。但实际安装时并不是把元器件安装在印制板铜箔一面,而是按图 3-9 把元器件从印制板一面(无铜箔的一面)插在电路板上(图 3-9 中的编号和虚线是为说明清楚而加上的,实际电路板没有,只有一个个小孔)。

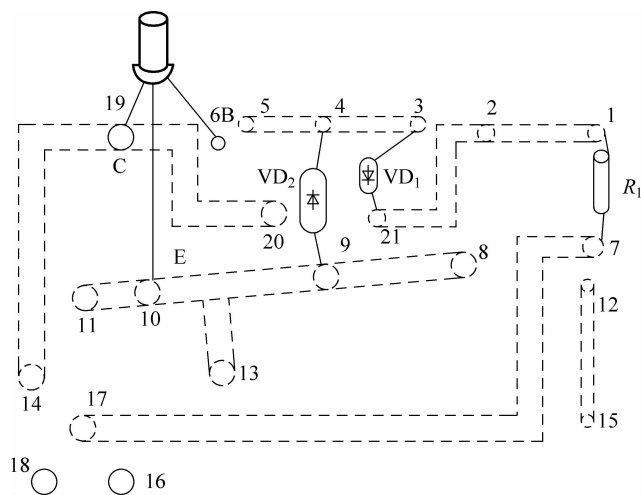


图 3-9 印制板胶木板面

安装时找到图 3-9 中和图 3-8 中相对应的焊盘孔,如 R_1 ($82k\Omega$) 从 1、7 两个焊盘中插入; VD_2 的负极从焊盘 4 插入, VD_2 的正极从焊盘 9 插入; VT 的 E、B 和 C 三根引线分别从焊盘 10、6、19 插入,以此类推。插好元器件后,再翻到印制板有铜箔的一面,用电烙铁把元器件的引线焊在焊盘上。

实际安装时,可以从印制板胶木板一面插一个元件,然后翻到铜箔一面焊一个元件(业余无线电爱好者多采用这种方式);也可以从胶木板一面把所有元器件都插上,然后再翻到铜箔一面,一个个地焊接。焊好元器件后,应把多余的元器件引线齐根剪断,以保持焊点的整齐干净。

3.4 元器件符号识读

如果把电路图比作一篇文章,那么各种单元电路就好比是句子,而各种元器件就是组成句子的单词。所以要想看懂电路图,还得从认识单词(元器件)开始。有关电阻器、电容器、电感线圈、晶体管等元器件的用途、类别、使用方法等内容已经在本书的第 2 章进行了详细介绍,此处只把电路图中常出现的各种符号重述一遍,希望读者熟悉它们。

1. 电阻器与电位器

符号详见图 3-10 所示,其中,(a)表示一般的阻值固定的电阻器;(b)表示半可调或微调电阻器;(c)表示电位器;(d)表示带开关的电位器。电阻器的文字符号是“R”,电位器是“RP”,即在 R 的后面再加一个说明它有调节功能的字符“P”。

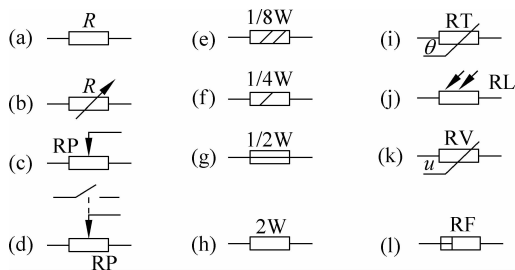


图 3-10 电阻在电路中的符号

在某些电路中,对电阻器的功率有一定要求,可分别用图 3-10 中(e)、(f)、(g)、(h)所示的符号来表示。

下面介绍几种特殊电阻器的符号。

(1) 热敏电阻符号,热敏电阻器的电阻值是随外界温度变化而变化的。有的是负温度系数的,用 NTC 来表示;有的是正温度系数的,用 PTC 来表示。它的符号见图 3-10(i),用 θ 或 t° 来表示温度。它的文字符号是“RT”。

(2) 光敏电阻器符号,见图 3-10(j),有两个斜向的箭头表示光线。它的文字符号是“RL”。

(3) 压敏电阻器的符号,压敏电阻阻值是随电阻器两端所加的电压而变化的。符号见

图 3-10(k),用字符 u 表示电压。它的文字符号是“RV”。这 3 种电阻器实际上都是半导体器件,但习惯上仍把它们当作电阻器。

(4) 保险电阻,它兼有电阻器和熔丝的作用。当温度超过 500°C 时,电阻层迅速剥落熔断,把电路切断,能起到保护电路的作用。它的电阻值很小,目前在彩电中用得很多。它的图形符号见图 3-10(l),文字符号是“RF”。

2. 电容器的符号

详见图 3-11 所示。其中,(a)表示容量固定的电容器;(b)表示有极性电容器,例如各种电解电容器;(c)表示容量可调的可变电容器;(d)表示微调电容器;(e)表示一个双连可变电容器。电容器的文字符号是“C”。

3. 电感器与变压器的符号

电感线圈在电路图中的图形符号见图 3-12。其中,(a)是电感线圈的一般符号;(b)是带磁芯或铁芯的线圈;(c)是铁芯有间隙的线圈;(d)是带可调磁芯的可调电感;(e)是有多个抽头的电感线圈。电感线圈的文字符号是“L”。

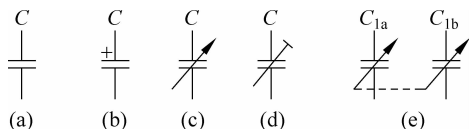


图 3-11 电容在电路图中的符号

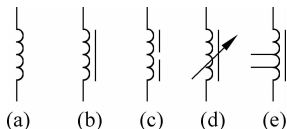


图 3-12 电感器与变压器的符号

变压器的图形符号见图 3-13。其中,(a)是空心变压器;(b)是磁芯或铁芯变压器;(c)是绕组间有屏蔽层的铁芯变压器;(d)是次级有中心抽头的变压器;(e)是耦合可变的变压器;(f)是自耦变压器;(g)是带可调磁芯的变压器;(h)中的小圆点是变压器极性的标记。

4. 送话器、拾音器和录放音磁头的符号

送话器的符号见图 3-14(a)、(b)、(c)所示。其中,(a)为一般送话器的图形符号;(b)是电容式送话器;(c)是压电晶体式送话器的图形符号。送话器的文字符号是“BM”。

拾音器俗称电唱头。图 3-14(d)是立体声唱头的图形符号,它的文字符号是“B”。图 3-14(e)是单声道录放音磁头的图形符号。如果是双声道立体声的,就在符号上加一个“2”字,见图 3-14(f)。

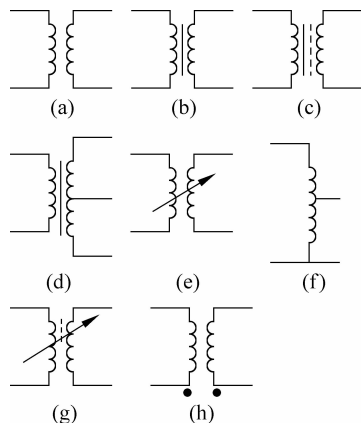


图 3-13 变压器的图形符号

5. 扬声器、耳机的符号

扬声器、耳机都是把电信号转换成声音的换能元件。耳机的符号见图 3-14(g)。它的文字符号是“BE”。扬声器的符号见图 3-14(h),它的文字符号是“BL”。