

温州大学
WENZHOU UNIVERSITY



基础技能实践指导书

电气电子实验教学中心编制

2022年9月

前言

基本技能实践课程开设的主要目的是培养学生的动手能力，对电子元器件的识别，相应工具的操作，相关仪器的运用，电子电路制作、装调的全过程，驾驭查找及解除电子电路故障的常用方法有个更加详实的体验，打好日后深化学习电子技术能力，提高分析问题和解决问题的能力。因此，对参加课程实践的学生有如下要求：

一、实验要求及步骤

1、预习及焊接

在实验前认真阅读实验指导书，看懂实验电路图、明确实验目的，了解实验原理、内容和步骤。然后在通用电路板上焊接实验电路，焊接前应先对元器件作简易测量。

2、检查仪器设备、联接线路

实验时首先应检查本次实验所需仪器设备是否齐全完好，然后按实验指导书要求联接电路和仪器并检查。

3、接通电源、读取数据

线路与仪器的联接经检查无误后，再接通电源，读取仪器指示数据或测绘仪器显示曲线，然后断开电源，但不拆线，以备重作。

4、审查数据，拆除线路

当审查数据齐全、曲线完整、现象合理之后，即可拆除实验电路与仪器的联接线。

5、编写实验报告

每次实验后，要根据实验指导书的要求编写实验报告。

二、实验报告内容及要求

实验报告是对实验工作的全面总结。学生做完实验后必须用简明的形式将实验结果和实验情况完整地真实地表达出来。

1、实验报告的内容

实验报告应包括以下几个部分：

(1) 实验的目的和要求。

(2) 实验电路和测试电路。必要时需简要地介绍实验电路或测试电路的工作原理。

(3) 实验用的仪器、主要工具。有时可附实验所用的元件清单。

(4) 实验情况记录。要用简明的语言或提纲式地给出进行实验具体步骤；在实验指导书设计的图表中填写实验中所记录的原始数据；反映在实验中遇到的问题和处理经过；若在实验中对原定实验方案进行了调整，则应给出调整方案的理由和调整情况。

(5) 实验结果和分析。实验结果可以用数值或曲线表示。曲线一般用来表示连续变化的、需直观显示并加以比较的测量结果。在需要时，应对实验结果进行误差分析。

(6) 实验小结

实验小结即总结实验完成情况，对实验方案和实验结果进行讨论，对实验中遇到的问题进行分析，简单叙述实验的收获和体会。

2、实验报告的基本要求

实验报告的基本要求是：结论正确、分析合理、讨论深入、文理通顺、简明扼要、符号标准、字迹端正、图表清晰。在实验报告上还应注明：课题、实验者、实验日期、使用仪器编号等内容。

三、安全操作知识

在实验中必须注意安全，防止人身安全事故与设备损坏发生。

- 1、对电源要分清电流和交流，弄清电压数值，对直流电源还要分清正、负极性。
- 2、对仪器设备要弄清楚规格型号、额定值，并熟悉其用法。
- 3、实验电路接好后并检查无误后才能接通电源。实验过程中，如电路和仪表有发热、发光、声音、气味等异常现象，应立即切断电源并检查故障原因。
- 4、实验过程中，养成不触摸金属裸露部分的良好习惯，即使在低电压情况下也不例外（注意：大于 24V 的电压就可能引起触电事故），确保人身安全。
- 5、作实验后应随即断开仪表电源。
- 6、与本实验无关的其他仪器设备不许乱动。
- 7、保持安静。
- 8、服从实验室工作人员指挥。

9、学会灭火器的使用方法。

四、电路安装工艺评分标准

(一) 安装技术

- 1、电路板装配正确。
- 2、元件插装规范，电路内的元器件摆放合理，并风格一致。
- 3、元器件安装到位，无松动现象。

(二) 焊接质量

- 1、焊点形状良好，周围清洁。
- 2、锡量适中、不露黄。
- 3、有足够的机械强度。

(三) 效果及外观

- 1、电路板功能正常，工作稳定。
- 2、电路板无烫伤现象
- 3、各种接口标示清楚

(四) 功能与性能

实现规定的性能与功能指标要求。

(五) 技能熟练水平

能在规定时间内完成相应的任务。

实训一 电子元件的认识和万用表使用

[实训目的和要求]

- [1] 了解阻容感元件的基本知识，掌握其参数的识别方法；
- [2] 学习并掌握万用表电压、电流测量方法；
- [3] 学习并掌握利用万用表测量阻容元件参数。

[实训内容]

- [1] 利用读色环的方法计算电阻的阻值；
- [2] 利用数字万用表测量电阻阻值；
- [3] 电位器的标称值读出及测量；
- [4] 电容的标称值读出及测量；
- [5] 利用数字万用表电阻档位判断电容好坏；

[主要仪器与器材]

- [1] 数字万用表
- [2] 电阻：1K 1/4W, 1K 1/6W, 10K, 100K, 各一个
- [4] 小型电位器：W10K
- [3] 电容：微法级、纳法级、皮法级各 2 个

[实验原理]

一、电阻

电阻、电容可以说是电子设备中最常用的零件。电阻按材料分一般有：碳膜电阻、金属膜电阻、水泥电阻、线绕电阻等。一般的家用电器使用碳膜电阻较多，因为它成本低廉。金属膜电阻精度要高些，使用在要求较高的设备上。水泥电阻和线绕电阻都是能够承受比较大功率的，线绕电阻的精度也比较高，常用在要求很高的测量仪器上。

颜色	有效数字	倍率	允许偏差%
黑	0	100	
棕	1	101	±1
红	2	102	±2
橙	3	103	
黄	4	104	
绿	5	105	±0.5
蓝	6	106	±0.25
紫	7	107	±0.1
灰	8	108	
白	9	109	+50 -20

金		10^{-1}	± 5
银		10^{-2}	± 10
无色			± 20

按功能分类还有光敏电阻、压敏电阻、温敏电阻、湿敏电阻等等。

小功率碳膜和金属膜电阻，一般都用色环表示电阻阻值的大小，这也是我们在学习电阻的很重要的一步。电阻阻值的单位是欧姆，符号 Ω 。

金属膜电阻：具有稳定性好、温度系数小、噪声小，常用在要求较高的电路中，适合高频电路应用。

金属氧化膜电阻有极好的脉冲高频特性，外型与金属膜电阻相似。

碳膜电阻温度系数为负值，噪声大、精度等级低，常用于一般要求电路中。

线绕电阻精度高、功率大、但分布参数较大，不适合高频电路中。

敏感电阻又称半导体电阻，通常有光敏、热敏、湿敏、压敏、气敏等不同类型，可以作为传感器，用来检测相应的物理量。

电阻器质量的判别：一要观察外观、二用万用表的欧姆档检测。

电阻器的正确选用：根据理论值，在最靠近标称值系列中选用，合理选择额定功率（1.5~3倍），同时根据工作环境要求确定类型。

色环电阻分为四色环和五色环，四色环就是用四条有颜色的环代表阻值大小。每种颜色代表不同的数字，如下：

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

金、银表示误差

四色环电阻各色环表示意义如下：

第一条色环：阻值的第一位数字；

第二条色环：阻值的第二位数字；

第三条色环：10 的幂数；

第四条色环：误差表示。

例如：

某电阻色环为：棕黑红金。

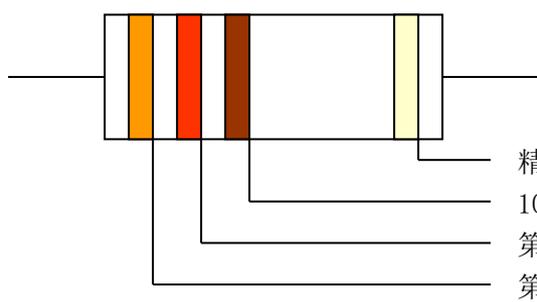
第一位：1；

第二位：0；

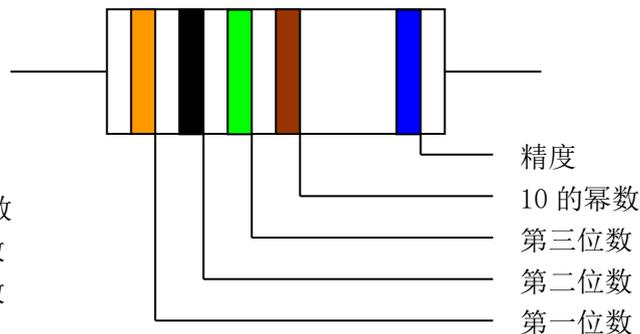
第三位：10 的幂为 2（即 100）；

第四位：误差为 5%；

即阻值为： $10 \times 100 = 1000 \Omega = 10K \Omega = 1K \Omega$ 。



四环电阻标注图



五环电阻标注图

	黑	棕	红	橙	黄	绿	蓝	紫	灰	白	金	银	无色
有效数字	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
10 的幂数	10^0	10^1	10^2	10^3	10^4	10^5	10^6	10^7	10^8	10^9	10^{-1}	10^{-2}	
允许偏差 (%)		± 1	± 2			± 0.5	± 0.25	± 0.1			± 5	± 10	± 20

还有精确度更高的“五色环”电阻，用五条色环表示电阻的阻值大小，具体如下：

第一条色环：阻值的第一位数字；

第二条色环：阻值的第二位数字；

第三条色环：阻值的第三未数字；

第四条色环：阻值乘数的 10 的幂数；

第五条色环：误差（常见是棕色，误差为 1%）

（可见，四色环电阻误差为 5-10%，五色环常为 1%，精度提高了。）

例如：有电阻：黄紫红澄棕。

前三位数字是：472；

第四位表示 10 的 3 次方，即 1000；

阻值为：472X1000 欧姆=472 千欧姆（即 472K Ω ）。

为了使工厂生产的电阻符合标准化的要求，同时也为了使电阻的规格不致太多，国家有关部门规定了一系列的阻值作为产品的标准，这一系列的阻值就叫做电阻的标称阻值。电阻的标称阻值分为 E6、E12、E24、E48、E96、E192 六大系列，分别适用于允许偏差为 $\pm 20\%$ 、 $\pm 10\%$ 、 $\pm 5\%$ 、 $\pm 2\%$ 、 $\pm 1\%$ 和 $\pm 0.5\%$ 的电阻器。其中 E24 系列为常用系列，E24、E12 和 E6 系列也适用于电位器和电容器，E48、E96、E192 系列为高精密度电阻系列。

对各系列的电阻规定几个基本系数，这些系数再乘以 10^n (其中 n 为整数)，即为某一具体电阻器阻值。 $1000\Omega = 1K\Omega$ ， $1000K\Omega = 1M\Omega$ ，书写时通常 Ω 可以省略。

具体系数如可查表获得。

电阻器的标称阻值一般都标在电阻体上，除了色标法，还有其它三种标志：直标法、文

字符号法和数码法，这里不作详细介绍，可参阅相关书籍。

电阻符号及电路图符号： R 

常见电阻外观如下。



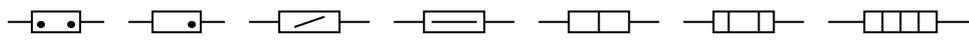
四色环电阻

五色环电阻

水泥电阻

陶瓷（线绕）电阻

光敏电阻



1/20W

1/8W

1/4W

1/2W

1W

2W

3W

额定功率的符号表示法

二、电位器

电位器也称可调电阻，电路图符号为： 及

电位器是由一个电阻体和一个转动或者滑动系统组成的。在家用电器和其他电子设备电路中，电位器的作用是用来分压，分流和用来作为变阻器。在收音机、VCD、DVD、随身听中常用来控制音量的大小，有的兼做开关之用。电位器在电路中如作为分压器，它是一个四端电子元件，当作为变阻器使用时，它是一个两端电子元件。其阻值标法和单位与电阻相同。具体参见电阻相关知识。

电位器常见外观如下：



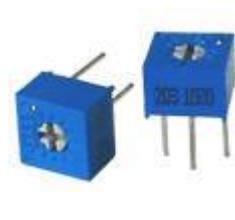
200K Ω 臥式电位器



带开关单联电位器



双联电位器



精密可调电阻

1、主要技术指标

标称阻值：与电阻器相同。

额定功率：两个固定端允许耗散的最大功率，线绕功率较大。

滑动噪声：越小越好。

阻值变化规律：线性、指数、对数变化等形式。

按结构分：单联、双联之分，单圈和多圈之分，微调，旋转式和滑动式之分。

2、电位器的质量判断方法

静态检测，动态检测。

3、电位器正确选用

在高频、高稳定的场合：选用薄膜电位器

要求电压均匀变化：用线性。

音量控制：用指数。

高精度：用线绕多圈。

调试用到：用微调。

普通场合：用碳膜。

三、电容

简单地讲电容器就是储存电荷的容器。

1、电容的分类和作用

电容(Electric capacity)，由两个金属极，中间夹有绝缘材料（介质）构成。由于绝缘材料的不同，所构成的电容器的种类也有所不同：

按结构可分为：固定电容，可变电容，微调电容。

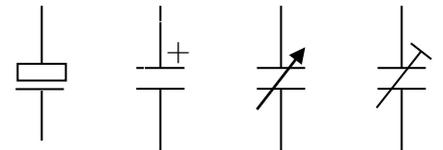
按介质材料可分为：气体介质电容，液体介质电容，无机固体介质电容，有机固体介质电容电解电容。

按极性分为：有极性电容和无极性电容。

电容在电路中具有隔断直流电，通过交流电的作用，因此常用于级间耦合、滤波、去耦、旁路及信号调谐

2、电容的符号

电容的符号同样分为国内标表示法和国际电子符号表示法，但电容符号在国内和国际表示都差不多，唯一的区别就是在有极性电容上，国内的是一个空筐下面一根横线，而国际的就是普通电容加一个“+”符号代表正极。



3、电容的单位

电容的基本单位是：F（法），此外还有 μF （微法）、 pF （皮法）、 nF （纳法），由于电容 F 的容量非常大，所以我们看到的一般都是 μF 、 nF 、 pF 的单位，而不是 F 的单位。

它们之间的具体换算如下：

$$1\text{F}=1000000\ \mu\text{F} \quad 1\ \mu\text{F}=1000\text{nF} \quad 1\text{nF}=1000\text{pF}$$

4、电容的耐压 单位：V（伏特）

每一个电容都有它的耐压值，这是电容的重要参数之一。普通无极性电容的标称耐压值有：63V、100V、160V、250V、400V、600V、1000V等，有极性电容的耐压值相对要比无极性电容的耐压要低，一般的标称耐压值有：4V、6.3V、10V、16V、25V、35V、50V、63V、80V、100V、220V、400V等。

5、电容的种类

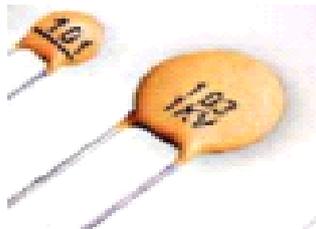
电容的种类有很多，可以从原理上分为：无极性可变电容、无极性固定电容、有极性电容等，从材料上可以分为：CBB 电容（聚乙烯），涤纶电容、瓷片电容、云母电容、独石电容、电解电容、钽电容等。下面是各种电容的优缺点：

无感 CBB 电容

两层聚丙烯塑料和两层金属箔交替夹杂然后捆绑而成。无感，高频特性好，体积小。不适合做大容量，价格比较高，耐热性能较差。



CBB 电容



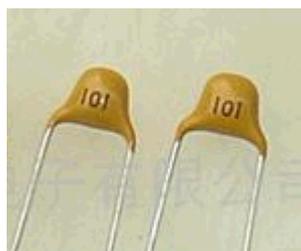
瓷片电容



云母电容

CBB 电容：两层聚丙烯塑料和两层金属箔交替夹杂然后捆绑而成。有感，其他同上。

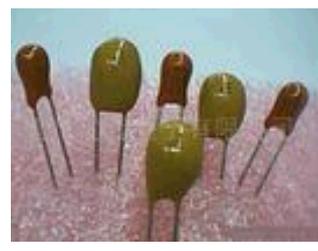
瓷片电容：薄瓷片两面镀金属膜银而成。体积小，耐压高，价格低，频率高（有一种是高频电容）。易碎！容量低。



独石电容



电解电容



钽电容

云母电容：云母片上镀两层金属薄膜容易生产，技术含量低。体积大，容量小，（几乎没有用了）。

独石电容：体积比 CBB 更小，其他同 CBB，有感。

电解电容：两片铝带和两层绝缘膜相互层叠，转捆后浸泡在电解液（含酸性的合成溶液）中。容量大。高频特性不好。

钽电容：用金属钽作为正极，在电解质外喷上金属作为负极。稳定性好，容量大，高

频特性好。 造价高。（一般用于关键地方）

6、电容的标称及识别方法

①由于电容体积要比电阻大，所以一般都使用直接标称法。如果数字是 0.001，那它代表的是 0.001 μ F=1nF，如果是 10n，那么就是 10nF，同样 100p 就是 100pF。电解电容的容量和耐压一般直接标于外壳。

②不标单位的直接表示法：用 1~4 位数字表示，容量单位为 pF，如 350 为 350pF，3 为 3pF，0.5 为 0.5pF

③色码表示法：沿电容引线方向，用不同的颜色表示不同的数字，第一、二种环表示电容量，第三种颜色表示有效数字后零的个数（单位为 pF）。颜色意义：黑=0、棕=1、红=2、橙=3、黄=4、绿=5、蓝=6、紫=7、灰=8、白=9。

④有极性电解电容的极性判别，出厂是长引脚为正极、短引脚为负极，并在负极一侧图一条白色条，中间画“—”。

电容常用字母代表误差：B: $\pm 0.1\%$, C: $\pm 0.25\%$, D: $\pm 0.5\%$, F: $\pm 1\%$, G: $\pm 2\%$, J: $\pm 5\%$, K: $\pm 10\%$, M: $\pm 20\%$, N: $\pm 30\%$, Z: +80% -20%。

四、电感器

基本作用：滤波、振荡、延迟、陷波等。形象说法：“通直流，阻交流”电感是用线圈制作的，它的外形有很多种：有的像电阻、有的像二极管、有的一看上去就是线圈。通常只有像电阻的那种电感才能读出电感值，因为只有这种有色环，其它的就没有了。

电感常用“L”表示，电路图符号：



1、电感器的主要参数

①电感量：基本单位是亨利，H（亨利）、mH（毫亨）、 μ H（微亨），1H=1000mH、1 mH =1000 μ H。



②品质因数 Q: $Q = \frac{\omega L}{R}$

③额定电流：主要对高频电感器和大功率调谐电感器而言。

2、外型：立式和卧式、有磁芯与无磁芯、管状与变压器形

3、标志方法：与电阻类似，通常采用文字、符号直标法和色环法。

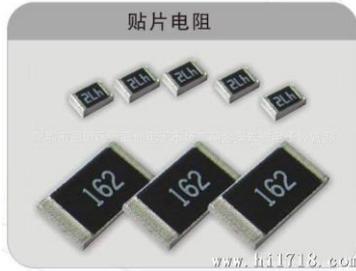
4、电感器的正确选用：电感量、注意工作电流、损耗。

五、表贴电子元器件（R、C、L）

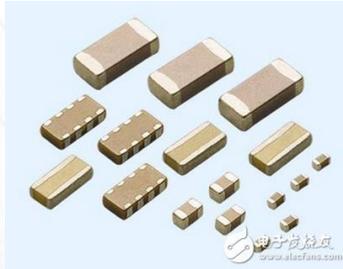
表面贴装元件（SMC）、表面贴装器件（SMD）又称为片状无引脚 LL（Lead-Less），元器件外形尺寸只有几毫米、由于特殊的工艺及结构，加上表面焊接技术（SMT），具有重量很轻、高频噪声小、抗干扰能力强而且耐振动冲击性能好、便于全自动化生产等一系列突出的优点，

使电子系统的质量产生了一个飞跃。

表贴元器件分为无源元件（电阻器、电容器、电感器）和有源器件（晶体管、集成电路）二种。其外形有矩形、园柱形和异形三种。



表贴电阻



表贴电容



表贴电感

六、万用表的使用

（一）电压的测量

1、直流电压的测量，如电池、随身听电源等。首先将黑表笔插进“com”孔，红表笔插进“V Ω”。把旋钮选到比估计值大的量程（注意：表盘上的数值均为最大量程，“V—”表示直流电压档，“V~”表示交流电压档，“A”是电流档），接着把表笔接电源或电池两端；保持接触稳定。数值可以直接从显示屏上读取，若显示为“1.”，则表明量程太小，那么就要加大量程后再测量工业电器。如果在数值左边出现“-”，则表明表笔极性与实际电源极性相反，此时红表笔接的是负极。

2、交流电压的测量。表笔插孔与直流电压的测量一样，不过应该将旋钮打到交流档“V~”处所需的量程即可。交流电压无正负之分，测量方法跟前面相同。无论测交流还是直流电压，都应注意人身安全，不要随便用手触摸表笔的金属部分。



（二）电流的测量

1、直流电流的测量。先将黑表笔插入“COM”孔。若测量大于 200mA 的电流，则要将红表笔插入“10A”插孔并将旋钮打到直流“10A”档；若测量小于 200mA 的电流，则将红表笔插入“200mA”插孔，将旋钮打到直流 200mA 以内的合适量程。调整后，就可以测量了。将万用表串进电路中，保持稳定，即可读数。若显示为“1.”，那么就要加大量程；如果在数值左边出现“-”，则表明电流从黑表笔流进万用表。

交流电流的测量。测量方法与 1 相同，不过档位应该打到交流档位，电流测量完毕后应将红笔插回“V Ω ”孔，若忘记这一步而直接测电压，将发生损坏仪器危险！

（三）电阻的测量

将表笔插进“COM”和“V Ω ”孔中，把旋钮打旋到“ Ω ”中所需的量程，用表笔接在电阻两端金属部位，测量中可以用手接触电阻，但不要把手同时接触电阻两端，这样会影响测量精确度的一一人体是电阻很大但是有限大的导体。读数时，要保持表笔和电阻有良好的接触；注意单位：在“200”档时单位是“ Ω ”，在“2K”到“200K”档时单位为“K Ω ”，“2M”以上的单位是“M Ω ”。

（四）二极管的测量

数字万用表可以测量发光二极管，整流二极管……测量时，表笔位置与电压测量一样，将旋钮旋到“”档；用红表笔接二极管的正极，黑表笔接负极，这时会显示二极管的正向压降。肖特基二极管的压降是 0.2V 左右，普通硅整流管（1N4000、1N5400 系列等）约为 0.7V，发光二极管约为 1.8~2.3V。调换表笔，显示屏显示“1.”则为正常，因为二极管的反向电阻很大，否则此管已被击穿。

（五）三极管的测量

表笔插位同上；其原理同二极管。先假定 A 脚为基极，用黑表笔与该脚相接，红表笔与其他两脚分别接触其他两脚；若两次读数均为 0.7 V 左右，然后再用红笔接 A 脚，黑笔接触其他两脚，若均显示“1”，则 A 脚为基极，否则需要重新测量，且此管为 PNP 管。那么集电极和发射极如何判断呢？数字表不能像指针表那样利用指针摆幅来判断，那怎么办呢？我们可以利用“hFE”档来判断：先将档位打到“hFE”档，可以看到档位旁有一排小插孔，分为 PNP 和 NPN 管的测量。前面已经判断出管型，将基极插入对应管型“b”孔，其余两脚分别插入“c”，“e”孔，此时可以读取数值，即 β 值；再固定基极，其余两脚对调；比较两次读数，读数较大的管脚位置与表面“c”，“e”相对应。

[实验步骤]

- [1] 利用读色环的方法计算电阻的阻值；
- [2] 利用数字万用表测量电阻阻值；
- [3] 电位器的标称值读出及测量；
- [4] 电容的标称值读出及测量；
- [5] 利用数字万用表电阻档位判断电容好坏；

实训二 电子制作工具的认识和焊接

[实训目的和要求]

- [1] 了解一般电子制作的方法；
- [2] 了解电子电路制作和有关的机械加工过程中可能出现的机械伤害、灼伤、烫伤等伤害，并掌握避免这些伤害的方法。
- [3] 掌握烙铁、焊锡等工具及材料的相关知识和使用方法；
- [4] 了解导线的相关知识并掌握其预焊和焊接方法；
- [5] 了解通用电路板的相关知识并学习分立元件的焊接和拆除。

[实训内容]

- [1] 避免一般伤害的正确操作方法示范
- [2] 烙铁的保养和焊接准备；
- [3] 导线和鳄鱼夹的焊接；
- [4] 通用电路板上的分立元件焊接；
- [5] 通用电路板上的分立元件拆除。

[主要仪器与器材]

- [1] 工具：烙铁、斜口钳
- [2] 耗材：焊锡丝、导线、通用电路板、鳄鱼夹、一般分立元件若干

[实验原理]

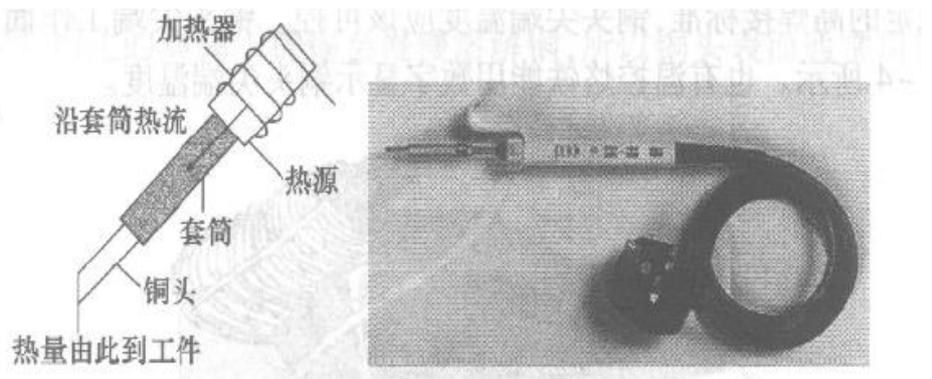
一、电烙铁

烙铁是焊接所需要的最普通的热源。在很多烙铁中，热源通常是安装在套筒内的发热元件，如图所示。热量向烙铁下部传递，经铜头直达工作面，再经工作面传导到工件。

1、电烙铁的种类及构造

(1) 外热式电烙铁

由烙铁头、烙铁芯、外壳、木柄、电源引线、插头等部分组成。由于烙铁头安装在烙铁芯里面，故称为外热式电烙铁，如图所示。



烙铁芯是电烙铁的关键部件，它是将电热丝平行地绕制在一根空心瓷管上构成，中间的云母片绝缘，并引出两根导线与 220V 交流电源连接。

外热式电烙铁的规格很多，常用的有 25W, 45W, 75W, 100W 等，功率越大烙铁头的温度也就越高。烙铁芯的功率规格不同，其内阻也不同。25W 烙铁的阻值约为 $2\text{k}\ \Omega$ ，45W 烙铁的阻值约为 $1\text{k}\ \Omega$ ，75W 烙铁的阻值约为 $0.6\text{k}\ \Omega$ ，100W 烙铁的阻值约为 $0.5\text{k}\ \Omega$ 。

烙铁头是用紫铜材料制成的，它的作用是储存热量和传导热量，它的温度必须比被焊接的温度高很多。烙铁的温度与烙铁头的体积、形状、长短等都有一定的关系。当烙铁头的体积比较大时，则保持时间就长些。另外，为适应不同焊接物的要求，烙铁头的形状有所不同，常见的有锥形、凿形、圆斜面形等等。

(2) 内热式电烙铁

由手柄、连接杆、弹簧夹、烙铁芯、烙铁头组成。由于烙铁芯安装在烙铁头里面，因而发热快，热利用率高，因此，称为内热式电烙铁。

内热式电烙铁的常用规格为 20W, 50W 几种。由于它的热效率高，20W 内热式电烙铁就相当于 40W 左右的外热式电烙铁。

内热式电烙铁的后端是空心的，用于套接在连接杆上，并且用弹簧夹固定，当需要更换烙铁头时，必须先将弹簧夹退出，同时用钳子夹住烙铁头的前端，慢慢地拔出，切记不能用力过猛，以免损坏连接杆。

内热式电烙铁的烙铁芯是用比较细的镍铬电阻丝绕在瓷管上制成的，其电阻约为 $2.5\text{k}\ \Omega$ 左右（20W），烙铁的温度一般可达 350°C 左右。

由于内热式电烙铁有升温快、重量轻、耗电省、体积小、热效率高的特点，因而得到了普通的应用。

(3) 恒温电烙铁

由于恒温电烙铁头内，装有带磁铁式的温度控制器，控制通电时间而实现温控，即给电烙铁通电时，烙铁的温度上升，当达到预定的温度时，因强磁体传感器达到了居里点而磁性消失，从而使磁芯触点断开，这时便停止向电烙铁供电；当温度低于强磁体传感器的居里点时，强磁体便恢复磁性，并吸动磁芯开关中的永久磁铁，使控制开关的触点接通，继续向电烙铁供电。如此循环往复，便达到了控制温度的目的。

(4) 吸锡电烙铁

吸锡电烙铁是将活塞式吸锡器与电烙铁溶为一体的拆焊工具。它具有使用方便、灵活、适用范围宽等特点。这种吸锡电烙铁的不足之处是每次只能对一个焊点进行拆焊。

2、烙铁的握法及焊锡丝的拿法

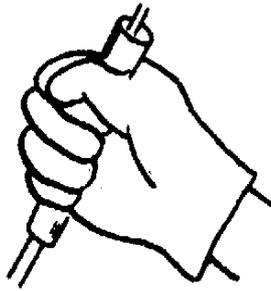
使用电烙铁的目的是为了加热被焊件而进行锡焊，绝不能烫伤、损坏导线和元器件，因此必须正确掌握电烙铁的握法。

手工焊接时，电烙铁要拿稳对准，可根据电烙铁的大小、形状和被焊件的要求等不同情况决定电烙铁的握法。电烙铁的握法通常有 3 种，如图所示。

反握法是用五指把电烙铁柄握在手掌内。这种握法焊接时动作稳定，长时间操作不易疲劳。它适用于大功率的电烙铁和热容量大的被焊件。

正握法是用五指把电烙铁柄握在手掌外。它适用于中功率的电烙铁或烙铁头弯的电烙铁。

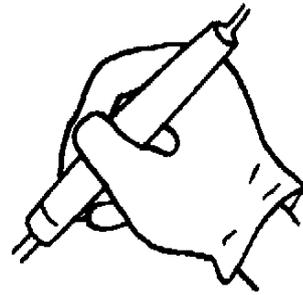
握笔法这种握法类似于写字时手拿笔一样，易于掌握，但长时间操作易疲劳，烙铁头会出现抖动现象，因此适用于小功率的电烙铁和热容量小的被焊件。



(a) 反握法



(b) 正握法

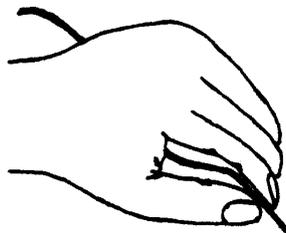


(c) 握笔法

手工焊接中一手握电烙铁，另一手拿焊锡丝，帮助电烙铁吸取焊料。拿焊锡丝的方法一般有两种：连续锡丝拿法和断续锡丝拿法，如图所示。

连续锡丝拿法是用拇指和四指握住焊锡丝，三手指配合拇指和食指把焊锡丝连续向前送进。它适用于成卷（筒）焊锡丝的手工焊接。

断续锡丝拿法是用拇指、食指和中指夹住焊锡丝，采用这种拿法，焊锡丝不能连续向前送进。它适用于用小段焊锡丝的手工焊接。



(a) 连续锡丝拿法



(b) 断续锡丝拿法

3、焊接操作的注意事项：

① 由于焊丝成分中铅占一定比例，众所周知，铅是对人体有害的重金属，因此操作时应戴手套或操作后洗手，避免食入。

② 焊剂加热时挥发出来的化学物质对人体是有害的，如果在操作时人的鼻子距离烙铁头太近，则很容易将有害气体吸入。一般鼻子距烙铁的距离不小于 30cm，通常以 40cm 为宜。

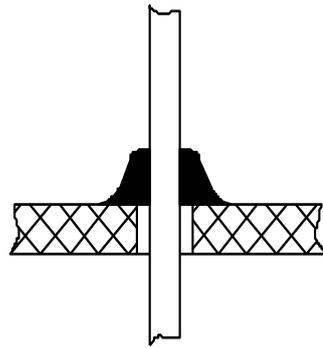
③ 使用电烙铁要配置烙铁架，一般放置在工作台右前方，电烙铁用后一定要稳妥地放于烙铁架上，并注意导线等物不要碰烙铁头。

④ 电烙铁头要有适当的温度。太低焊点润湿性不够，太高电烙铁头容易氧化。

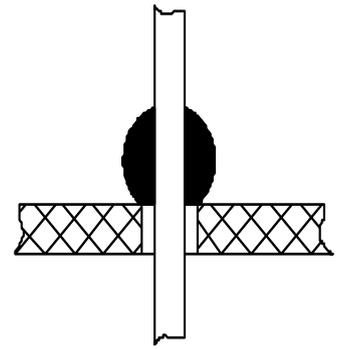
⑤ 长时间不用要及时切断电源，防止发生火灾。

4、手工焊接的要求

通常可以看到这样一种焊接操作法,即先用烙铁头沾上一些焊锡,然后将烙铁放到焊点上停留等待加热后焊锡润湿焊件。应注意,这不是正确的操作方法。虽然这样也可以将焊件焊起来,但却不能保证质量。



(a) 与引线浸润不好



(b) 与印制电路板浸润不好

当把焊锡熔化到烙铁头上时,焊锡丝中的焊剂附在焊料表面,由于烙铁头温度一般都在 $250^{\circ}\text{C} \sim$

350°C , 在电烙铁放到焊点上之前, 松香焊剂不断挥发, 而当电烙铁放到焊点上时, 由于焊件温度低, 加热还需一段时间, 在此期间焊剂很可能挥发大半甚至完全挥发, 因而在润湿过程中会由于缺少焊剂而润湿不良。

同时, 由于焊料和焊件温度差得多, 结合层不容易形成, 很容易虚焊。而且由于焊剂的保护作用丧失后焊料容易氧化, 焊接质量也得不到保证。

(1) 焊接点要保证良好的导电性能

虚焊是指焊料与被焊物表面没有形成合金结构, 只是简单地依附在被焊金属的表面上, 如图所示。为使焊点具有良好的导电性能, 必须防止虚焊。

虚焊用仪表测量很难发现, 但却会使产品质量大打折扣, 以致出现产品质量问题, 因此在焊接时应杜绝产生虚焊。

(2) 焊接点要有足够的机械强度

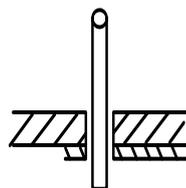
焊点要有足够的机械强度, 以保证被焊件在受到振动或冲击时不至于脱落、松动。为使焊点有足够的机械强度, 一般可采用把被焊元器件的引线端子打弯后再焊接的方法。

为提高焊接强度, 引线穿过焊盘后可进行相应的处理, 一般采用 3 种方式, 如图所示。其中图 a 所示为直插式, 这种处理方式的机械强度较小, 但拆焊方便; 图 b 所示为打弯处理方式, 所弯角度为 45° 左右, 其焊点具有一定的机械强度; 图 c 所示为完全打弯处理方式, 所弯角度为 90° 左右, 这种形式的焊点具有很高的机械强度, 但拆焊比较困难。

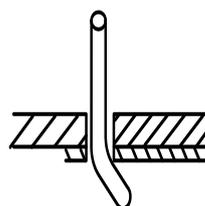
(3) 焊点表面要

光滑、清洁

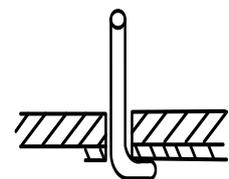
为使焊点表面光滑、清洁、整齐, 不但要有熟练的焊接技能, 而且还要选择合适的焊料和焊



(a) 直插式



(b) 弯成 45°



(c) 弯成 90°

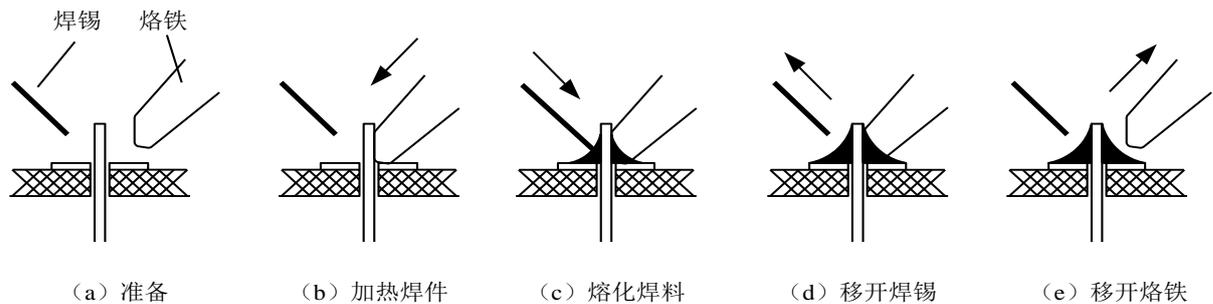
剂。焊点不光洁表现为焊点出现粗糙、拉尖、棱角等现象。

(4) 焊点不能出现搭接、短路现象

如果两个焊点很近，很容易造成搭接、短路的现象，因此在焊接和检查时，应特别注意这些地方。

5、焊接的五步操作法

对于一个初学者来说，一开始就掌握正确的手工焊接方法并养成良好的操作习惯是非常重要的。手工焊接的五步操作法如图下图所示。



手工焊接五步法

(1) 准备施焊

将焊接所需材料、工具准备好，如焊锡丝、松香焊剂、电烙铁及其支架等。焊前对烙铁头要进行检查，查看其是否能正常“吃锡”。如果吃锡不好，就要将其锉干净，再通电加热并用松香和焊锡将其镀锡，即预上锡，如图（a）所示。

(2) 加热焊件

加热焊件就是将预上锡的电烙铁放在被焊点上，如图（b）所示，使被焊件的温度上升。烙铁头放在焊点上时应注意，其位置应能同时加热被焊件与铜箔，并要尽可能加大与被焊件的接触面，以缩短加热时间，保护铜箔不被烫坏。

(3) 熔化焊料

待被焊件加热到一定温度后，将焊锡丝放到被焊件和铜箔的交界面上（注意不要放到烙铁头上），使焊锡丝熔化并浸湿焊点，如图（c）所示。

(4) 移开焊锡

当焊点上的焊锡已将焊点浸湿时，要及时撤离焊锡丝，以保证焊锡不至过多，焊点不出现堆锡现象，从而获得较好的焊点，如图（d）所示。

(5) 移开烙铁

当焊点焊锡完全浸湿时，移开烙铁。

完成这五步后，焊料尚未完全凝固以前，不能移动被焊件之间的位置，因为焊料未凝固时，如果相对位置被改变，就会产生假焊现象。

上述过程对一般焊点而言，大约需要两三秒钟。对于热容量较小的焊点，例如印制电路板上小焊盘，有时用三步法概括操作方法，即将上述步骤（2）、（3）合为一步，（4）、（5）

合为一步。实际上细微区分还是五步，所以五步法有普遍性，是掌握手工焊接的基本方法。

提示：各步骤之间停留的时间对保证焊接质量至关重要，只有通过实践才能逐步掌握。

二、导线

导线焊接在电子产品装配中占有重要的位置。实践中发现，在出现故障的电子产品中，导线焊点的失效率高于印制电路板，所以有必要对导线的焊接工艺给予特别的重视。

预焊在导线的焊接中是关键步骤，尤其是多股导线，如果没有预焊的处理，焊接质量很难保证。导线的预焊又称为挂锡，方法与元器件引线预焊方法一样，需要注意的是，导线挂锡时要边上锡边旋转。多股导线的挂锡要防止“烛心效应”，即焊锡浸入绝缘层内，造成软线变硬，容易导致接头故障，如图所示。



焊接方法因焊接点的连接方式而定，通常有 3 种基本方式：绕焊、钩焊和搭焊，如图所示。

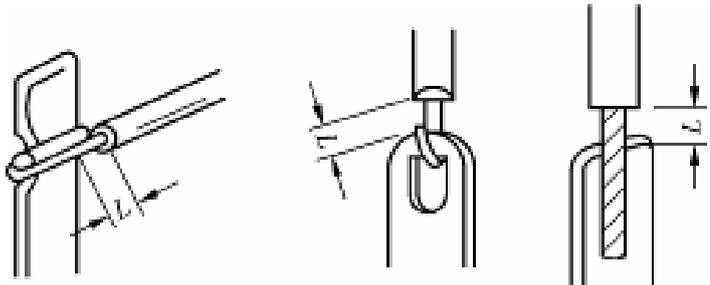
(1) 绕焊

绕焊是将被焊元器件的引线或导线等线头绕在被焊件接点的金属件上，然后进行焊接，以增加焊接点的强度，如图 6.12 (a) 所示。

提示：导线一定要紧贴端子表面，绝缘层不接触端子，一般 $L=1\text{mm}\sim 3\text{mm}$ ，这种连接可靠性最好。

(2) 钩焊

钩焊是将导线弯成钩形，钩在接线点的眼孔内，使引线不脱落，然后施焊，如图 (b) 所示。钩焊的强度不如绕焊，但操作简便，易于拆焊。



(a) 绕焊

(b) 钩焊

(c) 搭焊

(3) 搭焊

搭焊是把经过镀锡的导线或元器件引线搭接在焊点上，再进行焊接，如图 (c) 所示。搭与焊是同时进行的，因此无绕头工艺。这种连接方法最简便，但强度可靠性最差，仅用于临时连接或焊接要求不高的产品。

三、电路板

印制电路是指在绝缘基板上的印制导线和印制元器件系统。具有印制电路的绝缘基板称为印制电路板。印制电路板用于安装和连接小型化元件、晶体管、集成电路等电路元器件。

使用印制电路板制造的产品具有可靠性高，一致性、稳定性好，机械强度高、耐振、耐冲击，体积小、重量轻，便于标准化、便于维修以及用铜量小等优点。其缺点是制造工艺较复杂，单件或小批量生产不经济。

印制电路板按其结构可分为如下 4 种。

(1) 单面印制电路板

单面印制电路板通常是用酚醛纸基单面覆铜板，通过印制和腐蚀的方法，在绝缘基板覆

铜箔一面制成印制导线。它适用于对电性能要求不高的收音机、收录机、电视机、仪器和仪表等。

(2) 双面印制电路板

双面印制电路板是在两面都有印制导线的印制电路板。通常采用环氧树脂玻璃布铜箔板或环氧酚醛玻璃布铜箔板。由于两面都有印制导线，一般采用金属化孔连接两面印制导线。其布线密度比单面板更高，使用更为方便。它适用于对电性能要求较高的通信设备、计算机、仪器和仪表等。

(3) 多层印制电路板

多层印制电路板是在绝缘基板上制成三层以上印制导线的印制电路板。它由几层较薄的单面或双面印制电路板（每层厚度在 0.4mm 以下）叠合压制而成。为了将夹在绝缘基板中的印制导线引出，多层印制电路板上安装元器件的孔需经金属化处理，使之与夹在绝缘基板中的印制导线沟通。目前，广泛使用的有四层、六层、八层，更多层的也有使用。

多层印制电路板的主要特点：与集成电路配合使用，有利于整机小型化及重量的减轻；接线短、直，布线密度高；由于增设了屏蔽层，可以减小电路的信号失真；引入了接地散热层，可以减少局部过热，提高整机的稳定性。

(4) 软性印制电路板

软性印制电路板也称柔性印制电路板，是以软层状塑料或其他软质绝缘材料为基材制成的印制电路板。它可以分为单面、双面和多层 3 大类。此类印制电路板除了重量轻、体积小、可靠性高以外，最突出的特点是具有挠性，能折叠、弯曲、卷绕。软性印制电路板在电子计算机、自动化仪表、通信设备中应用广泛。

四、松香的作用

松香在焊接中作为助焊剂，起助焊作用。从理论上讲，焊剂的熔点比焊料低，及比重、黏度、表面张力都比焊料小，因此在焊接时，焊剂先融化，很快流浸、覆盖于焊料表面，起到隔绝空气防止金属表面氧化的作用，并能在焊接的高温下与焊锡及被焊金属的表面氧化膜反应，使之熔解，还原纯净的金属表面。合适的焊锡有助于焊出满意的焊点形状，并保持焊点的表面光泽。

松香是最常用的焊剂，它是中性的，不会腐蚀电路元件和烙铁头。

如果是新印制的电路板，在焊接之前要在铜箔表面涂上一层松香水。如果是已经制好的电路板，则可以直接焊接。其实松香的使用要看个人习惯，有些人是每焊接完一个元件，都会将烙铁头在松香上浸一下；我每次都是当电烙铁头被氧化，不太方便用的时候，才会在上面浸一些松香。松香的使用也很简单，打开松香盒，把通电的烙铁头在上面浸一下即可。

如果焊接时使用的是实芯焊锡，加些松香是必要的；如果使用松香锡焊丝（焊丝芯内包裹有助焊剂），可不使用松香。

由于金属表面同空气接触后都会生成一层氧化膜，温度越高，氧化越厉害。这层氧化膜阻止液态焊锡对金属的湿润作用，犹如玻璃上沾上油就会使水不能湿润一样。焊剂就是用于

清除氧化膜的一种专用材料，又称助焊剂。助焊剂有三大作用：1. 除氧化膜。实质是助焊剂中的物质发生还原反应，从而除去氧化膜，反应生成物变成悬浮的渣，漂浮在焊料表面。2. 防止氧化。其熔化后，漂浮在焊料表面，形成隔离层，因而防止了焊接面的氧化。3. 减小表面张力，增加焊锡流动性，有助于焊锡湿润焊件。

五、集成电路拆卸

在电路检修时，经常需要从印刷电路板上拆卸集成电路，由于集成电路引脚多又密集，拆卸起来很困难，有时还会损害集成电路及电路板。通常有以下几种集成电路拆卸方法：

1、吸锡器吸锡拆卸法

使用吸锡器拆卸集成块，这是一种常用的专业方法，使用工具为普通吸、焊两用电烙铁，功率在 35W 以上。拆卸集成块时，只要将加热后的两用电烙铁头放在要拆卸的集成块引脚上，待焊点锡融化后被吸入细锡器内，全部引脚的焊锡吸完后集成块即可拿掉。

2、医用空心针头拆卸法

取医用 8 至 12 号空心针头几个。使用时针头的内经正好套住集成块引脚为宜。拆卸时用烙铁将引脚焊锡溶化，及时用针头套住引脚，然后拿开烙铁并旋转针头，等焊锡凝固后拔出针头。这样该引脚就和印制板完全分开。所有引脚如此做一遍后，集成块就可轻易被拿掉。

3、电烙铁毛刷配合拆卸法

该方法简单易行，只要有一把电烙铁和一把小毛刷即可。拆卸集成块时先把电烙铁加热，待达到溶锡温度将引脚上的焊锡融化后，趁机用毛刷扫掉溶化的焊锡。这样就可使集成块的引脚与印制板分离。该方法可分脚进行也可分列进行。最后用尖镊子或小“一”字螺丝刀撬下集成块。

4、增加焊锡融化拆卸法

该方法是一种省事的方法，只要给待拆卸的集成块引脚上再增加一些焊锡，使每列引脚的焊点连接起来，这样以利于传热，便于拆卸。拆卸时用电烙铁每加热一列引脚就用尖镊子或小“一”字螺丝刀撬一撬，两列引脚轮换加热，直到拆下为止。一般情况下，每列引脚加热两次即可拆下。

5、多股铜线吸锡拆卸法

就是利用多股铜芯塑胶线，去除塑胶外皮，使用多股铜芯丝（可利用短线头）。使用前先将多股铜芯丝上松香酒精溶液，待电烙铁烧热后将多股铜芯丝放到集成块引脚上加热，这样引脚上的锡焊就会被铜丝吸附，吸上焊锡的部分可剪去，重复进行几次就可将引脚上的焊锡全部吸走。有条件也可使用屏蔽线内的编织线。只要把焊锡吸完，用镊子或小“一”字螺丝刀轻轻一撬，集成块即可取下。

[实训步骤]

- [1] 导线和鳄鱼夹的焊接；
- [2] 通用电路板上的分立元件焊接；
- [3] 通用电路板上的分立元件拆除

[评分标准]

一、安装技术

- 1、电路板装配正确。
- 2、元件插装规范，电路内的元器件摆放合理，并风格一致。
- 3、元器件安装到位，无松动现象。

二、焊接质量

- 1、焊点形状良好，周围清洁。
- 2、锡量适中、不露黄。
- 3、有足够的机械强度。

三、效果及外观

- 1、电路板功能正常，工作稳定。
- 2、电路板无烫伤现象
- 3、各种接口标示清楚

四、技能熟练水平

能在规定时间内完成相应的任务。

实训三 半导体元件和全波整流电路制作

[实训目的和要求]

- [1] 了解半导体元件的基本知识，掌握其型号参数的识别方法；
- [2] 学习并掌握利用万用表测量二极管引脚极性、导通电压；
- [3] 学习并掌握利用万用表判别三极管类别、引脚并测量参数；
- [4] 学习利用二极管搭接全波整流电路，认识桥堆器件；

[实训内容]

- [1] 二极管判别和测量；
- [2] 三极管判别和测量；
- [3] 搭接全波整流电路。

[主要仪器与器材]

- [1] 数字万用表
- [2] 二极管：整流管 4 只、稳压管 1 只、发光管 1 只
- [3] 三极管：NPN 型 1 只、PNP 型 1 只

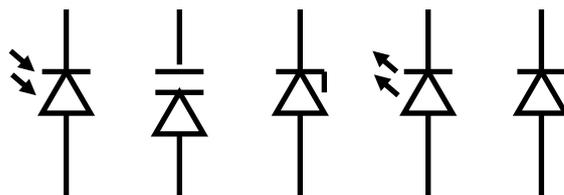
[实训原理]

一、二极管

二极管最重要的特性就是单方向导电性。在电路中，电流只能从二极管的正极流入，负极流出。

根据不同用途，还分为发光二极管、检波二极管、整流二极管、稳压二极管、温敏二极管、变容二极管等。

各类二极管电路图符号：



1、正向特性

在电子电路中，将二极管的正极接在高电位端，负极接在低电位端，二极管就会导通，这种连接方式，称为正向偏置。必须说明，当加在二极管两端的正向电压很小时，二极管仍然不能导通，流过二极管的正向电流十分微弱。只有当正向电压达到某一数值（这一数值称为“门槛电压”，锗管约为 0.2V，硅管约为 0.6V）以后，二极管才能直正导通。导通后二极管两端的电压基本上保持不变（锗管约为 0.3V，硅管约为 0.7V），称为二极管的“正向压降”。

2、反向特性

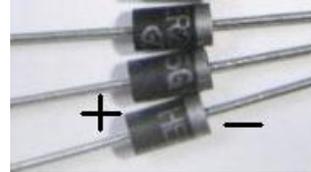
在电子电路中，二极管的正极接在低电位端，负极接在高电位端，此时二极管中几乎没有电流流过，此时二极管处于截止状态，这种连接方式，称为反向偏置。二极管处于反向偏置时，仍然会有微弱的反向电流流过二极管，称为漏电流。当二极管两端的反向电压增大到某一数值，反向电流会急剧增大，二极管将失去单方向导电特性，这种状态称为二极管

的击穿。

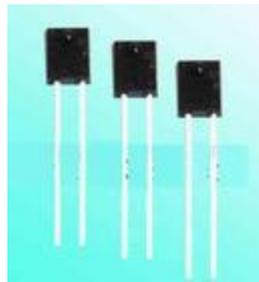
3、二极管正、负电极的检测方法与经验

(a)观察外壳上的符号标记。通常在二极管的外壳上标有二极管的符号，带有三角形箭头的一端为正极，另一端是负极。

(b)杆观察外壳上的色点。在点接触二极管的外壳上，通常标有极性色点(白色或红色)。一般标有色点的一端即为正极。还有的二极管上标有色环，带色环的一端则为负极。



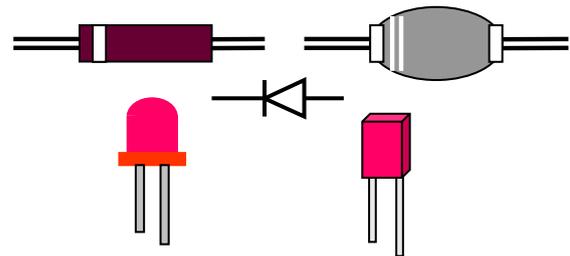
(c)用指针式万用表，以阻值较小的一次测量为准，黑表笔所接的一端为正极，红表笔所接的一端则为负极。数字万用表有二极管测试档，以导通为准，红表笔所接的一端为正极，黑表笔所接的一端则为负极，刚好和指针式万用表测量结果相反。



发光二极管（出厂时长引脚为正极）

4、单色发光二极管的检测

在万用表外部附接一节 1.5V 干电池，将万用表置 $R \times 10$ 或 $R \times 100$ 挡。这种接法就相当于给万用表串接上了 1.5V 电压，使检测电压增加至 3V(发光二极管的开启电压为 $1.7 \sim 2.1$ V)。 $R \times 10K$ 挡，可直接检测。检测时，用万用表两表笔轮换接触发光二极管的两管脚。若管子性能良好，必定有一次能正常发光，此时，黑表笔所接的为正极，红表笔所接的为负极。数字万用表打在二极管档，用相同的方法测量，发光时，红表笔所接的为正极，黑表笔所接的为负极，刚好和指针式万用表测量结果相反。



二、三极管

晶体三极管具有电流放大作用，其实质是三极管能以基极电流微小的变化量来控制集电极电流较大的变化量。这是三极管最基本的和最重要的特性。我们将 $\Delta I_c / \Delta I_b$ 的比值称为晶体三极管的电流放大倍数，用符号“ β ”表示。电流放大倍数对于某一只三极管来说是一个定值，但随着三极管工作时基极电流的变化也会有一定的改变。

1、三极管电路图符号：



2、晶体三极管的三种工作状态：

截止状态：当加在三极管发射结的电压小于 PN 结的导通电压，基极电流为零，集电极电流和发射极电流都为零，三极管这时失去了电流放大作用，集电极和发射极之间相当于开关的断开状态，我们称三极管处于截止状态。

放大状态：当加在三极管发射结的电压大于 PN 结的导通电压，并处于某一恰当的值时，

三极管的发射结正向偏置，集电结反向偏置，这时基极电流对集电极电流起着控制作用，使三极管具有电流放大作用，其电流放大倍数 $\beta = \Delta I_c / \Delta I_b$, $I_c \approx \beta \cdot I_b$ 这时三极管处放大状态。

饱和导通状态：当加在三极管发射结的电压大于 PN 结的导通电压，并当基极电流增大到一定程度时，集电极电流不再随着基极电流的增大而增大，而是处于某一定值附近不怎么变化，这时三极管失去电流放大作用，集电极与发射极之间的电压很小，集电极和发射极之间相当于开关的导通状态。三极管的这种状态我们称之为饱和导通状态。

根据三极管工作时各个电极的电位高低，就能判别三极管的工作状态。

3、三极管管脚的识别

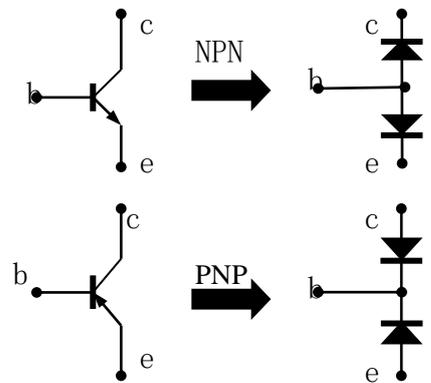
常用三极管引脚的排列方式具有一定的规律，对于中小功率塑料三极管按图使其平面朝向自己，三个引脚朝下放置，则从左到右有三种情况，依次为 e b c 或 e c b 或 b c e。其中 e 为发射极、b 为基极、c 为集电极。

目前，国内各种类型的晶体三极管有许多种，这里介绍如何用数字万用表鉴别晶体三极管：

(1) 晶体管的管脚和类型的识别：

①先判断基极：晶体三极管从直流通路观点，有时可以认为是“背靠背”的二个二极管，如图所示。因此基极对另两个极的电压或都呈无穷大（反向），或都为较小值（正向）。

将数字万用表开关置于“”档，如为 PNP 管，则用黑表棒接一个管脚（注意黑表棒为负极性），红表棒依次接另外两个管脚可以测出两个电压值。然后再用黑表棒换接一个管脚，重复上述测量。这样一共可测三次，得三组电压值，其中必有一组两个电压都为较小（硅材料管子为 0.6V 左右、锗材料管子为 0.2V 左右）的。对应测量这组电压值的黑表棒所接的那个管脚就是基极。



②判别类型：在判别晶体管基极时，用黑表棒测得上述结果，则此管是 PNP 型管，如果用红表棒测得上述结果，则是 NPN 型管。

③集电极和发射极的判断：找出基极后，利用数字万用表的“Hfe”档测出 β 值，根据三极管正向 β 大，反向 β 小的方法来确定集电极和发射极。

将数字万用表置于“Hfe”档，将三极管基极相应的孔中，另外两个管脚分别插入“E”和“C”孔，读出 β 值。然后，将这两个管脚进行对换，再读出 β 值，两者 β 值大的相对应“E”和“C”孔就为发射极和集电极。

(2) 晶体管性能好坏的检查：

对 PNP 管红表棒发射极，黑表棒接集电极测量。用数字万用表“”档测出电压值应无穷大，若电压值比较小，则说明 I_{ce0} 大。若电压值指示不稳。则说明性能不稳定。若值为 0，说明管子穿通，管子已损坏不能使用。

若为 NPN 管子，则两根表棒应调换位置判别即可。目前，国内各种类型的晶体三极管有许多种，管脚的排列不尽相同，在使用中不确定管脚排列的三极管，必须进行测量确定各管脚正确的位置，或查找晶体管使用手册，明确三极管的特性及相应的技术参数和资料。

三极管常见外形见图。



9011~9018 引脚 (e b c)



D882 引脚 (e c b)



金属壳封装

4、晶体三极管的种类

分类方法也有多种。下面按用途、频率、功率、材料等进行分类。

按材料和极性分：硅材料 NPN 与 PNP 三极管. 锗材料 NPN 与 PNP 三极管。

按用途分有：高、中频放大管、低频放大管、低噪声放大管、光电管、开关管、高压管、达林顿管、带阻尼的三极管等。

按功率分有：小功率三极管、中功率三极管、大功率三极管。

按工作频率分有：低频三极管、高频三极管和超高频三极管。

按制作工艺分有：平面型三极管、合金型三极管、扩散型三极管。

按外形封装的不同可分为：金属封装三极管、玻璃封装三极管、陶瓷封装三极管、塑料封装三极管等。

三、驻极式话筒

驻极式话筒又称驻极式电容麦克风，它是由一片很轻的振动膜及驻极电荷的背极板所组成。构成驻极式话筒的内部零件相当精密，故对外部的杂音很敏感，因此为预防灰尘或异物质的侵蚀及电器杂音，要紧紧密封在只有音波可流入的圆形金属壳中，使用时尽量不要大的震动，以免振动膜破损。



随着音波的流入使金属振动板振动时，振动板与电极板会随音波的振动，产生距离上的变化，这种物理变化的现象，解释为静电容量的变化。因驻极式话筒的静电容量值很小，电器的耗电流量较大，所以不可直接使用于一般的放大器上。为符合放大器所要求的输入信号耗电流，必须要经由 JFET 使电流量转换成放大器可接受的程度，因此现在大部分驻极式话筒内部还有一片电流放大集成电路 (FET)，要注意接线时驻极式话筒的极性。

四、其它

电子元器件种类繁多，以上仅介绍常见的几种元器件。除此之外，扬声器、电池夹、小灯泡、电键、开关、导线等，继电器和干簧管等各种的电子元器件也是常用电子实验元器件。



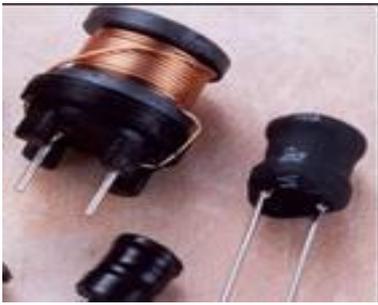
扬声器（喇叭）



继电器（JQX-13F）



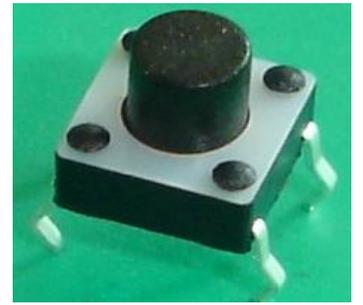
色码电感



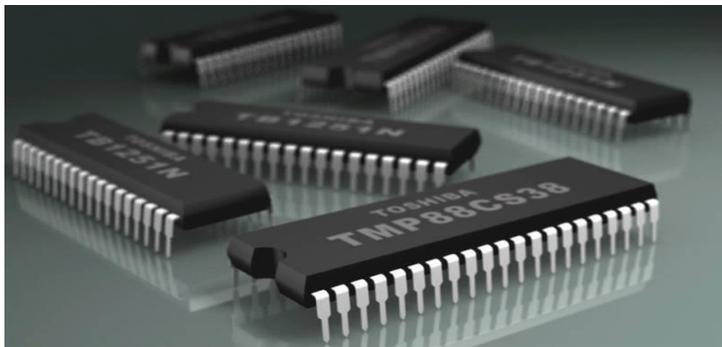
柱式电感



微调电容



微动开关（自恢复按钮）



集成电路



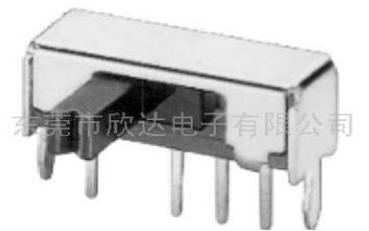
自锁按钮



船形开关



拨码开关



拨动开关



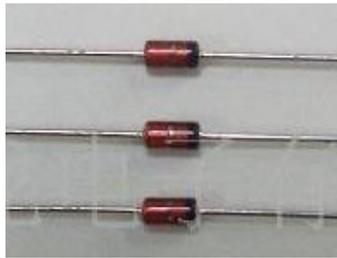
7.62 接线端子



5.08 接线端子



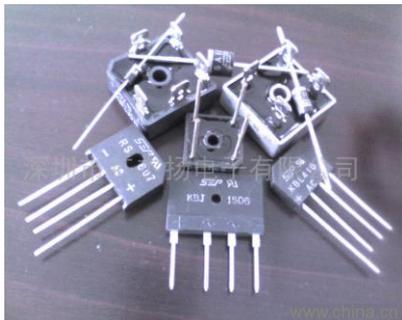
2.54 排线



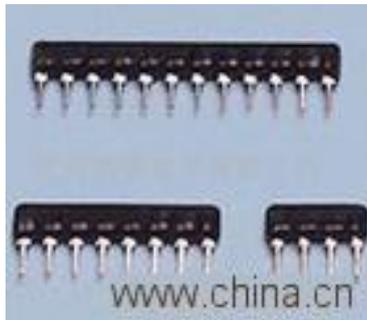
开关二极管或稳压二极管



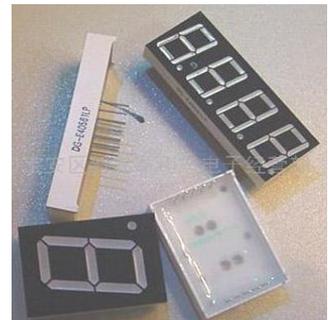
方形晶振



桥堆及整流二极管



排阻



数码管



直流电机

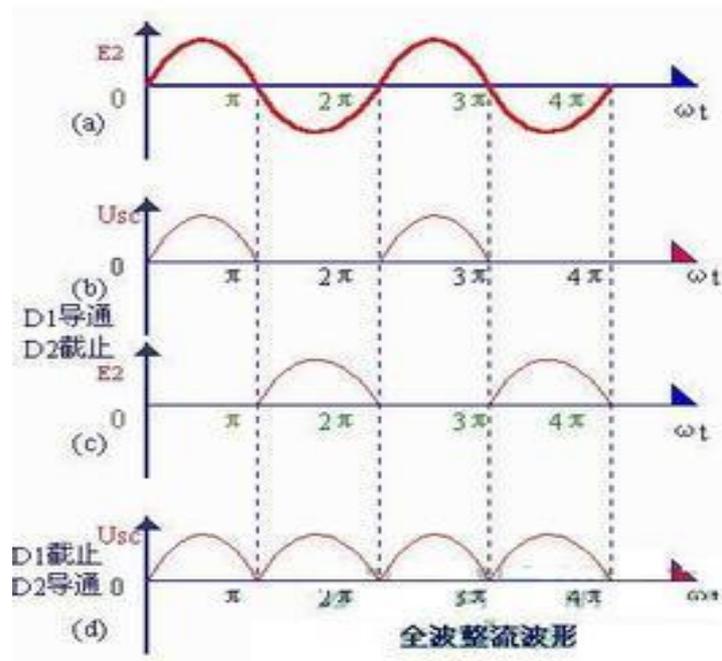
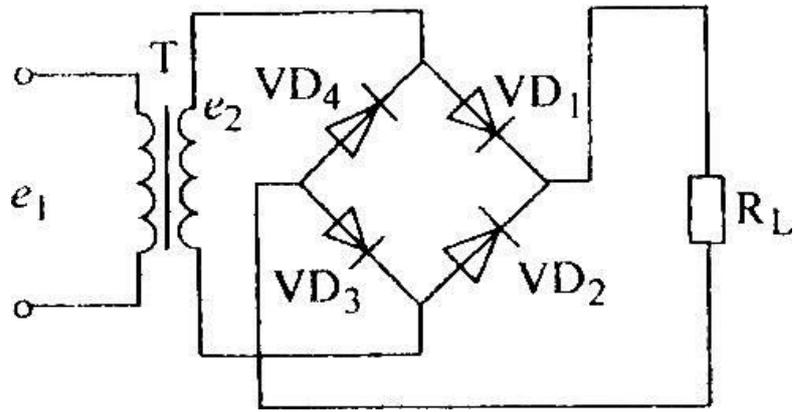


干簧管



光敏电阻

五、全波整流电路



[实训步骤]

- [1] 练习用万用表判别和测量二极管；
- [2] 练习用万用表判别和测量三极管；
- [3] 搭接全波整流电路。

实训四 常用仪器设备的使用

[实训目的和要求]

- [1] 认识示波器、函数信号发生器、直流稳压电源等仪器的界面，了解设备功能用途；
- [2] 反复操作并初步掌握利用函数信号发生器产生正弦波、三角波和方波信号；
- [3] 认识和熟悉示波器的操作面板，反复操作并掌握信号拾取探头的补偿校正；
- [4] 反复操作并初步掌握示波器的双通道波形显示和频率、峰峰值测量。
- [5] 用示波器测试全波整流电路波形（选做）。

[实训内容]

- [1] 示波器探头补偿校正；
- [2] 利用函数信号发生器产生正弦波、三角波和方波信号，并在示波器上显示、测量；
- [3] 利用两台函数信号发生器产生信号，并在示波器上双通道显示；
- [4] 直流稳压电源操作。

[主要仪器与器材]

- [1] 示波器
- [2] 函数信号发生器
- [3] 直流稳压电源

[实训原理]

一、直流稳压电源

实验室常用的是可调试直流稳压电源，其电压、电流连续可调、稳压与稳流自动转换，输出电压从 0 伏起调，在额定范围内任意选择，限流保护点可任意选择，输出电源能在额定范围内连续可调，电流 0-3A, 电压 0-30V。其中双路输出可以串联或并联或自动跟踪使用。与开关电源相比，它具有精度高，纹波小，无高频辐射干扰，适用场合广等优点。

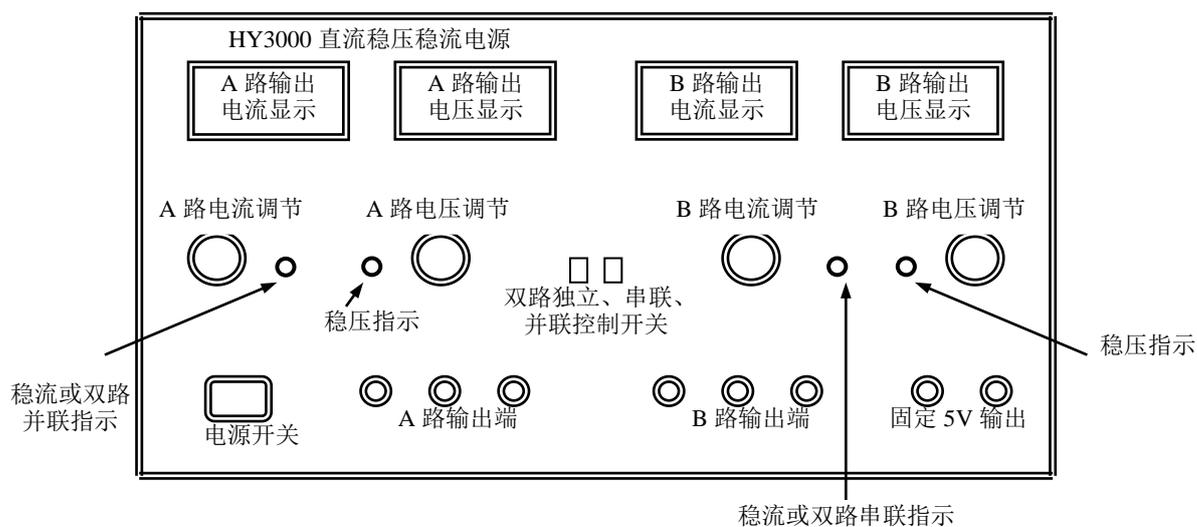
该电源具有两路 0-30V/0-3A 输出和一路固定 5V 输出，左边两个旋钮分别调整第一路的输出电流限制和输出电压，右边两个旋钮分别调整第二路的输出电流限制和输出电压。由下面的接线柱红黑两端输出，正极为红色接线柱。而绿色接线柱为地（即外壳或大地），与稳压电源的输出没有直接的联系。

显示选择拨动开关选择左边则显示输出的电压值，显示类别的 VOLT 指示灯亮，拨动开关选择右边则显示输出的电流值，显示类别的 AMP 指示灯亮。

状态指示灯有 CC 和 CV 之分。CC 表示此时处于恒流状态，或超出电流限定值。应立即断电检查电路是否短路或接错，或负载超出设定功率，根据实际情况作出处理。

模式选择按钮有两个，共三种模式，根据图示开或关设定独立输出、联调（即两路设定相同）输出和串联输出。

对于 TTL 电路建议直接使用固定 5V 输出，以免不慎误调而烧毁电路。



HY3000 系列面板旋钮功能图

二、函数信号发生器

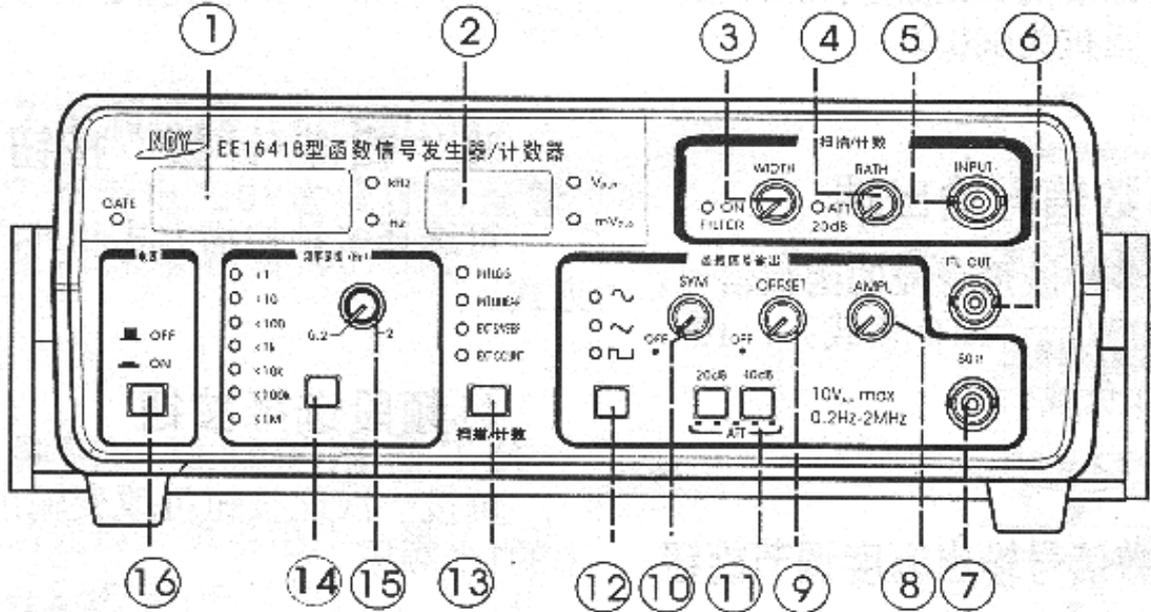
实验经常要观察电路的对某特定信号的处理效果，就需要有一台可以模拟各种常用信号的仪器，便于调试。EE1641D 型函数信号发生器可以输出三种基本波形：正弦波、三角波、方波，频率、幅度、占空比可调。也可以作为计数器对外来信号进行测量。下面对该仪器的使用方法作简要说明：

仪器面如图所示。LED 可以显示输出频率（输入时显示输入频率）和输出幅度，相应的单位有旁边 LED 指示灯显示。通过选择频率调节的档位及旋钮可设置输出的频率范围为 0.2Hz~2MHz；波形种类由波形选择按钮设置；ATT 按钮选择可将输出信号幅度衰减，可设置衰减 0dB、20dB、40dB、60dB；其上面两旋钮分别设置输出占空比（SYM）和直流偏置（OFFSET），左旋到底关闭该功能；AMPL 为输出幅度调节旋钮。其它使用方法可参考其说明书。



EE1641B 型函数信号发生器/计数器面板功能如图。

- ①频率显示窗口：显示输出信号的频率或外测频信号的频率。
- ②幅度显示窗口：显示函数输出信号的幅度。
- ③扫描速率调节旋钮：调节此电位器可以改变内扫描的时间长短。在外测频时，逆时针



EE1641B 型函数信号发生器/计数器面板图

选旋到。

- ④旋到底（绿灯亮），为外输入测量信号经过低通开关进入测量系统。
- ⑤宽度调节旋钮：调节此电位器可调节扫频输出的扫频范围。在外测时，逆时针旋到（绿灯亮），为外输入测量信号经过“20db”进入测量系统。
- ⑥外部输入插座：当“扫描/计数”键（13）功能选择在外扫描状态或外测频功能时，外扫描控制信号或外测频信号由此输入。
- ⑦TTL 信号输出端：输出标准的 TTL 幅度的脉冲信号，输出阻抗为 600 Ω。
- ⑧函数信号输出端：输出多种波形受控的函数信号，输出幅度 20V_{P-P}（1M Ω 负载），10V_{P-P}（50 Ω 负载）。
- ⑨函数信号输出幅度调节旋钮：调节范围 20db。
- ⑩函数信号输出信号直流电平预置调节旋钮：调节范围-5V~+5V（50 Ω 负载），当电位器处在中心位置时，则为 0 电平。
- ⑪出波形，对称性调节旋钮：调节此旋钮可改变输出信号的对称性。当电位器处在中

心位置或“OFF”位置时，则输出对称信号。

(12)函数信号输出幅度衰减开关：“20db”、“40db”键均不按下，输出信号不经衰减，直接输出到插口，“20db”、“40db”键分别按下，则可选择 20db 或 40db 衰减。

(13)函数波形选择按钮：可选择正弦波、三角波、脉冲波输出。

(14)“扫描/计数”按钮：可选择多种扫描方式和外测频方式。

(15)频段选择按钮：每按一次此钮可改变输出频率的 1 个波段。

(16)频率调节旋钮：调节此旋钮可改变输出频率的一个频段。

(17)整机电源开关：此按键按下时，机内电源接通，整机工作。此键释放为关掉整机电源。

(3) 函数信号输出

50 Ω 主函数信号输出：

①以终端连接 50 Ω 匹配器的测试电缆，由前面板插座（7）输出函数信号。

②由频率选择按钮（14）选定输出函数信号的频段，由频率调节旋钮（15）调整输出信号频率，直到所需的工作频率值。

③由波形选择按钮（12）选定输出函数的波形分别获正弦波、三角波、脉冲波。

④由信号幅度选择器（11）和（8）选定和调节输出信号的幅度。

⑤由信号电平设定器（9）选定输出信号所携带的直流电平。

⑥输出波形对称调节器（10）可改变输出脉冲信号空度比，与此类似，输出波形为三角或正弦时可使三角波调变为锯齿波，正弦波调变为正与负半周分别为不同角频率的正弦波形，且可移相 180°。

TTL 脉冲信号输出（6）：

①除信号电平为标准 TTL 电平外，其重复频率、调控操作均与函数输出信号一致。

②以测试电缆（终端不加 50 Ω 匹配器）由输出插座（6）输出 TTL 脉冲信号。

内扫描/扫频信号输出

①“扫描/扫频”按钮（13）选定为“内扫描”方式。

②分别调节扫描速率调节器（3）和扫描宽度调节器（4）获得所需的扫描信号输出。

③函数输出插座（7）、TTL 脉冲插座（6）均输出相应的内扫描的扫频信号。

外扫描/扫频信号输出

①“扫描/扫频”按钮（13）选定为“外扫描”方式。

②由外部输入插座（5）输入相应的控制信号，即可得到相应的受控扫描信号。

外测频功能的检查：

①扫描/扫频”按钮（13）选定为“外扫描”方式。

②用本机提供的测试电缆，将函数信号引入外部输入插座（5），观察显示频率应与“内”测量时相同。

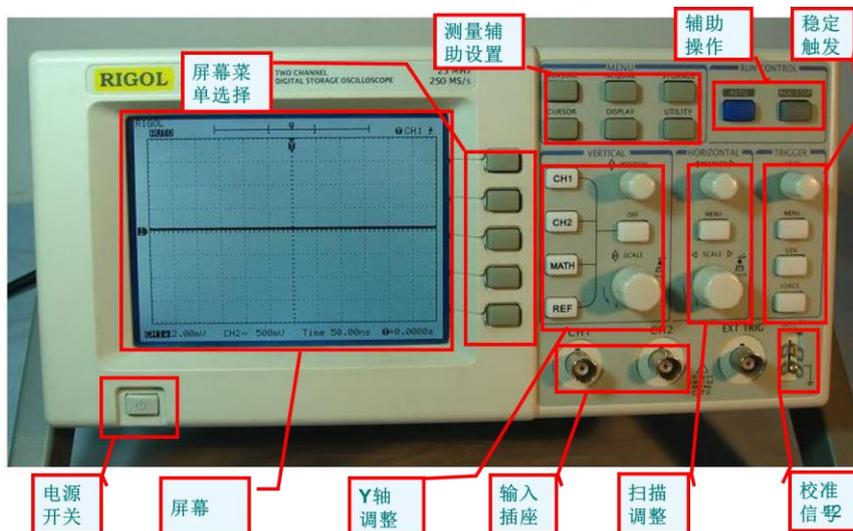
四、示波器

我们可以把示波器简单地看成是具有图形显示的电压表。

普通的电压表是在其度盘上移动的指针或者数字显示来给出信号电压的测量读数。而示波器则与不同。示波器具有屏幕，它能在屏幕上以图形的方式显示信号电压随时间的变化，即波形。

示波器和电压表之间的主要区别是：1. 电压表可以给出被测信号的数值，这通常是有效值即 RMS 值。但是电压表不能给出有关信号形状的信息。有的电压表也能测量信号的峰值电压和频率。然而，示波器则能以图形的方式显示信号随时间变化的历史情况。2. 电压表通常只能对一个信号进行测量，而示波器则能同时显示两个或多个信号。

示波器有模拟和数字的两大类。基本测试方法都大同小异，这里对数字示波器进行简单说明。



示波器测量方法：

1、电压测量

这样就可以按照“V/div”的指示值直接计算出被测信号的电压值。由于被测信号一般含有交流分量和直流分量，所以在测试时应注意选择输入耦合开关。

① 交流电压的测量

a. 将Y轴输入耦合开关“DC-⊥-AC”置于“AC”处，若信号频率较低，则应置于“DC”处。

b. 将被测信号波形移至示波器的示波管屏幕的中心位置，并按照坐标刻度的分度读取整个波形所占Y轴方向的刻度数。

c. 如果使用探头测量，应将探头的衰减量计算在测量结果中。

例如：双踪示波器的Y轴灵敏度开关“V/div”位于“0.1V/div”的位置上，“微调”置于校准位置，如果被测量的信号波形所占Y轴的坐标幅度Y为4div，则此时的信号电压峰-峰值为0.4V。

$$VP-P=V/div \times Y(div)=0.1 \times 4=0.4(V)$$

信号电压(有效值)为：

$$V=(0.4 \div 2) \times 0.707=0.1414(V)$$

如果采用探头测量，示波器面板上的开关位置不变，显示的波形幅度仍为4div，则考虑探头衰减10倍的因素，被测信号电压的有效值为：

$$V=(0.4 \div 2) \times 0.707 \times 10=1.414(V)$$

② 直流电压的测量

a. 将触发方式开关置于“自动”或“高频”的自激工作状态，调节相关旋钮使示波器的屏幕上显示出水平时基线。

b. 将Y轴输入耦合开关“DC-⊥-AC”置于“⊥”位置，并调整垂直移位旋钮使时基线位于示波器屏幕中部的零电平参考基准线位置，此时的时基线位置即为零电平参考基准线的位置。

c. 将Y轴输入耦合开关置于“DC”位置，记下示波器屏幕上时基线与零电平参考基准线之间的距离H。

d. 将“V/div”的指示值与时基线和零电平参考基准线之间的距离H相乘，即可得到被测信号的直流电压值。

2、周期和频率的测量

从示波器显示屏幕上直接读出被测信号波形一个周期在水平方向所占的格数A，如图5所示，然后将其与“t/div”的指示值相乘便可得到被测信号的周期。

例如：双踪示波器的X轴灵敏度开关“t/div”位于“0.5ms/div”的位置上，“微调”

置于校准位置，如果被测量的信号波形一个周期在水平方向所占的格数 A 为 8div，则此时的该信号的周期为：

$$T=t/\text{div}\times A=0.5\times 8=4(\text{ms})$$

由于信号的频率是周期的倒数，所以该被测信号的频率为：

$$f=1/T=1/4=250(\text{Hz})$$

如果能在示波器的屏幕上显示出多个被测信号的周期，则可读取在 X 轴方向 10div 的范围内被测信号波形的周期数，再计算出信号频率的方法来进行测量。采用这种方法可以减小频率的测量误差，其计算公式如下： $f=N/(10\times t/\text{div})$

3、相位的测量

采用双踪示波器可以测量两个同频率信号之间的相位关系，将示波器的 Y 轴触发源开关置于“YB”位置，然后利用内触发的形式启动示波器扫描，可以测得两个信号之间的相位差。

信号的一个周期在示波器的水平方向上占 8div。由于一个信号周期为 360° ，因此一个 div 应为 45° 。通过读取两个信号在水平方向上的间隔数 T(div)，并由以下的计算方法得到两个被测信号的相位差。

[实训步骤]

- [1] 示波器探头补偿校正；
- [2] 利用函数信号发生器产生不同频率和幅度的正弦波、三角波和方波信号，并在示波器上显示、测量；
- [3] 利用两台函数信号发生器产生信号，并在示波器上双通道显示；
- [4] 直流稳压电源操作；
- [5] 测试全波整流电路波形图（选做）。

实训五 集成电路元件的认识及其焊接

[实训目的和要求]

- [1] 认识数码管，了解其结构，熟悉其引脚，掌握其焊接方法；
- [2] 学习并掌握双列直插式封装的集成电路引脚判别和焊接方法；
- [3] 认识拨码开关，了解其结构和主要应用；
- [4] 学习利用集成芯片 L7805 焊接线性电源电路。

[实训内容]

- [1] 按所给的数码管电路图焊接显示电路，并加电测试，显示数字；
- [2] 焊接与调试线性稳压电路。

[主要仪器与器材]

- [1] 直流稳压电源、数字万用表、烙铁、斜口钳
- [2] 通用电路板、共阳极八段数码管、八路拨码开关，限流电阻（ 200Ω 1/4W）8 个
- [3] LM7805: 1 只，整流二极管 IN4007 1 只，电解电容 220 μ F/16V 1 只，电解电容 47 μ F/16V 1 只，瓷片电容 104 2 只

[实验原理]

一、集成电路

随着半导体工艺技术的突飞猛进，人们能够按照需要，在一小片半导体材料上集成并连接许多晶体管和部分阻容元件，完成某种或多种特定功能，并将其封装留出引脚备用，这就是集成电路。学会应用集成电路，是进入现代电子世界的关键，也是迅速掌握应用电子技术的一条捷径。集成电路种类繁多，其电路符号形式也是多种多样，在电路原理图中常用符号“IC”表示，一般情况下，也常用“IC”来代替集成电路一词。

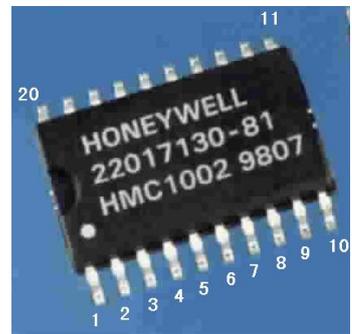
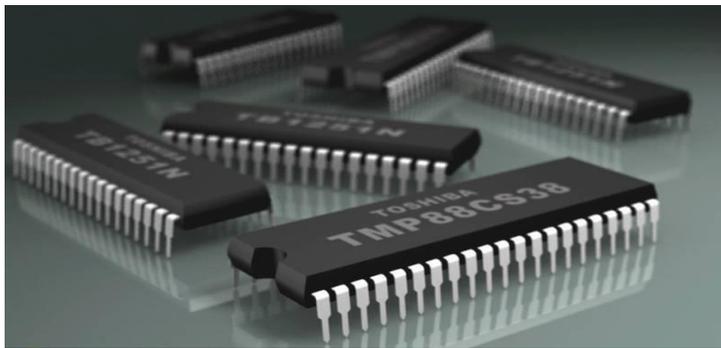
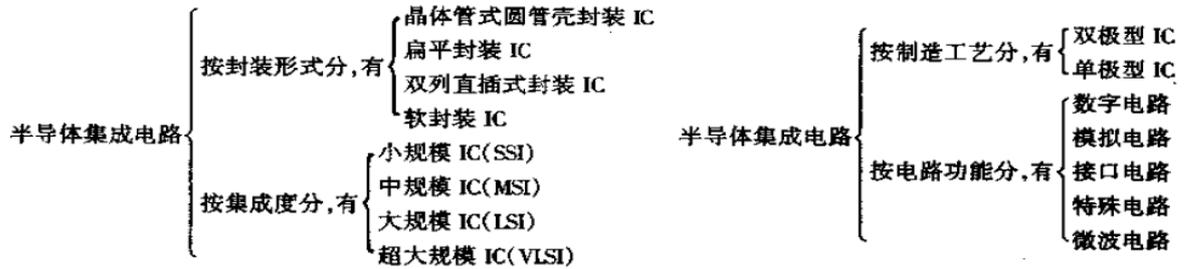
集成电路的引脚各有不同的特定功能，在一般的电路图中常直接画出其对应引脚编号的外接元件符号，因此，学会应用集成电路，首先要学会识别集成电路和引脚编号规律，如：

7805	三端固定正 5V 集成稳压器	W317	三端可调正压集成稳压器
LM386	集成功率放大器	LM741	高增益运算放大器
LM324	四运算放大器	LM386	音频功放集成电路
555	时基集成电路	CD4081	四二输入与门
CD4071	四二输入或门	CD4069	六反相器
CD4011	四二输入与非门	CD4017	十进制计数/译码器
CD4040	十二位二进制计数/分频器	74LS164	八位串入移出移位寄存器
MAX232	电平转换芯片		

引脚编号规律：

对双列直插式 (DIP) 和双列贴片 (SOP) 的集成电路, 正放与平面上, 半圆形缺口 (或一凹点或标白点) 左边引脚为第一脚, 然后逆时针递数过去。PLCC 等封装的 IC 找到凹点对应的引脚为第一脚, 然后逆时针递增。

集成电路的分类

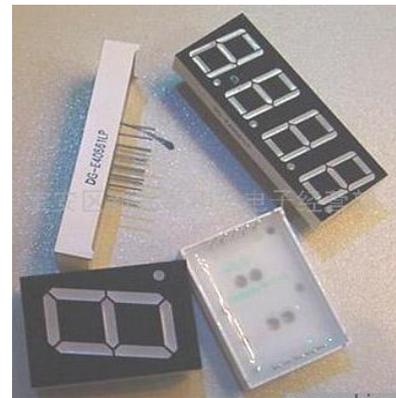


集成电路

二、八段数码管

1、构成

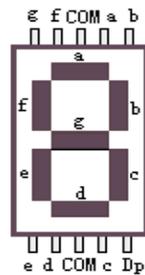
八段数码发光管就是 8 个发光二极管组成的, 在空间排列成为 8 字型带个小数点, 只要将电压加在阳极和阴极之间相应的笔画就会发光。按发光二极管单元连接方式分为共阳极数码管和共阴极数码管。共阳数码管是指将所有发光二极管的阳极接到一起形成公共阳极(COM)的数码管。共阳数码管在应用时应将公共极 COM 接到+5V, 当某一字段发光二极管的阴极为低电平时, 相应字段就点亮。当某一字段的阴极为高电平时, 相应字段就不亮。。共阴数码管是指将所有发光二极管的阴极接到一起形成公共阴极(COM)的数码管。



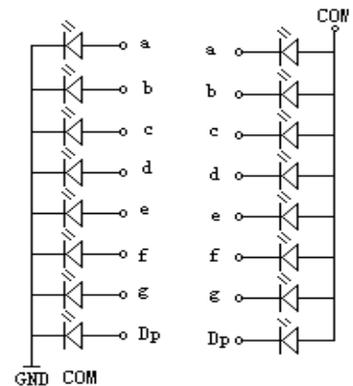
共阴数码管在应用时应将公共极 COM 接到地线 GND 上, 当某一字段发光二极管的阳极为高电平时, 相应字段就点亮。当某一字段的阳极为低电平时, 相应字段就不亮。

2、数码管驱动方式

数码管要正常显示, 就要用驱动电路来驱动数码管的各个段码, 从而显示出我



外形和引脚



共阴极结构

共阳极结构

们要的数字，因此根据数码管的驱动方式的不同，可以分为静态式和动态式两类。

① 静态显示驱动：静态驱动也称直流驱动。静态驱动是指每个数码管的每一个段码都由一个单片机的 I/O 端口进行驱动，或者使用如 BCD 码二-十进制译码器译码进行驱动。静态驱动的优点是编程简单，显示亮度高，缺点是占用 I/O 端口多，如驱动 5 个数码管静态显示则需要 $5 \times 8 = 40$ 根 I/O 端口来驱动，要知道一个 89S51 单片机可用的 I/O 端口才 32 个呢:)，实际应用时必须增加译码驱动器进行驱动，增加了硬件电路的复杂性。

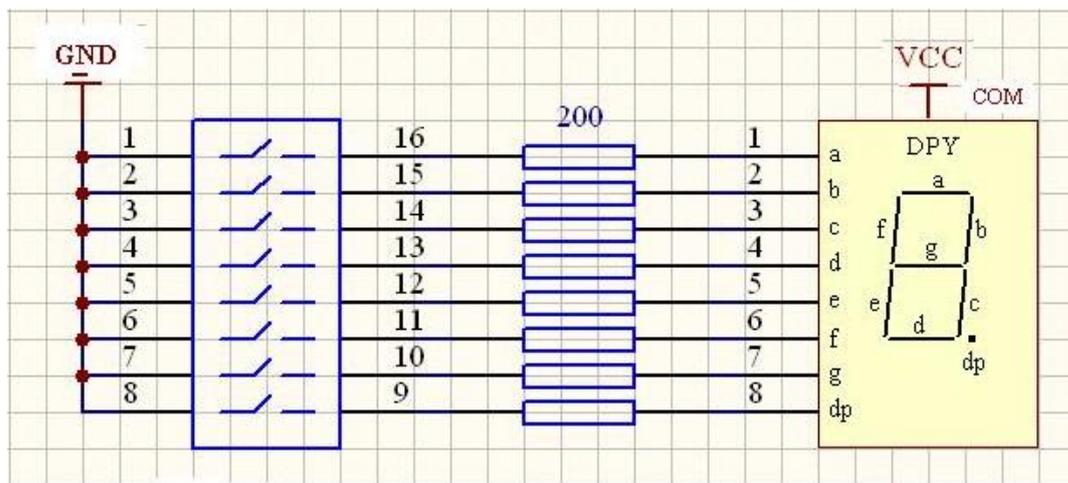
② 动态显示驱动：数码管动态显示接口是单片机中应用最为广泛的一种显示方式之一，动态驱动是将所有数码管的 8 个显示笔划"a,b,c,d,e,f,g,dp"的同名端连在一起，另外为每个数码管的公共极 COM 增加位选通控制电路，位选通由各自独立的 I/O 线控制，当单片机输出字形码时，所有数码管都接收到相同的字形码，但究竟是那个数码管会显示出字形，取决于单片机对位选通 COM 端电路的控制，所以我们只要将需要显示的数码管的选通控制打开，该位就显示出字形，没有选通的数码管就不会亮。通过分时轮流控制各个数码管的的 COM 端，就使各个数码管轮流受控显示，这就是动态驱动。在轮流显示过程中，每位数码管的点亮时间为 $1 \sim 2\text{ms}$ ，由于人的视觉暂留现象及发光二极管的余辉效应，尽管实际上各位数码管并非同时点亮，但只要扫描的速度足够快，给人的印象就是一组稳定的显示数据，不会有闪烁感，动态显示的效果和静态显示是一样的，能够节省大量的 I/O 端口，而且功耗更低。

[实验步骤]

1、拆卸集成电路（座）。

利用现有的工具，采用正确的方法（方法见实验原理），把电路板上的一个旧集成座卸下，在这过程中不要破坏电路板。

2、八段数码管焊接，电路图如下所示：

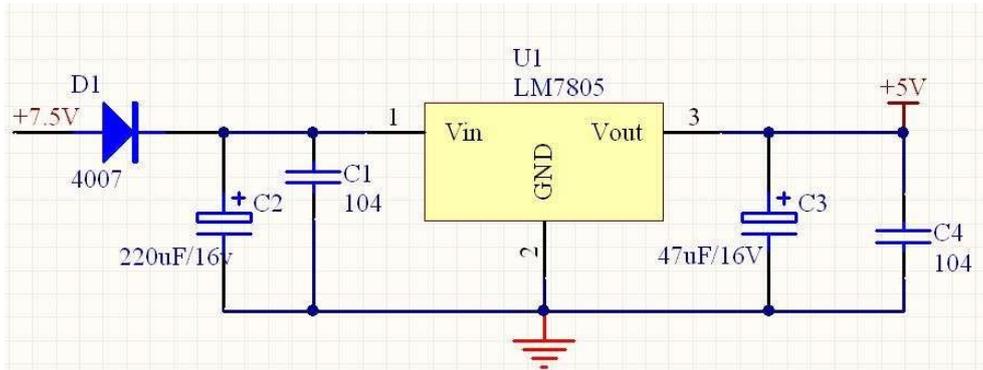


按所给的电路图焊接好电路，调试电路正常工作，理解电路的工作原理。

3、拨码开关工作状态与数码管显示关系

通过拨动拨码开关，数码管从 1 到 9 显示数字

4、LM7805 线性稳压电源电路图



[实训步骤]

- 1、按所给的电路图焊接 BCD-七段码译码显示电路，并加电测试，显示数字；
- 2、用万用表、示波器测量 8 段码各引脚电平；
- 3、用万用表、示波器测试 LM7805 输出电压值与波形情况。

实训六 电磁式继电器驱动电路及应用

[实训目的和要求]

- [1] 认识继电器，了解其结构，熟悉其引脚，掌握其焊接方法；
- [2] 学习并掌握电磁式继电器引脚判别和焊接方法；
- [3] 利用三极管设计电磁式继电器驱动电路并控制用电装置，如发光二极管的通断。

[实训内容]

按所给的电路图焊接电磁式继电器驱动电路并控制用电装置，并加电测试，完成功能指标；

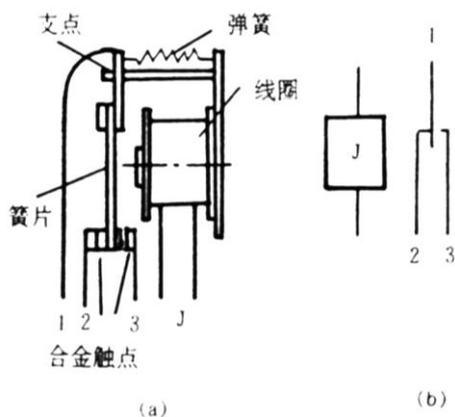
[主要仪器与器材]

- [1] 直流稳压电源、数字万用表、烙铁、斜口钳
- [2] 通用电路板、电磁式继电器 1 个、8050 三极管 1 个、限流电阻（ $200\ \Omega$ $1/4W$ ）1 个、电阻（ $1K\ \Omega$ $1/4W$ ）2 个、发光二极管 1 个、5819 肖特基二极管 1 个

[实验原理]

一、电磁式继电器工作原理：

电磁继电器是一种利用电磁力来切换触点的开关型电子器件。其典型结构示意图如下图所示。它由一个带软铁铁芯的线圈 J、簧片、弹簧及若干对合金触点构成：在线圈未通电时，触点 1-2 是闭合的，称常闭触点。1-3 触点是断开的，称常开触点。继电器可以只带一对常闭触点，用字母 H 表示。也可以带一开一闭二个触点，用字母 Z 表示。线圈得电后则 1-3 接通，1-2 断开。1-2-3 三个触点为一组，继电器可以带多达 7 组触点。



电磁式继电器又分为交流电磁继电器、直流电磁继电器、大电流电磁继电器、小型电磁继电器、常开型电磁继电器、常闭型电磁继电器、极化继电器、双稳态继电器、逆流继电器、缓吸继电器、缓放继电器、快速继电器等多种。

(1) 电磁继电器的线圈分无极性与有极性两种。有极性线圈必须按正确方向施加吸合电压，继电器才能动作。

(2) 继电器线圈的吸合电流一般为几十毫安，故必须使用双极性晶体管、MOS 管或晶体管、MOS 管阵列驱动。

(3) 电磁继电器吸合和释放都需要十几毫秒的时间，系统运行时，这一时间必须考虑在内。例如，利用电磁继电器自动切换数字电压表量程。

(4) 为了减少导通时的触点电阻和耐触点动作时的火花腐蚀，多用白金触点。尽量如此，火花的氧化作用，还是容易使触点烧损（发黑），触点电阻亦随之增加，影响使用寿命。为此，触点侧参数应充分减额，有时在触点并 RC 阻容吸收回路对减小火花也有作用。继电器的火花会对数字系统产生严重干扰，应采取屏蔽等措施。

(5) 电磁继电器的触点可以并联使用，以提高触点电流、改进可靠性。

二、功率驱动设计

输出高电平驱动：

- (1) 直接驱动
- (2) 利用上拉电阻增加高电平驱动能力
- (3) 利用 OC/OD 门提高高电平驱动能力
- (4) 直接利用带缓冲器的器件高电平驱动负载
- (5) 数字器件加驱动晶体管或 MOS 管

[实验步骤]

1、电路的安装

根据参考原理图对电路进行焊接。注意选择三极管的类型，如 NPN。

2、通电试验

根据原理图接入直流电源+5V/+12V（根据继电器的型号选择电源电压）。用万用表检查继电器输出引脚的导通情况。

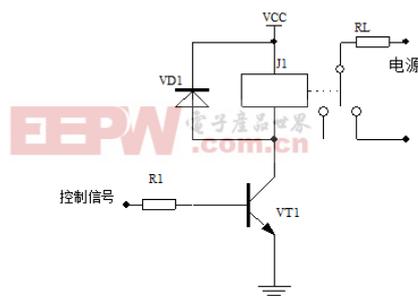
3、电路的测试

按图连线，用信号发生器产生的方波控制信号输入（注意电源的共地），控制信号的频率输出调节为 1Hz，观察继电器负载通断情况。

4、电路存在故障排除基本思路

电路工作不正常，首先检查电路在焊接过程中是否有虚焊或碰线，其次用万用表或示波器检查三极管能否正常工作，然后检查继电器线圈的电流是否满足其工作要求，再检查继电器输出引脚是否接错？负载接线是否正确。

典型的电磁继电器驱动电路如图所示。其中 R_L 为负载。



实训七 集成电路元件的认识及其焊接

[实训目的和要求]

- [1] 认识 LM386 集成功放电路。
- [2] 熟悉双列直插式集成电路引脚顺序。
- [3] 直观体验音频信号频率、幅度与音调、音量的关系。
- [4] 熟练掌握电子电路安装技巧。。

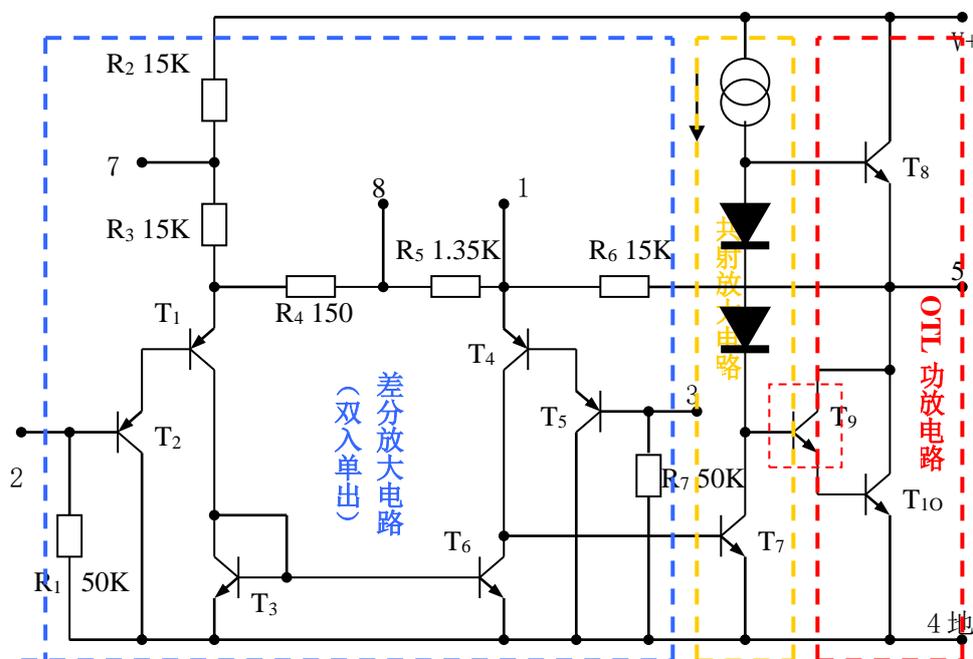
[实训内容]

- [1] 按所给的电路图焊接电路，并加电测试
- [2] 调节信号发生器的输出信号频率、幅度、直流偏置、注意声音变化；

[主要仪器与器材]

- [1] 直流稳压电源、函数信号发生器、数字万用表、烙铁、斜口钳
- [2] 通用电路板、LM386 集成功放、电阻及电容若干，扬声器一个

[工作原理]



LM386 集成功放内部电路

1、 A_{uf} 估算

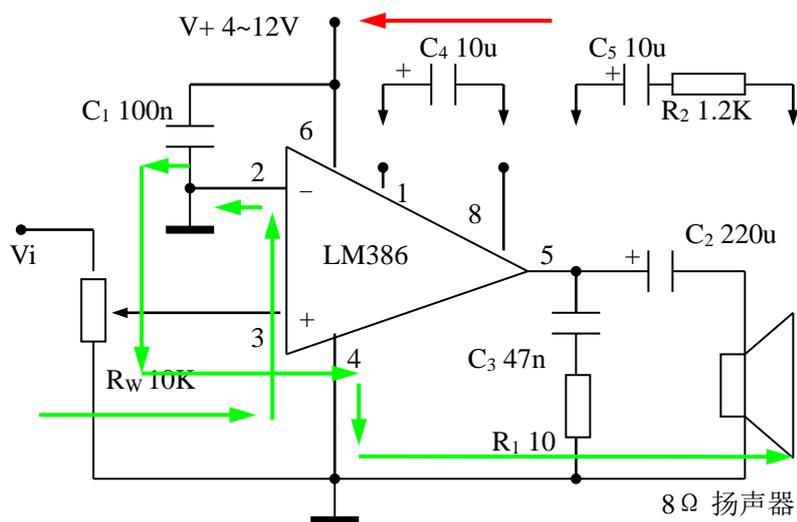
①与⑧脚开路

$$A_v = 2 \times \frac{R_6}{R_5 + R_4}$$

①与⑧脚交流短接

$$A_v = 2 \times \frac{R_6}{R_4}$$

①与⑧脚串入电阻



LM386 集成功放电路

$$A_v = 2 \times \frac{R_6}{R_5 // R_2 + R_4}$$

2. 主要性能指标

LM386-4 的电源电压范围为 5~18V。当电源电压为 6V 时，静态工作电流为 4mA。当 $V_{CC}=16V$ ， $R_L=32\Omega$ 时输出功率为 1W。①、⑧脚开路时带宽 300kHz，总谐波失真为 0.2%，输入阻抗为 50k Ω 。

[实训步骤]

- [1] 按所给的电路图焊接电路，并加电测试
- [2] 调节信号发生器的输出信号频率、幅度、直流偏置、注意声音变化；