

《电工电子技术》

实验指导书

刘万强 张丹 主编

电工电子实验中心

2020.10

实验前必读

为保证实验教学的质量与水平，维护实验室仪器设备的完好，保证同学人身安全，希望同学认真阅读下列内容：

- 一、凡进入实验室进行实验的学生必须严格遵守实验室的各项规章制度；
- 二、每次实验前，必须认真阅读实验指导书和实验教材，听从指导教师的指导，在了解仪器设备的性能之后，严格按照规程进行操作；
- 三、严格遵守实验室纪律，爱护仪器设备和实验设施；
- 四、珍惜实验时间，重视实验技能训练；
- 五、实验结束后，做好仪器设备和实验器材的整理，经教师验收仪器设备和实验数据后方可离开实验室；
- 六、提倡严谨科学的实验作风，如实做好实验记录，认真完成实验报告，注意培养分析问题和解决问题的能力；
- 七、注意人身安全，爱护仪器设备，因不按规定程序操作而造成人身伤害或造成仪器设备损坏者按规定做出严肃处理或赔偿经济损失；
- 八、实验过程中应保持安静，遵守秩序，维护实验室的清洁整齐。

目 录

实验一	受控源 VCCS、CCVS 的研究	3
实验二	戴维南定理与诺顿定理	7
实验三	三相交流电路测量	10
实验四	三相异步电动机正反转控制	14
实验五	常用电子仪器的使用	17
实验六	单级放大电路	21
实验七	门电路逻辑功能及测试	25
附 录	常用半导体集成电路引脚图	29

实验一 受控源 VCCS、CCVS 的研究

一、实验目的

通过测试受控源的外特性及其转移参数，进一步理解受控源的物理概念，加深对受控源的认识和理解。

二、原理说明

1. 电源有独立电源（如电池、发电机等）与非独立电源（或称为受控源）之分。

受控源与独立电源的不同点是：独立电压源的电势 E_s 或独立电流源的电流 I_s 是某一固定的数值或是时间的某一函数，它不随电路其余部分的状态而变。而受控源的电势或电流则是随电路中另一支路的电压或电流而改变的一种电源。

受控源又与无源元件不同，无源元件两端的电压和它自身的电流有一定的函数关系，而受控源的输出电压或电流则和另一支路（或元件）的电流或电压有某种函数关系。

2. 独立源与无源元件是二端器件，受控源则是四端器件，或称为双口元件。

受控源有一对输入端（ U_1 、 I_1 ）和一对输出端（ U_2 、 I_2 ）。输入端可以控制输出端电压或电流的大小。施加于输入端的控制量可以是电压或电流，因而有两种受控电压源（即电压控制电压源 VCVS 和电流控制电压源 CCVS）和两种受控电流源（即电压控制电流源 VCCS 和电流控制电流源 CCCS）。它们的示意图如图 1 所示。

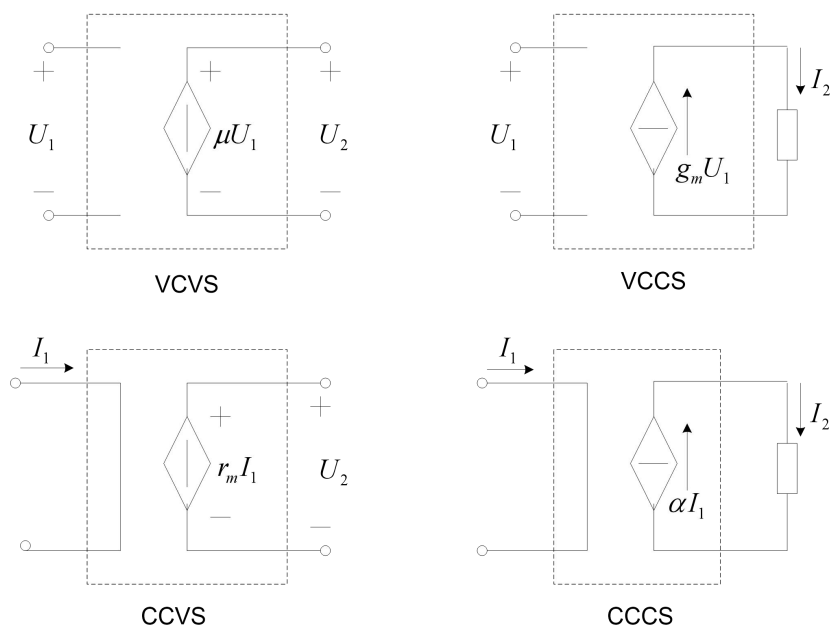


图 1 四种受控源

3. 当受控源的输出电压（或电流）与控制支路的电压（或电流）成正比变化时，则称该

受控源是线性的。

理想受控源的控制支路中只有一个独立变量(电压或电流),另一个独立变量等于零,即从输入端口看,理想受控源或者是短路(即输入电阻 $R_1 = 0$, 因而 $U_1 = 0$)或者是开路(即输入电导 $G_1 = 0$, 因而输入电流 $I_1 = 0$);从输出端口看,理想受控源或是一个理想电压源或者是一个理想电流源。

4. 受控源的控制端与受控端的关系式称为转移函数。

四种受控源的转移函数参量的定义如下:

(1) 压控电压源(VCVS): $U_2 = f(U_1)$; $\mu = U_2 / U_1$ 称为转移电压比(或电压增益)。(2)

压控电流源(VCCS): $I_2 = f(U_1)$; $g_m = I_2 / U_1$ 称为转移电导。

(3) 流控电压源(CCVS): $U_2 = f(I_1)$; $r_m = U_2 / I_1$ 称为转移电阻。

(4) 流控电流源(CCCS): $I_2 = f(I_1)$; $\alpha = I_2 / I_1$ 称为转移电流比(或电流增益)。

三、实验设备

序号	名称	型号与规格	数量	备注
1	可调直流稳压源	0~30 V	1	
2	可调直流恒流源	0~500 mA	1	
3	直流数字电压表	0~750 V	1	
4	直流数字毫安表	0~3 A	1	
5	固定电阻		若干	
6	受控源实验电路板	VCCS、CCVS	1	

四、实验内容

1. 测量受控源 VCCS 的转移特性 $I_2 = f(U_1)$ 及负载特性 $I_2 = f(U_2)$, 实验线路如图 2。

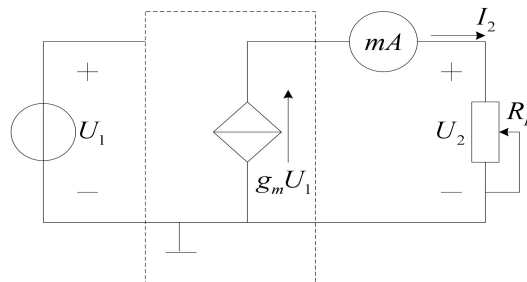


图 2 VCCS 实验线路图

(1) 固定 $R_L = 2\text{ k}\Omega$ 不变, 调节电压源的电压 U_1 , 测量对应的输出电流 I_2 , 填入表 1, 绘制 $I_2 = f(U_1)$ 曲线, 并由其线性部分求出转移电导 g_m 。

表 1 VCCS 的转移特性测量

U_1 (V)	0	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5
I_2 (mA)										

(2) 保持 $U_1 = 5\text{ V}$ 不变, 令 R_L 从小到大变化, 测出相应的 U_2 及 I_2 , 填入表 2, 绘制 $I_2 = f(U_2)$ 曲线。

表 2 VCCS 的负载特性测量

R_L (Ω)	100	200	300	510	680	1000	2000	3000
U_2 (V)								
I_2 (mA)								

2. 测量受控源 CCVS 的转移特性 $U_2 = f(I_1)$ 与负载特性 $U_2 = f(I_2)$, 实验线路如图 3。

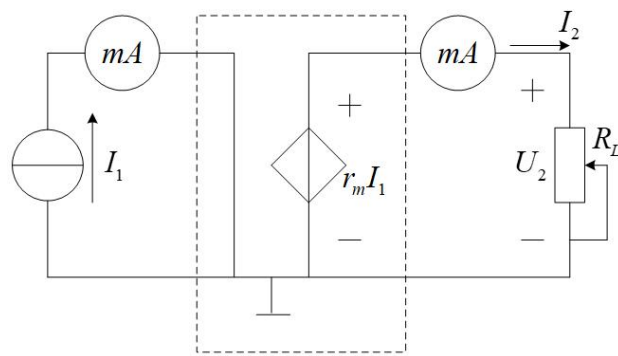


图 3 CCVS 实验线路图

(1) 固定 $R_L = 2\text{ k}\Omega$, 调节恒流源的输出电流 I_1 , 按下表所列 I_1 值, 测出 U_2 , 填入表 3, 绘制 $U_2 = f(I_1)$ 曲线, 并由其线性部分求出转移电阻 r_m 。

表 3 CCVS 的转移特性测量

I_1 (mA)	0	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4
U_2 (V)								

(2) 保持 $I_1 = 0.4 \text{ mA}$ 不变, 令 R_L 从小到大变化, 测出相应的 U_2 及 I_2 , 填入表 4, 绘制 $U_2 = f(I_2)$ 曲线。

表 4 CCVS 的负载特性测量

R_L (k Ω)	1	2	3	5.1	10	20	30
U_2 (V)							
I_2 (mA)							

五、实验注意事项

1. 每次组装线路, 必须事先断开供电电源, 但不必关闭电源总开关。
2. 用恒流源供电的实验中, 不要使恒流源的负载开路。

六、实验报告

1. 根据实验数据, 在方格纸上分别绘出受控源的转移特性和负载特性曲线, 并求出相应的转移参量。
2. 对实验的结果作出合理的分析和结论, 总结对受控源的认识和理解。
3. 心得体会及其它。

七、演示视频

见附录

实验二 戴维南定理与诺顿定理

一、实验目的

- (1) 用实验来验证戴维南定理和诺顿定理；
- (2) 学习常用直流仪器仪表的使用方法。

二、内容说明

(1) 任何一个线性网络，如果只研究其中一个支路的电压和电流，则可将电路的其余部分看作一个含源一端口网络，而任何一个线性含源一端口网络对外部电路的作用，可用一个等效电压源来代替。该电压源的电动势等于这个含源一端口网络的开路电压 U_{oc} ；其等效内阻等于这个含源一端口网络中各电源均为零时（电压源短路、电流源开路），无源一端口网络的入端电阻 R_o 。这个结论就是戴维南定理。

(2) 如果任何一个线性网络用等效电流源来代替，其等效电流等于这个含源一端口网络的短路电流 I_{sc} ；其等效内阻等于这个含源一端口网络各电源均为零时（电压源短路、电流源开路）无源一端口网络的入端电阻 R_o 。这个结论就是诺顿定理。

本实验用图 1 所示线性网络来验证以上两个定理。

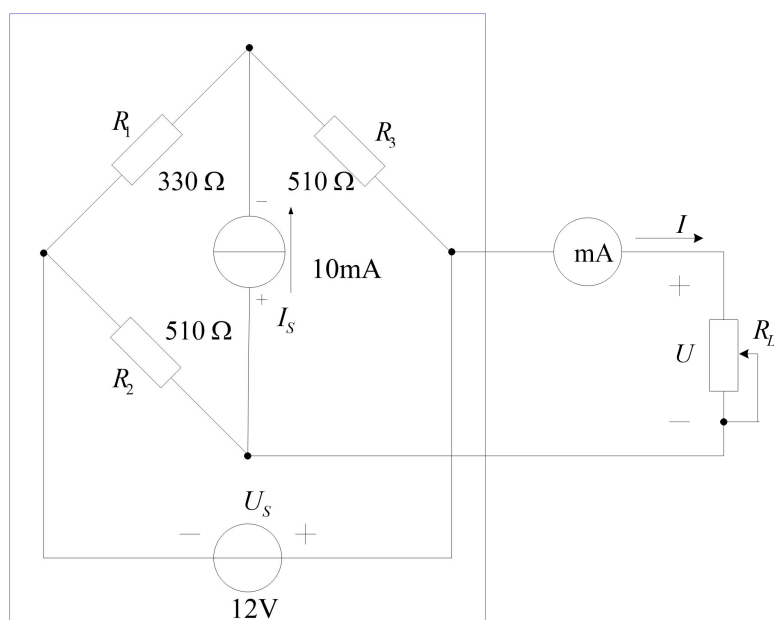


图 1 原实验电路图

三、实验任务

- (1) 测量原实验电路负载的伏安特性

按图 1 接线，改变负载电阻 R_L ，分别测量其两端电压 U 和电流 I 的数值，记于表 1 中。

其中 $R_L = 0$ 时的电流即为短路电流 I_{SC} ， $R_L = \infty$ 时的电压即为开路电压 U_{OC} 。

表 1 原电路测量数据

$R_L (\Omega)$	0	100	200	330	510	1000	2000	3000	∞
$U (V)$									
$I (mA)$									

(2) 计算无源一端口网络的入端电阻 R_O

利用伏安法计算无源一端口网络的入端电阻 R_O ，即戴维南和诺顿定理等效电源的内阻。

将步骤 (1) 中测量的开路电压 U_{OC} 与短路电流 I_{SC} 之比，即得等效电阻 $R_O = U_{OC} / I_{SC}$ 。

(3) 验证戴维南定理

将直流电压源输出电压调整为 U_{OC} ，串联电阻为 R_O ，按图 2 连接电路。改变负载电阻

R_L ，分别测量其两端电压 U 和电流 I 的数值，记于表 2 中。

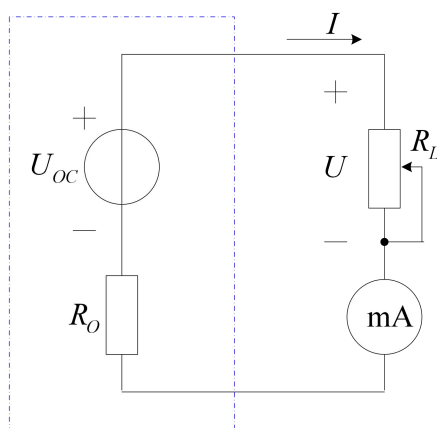


图 2 戴维南等效电路图

表 2 戴维南等效电路测量数据

$R_L (\Omega)$	0	100	200	330	510	1000	2000	3000	∞
$U (V)$									
$I (mA)$									

(4) 验证诺顿定理

将直流电流源输出电流调整为 I_{SC} ，并联电阻为 R_O ，按图 3 连接电路。改变负载电阻 R_L ，分别测量其两端电压 U 和电流 I 的数值，记于表 3 中。

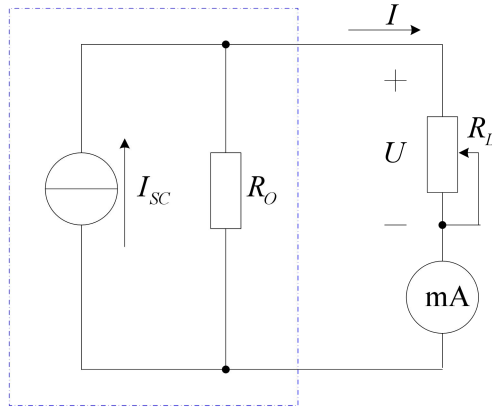


图 3 诺顿等效电路图

表 3 诺顿等效电路测量数据

R_L (Ω)	0	100	200	330	510	1000	2000	3000	∞
U (V)									
I (mA)									

四、实验报告

(1) 根据以上三种电路测得的 U 和 I 数据，分别绘出其伏安曲线，验证它们的等效性，并分析误差产生的原因。

(2) 讨论计算有源二端网络的等效内阻 R_O 的其他方法，并进行比较。

(3) 归纳实验结果，写出心得体会。

五、演示视频

见附录

实验三 三相交流电路测量

一、实验目的

(1) 学会三相负载星形和三角形的连接方法，掌握这两种接法的线电压和相电压、线电流和相电流的测量方法。

(2) 观察分析三相四线制中，当负载不对称时中线的作用。

二、原理说明

三相负载可以接成星形（又称“Y”接），也可以接成三角形（又称“ Δ ”接）。

(1) 当三相对称负载作Y形联接时，线电压 U_L 是相电压 U_P 的 $\sqrt{3}$ 倍，线电流 I_L 等于相电流 I_P ，即：

$$U_L = \sqrt{3}U_P, \quad I_L = I_P$$

在这种情况下，流过中线的电流 $I_N = 0$ ，所以可以省去中线。

(2) 当对称三相负载作 Δ 形联接时，线电压 U_L 等于相电压 U_P ，线电流 I_L 是相电流 I_P 的 $\sqrt{3}$ 倍，即：

$$U_L = U_P, \quad I_L = \sqrt{3}I_P$$

(3) 当不对称三相负载作Y联接时，必须采用三相四线制接法，即 Y_0 接法。而且中线必须牢固联接，以保证三相不对称负载的每相电压维持对称不变。倘若中线断开，会导致三相负载电压的不对称，致使负载轻的那一相相电压过高，使负载遭受损坏；负载重的一相相电压又过低，使负载不能正常工作。尤其是对于三相照明负载，无条件地一律采用 Y_0 接法。

(4) 当不对称负载作 Δ 联接时， $I_L \neq \sqrt{3}I_P$ 。但只要电源的线电压 U_L 对称，加在三相负载上的相电压仍是对称的，对各相负载工作没有影响。

三、实验内容

1. 三相负载三角形联接

由于负载（白炽灯）的额定电压为220伏，实验前请务必将电源线电压调整为220伏！实验线路如图1所示。负载对称时，每相开3灯；负载不对称时，A相开1灯、B相开2灯、

C相开3灯。

三相线路的标识符：老国标为A、B、C；新国标为U、V、W。对应关系：A—U、B—V、C—W。

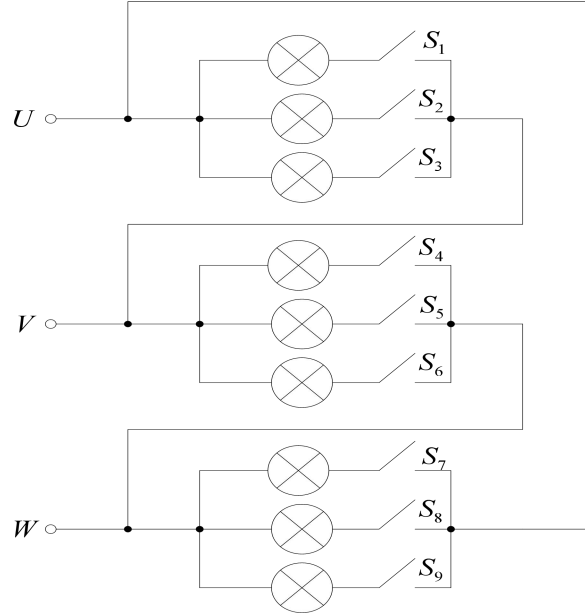


图1 三相负载三角形联接图

(1) 三相对称负载三角形联接

测量线电压（相电压）、相电流、线电流，填入表1。并计算线电流与相电流之比。

(2) 三相不对称负载三角形联接

测量线电压（相电压）、相电流、线电流，填入表1。并计算线电流与相电流之比。

表1 三相负载三角形联接数据测量

测量值	线电压=相电压 (V)			相电流 (A)			线电流 (A)			线电流/相电流		
	U_{AB}	U_{BC}	U_{CA}	I_{AB}	I_{BC}	I_{CA}	I_A	I_B	I_C	$\frac{I_A}{I_{AB}}$	$\frac{I_B}{I_{BC}}$	$\frac{I_C}{I_{CA}}$
负载 对称												
负载 不对称												

2. 三相负载星形联接

由于负载（白炽灯）的额定电压为220伏，实验前请务必将电源线电压调整为380伏！

实验线路如图 2 所示。负载对称时，每相开 3 灯；负载不对称时，A 相开 1 灯、B 相开 2 灯、C 相开 3 灯。

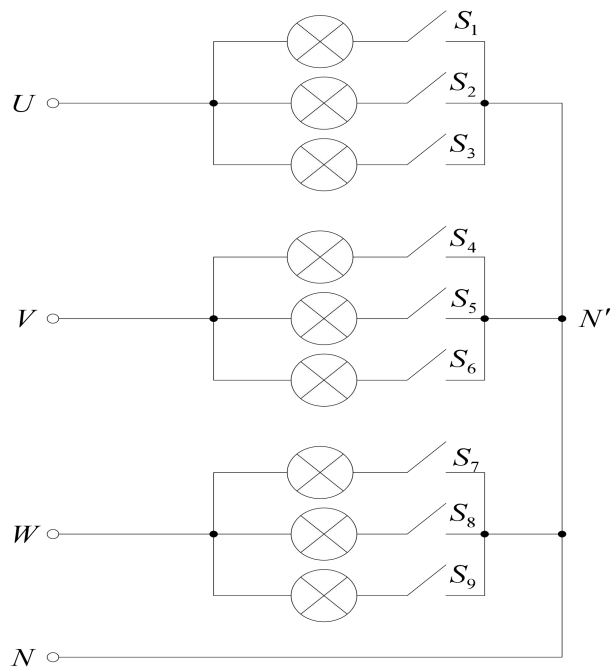


图 2 三相负载星形联接图

(1) 三相对称负载星形联接有中线

按图 2 连线，此线路又称为三相四线制。测量线电压、相电压、线电流（相电流）、中线电流，填入表 2。

表 2 三相负载星形联接数据测量

测量值		线电压 (V)			相电压 (V)			线电流=相电流 (A)			中线 电流 (A)	中点 电压 (V)
		U_{AB}	U_{BC}	U_{CA}	U_A	U_B	U_C	I_A	I_B	I_C	I_N	$U_{NN'}$
负载 对称	有中线											
	无中线											
负载 不对称	有中线											
	无中线											

(2) 三相对称负载星形联接无中线

将图 2 中的中线去除，此线路又称为三相三线制。测量线电压、相电压、线电流（相电流）、中点电压，填入表 2。

观察对称负载有、无中线时，各灯泡的亮暗情况，分析对称负载时中线的作用。

(3) 三相不对称负载星形连接有中线

按图 2 连线（三相四线制），并使 A 相开 1 灯、B 相开 2 灯、C 相开 3 灯。测量线电压、相电压、线电流（相电流）、中线电流，填入表 2。

(4) 三相不对称负载星形连接无中线

将图 2 中的中线去除（三相三线制），并使 A 相开 1 灯、B 相开 2 灯、C 相开 3 灯。测量线电压、相电压、线电流（相电流）、中点电压，填入表 2。

观察不对称负载有、无中线时，各灯泡的亮暗情况，分析不对称负载时中线的作用。

四、注意事项

(1) 本实验采用三相交流市电，线电压为 380V。每次接线完毕，同组同学应自查一遍，然后由指导教师检查后，方可接通电源。必须严格遵守先断电、再接线、后通电；先断电、后拆线的实验操作原则。

(2) 由于电灯泡灯丝是非线性电阻，且各灯泡的电阻略有差异，故在对称负载星形连接有中线时，仍然会有微小的中线电流。

五、实验报告

- (1) 用实验测得的数据，验证对称负载三相电路中的 $\sqrt{3}$ 倍关系。
- (2) 由实验测得的数据，分析星形连接在不对称负载时中线的作用。
- (3) 由实验测得的数据，分析三角形连接在负载对称及不对称时，线电流与相电流之间的关系。
- (4) 心得体会及其他。

六、演示视频

见附录

实验四 三相异步电动机正反转控制

一、实验目的

1. 熟悉按钮、交流接触器和热继电器的构造和各部件的作用。
2. 学习异步电动机正反转启动的继电器、接触器控制电路的接线及操作。

二、实验原理

继电器接触器控制大量应用于对电动机的起动、停转、正反转、调速、制动等控制，从而使生产机械按既定的要求动作；同时也能对电动机和生产机械进行保护。

交流接触器有一个线圈，还有三个主触点和四个辅助触点。主触点接在主电路中，对电动机起接通或断开电源的作用；线圈和辅助触点接在控制电路中，可起接通或断开控制电路某分支的作用；接触器还可起欠压保护作用。

热继电器主要由热元件和辅助触点组成。热元件接在主电路中，辅助触点接在控制电路中。当电动机过载一定时间，主电路中的热元件动作，使接在控制电路中的动断（常闭）辅助触点断开，使交流接触器线圈断电，交流接触器主触点断开，电动机主电路断开，起到过载保护作用。

熔断器 FU 起短路保护作用。当线路中发生短路故障时，短路电流将熔断器的熔丝烧断，切断主电路电源，保护电动机以免烧毁。

图 1 是三相异步电动机正反转的控制电路。先接通电源开关 Q1，为电动机起动作好准备。按下起动按钮 SB1 时，交流接触器线圈 KM1 通电，其主触点闭合，使电动机 M 正向起动。同时 KM1 动合（常开）辅助触点闭合，起自锁作用，以保证松开按钮 SB1 时，交流接触器线圈 KM1 继续得电，电动机仍能继续运转。

若需电动机停转，可按停止按钮 SB3，此时交流接触器线圈 KM1 断电，其主触点断开，使电动机 M 停转。

按下起动按钮 SB2 时，交流接触器线圈 KM2 通电，其主触点闭合，使电动机 M 反向起动。同时 KM2 动合（常开）辅助触点闭合，起自锁作用，以保证松开按钮 SB2 时，交流接触器线圈 KM2 继续得电，电动机仍能继续运转。

为了避免接触器 KM1（正转）、KM2（反转）线圈同时得电、它们的主触点同时闭合、造成三相电源短路，在 KM1（KM2）线圈支路中串接有 KM2（KM1）动断（常闭）触头，它们保证线路工作时 KM1、KM2 不会同时得电，以达到电气互锁目的。

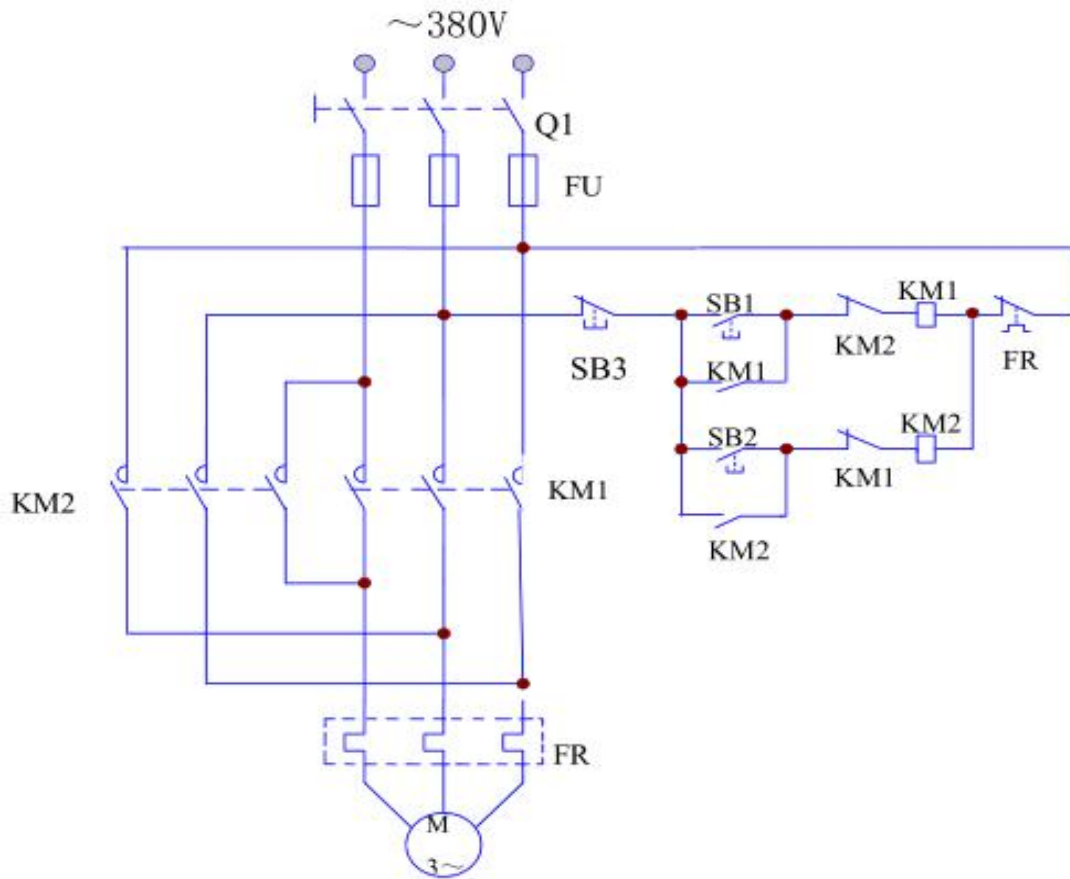
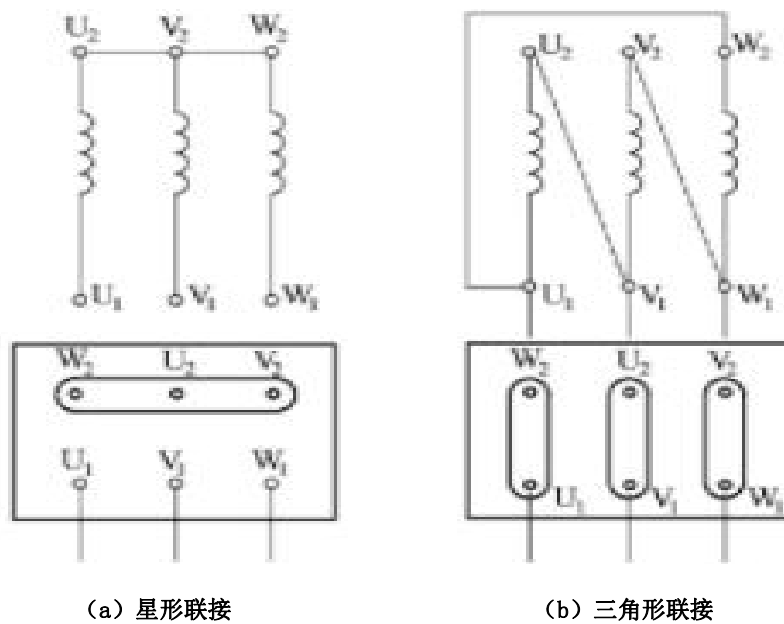


图1 三相异步电动机正反转的控制电路

三相异步电动机定子绕组连接方式如图2所示，定子三相绕组的六个出线端都引至接线盒上，首端分别标为U₁、V₁、W₁，末端分别标为U₂、V₂、W₂。本实验按电动机铭牌要求接成三角形联接。



(a) 星形联接

(b) 三角形联接

图2 三相异步电动机定子绕组连接方式

三、实验内容

实验前请将电源线电压调整为 380 伏！按图 1 接线，经指导教师检查后，方可进行通电操作。

1. 闭合控制电源总开关，按控制屏启动按钮；
2. 按正向启动按钮 SB1，观察并记录电动机的转向和接触器的通断情况；
3. 直接按反向启动按钮 SB2，观察并记录电动机和接触器的状态；
4. 按停止按钮 SB3，观察并记录电动机的转向和接触器的通断情况；
5. 此时再按 SB2，观察并记录电动机的转向和接触器的通断情况；
6. 直接按正向启动按钮 SB1，观察并记录电动机和接触器的状态；
7. 最后再按 SB3，停止电动机运转。按控制屏停止按钮，断开控制电源总开关。

四、实验报告

1. 读懂异步电动机正反转控制电路的工作原理，说明哪些辅助触点起自锁或联锁作用。
2. 如何用万用表判断交流接触器的线圈、动合（常开）触点及动断（常闭）触点？
3. 交流接触器线圈的额定电压为 380V，若将两个接触器的线圈串联后接到交流 380V 电源上，会产生什么后果，为什么？
4. 在电动机正、反转控制线路中，为什么必须保证两个接触器不能同时工作？采用什么措施可解决此问题？
5. 在控制线路中，短路、过载、失/欠压保护等功能是如何实现的？在实际运行过程中，这几种保护有何意义？
6. 描述实验过程中交流接触器的通断情况以及电动机运转情况。
7. 如何不经过停止按钮、直接由正反向启动按钮实现电动机的正反转控制？

五、演示视频

见附录

实验五 常用电子仪器的使用

一、实验目的

1. 学会万用表的使用方法；
2. 学会用示波器测试电压波形、幅度、频率的基本方法；
3. 学会正确调节函数信号发生器频率、幅度的方法；
4. 学会交流毫伏表的使用方法等。

二、实验仪器

1. DS-5000 系列数字示波器；
2. TH—SG10 型数字合成信号发生器；
3. FLUKE-15B 数字万用表；
4. 智能真有效值交流数字毫伏表。

三、预习要点

在电子技术实验中，经常使用的电子仪器示波器、信号发生器、万用表、交流毫伏表等，在实验台上，与电子电路相互连接，可以完成对电子电路的各种测试。在实验中要对各种电子仪器进行综合使用，可按照信号的流向，以连线简捷，调节顺手，观察和读数方便的原则合理布局。接线时注意各仪器的公共接地端应连接在一起，称为共地。

四、实验内容及步骤

1. 数字万用表的使用

FLUKE-15B（福禄克）数字万用表可以用来测量交直流电压和电流、电阻、电容、二极管正向压降等，如图 1 所示。使用时要注意黑表笔接“COM”。

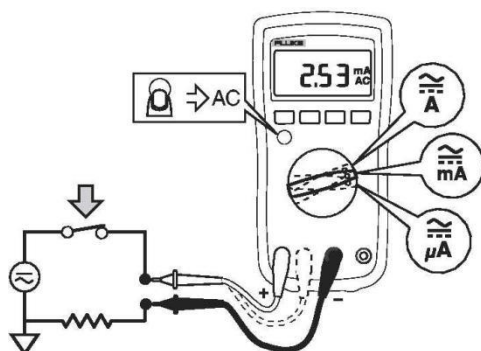


图 1 FLUKE-15B（福禄克）数字万用表

电表有手动和自动量程两个选择。在自动量程模式内，电表会为检测到的输入选择最佳量程。你可以手动选择按“RANGE”来改变自动量程。要退出手动选择只要按住“RANGE”

两秒钟即可。

★ 在实验台上直流稳压电源区分别测量一下+5V、-5V、+12V、-12V 和 0~35V 三组电源的电压值。

2. TH-SG10 型数字合成信号发生器



图 2 TH-SG10 型数字合成信号发生器

如图 2 所示，本仪器具有输出函数信号、调频、FSK、PSK、频率扫描等信号的功能，输出波形有正弦波、方波和 TTL 波。

频率范围为 10mHz~10MHz，分辨率为 $1\mu\text{Hz}$ ，频率误差 $\leq \pm 5 \times 10^{-5}$ 。

幅度范围为 $2\text{mV} \sim 20\text{V}_{\text{p-p}}$ （高阻）、 $1\text{mV} \sim 10\text{V}_{\text{p-p}}$ （ 50Ω ），最高分辨率为 $2\mu\text{V}_{\text{p-p}}$ （高阻）、 $1\mu\text{V}_{\text{p-p}}$ （ 50Ω ）。

其中 $V_{\text{p-p}}$ 表示为电压的峰-峰值。

例如，设置输出“ $20\text{V}_{\text{p-p}}$, 10KHz”正弦信号的步骤如下：

1) 打开电源；

2) 按下“频率”按键→由右侧数码键盘分别输入“1、0”→按下单位按键“调制/KHz”，此时，屏幕显示“10KHz”；

3) 按下“幅度”按键→由右侧数码键盘分别输入“2、0”→按下单位按键“偏移/mV”，此时，屏幕显示“ $20\text{mV}_{\text{p-p}}$ ”；

4) 按下“波形”键，选择输出正弦波，此时，屏幕显示为正弦波形符号。

★ 改变频率和幅度进行几组数据的设置练习，最后调出“ $f = 1\text{kHz}$ ， $50\text{mV}_{\text{p-p}}$ ”的正弦波信号。

注意：信号发生器输出幅度为电压的峰-峰值，而不是有效值，两者的换算关系请想一想。

3. DS-5000 系列数字示波器



图 3 DS-5000 系列数字示波器

如图 3 所示，示波器的液晶显示屏上所显示的是被测电压随时间变化的波形，即被测电压的瞬时值与时间在直角坐标系中的函数图像。

DS-5000 系列数字示波器有两个信道输入：“CH1 和 CH2”，还有一个外触发通道“EXT TRIC”。

垂直系统：

1) 使用垂直“POSITION”旋钮使得波形上下位置在窗口居中显示。

垂直“POSITION”旋钮控制信号的垂直显示位置。当转动垂直“POSITION”旋钮时，指示通道地（GROUND）的标识跟随波形而上下移动。

2) 调节垂直“SCALE”旋钮，改变垂直设置。

转动垂直“SCALE”旋钮，改变“Volt/div（伏/格）”垂直挡位，液晶显示屏下方的状态信息栏发生了改变，如由“2mV/格”变为“5mV/格”等，同时，液晶屏幕上显示的波形上下也发生了变化。

水平系统：

1) 使用水平“POSITION”旋钮使得波形左右位置在窗口居中显示。

2) 调节水平“SCALE”旋钮，改变波形周期个数的设置。

转动水平“SCALE”旋钮，改变“S/div（秒/格）”水平挡位，液晶显示屏下方的状态信息栏发生了改变，如由“10us/格”变为“10ns/格”等，同时，液晶屏幕上显示的波形的周期个数也发生了变化。一般显示 3-5 个周期比较合适。

触发系统：

触发系统由一个旋钮“LEVEL”和三个按钮“MENU、50%、FORCE”组成。转动旋钮“LEVEL”，可以改变触发电平设置。按下“MENU”键可以调出触发菜单以改变触发设置等等。

波形信号的自动设置：

DS-5000 系列数字示波器具有自动设置的功能。根据输入的信号，可以自动调整电压倍率、时基、以及触发方式至最好形态显示。

使用自动设置显示波形的操作步骤为：

- 1) 打开电源；
- 2) 将被测信号连接到信号输入通道 CH1 或 CH2；
- 3) 按下“**AUTO**”按钮。

示波器将自动设置垂直、水平和触发控制。如需要，可以手工调整这些控制使波形显示达到最佳。

DS-5000 系列数字示波器可以进行电压的“峰-峰”值、瞬时值、周期、带宽等多种量的测量，详情情况可参考该仪器的用户使用手册。

★ 请用信号发生器调出“ $f = 1\text{kHz}$ ， $50\text{mV}_{\text{p-p}}$ ”的正弦波信号，然后送到示波器 CH1 通道，观察记录显示的波形并计算其频率和幅度大小。

4. 智能真有效值交流数字毫伏表

该表数码显示, 自动转换量程, 打开电源后将被测电压接入输入端, 显示屏将自动显示出输入交流电压的有效值。

交流数字毫伏表只能在其工作频率范围之内，用来测量周期交流信号的有效值。

★ 请用信号发生器调出“ $f = 1\text{kHz}$ ， $50\text{mV}_{\text{p-p}}$ ”的正弦波信号，然后再利用交流数字毫伏表测量该信号的大小。

五、实验思考题

1. 整理测试数据，画出用示波器观察到的实验波形；
2. 用示波器测量正弦波的值和用交流毫伏表测量正弦波的值有何不同？
3. 简述使用示波器自动显示被测波形的基本步骤；
4. 简述使用函数信号发生器设置输出正弦波信号的基本步骤；
5. 简述使用交流毫伏表的注意事项。

六、演示视频

见附录

实验六 单级放大电路

一、实验目的

1. 熟悉电子元件和实验台模拟电路装置；
2. 掌握放大器静态工作点的调试方法及其对放大器性能的影响；
3. 学习测量放大器 Q 点、放大倍数 A_v 、输入电阻 R_i 、输出电阻 R_o 的方法，了解共射极放大电路特性；
4. 学习放大器的动态性能。

二、实验设备

1. 数字示波器；
2. 数字万用表；
3. 信号发生器；
4. 模拟电路实验装置；
5. 直流电源、3DG6、电阻、电容若干。

三、预习要求

1. 单级放大电路的工作原理；
2. 放大器动态及静态值的计算。

四、实验内容及实验步骤

1. 电路原理如图 1 所示。

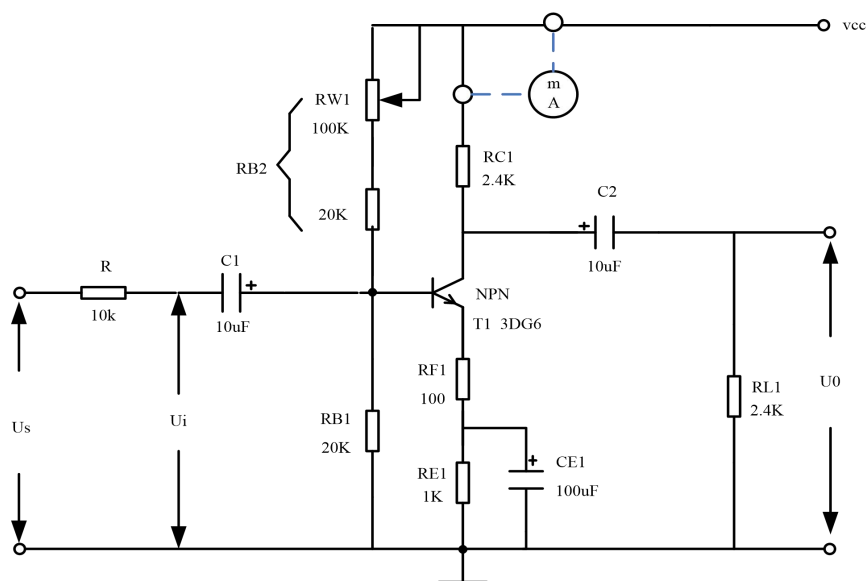


图 1 单级放大电路

2. 静态调试

- (1) 用万用表判断三极管好坏。
- (2) 设置放大电路的静态工作点

检查电路连接无误后接通+12V 电源（ U_i 和 U_s 不接），调节电位器 R_{w1} 使 $V_E = 2.2V$ ，

测量 V_{BEQ} 、 V_{CEQ} 和 R_{B2} 的值，并填入表 1。

表 1 静态工作点测量

V_{BEQ} (V)	V_{CEQ} (V)	R_{B2} (K Ω)

(3) 改变电位器 R_{w1} 的值，使 $V_E = 2.2V$ ，记录 I_C 值，测量三极管 T1 的基极电压 V_B 、基极电阻 R_{B2} 和 R_{B1} 的值并填入表 2，计算三极管 T1 的基极电流 I_B 和共射电流放大倍数 β 。

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_B}{R_{B2}} - \frac{V_B}{R_{B1}}, \quad \beta = \frac{I_C}{I_B}$$

注意：测量电阻值时一定要断开外电路及电源。

表 2 中的电流 I_B 和放大倍数 β 是根据测量数据计算出来的。

表 2 静态工作点结果

I_C (mA)	V_B (V)	R_{B2} (K Ω)	R_{B1} (K Ω)	I_B (mA)	β

3. 动态调试

(1) 调节信号发生器，输出一个频率为 $f = 1kHz$ 、峰-峰值为 50 mV 的正弦波，接到放大器输入端 U_i ，观察输入 U_i 和输出 U_o 波形，并比较它们的相位，将 U_i 和 U_o 的值填入表 3 中。

(2) 保持 U_i 频率为 $f = 1kHz$ 不变，逐渐增大 U_i 的幅度，用示波器观察 U_o 波形变化，测量 U_o 不失真时的最大值，填入表 3。

注意： U_i 和 U_o 的波形可以用示波器观察，也可以用“智能真有效值数字毫伏表”测

量其有效值，表 3 中需要注明是峰-峰值 (V_{p-p}) 还是有效值 (V_{RMS})。

表 3 动态测量值

实测值		实测计算值	理论计算值
U_i (mV)	U_o (V)	A_v	A_v
50mV_{p-p}			

(3) 保持 U_i 的峰-峰值为 50mV ， $f = 1\text{kHz}$ ，放大器接入负载 R_{L1} ，在改变 R_{L1} 数值的情况下测量，并将结果填入表 4。

表 4 改变 R_{L1} 的测量结果

给定参数		实测值		实测计算值	理论计算值
R_{C1}	R_{L1}	U_i (mV) / V_{p-p}	U_o (V) / V_{p-p}	A_v	A_v
2.4k	2.4K				
2.4k	10K				

(4) 保持 U_i 的峰-峰值为 50mV ， $f = 1\text{kHz}$ ，增大和减小 R_{W1} ，用示波器观察 U_o 的波形变化，用万用表（直流）分别测量 U_B 、 U_C 和 U_E ，将结果填入表 5。

表 5 增大和减小 R_{W1} 的测量结果

R_{W1}	U_B (V)	U_C (V)	U_E (V)	U_o 是否失真? 何种失真?
最大值				
合适值(即静态工作点附近的值)				
最小值				

注意：如果输出波形的失真不明显，可以增大或者减小 U_i 的幅值重测。

(5) 测量放大电路的输入电阻

在输入端串接一个 $10\text{k}\Omega$ 的电阻，如图 5 所示。测量 U_s 和 U_i ，将输入电阻计算出来，填入表 6。

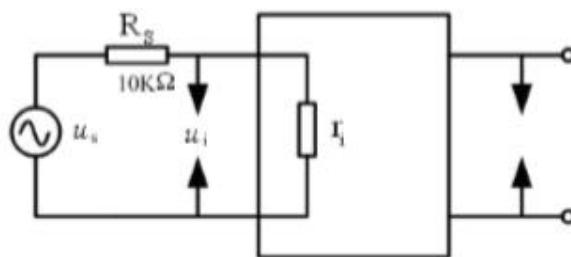


图 5 输入电阻测量

(6) 测量放大电路的输出电阻

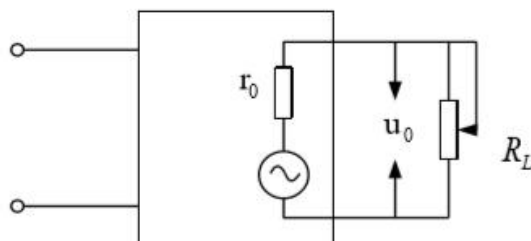


图 6 输出电阻测量

在输出端接入一个可调电位器作为负载，如图 6 所示。调节 $R_L = 2.4\text{k}\Omega$ ，使得放大器输出不失真，测量放大电路带负载 R_L 和空载时的输出电压 U_o ，将输出电阻计算出来，填入表 6。

表 6 测量输入电阻和输出电阻

测量输入电阻				测量输出电阻			
实测值		测量值	理论值	实测值		测量值	理论值
U_i / mV	U_i / mV	$R_i / \text{k}\Omega$	$R_i / \text{k}\Omega$	U_o / V $R_L = \infty$	U_o / V $R_L = 2.4\text{k}\Omega$	$R_o / \text{k}\Omega$	$R_o / \text{k}\Omega$

五、实验报告

1. 完成测量数据，画出实验波形；
2. 写出用测量数据计算输入电阻和输出电阻的公式，并计算出输入电阻和输出电阻；
3. 总结试验过程中存在的问题及解决的方法。

实验七 门电路逻辑功能及测试

一、实验目的

1. 熟悉门电路逻辑功能；
2. 熟悉数字电路实验装置及示波器的使用方法；
3. 熟悉集成门电路的工作原理和主要参数；
4. 熟悉集成门电路的外型、引脚排列及应用事项。

二、实验仪器及器件

1. 数字实验台；
2. 数字万用表；
3. 数字示波器；
4. 信号发生器；
5. 器件：

74LS00	二输入端四与非门	2片
74LS20	四输入端双与非门	1片
74LS86	二输入端四异或门	1片

三、预习要求

1. 复习门电路逻辑功能；
2. 熟悉所用集成电路各引脚的用途；
3. 了解双踪示波器的使用方法。

四、实验内容及步骤

检查实验台电源是否正常，选择实验用集成电路。按自己设计好的电路接线，经指导教师检查后方可通电实验。注意，在改动接线时要先断开电源。

1. 与非门逻辑功能测试

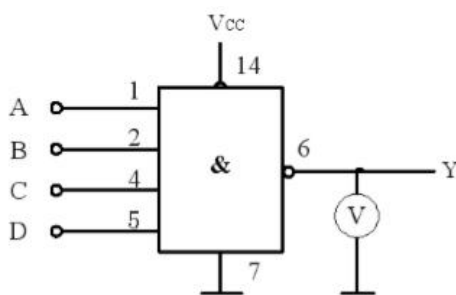


图 1 74LS20 与非门测试

(1) 选 74LS20 一只，按图 1 接线。输入端分别接电平开关，输出端接电平显示发光二极管。

(2) 将电平开关按表 1 置位，分别测出输出电压值，并将其逻辑状态结果填入表 1 中。

表 1 74LS20 逻辑状态表

输入（管脚号）				输出	
1	2	4	5	Y	电压（V）
H	H	H	H		
L	H	H	H		
L	L	H	H		
L	L	L	H		
L	L	L	L		

2. 异或门逻辑功能测试

(1) 选 74LS86 一只，按图 2 接线。输入端分别接电平开关，输出端 A、B、Y 接电平显示发光二极管。

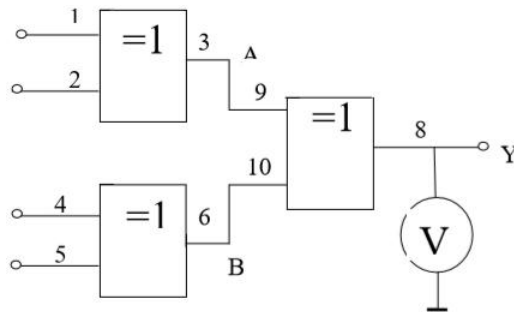


图 2 74LS86 异或门测试

(2) 将电平开关按表 2 置位，分别测出输出电压值，并将其逻辑状态填入表 2 中。

表 2 74LS86 逻辑状态表

输入（管脚号）				输出	
1	2	4	5	Y	电压（V）
H	H	H	H		
L	H	H	H		
L	L	H	H		

L	L	L	H		
L	L	L	L		

3. 逻辑电路的逻辑关系

(1) 用 74LS00，按图 3 和图 4 接线，将输入和输出的逻辑关系分别填入表 3 和表 4 中。

(2) 写出上面两个电路的逻辑表达式。

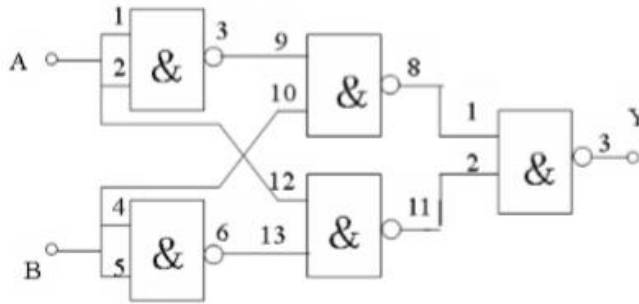


图 3 逻辑电路 1

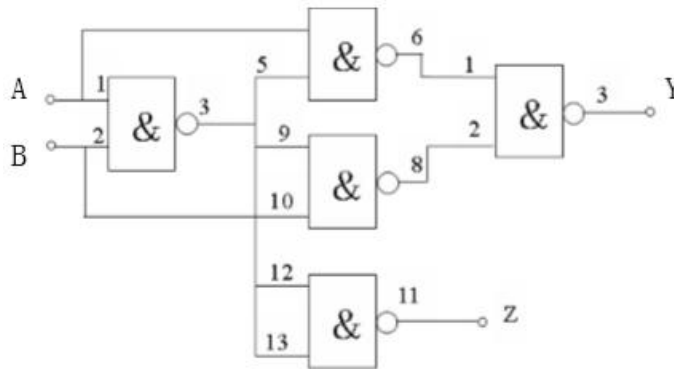


图 4 逻辑电路 2

表 3 逻辑电路 1 的状态表

输入		输出
A	B	Y
L	L	
L	H	
H	L	
H	H	

表 4 逻辑电路 2 的状态表

输入		输出	
A	B	Y	Z
L	L		
L	H		
H	L		
H	H		

4. 用与非门实现其它门电路

(1) 用与非门组成或门

用 74LS00 组成或门， $F = \overline{\overline{A+B}} = \overline{\overline{A} \cdot \overline{B}}$ 画出电路图，测试并填入表 5。

表 5 74LS00 组成或门逻辑状态表

输入		输出
A	B	F
L	L	
L	H	
H	L	
H	H	

(2) 用与非门组成异或门

用 74LS00 组成异或门，写出表达式，画出电路图，测试并填入表 6。

表 6 74LS00 组成异或门逻辑状态表

输入		输出
A	B	F
L	L	
L	H	
H	L	
H	H	

5. 用与非门控制输出

用一片 74LS00 按图 5 接线，S 端接任一电平开关，用示波器观察 S 对输出脉冲的控制作用。

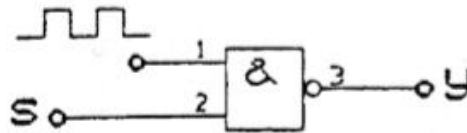


图 5 用与非门控制输出

五、实验报告

1. 按各步骤填写表格；
2. 怎样判断门电路逻辑功能是否正常？

六、演示视频 见附录

一、受控源 VCCS、CCVS 的研究



二、戴维南定理与诺顿定理



三、三相交流电路测量



四、三相异步电动机正反转控制



五、常用电子仪器使用实验视频

常用电子仪器使用.mp4



六、单级放大电路实验视频

单级放大电路.mp4

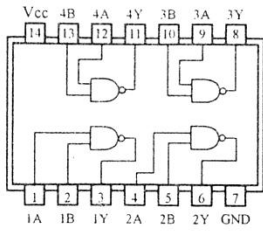


七、门电路逻辑功能与测试

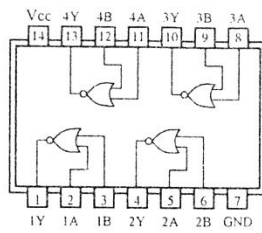
门电路.mp4



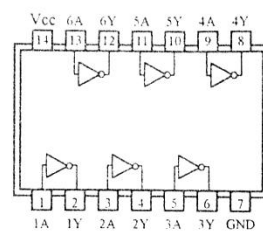
附录 常用数字集成电路引脚图



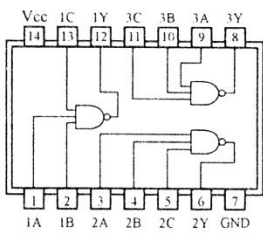
74LS00



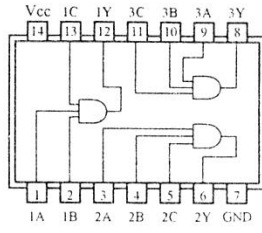
74LS02



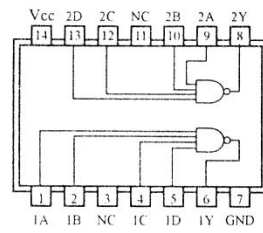
74LS04



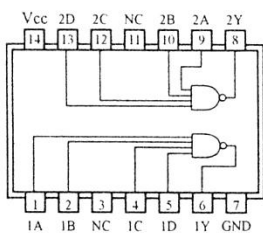
74LS10



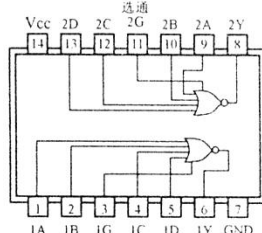
74LS11



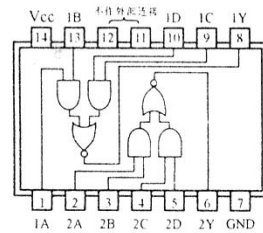
74LS20



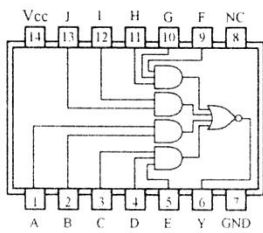
74LS22



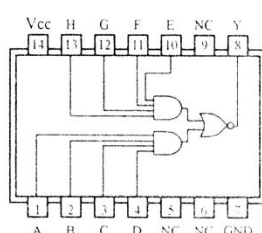
74LS25



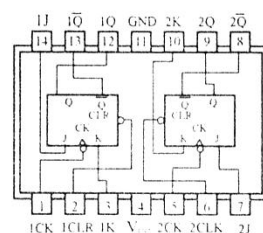
74LS51



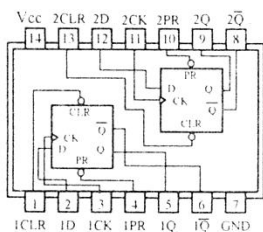
74LS54



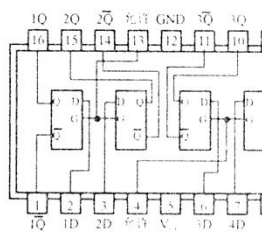
74LS55



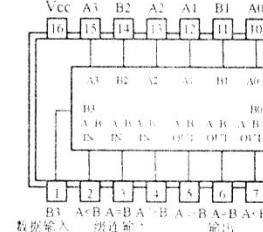
74LS73



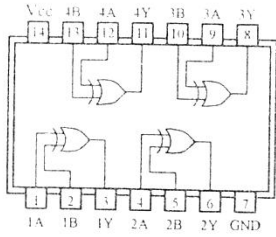
74LS74



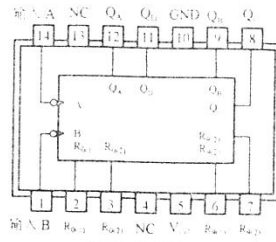
74LS75



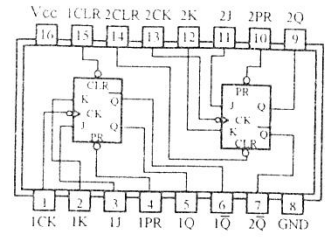
74LS85



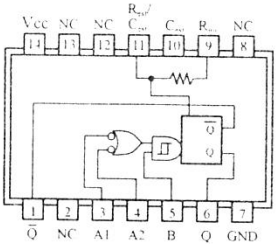
74LS86



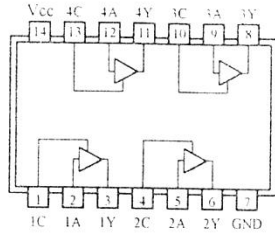
74LS90



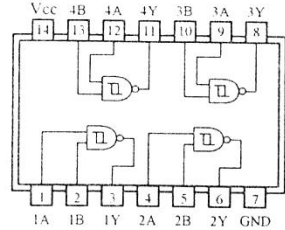
74LS112



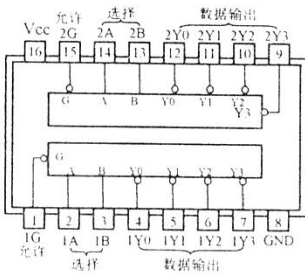
74LS121



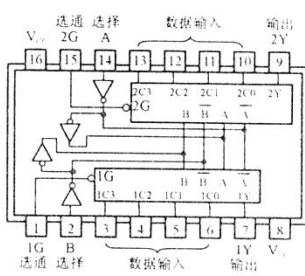
74LS126



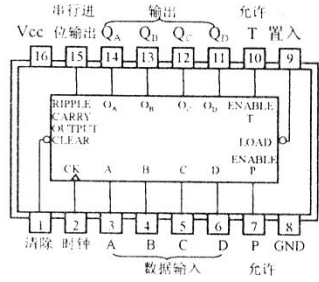
74LS132



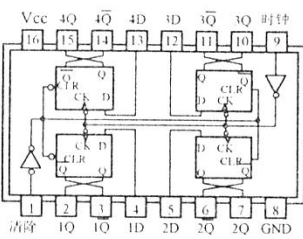
74LS139



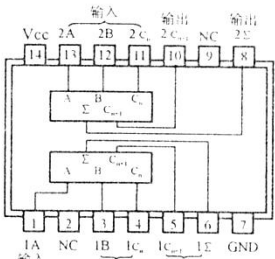
74LS153



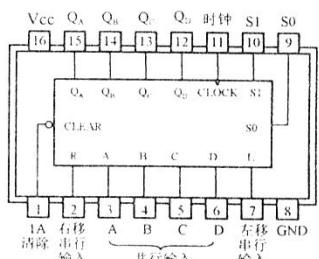
74LS160 74LS161



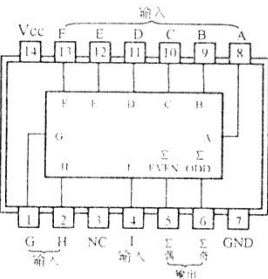
74LS175



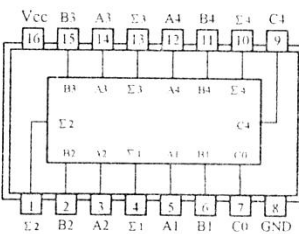
74LS183



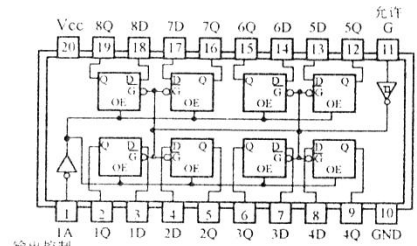
74LS194



74LS280



74LS283



74LS373