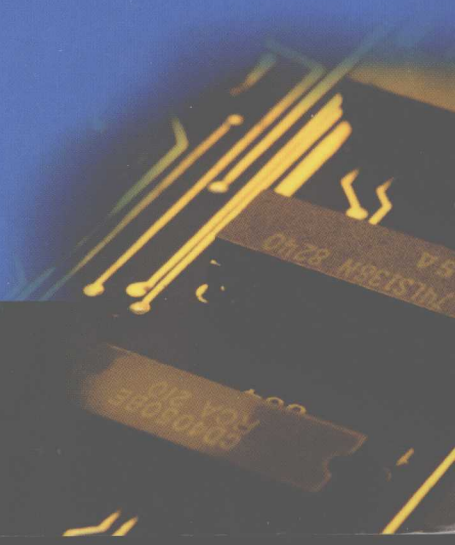


技工识图速成技法系列丛书

电子电路

识图速成与技法

主编 程美玲 王艳春 / 凤凰出版传媒集团 江苏科学技术出版社



林工国通电路快速入门系列

电子电路



速成与技法

林工国通电路快速入门系列



技工识图速成技法系列丛书

电子电路识图速成与技法

程美玲 王艳春 主编

凤凰出版传媒集团
江苏科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

电子电路识图速成与技法 / 程美玲主编. —南京:
江苏科学技术出版社, 2007. 5

(技工识图速成技法系列丛书)

ISBN 978-7-5345-5433-9

I. 电… II. 程… III. 电子电路—识图法 IV. TN710

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第043417号

技工识图速成技法系列丛书

电子电路识图速成与技法

主 编 程美玲 王艳春

责任编辑 汪立亮

责任校对 苏 科

责任监制 张瑞云

出版发行 江苏科学技术出版社(南京市湖南路47号, 邮编: 210009)

网 址 <http://www.pspress.cn>

集团地址 凤凰出版传媒集团(南京市中央路165号, 邮编: 210009)

集团网址 凤凰出版传媒网 <http://www.ppm.cn>

经 销 江苏省新华发行集团有限公司

照 排 南京展望文化发展有限公司

印 刷 江苏新华印刷厂

开 本 718 mm×1000 mm 1/16

印 张 19

字 数 350 000

版 次 2007年5月第1版

印 次 2007年5月第1次印刷

标准书号 ISBN 978-7-5345-5433-9

定 价 30.00元

图书如有印装质量问题,可随时向我社出版科调换。

QIAN YAN

前言

随着电子工业的飞速发展,电子产品及设备日新月异,技术含量越来越高,结构也越来越复杂,对电子技术人员的素质也提出了更高的要求。熟练识读电子电路图是对电子爱好者的基本要求,也是进一步学习各种专业电子技术的基础。但电子电路识图是一门技术,内容较多,知识层次跨度较大,因此,电子电路识图是一个循序渐进的过程。为了帮助电子技术人员,尤其是广大电子爱好者及电子电路的初学者在较短的时间内快速了解和掌握识读电子电路图的方法,我们组织有关工程技术人员编写了《电子电路识图速成与技法》一书。

本书在内容上突出实用性和针对性,使读者尽可能通过阅读此书就能解决工作中出现的各种问题。同时通过大量的识图举例,使读者快速了解和掌握识读电子电路图的方法与技巧。全书共分为五章,内容包括电子电路识图基础知识,电子电路基本器件及其特性,模拟电子电路图识读技法,数字电子电路图识读技法,综合实用电路图识读技法。本书通俗易懂,实用性强,可作为中等职业学校电子技术专业教材,也可作为电子技术生产、维修岗位的从业人员上岗培训教材,同时也是一本供广大电子爱好者自学的科普读物。

本书由程美玲、王艳春同志主编,参加编写的还有戴胡斌、徐峰、楚宜民、马建民、卢小虎、程国元、励凌峰、夏红民、陈玲玲、王亚龙、李茵、崔俊、金英等同志。该书在编

写过程中参考了大量的图书出版物和相关内部培训资料,在此向原作者和单位表示最诚挚的谢意。

限于作者水平,书中难免有错误和不当之处,恳请读者给予不吝指正。我们诚挚地希望本书能为广大电子技术工人朋友学习识图知识带来更多的帮助。

编 者

2007 年 3 月于上海

MU LU

目录

第一章 电子电路识图基础知识	1
第一节 电子电路识图的基本概念	1
第二节 电子线路图的识读方法及步骤	6
第三节 常用电子元器件的图形符号和文字符号	13
第二章 电子电路基本元器件及其特性	25
第一节 电阻器和电位器	25
第二节 电容器	35
第三节 电感	44
第四节 二极管	48
第五节 晶体三极管	53
第六节 场效应管	63
第三章 模拟电子电路图识读技法	77
第一节 基本放大器	77
第二节 负反馈放大器	94
第三节 低频功率放大器	108
第四节 正弦波振荡器	121
第五节 直流稳压电源	140
第六节 集成运算放大器电路	159
第四章 数字电子电路图识读技法	171
第一节 逻辑代数	171
第二节 常用的“门”电路器件	182
第三节 组合逻辑电路识图	192
第四节 时序逻辑电路识图	218
第五节 数字电子电路识图方法	266
第五章 综合实用电路图识读技法	271
第一节 集成电路识图方法	271
第二节 识图举例	274

1

第一章

电子电路识图基础知识

随着电子工业的飞速发展,电子产品及设备日新月异,技术含量越来越高,结构也越来越复杂。特别是性能优、功能强的家用电器,如大屏幕彩电、VCD/DVD 播放机、音响、冰箱、空调、电话、电脑、手机以及各种小家电等。由于这些电器都是由各种电子电路组成的,因此,如果我们要想正确地掌握和使用,尤其是维修这些产品,就应该首先学会识读电子电路图。

电子电路识图是一门技术,内容较多,知识层次跨度较大,因此,电子电路识图是一个循序渐进的过程。了解电子元器件的性能、特点和使用方法,学会基本电路图的分析方法,是对电子爱好者的基本要求,也是进一步学习各种专业电子技术的基础。

第一节 电子电路识图的基本概念

电路图又称为电路原理图,是一种反映无线电和电子设备中各元器件的电气连接情况的图纸。电子电路图是电子产品和电子设备的“语言”。它是用特定的方式和图形文字符号描述的,可以帮助人们去尽快地熟悉设备的构造、工作原理,了解各种元器件、仪表的连接以及安装。通过对电路图的分析和研究,我们可以了解电子设备的电路结构和工作原理。因此,如何看懂电路图是学习电子技术的一项重要内容,是进行电子制作或修理的前提,也是无线电和电子技术爱好者必须掌握的基础。

电子电路的识图,也称读图,是一件很重要的工作。若要对一台电子设备进行电路分析、维护,甚至加以改进等,首先应该读懂它的电路原理图。对于电子设备的使用者来说,最主要的要求是掌握设备的使用操作规程。但是,如果能够进一步懂得设备的原理,就能更加正确、充分、灵活地使用。另外,具备了电子电路的识图能力,有助于我们迅速熟悉各种新型的电子仪器

设备。因此,识读电子电路图是一名从事电子技术工作的人员,尤其是初学者的基本功。

识图的过程是综合运用已经学过的知识,分析问题和解决问题的过程,因此,在学习识图方法之前,首先必须熟悉、掌握电子技术的基本内容。但是,即使初步掌握了电子技术的基础知识,一开始接触具备设备的电路图时,仍然会感到错综复杂,不知从何下手。实际上,识读电子电路图还是有一定规律可循的。

一、电子电路图的构成

电子电路图的表现形式具有多样性,这往往会使电子爱好者在学习、理解复杂电子电路工作原理时感到困难,更谈不上去设计各种电子电路,因此首先要了解电子电路图的一般构成及特点。

电子电路图一般由电原理图、方框图和装配(安装)图构成,具体构成如图 1-1 所示。

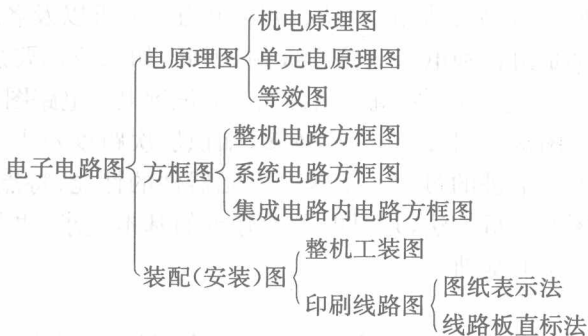


图 1-1 电子电路图的构成

1. 电原理图

电原理图是用来表示电子产品工作的原理图。在这种图上用符号代表各种电子元件。它给出了产品的电路结构、各单元电路的具体形式和单元电路之间的连接方式;给出了每个元器件的具体参数(如型号、标称值和其他一些重要参数),为检测和更换元器件提供依据;给出了许多工作点的电压、电流参数等,为快速查找和检修电路故障提供方便。除此以外,还提供了一些与识图有关的提示、信息。有了这种电路图,就可以研究电路的来龙去脉,也就是电流怎样在机器的元件和导线里流动,从而分析机器的工作原理。

单元电原理图是电子产品整机电原理图中的一部分,并不单独成一张图。在一些书刊中,为了给分析某一单元电路的工作原理带来方便,将单元电路单独画成一张图纸。下面我们通过图 1-2 所示调幅音频发射电路图的例子,作进一步的说明。调幅音频发射电路其发射频率可在 500~1 600 kHz

之间调整, C_1 、 C_2 、 L_1 、 VT_2 组成调幅振荡器电路, 振荡频率可以通过调整 C_1 的电容量来调整。音频信号经过 VT_1 及其外围元件组成的放大电路放大后, 再经过 RP_1 、 C_3 耦合到 VT_2 基极, 与 VT_2 振荡器产生的载波叠加在一起后通过发射天线将音频信号发射出去。发射天线可以用一根 1 m 左右的金属导线代替, 元器件参数见图 1-2。

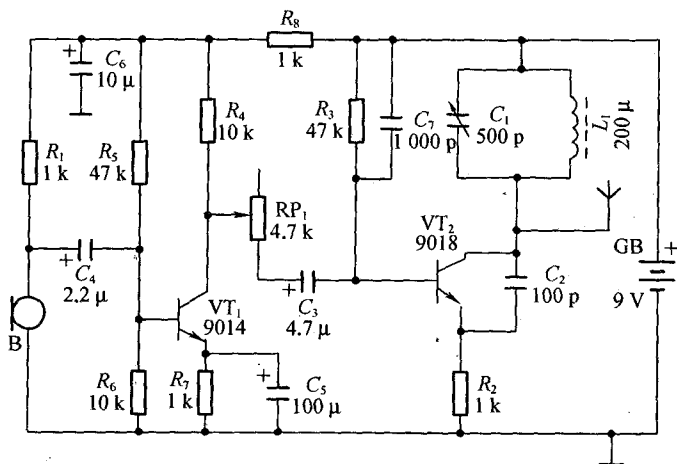


图 1-2 调幅音频发射电路

(1) 图形符号 图形符号是构成电路图的主体。在图 1-2 所示图中, 各种图形符号代表了组成调幅音频发射电路的各个元器件。例如, 小长方形“ $\square$ ”表示电阻器, 两道短杠“ $\perp$ ”表示电容器, 连续的半圆形“ $\sim$ ”表示电感器等。各个元器件图形符号之间用连线连接起来, 就可以反映出调幅音频发射电路的结构, 即构成了调幅音频发射电路的电路图。

(2) 文字符号 文字符号是构成电路图的重要组成部分。为了进一步强调图形符号的性质, 同时也为了分析、理解和阐述电路图的方便, 在各个元器件的图形符号旁, 标注有该元器件的文字符号。例如在图 1-2 所示图中, 文字符号“R”表示电阻器, “C”表示电容器, “L”表示电感器, “VT”表示晶体管等。在一张电路图中, 相同的元器件往往会有许多个, 这也需要用文字符号将它们加以区别, 一般是在该元器件文字符号的后面加上序号。例如在图 1-2 中, 电阻器分别以“ R_1 ”、“ R_2 ”等表示, 电容器分别标注为“ C_1 ”、“ C_2 ”、“ C_3 ”等, 晶体管有两个, 分别标注为“ VT_1 ”、“ VT_2 ”。

(3) 注释性字符 注释性字符用来说明元器件的数值大小或者具体型号, 通常标注在图形和文字符号旁, 它也是构成电路图的重要组成部分。例如图 1-2 所示图中, 通过注释性字符即可以知道: 电阻器 R_1 的阻值为 1 k Ω , R_2 的阻值为 1 k Ω ; 电容器 C_1 的电容量为 500 pF, C_2 的电容量为 100 pF, C_3 的电容量为 4.7 μ F; 晶体管 VT_1 、 VT_2 的型号分别为 9014、9018 等。注释性字

符还用于电路图中其他需要说明的场合。由此可见,注释性字符是分析电路工作原理,特别是定量地分析、研究电路工作状态所不可缺少的。

2. 方框图

方框图是表示该设备是由哪些单元功能电路所组成的图。它也能表示这些单元功能是怎样有机地组合起来,以完成它的整机功能的。

方框图仅仅表示整个机器的大致结构,即包括了哪些部分。每一部分用一个方框表示,有文字或符号说明,各方框之间用线条连起来,表示各部分之间的关系。方框图只能说明机器的轮廓、类型以及大致的工作原理,看不出电路的具体连接方法,也看不出元件的型号数值。

方框图一般是在讲解某个电子电路的工作原理时,介绍电子电路的概况时采用的。

按运用的程序来说,一般是先有方框图,再进一步设计出原理电路图。如果有必要时再画出安装电路图,以便于具体安装。

图 1-3 所示是固定输出集成稳压器的方框图。它给出了电路的主要单元电路名称和各单元电路之间的连接关系,表示整机的信号处理过程。这样,就能对整机的工作过程有大致地了解。

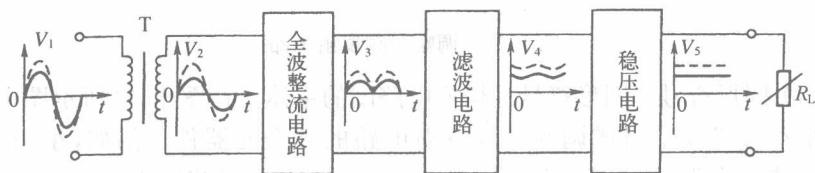


图 1-3 固定输出集成稳压器方框图

3. 装配图

装配图是表示电路原理图中各功能电路、各元器件在实际线路板上分布的具体位置以及各元器件端子之间连线走向的图形,图 1-4 所示为固定输出集成稳压器印刷电路板装配图。

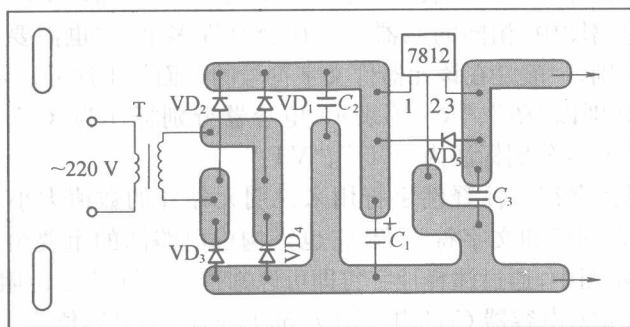


图 1-4 固定输出集成稳压器印刷电路板装配图

装配图也就是布线图,如果用元件的实际样子表示的又叫实体图。原理图只说明电路的工作原理,看不出各元件的实际形状,以及在机器中是怎样连接的,位置在什么地方,而装配图就能解决这些问题。装配图一般很接近于实际安装和接线情况。

如果采用印刷电路板,装配图就要用实物图或符号画出每个元件在印刷板的什么位置,焊在哪些接线孔上。有了装配图就能很方便地知道各元件的位置,顺利地装好电子设备。

装配图有图纸表示法和线路板直标法两种。图纸表示法用一张图纸(称印制线路图)表示各元器件的分布和它们之间的连接情况,这也是传统的表示方式。线路板直标法则在铜箔线路板上直接标注元器件编号。这种表示方式的应用越来越广泛,特别是进口设备中大多采用这种方式。

图纸表示法和线路板直标法在实际运用中各有利弊。对于前者,若要在印制线路图纸上找出某一只需要的元器件则较方便,但找到后还需要印制线路图上该器件编号与铜箔线路板去对照,才能发现所要找的实际元器件,有两次寻找、对照的过程,工作量较大。而对于后者,在线路板上找到某编号的元器件后就能一次找到实物,但标注的编号或参数常被密布的实际元器件所遮挡,不易观察完整。

二、电子电路的组成

任何复杂的电子电路都是由一些具有完整基本功能的单元电路组成,也就是说任何复杂的电子电路都可以分解为若干个单元电路。比如各种直流稳压电源,其技术指标可能有所不同,但就其电路组成而言,都是由变压器降压电路、整流电路、滤波电路以及稳压电路等单元组成的,如图 1-5 所示。交流市电由变压器降压后,经整流输出脉动直流电压,然后经滤波电路变为比较平滑的直流电压,最后由稳压电路进行稳压输出。

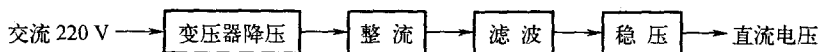


图 1-5 直流稳压电源的结构框图

复杂电路一旦被分解成若干个单元电路后,就可以从分析单元电路着手,去了解各单元电路的工作原理、性能特性及有关参数,进而分析每个单元电路和整机电路之间的联系,了解电路的设计思想。

这种把整机电路或总电路分解成单元电路,再把单元电路和整机电路或总电路挂起钩来的过程,就是对复杂电子电路从整体到局部,再从局部到整体的分析、理解的过程。这种过程是学习电子电路不可缺少的,也是掌握电子技术知识的一个重要环节。

三、单元电路的特点

1. 某一特定的电路功能

单元电路(如由三极管组成的各种放大电路、电容电感等元件组成的振荡电路、集成运算放大器组成的各种应用电路)都具有各自特定的电路功能,是可以单独使用的。

2. 通用性

电路的通用性表现为电路功能的基本性,如三极管放大电路最基本的功能是放大信号,几乎所有实际电路都包含三极管放大电路;又如振荡电路的基本功能是产生振荡波形,它广泛地应用于各种实际电路中。

3. 组合性

由于单元电路都是具备特定功能的电路,因而在电子电路设计过程中,可以根据需要去选择一个单元电路单独使用,也可以按一定的规律将多个单元电路恰当地组合在一起,成为一个新的电路。这种组合的过程,事实上是一个有意识的电路设计过程。

随着集成电路技术的发展,一块集成芯片配上一些外围元件就可完成许多特定的功能。例如在单片集成电路收音机中,一块集成芯片加上一些外围元件就可完成收音机的全部功能。对于像这类集成电路所组成的应用电路,也可以作为单元电路来使用。

第二节 电子线路图的识读方法及步骤

复杂的电子线路图,对于初学者来说,图上密密麻麻,看得眼花缭乱,根本不知从何下手识图,也不能从电子线路原理图中找出电子产品的故障所在,更不能得心应手地去设计各种各样的电子线路。其实,我们只要对电子线路图进行仔细观察,就会发现电子电路的构成具有很强的规律性,即相同类型的电子电路不仅功能相似,而且在电路结构上也是大同小异的。而任何一张错综复杂、表现形式不同的电子线路图都是由一些最基本的电子电路组合而成。我们如果将这些构成复杂电子线路图的最基本电路定义为基本单元电路,那么,我们只要掌握了这些最基本的单元电路,任何复杂的电路都可以看成是这些单元电路的组合。

例如:由分立元件组成的半导体超外差式收音机由变频、中放、检波、自动增益控制、前置低放、功放等6个单元电路所组成,如图1-6所示。彩色电视机可由高频电路、中频放大电路、视频检波电路、视频放大电路、伴音电路、色解码电路、同步分离电路、行扫描电路、场扫描电路、显像管电路、电源电路等组成,如图1-7所示。所以我们只要掌握了构成半导体收音机和彩色电视

机的单元电路,我们就可以很容易识读半导体收音机和彩色电视机的电路原理图。可见掌握最基本单元电路的识读,对于电子线路图的识读及学会电子线路图的设计,有着重要的意义。

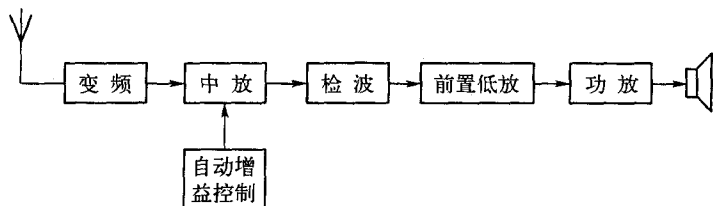


图 1-6 单元电路组成分立元件超外差式收音机示意图

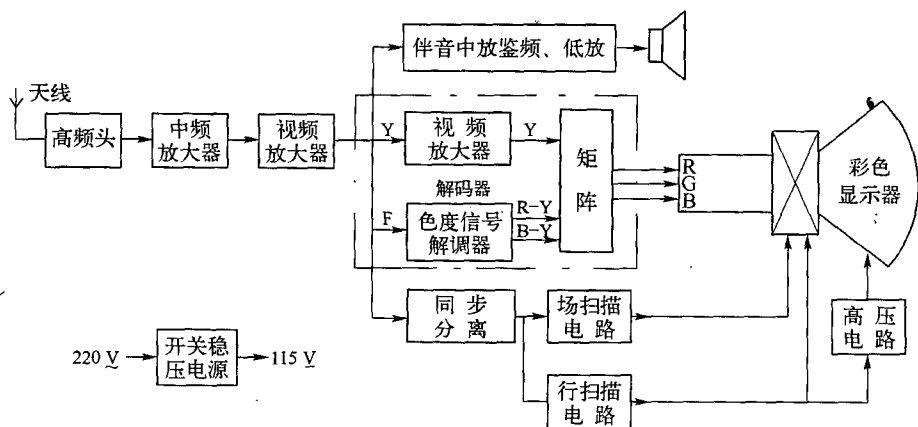


图 1-7 单元电路组成彩色电视机电路示意图

一、电子线路图的识读方法

下面本着掌握电子线路图的构成规律及进而学会设计电子线路图的目的,具体讲一讲电子线路图的识读方法和技巧。

1. 掌握基本单元电路

掌握基本单元电路,为识读复杂电路打好基础。上面我们已经提到,任何复杂电路都是由基本单元电路构成,所以我们在识读复杂电路前,首先必须要掌握好基本单元电路。在学习单元电路时,要掌握好基本单元电路的工作原理,电路的功能及特性,电路典型参数,组成电路的元器件以及每一个元器件在电路中所起到的作用,电路调试方法等。如有必要,对每一个元器件的参数都应了解清楚。

2. 分解复杂电路

任何复杂电路都可以分解成若干个具有完整基本功能的单元电路,而每个单元电路在复杂电路中的功能不同,其作用也不同。例如:在图 1-6 中,

半导体收音机是由变频、中放、检波、前置低放、功放、自动增益控制等单元电路组成。在图 1-7 中,彩色电视机是由高频头、中频放大器、视频放大器等单元电路组成。复杂电路被分解为单元电路后,我们就可以根据这一个个单元电路的功能、特点进而分析到整个复杂电路的功能及特点。反过来说,我们也可以按照某种需要,应用掌握的单元电路组合成复杂的电子电路,设计出各种各样实用的电子电路。

3. 绘制电路原理图

对于无电路原理图的电子产品实物,要先根据电子产品的印制电路板和实物安装绘制出电路原理图,然后再根据上述步骤识读电路图。

4. 掌握基本单元电路之间的连接方法

单元电路之间的连接视其功能和用途的不同,其连接方法也不同。有的单元电路与单元电路之间可以直接连接起来,这叫直接耦合;有的单元电路与单元电路之间通过变压器的初次级间的磁感应来实现信号的连接,这种连接方法叫变压器耦合;还有的单元电路与单元电路之间用电容器来连接,那么这种连接称电容器耦合等等。

5. 正确分析各分立元件在电路中的作用

在识读电子线路图时,要正确分析各分立元件在电子电路中所起的作用。为了方便初学者读图,现将各分立元件在电子电路中不同的接法及与不同元器件的接法所起的作用归纳如下:

(1) 电阻 电阻在电路中主要起限流、分压、产生电压降等作用。

① 电阻与电阻在电路中并联连接一般是为了增大电阻的功率,如图 1-8(a)所示。

② 电阻与电阻串联连接并从中引出抽头,一般情况下是为了得到电阻上的分压,如图 1-8(b)所示。

③ 电阻与稳压二极管串联连接,为稳压二极管的限流电阻,如图 1-8(c)所示。

④ 电阻与电容串联连接组成微分电路。在这里电阻为电容器的充电限流电阻,充电常数由 RC 的乘积决定,如图 1-8(d)所示。而微分电路如果与二极管或单向晶闸管等晶体管器件并联连接,且电路中有电感性负载,则微分电路在电路中起阻容吸收的作用,即吸收电感器由于在开机、关机一瞬间产生较高的感应电动势,保护晶体管器件不因太高的感应电动势而击穿损坏,如图 1-8(e)所示。

⑤ 电阻与电容器并联连接,一般情况下为电容器的放电电阻,放电常数也由 RC 决定,如图 1-8(f)所示。

⑥ 电阻与电感并联连接,电阻为电感的放电电阻,如图 1-8(g)所示。

⑦ 在放大电路中,电阻与晶体管基极相连,一般情况下为晶体管基极偏置电阻;与集电极串接则为集电极负载电阻;与发射极串接则为发射极电阻,

如图 1-8(h)所示。在图 1-8(h)中,电阻 R_{B1} 、 R_{B2} 为晶体管基极偏置电阻;电阻 R_C 为集电极负载电阻;电阻 R_E 为发射极电阻。

(2) 电容器 电容器在电路中的主要作用是储能、滤波等。它的特点是通交流、隔直流。

① 电容器与电感并联连接组成谐振电路(LC 振荡电路),如图 1-8(i)所示。

② 电容器与晶体管放大电路的输入、输出端连接,电容器起输入、输出耦合作用,如图 1-8(h)。在图 1-8(h)中,电容器 C_1 为输入耦合电容器;电容器 C_2 为输出耦合电容器。

③ 电容器与晶体管的发射极串接,一般情况下起交流旁路的作用,如图 1-8(h)所示。在图 1-8(h)中,电容器 C_E 为交流旁路电容器。

④ 在放大电路的输入端,电容与输入信号并接,一般起抗干扰信号的作用,如图 1-8(h)所示。在图 1-8(h)中,电容器 C_3 为输入端抗干扰电容器。

(3) 电感器 电感器在电路中的作用为滤波、储能。电感器的主要特点是通直流、隔交流。

(4) 二极管 二极管在电路中的主要作用为整流。

① 与电感线圈并联连接,起到续流的作用,以防止电感器在断电时,电感器中的反向自感电动势对电路中的晶体管器件造成危害,如图 1-8(j)所示。

② 与放大电路的输入信号并联接入晶体管的基极端,起到输入电路的限幅和钳位的作用,如图 1-8(h)所示。在图 1-8(h)中,二极管 VD_1 为反向限幅二极管;二极管 VD_2 、 VD_3 为正向限幅二极管。

③ 接在脉冲变压器的二次侧,起到止逆流的作用,如图 1-8(k)所示。在图 1-8(k)中,二极管 VD_1 、 VD_2 为止逆流二极管。它的作用是防止触发脉冲信号从峰值下降时,防止感生的反极性电动势作用在单向晶闸管的门极上,引起晶闸管误触发。

(5) 晶体管 晶体管在电路中的主要作用为放大信号。

① 晶体管在电路中可构成各种放大电路。例如:共发射极电路、共集电极电路、共基极电路等。

② 晶体管在电路中可起到非线性电阻的作用。例如:在恒流电路和串联型直流稳压电源中等。图 1-8(l)中晶体管 VT_1 在电路中为调整管,通过调整电位器 RP 的值,可改变晶体管 VT_1 基极的电位,从而改变晶体管 VT_1 集电极 C 与发射极 E 的压降,起到非线性电阻的作用。

(6) 场效应晶体管 场效应晶体管在电路中的作用与晶体管相同,即放大作用和非线性电阻的作用。除此之外,场效应晶体管还有一个显著的特点就是输入电阻高。

(7) 变压器 变压器在电路中的主要作用是能量的转换。它的具体作用是作为电路的电源变压器、放大电路级间信号耦合、脉冲变压器及阻抗匹配

等作用,如图 1-8(k)所示。

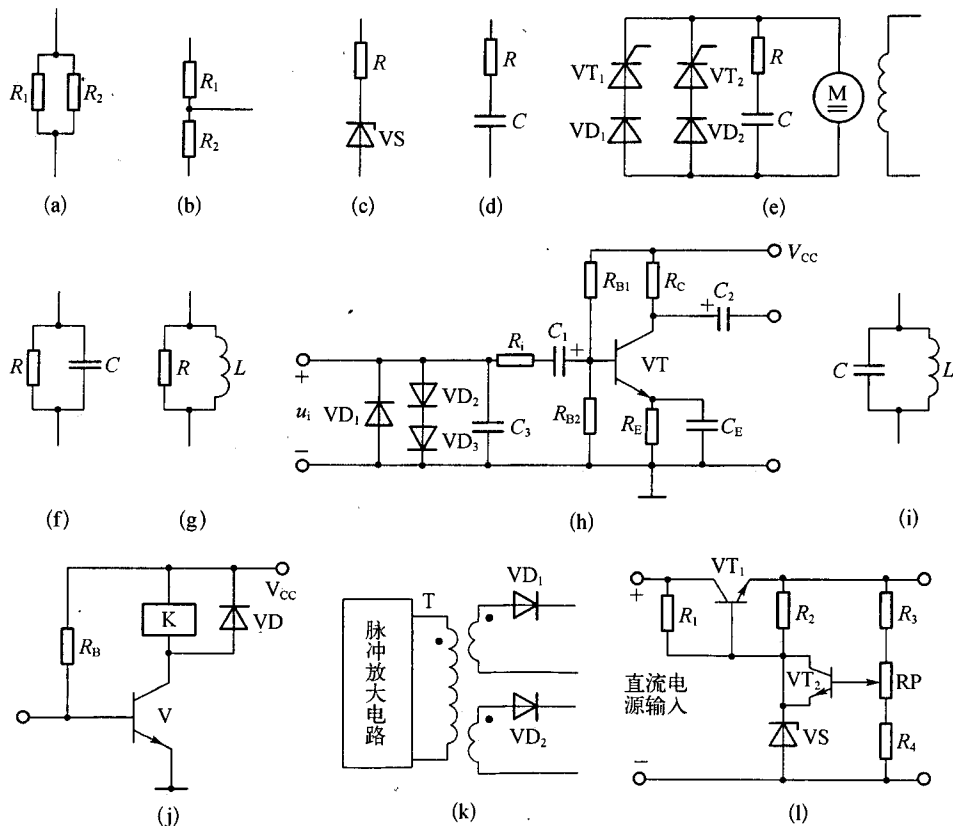


图 1-8 各分立元件在电子电路中的作用

- (a) 两电阻并联; (b) 两电阻串联; (c) 电阻与稳压管串联; (d)、(e) 电阻与电容串联;
 (f) 电阻与电容并联; (g) 电阻与电感并联; (h) 电阻与晶体管连接; (i) 电容与电感并联;
 (j) 二极管与电感并联; (k) 变压器的作用; (l) 晶体管的作用

6. 掌握典型集成电路块的功能及作用

由于电子技术的飞速发展,集成电路块成千上万,我们不可能对每一块集成电路都花一定的时间去学习。所以必须有针对性地对一些常用的模拟集成电路块和数字集成电路块的原理、功能、引脚的排列及作用等了解清楚,做到心中有数。此外,对于生疏的集成电路块,首先必须查找有关资料,弄明白它的功能、引脚排列及起什么作用等,这样才能在识图中做到心中有数。

二、电子线路图的识读步骤

在分析电子电路时,首先将整个电路分解成具有独立功能的几个部分,进而弄清每一部分电路的工作原理和主要功能,然后分析各部分电路之间的联系,再得出整个电器所具有的功能和特点,必要时再进行定量估算。