

电路及电子技术实验

自主实验讲义

电工技术基础教学实验中心

2005.9

目 录

实验一	直流电路.....	(1)
实验二	电子仪器使用.....	(3)
实验三	交流串联电路.....	(8)
实验四	单管电压放大电路.....	(11)
实验五	集成运算放大器的线性应用.....	(13)
实验六	整流 滤波 稳压电路.....	(16)
实验七	计数 译码 显示电路.....	(18)
实验八	四人抢答器.....	(19)
附录		(21)
附录一	实验箱使用说明书	(21)
附录二	集成电路功能介绍.....	(24)

实验一 直流电路

一、实验目的

1. 学习正确使用万用表和直流稳压电源；
2. 验证线性电路中的叠加原理及戴维南定理。

二、实验说明

1. 叠加原理：在任一线性网络中，多个激励同时作用的总响应等于每个激励单独作用时引起的响应之和。

2. 戴维南定理：任一有源二端线性网络均可用一电压源等效代替。电压源的电动势 E_0 等于有源二端网络的开路电压 U_0 ，等效电压源的内阻 R_0 等于有源二端网络中恒压源短路，恒流源开路后两端间的等效电阻。

三、实验仪器及设备

实验电路板 稳压电源 数字万用表

四、预习要求

1. 掌握叠加原理、戴维南定理等理论。
2. 计算图 1.1 中负载支路的电压 U_L 、电流 I_L ，将所得值记入表 1.1 中。

五、思考题

1. 为什么电流表不能与电路并联？电压表不能与电路串联？相反情况会产生什么后果？
2. 叠加原理中，两个电源同时作用时在电路中所消耗的功率是否也等于两个电源单独作用时所消耗的功率之和？为什么？

六、注意事项

1. 在使用万用表测量时，注意电压、电流、欧姆等档次的选择，切忌用电流档测电压（即与被测元件并联）。
2. 一定要在电源断开的情况下，才能用万用表测电阻。
3. 在使用稳压电源时，只允许按下一个琴键按钮，切勿将几个选择按钮同时压下，使几组互相独立的电源并联在同一个电压表上，而将几个电源相互短路造成仪器的损坏。

七、实验内容及步骤

调节稳压电源，使其一路电压源输出 $E_1=6V$ ，另一路电压源输出 $E_2=9V$ ，待用。

1. 叠加原理实验

- (1) 先将开关 S_I 、 S_{II} 拨向“2”侧，再按实验原理电路图 1.1 接线。
- (2) 测量下列三种情况下负载电阻的电压值 U_L ，并将数据记入表 1.1 中

电源 E_1 单独作用于电路（ S_I 拨“1”， S_{II} 拨“2”），电源 E_2 单独作用于电路的情况（ S_I 拨“2”， S_{II} 拨“1”），电源 E_1 和 E_2 同时作用于电路的情况（ S_I 、 S_{II} 都拨“1”）。

(3) 测负载电流值 I_L : 将万用表置于直流电流档“20mA”处并串入 R_L 支路中 (注意极性), 测得电流值 I_L , 并将数据记入表 1.1 中。

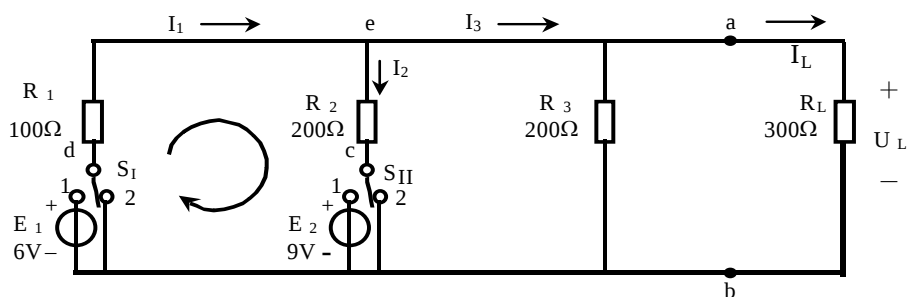


图 1.1 叠加原理实验电路图

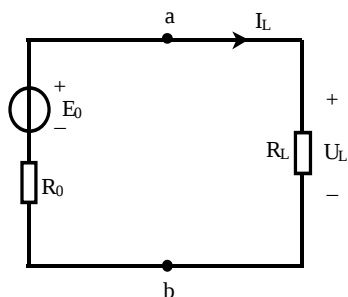
表 1.1

	U_L (V)			I_L (mA)		
	计算值	测量值	误差	计算值	测量值	误差
E_1 单独作用						
E_2 单独作用						
E_1 E_2 共同作用						

2. 戴维南定理实验

对图 1.1 电路中 a、b 两点左侧电路进行戴维南等效变换。

- (1) 测量开路电压 U_0 : 将 S_I 、 S_{II} 置“1”，测 R_L 断开时的 $U_{ab}=U_0$, 记入表 1.2 中。
- (2) 测量等效电阻 R_0 : 将 S_I 、 S_{II} 置于“2”，用万用表测 $R_{ab}=R_0$, 记入表 1.2 中。
- (3) 用测得的 U_0 和 R_0 , 按图 1.2 组成戴维南等效电路，测出 I_L 和 U_L 并填入表 1.2 中。



开路电 $U_0=$ V	负载电流 $I_L=$ mA
等效内阻 $R_0=$ Ω	负载电压 $U_L=$ V
与表 1—1 中 U_L 、 I_L 测量值比较 $\Delta U=$ $\Delta I=$	

图 1.2 戴维南等效电路图

表 1.2

八. 实验报告要求

1. 完成表中测量值，根据图中参数计算各理论值。
2. 分析误差，并指出产生误差的因素？
3. 如果万用表电压档与电流档换用，有什么危害？

实验二 电子仪器使用

一、实验目的

1. 掌握常用电子仪器的使用方法
2. 掌握电压、频率、时间和相位差的测量方法。

二、实验说明

(一) EE1641D 型函数信号发生器的使用

EE1641D 型函数信号发生器的面板如图 2.1 所示：

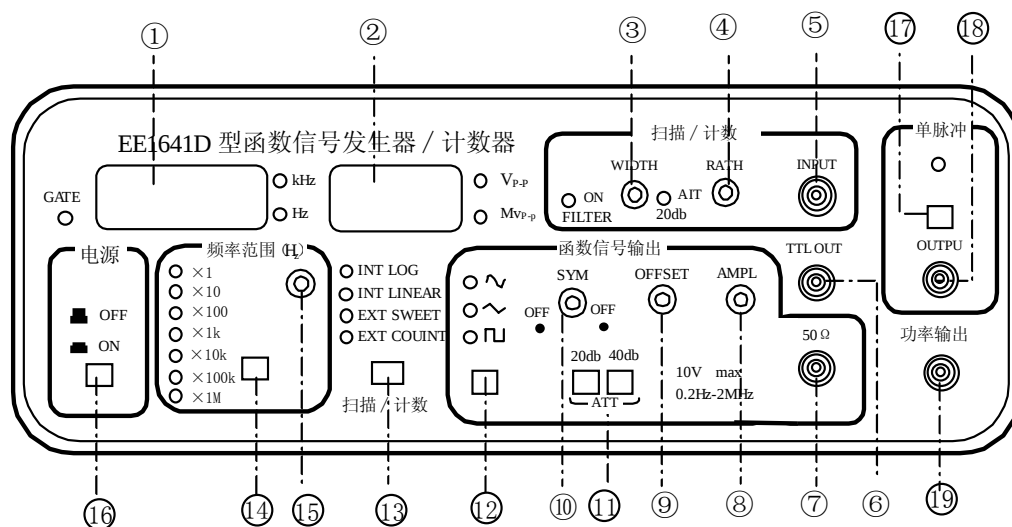


图 2.1 EE1641D 型函数发生器面板图

(1) 频率显示窗口； (2) 幅度显示窗口； (3) 扫描宽度调节旋钮；调节此旋钮可以改变内扫描的时间长短。(4) 速度调节旋钮；调节此旋钮可调节扫描频率输出的扫描范围。(5) 外部输入插座；当“扫描/计数”键(13)的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。(6) TTL 信号输出端；输出标准的 TTL 幅度的脉冲信号，输出阻抗为 600Ω 。(7) 函数信号输出端；输出多种波形受控的函数信号，输出幅度 $20V_{P-P}$ ($1M\Omega$ 负载) $\sim 10V_{P-P}$ (50Ω 负载)。(8) 函数信号输出幅度调节旋钮；(9) 函数信号输出信号直流电平预置调节旋钮；调节范围： $-5V \sim +5V$ (50Ω 负载)，当电位器处在中心位置时，则为零。(10) 输出波形对称性调节旋钮；(11) 函数信号输出幅度衰减开关 (12) 函数输出波形选择按钮可选择正弦波、三角波、脉冲波输出。(13) “扫描/计数”键 可选择多种扫描方式和外测频方式。(14) 频率范围选择键 (15) 频率微调旋钮 调节此旋钮可微调输出信号频率，调节基数范围为从 <0.2 到 >2 。(16) 整机电源开关 (17) 单脉冲按键每揿动一次此按键，单脉冲输出电平翻转一次。(18) 单脉冲输出端 (19) 功率输出端 提供 $>4W$ 的音频信号功率输出。此功能对 $\times 100$ 、 $\times 1K$ 、 $\times 10K$ 档有效。

(二) SS-7802 双踪示波器的使用方法

1. SS-7802 双踪示波器面板如图 2.2 所示：
2. 屏幕显示调节

- 1) 按下[POWER], 接通电源。
- 2) 按下[AUTO], 可自动出现扫描线。
- 3) 旋转[INTEN]、[FOCUS]可调整“辉度”和“聚焦”。

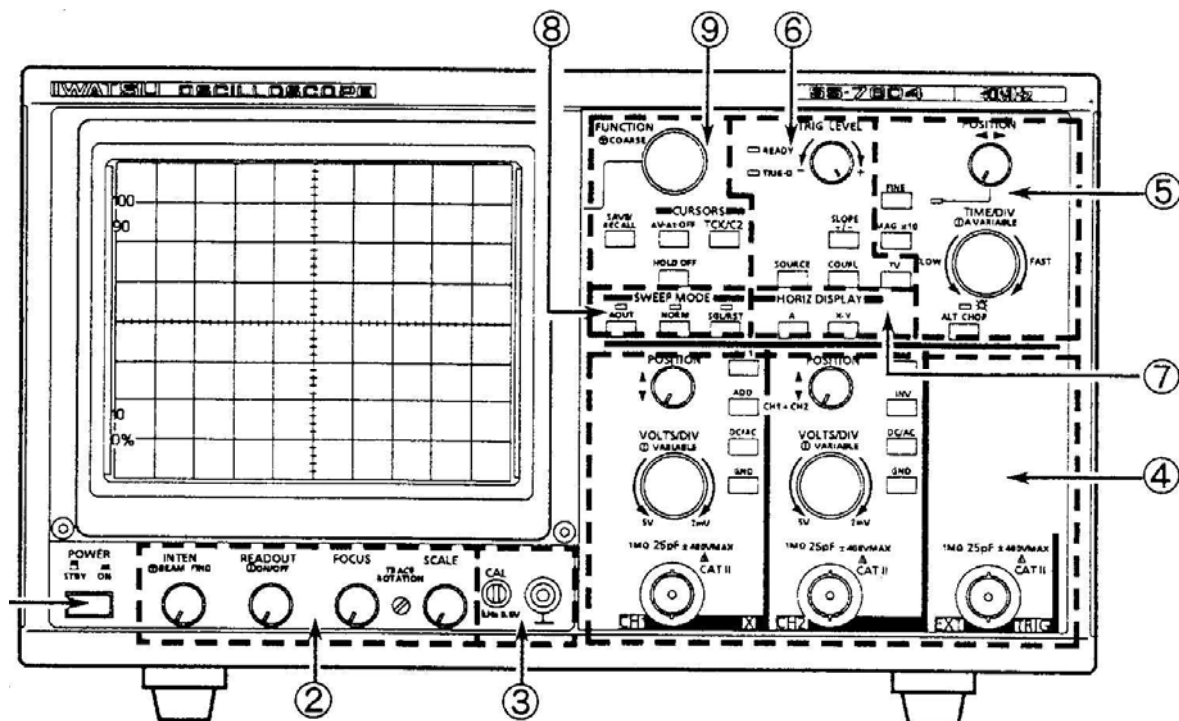


图 2.2 示波器面板图

- 4) 调节[READOUT], 可改变“文字显示亮度”。
- 5) 调节“◀▶”波形水平方向移动, 调节“⬆⬇”波形垂直方向移动。

3. 触发系统调节

- 1) 按压 [SOURCE]选择触发信号源。可按照信号输入的通道选择 CH1 或 CH2 (显示在屏幕左上角第三列)。
- 2) 按压[COUPL], 可选择触发信号耦合方式为 AC 或 DC (显示在屏幕左上角第四列)
- 3) 调节[TRIG LEVER], 可改变触发电平, 当 TRIG' D 灯亮时, 波形稳定。

4. Y 轴部分调节

- 1) 信号可从 CH1 或 CH2 输入, 也可两通道同时输入。信息显示于屏幕左下角。当按下[CH1]时, 显示为“1:”; 表示 CH1 可用, 当按下[CH2]时, 显示为“2:”, 表示 CH2 可用。
- 2) 旋转[VOLTS/DIV]可以改变波形在 Y 轴方向的高度, 在“1:”后可读出 Y 轴坐标单位。按一下此钮再旋转, 则可微调波形高度。显示变为“1: >”(或“2: >”), 此时 Y 轴上每一格的实际电压值大于“>”后显示的值。再按一下此钮即恢复原样。
- 3) 根据观察信号的需要可以按压[DC/AC], 以选择相应的输入耦合方式。直流耦合时屏幕左下角显示为 V, 交流耦合时屏幕左下角的 V 字变为 $\bar{V}$ 。
- 4) 按下[ADD], CH1、CH2 两通道信号相加, 并以另一通道信号显示。屏幕左下角出现“+2:”符号, 再按一下即恢复原样“2:”。

- 5) 按下[INV], CH2 的信号被反相, 符号变为“2: ↓”, 再按一下即恢复原样。
- 6) 当按下某通道的[GND], 输入端内部与“地”相接, 输入被断开。屏幕左下方出现接地符号“⏏”。

5. X 轴部分调节

1) 旋转[TEM/DIV]可选择扫描速度, 当屏幕左上角显示“A”时, 可在“A”后读出 X 轴坐标单位。按一下此钮再旋转, 则可微调扫描速度。左上角显示变为“A>”, 此时 X 轴上每一格的实际时间值大于“>”后显示的值。再按一下即恢复原样。

2) 输入信号频率较低时, 应按下[ALT CHOP], 选择[CHOP], 使其灯亮即可。

6. 光标使用

光标可用于测量电压、时间(周期、相位、频率)等量。

1) Δv 测量 按[$\Delta v - \Delta t - Off$], 使出现两条水平光标; 按[TCK/C2], 当某条光标前出现一短线时, 表示该光标可移动, 两条光标前都有短线时, 两条光标可同时移动。顺(逆)时针转动一下[FUNCTION], 并连续按压此钮, 光标可上(下)移动。分别移动光标到波形的上、下波峰处, 波形峰峰值 Δv 即出现在屏幕下方倒数第二行。

2) Δt 测量 按[$\Delta v - \Delta t - Off$], 使出现两条竖直光标; 按[TCK/C2], 当某条光标前出现一短线时, 表示该光标可移动, 两条光标前都有短线时, 两条光标可同时移动。顺(逆)时针转动一下[FUNCTION], 并连续按压此钮, 光标可向右(左)移动。分别移动光标到波形上欲测 Δt 的两点(如周期、脉宽的起、始点)处, Δt 、 $1/\Delta t$ 值即出现在屏幕下方倒数第二行。

相位差的测量可先用光标测出周期值 T , 再用光标测出时间差 Δt , 用下列公式即可

$$\text{求得相位差 } D: D = \frac{360^\circ}{T} \times \Delta t$$

(三) DA-16FS 晶体管毫伏表使用方法

1. 晶体管毫伏表的面板如图 2.3 所示。



图 2.3

2. 操作说明

1) 调零 接通电源, 指示灯亮, 待表针摆动稳定后, 将测量选择置于接地端, 调节调零电位器, 使指针指在“零”位置。

2) 测量前, 应根据被测信号的大小, 正确选择量程, 对于不知幅度的信号, 则应将量程选择到最大。待信号接入后, 逐渐减小量程, 直到合适为止。

3) 晶体管毫伏表与被测电路必须共地, 两条输入线的地端(黑夹子)与被测信号的地端相接, 红夹子与信号端相接以免造成测试错误。

3. 注意事项

所测交流电压中的直流分量不得大于 300V。

1) 毫伏表灵敏度较高, 在使用 100mV 以下量程时, 应尽量避免输入端开路, 以防外界干扰电压造成打表针的现象。

2) 毫伏表测量的是任意信号交流分量的整流平均值, 而指示刻度值为正弦波有效值。故用该表测量失真波形时, 其读数无直接意义。

3) 毫伏表使用完毕, 量程开关应放在 300V 档。

三、实验仪器及设备

1. 双踪示波器、函数信号发生器、晶体管毫伏表 各 1 台
2. 实验电路板 1 块

四、注意事项

1. 示波器最大输入电压为 $\pm 400V$, 当输入电压超过 30V 时, 即应使用衰减探头。

2. 测量时, 示波器、函数信号发生器和晶体管毫伏表的公共端(黑夹子)必需接到一起(共地), 以防高频干扰。

五、实验内容

1. 练习用示波器测直流电压(数据可不作记录)。

2. 用函数信号发生器输出一频率为 1KHZ, 峰值电压为 1V 的正弦波, 三角波和方波电压, 用示波器分别将其稳定地显示在屏幕上。

3. 以正弦波信号作输入, 测试图 2.4 所示被测电路输入、输出信号的电压幅值、频率、周期和相位差。相位差的测法如图 2.5 所示, 图中 T 为周期, D 为相位差。数据记入表 2. 1。

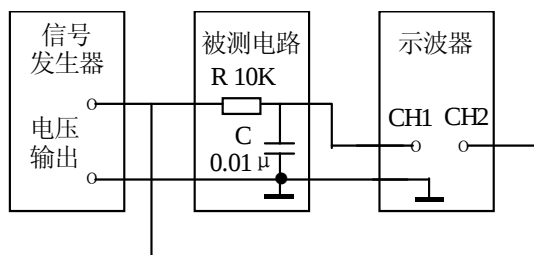


图 2.4 示波器、函数发生器的使用

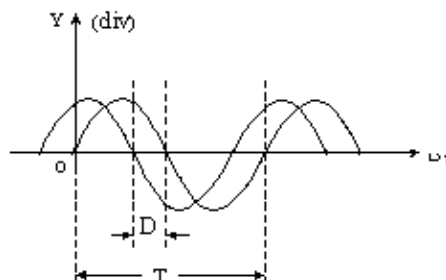


图 2.5 相位差的测试

表 2.1

	波形	峰 值 (V)	有效值 (V)	频率 (Hz)	周期 (ms)	相位差 (°)
u_i						
u_o						

六、实验报告要求

1. 简述实验内容中电压峰值和相位差的测量方法， 并画图说明。
2. 是否可用万用表交流电压档测高频交流信号？ 用毫伏表检测直流电压？ 为什么

实验三 交流串联电路

一、实验目的

1. 研究 RLC 串联电路，验证 $U \neq U_R + U_L + U_C$ ；
2. 加深对串联谐振特点的了解。

二、实验说明

本实验电路板如图 3.1 所示，电容参数有 $0.047\mu F$ 、 $0.1\mu F$ 、 $0.47\mu F$ ，空心电感线圈 $L=2.5mH$ 、 $r=10\Omega$ 。

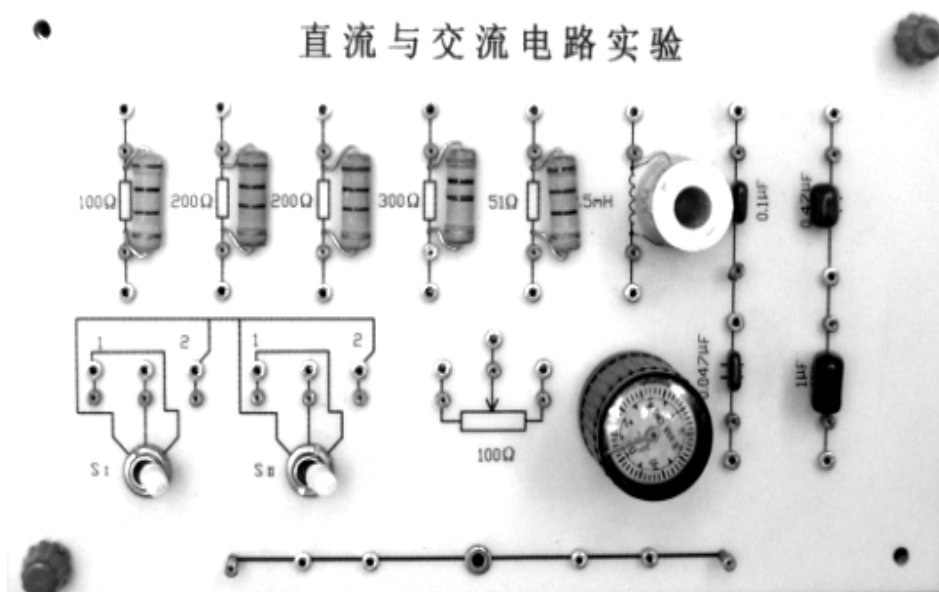


图 3.1

三、预习要求

1. 复习有关串联谐振的理论，掌握谐振电路的特征，根据需要进行选择仪器及设备。
2. 拟定实验步骤及数据表格完成如下内容：
 - (1). 观察 U_R 、 U_C 和 U_L 的波形，注意观察其相位关系（注意：正确选择公共点）。
 - (2). 找出 RLC 串联电路的谐振频率（应注意改变频率时保持 U_i 不变，可根据选用参数先计算出 f_0 ）
 - (3). 验证 $U \neq U_R + U_L + U_C$
 - * (4). 在相同的 U_i 及频率下，三个不同电容时确定电路的性质（根据实验数据分析电阻性，电容性或电感性）。

四、思考题

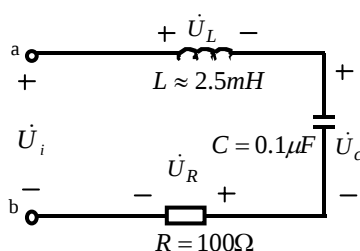
1. 根据实验内容，需要怎样的实验电路？（设计实验电路原理图）
2. 怎样判定电路是否处于谐振？
3. 串联电路在谐振时有什么特点？
4. 从实验数据可以得到什么样的结论？

五、实验设计

根据实验要求，结合思考题，首先进行实验的设计。

第一步：学习串联谐振电路的理论知识，根据实验目的，画出实验电路，如图，结合实验电路板给出的元器件选择适当的元件，注意所选择元件的参数，并计算电路谐振频率

的理论值。（ $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ ）



第二步：判定电路谐振的办法通常有以下两种：第一种是通过观察电阻上的电压变化来判定，当电阻上的电压达到最大时，此时电路谐振；第二种方法是通过同时观察电阻上的波形和输入信号的波形来判定，当电阻上的波形和输入信号的波形的相位相同（即波峰和波谷同时出现时，此时电路谐振。

在进行这一步时，如果采用第一种方法来判定谐振则必须使用晶体管毫伏表测量电阻两端的电压有效值，注意晶体管毫伏表的使用方法；如果使用第二种方法来判定谐振，则必须使用双通道示波器同时观察电阻上的电压波形和输入信号的电压波形，注意示波器的正确使用方法。（建议使用第二种方法）

第三步：分析实验目的，决定测试那些数据。在该实验中，第一个目的是要测试电路的谐振频率，所以电路的谐振频率以及周期是必须测量的数据，其次，为了了解谐振是特性，还必须测量不同频率，不同状态时电阻、电容、电感上的电压，为了确保测量的全面性，测试的频率点最好对称性地分布在谐振点的两边，至少有 3-5 组数据。所以设计数据表 1：

第四步：确定实验步骤并写出所需的仪器，注明实验中所要注意的事项，特别是仪器设备使用时需要注意的事项。

1. 按电路原理图连接电路
2. 调节信号输出电压的大小、频率和波形（用函数信号发生器，输出正弦波，根据理论计算值选择适当的初始频率，用晶体管毫伏表测量输入信号的有效值作为参

考)。

表 1

f	$f_0 - 8kHz$	$f_0 - 3kHz$	$f_0 - 1kHz$	f_0	$f_0 + 1kHz$	$f_0 + 3kHz$	$f_0 + 8kHz$
U_R							
U_L							
U_C							

3. 示波器的两个信号通道分别观察输入信号的电压波形和电阻上电压的波形，调节信号发生器输出信号的频率，观察输入信号的电压和电阻上电压的相位变化，直到两个波形的相位相同（即波峰和波谷同时出现）。则电路谐振。记录谐振频率 f_0 并（可从信号发生器上直接读取，也可从示波器上读取）。
4. 用晶体管毫伏表分别测量此时电阻、电容、电感上的电压有效值。
5. 改变输入信号的频率（如表中所示），再次测量电阻、电容、电感上的电压有效值填入表中。

六、实验报告（自己总结并分析）

在实验报告中最为重要的是正确地根据测试数据分析实验结果。在本实验中可做如下分析：

1. 把理论计算值和测试结果做误差分析，考察谐振状态是否判断正确，谐振频率是否恰当（是否在一定的误差范围之内）。
2. 观察表中 U_R 的变化，是否可以判断当电路谐振时 U_R 最大。
3. 以表中任意两个不同的频率点的电阻、电容、电感上的电压有效值为例做分析，考察关系 $U_R + U_L + U_C = U_i$ 是否成立。
4. 根据表中数据，分别画出 U_R ， U_L ， U_C 随频率变化的曲线，得到串联谐振特性曲线。
5. 根据表中不同频率点的 U_R ， U_L ， U_C 的值，画出矢量图，分析电路的性质。

实验四 单管电压放大电路

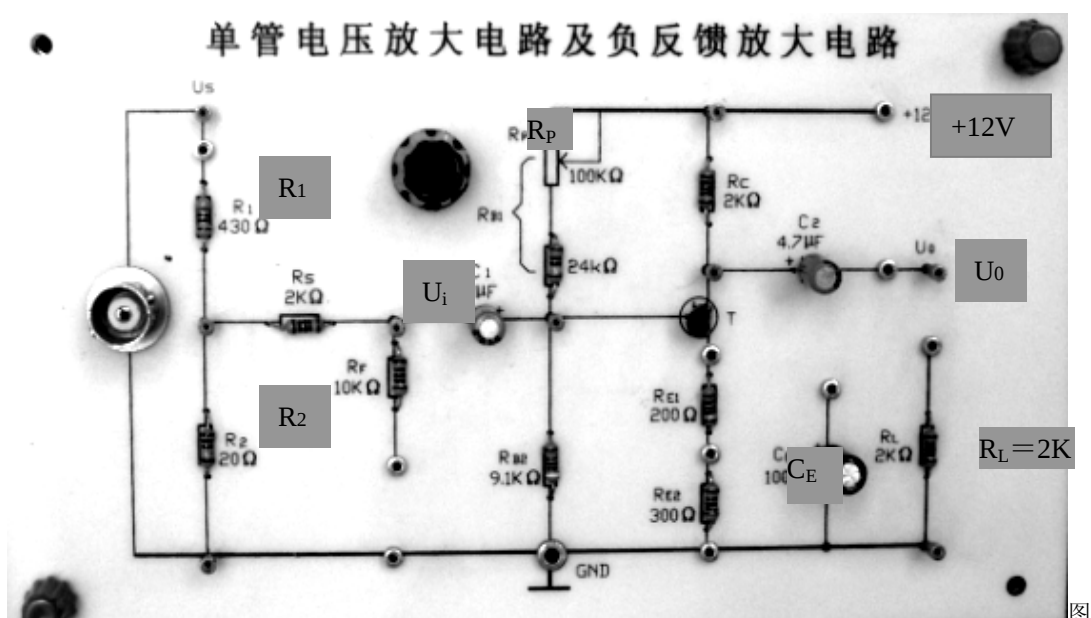
一、实验目的

1. 进一步理解共射单管分压式偏置放大电路的工作原理；
2. 测试放大电路的放大倍数，观察负载电阻对输出电压的影响；
3. 研究引起放大器失真的各种原因。
4. 熟悉各种电子仪器的使用。

二、实验说明

1. 本实验采用图 4.1 所示的分压式偏置放大电路（电阻 R_5 、 R_7 本次实验不用），改变 R_7 之值，即可调节静态工作点。电路板上的 R_1 、 R_2 网络使输入电路与信号源匹配并可以有效地削弱由输入端引线引入的干扰信号，使放大器能正常工作。

2. 图中 C_E 为旁路电容、 R_L 为负载电阻。



4.1 单管电压放大电路板

三、预习要求

1. 认真阅读本实验全部内容及相关教材内容，弄清以下问题：

- (1) 熟悉图 4.1 实验电路板的结构，掌握图中各元件的作用。
- (2) 思考实验过程中应如何联接线路（含工作电源、输入信号、旁路电容、负载电阻的联接），并且注意为了防止短路及避免引入干扰信号，接线时应注意将各仪器的接地端及实验电路的接地端连接在一起。
- (3) 测试放大电路的放大倍数时，应注意如何确定放大器静态工作点及输入信号的频率和大小（弄清静态工作点的概念，正确选用测量仪表）。
- (4) 在哪几种情况下放大器的输出波形可能产生失真？应如何解决？
- (5) 在本实验中示波器上观察到波形，哪种波形是截止失真？哪种波形是饱和失

真？各自应如何调节 R_p 才能使之不失真？

(6) .测试静态工作点，需用什么仪器？观察输入、输出波形，需用什么仪器？放大电路输入端要加入频率可调的微弱小信号从什么仪器获得？要测量大于 500Hz 以上的正弦交流信号有效值用什么仪器？

(7) .如何用示波器观察放大器中交直流共存现象？

(8) .调节 R_p 电阻，观察到输出电压波形失真后，要测试这时的静态工作点，是否应去掉输入端信号电压？

2. 设计要求：

- (1) 画出仪器联接图（注意公共端问题）。
- (2) 根据实验目的拟定出实验步骤
- (3) 设计出实验记录的表格。
- (4) 拟定出实验中各个环节应注意的问题。

四、实验内容及步骤：（自己拟定）

五、实验报告要求

- 1.整理实验数据，计算放大器不失真时的静态工作点及电压放大倍数。
- 2.说明负载电阻对电压放大倍数 A_u 的影响。影响 A_u 的因素还有哪些？
- 3.说明非线性失真与静态工作点之间的关系及静态工作点的调整方法。
4. 分析、归纳、总结各种仪器设备的特点和使用中的注意点。

实验五 集成运算放大器的线性应用

一、实验目的

1. 熟悉集成运算放大器的性能和使用方法；
2. 通过实验测试验证集成运算放大器的线性应用电路的基本理论。
3. 加深理解负反馈对运算放大器性能的影响。

二、实验说明

运放应用电路板元件分别见图 5.2，本实验所用集成运放为 $\times\times 741$ 型(741 是产品的代号， $\times\times$ 是不同厂家的代号)，这是一种通用型运放，引脚功能图见附图 2.6。

元件参数如下：

电阻：10K Ω 4 个，100 K Ω 2 个，9.1 K Ω ，4.7 K Ω ，510 K Ω ，2 K Ω 各一个。

电容：0.1 μF 2 个，0.01 μF 1 个，22 μF 1 个。

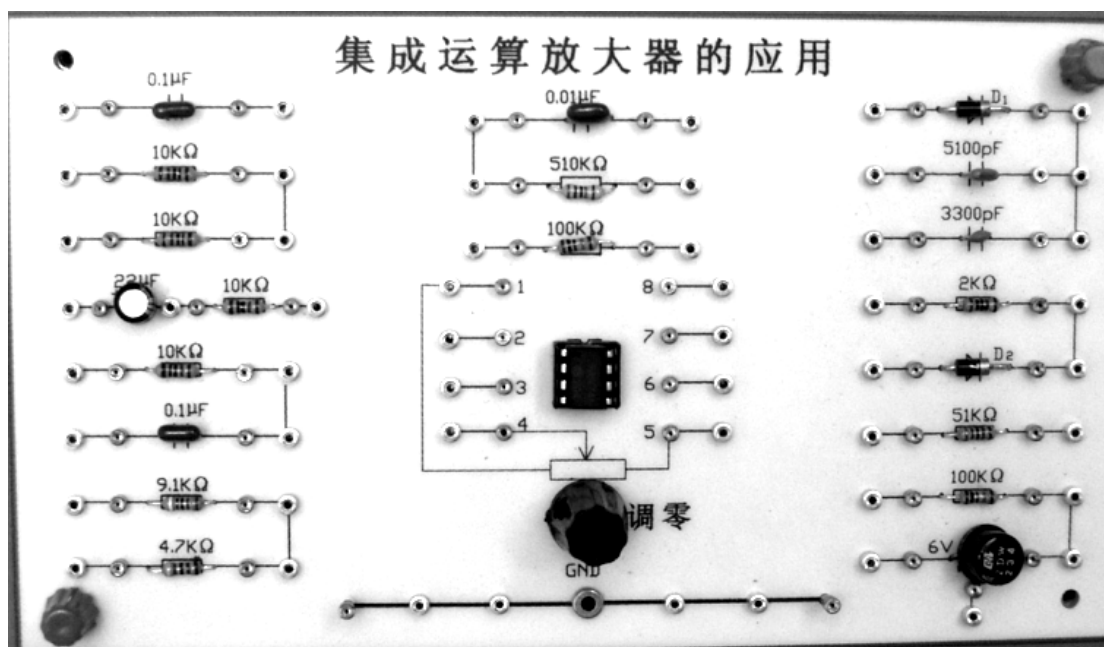


图 5.1 运放应用实验电路板

三、注意事项

1. 正、负电源不能接错，正、负电源的公共端即是电路的接地端。
2. 运放工作时应首先调零，以减少漂移产生的误差。
3. 除高压型等特殊品种外，集成运放的电源电压都不应超过 $\pm 15\text{V}$ ，并且正负电源不能接反，否则会造成器件损坏。
4. 输出端不可对地短路，因为这将使运放的负载电流猛增，极可能在短时间内烧坏器件。
5. 为了防止因电源电压不正确、输入输出端过载而损坏集成运放，必要时可加保护电路。

6.在电源接通时，绝不能插拔集成块。因为产生的瞬间冲击电压和电流会造成器件的永久损坏。

7.在未接通电源时，不能加测试信号。

[注意：6、7 两条对一切集成电路都适用。]

四、实验内容及要求

熟悉实验板的结构及元件排列情况，将直流电源的两路输出 $\pm 12V$ 与运放的正、负电源端接好。在改接各运算电路时， $\pm 12V$ 电源线不用拆掉。

1.反相比例运算电路

(1) 接好线路，调零（将输入端接“地”，调节调零电位器，使 $u_o=0$ ）。

(2) 输入适当的直流电压 u_i ，测出相应的 u_o 之值并与理论值比较。

2.反相加法运算电路

(1) 接好线路，将两信号输入端接地，调零。

(2) 输入适当的直流电压 u_i ，测出相应的 u_o 并与理论值比较。

*3.同相比例运算电路

(1) 接好线路，将输入端接地，调零。

(2) 输入适当的直流电压 u_i ，测出相应的 u_o 并与理论值比较。

*4.减法运算电路

(1) 接好线路，将两信号输入端接地，调零。

(2) 输入适当的直流电压 u_i ，测出相应的 u_o 并与理论值比较。

5.反相积分电路

(1) 接好线路，输入频率为 $10kHz$ 、幅值 $0.5\sim 5V$ 的方波信号。

(2) 用双踪示波器观察 u_i 与 u_o 波形，并用坐标纸将其描下。

*6.微分电路

(1) 接好线路。

(2) 输入 $1kHz$ 、 $0.5V\sim 5V$ 方波信号，用示波器观察 u_i 及 u_o 的波形并将其画在坐

标纸上，标明 u_i 、 u_o 的幅值（用示波器测量）。

（注：打*的为选做内容）

五、预习及思考

1. 预习有关集成运算放大器方面的理论知识；
2. 各种线性运算电路具有什么特点？为什么线性运算电路都要引入深度负反馈？
3. 什么叫虚地？虚地点对地的电位是多少？

4.对于反相比值运算电路,若减小反馈支路上的电阻 R_f , 反馈是加深了还是减弱了?

六、实验报告要求

- 1.用实测的 u_+ 、 u_- 值说明“虚地”现象 (u_+ 、 u_- 为运放 3 脚、2 脚对地直流电压)。
- 2.积分电路与微分电路则要求画出其输入、输出信号波形。
- 3.分析输入方波时,若改变频率,积分电路输出波形的变化情况。

实验六 单相整流、滤波、稳压电路

一、实验目的

1. 学习使用数字万用表判别晶体二极管的方法；
2. 了解桥式整流电路的工作原理及滤波电容的作用；
3. 学习三端集成稳压器的使用方法；
4. 学习稳压电源主要技术指标的测试方法。

二、注意事项

1. 本实验中使用的晶体管毫伏表是一种平均值检波的交流电压表，其刻度以正弦波有效值校准，在测试电容滤波电路输出电压的交流分量时，因其波形不是正弦波，故测量值有一定误差。
2. 变压器副边电压取 16V。变压器副边电压只能接在整流桥的输入端，即实验板上四个二极管中间的两个孔。
3. 不能用双踪示波器同时观察变压器副边电压 U_2 及整流输出电压 U_o ，否则示波器两个探头的黑夹子将使某个整流二极管短路。
4. 集成三端稳压器“1”端电压应高于“3”端电压 2~3V 才能正常工作，故接线时不能将“1”、“3”端短接，否则将使三端稳压器发热损坏。
5. 本实验中，示波器输入端应采用“直流耦合”方式，才能完整正确地观察被测试信号。当需仔细观察锯齿波波形时，应暂时采用交流耦合方式并将波形放大。

三、实验内容及要求

电路板元件排列如图 6.1 所示。

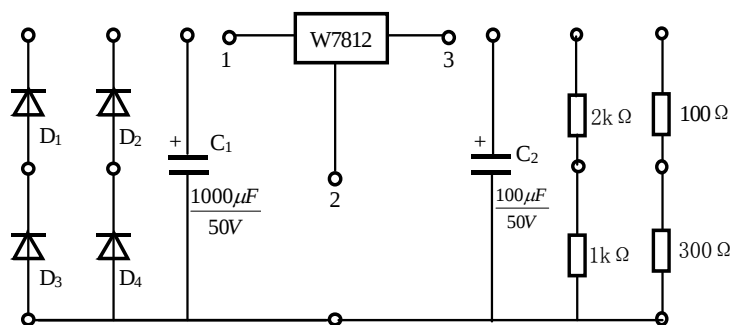


图 6.1 单相整流、滤波、稳压电路实验板

1. 用数字万用表测试二极管

将数字万用表转换开关置于“ ”挡，黑表笔插入“COM”插孔，红表笔插入“V、Ω”插孔，闭合万用表电源开关，用两表笔接触二极管两极，测试一次，读出液晶显示屏上的数字；然后两表笔交换，再测试一次，也读出液晶显示屏上的数字。对硅管而言，若一次读数为“1”（表示二极管反向电流为零），另一次读数为 500~800mV（表示二极管正向电压降数值），则表示

被测晶体管完好，后一次测量时，红表笔所接的一端为二极管的正极。黑表笔所接的一端为二极管的负极。若两次测试均显示“1”，则二极管断路，若两次测试均显示“0”或一很小数字，则表示二极管短路。

2. 整流电路测试

接好电路（注意交流 16V 电源所接的位置，若接在整流桥的输出端，将烧坏二极管）。

观察变压器输出电压 u_2 和桥式整流输出电压 u_o 的波形。

测量变压器副边输出交流电压有效值 $\tilde{U}_2$ (V) 和桥式整流输出电压的交流分量 $\tilde{U}_o$ (mV)。测量桥式整流输出电压的直流分量 U_o 。

3. 滤波电路测试

接好线路。测试项目同第 2 步。

4. 集成三端稳压器的测试

接好电路，负载电阻可在 $100\Omega \sim \infty$ 之间选择，测出相应的 U_o 。

四、实验报告要求

1. 根据实验中测得的数据和波形，总结电容滤波器的作用。
2. 由测试数据分析三端稳压器的作用和性能。

实验七 计数译码显示电路

一、实验目的

1. 熟悉集成计数器、译码器和显示器的功能；
2. 了解集成计数器、译码器和显示器的应用。

二、实验说明

复位法是将第 M 个时钟脉冲作用下产生的“1”电平输出 Q 端去控制置 0 输入端 $R_{0(1)}$ 、 $R_{0(2)}$ ，使计数器复位为 0000 状态而构成 M 进制计数的方法。将 Q_A 接到 CP_B ，计数脉冲由 CP_A 输入，则输出为 8421 码，将 Q_D 接到 CP_A ，计数脉冲由 CP_B 输入，则输出为 5421 码。

三、实验内容及要求

1. 用 74LS90（引脚功能图见附图 2.3）完成 8421 码十进制加计数器的功能（复位法），并设置控制端电平，输出端电平用电平指示器显示。

（1）时钟脉冲（CP）频率 1~10Hz，观察随着 CP 脉冲数目的增加，输出 $Q_DQ_CQ_BQ_A$ 状态的变化。

（2）时钟脉冲频率改为 10kHz，用示波器分别观察 Q_D 、 Q_C 、 Q_B 、 Q_A 与 CP 之间的对应波形，记录波形图。

2. 将计数器输出端接译码器（引脚功能图见附图 2.4）输入端，构成计数、译码显示电路。

时钟脉冲频率 1~10Hz，观察随着 CP 脉冲数目的增加，数码显示器状态的变化。

3. 用 74LS90（复位法）完成 8421 码六进制加计数器的功能，并设置控制端电平，输出端电平用电平指示器显示。

时钟脉冲频率 1~10Hz，观察随着 CP 脉冲数目的增加，输出 $Q_DQ_CQ_BQ_A$ 状态的变化。

四、实验报告要求

1. 总结复位法和设计 M 进制计数器的规律；
2. 画出与输入 DCBA 的变化相对应的数码管各字段发光图形。

实验八 四人抢答电路

一、实验目的

1. 熟悉数字系统的分析和设计方法；
2. 掌握抢答电路的组装和调试方法；
3. 提高检查故障和排除故障的能力。

二、任务要求

1. 设计安装调试一个四人参加智力竞赛的抢答电路。由四部分组成：抢答控制、编码、译码显示、音响电路，如图 8.1 所示。

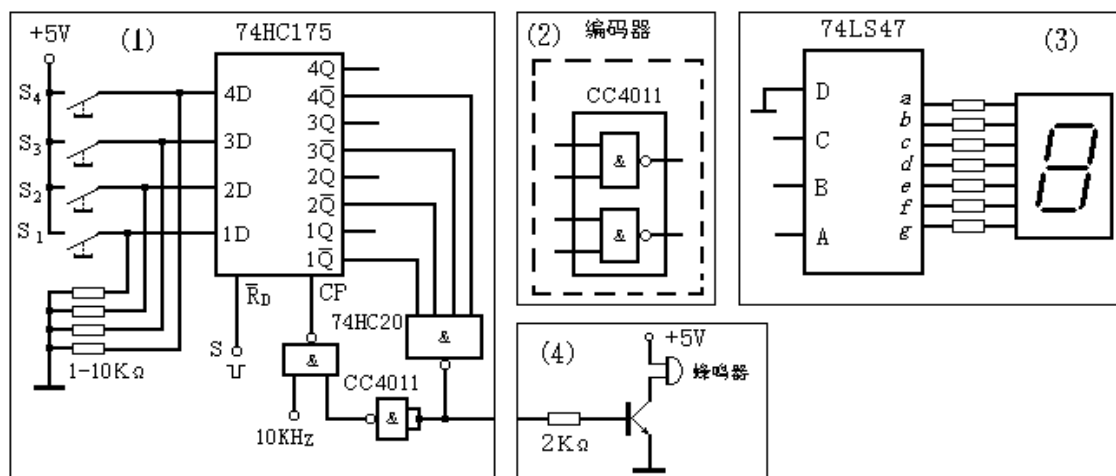


图 8.1

2. 抢答前按钮 $S_1 \sim S_4$ （可用电平开关代替）均未按下， $1D \sim 4D$ 均为“0”，数码显示为零，蜂鸣器不响。抢答开始， $S_1 \sim S_4$ 中任一按钮按下，则数码管显示相应的数字，蜂鸣器发出响声。抢答判决完毕，主持人按 S 清零，准备下次抢答。

3. 根据任务要求和所提供器件的功能，分析图 8.1 所示抢答电路的工作原理，要求按逻辑功能列出编码器编码表，写出逻辑函数式并变换为与非表达式，画出逻辑图，完成虚线框内编码器的设计。

4. 将电路各集成管脚编号标出，以便连线。

三、实验内容及步骤

1. 按设计好的抢答电路接线，电路安装完毕，即可进行调试。

2. 一般调试步骤如下：

(1) 通电前检查：首先仔细检查电路各部分接线是否正确，检查电源、地线、信号线、元器件引脚之间有无短路，器件有无接错。

(2) 通电检查：经老师许可后，接入电路所要求的电源电压，通电调试。观察电路中各部分器件有无异常现象，如果出现异常现象，应立即关断电源，待排除故障后方可重新通电。

- (3) 单元电路调试：调试顺序按信号的流向进行，这样可以把前面调试过的输出信号作为

后一级的输入信号，为最后的整机联调创造条件。通过调试掌握必要的的数据、波形、现象，然后对电路进行分析、判断，排除故障，完成调试要求。

(4) 整机联调：整机联调时主要观察动态结果，检查电路的性能和参数，分析测量的数据和波形是否符合设计要求，对发现的故障和问题及时采取处理措施。

提示：调试要点及顺序（也可逆向）。

(1) 抢答控制电路

1. S 全置“0”时，Q 端全为“0”。
2. 任意个 S 置“1”时，只有一个 Q 为“1”。
3. 能够清零。

(2) 编码电路

- 任一 S 置“1”，输出端对应输出二进制数码。

(3) 译码显示电路

- 任一 S 置“1”，数码管显示对应数字。

(4) 音响电路

1. 将其接入电路。
2. 清零后基极电位为“0”，蜂鸣器不响。
3. 有人抢答，基极电位为“1”，蜂鸣器响。

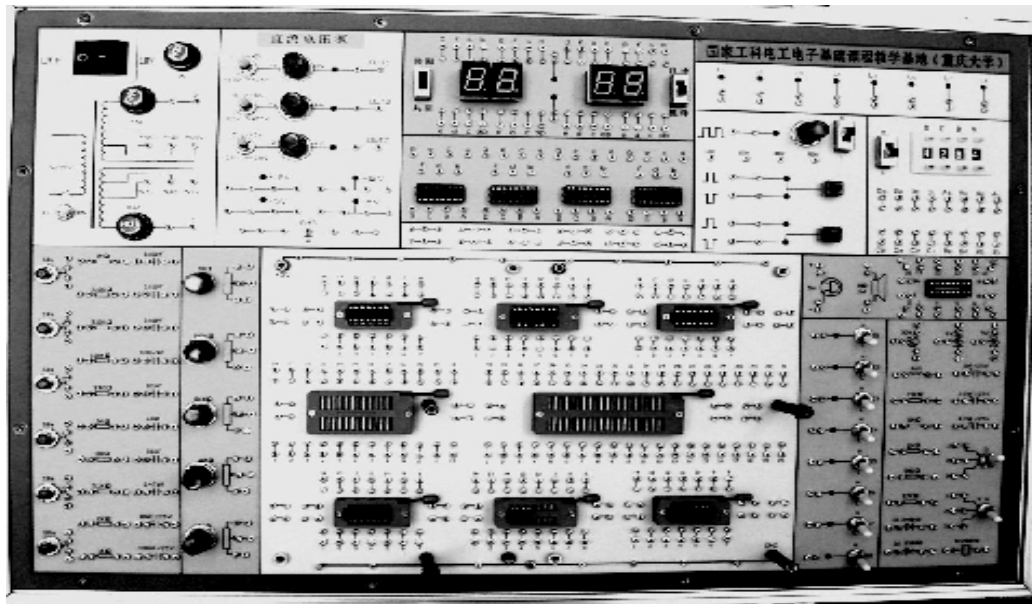
注意：为避免因电路失控，蜂鸣器长鸣扰人，无论采取哪种调试顺序，都把音响电路的调试放到最后，即其它电路调试完成后，再将其接入进行调试。

四、报告要求：

1. 写出编码器设计过程（编码表、逻辑式、逻辑图）。
2. 画出完整的电路原理图。
3. 写出电路的工作原理。
4. 分析故障原因。

附录一 实验箱使用说明书

本实验箱（面板见附图 1.1）采用模块化箱式结构，即：交、直流电源、直流电压源、脉冲信号、电平开关、译码显示、电平指示、集成插座以及备用分立元器件等；部分模拟电路实验板置于实验箱面板上，用四根支撑柱及螺栓拧紧固定，可灵活方便地按照实验内容进行更换，完成规定的和自选实验内容。



附图 1.1 实验箱面板图

1. 交流电源部分（见附图 1.2）

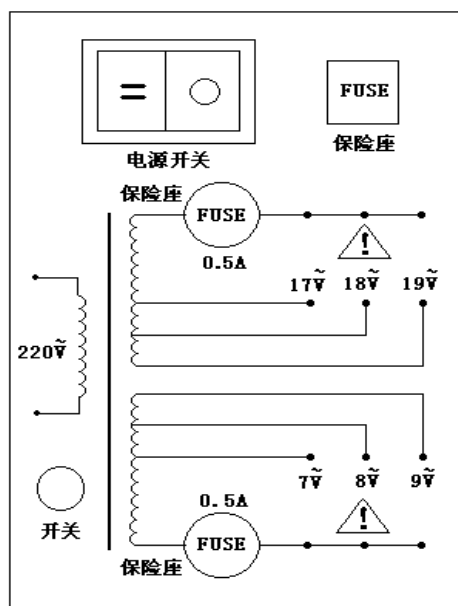
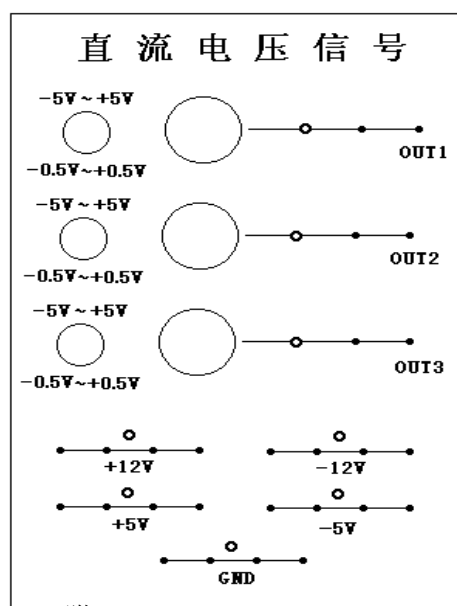


图 1.2



附图 1.3

2. 直流电压源、直流电源部分（见附图 1.3）

直流电压源为实验提供了三组直流可调电压信号，输出电压可以由开关选择 $\pm 0.5V$ 或 $\pm 5V$ ，开关右侧旋钮可在此区间进行调节。

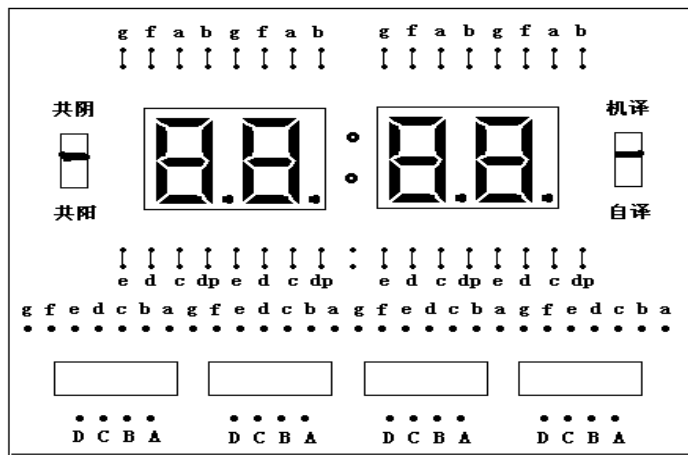
直流电源有两组固定的直流电压输出，即 $\pm 5V$ 、 $\pm 12V$ ，若输出有过流、过压情况，蜂鸣器将会自动发出报警声，解除过流、过压后，报警声将自动停止，输出恢复正常工作。

3. 译码显示（见附图 1.4）

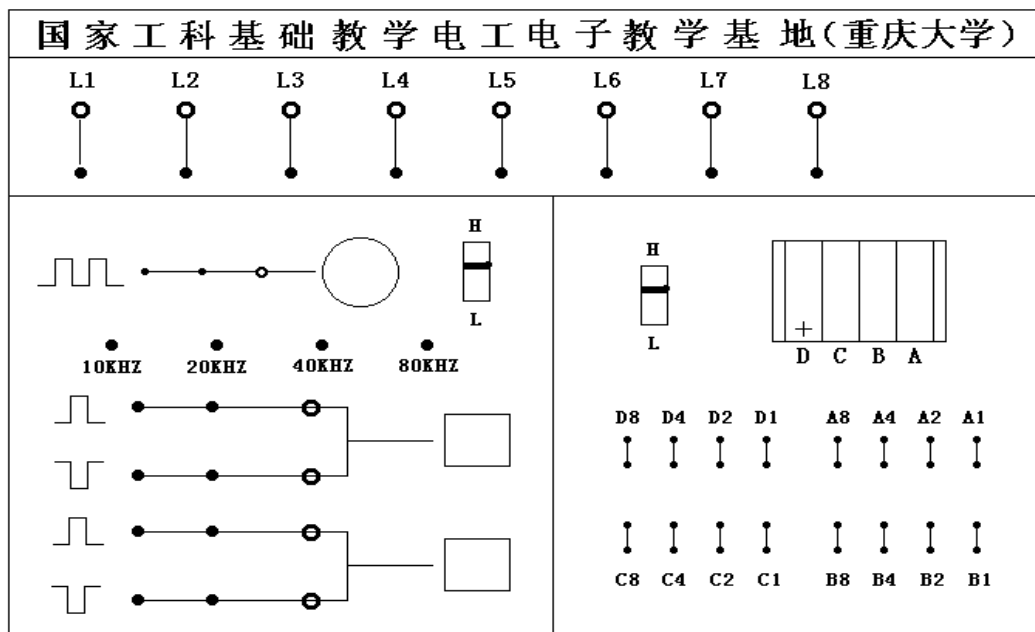
译码显示部分主要是由译码器和数码显示器两个部分组成；共阴/共阳开关的位置根据显示器的类型来确定。机译/自译开关确定译码器与数码显示器的通、断。

4. 电平指示（见附图 1.5）

电平指示部分是用发光二极管（ $L_1 \sim L_8$ ）来指示电平的高、低。若发光二极管亮，则表示电平为高，反之为低。



附图 1.4



附图 1.5

5. 脉冲信号（见附图 1.5）

单次脉冲

连续脉冲分为可调连续脉冲和固定频率连续脉冲两种，可调连续脉冲的频率为 $0.1Hz \sim 10KHz$ 分为 L、H 两挡，通过多圈电位器进行调节；固定频率连续脉冲的频率为 $10KHz$ 、 $20KHz$ 、

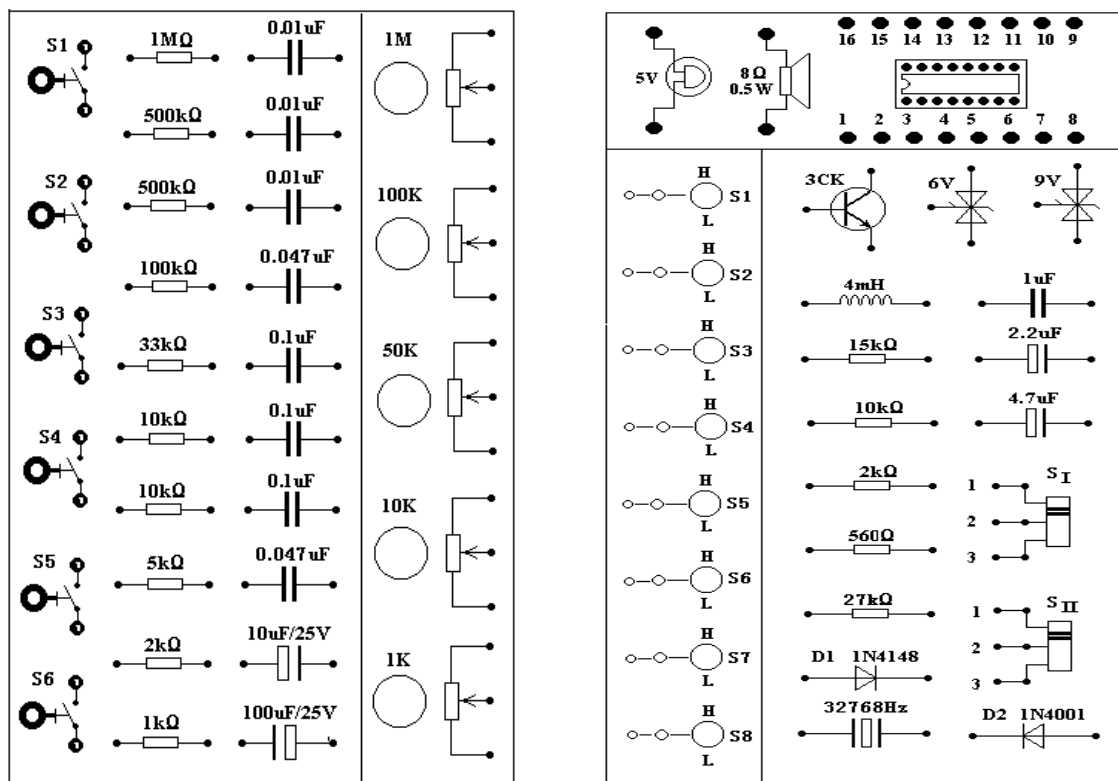
40KHz、80KHz。均为 TTL 电平输出。

6. 拨码开关（见附图 1.5）

拨码开关用于编码、计数等数字电路中，输出 8421 码。

7. 电平输出（见附图 1.6）

电平输出由组子开关 S1~S8 来控制，用 $\Phi 3$ 发光二极管显示其电平的高低，即发光二极管亮时输出为高电平，熄灭时输出为低电平。



附图 1.6

8. 分离元器件部分（见附图 1.6）

由电位器、电阻、电容、二极管、三极管、按钮、开关等组成。

附录二 集成电路功能介绍

一、集成电路使用说明

1. 目前数字集成电路主要有 **TTL**、**ECL** 及 **CMOS**（包括高速 **CMOS**）三类产品。**ECL** 速度快，但功耗较大；**CMOS** 功耗低，但速度较慢；**TTL** 的速度与功耗介于两者之间。它们各有优缺点，在构成具体数字电路时，可以通过接口电路相互补充，发挥各自所长，获得最佳效果。

2. COMS 器件的使用规则

(1) 电源：C4000 系列： $V_{DD}=3\sim 18V$

74HC××系列： $V_{DD}=2\sim 6V$

(2) 未使用输入端的处理：**COMS** 集成电路中未使用的输入端不能悬空，应根据要求接电源或地，工作速度不高时，可与使用端并联。

(3) 输出端的处理：输出端不允许直接与电源正、负极相连，也不能接入输入信号。

3. TTL 器件的使用规则

(1) 电源： $V_{CC}=+5V\pm 10\%$

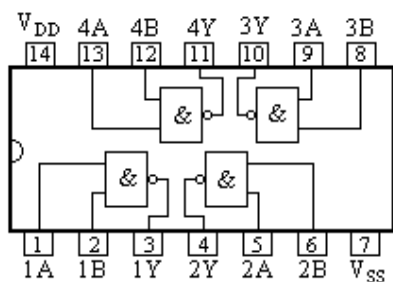
(2) 多余输入端的处理：对于输入端接有长线、触发器和中、大规模集成器件以及使用集成块较多的复杂电路，多余输入端必须按逻辑要求接电源或地，不得悬空处理，否则易受干扰。

(3) 输出端的处理：输出端不允许直接与电源正、负极相连，也不能接入输入信号。

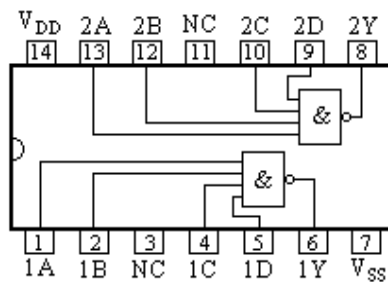
二、集成电路引脚功能图

1. 四-2 输入与非门 CC4011 如附图 2.1 所示：

2. 二-四输入与非门 74HC20 如附图 2.2 所示：

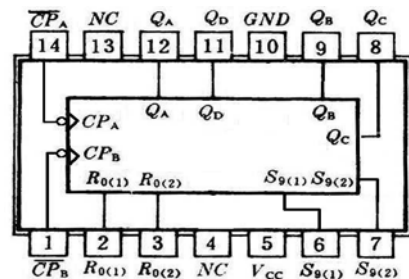


附图2.1 CC4011 引脚功能图

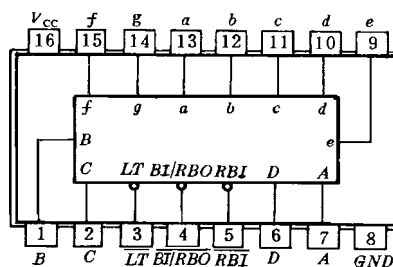


附图2.2 74HC20 引脚功能图

3. 二-五进制计数器 74LS90 如附图 2.3 所示：



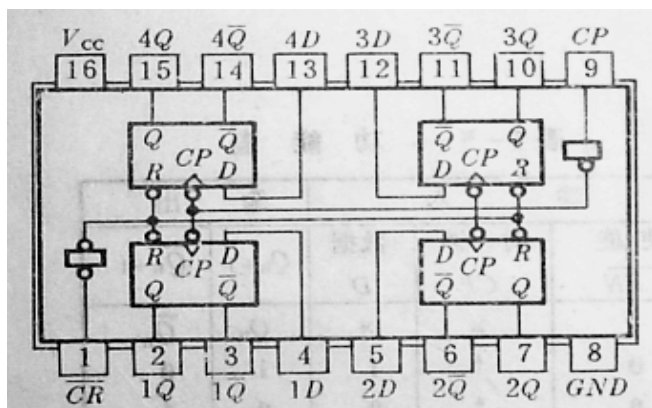
附图 2.3 74LS90 引脚图



附图 2.4 74LS47/48 引脚图

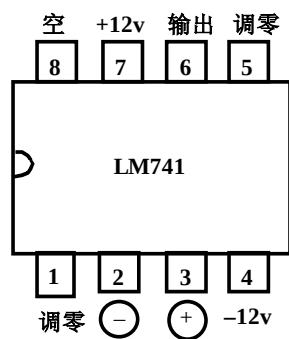
4. BCD-七段译码器 74LS47/48 如附图 2.4 所示：

5. 四 D 触发器 74HC175 如附图 2.5 所示：



附图 2.5 74HC175 引脚图

6. 集成运放器 LM741 如附图 2.6 所示：



附图 2.6 LM741 引脚排列