

# 教 案

2025-2026 学年第二学期

课程名称 测试技术与故障诊断

专业班级 电气 241、三加 241

总学时数 54 学时

任课教师 谢浩鑫

## 课程基本信息

课程名称	测试技术与故障诊断			
课程性质	专业基础课	学分	3	
学时	总学时：54 学时。 其中：课堂讲授 36 学时； 实验 18 学时			
开课部门	机电工程系	任课教师	谢浩鑫	
授课专业、班级	电气自动化专业技术 241、三加 241	开课学期	2025-2026 第二学期	
成绩评定	平时成绩占 40 %；期末成绩占 60 %	考核方式	考试	
选用教材	书 名	主 编	出版社	出版日期
	《电子电路故障查找技巧》	杨海祥	机械工业出版社	2024 年
本课程在本专业人才培养方案中的地位和作用	<p>《测试技术与故障诊断》是电气类课程，承续前期电子基础课程，对接岗位实际需求。课程聚焦检测、排障、调试与运维技能，是衔接理论与实操的关键纽带，着力提升学生动手能力与问题处置能力，夯实职业技能基础，为培养德技兼备的电子技术技能人才提供重要支撑。</p>			
本课程教学目标	<p>掌握元器件检测、电路识读、故障排查及设备运维相关知识与原理。能够独立完成元器件检测、电路分析、单元及整机电路故障检修，规范开展设备调试维护。同时树立安全作业理念，养成严谨务实的作风，锤炼攻坚克难、爱岗敬业的职业素养，满足行业岗位能力要求。</p>			
素质(思政)内容与要求	<p>课程融入工匠精神、安全规范、责任担当等思政元素。要求学生严守操作准则，坚持安全第一，做事细致严谨、求真务实。培养迎难而上的意志与团队协作意识，树立正确劳动观与职业观，恪守职业道德，做到德技并修，成长为爱岗敬业、精益求精的新时代技术从业者。</p>			
学生用主要参考资料				

# 第1章 常用电子元器件的识别与检测方法（6课时）

**【教学目的】**掌握电子元器件的识别技巧，理解常用电子元器件的检测方法，并且了解新特电子元器件。

**【教学重、难点】**常用电子元器件的识别及检测方法

**【素质（思政）内容】**细致辨识检测元器件，恪守操作规范，锤炼严谨务实、精益求精的工匠精神。

**【教学方法】**讲授法

**【教学过程】**

## 1.1 电阻器的识别技巧与检测方法

[基础知识]电阻器的符号和标称阻值

### 1.1.1 电阻器在电路中的符号

电阻器在电路中起分压、分流、阻尼、限流、负载等作用。

**品种：**普通电阻、保险电阻（熔断电阻器）、消磁电阻、热敏电阻、压敏电阻、大功率水泥电阻及电位器等。

**按材料分：**碳膜电阻（RT）、金属膜电阻(RJ)、氧化膜电阻(RY)、线绕电阻(RX)、有机实芯电阻器(RS)。它们的外型标志、电路符号。

名称	文字符号	图形符号	实物外形标志
普通电阻	R		
保险电阻	RRD		
消磁电阻	RPTH		
热敏电阻	RMF		
压敏电阻	RMY		
大功率电阻	RX		
电位器	RP		
排电阻	RM		

### 1.1.2 电阻器识别技巧

#### 1. 标称阻值

常用电阻的标称值系列有：E6、E12、E24 三种。

#### 2. 电阻器额定功率识别技巧

电阻器额定功率是指在规定的环境温度和湿度下，电阻器上允许消耗的最大功率。功率的单位用（W）表示，识别技巧如图 1 所示。从图中可以看出，在电阻器的符号上加点、斜线、横条、竖条、V、VII、X 等，来表示电阻器不同的功率，这种方法直观易懂。

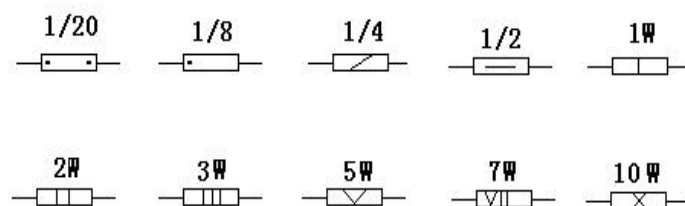


图 1 电阻器额定功率识别技巧

### 3. 从外表颜色和外壳识别电阻器的技巧

金属膜电阻器：外表颜色是红色；

小功率碳膜电阻器：呈米黄色；

大功率的碳膜电阻器：呈绿色或深灰色（柱形）；

热敏电阻器（长方形或扁圆形）：呈黑色、白色或绿色；

线绕式保险电阻器：呈浅灰色；

光敏电阻器：外壳顶部有透明感光的玻璃层；

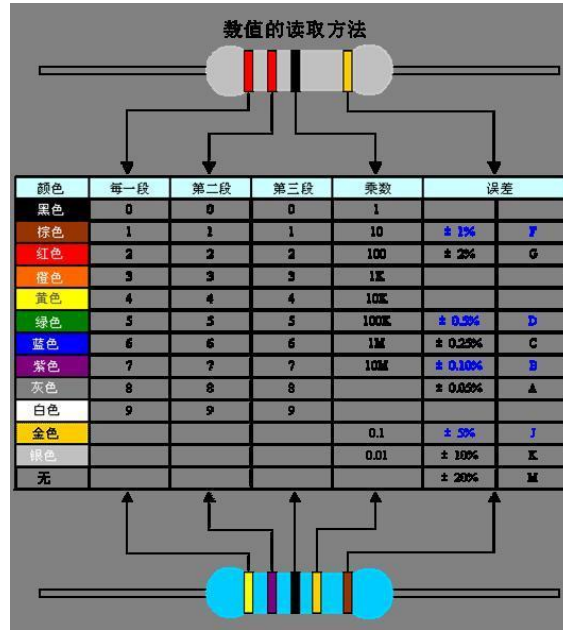
氧化膜电阻器：从外表可看到氧化膜；

大功率水泥电阻器：外表用白色水泥封装（矩形或扁长方形）

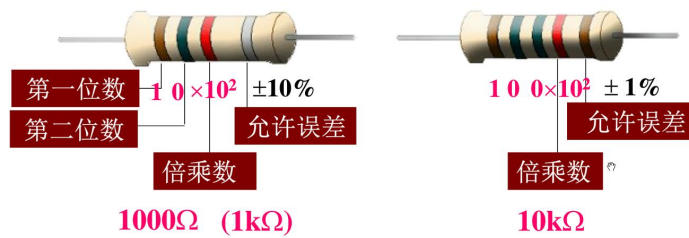
线绕滑线可变电阻器：外壳是白色金属。

**4 色环电阻：**用 3 个色环来表示阻值，前二环代表有效值，第三环代表乘上的次方数，用 1 个色环表示误差。

**5 色环电阻：**一般是金属膜电阻，为更好地表示精度，用 4 个色环表示阻值，另一个色环表示误差。



棕 红 橙 黄 绿 蓝 紫 灰 白 黑  
1 2 3 4 5 6 7 8 9 0



误差：金色 — ± 5%    银色 — ± 10%    无色 — ± 20%    棕色 — ± 1%

#### 4. 电阻器检测方法与技巧

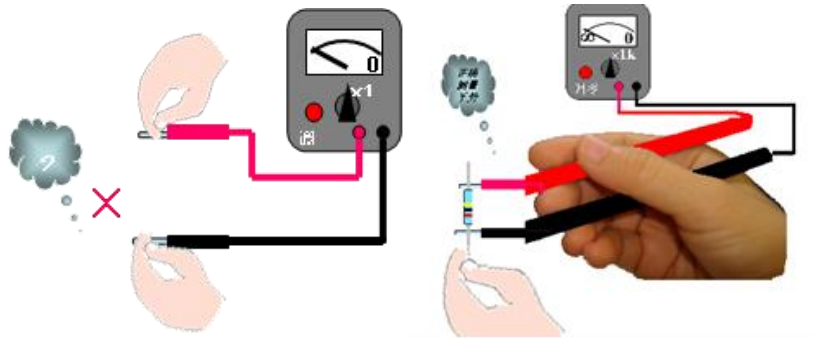
##### (1) 用万用表检测电阻器的方法

① 机械调零

② 欧姆调零

③ 选择电阻档的技巧。选择电阻档的依据是被测电阻器的阻值与电阻档倍率相吻合，使表针的指示在表头Ω刻度线中间三分之一处。这样测出的电阻值精度高。

④ 测量方法与技巧。测量时不能用双手同时捏住电阻的两个引线，这样，可避免人体电阻与被测电阻相并联，影响测量准确性。具体做法是一只手拿电阻器，另一只手像拿筷子一样拿住红、黑表棒进行测量。此类方法称为**单手测量法**。



## (2) 电阻器的测量及质量判别方法与技巧

① 电阻器的测量及质量判别的方法：通常用万用表的电阻挡进行测量。一般采用单手测量法。

在具体测量中，如遇到测量结果与标称值不相等，可根据下列情况来判断被测电阻的好坏：如果测量值与标称值相差很大，如测量值为无穷大，可以断定被测电阻出现了开路或引线脱落、膜层脱离、烧断等故障；如果测量值远小于标称值或测得的值为零欧姆，表明被测电阻已发生短路故障；如果测量值与标称值基本一致，误差小于 5%可认为是正常。

② 如电阻器的表面有烧焦、开裂，该电阻器已性能不良和损坏。

③ 用万用表测量光敏电阻时，主要是测量有光照和无光照时其电阻值是否有明显变化，若阻值变化小或无变化光敏电阻器性能不良和损坏。

④ 用万用表测量热敏电阻时，先在常温下测量标称值，后用电烙铁、电吹风加温再测量，正温度系数的热敏电阻阻值应明显上升，而负温度系数则应明显下降，如阻值不变说明性能不良和损坏。

⑤ 可变电阻器测量方法与技巧

可变电阻器测量一般先测量总阻值，如与标称值相差很大，则可变电阻器已损坏，若测量值与标称值基本一致，需要测量滑动臂旋转时的阻值变化是否均匀，观察万用表的指针偏转是否平稳，有无跳跃、跌落或抖动等现象，如果无上述现象，说明可变电阻器是好的；否则说明可变电阻器性能不良。

## (3) 电阻器在线测量方法与技巧

电子电路故障检查时，总是要碰到在线测量的问题，所谓在线测量就是在电路板上测量。

在线测量电阻器性能应注意：一、切断电源；二、防止短路。

在线测量电阻器性能好坏的技巧：用万用表欧姆档  $R \times 1\Omega$  或  $R \times 10K\Omega$ ，测量在线路板上电阻的电阻值，测得阻值是否接近标称值，如测得电阻值偏离标称值时，不能立即断定电阻已损坏，还要结合它周围的元器件，综合考虑分析，来断定这个电阻性能是否损坏。

### 1.1.3 电阻器使用注意事项

1. 使用前先检查其外观有无明显的损坏，其次，用万用表测量它的阻值是否与标称值一致。
2. 使用时注意电阻器的额定功率和工作电压是否满足设计要求。
3. 电阻器在安装前应进行表面处理。
4. 电阻器在安装时，电阻色环的朝向要一致，这样便于检查和维修。
5. 可变电阻器使用时除满足上述几点，还要注意它的体积、精度和结构等。

## 1.2 电容器的识别技巧与检测方法

### 1.2.1 电容器的种类、外型符号

电容器是由两个极板，中间夹一层电介质构成。电容器是一种储能元件。在电路中用于交流信号耦合、滤波、交流信号旁路、谐振、隔直和能量交换等。

**种类：**瓷介质电容器、聚脂薄膜介质电容器、涤纶电容器、铝电解电容器、云母电容器等

#### 电容器的外型标志及符号

名称	文字符号	图形符号	实物外型标志
瓷介质电容器	C		
聚脂薄膜电容器	C		
涤纶电容器	C		
铝电解电容器	C		
云母电容器	C		

### 1.2.2 电容器的识别与检测技巧

电容器常见的不良现象有：开路失效、短路击穿、漏电、容量变小等。

## 1. 电解电容器的好坏判别技巧

### (1) 选挡技巧

一般情况下， $1\sim 47\mu\text{F}$  间的电容，用  $R\times 1\text{K}\Omega$  档测量，大于  $47\mu\text{F}$  的电容可用  $R\times 100\Omega$  档测量。

### (2) 测量技巧

测量时先将电解电容器两个电极短路一下，以放掉电容器储存的电荷，然后将万用表黑红表笔分别接电解电容器的正负极，待万用表指针停在某一位置的阻值便是电解电容的正向漏电阻，此值略大于反向漏电阻。电解电容的漏电阻一般应在几百  $\text{K}\Omega$  以上。漏电电阻越大越好。

对于正、负极标志不明的电解电容器，可先任意测其漏电阻，记住其大小，然后交换表笔再测一次。两次测量中阻值大的那一次便是正向接法，即与黑表笔相接的是电容器正极，红表笔接的是电容器负极。

### (3) 电解电容器的质量判别技巧

将万用表拨至电阻档  $R\times 1\text{K}$ 。然后是欧姆调零。测量时，先把被测电容器短路一下，方法是用万用表的表笔短接电容器的两个引脚。测量时将表笔分别接在被测电容器的两极上，对于电解电容器应注意万用表的正、负极应与电容器的正、负极一一对应，这时表针就向右偏转，然后再逐渐返回，表针回转的速度由时间常数  $\tau$  决定 ( $\tau=RC$ )，最后表针停在某一个位置上，此时对应的阻值为该电容器的漏电电阻，正常的电容器它的漏电电阻一般应大于几百千欧姆。如果始终停在无穷大或零欧姆的位置，说明电容器内部已开路或短路。

### (4) 其他电容器的质量判别技巧

瓷介质电容器、聚脂薄膜介质电容器、涤纶电容器均称为无极性电容，它的容量比电解电容器小，一般在  $2\mu\text{f}$  以下，测量时应选用  $R\times 10\text{K}\Omega$  档，应该注意的是对于  $5000\text{pF}$  以下的电容器，测量时表针偏转的很小，容量再小的电容器万用表就测不出来了，此时，可以用电容测量仪进行测量。若测得的阻值为无穷大或零，说明电容器已内部已开路或短路。











## 1.3 电感器和变压器的识别技巧与检测方法

### 1、 电感器的种类、外型符号

常用的电感器件：固定电感线圈、带磁芯线圈、有铁芯线圈、微调电感线圈、有抽头线圈、色点电感线圈等。

电感线圈中有变化电流通过时会产生感应电动势，是存储磁能的元件，它们的外形标志及符号见下表。

### 电感器的外型标志及符号

名称	文字符号	图形符号	实物外型标志
电感线圈	L		
磁芯线圈	L		
有铁芯线圈	L		
微调磁芯线圈	L		
有抽头线圈	L		

## 2、电感线圈的识别技巧与检测方法

电感线圈常见不良的现象有：引脚断开、线圈内部短路、变形引起电感量的变化等。

### ① 目测法技巧

目测法是从外观上检查，一看电感线圈引脚有无断线、开路、生锈，二看线圈有无松动、发霉、烧焦等现象，带有磁心的电感线圈还要看它的磁芯有无松动和破损。

### ② 用万用表检测电感线圈的方法与技巧

万用表检测：万用表选用  $R \times 1\Omega$  档，两支表笔接线圈的两个引出脚，测得电阻值由电感线圈的匝数和线径决定。匝数多、线径细的线圈电阻值就大一些，反之相反。对于有抽头的线圈，各引出脚之间都有一定的阻值。若测得的阻值为无穷大，说明线圈已经开路；若测得的阻值等于零，说明线圈已经短路。另外，测量时要注意线圈局短路、断路的问题，线圈局短路时阻值比正常值小一些；线圈局断路比正常值大一些。

## 3、变压器的识别技巧与检测方法

### (1) 变压器的种类、外型及符号

变压器是变换电压、电流和阻抗的器件，变压器的种类很多，在电子电路

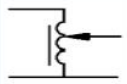

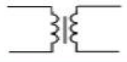



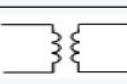

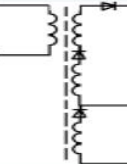
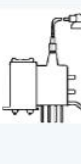
中常用的有互感变压器、自耦变压器、有铁芯变压器、有磁芯中频变压器、行输出变压器等。它们的外形标志及符号见下表。

## (2) 变压器的识别与检测技巧

变压器有初、次级两个绕组或两个以上绕组，外观检查方法与技巧同上面电感线圈一样。

变压器的绝缘性能的好坏，可用万用表的  $R \times 10K\Omega$  档测量，方法是：一支表笔搭在铁心上，另一支表笔分别接触初、次级绕组的每一个引脚，此时表针不动，阻值为无穷大，说明绝缘性良好；若表针向右偏转，说明绝缘性能下降。这种方法适用于降压变压器。用万用表的  $R \times 1\Omega$  档或  $R \times 10\Omega$  档，测量变压器初级绕组的阻值，正常时只有几欧姆~几十欧姆；用万用表的  $R \times 10\Omega$  档或  $R \times 100\Omega$  档，测量变压器次级绕组的阻值，正常时只有几十欧姆~几百欧姆。若测得的阻值远大于上述阻值，说明变压器次级线圈已经开路。若测得的阻值等于零，说明变压器次级线圈已经短路。

### 变压器外型标志及符号

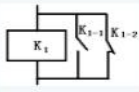





有铁芯 自耦变压器	T		
有铁芯变压器	T		
有磁芯变压器	T		
互感变压器	T		
行输出变压器	T		

## 1.4 微型继电器的识别技巧与检测方法

在电子电路中微型继电器通常是作为一种受控开关，可实现用小电流或低电压去控制大电流或高电压。

### 一、 电磁继电器的种类、外型符号

继电器的种类：电磁继电器（最广泛）、固态继电器（无机械触点）等。

名称	文字符号	图形符号	实物外型标志
电磁继电器	JZC		
交流固态继电器	AC-SSR		
直流固态继电器	DC-SSR		

1. 电磁继电器组成：带铁芯的通电线圈，一组或几组带触点的簧片。
2. 电磁继电器的种类：直流继电器和交流电磁继电器。

## 二、电磁继电器测量、质量判别方法与技巧

### 1. 目测法技巧

- 一看继电器引脚有无断线、开路、生锈，
  - 二看线圈有无烧焦、常开、常闭触点接触与断开点是否正常
- 带有铁心的继电器还要看它的铁芯有无松动和破损。

### 2. 用万用表对继电器通电线圈进行通、断的检测方法与技巧（同电感线圈的检测方法）

### 3. 用万用表对继电器常开、常闭触点检测方法与技巧

万用表选用  $R \times 10K\Omega$  档，两支表笔先测量常开触点，测得电阻值为无穷大，说明常开触点正常，否则常开触点已损坏。再将万用表欧姆挡调到  $R \times 1\Omega$  档，测量常闭触点，测得电阻值应为零，说明常闭触点正常，否则常闭触点没有闭合，接触不良或已损坏。

## 1.5 二极管、三极管的识别技巧与检测方法

二极管在电子电路中的主要应用：整流、稳压、放大、隔离、开关等。

三极管在电子电路中的主要应用有：放大、隔离、开关等。

### 一、晶体管的种类、外型符号

常用的晶体管有：整流二极管、开关二极管、稳压二极管、发光二极管、变容二极管、晶体管、场效应晶体管、晶闸管等。

名称	文字符号	图形符号	实物外型标志
整流二极管	V		
开关二极管	V		
发光二极管	V		
稳压二极管	V		

变容二极管	V		 
晶体三极管	V		
场效应管	V		
可控硅	V		
光电耦合器	BL		

## 二、普通二极管的极性测量、判别方法与技巧

根据二极管正向电阻小，反向电阻大的特点可判别二极管的极性。将万用表拨到  $R \times 100$  档或  $R \times 1K$  档，一般不要用  $R \times 1$  档或  $R \times 10K$  档，因为  $R \times 1$  档使用的电流太大，容易损坏管子，而  $R \times 10K$  档使用的电压太高，可能击穿管子。

在所测得阻值较小的一次，与黑表笔相连的一端即为二极管的正极。同理在所测得阻值较大的一次，与黑表笔相连的一端即为二极管的负极。如果测得的反向电阻很小，说明二极管内部短路；若正向电阻很大，则说明管子内部断路。这两种管子都不可以使用。

## 三、发光二极管的测量、判别方法与技巧

发光二极管（简称 LED）是一种能将电能转换为光能的半导体器件，是一种冷光源，作为工作状态的指示。正向管压降为 2V 左右，工作电流为 5-15mA，反向耐压 60V 左右。

测量采用  $R \times 10K$  档，此时表内是 15V 或 9V 的迭层电池。满足管压降的要求，测量其正、反向电阻，其值与普通二极管一样，好坏判别也是一样的。但是，测量时需要观察它是否发光，有的发光二极管测得正、反向电阻正常，就是不发光，是因为它的工作电流太大，万用表不能提供。此时，可用稳压电源 6V 直流电压，在稳压电源的输出端串联一个可变电阻器后，接在发光二极管的两个电极

上，再观察它是否发光。观察它是否发光，如果能发光说明是好的，反之是坏的。

#### 四、稳压二极管的测量、判别方法与技巧

测量稳压二极管的稳压值，必须使用高阻档，才能使稳压二极管进入反向击穿状态，一般用  $R \times 10K\Omega$  档来测量，此时表内是 15V 或 9V 的迭层电池。当万用表置于高阻档后，测其反向电阻，若测得的电阻为  $R_x$ ，可求得稳压值  $V_z$  为

$$V_z = E_o \times R_x / (R_x + nR_o)$$

式中  $n$  是所用档的倍率， $R_o$  是万用表的中心阻值， $E_o$  是所用万用表最高档的电池电压值。

#### 五、晶体管测量、质量判别方法与技巧

##### (1) 晶体管管脚判别方法与技巧

万用表判别根据：NPN 型三极管基极到发射极和基极到集电极均为 PN 结的正向，而 PNP 型三极管基极到发射极和基极到集电极均为 PN 结的反向。

##### (2) 判别三极管的基极方法与技巧

对于中小功率三极管，可用万用表  $R \times 100\Omega$  档或  $R \times 1K\Omega$  档测量，对于大功率管，可用  $R \times 1\Omega$  或  $R \times 10\Omega$  档测量。

用黑表笔接触某一管脚，用红表笔分别接触另外两个管脚，如果两次测得的阻值，在表头上的读数都很小，则黑表笔接触的那一个管脚就是基极，同时可知此三极管是 NPN 型。若用万用表的红表笔接触某一管脚，用黑表笔分别接触另外两个管脚，如果两次测得的阻值，在表头上的读数都很小，则红表笔接触的那一个管脚就是基极，同时可知此三极管是 PNP 型。

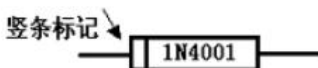
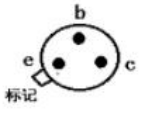

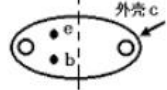
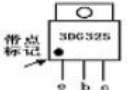
##### (3) 晶体管的集电极和发射极判别方法与技巧

以 NPN 型三极管为例，当基极确定后，假设剩余的两只脚中的一只脚是集电极、另一只脚是发射极，将黑表笔接到假设集电极引脚上，红表笔接到假设的发射极上。用手指捏住假设集电极和基极，观察表针的指示，并记住此时的电阻值的读数，然后，交换红黑表笔的位置。作同样的测量记录。比较两次读数的大小，若第一次的阻值较小，说明第一次假设是正确的，黑表笔接的一只脚就是集电极，剩下的就是发射极。

##### (4) 二极管、三极管的管脚直观判别方法与技巧（见下表）

##### (5) 三极管的测量、质量判断方法与技巧

万用表  $R \times 100\Omega$  档或  $R \times 1K\Omega$  档测量三极管 be 结、bc 结、ce 结的正反向电阻值作粗略的判断。正常情况下 be 结、bc 结正向电阻小；反向电阻大。

型号形式	实物外型标志	引脚识别方法与技巧
1N4000 系列		竖条标记为负极
铁壳封装 3DG 系列、3DA 系列、3AX 系列、3AG 系列		三角形法，顶点是基极 b、标记处为发射极 e、余下的点是集电极
塑封 90 系列标准型		平面朝外，左边是发射极、中间是基极、右边是集电极。
铁壳封装 3DD 系列、3AD 系列		上面是发射极、下面是基极、外壳集电极。
塑封带三热片 3DG、3CG 系列		文字朝外，左边是发射极、中间是基极、右边是集电极。

## 六、晶闸管的测量、质量判断方法与技巧

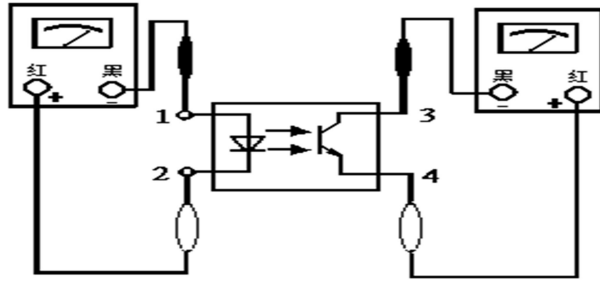
用万用表  $R \times 100\Omega$  档或  $R \times 10\Omega$  档，用两表笔循环接触可控硅任意两个电极，总有一次阻值是小的，此时，黑表笔对应的电极就是控制极，红表笔接的电极是阴极，剩余的便是阳极。

晶闸管正常时控制极与阴极的正向电阻为几千欧，反向电阻为几百千欧，控制极与阳极的正反向电阻均为无穷大。若测得控制极与阳极的正反向电阻均很小，说明控制极与阳极已击穿；若测得控制极与阳极的正反向电阻为无穷大，说明控制极与阳极已断路；若测得控制极与阳极与阴极之间的正反向电阻都很小，表明可控硅也已击穿。

## 七、光电耦合器的测量、判断方法与技巧

光电耦合器是一种由发光器和受光器组成的一个“电-光-电”器件。当输入端有电信号输入时，发光器发光，受光器受到光照后产生电流，输出端就有电信号输出，实现了以光为媒体的电信号传输。这种元件在电子设备中广泛应用。

常用的光电耦合器有发光二极管和光敏三极管组成的光电耦合器。它的测量方法是：要用二只同类型的万用表，将万用表拨到  $R \times 100\Omega$  档，测试方法如图。



## 1.6 集成电路的识别技巧与检测方法

### 1.6.1 集成电路的种类、外型符号

集成电路（IC）就是采用平面工艺，将晶体管、电路元件和连接线集中制造在一块半导体芯片上，再进行封装而成。它具有体积小，重量轻、外部引线及焊点少、安装调试方便等优点，因而大大提高了电子电路设备的灵活性和可靠性。

#### 1. 集成电路的种类

##### （1）按功能分

按功能分有：A/D 转换器、D/A 转换器、TTL 电路、HTL 电路、ECL 电路、运算放大器、存储器、稳压器、接口电路、音响电路、微处理机、电视电路、非线性电路等。

##### （2）按集成度分

- ① 小规模电路(SSI)：内部集成元件在 100 以下或小于 10 个门电路。
- ② 中规模电路(MSI)：内部集成元件在 1000 以下或小于 100 个门电路。
- ③ 大规模电路(LSI)：内部集成元件在 10000 以下或小于 1000 个门电路。
- ④ 超大规模电路(VLSI)：内部集成元件在 100000 以上或 10000 个门电路以上。

##### （3）按制造工艺分

MOS 电路，双极型三极管电路，混合电路。

（4）按封装形式有：圆形金属、单列直插式、双列直插式、双列扁平式、四列直插式、四列扁平式等

#### 2. 集成电路引脚识别方法与技巧

集成电路封装形式多种多样，引脚识别方法和技巧各不一样。

##### 集成电路引脚识别方法与技巧 1

封装形式	实物外型标志	引脚识别方法与技巧
圆形金属		按顺时针排列
椭圆形金属		按顺时针排列
单列直插式1		按标记从左向右排列
单列直插式2		按标记从左向右排列
单列直插式3		按标记从左向右排列

## 集成电路引脚识别方法与技巧 2

单列直插式4		按标记从左向右排列
单列直插式5		按标记从左向右排列
双列直插式1		按标记逆时针排列
双列扁平式2		按标记逆时针排列
四列直插式2		按标记逆时针排列

### 1.6.2 集成电路不在线电阻测量法

**不在线直流电阻测量法:**指集成电路没有装在印刷电路板上或集成电路未与外围元件连接时,测量集成电路的各引脚对应于地脚的正、反向电阻。

**测量方法:**首先,在集成电路手册上或技术资料中找到被测集成电路的型号,查到该集成电路各引脚对地接地脚的正、反向电阻的参考值,其次,用万用表  $R \times 1K\Omega$  档,一般不用  $R \times 1\Omega$  档,以防测试电流太大损坏集成电路。测量前应欧姆校零。将所测值同正常值比较,只要相差不大,就可以认定集成电路性能良好。由于集成电路的生产批次不同,电阻值误差也较大,一般为 10% 左右。如果超出误差超出 10%,该集成电路的性能就有问题。

### 1.6.3 集成电路在线测量法

**在线检测:**指集成电路焊在印刷电路板上,接在电路中时的测量与检查方法。这一方式可以在不通电、不动电烙铁的情况下进行。

着重检查集成电路中工作不正常的部分,各引脚的正、反向的电阻。在线测量时,要注意各引脚对地电阻值要受外围元件的影响。

**在线直流电压测量法:**是判断集成电路好坏的常用方法。它是用万用表的直流电压挡;测出各引出脚对地的直流电压值,然后与标注的参考电压进行比较,并结

合其内部和外围电路进行分析，据此来判断集成电路的好坏。

直流电压测量时应注意：

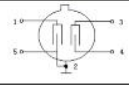
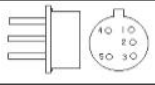


- 1、万用表的内阻要大，一般要求万用表的内阻为  $20K\Omega/V$
- 2、遇到某个引出脚的直流工作电压与原理图提供的参考电压不一致，一方面要检查测量的条件与方法；另一方面要核对所提供的参考电压是否可靠。
- 3、集成电路前后级工作点会相互影响。
- 4、注意所测的电压是静态电压还是动态电压
- 5、用示波器检查法。使用示波器观察测量被测集成电路的输入和输出信号是否正常，将其与电路原理图中提供的正常波形相比较，可以非常直观地判断故障所在。

### 1.7 压电器件的识别技巧与检测方法

压电器件是一种具有压电特性的单晶体或多晶体。

选用材料：石英晶体、钛酸钡、钛酸铅、锆钛酸铅、铌酸钡、钽酸锂等。石英晶体具有稳定性好，而锆钛酸铅具有强度大、阻抗高的特点。

常用的压电器件：石英晶体元件、压电陶瓷元件、声表面波器件等。

名称	文字符号	图形符号	实物外型标志
声表面滤波器	SAWF		
陶瓷滤波器	LT、XT、HP、LP		
石英晶体	CRB445E		
超声延迟线	DL		













### 石英晶体的测量、判断方法与技巧

石英晶体广范应用于振荡电路中。具有压电效应，在它两端施加以一定的交变电压时，它们都会随着交变电场的变化而产生变形，形成机械振动；反之当它们受到一定的机械振动时，就能产生一定的交变电场，在其电极上输出电压信号。

石英晶体的检测，可以用万用表的电阻档来测量，将万用表拨至  $R \times 10K$  档，用表笔去接触石英晶体的二个电极，性能良好的石英晶体，其两端的电阻值为无穷大。如果测得的阻值为零或为一定的阻值，则表明石英晶体已损坏。对于石英晶体内部开路、引线脱落等情况，万用表无法判断，这时可用替代法进行检查。

## 1.8 其他元器件的识别技巧与检测

### 常用的电声和显示器件外形标志及符号

名称	文字符号	图形符号	实物外型标志
外磁扬声器	B、BL:		
内磁扬声器	B、BL:		
传声器	M		
耳机	EJ		
数码管	LED		
显示器件	56SX101Z		

#### 1.8.1 电声器件与显示器件的种类、外型符号

常用的电声器件：扬声器、传声器、耳机等。

常用的显示器件：显像管、示波管、数码管等

#### 1.8.2 电声器件与显示器件检测方法技巧

##### 1. 电声器件检测方法技巧

万用表检测扬声器、耳机：选用  $R \times 1\Omega$  档，两支表笔断续接触它的两个电极，测得电阻值约为几欧姆，并能听到“喀啦、喀啦”声。表明电声器件是好的；如果听到的是沙哑声或破壳声，表明质量有问题，应该更换。扬声器的阻值一般是几欧到几十欧姆，而耳机可分为低阻型和高阻型两种。用万用表测出的阻值约为标称值的 80%~90%。检测时要注意。如果测出的阻值为无穷大，说明扬声器的引出线或音圈断路；如果测出的阻值为零，说明它的音圈有问题。

万用表检测驻极体话筒：选用  $R \times 1K\Omega$  档，黑表笔接漏极 D, 红表笔接同时源极 S, 接地，用手指不间断地弹或用嘴对传声器吹气，同时观察万用表指针，如果万用表指针有指示，表明传声器正常，指针摆动的范围越大其灵敏度越高；如果万用表指针不动（没有指示），表明传声器已坏。

##### ① 电阻测量法

电阻测量应在不通电的情况下进行。正常管子的灯丝电阻为  $10\Omega$  左右，冷态时为  $7\Omega$  左右。如果测得的阻值很大或无穷大，就说明灯丝接触不良或断路。至于阴极与灯丝之间或与其它各个电极之间的电阻均为无穷大，如果阻值很小，则

说明有碰极现象。

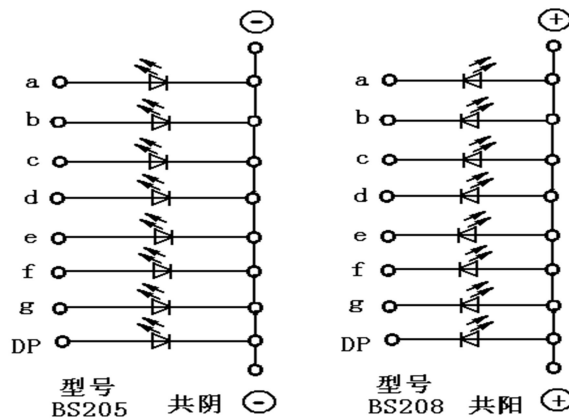
显像管老化的程度识别技巧，可以在加 6.3V 电压情况下测量阴极与栅极之间的电阻来判断，黑表笔接显像管阴极、红表笔接显像管栅极，测得的直流电阻值应在 10KΩ 以下，若大于 10KΩ 表明显像管已老化。

## (2) 电压、电流测量法

彩色显像管的好坏也可用电压测量或电流测量来判别。在通电情况下，观察灯丝是否亮，若灯丝不亮，就要测量灯丝电压是否正常，来判别灯丝有无烧断。若有灯丝电压而灯丝不亮，必定是灯丝已断。如灯丝亮而无光栅，可以通过测量显像管各电极电压来判断。若各电极供电电压正常，则表明显像管有故障。另外还可以用万用表的电流档测量显像管的阴极电流，正常时灯丝电流为 0.6~1mA，如果灯丝电流小于 0.3mA，则表示显像管已老化。

## (2) 数码管检测方法与技巧

LED 七段码显示器，又称为 LED 数码管，有两种。一种是共阴极连接，另一种是共阳极连接。产品型号中编号的末位数是奇数，表示为共阴极 LED 数码管；偶数表示为共阳极 LED 数码管。









万用表检测 LED 数码管：根据二极管正向电阻小，反向电阻大的特点可判别 LED 数码管的好坏。将万用表拨到 R×100Ω 档或 R×1KΩ 档，一般不要用 R×1Ω 档或 R×10KΩ 档，因为 R×1 档使用的电流太大，容易损坏管子，而 R×10K 档使用的电压太高，可能击穿管子。如果测得的反向电阻很小，说明 LED 数码管内部短路；若正向电阻很大，则说明 LED 数码管内部断路。数码管有一段损坏，会出现缺笔划现象。这种数码管已不能使用。其它各段的测量方法与上面一样。

## 1.8.3 贴片式器件的识别技巧与检测




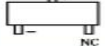

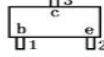


## 1. 贴片式器件的识别技巧

贴片式器件又称片式元器件，它是无引脚线的微型元器件，有：无源贴片式器件（SMC）和有源贴片式器件（SMD）。

### 贴片式器件种类、外型符号标志 1

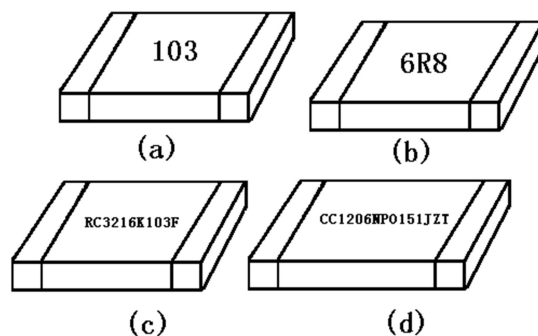
名称	文字符号	图形符号	实物外型标志
矩型贴片式电阻器	中国 RI <sub>11</sub> 美国 RC3216		
贴片式电位器	RP		
矩型贴片式电容器	中国 CC3216 美国 CC1026		

### 贴片式器件种类、外型符号标志 2

名称	文字符号	图形符号	实物外型标志
贴片式线绕电感器	L		
贴片式二极管	V		
贴片式三极管	V		
贴片式集成电路	IC		

## 2. 贴片式器件的标识识别技巧与检测

贴片式器件一般采用直标法，前二位数字表示电阻的有效数，第三位数字表示10的几次幂，如图中103=10×10<sup>3</sup>=10KΩ，当阻值小于10Ω时，以×R×表示，用R表示小数点。图(c)中RC3216K103F，其中RC3216是代号、K表示功率、103表示阻值、F表示允许误差，图(d)CC1206NPO151JZT是矩型贴片式陶瓷电容器，其中CC1206是代号、NPO表示功率、151表示容量，单位是皮法（pF），J表示允许误差、ZT表示耐压。



## 1.9 电子模块的识别技巧与检测

### 1.9.1 无线电通信发射与接收专用模块

按内部结构：调制式和无调制式；

按电路方式：超再声和超外差接收方式；

按频率稳定度：稳定型和非稳定型；

按遥控距离：近距离、中距离和远距离等。

### 1.9.2 红外线传感专用模块

红外线传感模块：热释电红外线传感模块和红外线发射、接收模块等

热释电红外线传感模块能直接接收人体或动物等物体辐射的微量红外光线，并将其转换为相应的电信号输出，它无需器件自带红外光线照射，就能工作，称被动式红外探测器件。

红外线发射、接收模块是属于主动式控制器件，接收模块接收到的红外光线是来自于红外发射模块发出的编码红外光线，而非人体或动物等物体辐射的微量红外光线。采用红外线进行近距离传输、遥控等，具有保密性强、不会对无线电信号干扰。

### 1.9.4 电子模块识别技巧与检测

#### 1、电子模块识别技巧

##### (1) 引脚识别技巧

电子模块的引脚识别技巧仍然采用集成电路的方法。

##### (2) 电子模块好坏检测方法

用万用表  $R \times 1k\Omega$  档，测量电子模块各引脚的阻值，如测量出来阻值与参考值基本一致，说明电子模块是好的，若测量出来阻值与参考值相差很大，则电子模块内部击穿或开路。

## 第2章 电子电路识读方法（6课时）

**【教学目的】**掌握电子电路的基本结构和分类，理解电子电路识读方法，以及了解整机电路的分布规律及识读技巧。

**【教学重难点】**电子电路识读方法

**【素质（思政）内容】**潜心研读电路图纸，锤炼逻辑思维，养成踏实钻研、持之以恒的良好品格。

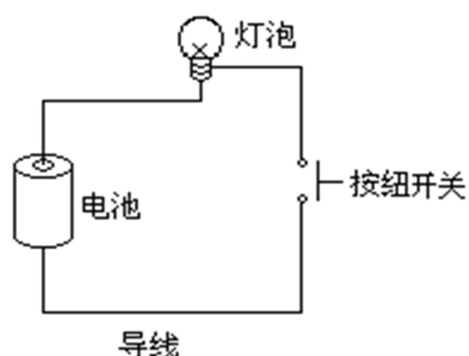
**【教学方法】**讲授法

**【教学过程】**

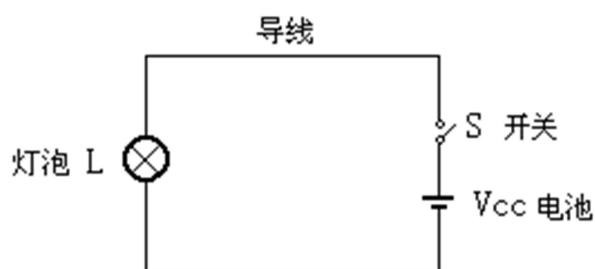
### 2.1 电子电路识图基础

#### 2.1.1 实物电路和原理电路图

##### 1. 实物电路



##### 2. 电路原理图



#### 2.1.2 电路图图中的接地

1. 电路图图中的接地和电子仪器、家用电器的外壳接地是两个完全不同的概念，后者是保护性接地，接的是大地，使仪器的外壳与大地等电位，避免仪器漏电时使外壳带电而造成人员的触电危险；前者的接地对电路而言仅是一个共用参考点。

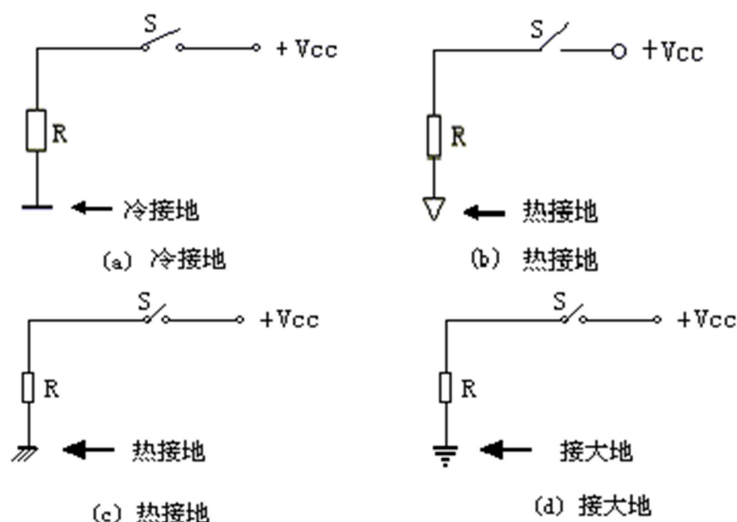
##### 2. “热地”和“冷地”的识别技巧

“热地”：开关电源无需使用工频变压器，其开关电路的“地”和市电网有关，即所谓的“热地”，它是带电的。

“冷地”：由于开关电源的高频变压器将输入、输出端隔离；又由于其反馈电路常用光电耦合器，既能传送反馈信号，又将双方的“地”隔离；所以输出端的“地”称之为“冷地”，它不带电。

热地就是指地线与市电没有直接电的联系，而冷地反之。也就是说如果是热地，你接触到地线的话会触电，而冷地则不会。

为了避免“热地”产生的危险，维修时必须在电视机电源进线端外接匝数比为1:1的隔离变压器，将整机与交流电网实现电隔离。有的彩电利用开关变压器作为隔离元件。此类电视机的底盘称为“冷底盘”，安全性较好，但其电源初级绕组及其有关电路仍没有隔离，这部分仍是“热底盘”，维修电源部分时仍应注意安全。



维修电子设备时要注意“热地”、“冷地”的区别,以免触电。

## 2.2 电子电路的几种表达方法

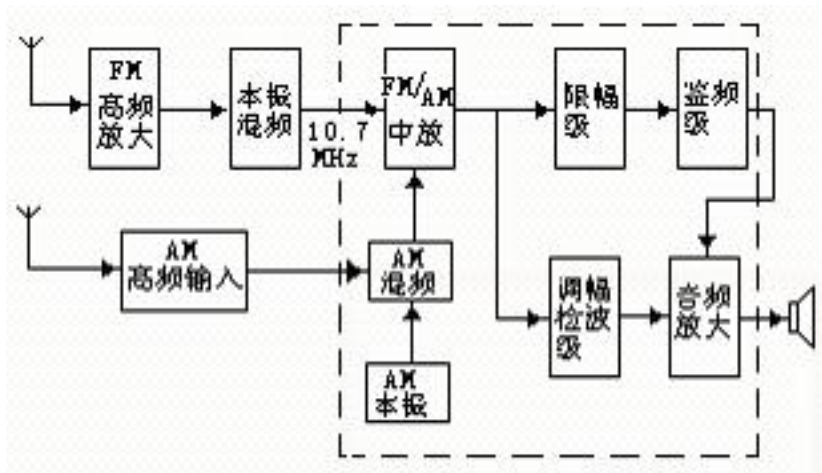
### 2.2.1 方框图

方框图的种类较多，主要有以下几种：

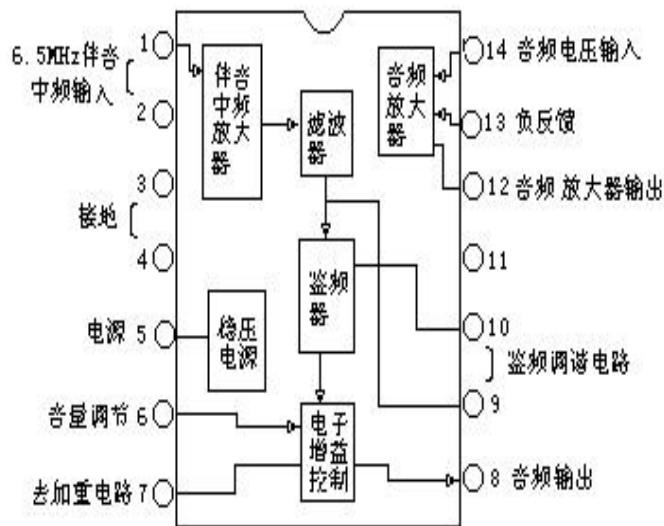
**整机方框图：**表达整机结构，从中可以了解到整机电路的组成和各分单元电路之间的相互关系及信号的主要流程。

**系统电路方框图：**一个整机电路是由多个系统电路构成的，每个系统由若干单元电路组成。系统电路方框图表示了该系统电路的组成情况。系统方框图是整机方框图的下一级方框图，它比整机方框图来得详细。识读系统电路时，要明确本系统的主要功能、任务、信号的变换以及处理过程。

### 调频调幅收音机方框图



3.集成电路内电路方框图



集成电路的内电路十分复杂，所以在大多数情况下均用方框图来表示集成电路内电路的组成，流程和有关引脚的作用等。

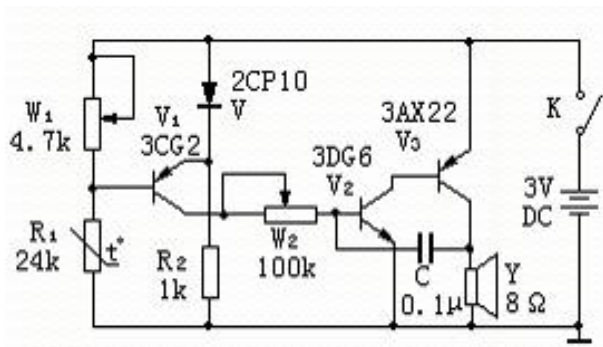
### 读方框图的基本技巧：

- (1) 图中的箭头方向表示信号的传输方向。要根据信号的传输过程逐级、逐个地分析方框，弄清每个方框的作用以及信号在该方框有什么变化。
- (2) 方框图与方框图之间的连接表示了各相关电路之间的相互联系和控制情况。要弄清各部分电路是如何连接的，对于控制电路还要看出控制信号的来路和控制对象。
- (3) 在没有集成电路引脚作用资料时，可利用集成电路内部电路方框图来判断引脚作用，特别要了解哪些是输入脚，哪些是输出脚。当引脚引线的箭头指向集成

电路外，是信号从内部输出，反之是信号从外部输入。

### 2.2.2 原理图

原理图表示电子设备或系统的工作原理，是实际电路的“语言”。可以是整机原理图，也可以是某一单元电路原理图。原理图上用符号代表各种元器件或部件，表示出了各个元器件或部件和电路的连接情况，各个元器件还注明了数值，重要的、特殊的元器件或部件还注明了型号、规格。在一些较复杂电子产品的原理图上甚至画出了关键点位的工作波形。



水开报警器电路图

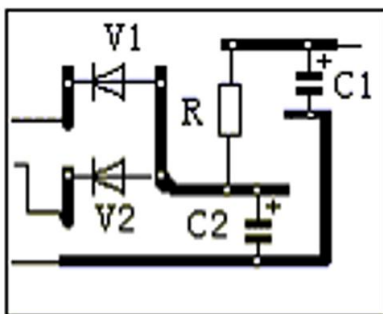
### 2.2.3 印制电路板

装配电路图有三种形式：单面印制电路板，双面印制电路板和多层印制电路板。

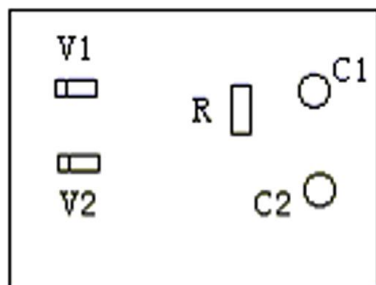
1. 单面印制电路板：指只有一面是印制电路板也叫装配图面，对应印制板装配图；另一面安装元器件，也叫元件面，对应装配布局图。

(1) 印制板装配图：用一张图纸画出各元器件的分布、位置及它们之间铜箔的连线情况，

即反映的是实际线路板铜箔面的情况。这种形式在修理电子设备时应用比较方便。



(2) 装配布局图：此种形式一般没有一张专门的图纸，而是采取在线路板上直接标注元器件名称、编号等。如在线路板上某处标上 R、C1、C2、V1，V2 等，即反映的是线路板元器件面的情况，这种形式在整机装配时非常方便，

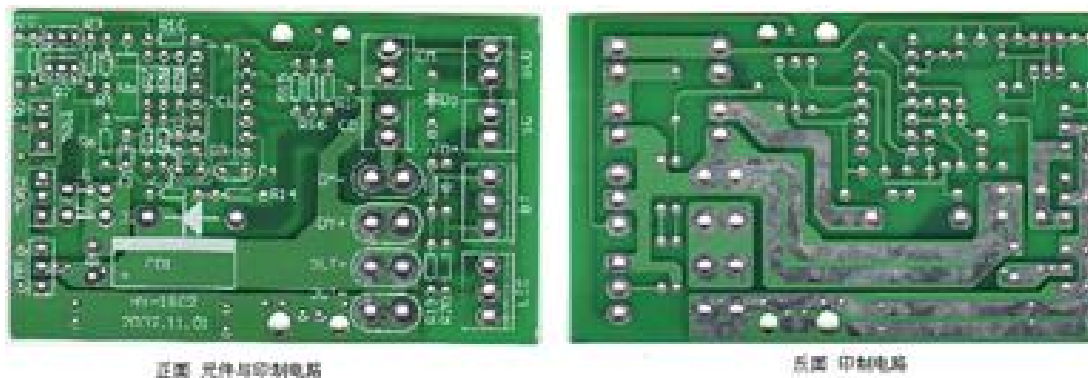


装配电路图在元器件装配和电子设备维修时是必不可少的，它将线路板上的元器件一比一地画在电路图上。装配电路图反映了**电路原理图上各元器件在线路板上的实际分布情况**。元器件引脚之间连线用铜箔线代替，空心圆是焊盘，用焊锡焊接，使元器件与印刷电路板连成一体。

通过装配电路图可以较容易地在实际线路板上找到电路原理图中某个元器件的具体位置，起到了电路原理图 and 实际线路板之间的桥梁作用。

## 2. 双面印制电路图

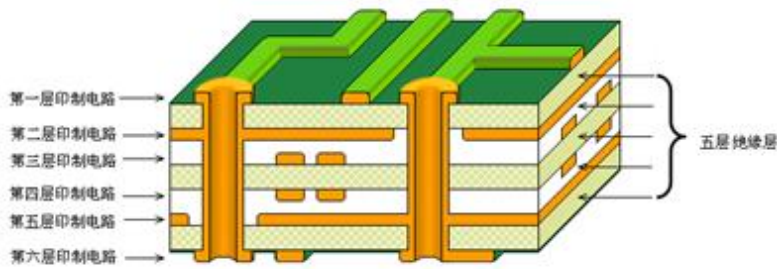
所谓双面印制电路板，就是印制电路板的正面，元件与印制电路于一体、反面是印制电路，为了实现正、反面印制电路的电气连接，增加了孔金属化工艺，如图所示。



## 3. 多层印制电路板

多层印制电路板顾名思义就是两层以上的板，比如说四层，六层，八层等，如图所示。多层板是没有奇数的，全都是 2 的倍数,这些是基本常识，多层印制电路板层与层之间有绝缘材料隔开，各层之间的印制电路走线图必须按电路要求

相连，经过钻压而成的印制板叫做多层电路板。电脑主板、内存条、显卡等都多层印制电路板。



### 【操作指导 1】装配电路图识图技巧

- (1) 同一单元电路中的元器件相对集中在一起，而且会以打头的某一阿拉伯数字代表这一单元电路。
- (2) 根据一些元器件的特殊外形，在电路中可以较方便地找到它们，如集成电路、变压器、功率放大管、水泥电阻、大容量电解电容等。
- (3) 对于那些量多又无明显特征的元器件，如一般的电阻、电容，应当通过与它们相连的三极管或集成块来间接查找它们的具体位置。
- (4) 装配电路板上大面积的铜箔线路，一般是地线，一块线路板上地线往往是相连的，但在组合电路中，相互之间的接插件没有连接时，各块线路板之间的地线是不通的。

### 【操作指导 2】印制电路板的质量检验方法

印制电路板在装配元器件前要进行质量检查，一般情况下检查的内容有以下几个方面。

- (1) 有无元器件的定位标记，标志与电路原理图是否一致。
- (2) 通孔有无堵塞现象。通孔直径与元器件引脚的直径是否相符。
- (3) 印制电路有无毛刺、短路或或断路等现象。
- (4) 印制电路板上的助焊剂涂抹是否均匀。

## 2.3 典型电子电路识读

### 1. 单级放大器

在晶体三极管放大电路中，根据它与外部电源、信号源和元件的电路组合方式不同，可有不同的工作特征。按照输入电路与输出电路的交流信号公共端的不同，三极管放大电路可分为共发射极、共集电极、共基极三种基本放大电路。

放大电路种类很多，按元器件分有分立元件组成的，有集成电路组成的；按工作频率分有低频的、音频的、高频的；按形式分有单级的、多级的等。

### (1) 共发射极电路

该电路中发射极通过  $C_e$  交流接地，信号从基极和发射极之间输入，经三极管放大后在集电极和发射极之间输出，显然发射极为放大器的公共引脚，故该电路称之为共发射极放大器，是最常用的放大电路。

### (2) 共集电极电路

该电路中信号在基极与集电极之间输入，在发射极与集电极之间输出，集电极接直流电源+VCC 端，对交流而言+VCC 端是接地的。故集电极为放大器的公共引脚，该电路为共集电极放大器。共集电极放大器也称射极输出器，常用在多级放大器电路中作输入级或输出级，以及作为缓冲级和隔离级。

### (3) 共基极电路

该电路中信号通过  $C_1$  在发射极与基极输入，在集电极与基极输出，基极通过  $C_2$  交流接地，故基极为放大器的公共引脚，该电路为共基极放大器。共基极放大器主要用在一些高频放大电路中。

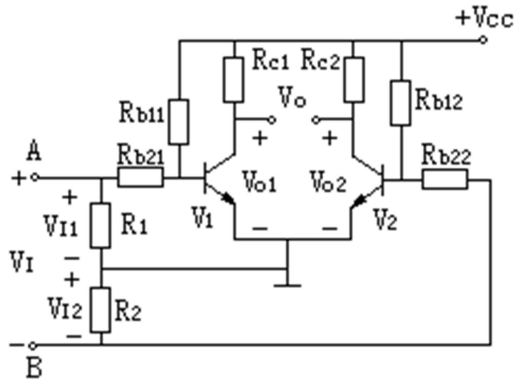
## 2. 差分放大器

电路由两个完全对称的单管放大器组成，图中  $R_{b11}=R_{b12}$ ， $R_{b21}=R_{b22}$ ， $R_{c1}=R_{c2}$ ， $R_1=R_2$ ，且两个晶体管  $V_1$ 、 $V_2$  特性相同。输入信号电压  $V_i$  经  $R_1$ 、 $R_2$  分压为  $V_{i1}$  和  $V_{i2}$  分别加到两晶体管的基极（双端输入）；输出信号电压等于两晶体管输出电压之差，即  $V_o=V_{o1}-V_{o2}$ （双端输出）。

在实际使用中也可接成双端输入，单端输出；单端输入，双端输出以及单端输入，单端输出的差分放大电路。

差分放大器对差模信号（加到两只三极管基极的信号大小相等，相位相反）具有放大能力；而对共模信号（即二信号的大小相等，相位相同）的放大能力很低。

### 基本的差动放大器



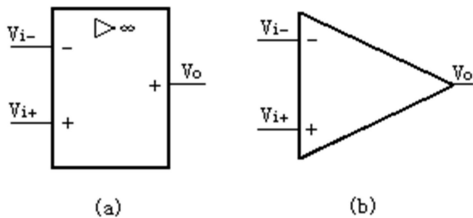
### 3. 运算放大器

运算放大器全称是集成运算放大器，是一种放大倍数很高的内部直接耦合的集成电路。图 2.13 是常见运算放大器的二种图形符号：

运算放大器有三个最基本的引脚，两个输入引脚和一个输出引脚，输入引脚中用“+”号表示的为同相输入端，用“-”表示的为反相输入端。

运算放大器在没有加入负反馈之前的增益称为开环增益，其值很大，但工作不稳定，故实际应用时都加有负反馈。加入负反馈后的增益称为闭环增益。运算放大器的应用十分广泛，可以接成多种应用电路，如构成音频放大器、恒压源电路、减法器、直流放大器等。

#### 运算放大器的图形符号

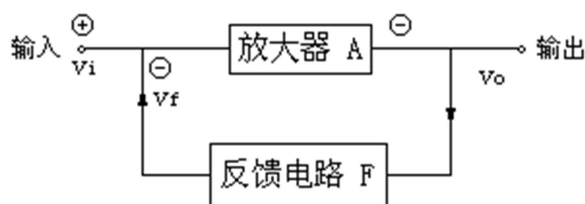


#### 【操作指导 1】 分析分立元件单级放大器的技巧

- (1) 首先按接“地”情况确定该放大电路的实际形式。
- (2) 分析放大器的直流电路，无论是哪种放大器，均要分析直流工作电压是如何加到三极管各个电极上的，着重找出基极偏置电路中的元器件。
- (3) 分析放大器的交流电路，着重分析交流信号的传输线路和分析信号在传输过程中受处理的情况。
- (4) 弄清该电路在整机中的作用、地位，分析电路中各元器件的作用，可能产生的故障现象。

#### 2.3.2 反馈放大电路识图

从放大器的输出端把输出信号的一部分或全部通过反馈网络（电路）送回到放大器输入端的过程，称为反馈。



## 反馈的三种分类

### 1. 正反馈和负反馈

当反馈信号的相位与输入信号的相位相同时，反馈信号将起到增强输入信号的作用，这种反馈叫正反馈，正反馈电路用于振荡器电路中，在放大器电路中通常不用。

当反馈信号的相位与输入信号的相位相反时，反馈信号将起到削弱输入信号的作用，这种反馈叫负反馈，负反馈在电子电路中有着广泛的应用。

分析是正反馈还是负反馈，常采用信号电压瞬时极性法。用这种分析方法时，先假设放大器输入端瞬时极性，然后逐步分析取得结论。在上图中，输入信号  $V_i$  的瞬时极性用  $\oplus$  号表示，输出端用  $\ominus$  表示，说明输入信号与输出信号相位相反。当反馈到输入端的  $V_f$  信号为  $\ominus$ ，并与输入信号进行相位比较，二者相位相反时是“负反馈”，反之就是“正反馈”。

### 2. 电压反馈和电流反馈

#### (1) 电压反馈

当把输出端短路时，反馈电压  $v_f$  将为零，这类反馈称之为电压反馈。若是电压负反馈，则在应用电路中能用来稳定放大器的输出信号电压，降低放大器的输出电阻。

#### (2) 电流反馈

当把输出端短路时，反馈电压  $v_f$  不为零，这类反馈称之为电流反馈。若是电流负反馈，则在应用电路中能用来稳定放大器的输出信号电流，提高放大器的输出电阻。

### 3. 串联反馈和并联反馈

#### (1) 串联反馈

放大器的净输入电压  $v_i'$  是由输入信号  $v_i$  和反馈信号  $v_f$  串联而成的，输入端短路时，净输入信号  $v_i'$  并不为零。若是串联负反馈，则在应用电路中可以降低放大器的电压放大倍数，稳定放大器的电压增益，串联负反馈还可以提高放大器的输入电阻。

## (2) 并联反馈

放大器的净输入电流  $i_i'$  是由反馈电流  $i_f$  和输入信号电流  $i_i$  并联而成的，当把输入端短路时，反馈信号同样被短路，即净输入信号为零。若是并联负反馈，则在应用电路中可以降低放大器的电流放大倍数，稳定放大器的电流增益，并联负反馈还可以降低放大器的输入电阻。

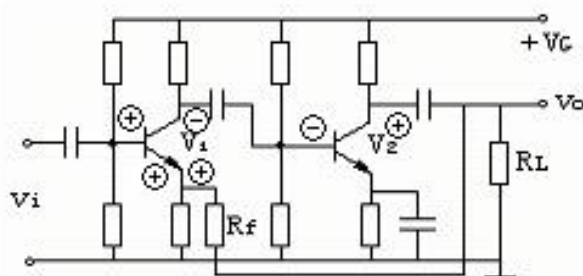
### [案例分析 1] 负反馈放大电路分析

#### 1. 电路组成

下图所示是带有负反馈的放大电路，它由  $VT_1$ 、电阻和电容组成。其中  $R_f$  是反馈元件。

#### 2. 工作原理

输入信号  $V_i$  极性为正，经  $C_1$  耦合送到  $VT_1$  基极，为正， $VT_1$  倒相后集电极输出相位的信号极性为负，再经  $C_2$  耦合送到  $VT_2$  的基极为负， $VT_2$  倒相放大后集电极输出为正，经  $C_2$  耦合后一路送到负载  $R_L$ ，另一路经  $R_f$  反馈送到  $VT_1$  的发射极为正与输入信号  $V_i$  正信号比较，控制第一级放大器的增益。



反馈元件  $R_f$  引入的是何种反馈类型。

(1) 先判别是电压反馈，还是电流反馈？

从输出端看，当输出端被短路后，图中  $v_f$  即消失，所以是电压反馈。

(2) 再判别是串联反馈，还是并联反馈？

从输入端看，当输入端被短路后，图中的  $v_f$  不消失，所以是串联反馈。

(3) 最后判别是正反馈，还是负反馈？

用信号瞬时极性法判别，现假设某一瞬时，输入信号极性为“+”，把它标在输入端晶体管基极上，而后根据该瞬间各晶体管的集电极、基极、发射极相对应的信号极性都一一标在图上，可以看出，图中反馈到输入端晶体管发射极的是“+”极性，它起着削弱信号电压的作用，相当于向基极反馈“-”极性电压，所以是负反馈。

综上三点所述得出结论：图中电路通过  $R_f$  引入的是电压串联负反馈。

### 2.3.3 集成电路识读

#### 1. 概述

随着大规模集成电路技术和数字技术的迅速发展，各种数字化的电子设备层出不穷，越来越多地走入了人们的生活和工作中，以彩色电视机为例，由较早期的四片机到二片机再到单片机，集成化程度越来越高。

#### 识读集成电路的基本技巧

##### (1) 一看集成电路的类型

集成块的类型很多。首先要弄清集成电路上的文字符号的含义，引脚的作用。还要搞清具体型号，许多不同型号的集成块其内部功能和电路结构十分相似，有的电路结构不同，但完成的功能相同。了解了具体型号，才能掌握集成块的基本功能。

##### (2) 二看集成电路的内部信号通路

集成块的内电路，特别是中、大规模集成块的内电路是十分繁杂的，一般情况下，不要去分析集成电路的内电路工作原理，但是对集成块的内部信号通路要清楚，这可以借助于集成电路内电路方框图。一般情况下集成电路应用电路不画出内电路方框图，此时最好查阅集成电路应用手册，找出这一集成电路的内电路方框图。有了内电路方框图之后，要明确各个方框完成的具体功能，即了解输入、输出何种信号，信号波形、幅度、频率等变化规律。要清楚各方框图之间的联系，信号在集成块内的流通过程。

##### (3) 三看集成电路各引脚的功能

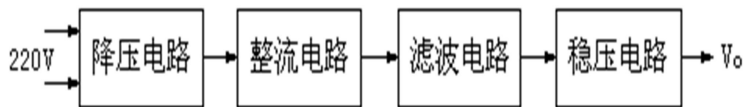
集成电路完成一定的功能，必定要和外部单元电路和外接元件发生联系。只有在知道了各引脚的作用后，分析各引脚的外电路工作原理和元器件作用才方便了。例如，知道某脚是输入引脚，那么和该脚所接的电容是输入耦合电容，与该脚有

关的电路是输入电路。

了解集成电路各引脚具体作用有三种方法：一是查阅有关资料，二是根据集成电路的内电路作具体分析，三是根据集成电路应用电路中各引脚外电路的特性进行判别。

### 2.3.4 直流供电电路识读

电子电路供电方式一般采用直流电，它是将 220 / 50Hz 交流电经整流、滤波、稳压后得到直流供电电压。常见的直流电源方框图。



#### 1. 直流供电电路的组成和作用

##### (1) 组成

一个性能良好的直流稳压电源有降压电路、整流电路、滤波电路和稳压电路等四部分组成。

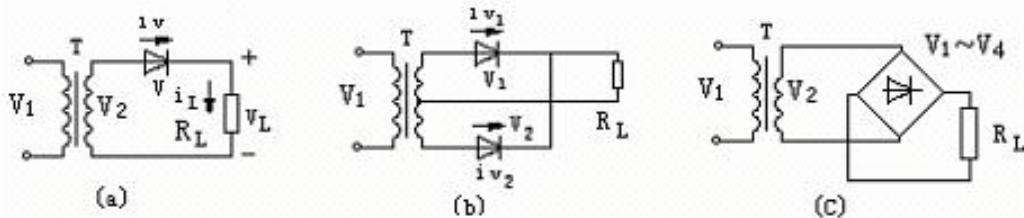
##### (2) 作用

##### ① 降压电路

降压电路一般由电源变压器构成，它要将 220 / 50Hz 的交流电压降到几 V ~ 几十 V 交流电压。变压器在电路中还起到隔离的作用，使电子电路中的主底板不带电。

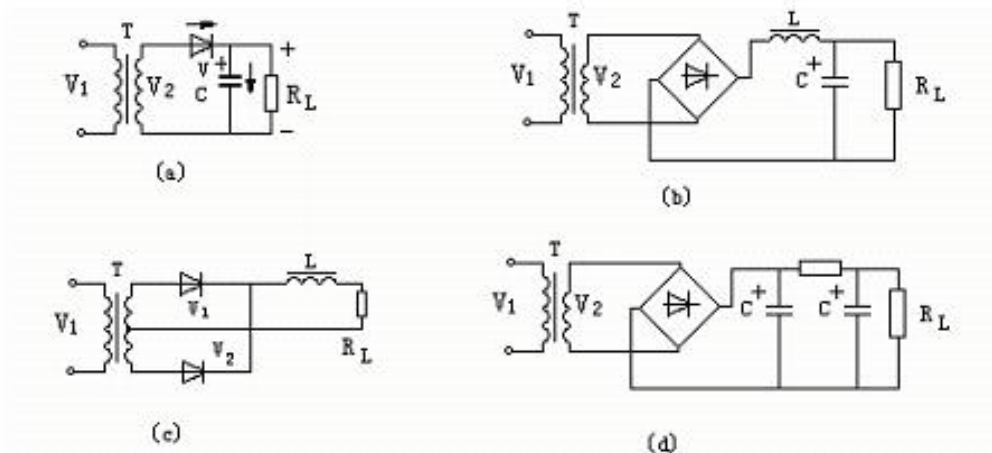
##### ② 整流电路

整流电路的作用是：把 220 / 50Hz 的交流电转换成单向的脉动直流电。常见的形式有二极管半波整流、二极管全波整流、二极管桥式整流。



##### ③ 滤波电路

作用：把单向脉动的直流电转变为平滑的直流电。常见的形式有电容滤波器、电感滤波器、LC 滤波器、RC 组成的  $\pi$  型滤波器。

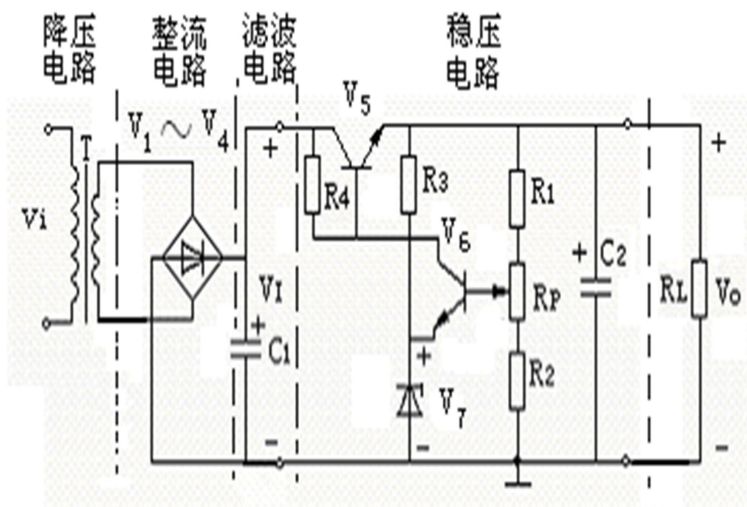


#### ④ 稳压电路

作用：把整流滤波电路输出的直流电压进行稳压处理，当交流电网和负载变化时保持输出的直流电压值不变。

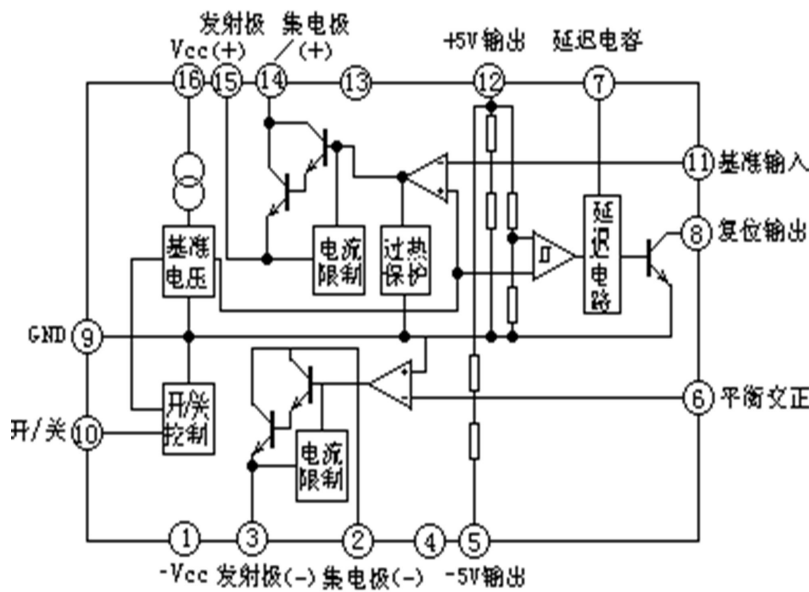
#### 2、 实用直流供电电路识读

实用直流供电电路的形式多种多样，主要有分立元件串联型直流稳压电源、集成电路直流稳压电源、开关式直流稳压电源。



#### (2) 集成直流稳压电路识读

集成直流稳压电路如图所示。SONY 公司生产的 CD 唱机电源中使用了该集成电路，其性能更优，并有保护电路。



### (3) 开关型稳压电路识读

种类：串联式、并联式和变压器式三种。

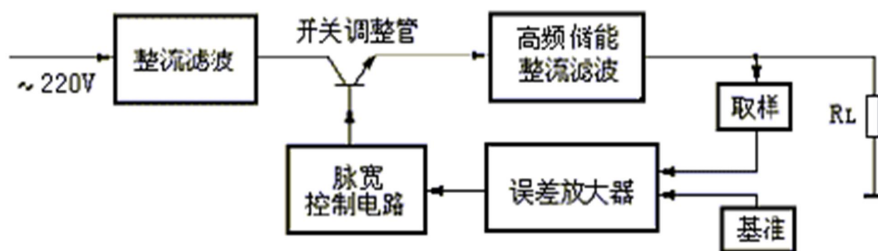
开关型电源省略了电源变压器，电路的效率比串联型直流稳压电源高。

#### ① 串联调整型开关稳压电源识读

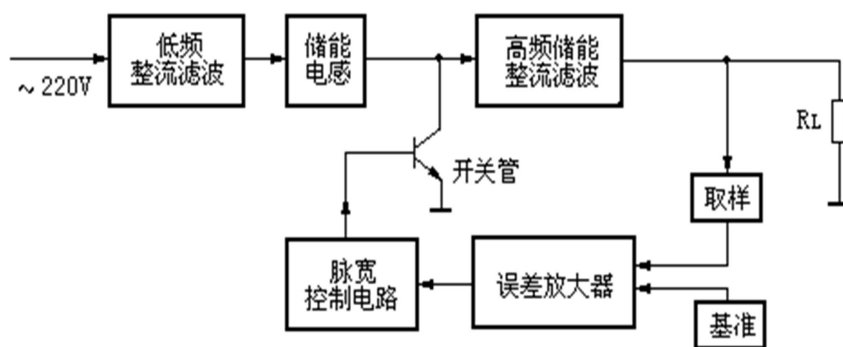
所谓串联调整型就是开关调整管串联在输入端和输出端之间，由取样电路、基准电压、误差放大器和脉宽控制器等组成反馈控制电路，控制开关调整管的导通时间，从而使输出电压稳定。开关调整管输出高频矩形脉冲，经高频储能整流滤波电路输出直流电压。

串联型开关电源特点：

- ① 由于输入电压与负载是串联关系，没有隔离网络，所以整个电路是带电的，为热底板，在调试和维修时要特别注意安全。
- ② 只能输出一个等级的电压，且输出电压低于输入电压。



#### ② 并联调整型开关稳压电源



### ③ 脉冲变压器耦合型开关稳压电源

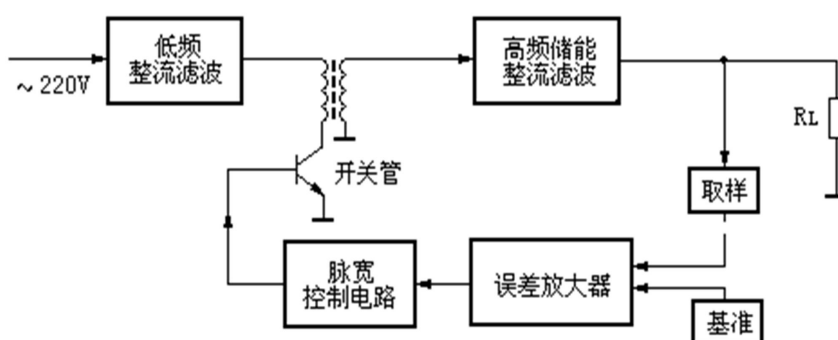


图 2.28 脉冲变压器耦合式

脉冲变压器耦合型开关稳压电源特点：

- ① 因为可以设置若干不同匝数的次级绕组，所以能够方便地得到多种数值的直流电压。
- ② 该电路的电源输入端与电路输出端由变压器相互隔开，易于实现电路底板不带电，给维修带来安全和方便。

### 2.3.5 耦合电路识读

#### 1. 多级放大器电路组成的方框图

一个多级放大器电路主要有信号源、级间耦合电路、各级放大电路等组成。级间耦合电路将信号逐级向下一级传输，在信号的传输过程中根据电路要求完成信号的放大、隔直、阻抗变换、倒相等任务。

多级放大器电路中每个单管放大电路称为“级”，级与级之间的连接称为耦合。常用的耦合方式有三种：阻容耦合，直接耦合和变压器耦合。

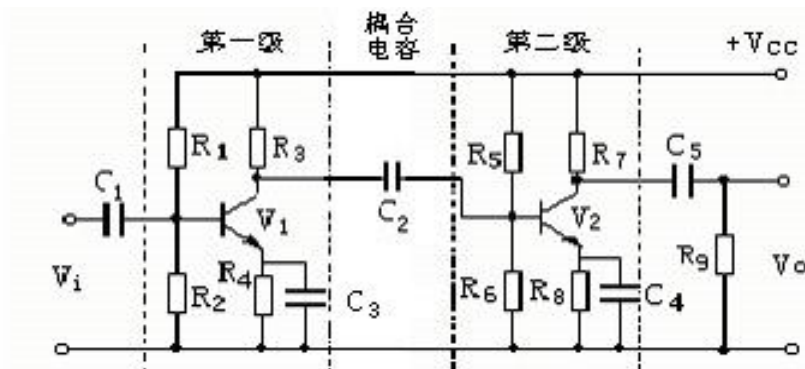


## 2. 放大器的级间耦合方式

### (1) 阻容耦合方式

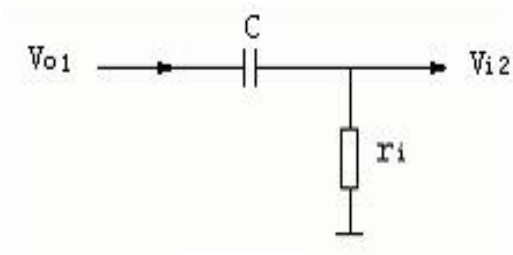
#### ① 特点

由于两级放大器之间是采用阻容耦合的，而电容有隔直作用，所以两级放大器的静态工作点相互独立，其直流电路要分别进行分析。由于耦合电容  $C_2$  的容量较大，容抗很小，所以交流信号能顺利地通过它输入到下一级。



#### ② 阻容耦合电路的分析技巧

阻容耦合电路，可以用等效电路来帮助分析

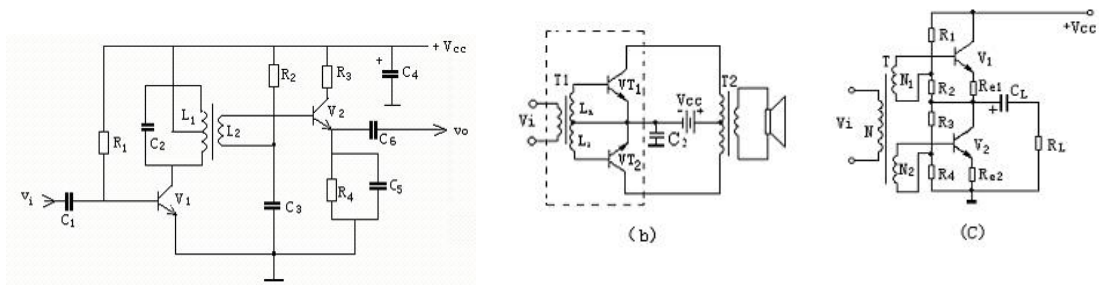


### (2) 直接耦合方式

直接耦合方式的二级放大电路，在电路中直接将前级放大器的输出端与后级放大器的输入端相连接，中间没有耦合元器件。

直接耦合电路的特点是既可以让交流电流通过，也可以让直流电流通过，所以这种耦合方式既存在于直流放大器中，也存在于交流放大器中，而且低频特性优良。但这种耦合方式不能分割放大器的直流电路，所以在电路调试、故障修理时是不利的，而且存在着“零漂”的问题。

### (3) 变压器耦合方式



### 3. 变压器耦合方式的特点

- (1) 变压器的初级和次级对于直流而言是绝缘的，两级放大器之间是相互隔离的。对于交流信号能顺利地通过它输入到下一级，这一特点与阻容耦合方式相同。
- (2) 变压器耦合可以实现阻抗匹配,使电路获得最大的功率。

### 4. 光电耦合方式

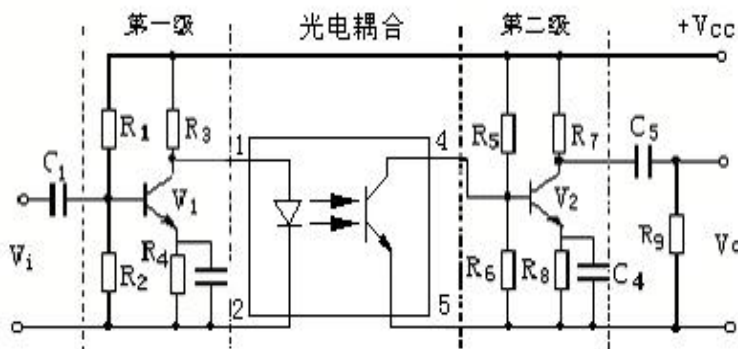
光电耦合是以光为媒介，用来传输电信号的器件。通常是把发光器（光电二极管）与受光器（光电三极管）封装在同一个半导体芯片上，内部光电二极管发光，光电三极管受光。

工作原理：当输入端加入电信号时，发光器光电二极管发出光线，受光器光电三极管接受光照之后就产生电流，由输出端输出电信号，实现了“电—光—电”的转换。

#### (1) 光电耦合的特点：

光电耦合器在无信号时可实现输入输出的电气隔离、电平转换、抗干扰能力强、传输效率高等特点。

#### (2) 光电耦合应用电路



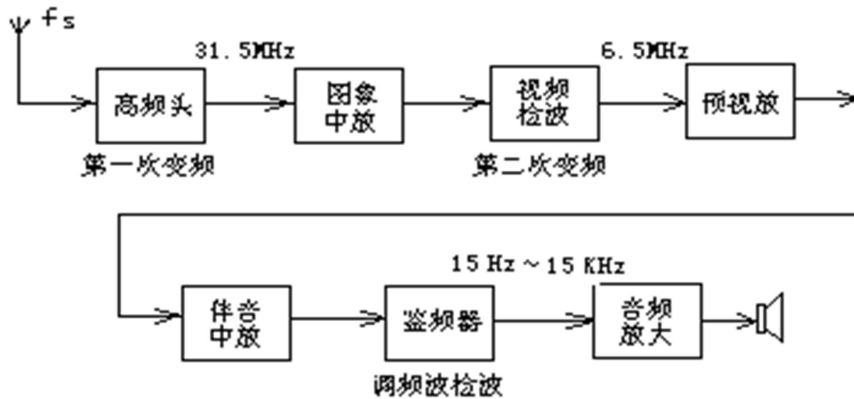
### 2.3.6 信号流程识读

信号流程即是信号在电路中的“流动”过程、传输过程，不同的电路通过

信号的流动而实现该电路的功能。如放大电路通过信号的流程完成信号的放大。

## 1. 信号流程分析

通过电视机伴音电路来分析其信号流程



## 2. 信号流程识读技巧

(1) 信号流程从信号输出端开始，逐级传输，直至信号输出端。在电路图中信号传输路径一般是按由左向右的顺序进行输入。

(2) 识读时应重视电路方框图的作用，方框图简洁明了，逻辑性强，可方便地看出电路的组成，信号的传输过程和处理过程。应注意的是看由集成电路的信号流程时，要熟悉 IC 引脚功能，同时还要借助集成电路的内部方框图来进行信号流程的识读。

(3) 当没有方框图时，可在明确电路所要达到目的的前提下，从信号输入端到电路输出端逐级依据对单元电路特点、作用、信号的变换过程等，尽可能画出详细方框图。一般情况下，一个（或两个）三极管为中心，加上外围元器件画成一个方框。然后进行信号流程的分析。

### 2.3.7 整机电路识读

整机电路图顾名思义是整个电子设备的电路图。它表明了整个机器的电路结构，各单元电路的具体形式和各单元电路之间的连接方式。根据整机电路图，可以分析整机电路的工作原理，得到相关的有用信息，如电路中元器件的型号、具体参数、标准值等。比较复杂的整机电路图中，关键测试点往往还给出了信号波形图案等。

不同型号电子设备的整机电路图，由于各厂家的设计思路不同，其电路形式往往差别很大，同一功能的单元电路其变化也十分丰富，这一切都给整机

电路的识读带来困难。但是只要了解整机电路图的一些规律，掌握识读整机电路图的一些方法，还是可以读懂整机电路图的。

### 1、整机电路图的分布规律及识图技巧

(1) 一般信号源电路位于整机电路图的左侧，负载电路位于整机电路图的右侧，电源电路图位于整机电路图的右下方。按信号流程，各级放大器电路是从左向右排列的，双声道电路中的左、右声道，双通道仪器的左、右通道都是上、下排列的。

(2) 有些电子设备比较复杂，其整机电路图往往分成好几张，通过接插件的标注能够将各张图纸之间的电路连接起来，一般用 XS、XP 等符号表示。在一些整机电路图中，还将各开关件的标注集中在图纸一处，并加以开关的功能说明，读图时可加以参考。

(3) 集成电路组成的电子设备，其电路形式基本上沿用了分立元件电子设备的形式，信号流程也基本上没有发生变化。

### 2、整机电路图的识读方法和技巧

(1) 在熟悉电路系统和单元电路的基础上，掌握识读整机电路图的方法、技巧。**要看清楚各单元电路的类型，在整机电路中的具体位置，以及所起的作用。**

(2) 一般情况下对信号传输的大方向是从整机电路图的**左侧开始向右侧**进行，直流工作电压供给电路的识图大方向是从**右侧向左侧**进行。

(3) 集成电路电子设备读图时必须以**集成块为中心**，在确定集成块内部信号通路的基础上，结合对引脚作用的了解，**由内向外，扩大范围**，进而掌握全图的识读。

(4) 对于比较复杂的电路图，应该充分重视方框图的作用，按方框范围将整机电路图“**化整为零**”分割成若干单元“**各个击破**”，最后根据信号流程把各部分“**集零为整**”。

(5) 分析整机电路图时，常会有部分电路图十分复杂而难以理解，还可能遇到有些不熟悉的电路或新型电路，所以平时要多看图、勤思考。

### 3、原理图和方框图“对号”的方法和技巧

(1) 直观入手，选好入口

在电视机伴音系统易入手的地方有这么几个：高频头、扬声器、视频检波器中的二极管、鉴频器中的双调谐回路及相关的二极管。它们的图形符号、电

路形式容易识别，可以作为入口。从高频头往后就可以找到图像中放（由声表面滤波器连接）；由扬声器往前或从鉴频器往后都可以找到音频放大电路；由鉴频器往前可以找到伴音中放电路；从图像中放电路向后遇到二极管即为视频检波电路；视频检波电路向后就可以找到预视放电路。

## (2) 以易读部位分界限

整机电路图是由各单元电路及一些网络连接起来的，各部分的电路，繁简难易程度各不相同。如能找准一些易读部位，则由此入手将给确定某些具体电路、分清单元电路的界限带来很大帮助。

## 第3章 电子电路故障查找基本方法（16课时）

**【教学目的】**掌握电子电路故障查找的基本步骤和基本方法，理解电子电路故障检测方法和技巧，最后了解电子电路故障查找的原则。

**【教学重难点】**电子电路故障查找的基本步骤和基本方法

**【素质（思政）内容】**沉着排查电路故障，严守安全准则，培养冷静应变、认真负责的职业素养。

**【教学方法】**讲授法

**【教学过程】**

### 3.1 故障查找的基本步骤

#### 3.1.1 电子电路故障产生的原因

电子电路故障产生的原因有很多，一般有以下几个方面。

##### 1. 电路内部原因

(1) 元器件因使用寿命、使用条件和质量问题而损坏。一般有**击穿、开路、断路、漏电、参数变化**等。如晶体管击穿、开路，电容漏电、容量变小，电阻器的阻值变化大等等。

(2) 印刷电路板上的焊点有**虚焊**，一般发生在使用年限较长的整机电路中，而且故障发生率相当高。

(3) 电路中的接插件**松动或接触不良、断线**。

(4) 新装配的电路或别人维修过的设备，有时会碰到**接线错误、元器件装错、漏装、搭锡**（不应该联接的焊点与另一个焊点联接在一起）等现象。

(5) 电路中可调节的**元件失调**，如中频变压器的磁芯破碎、脱落，电位器变值、接触不良等。

##### 2. 电路外部原因

(1) **违反操作规程和使用不当**会引起故障，尤其是非专业人员误操作发生的故障率较高。所以要持证上岗，贵重设备严禁非专业人员操作。

(2) **电网电压的波动**，当电压上升到一定时元器件会击穿。

(3) 电子设备长期工作在多尘、潮湿的环境中，会引起元器件、电路板**发霉、生锈腐蚀**而损坏。

(4) 受**雨淋、雷击、强磁场**等影响，同样会造成设备损坏。

(5) **运输、装卸不当**也会造成设备损坏。

### 3.1.2 故障查找的一般程序

电子电路的维修过程是从接收故障电路开始，到排除故障交付用户的经过。

故障查找的基本步骤一般可分为以下几个方面。

#### 1、询问用户

询问用户的内容主要是：**故障产生的现象、使用的时间、基本操作的情况、设备使用的环境、设备管理与维护等情况**，以便对该电路的故障有一个**初步的了解**，从而掌握第一手资料。

#### 2、熟悉电路的基本工作原理

熟悉电路的基本工作原理是故障查找和维修的前提。对于要维修的电子电路或设备，尤其是新接触的电路和设备应仔细查找该电路或设备的**技术资料及档案资料**，技术和档案资料主要有：**产品使用说明书、电路工作原理图、方框图、印刷电路图、结构图、技术参数**，以及与本电路和设备相关的维修手册等。

#### 3、熟悉电路及设备的基本操作规程

电子电路及设备产生故障的原因往往是由于使用不当，有的是违章操作所造成的。对于维修人员来说要认真按照使用说明，**熟悉操作规程**，才能尽快了解情况，及时修复。反之会使故障进一步扩大，造成更大的损失。

#### 4、先检查设备的**外围接口**部分，再检查设备**内部电路**

电子电路及设备在故障检修时，应先检查设备的**外围**部分，如电源插座插头、输入插孔、面板上的开关、接线柱等。发现问题应及时排除。检查设备**内部**电路可先用目测法，看电路板上的电子元器件有无霉变、烧焦、生锈、断路、短路、松动、虚焊、导线脱落、熔断器烧毁等现象，一经发现，应立即修复。

#### 5、试机观察

有些电子设备通过**试机观察**，能很快确认故障的大致部位。必须指出：当机内出现熔断器烧毁、冒烟、异味时，应立即关机。

#### 6、故障分析、判断

根据故障的**基本现象、工作原理分析故障**产生的部位和有可能损坏的元件。这是非常关键的一步，如果故障部位判断不能确准，就盲目检修，甚至“野蛮拆换”，将会导致故障进一步扩大，造成不必要的损失。

## 7、制订检测方案

一般故障产生的部位确认后，要制订检测方案，检测方案主要有：**静态电压、电流测试、动态测试、选用哪些仪器仪表。**

## 8、故障排除

通过检查检测找出损坏的元件，并更换，使电路及设备恢复正常功能。

## 9、老化

电路及设备恢复正常功能后，需要进行老化（老练）处理，老化的时间视具体情况而定，一般需 12 小时左右。如果再出现故障应作进一步检修。

## 3.2 故障查找的方法与技巧

### 3.2.1 感观法

感观法（直观法）是在不通电的情况下，凭人体的感觉器官（眼、耳、鼻、手），将感觉到的信息反馈到大脑，然后，分析判断故障的一种方法与技巧。

#### 1. 看

“看”就是在**不通电**的情况下，观察整机电路或仪器设备的外部、内部有无异常。

##### （1）看电子仪器设备外围、接口是否正常

先看电子电路或仪器设备**外壳**有无变形、摔破、残缺，**开关、键盘、插孔、显示器、指示电表**的表头是否完好，**接地线、接线柱、电源线和电源插头**等有无脱落，是否松动。一旦发现问题应立即排除。**外部故障排除后，再检查内部。**

##### （2）看电路内部的元器件及构件是否正常

① 打开电子设备的外壳，**观察保险丝、电源变压器、印刷电路板和排风扇**等有无异常现象。**虚焊点老化**的判断技巧：引脚周围有缝隙。

② 看**显像管灯丝**是否亮，管内有无紫光或白雾气体，若有这种现象说明管子已坏。

③ 看**显像管图像**是否正常，如图像不正常说明电路有故障。

④ 看**电解电容器是否漏液、炸开**，如有此现象，说明电容器已损坏。

⑤ 如果电子电路、仪器设备被他人维修过，应当仔细查看电路的元器件的**极性、电极**等是否装错、**连接线**是否正确，如有错的地方要及时改正，然后再排除电路故障。

## 2. 听

“听”电子设备工作时是否有**异常的声音**。听电视机中是否有行频啸叫声，听机械传动机构有无异常的摩擦声或其它杂声。如有上述现象说明电路或机械传动机构有故障。

## 3. 闻

“闻”电子设备工作时，是否有**异味**。如闻到机内有烧焦的气味、臭氧味，说明电路中的元件有过流现象，应及时查明元器件是否已损坏或有故障。

## 4. 摸

“摸”是用手触摸电子元器件是否有**发烫、松动**等现象。

- ① 小信号处理电路中的电子元器件摸上去应该是室温的、无明显的升温感觉，说明电路无过流现象工作正常；
- ② 大信号处理电路(末级功率放大管)用手摸上去应有一定的温度感，但不能发烫，说明电路无过流现象工作正常，如果是冰凉的、无温度感觉，说明电路不工作；如果发烫，说明电路有过流现象。
- ③ 用手摸变压器外壳或电动机外壳是否有过热现象，如变压器外壳发烫，说明变压器线圈有局部短路或过载；如电动机外壳发烫，说明电动机的定子绕组与转子可能存在严重的摩擦，应检查定子绕组、转子和含油轴承是否损坏。

用手去触摸电子元器件时应注意：

- 1、用手触摸电子元器件前，先用试电笔或万用表对整机电路进行漏电检查。
- 2、用手触摸电子元器件时要注意安全。在电路结构、工作原理不明情况下，不要乱摸乱碰，以防触电。
- 3、悬浮接地端是带电的，手不要触摸“热地”，以防触电。
- 4、电源变压器的初级直接与 220 伏/50Hz 交流电连接，电源变压器的初级是带电的。用手不要触摸电源变压器的初级，以防触电。

### 3.2.2 直流电阻测量方法与技巧

#### 1. 直流电阻测量方法

用万用表欧姆档测量电子电路中某个部件或某个点对地的正反向阻值。一般有二种，在线测量法和不在线测量法。

#### 2. 在线直流电阻测量方法与技巧

指被测元件已焊在印刷电路板上，万用表测出的阻值是被测元器件阻值、万用表的内阻和电路中其他元件的并联值。所以，选用万用表技巧是选内阻大的万用表，测量时万用表档位选用技巧是选用  $R \times 1\Omega$  档，可测量电路中是否有短路现象、元器件击穿引起的短路现象；

选用  $R \times 10K\Omega$  档，可测量电路中是否有断路现象，元器件是否击穿引起的断路现象，若电路有短路现象时，测得的阻值一般很小或为零，若电路有断路现象时，测得的阻值一般较大。

印刷电路板在制作时（由其是人工制作时），三氯化铁腐蚀不当，会造成印刷电路板某处断裂，断裂地方的阻值很大，用万用表电阻挡测量断裂处时表头的指针不动。

### 3.2.3 直流电流测量方法与技巧

直流电流测量法是用万用表的电流档，检测放大电路、集成电路、局部电路、负载电路和整机电路的工作电流，从测得工作电流值来判断、检测电子电路是否存在故障的一种方法。

直流电流检测可分为直接测量和间接测量两种。

#### 1、直流电流直接测量的方法与技巧

要注意以下几个问题。

- (1) 要选择合适电流量程。如果电流量程选得不合理会损坏万用表。
- (2) 断开要测量的地方，人造一个测试口，将电流表串接在测试口中，可测量电路中的电流，如图所示。
- (3) 有的电路中有专门的电流测试口，只要用电烙铁断开测试口，将电流表串接在测试口中，可直接测量电路中的电流。

#### 2、直流电流间接测量的方法与技巧

电流间接测量是先测直流电压，然后，用欧姆定律进行换算，估算出电流的大小，采用这种方法是为了方便，不需在印刷电路板上人造一个测试口，也不要用电烙铁断开测试口。

### 3.2.4 电压测量方法与技巧

电压测量主要用于检测各个电路的电源电压、晶体管的各电极电压、集成电路各引脚电压及显示器件各电极电压等。测得的电压结果是反映电子电路实际工

作状态的重要数据。如测得某个放大电路中晶体管三个电极的工作电压偏离正常值很大，那么，这一级放大电路肯定有故障，应及时查处故障的原因，又如测得某个放大点中晶体管三个电极无工作电压，那么在故障检修时应先找出无电源电压的原因。现予以排除。

应用电压测量法要注意：

1. 万用表内阻越大测量的精度越准确，若被测电路的电阻大于万用表的内阻时，测得的电压是小于实际电压值。
2. 测量时要弄清所测的电压是静态电压，还是动态电压，因为有信号和无信号时的电压是不一样的。
3. 万用表在选择档位时要比实际电压值高一个档位，这可提高测量的精度。
4. 电压测量的基本技巧：电压测量是并联式测量，所以，为了测量方便可在万用表的一支表笔上装一只夹子，用此夹子夹住接地点，万用表的另一支表笔用来测量，这样可变双手测量为单手操作，既准确、又安全。
5. 电压测量除电流电压测量外，还有交流电压的测量，在交流电压测量时要先换挡，将万用表的直流电压档拨到交流电压档，并选定合理的量程，尤其是测量高压时，注意设备的安全，更要注意人身安全。

### 3.2.5 干扰法与干扰技巧

用干扰法来检验放大电路工作是否正常，是一种常用的方法，在没有信号发声器的情况下，可采用此方法。一般用于高频信号放大电路、视频放大电路、音频放大电路、功率放大等电路的检测。具体操作有二种：

#### 第一种方法

用万用表  $R \times 1K\Omega$ ，红表笔接地，用黑表笔点击（触击）放大电路的输入端。黑表笔在快速点击过程会产生一系列干扰脉冲信号，这些干扰信号的频率成分较丰富。它有基波和谐波分量。如果干扰信号的频率成分有一小部分的频率被放大器放大，那么经放大后的干扰信号同样会传输到电路的输出端，如输出端负载接的是扬声器，就会发出杂声。如输出端负载接的是显示器件，那么显示屏上会出现噪波点。杂声越大或噪波点越明显，说明被测放大器的放大倍数越大。

#### 第二种方法

用手拿着小起子、镊子的金属部分，去点击（触击）放大电路的输入端。它

是由人体感应所产生的瞬间干扰信号送到放大器的输入端。这种方法简便，容易操作。

用干扰信号法检查电路基本技巧是：**一要快速点击，二要从末级向前级逐级点击。**末级向前级逐级点击时声音是逐渐增大，属正常。当点到某一级的输入端时，输入端没有声响，那么，这一级可能存在故障。

用干扰信号判断高、低频电路的技巧：干扰信号到高频电路输入时，其输出端接扬声器时，发出的是“喀啦、喀啦”的声响；而干扰信号到低频电路输入时，发出的是“嘟嘟嘟、嘟嘟嘟”的声响，注意交流声是“嗡嗡”的声响。

### 3.2.6 短接法与技巧

用导线、镊子等导体，将电路中的某个元器件、某两点或几点暂时连接起来。一能检查信号通路中某个元器件是否损坏；二能检查信号通路中由于接插件损坏引起的故障。用导体短路某个支路或某个元件后，该电路能工作恢复正常了，说明故障就在被短接的支路或元件中。

短接电路中某个元器件技巧：要短接某个元器件，首先弄清这个元器件在电路中的作用，从而找出信号通路中的关键元器件。所谓关键元件是：这个元件损坏会造成整个电路信号中断。

### 3.2.7 比较法与技巧

比较法是用两台同一型号的设备或同一种电路进行比较。通过测量分析、判断，找出电路故障的部位和原因。

比较的内容有：电路的静态工作电压、工作电流、输入电阻、输出电阻、输出信号波形、元件参数及电路的参数等。

比较法的测量技巧是：先比较在线电阻、电压、电流值得测量数据，当二者基本相同时，再测量信号波形是否一致，最后测量电路元件的参数。

运用比较法时应注意以下二点：

1. 要防止测量时引起的新的故障，如接地点接错，没有接在公共的接地（含“热地”）点，造成新的故障。
2. 要防止连接错误，检测人员应先熟悉原理图、印刷电路和工作原理，以免造成新的故障。

### 3.2.8 电路分割法与技巧

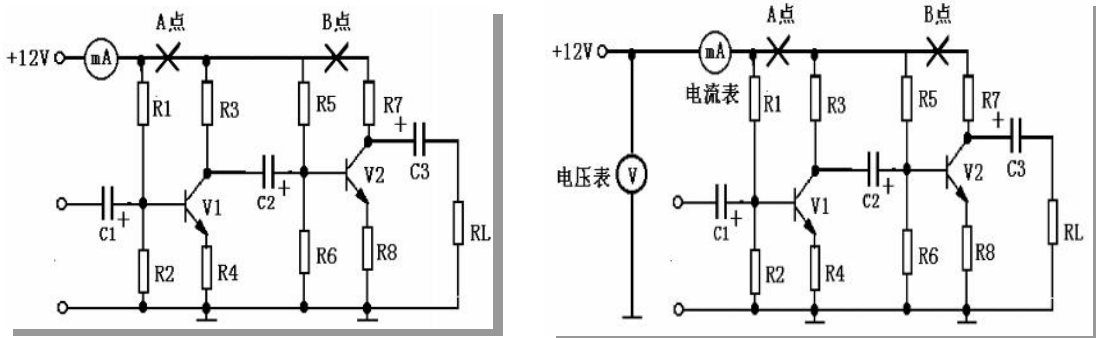
电路分割法：怀疑哪个电路有故障，就把它从整机电路中分割出来，看故障现象是否还存在，如故障现象消失一般来说故障就在被分割出来的电路中。然后在单独测量被分割出来电路的各项参数、电压、电流和元器件的好坏，便能找到故障的原因。

如整机电源电压低的故障现象，一是由于**负载过重**引起输出电压下降；二是**稳压电源本身**有故障。一般做法是把负载断开，接上假负载，然后再检测稳压电源的输出电压是否恢复正常。如恢复正常说明故障在负载，断开后稳压电源输出电压还是低，那么，故障在稳压电源本身。

运用电路分割法的基本技巧：

1. 断开电源电压 12V 与负载的连接处(负载是二级放大器)，选择好万用表电流表的档位，并将电流表串在其中。

先切断分割 B 点，观察电流表的读数，B 点切断后，电流还是不正常，那么再切断分割 A 点，如果电流恢复正常，故障就在第一级放大电路中。



2. 万用表的电压档、电流档同时测量，效果更好。鉴别方法同上。

3. 电路分割的方法还有：切断印刷电路某处的铜箔，脱焊元件的某一个引脚、拔掉接插件等。

4. 应注意的是，有的电路分割后要接上假负载，否则会引起故障进一步扩大；电路分割要选择合适的切入点，分割要彻底。故障排除后要用焊锡封闭好切入点。

### 3.2.9 替代法与替代技巧

1. 元器件替代与技巧

一般是在没有带专用仪器的情况下，无法测那些需专用仪器测试的元器件时用替代法。

元器件替代的基本技巧：对开路的元器件，**不需焊下**，替代的元器件也不要焊接，用手拿住元器件直接并联在印刷电路图相应的焊接盘，看故障是否消除，如果故障消除说明替代正确。如怀疑电容量变小就可直接并联上一只电容。

## 2. 单元电路或部件替换法

用已调整好的单元电路替代有问题电路。一般用于上门服务、急用、现场维修、快修等场合。运用这种方法时应注意**接线或接插件不要装错**。

随着电子技术不断的发展，集成电路的集成度越来越高、功能越来越多，体积越来越小，元器件和单元电路替代也越来越困难的情况下，普遍采用部件替代法。

### 3.2.10 假负载法与技巧

**假负载法**：在不通电的情况下，断开主电源与主要负载电路的连接，用**相同阻值、相等功率**的线绕电阻器作为假负载，接在主电源输出端与地之间。假负载也可以用作电源调试，电路测试等。

**使用时应注意**：由于假负载上的功率损耗很大，温度也较高，每次试验的时间不要太长，以防损坏假负载。

**运用技巧**：在电源输出电压很低，难于区分是电源故障还是负载故障或电源输出电压很高时应使用假负载。

### 3.2.11 波形判别法与技巧

**波形判别法**：用信号发生器注入信号、用示波器检测电子电路工作时各关键点波形、幅度、周期等来判断电路故障的一种方法。

如果用电压、电流、电阻等方法后，还不能确定故障的具体部位，此时可用波形法来判断故障的具体部位。因为，用波形法测量出来的是电路实际的工作情况(属动态测试)，所以测量结果更准确有效。

波形判别法的**基本技巧**：将信号发生器的信号输出端接入到被测电路的输入端，示波器接到被测电路的输出端，**先看输出端有无信号波形输出**，若无输出，那么故障就在电路的输入端到输出这个环节汇总，若有信号输出，**再看输出端信号波形是否正常**，如信号波形的幅度、周期不正常，那么说明电路的参数发生变化的原因主要是元件变值、损坏、调节期间失调等。

用波形法检测时，要**由前逐级往后级检测**，也可以**分单元电路或部分电路检**

测。要测量电路的关键点波形。关键点一般指电路的**输出端、控制端**。

检测振荡器时不用信号发生器。测量电路的频率特性曲线时需要扫描仪。测量时要注意被测试的那一点信号幅度的大小，输出信号幅度太大需要衰减探头，同时信号发生器与被测量电路之间要串接一直  $0.01\mu\text{F}$  电容。

### 3.2.12 逻辑分析法

逻辑分析法有两种。一种是**逻辑框图**分析法，另一种是用**逻辑仪器**分析法。它是一种推理分析排除法。

#### 1. 逻辑框图分析法

根据信号及电路原理用逻辑框图进行流程分析。

#### 2. 逻辑仪器分析法

用专门的逻辑分析仪或逻辑分析器对故障电路进行检测，然后，确定故障的部位和元器件损坏的原因。这种方法检修数字电路和带有 CPU 的电路特别有效。

常用的逻辑分析仪器的种类及测试的内容：

- (1) 逻辑事件分析仪，用来测量 I<sup>2</sup>C 总线控制的时序关系是否正常。
- (2) 逻辑状态分析仪，用来检测程序运行是否正常，可检查出各种代码是否出错或漏码现象。
- (3) 特征分析仪，用来检测特征码是否正常。
- (4) 逻辑笔（逻辑探头），用来测量输入输出信号电平是否正常。
- (5) 逻辑脉冲信号源，它可产生各种数据域信号。
- (6) 电流跟踪器，可检测电路中的短路现象。

### 3.2.13 频率测量法

#### 1、频率和周期

频率定义为相同的现象在单位时间内重复出现的次数，周期则指出现相同现象的最小时间间隔。

#### 2、频率测量的基本方法

##### (1) 直接测量法

指直接利用电路的某种频率响应来测量频率的方法。电桥法和谐振法是这种测量方法的典型代表。

##### (2) 对比法

利用**标准频率与被测频率进行比较**来测量频率,其测量的准确主要决定于标准信号发生器输出信号频率的准确度。拍频法、外差法及计数器测频法是这类测量方法的典型代表。尤其是利用电子计数器测量频率和时间。

具有测量精度高、速度快、操作简单、可以直接显示数字,便于与计算机结合实现测量过程的自动化等优点,是目前最好的测频方法。

### **3.2.15 电子技术法测量频率**

电子计数器测量频率是严格按照频率的定义进行的。它在某个已知的标准时间间隔  $T_0$  内,测出被测信号重复的次数  $N$ ,然后,由公式  $f=N/T$ 。计算出频率。

## 第 4 章 单元模拟电路故障查找方法与技巧（8 课时）

**【教学目的】**掌握单元模拟电路的组成及信号流程，理解单元模拟电路的常见故障现象及故障查找方法，并了解新特电子电路的基本结构形式。

**【教学重、难点】**单元模拟电路的常见故障现象及故障查找方法

**【素质（思政）内容】**深耕模拟电路检修，专注细节把控，秉持一丝不苟、追求极致的职业态度。

**【教学方法】**讲授法

**【教学过程】**

### 4.1 基本放大电路故障查找方法与技巧

#### 4.1.1 单管放大器故障查找方法与技巧

单管放大电路的形式有三种：共发射极放大器、共集电极放大器、共基极放大器。

##### 1. 电路组成

##### 2. 单管放大器常见故障

- (1) 无信号输出；
- (2) 输出信号幅度小；
- (3) 输出信号失真。

##### 3. 单管放大器故障查找方法与技巧

###### (1) 无信号输出故障查找方法与技巧

① 首先检查**信号源、连接线和探头**是否良好，如信号源、连接线和探头有故障，应先排除。

###### ② 在信号源、连接线和探头正常情况下，先测量**放大器直流供电电压**

**测量方法：**用万用表直流电压档，并选择合适的档位，+VCC 是 12V，应选择 50V 档，测量时万用表红表笔接+VCC 正极，黑表笔接地(公共端)。如测得的电压为零或很低，说明放大器供电电压不正常，应当查供电电源和退耦电容。

③ 直流供电电压正常，测量**放大管各电极工作点电压**。若集电极电压近似等于电源电压，查放大管是截止还是开路。若近似等于零或小于 1 伏，查放大管是饱和还是击穿。检查放大管好坏可用万用表欧姆档在线测量法测 **PN 结的正反向电阻**，用  $R \times 1\Omega$  档测得阻值很小，说明 PN 结已击穿；用  $R \times 10K\Omega$  档测得阻值很大，说明 PN 结已开路；应更换放大管。如果放大管正常，应检查偏置电阻是否

变值或开路。

以下几种情况，放大器同样不能正常工作

- a. 集电极电阻  $R_C$  损坏；
- b. 发射极电阻  $R_E$  损坏；
- c. 电路有虚焊或元件开路。

### (2) 输出信号幅度小故障方法与技巧

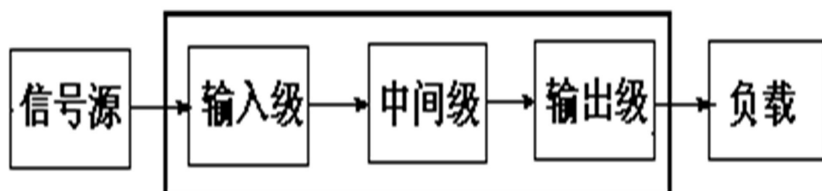
在信号输入正常，放大器输出信号幅度小，主要是放大器的电压放大倍数过小引起。先检查放大管的性能是否良好，确认放大管正常后，再检查放大管的工作点是否合适。如工作点正常，着重检查  $C_4$  是否开路， $C_4$  开路，会使放大器的交流负反馈量增大，导致放大器倍数下降，信号输出幅度下降。

### (3) 非线性失真故障方法与技巧

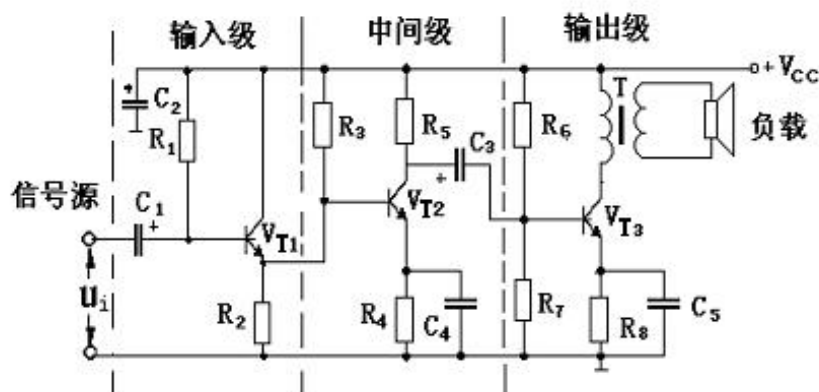
放大器输出波形出现非线性失真，说明放大器没有工作在线性放大区，它工作在饱和区或截止区，使输出信号波形的顶部或底部出现失真，放大器工作在线性区的原因主要是偏置元件的参数发生了变化，所以只要检查偏置元件， $R_{B1}$ 、 $R_{B2}$ 、 $R_c$ 、 $R_e$  等元件是否出现变值就可以了。

## 4.1.2 多级放大器的故障查找方法

多级放大器一般有输入级、中间级和输出级组成。



### 1. 电路组成及信号流程



(1) 电路组成

(2) 信号流程

## 2. 多级放大器常见故障

(1) 无信号输出（无声）；

(2) 输出信号幅度小（声音轻）；

(3) 输出信号失真（声音失真）。

## 3. 多级放大器故障查找注意事项。

(1) 两级放大器之间采用直接耦合电路，有一级出现故障，将会影响两级电路的直流工作点，在检测时要把两级电路视为一个整体综合进行检查。

(2) V2 和 V3 是阻容耦合，它们的工作点彼此独立，可采用分级查找；即分别检测它们工作点电压，哪一级工作点电压不正常，故障就在这一级。

(3) 如果多级放大器中含有频率补偿电路或分频电路，可采用电路分割法，将这一部分电路割开后再进行检查。

## 4.故障查找的具体方法与技巧

(1) 先缩小故障的范围，确定故障的具体在那一级。

(2) 查找的基本技巧：用信号注入法或干扰法。

**信号注入法：**信号从前级向后级逐渐一级一级地加到放大管的基极，并观察输出端是否有信号输出；

**干扰信号注入法：**用万用表  $R \times 1K\Omega$  档，红表笔接地，黑表笔点触每一个基极，一般是从最后一级向前级逐级点触。故障确认在那一级后，可用电阻测量法仔细查找这一级中那个元器件损坏，予以排除。

(3) 由集成电路组成的多级放大器，应先找到集成电路的信号输入引脚和输出引脚。然后将信号加到集成电路的信号输入端，观察输出端是否有信号，若无信号输出，不能立即判定集成电路损坏，此时应测量集成电路各引脚的工作电压是否正常，如测得某一个引脚工作电压不正常时，同样不能判定集成电路是坏的，还要检测这个引脚的外围元件，如果外围元件是好的，则说明集成块已损坏，应予更换。如果外围元件是坏的，应更换外围元件后再测量。

## 4.2 反馈放大电路的故障查找方法与技巧

1. 在模拟电路中反馈放大电路有二种：负反馈放大电路和正反馈电路。

## 2. 反馈放大电路常见故障

(1) 负反馈电路损坏，负反馈作用消失，输出信号幅度增大，输出信号失真，严重时还会产生自激振荡现象。

(2) 负反馈作用加强，输出信号幅度减小。

(3) 正弦振荡器停振。

(4) 输出信号频率变高或变低。

## 3. 反馈放大电路故障查找方法与技巧

### (1) 负反馈放大电路故障查找方法与技巧

#### ① 输出信号幅度增大，失真故障查找方法与技巧

**主要原因：**放大电路中**负反馈元件损坏**，负反馈作用消失，使放大器的增益变大，导致输出信号幅度增大。此时应重点检查电路中的负反馈元件是否出现**开路、虚焊、电阻变值**等现象。也可以应用万用表电压档测量反馈放大电路的工作电压是否变化，如果反馈电路工作电压不正常，那么故障肯定就在其中。

如果输出信号出现失真，说明放大器已工作非线性区（饱和或截止状态）。应重点测量放大器的工作点电压，查找电路中的电阻是否正常、放大管的参数是否发生变化。

#### ② 输出信号幅度小故障查找方法与技巧

**主要原因：**一是放大电路中**负反馈作用增强**，二是放大电路中**元器件的参数发生变化**。

在工作点正常情况下，检查**发射极旁路电容**是否**开路、失效、容量变小**。检查技巧是用短路法，同时观察输出信号是否增大，如输出信号幅度增大，旁路电容损坏。如交流旁路电容正常，则说明电路中其它元器件参数发生了变化。

### (2) 正反馈放大电路故障查找方法与技巧

#### ① 振荡器停振故障查找方法与技巧

**主要原因：**一是**正反馈电路的元件损坏**，二是振荡电路中的**起振元件损坏**，三是**振荡管损坏**。

先**测量振荡器的直流工作点**是否正常。工作点电压不正常，振荡器就不起振，就无信号输出；在工作点电压正常情况下，再**查找正反馈电路中的元件**是否损坏、断路等，如果正反馈电路中的某个元件损坏，正反馈条件就不满足，振荡器同样

会停振。检测方法用直流电压测量法测量工作点、用电阻测量法判断元器件好坏。

## ② 输出信号频率发生变化故障查找方法与技巧

**主要原因：**选频回路中的元件参数发生变化，这些元件中只要有一个元件的参数发生变化，其振荡频率就会变化。如振荡回路是由 LC 或石英晶体组成，这些元件损坏的现象是：电感量发生变化（如磁芯松动、破损）或电感线圈开路、石英晶体性能不良等。

查找方法与技巧是用电阻测量法和替代法。

应注意的振荡器元件更换后，电路需重新调试。

## 4.3 选频放大电路的故障查找方法与技巧

选频放大电路的作用是从许多个信号频率中，选出所需要的信号，并给予放大，抑制无用信号。

电路的基本形式：LC 调谐放大器和 RC 选频放大器。

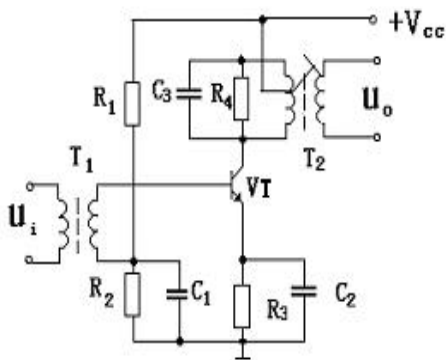
在现代电子设备中常用陶瓷滤波器替代 LC 选频回路。

### 4.3.1 LC 调谐放大器故障查找方法与技巧

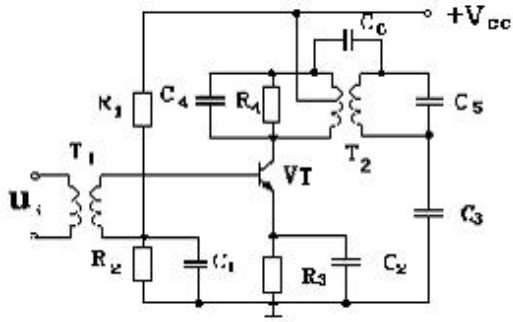
#### 1. 电路组成及特性曲线

LC 调谐放大器有两种：单调谐放大器和双调谐放大器示。

所谓单调谐放大器，就是选频放大电路的选频回路是单调谐回路，如图所示，C3 和 T2 初级线圈组成一个单调谐电路。



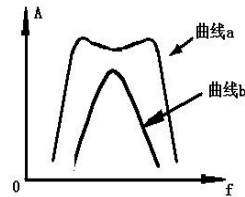
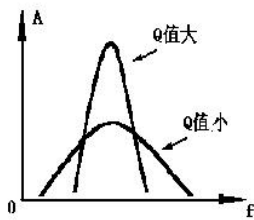
双调谐放大器，选频回路是双调谐回路的放大电路是双调谐放大电路。如图所示，C4、C5、T2 组成双调谐电路，R4 是阻尼电阻，用来展宽频带。C6 是耦合电容。



## 2. 特性曲线

调谐放大器的增益，由 LC 回路的谐振频率决定。当 LC 回路的谐振频率等于信号的频率时，放大器的增益最大，偏离信号的频率时，增益变小。调谐放大器的选择性、通频带与 LC 回路的 Q 值有关（Q 值是 LC 回路的品质因素）。从 Q 值特性曲线图可以看出 Q 值越大，曲线越尖，选择性好，通频带窄；Q 值越小，曲线平坦，选择性差、通频带宽。

从图中可以看出，曲线（a）呈双峰，曲线（b）呈单峰，并略有下凹，曲线的形状与 LC 双调谐回路的耦合程度有关，弱耦合呈单峰，大于临界耦合呈双峰。



## 2. LC 调谐放大器常见故障

- (1) 无信号输出；
- (2) 输出信号幅度小。

## 3. LC 调谐放大器故障查找方法与技巧

### (1) 无信号输出故障查找方法与技巧

先进行**常规检查和测试**（直流工作电压、元器件好坏，虚焊点等）。在直流工作电压正常情况下，用**专用仪器**（如扫频仪）测试调谐放大器的幅频特性曲线。还要查找**槽路中的元件**接触是否良好，有无断路等。元件故障确认后应更换，修复后还要**重新调试**。

### (2) 信号输出幅度小故障查找方法与技巧

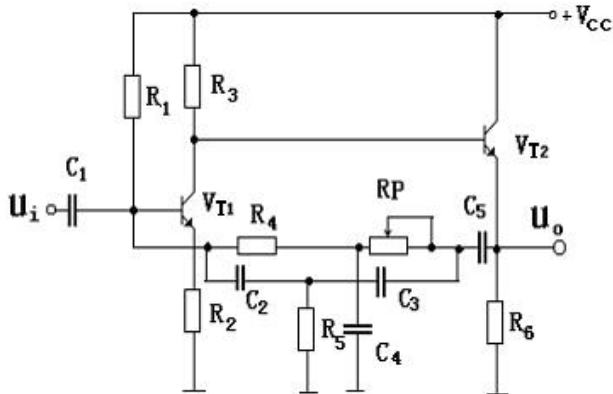
原因：放大器的增益下降。主要查找与增益有关的元件，测量放大器的特性曲线。

方法同上。

### 4.3.2 RC 选频放大电路的故障查找方法与技巧

#### 1. 电路组成

双 T 型 RC 选频放大器如图所示，它在二级放大器中作为一个反馈电路，对不同频率的信号具有不同的负反馈量，使放大器对不同信号频率的增益也不同，这样就实现了放大器的选频功能。这种电路广泛应用于音调控制电路中。



#### 2. 常见故障的现象

- (1) 无信号输出；
- (2) 信号失真（声音变调）。

#### 3. 无信号输出故障查找方法与技巧

先测  $V_1$ 、 $V_2$  的工作点电压是否正常，工作点电压正常后，一般可以断开 RC 选频电路，再观察输出端是否有信号输出，如果有信号输出，说明故障在 RC 选频电路中；重点查 RC 选频网络的电容是否损坏。电阻是否开路、变值。工作点电压不正常查  $V_1$ 、 $V_2$  及偏置电路。

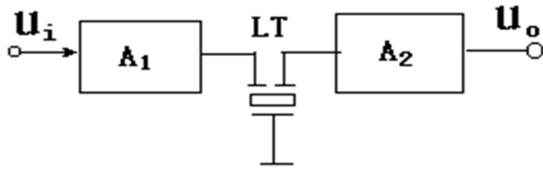
#### 4. 输出信号失真故障查找方法与技巧

故障原因：第一，基本放大电路工作状态发生了变化，工作点进入非线性区；第二，放大电路中选频有故障，使其它谐波信号也被放大，造成输出信号失真。

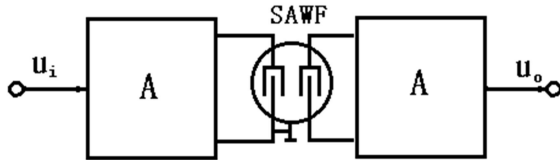
故障查找时应着重检查 RC 选频网络中的元器件，并测量工作电压。C2、C3 损坏输出信号中的低频分量增加，C4 损坏输出信号中的高频分量增加，所以，在有专用设备的情况下，可进行 RC 选频网络的特性测试，通过特性测试来排除故障的方法更为有效。

### 4.3.3 压电陶瓷式选频放大电路故障查找与技巧

## 1. 电路组成



由二个基本放大器（A1、A2）与一个三端陶瓷滤波器（LT）组成



由声表面滤波(SAWF)与基本放大器组成

## 2. 常见故障的现象

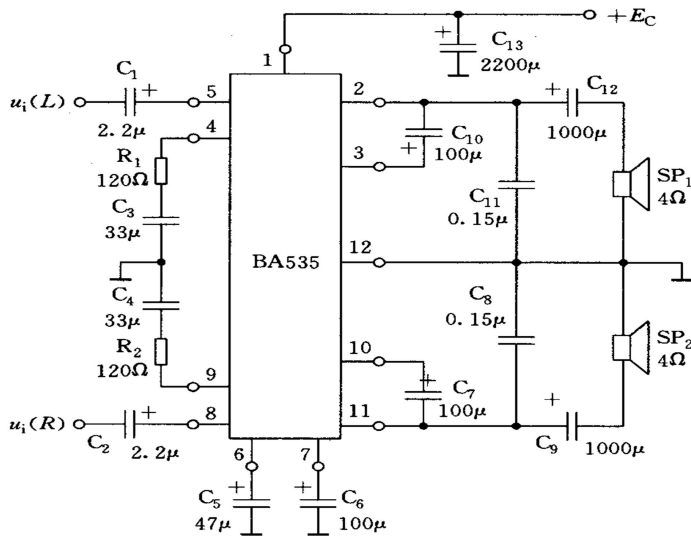
- (1) 无信号输出；
- (2) 信号失真；
- (3) 信号输出幅度小。

## 3. 压电陶瓷式选频放大电路故障查找方法与技巧

首先判断故障在基本放大器,还是压电陶瓷损坏。判断的方法可以用干扰法、交流短路法及电压测量法。如果是压电陶瓷损坏可直接用替换法。

## 4.4 集成电路功率放大器故障查找方法与技巧

### 4.4.1 集成电路功率放大器故障查找方法与技巧



### (1) 电路结构

BA535 集成电路 OTL 功率放大电路,采用带有散热片的 12 个引出脚,单排

直插塑料封装结构。

## (2) BA535 集成电路外围元件的作用

C1、C2 是输入耦合电容，用来传递交流信号。R1、C3、R2、C4 是负反馈元件，它的大小可以改变放大器的增益。C7、C10 是自举电容。C5、C6 是滤波电容，用来滤除交流纹波。C9、C12 是输出端的耦合电容，同样是用来传递交流信号。C8、C11 是消振电容，主要是用来消除寄生振荡。SP1、SP2 是扬声器，用来电声转换还原声音。

## 2. 集成电路功率放大器常见的故障现象

- (1) 无声；
- (2) 声音轻；
- (3) 有交流声；
- (4) 失真。

## 3. 集成电路功率放大器故障查找方法与技巧

### (1) 集成电路功率放大器的故障查找的一般程序

- ① 熟悉集成块各引脚作用，找出输入、输出、音量控制端、电源等关键引脚。
- ② 用触摸法检查集成块是发烫，还是环境温度(常温)，可判断集成电路是否有故障。因为末级功率放大器，工作的电压、电流较大，正常时集成电路有一定的温度，集成电路发烫和冰冷都是不正常现象。
- ③ 测量关键引脚的工作电压是否正常，查该引脚的外围元件。

### (2) 声音轻故障查找方法与技巧

出现声音轻故障应重点检查**电源电压是否偏低**。电源电压正常后，应检查**交流负反馈元件**。自举电容性能不好，也会出现这个现象。

### (3) 有交流声故障查找方法与技巧

有交流声重点查找电源电路中的**滤波电容**是否失效，容量是否变小。

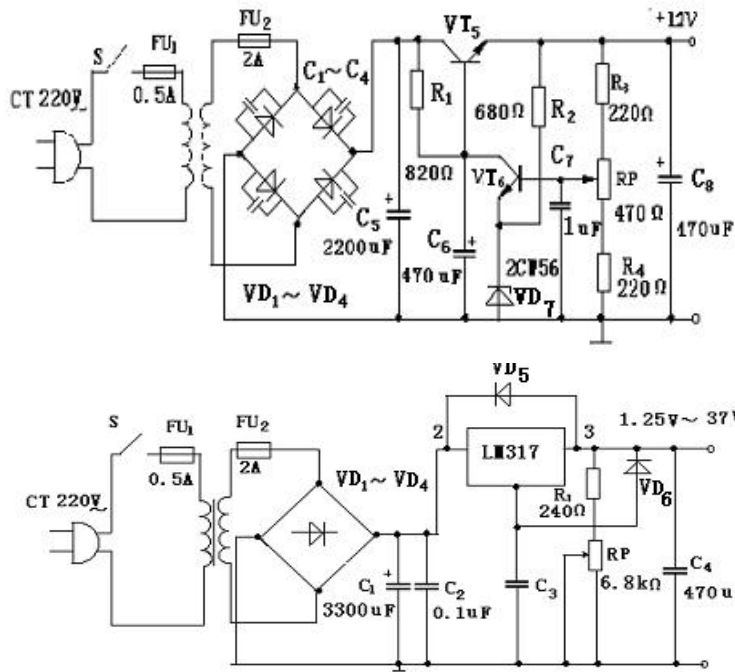
### (4) 失真故障查找方法与技巧

失真的原因现象很多，扬声器纸盒破损，会出现失真，集成块性能不良会出现失真

## 4.5 直流稳压电源故障查找方法与技巧

### 4.5.1 串联型直流稳压电源故障查找方法与技巧

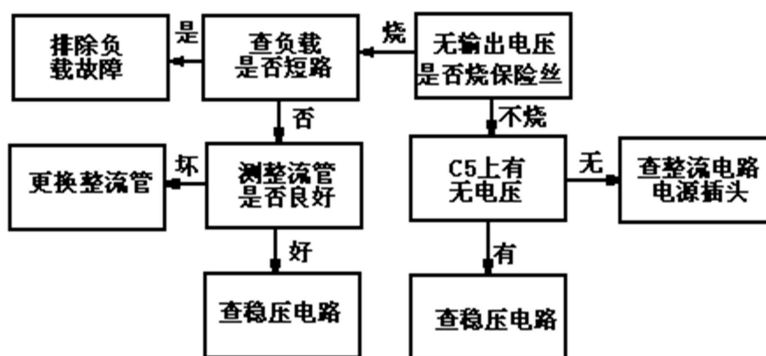
#### 1. 电路组成（分立元件直流稳压电路和集成稳压电路）

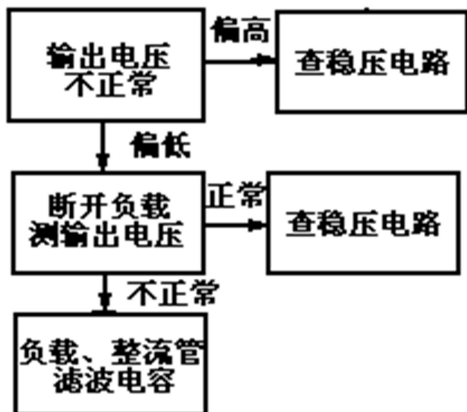


## 2. 串联型直流稳压电源常见故障现象

- (1) 输出直流电压输出  $V_0=0$ ，烧保险丝；
- (2) 输出直流电压输出  $V_0=0$ ，不烧保险丝；
- (3) 输出的直流电压偏低，调不上；
- (4) 输出的直流电压偏高，调不下；
- (5) 交流纹波系数大。

## 3. 串联型直流稳压电源故障查找一般程序





#### 4.5.2 开关型电源电路的故障查找方法与技巧

所谓开关型稳压电源电路就是稳压电路中调整管工作在开关状态。这种电路功耗小，效率高，机内温度低。

开关型稳压电源电路的作用是将 220V/50Hz 交流电直接整流、滤波获 300V 脉动的直流电压，再由开关调整管、开关变压器、控制电路去控制调整管，输出稳定的直流电压作为电路的工作电压。开关型稳压电源电路有多种类型，输出电压的形式也多种多样，分单路输出和多路输出。

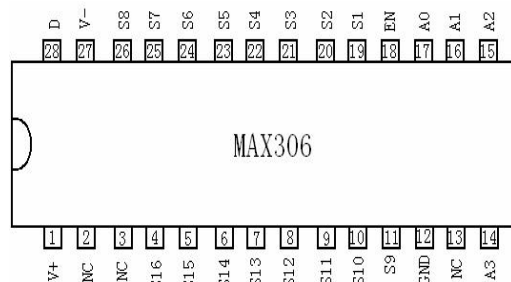
### 4.6 现代模拟集成电路故障查找技巧

#### 4.6.1 模拟多路开关故障查找技巧

模拟多路开关结构：

模拟多路开关是一种从多个模拟输入中，选择其中的一个作为输出的器件。MAX306 是美国 MAXIM 公司生产的 COMS 模拟多路开关。A0、A1、A2、A3 四个是逻辑控制端，EN 是译码控制端，S1-S16 是 16 个开关通道。

有正电源 V+ 和负电源 V-，它可以单电源工作；也可以双电源工作。用 EN 来控制整个器件，只有当 EN 为低电平时，多路开关才能工作。



#### 4.6.2 集成运算放大器故障查找技巧

1、功能

运算放大器是具有**高开环放大倍数**并带有**深度负反馈**的多级直接耦合放大电路。它首先应用于电子模拟计算机上，作为基本运算单元，可以完成**加减、乘除、积分和微分等数学运算**。运算放大器随着半导体集成工艺的发展，研制成集成运算放大器以来，才使运算放大器的应用远远地超出模拟计算机的界限。集成运算放大器在信号运算、信号处理、信号采集、信号测量以及波形产生等方面得到了广泛的应用。

## 2、LM324 器件应用举例

### (1) 运算放大器

运算放大器在**线性运算方面**，可以完成比例、加减、乘除、积分微分、对数与反对数、开平方、指数变换、矢量计算等运算功能。其次运算放大器在**信号处理方面**，可以实现有源信号滤波、信号的采样保持等处理功能。运算放大器在**波形产生方面**可以非常方便地构成矩形波发生器、三角波发生器、锯齿波发生器等波形发生器。在**信号测量方面**运算放大器可以将一些非电量(如压力、温度、流量、浓度等)变换及放大为合适的电压信号。

### (2) 运算器的应用

#### ① 反相比例运算放大器

反相比例运算放大器：

$$v_o = - \frac{R_F}{R_1} v_i$$

输出与输入关系：

由公式可知，反相比例运算放大器输出信号与输入信号相位相反，且成比例关系，比例关系决定于  $R_F$  与  $R_1$  的比值。

#### ② 同相比例运算放大器

$$v_o = \left( 1 + \frac{R_F}{R_1} \right) v_i$$

输出与输入关系

由公式可知，同相比例运算放大器输出信号与输入信号相位相同，且成比例关系，比例关系决定于  $R_F$  与  $R_1$  的比值。

## 3、比例运算器常见故障现象

### (1) 无信号输出

### (2) 输出信号比例关系失常

#### 4、比例运算放大器故障查找方法与技巧

##### (1) 无信号输出故障查找方法与技巧

① 首先检查运算放大器的输入端有无信号加入，若无信号，查信号源、连接线和探头是否良好，如信号源、连接线和探头有故障，应先排除。

② 在信号源、连接线和探头正常情况下，先测量运算放大器直流供电电压，测量的方法：用万用表直流电压档，并选择合适的档位，+VCC 电压是 32V，应选择 50V 档，测量时万用表红表笔接+VCC 的正极，黑表笔接地（公共端）。如测得的电压为零或很低，说明放大器供电电压不正常，应当查供电电源，和退耦电容。

③ 直流供电电压正常后，检查运算放大器的外围元件  $R_1$ 、 $R_F$  和平衡电阻  $R$  是否变值或开路。如  $R_1$  开路，运算放大器不工作。导致无信号输出。

##### (2) 输出信号比例关系失常故障查找方法与技巧

输出信号比例关系失常故障说明有信号输入，直流电源正常，应着重检查运算放大器的外围电阻  $R_1$ 、 $R_F$  和平衡电阻  $R$  是否变值，电阻变值会引起输出信号比例关系失常。

## 第 5 章 单元数字电路故障查找方法与技巧（10 课时）

**【教学目的】**掌握单元数字电路的组成及信号流程，理解单元数字电路的常见故障现象及故障查找方法，以及了解数字电路的基本结构和特点。

**【教学重、难点】**单元数字电路的常见故障现象及故障查找方法

**【素质（思政）内容】**严谨排查数字电路，恪守作业标准，练就缜密思维，懂得互助共进、求真务实。

**【教学方法】**讲授法

**【教学过程】**

### 5.1 门电路故障查找方法与技巧

#### 5.1.1 门电路种类

##### 1. 基本门电路的种类

门电路是最基本的逻辑电路，也是数字电路最基本的单元电路，最基本的门电路有：与门、或门、非门三种，它们是具有多端输入（非门为单端输入），单端输出的开关电路。按照构造方法的不同，门电路分为分立元件门电路和集成门电路，由于集成门电路具有体积小、重量轻、功耗小、价格低、可靠性高的优点。

##### 2. 集成逻辑门电路种类

集成逻辑门电路又分为双极型（TTL 型）集成电路和单极型（MOS 型）集成电路两种。

TTL 集成逻辑门电路很多，有与非门、与门、非、或门、或非门、与或非门、异或门、OC 门、三态门等。

CMOS 集成门电路有：CMOS 反相器（非门）、集成 CMOS 与非门、集成 CMOS 或非门、集成 CMOS 与门、集成 CMOS 或门、CMOS 传输门和 CMOS 三态门等。

#### 5.1.2 集成逻辑门电路常见故障及查找方法

##### 1. 常见故障现象

（1）在应用电路中，门电路逻辑功能不正常，有输入信号，无输出信号或输出状态不正确；

（2）输出电平不正常；

（3）器件损坏。

##### 2. 常见故障查找方法与技巧

(1) 在应用电路中，门电路逻辑功能不正常的故障查找方法与技巧（感观和替换法）

(2) 输出电平不正常的故障查找方法与技巧

可查找：电源电压是否超出正常范围；器件引脚或连接导线是否接触不良；提供输入信号的电路的带负载能力是否不强；闲置引脚处理不当造成干扰信号的串入等。

(3) 器件损坏的故障查找方法与技巧

① 由于集成块不正确的频繁插拔，造成管脚的断裂或变形，再次使用时没有注意到这一点，因而造成电路故障。可采用直接观察方法、功能分析方法、管脚电压测量方法等进行检测。

② 由于连线时不注意，将门电路（OC 门除外）的输出端子直接接在电源或地上，通电试验前没有仔细检查，这时容易造成集成器件的损坏，这种由于连接线的错误引起的器件损坏，损坏部分是局部的（同一块集成块上有几个门电路时），可以改用完好的门而不必更换集成块。

(3) 器件损坏的故障查找方法与技巧

③ 由于接线时疏忽，不小心将集成块的工作电源的正、负极性端子接反，通电后必定造成集成门电路的损坏，这时的故障现象表现为：器件发烫甚至冒烟，有时候表现为器件表面有裂痕或冒泡烧焦等痕迹。当通过眼睛观察或鼻子嗅闻发现这类异常情况，首先必须想到电源接线的问题，应立即切断电源，然后仔细检查加以排除。

### 3. TTL 逻辑门电路使用注意事项

(1) 注意电源的电压范围要满足要求，电源的极性不能接反，否则过大的电流会造成器件的损坏。

(2) 电源接通的情况下，不能插、拔或焊接集成器件。

(3) 注意输入信号的幅度范围： $-0.5V \sim +5.5V$ 。

(4) 多余的输入端尽量不要悬空，以免受干扰。应按照其逻辑功能将多余输入端接地或通过适当的电阻接到  $V_{cc}$  上。

(5) 输出端不允许与电源端或地相接，多个输出端不能短接使用（三态门和 OC 门除外）。

(6) OC 门线与时，应在其公共输出端上串接适当的电阻连接到  $V_{CC}$  上。

#### 4. COMS 逻辑门电路使用注意事项

(1) 注意 CMOS 集成门电路的工作电源范围为  $3\sim 18V$ ，为了能与 TTL 电路兼容，一般情况下  $V_{CC}$  也取  $5V$ 。

(2) 与 TTL 门电路一样，不允许将电源的极性接反，通电的情况下不允许插、拔或焊接集成器件。输出端不能与地或电源连接，多个输出端也不能短接使用。

(3) CMOS 集成门电路与 TTL 集成电路混合使用时，电平配合的问题。由于它们的输入、输出电平，带负载能力不同，为保证整个数字系统的安全、可靠，使电路具有比较好的抗干扰能力，在 CMOS 集成门电路与 TTL 电路之间通常要加接口电路。

(4) CMOS 门电路的多余端子在处理时，必须根据具体情况要么接高电平、要么接地，不允许悬空；在工作速度很高的数字电路系统中，CMOS 门电路闲置的输入端不允许与使用的输入端并联使用，否则会增大输入电容，降低电路的工作速度或出现混乱，检查电路时要留意。

(5) CMOS 门电路的带负载能力比 TTL 门电路带负载能力差，因此在实际使用中要注意。当负载较重而没有采取外接驱动电路时，很容易造成电路异常。

(6) 在进行电路实验或对 CMOS 电路系统进行调试、检测时，要先接通直流工作电源，后接入信号源；检测结束先关信号源再关直流电源。

#### 5.1.2 1 位数值比较器电路

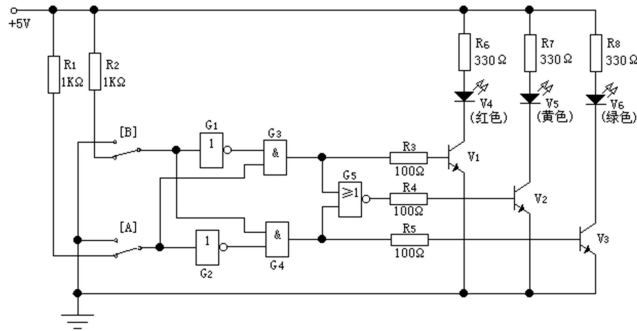
##### 1. 电路组成及工作原理

如图所示为利用门电路组成的 1 位数值比较器电路。它主要由二个反相器  $G_1$ 、 $G_2$ ，二个二输入与门电路  $G_3$ 、 $G_4$ ，一个二输入或非门电路  $G_5$  及指示电路等组成。其功能为：比较两个 1 位二进制数  $A$  和  $B$  的大小（逻辑：高电平为 1，低电平为 0）。比较结果不外三种情况，若  $A > B$ ， $V_1$  导通， $V_4$  红色发光二极管亮；若  $A = B$ ， $V_2$  导通， $V_5$  黄色发光二极管亮；若  $A < B$ ， $V_3$  导通， $V_6$  绿色发光二极管亮。

##### 2. 常见故障现象

- (1) 三只发光二极管都不亮；
- (2)  $A > B$  时，红色发光二极管不亮；

(3) 二只发光二极管同时亮。



### 3. 常见故障的查找方法与技巧

(1) 三只发光二极管都不亮的故障查找方法与技巧

- ① 查找供电电路，+5V 电压是否正常，不正常修复。
- ② 查指示电路，先用镊子短路 V1、V2、V3 三极管的 e、c 极，如发光二极管会发光，说明发光二极管 V5、V6、V7 和限流电阻 R6、R7、R8 正常，否则对损坏的元器件进行更换。
- ③ 用逻辑测试笔测试各门电路的输入、输出逻辑因果关系，若发现因果关系出错，先测量连接线、焊接点等，如连接、焊点正常，则更换该门电路。

(2) A>B 时，红色发光二极管不亮的故障查找方法与技巧

- ① 用镊子短路 V1 的 e、c 极，判断红色发光二极管的好坏，若损坏，更换即可。
- ② 用逻辑测试笔测试，是 A>B 吗？若正确，就分别测试 G1、G3 门电路的因果关系，发现故障排除即能修复。

(3) 二只发光二极管同时亮的故障查找方法与技巧

拨动开关 A、B，判断是否 A、B 在任何状态，都是有二只发光二极管亮，如是这种情况，可确定是某三极管损坏了，更换即可；若不是，可按上述第二种方法排查。

## 5.2 触发电路故障查找方法与技巧

触发器具有记忆存储功能，是构成时序电路必不可少的部分，是用来存放二进制信息的基本单元。RS 触发器通常可用来组成无抖动开关，也称作逻辑开关。

### 1. RS 触发器常见故障现象

- (1) 门电路器件损坏;
- (2) 连接线接触不良或开路;
- (3) 制作调试时出现搭锡、错接等情况而造成混线;
- (4) 控制端 S、D 出现不允许状态而造成输出不定情况。

## 2. RS 触发器常见故障查找方法与技巧

- (1) 由门电路组成的基本 RS 触发器，若门电路器件损坏，触发器将不能正常翻转。
- (2) 查看线路连接是不是正确
- (3) 用感观法观察器件
- (4) 判断控制端 S、D 是否出现非法状态，只要用逻辑测试笔测量一下各自的电平进而予以纠正。

### 5.2.2 JK 触发器故障查找方法

#### 1. JK 触发器常见故障现象

- (1) 在电路运行中，应该发生翻转时，触发器不翻转;
- (2) 触发器的输出始终为“0”或始终为“1”;
- (3) 触发器的 Q 与  $\bar{Q}$  端出现同一状态。

#### 2. JK 触发器故障查找方法与技巧

(1) 在电路运行中，JK 触发器在 CP 脉冲作用下，应该发生翻转时，而它不翻转。

① 检查触发器的工作电源是否正常，正负极性有没有接反； ② 检查 J、K 端的电平状态在应该发生翻转前那一刻是否满足翻转的条件。如不满足则检查 J、K 端的接线。如果接线没问题，断开与 J、K 端的外部连线，检查外接端子。分别检查外电路能否给出正确的条件，以及触发器的输出端能否正常翻转，能正常翻转，说明问题出在与触发器输出相连的电路部分；如在输出断开的情况下，触发器仍然不能翻转，则断定故障在 JK 触发器器件，这时应更换器件。

(2) 触发器的输出始终为“0”或始终为“1”。

① 检查触发器的置位端或复位端的接法是否正确，正常工作时，其置位端 Sd 和复位端 Rd 应都接高电平，否则就会发生置位（输出为“1”）或复位（输出为“0”）

② 断开触发器的输出端与外电路的连接线，看触发器的输出能不能恢复正常。在输出断开的情况下，触发器恢复正常，就说明故障出现在与输出相连的外电路；在输出断开的情况下，触发器仍然不能正常，应更换器件。

(3) 触发器的 Q 与  $\bar{Q}$  端出现同一状态。

很有可能器件已损坏。先更换器件，看故障现象能否消失。如故障现象仍然存在，仿照前面的方法，断开输出端的外接电路来检查即可找到问题所在。

以上只是介绍了三种故障现象的一般检查方法与技巧。很显然，当怀疑电路中该部分单元电路有故障时，如果器件更换方便，只要连接线（包括电源的极性）无误，确保新更换上去的触发器器件不被损坏，先更换器件排除故障较为快捷方便。如器件更换不方便，还是按照上述的步骤去检查、判断为好。

### 5.2.3 D 触发器故障查找方法

D 触发器相对于 JK 触发器而言比较简单，触发器的状态在时钟信号的上升沿到来时翻转，输出与输入端 D 的状态一致。在使用中遇到故障，按照逻辑功能结合故障现象，仿照 JK 触发器的故障检测查找方法排除故障。

## 5.3 时序电路故障查找方法

### 5.3.1 同步时序电路常见故障及查找方法

#### 1. 同步计数电路常见故障

- (1) 计数不正常：不计数或计数未达到预期要求；
- (2) 进位不正常：未按照规定向高位送出进位信号。

#### 2. 同步计数电路故障查找方法与技巧

- (1) 计数不正常，不计数或计数未达到预期要求：驱动条件、复位端、时钟脉冲信号；输入状态信号、复位端、CP 信号
- (2) 进位不正常：计数不正常或不计数、输出门电路

### 5.3.2 寄存电路常见故障查找方法与技巧

#### 1. 数码寄存器故障现象及查找方法与技巧

- (1) 共性故障：电源、清零端、CP 脉冲
- (2) 个性故障：对应的触发器（输入端、清零端、CP 脉冲）

#### 2. 移位寄存器（左移寄存器或右移寄存器）故障现象及分析查找方法

- (1) 寄存器根本没有反应：电源、复位端、CP 脉冲

(2)寄存器移位结果有误：各级连线、某个触发器、输出电路和外电路

### 5.3.3 异步时序电路常见故障及查找方法

#### 1. 常见故障现象

- (1) CP 信号到来时不能计数；
- (2) 虽然能计数，但计数不正常。

#### 2. 常见故障查找方法与技巧

- (1) 计数器不能计数：电源、清零端、CP 脉冲、触发器
- (2) 虽然能计数，但计数不正常：个别电源、触发器间连线、个别清零端、门电路反馈功能

### 5.4 显示电路故障查找方法与技巧

#### 5.4.1 集成译码器驱动数码管的显示电路故障查找方法与技巧

##### 1. 译码显示电路常见故障现象

- (1) 固定显示“8”字；
- (2) 显示的数与预期的要求不一致；
- (3) 出现缺段显示；
- (4) 不显示任何数字。

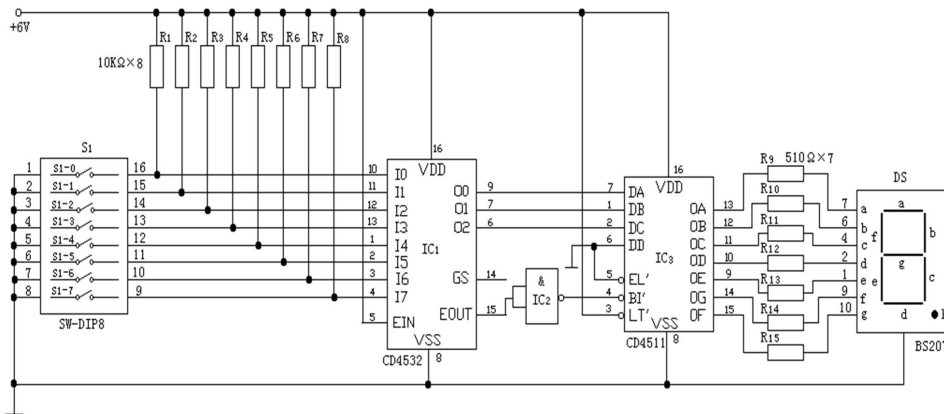
##### 2. 译码显示电路常见故障查找方法与技巧

- (1) 固定显示“8”字：灯测试端 LT 电位、接线、计数器
- (2) 显示的数与预期的要求不一致：计数器输出送到译码器输入端、译码器输出端送到数码管相应端
- (3) 出现缺段显示：LED 损坏、译码器输出接线
- (4) 不显示任何数字：数码管公共端漏接线或没接好、译码器

#### 5.4.2 显示报警电路

##### 1. 电路组成与工作原理

显示报警电路由编码电路、译码电路和 LED 显示电路构成



由开关  $S_1$  和 CD4532 组成编码器电路，平时  $S_1$  的 8 组开关置接通状态，CD4532 的 8 个输入端  $D_0 \sim D_7$  均为低电平即“0”状态。当其中某一个开关断开时，则 CD4532 的对应输入端为高电平即“1”状态，CD4532 将其编为对应的 8421BCD 码输出至—七段锁存/译码/驱动器 CD4511，经译码后转换成相应的七段码由 BS207 数码管显示出相对应的开关号。如  $S_{1-5}$  开关断开，数码管相应的显示“5”。

## 2. 常见故障现象

- (1) 报警显示出现错码；
- (2) 报警显示出现缺少笔画；
- (3) 输入任何状态，全显示 8 字。

## 3. 报警显示电路故障查找方法与技巧

### (1) 报警显示出现错码故障查找方法与技巧

① 检测 IC<sub>1</sub> 编码器的输出状态是否与设计状态相同，重点测量编码开关与 IC<sub>1</sub> 之间的连线，可拨动  $S_1$  开关，用万用表测量对应输出给 IC<sub>2</sub> 的电平来判断编码信号是否正确，如连线接错或虚焊排除即可；如连线正常并接触良好，就检查  $S_1$  开关或  $R_1 \sim R_8$  电阻，可用万用表进行测量，若损坏则更换。

② 查数码管及连接电阻是否有接错。仔细检测 IC<sub>3</sub> 与数码管之间连接的对应关系是否正确，出错纠正。

③ 查 IC<sub>1</sub> 与 IC<sub>3</sub> 之间的连接情况，拨动  $S_1$  开关，测量 IC<sub>1</sub>、IC<sub>3</sub> 的编码信号是否出错，若编码信号正常，可另用一只 CD4511 代换试验，如代换后恢复正常，说明 CD4511 已损坏。

### (2) 报警显示出现缺少笔画故障查找方法与技巧

- ① 查数码管内部某笔画是否损坏，用万用表测量，即能判断，损坏更换。

②查对应译码器输出及之间的连接的电阻，主要查缺段显示的端子。

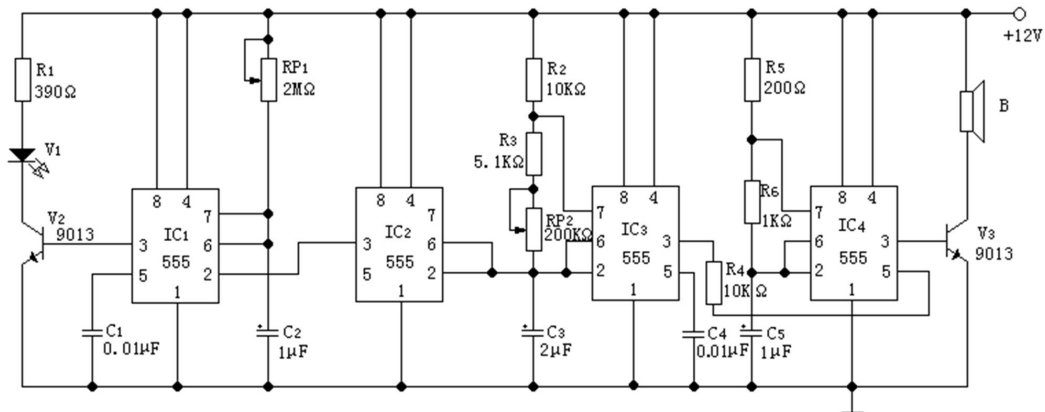
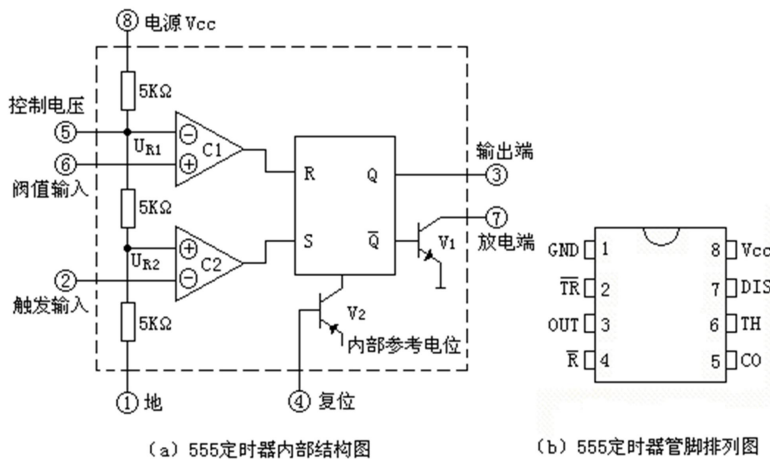
(3) 输入任何状态，全显示 8 字故障查找方法与技巧

先测量 IC<sub>3</sub> 的 LT 端是否高电平，如是高电平，则大多是 IC<sub>3</sub> 损坏了。

## 5.5 555 定时器应用电路故障查找方法与技巧

### 1. 555 定时电路的组成与功能

555 定时电路内部结构的简化原理图如图所示，主要由分压器、电压比较器 C<sub>1</sub> 和 C<sub>2</sub>、基本 RS 触发器和集电极开路的三极管 V<sub>1</sub> 等组成。



接通电源后 IC<sub>3</sub> ②脚输出振荡锯齿波，经 IC<sub>2</sub> 施密特触发电路整形后触发 IC<sub>1</sub> 单稳态电路反转，使发光二极管不断闪烁。因为 IC<sub>3</sub> 振荡器的充放电时间常数远大于 IC<sub>4</sub> 振荡器的充放电时间常数，因此 IC<sub>3</sub> 振荡器的振荡周期远大于 IC<sub>4</sub> 振荡器，将 IC<sub>3</sub> 振荡器输出连接到 IC<sub>4</sub> 振荡器的控制电压输入端，利用 IC<sub>3</sub> 振荡器输出高、低电平控制 IC<sub>4</sub> 振荡器产生两个不同频率的音频振荡，通过 V<sub>3</sub> 推动扬声器产生音响效果。

(2) 常见故障现象



## 第6章 整机电路故障查找方法与技巧（6课时）

**【教学目的】**掌握整机电路的组成，信号流程，理解整机电路的常见故障现象，故障查找方法，了解整机电路的基本结构和特点。

**【教学重、难点】**整机电路的组成以及信号流程

**【素质（思政）内容】**统筹检修整机电路，树立全局意识，迎难而上，践行爱岗敬业、恪尽职守的精神。

**【教学方法】**讲授法

**【教学过程】**

### 6.1 整机电路故障查找的一般程序

在查找整机故障时一般有五个基本步骤：

- (1) 了解并确定故障的症状；
- (2) 做好查找前的准备工作；
- (3) 查找故障部位；
- (4) 更换元器件、测量验证、调整设备；
- (5) 记录概况，总结提高。

#### 6.1.1 了解并确定故障的症状

1. 了解整机故障前工作情况

- (1) 使用时间及搁置时间
- (2) 工作环境
- (3) 整机设备检修病历

2. 故障发生的过程及现象

3. 确认故障症状

#### 6.1.2 做好查找故障前的准备工作

1. 阅读待检修整机设备的电路原理图、用户手册和使用说明书

首先应阅读待检修整机设备的电路原理图、方框图、印制线路图、用户手册和使用说明书等有关技术文件，掌握该整机设备的工作原理、操作步骤、测试程序、调整方法等。搞清该整机设备的组成和各部分的功能，以及各功能部分之间的相互因果关系，掌握各种有关数据及波形。

2. 掌握被修整机设备的使用和调整方法

检修人员应能正确操作和使用待检修整机设备，不能因修理人员操作失误而导致故障扩大。准备好修理需用工具、仪器仪表、元器件及零部件。熟练掌握待检修整机设备的调整方法，了解检修时的注意事项。

### 6.1.3 判断故障部位

整机设备是由若干的功能部件组合而成，检修人员可依据故障现象与原因，在理论的指导下，根据维修经验，借助第3章讲述的各种故障查找方法，快速判断待检修整机设备的大致故障部位。然后利用直流通路和信号通路的检测，采用在线、断线的各种测量方法，判断出故障所在。

### 6.1.4 更换元器件、调整设备

故障确认以后，对损坏的元器件或零件进行更换（更换上去的元器件或零件要符合要求，如同型号、同规格等）。更换后检查电路工作是否正常，如还不正常继续查找下一个故障点，若工作正常应对整机设备重新进行测量验证和调整，使设备达到应有的性能指标。检验合格后，交付使用。

### 6.1.5 记录概况，总结提高

检修后，应及时对修理过程进行适当的归纳、记录、整理。维修档案的主要内容有：维修时间、整机设备的型号、故障现象、原因分析、查找方法、检修技巧、测试的数据或波形等。

## 6.2 整机电路故障查找的原则

1. 先思考后动手
2. 先外后内
3. 先易后难
4. 先静后动
5. 先“源”再“它”
6. 先直流后交流
7. 由一般到特殊
8. 循序渐进

## 6.3 整机设备故障查找的注意事项

### 6.3.1 维修人员应确保自身安全

1. 防电击

(1) 检修人员在维修工作时不能直接站在地面上，脚下应放置橡皮或木板等一类的绝缘物；

(2) 待检修的整机设备最好通过隔离变压器再接市电 220V；

(3) 操作工作台的配电盘应安装漏电保护器；

(4) 在打开整机设备检修时，首先检查 220V 交流电部分绝缘胶布或套管是否安装牢靠。

## 2. 防辐射

有些整机设备会产生各种射线，如 X 射线、强磁场和激光器发出的激光等，在维修过程中一定要严格遵守操作规程，以免在维修中自身受到伤害。

### 6.3.2 查找整机设备故障时的注意事项

1. 打开整机设备拆出机芯时，应把拆下的旋钮、按键和紧固螺钉等妥善放好，以免缺少。有些整机设备在检修时，需拆卸很多零部件，如果忘记拆卸步骤，即使故障排除后，往往也很难恢复成原样。所以在拆卸时要把拆卸过程记录下来，装配时按逆过程安装即可。

2. 检修中对精密加工的零部件、电路板、结构件不能硬掰硬撬，以防损坏，检修后要把卸下的元件、连接插头和各种螺钉等正确复位。在没有了解拆卸方法之前，不要强行拆卸，以免导致永久损坏。

3. 对有冒烟、打火、焦味等故障现象的整机设备，查找中要格外小心，不可随意通电。特别注意在检查电源交流电路和高压电路部分时要小心，注意人身安全。

4. 不允许盲目调节机内的可变电阻、半可变电容、可变电感和其它可调元件，也不允许随意调整机内的各种弹簧、弹簧片。如果需要调整试验，要记住原来位置，以便试验后可重新还原。

5. 检查元器件温度时，要用手指的背面去接触元器件，这样比较敏感。第一次接触元器件要加倍小心，以防温度太高烫伤手指，另外在进行接触检查时，一般要在断电的情况下进行，注意安全。

6. 在检查元器件时，对拨动过的元器件要恢复原状，以免使他们相碰发生短路。另外很可能会引起噪声或其它故障。

7. 测量在路电阻值，拆卸、焊接元器件或调换保险丝前必须切断电源。发现保险丝烧断，在未查清原因之前不可盲目调换保险丝，更不能以大容量保险丝甚至

铜丝来代替小容量的保险丝。

8. 调换元器件，不应单凭主观臆测，瞎猜乱拆。由于没有正确的判断，不仅多此一举，甚至把原来好的元器件和线路板拆坏。更换的电子元器件要用原型号、同规格。如找不到与原来一致的应严格按照代换原则选择合理的元器件替代。更换大功率集成电路，电源调整管等发热量大的元器件，一定要安装散热器。

9. 不可毫无目的地大面积熔焊线路板上的焊点，避免烫坏装饰面板、塑料部件、尼龙拉线和塑料连接导线。熔焊时要切断整机设备的电源。

10. 对整机设备内有关部位清洗或加润滑油时，应小心从事，量不要过多，尽可能不要沾到无关的部位上去。

11. 开机通电时，最好在电源与负载之间串入电流表，以便及时掌握电流是否正常，避免造成损失。

12. 检修过的整机设备，还应注意重新仔细调整一下，试看或检测其性能是否良好和稳定。

13. 检修结束回装机芯电路板时，特别注意导线束不要靠近发热的零部件、电源部分、高压部分及锐利的边缘处，要把导线束整理好恢复原样。

### **6.3.3 对工作环境的要求**

1. 维修工作环境应明亮、干燥、通风、注意保持环境卫生。切忌在潮湿、阴暗的环境中进行检修。

2. 工作台应远离热源。工作台上的仪器设备应合理摆放。

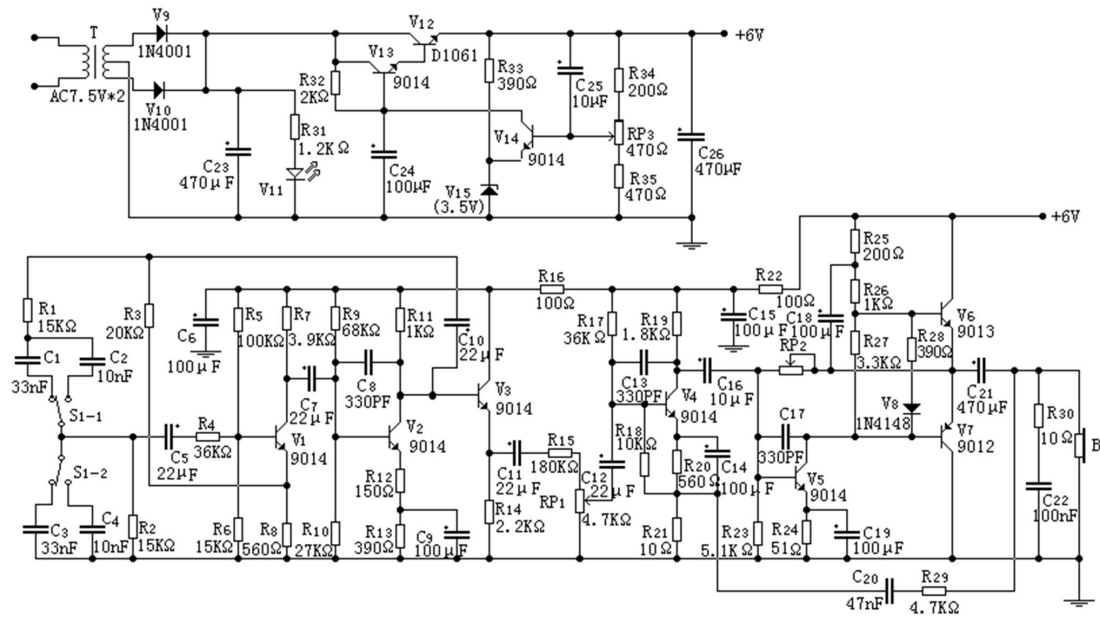
3. 在使用仪器设备时要遵守操作规范。正确使用仪器设备。如在用示波器、万用表或其它仪器进行检测时，由于使用和连接方法不当，会造成仪器的损坏。所以，检测时：一要弄清仪器、仪表与整机设备的正确连接，二要搞清公共接地端。

## **6.4 简易音频信号发生器故障查找方法**

### **6.4.1 电路组成及工作原理**

#### **1. 电路组成**

简易信号发生器主要由直流稳压电源、音频振荡器、音频放大器等电路组成。



## 2. 工作原理

直流稳压电源采用串联型稳压电路，音频振荡器采用 RC 正弦波振荡器，音频放大器由低频电压放大级和 OTL 功率放大级组成。

直流稳压电源输出+6V，提供电源电压。RC 正弦波振荡器产生 320Hz 和 1KHz 两种音频信号，拨动 S<sub>1</sub> 转换开关，使 C<sub>1</sub>、C<sub>3</sub> 变换为 C<sub>2</sub>、C<sub>4</sub> 即可切换振荡频率。V<sub>4</sub> 及外围电路组成低频放大器，对信号进行电压放大，经 V<sub>5</sub> 推动，V<sub>6</sub>、V<sub>7</sub> 功率放大后输出。

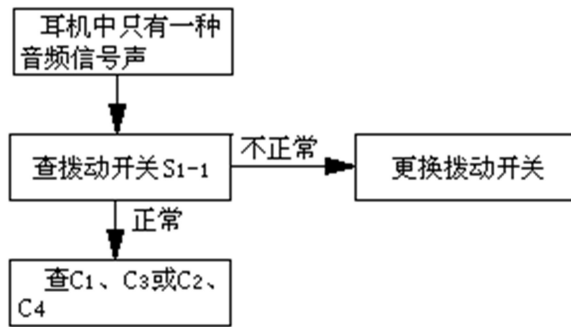
### 6.4.2 常见故障及查找方法

#### 1、常见故障

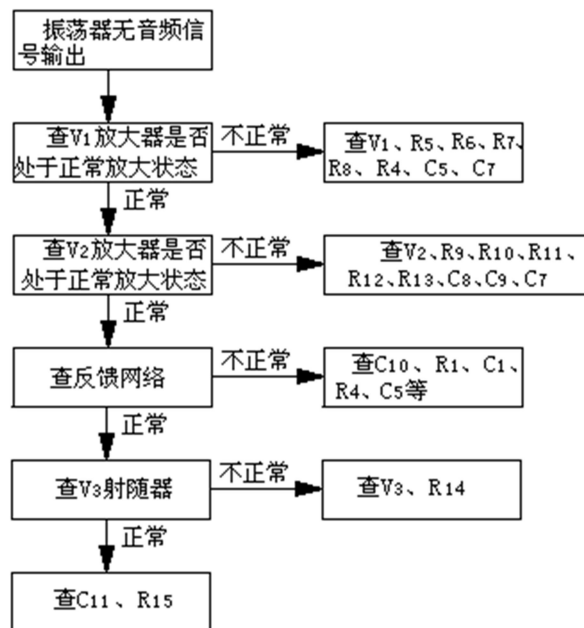
- (1)耳机中只有一种音频信号声；
- (2)振荡器无音频信号输出；
- (3)耳机中无声。

#### 2. 查找故障的一般程序

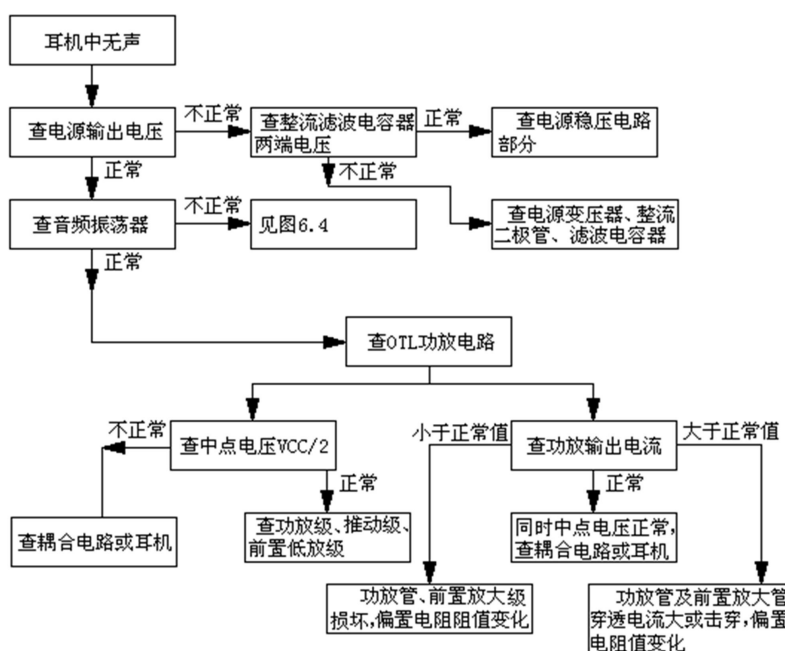
- (1) 耳机中只有一种音频信号声故障查找程序



(2) 振荡器无音频信号输出故障查找程序



(3) 耳机中无声故障查找程序

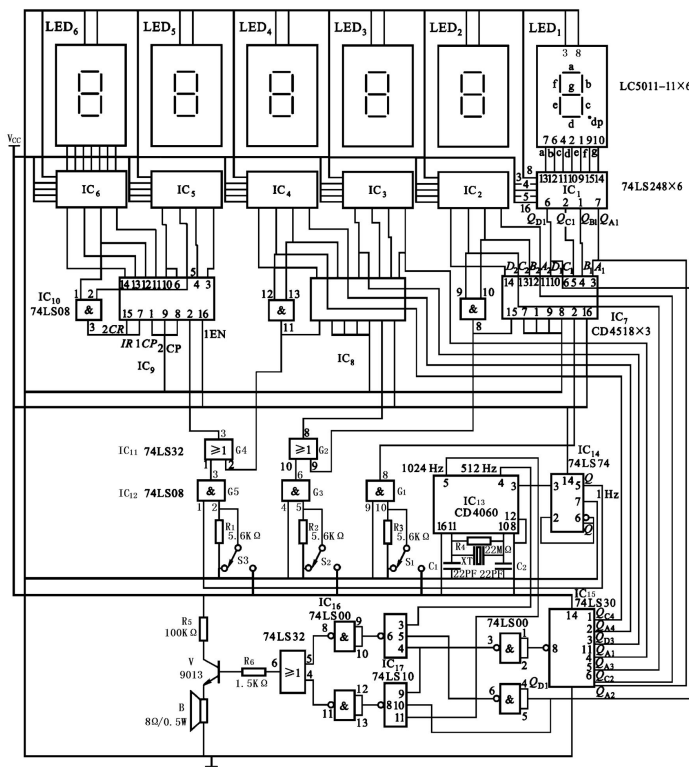
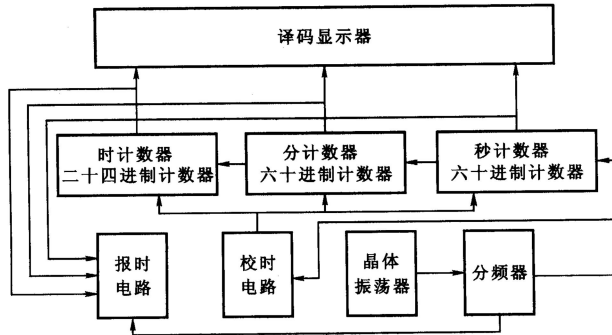


## 6.5 数字钟故障查找方法

### 6.5.1 电路组成及工作原理

#### 1. 电路组成

数字钟主要由时、分、秒计数器以及校时、译码显示电路和报时电路组成。



#### 2. 工作原理

秒信号发生器电路由晶体振荡器和分频器组成，产生频率为 1Hz 的时间基准信号。采用专用集成电路 CD4060 与外接电阻、电容、石英晶体共同组成  $2^{15}=32768\text{Hz}$  的振荡器，并进行 14 级二分频，再外加一级 D 触发器(74LS74)二分频，输出 1Hz 的时基秒信号。

时、分、秒计数器电路均采用双 BCD 同步加法计数器 CD4518，分、秒计数器是六十进制计数器，个位采用十进制计数器，十位采用六进制计数器；时计数器是二十四进制的计数器。

时、分、秒的译码和显示电路完全相同，均使用七段显示译码器 74LS248 直接驱动 LED 数码管 LC5011-11。

校时电路采用二种校时法。秒校时采用等待校时法。正常工作时，将开关  $S_1$  拨向  $V_{CC}$  位置，不影响与门  $G_1$  传送秒计数信号。进行校对时，将  $S_1$  拨向接地位置，封闭与门  $G_1$ ，暂停秒计时。标准时间一到，立即将  $S_1$  拨回  $V_{CC}$  位置，开放与门  $G_1$ 。时、分校时采用加速校时法。正常工作时， $S_3$ 、 $S_2$  接地，封闭与门  $G_5$ 、 $G_3$ ，不影响或门  $G_4$ 、 $G_2$  传送分、秒进位计数脉冲。进行校对时，将  $S_3$ 、 $S_2$  拨向  $V_{CC}$  位置，秒脉冲通过  $G_5$ 、 $G_4$  或  $G_3$ 、 $G_2$  直接引入时、分计数器，让时、分计数器以秒节奏快速计数。待标准时、分一到，立即将  $S_3$ 、 $S_2$  拨回接地位置，封锁秒脉冲信号，开放或门  $G_4$ 、 $G_2$  对分、秒进位计数脉冲的传送。

整点报时电路主要由控制电路和音响电路组成。控制电路由  $IC_{15}$ 、 $IC_{16}$ 、 $IC_{17}$  等与非门电路组成，每当分、秒计数器计到 59 分 51 秒，自动驱动音响电路发出五次持续 1 秒的鸣叫，前四次音调低，最后一次音调高。最后一声鸣叫结束，计数器正好为整点。

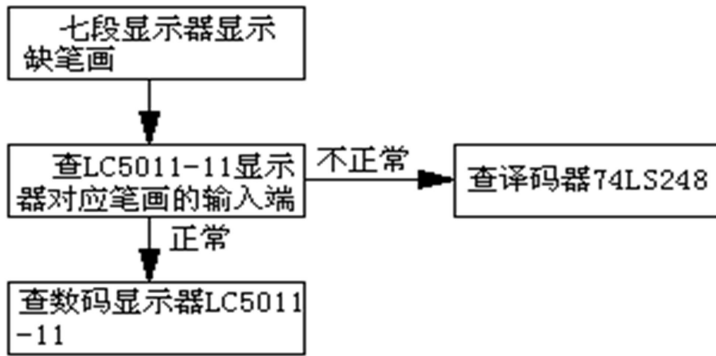
## 6.5.2 常见故障及查找方法

### 1、常见故障：

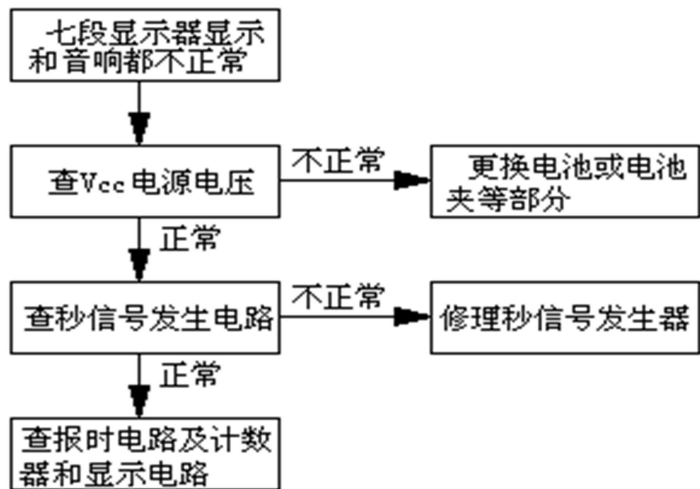
- (1) 七段显示器显示缺笔画；
- (2) 七段显示器显示和音响都不正常；
- (3) 数字钟显示正常，但整点报时无声响。

### 2. 查找故障的一般程序

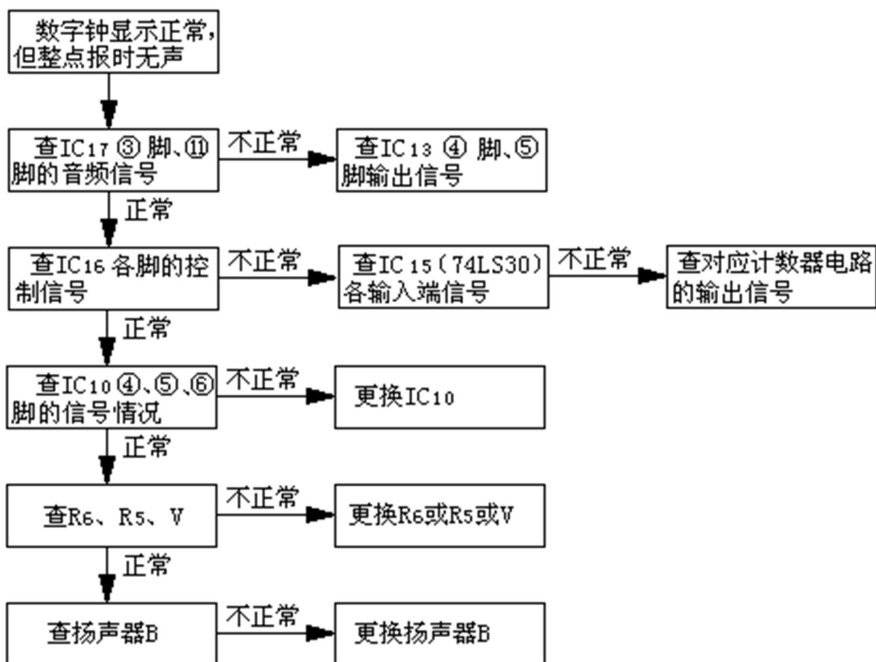
- (1) 七段显示器显示缺笔画故障查找程序



(2) 七段显示器显示和音响都不正常故障查找程序



(3) 数字钟显示正常，但整点报时无声响故障查找程序



### 3. 故障检修技巧

以七段显示器显示和音响都不正常故障为例：

七段显示器显示和音响都不正常故障查找，可根据查找故障原则，首先检测电源电压、电池、电池夹、供电线等供电电路，此类故障大多由供电电路引起的，解决供电问题，就能使数字钟恢复正常。如检测电源电压正常，供给到各部分电路的电源电压也正常。重点就要检查秒信号发生电路，因为它是显示电路和报时电路的公共信号源，它由振荡器和分频器二部分组成。可利用示波器测量它们的输出波形，根据波形快速判断故障部位，修复数字钟，使其正常工作。

## 第7章 电子设备的调试与维护（2课时）

【**教学目的**】掌握电子设备的调试过程及方法，了解电子设备整机结构。

【**教学重、难点**】电子设备的调试过程及方法

【**素质（思政）内容**】规范调试维护设备，树立安全理念，履职尽责，坚守初心与岗位担当。

【**教学方法**】讲授法

【**教学过程**】

### 7.1 电子设备的调试

#### 7.1.1 电子设备调试概述

电子设备经过装配之后，虽然以需要的元器件、零件和部件，按照设计图纸的要求连接起来，但由于每个元器件的参数具有一定的离散性，机械零、部件加工有一定的公差和装配过程中产生的各种分布参数等的影响，不可能使整机立即能正常工作，必须通过调整、测试才能使功能和各项技术指标达到规定的要求。因此，对于电子设备的生产，调试是必不可少的工序。

调试是用**测量仪表**和一定的**操作方法**对单元电路板和整机的各个可调元器件和零、部件进行调整与测试，使之达到或超过标准化组织所规定的**功能、技术指标和质量标准**。调试既是保证并实现电子设备功能和质量的重要工序，又是发现电子设备设计、工艺缺陷和不足的重要环节。从某种程度上说，调试工作也是为不断提高电子设备的**性能和品质**积累可靠的技术性能参数。

#### 1. 调试工作的内容

- ① 明确电子设备调试的目的
- ② 正确选择和使用测量仪器仪表；
- ③ 严格按照调试工艺要求进行调整和测试。
- ④ 对调试数据进行分析、反馈和处理。

#### 2. 调试前的准备工作

##### （1）调试前工艺文件的准备

调试前，操作人员应仔细阅读调试说明及相关的工艺文件，重点了解整机的基本工作原理和技术要求。

##### （2）调试仪器仪表的准备

按工艺文件规定，准备好调试用仪器仪表及相应的工具、备件；掌握测试仪器仪表的使用，并能按要求连接好各仪器仪表。

### (3) 被调试电子设备的准备

被调试电子设备装配完毕后，必须经过严格的检查并确认完全符合工艺要求。

## 7.1.2 电子设备调试工作的一般程序

调试工作遵循的一般规律为：

先调试部件，后调试整机；

先内后外；

先调试结构部分，后调试电气部分；

先调试电源，后调试其余电路；

先调试静态指标，后调试动态指标；

先调试独立项目，后调试相互影响的项目；

先调试基本指标，后调试对质量影响较大的指标。

对一般电子设备来说，整机设备调试的一般工艺流程：



## 7.1.3 电子设备调试的安全措施

调试过程中要接触到各种测试仪器和电源，在这些仪器设备及被测试机器中常常带有高压电路、高压大容量电容和 MOS 电路等。为保护调试人员的人身安全和避免测试仪器及元器件的损坏，必须严格遵守安全操作规程。调试工作中的安全措施主要有测试环境的安全、供电设备的安全、测试仪器的安全和操作安全等。

### 1. 测试环境的安全措施

① 测试场所要保持适当的温度与湿度，场地周围不应有激烈的振动和很强的电磁干扰。

② 调试台及部分工作场地应铺设绝缘橡胶垫，使调试人员与地绝缘。

③ 工作场地应备有适用于灭电气起火，且不会腐蚀仪器设备的消防设备（如四氯化碳灭火器等）。

④ 调试 MOS 器件的工作台面，应使用金属接地台面或防静电垫板。

## 2. 供电设备的安全措施

① 调试检测场地应安装漏电保护开关和过载保护装置，所有的电源线、插头、插座、保险丝、电源开关等都不允许有裸露的带电导体，所用电器材料的工作电压和电流均不能超过额定值。

② 当调试设备需要使用调压变压器时，应注意其接法。因为调压器的输入端与输出端不隔离，因此接入电网时必须使公共端接零线，以确保后面所接电路不带电。若在调压器前面再接入 1:1 隔离变压器，则输入线无论如何连接，均可确保安全。

## 3. 测试仪器的安全措施

① 测试仪器外壳易接触的部分不应带电，非带电不可时，应加绝缘覆盖层防护。仪器外部超过安全电压的接线柱及其它端口不应裸露，以防使用者接触。

② 各种仪器设备必须使用三线插头座，电源线应采用双重绝缘的三芯专用线，若是金属外壳必须保证外壳良好接地。

③ 更换仪器设备的熔断丝时，必须完全断开电源线。更换的熔断丝必须与原熔断丝同规格，不得更换大容量的熔断丝，更不能直接用导线代替。

④ 带有风扇的仪器设备，如通电后风扇不转或有故障，应停止使用。

⑤ 电源及信号源等输出信号的仪器，在工作时，其输出端不能短路。输出端所接负载不能长时间过载。发生输出电压明显下跌时，应立即断开负载。对于指示类仪器，如示波器、电压表、频率计等输入信号的仪器，其输入端输入信号的幅度不能超过其量限，否则容易损坏仪器。

⑥ 功耗较大（>500W）的仪器设备在断电后，不得立即再通电，应冷却一段时间后再开机，否则容易烧断熔断丝或损坏仪器。

## 4. 操作安全措施

① 在接通被测整机的电源前，应检查其电路及连线有无短路等不正常现象；接通电源后应观察机内有无冒烟、高压打火、异常发热等情况。如有异常现象，则应立即切断电源，查找故障原因，以免扩大故障范围或造成不可修复的故障。

② 禁止调试人员带电操作，如必须与电部分接触时，应使用带有绝缘保护的工  
具。

③ 在进行高压测试调整前，应做好绝缘安全准备，如穿戴好绝缘工作鞋、绝缘  
工作手套等。在接线之前，应先切断电源，待连线及其它准备工作完毕后再接通  
电源进行测试与调整。 ④⑤⑥

#### 4. 操作安全措施

④ 使用和调试 MOS 电路时必须佩戴防静电腕套。在更换元器件或改变连接线  
之前，应关掉电源，待滤波电容放电完毕后再进行相应的操作。

⑤ 调试时至少应有两人在场，以防不测，其他无关人员不得进入工作场所，任  
何人不得随意拨动总开关、仪器设备的电源开关及各种旋钮，以免造成事故。

⑥ 调试工作结束或离开工作场所前，应关掉调试用仪器设备等电器的电源，并  
拉开总开关。

#### 7.3.1 电子设备日常维护与保养常识

电子设备长期工作或放置在各种复杂的环境中，很容易受到环境因素的影响，  
包括温度、湿度、清洁度、电磁干扰和电源等。电子设备使用不当，尤其是  
非专业人员误操作都会出现故障。为了确保电子设备能正常使用，延长设备的  
使用寿命，必须了解和掌握电子设备日常维护常识和保养方法。

影响电子设备正常使用的环境因素有以下几点：

##### 1.湿度

电子设备的环境湿度一般应保持在 30%~80%之间，如果湿度高于 80%，  
电子设备内部会结露现象。很容易漏电，有高压的部位也会产生放电现象；印制  
电路板上的元器件容易生锈、腐蚀，严重的时候会使电路板发生短路。而当室内  
湿度低于 30%时，会使设备机械摩擦部分产生静电干扰，内部元器件被静电破  
坏的可能性大大增加，从而影响设备的正常工作。所以，电子设备必须注意防  
潮，如果长时间放置不用，要派专人定期通电工作一段时间，利用设备工作时产  
生的热量将机内的潮气蒸发出去。

##### 2.光照

如果电子设备长时间受阳光或强光照射，容易加速设备的老化。为此，用户不要把电子设备摆放在日光照射较强的地方；若必须安置在光线必经的地方，那么最好挂块深色的布减轻它的光照强度。

### 3.灰尘

灰尘对电子设备的影响是很明显的。如电子设备长期工作在灰尘大的环境中，由于印刷电路板会吸附灰尘，灰尘的沉积将会影响电子元器件的热量散发，使得电路板等元器件的温度上升，从而产生漏电最终烧坏元件。

预防灰尘首先应把显示器放置在干净清洁的环境中，但灰尘是无孔不入的，所以，要有专用的防尘罩，每次用完后应及时用防尘罩罩上。平时及时清除设备上的灰尘。除尘时，应关闭电源。然后，用柔软的干布擦拭，不能用酒精之类的化学溶液擦拭，以免产生严重后果。

### 4.磁场

电磁场干扰是指电路或环境中出现了不该出现的电压电流。电磁干扰的来源有电源、电风扇、日光灯、雷电、静电放、非屏蔽的扬声器或电话等，电子设备长期受电磁干扰，会出现故障，如彩电、电脑显示器会产生彩色显示混乱。

### 5.温度

过高的环境温度，会影响电子设备的工作性能和使用寿命。某些虚焊的焊点可能由于焊锡熔化脱落而造成虚焊，使设备工作不稳定，严重时会导致机内元器件击穿或烧毁。