

电工电子实验教学规划示范教材

电工电子实习教程

主 编 余仕求
副主编 李 锐 颜国琼 李克举
主 审 陈永军

华中科技大学出版社
中国·武汉

内 容 简 介

本书较全面地、由浅入深地阐述大学生电工电子实践能力培养实习课程的基本内容,不仅介绍了常用电子元器件识别与测试方法、常用电子仪器的使用及操作方法、低压电器与安全用电基本知识、电路板手工锡焊工艺等电工电子基本知识,而且还介绍了电子线路板 PCB 设计、电子线路设计仿真、可编程控制器 PLC 应用、变频器基本操作方法、三相异步电动机及其继电器接触控制等中高级实用技术。每章节后附有一定的思考练习题,便于自习。

本书可作为高等学校工科本、专科生的电工电子实习教材,其特色是注重实用性和操作性,适用于多层次的教学和培训,也可供电气电子专业技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电工电子实习教程/余仕求 主编. —武汉:华中科技大学出版社,2012.9
ISBN 978-7-5609-8241-0

I. 电… II. 余… III. ①电工技术-实习-高等学校-教材 ②电子技术-实习-高等学校-教材 IV. ①TM-45 ②TN-45

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 168748 号

电工电子实习教程

余仕求 主编

策划编辑:刘万飞

责任编辑:刘万飞

封面设计:刘 卉

责任校对:何 欢

责任监印:周治超

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)81321915

录 排:华中科技大学惠友文印中心

印 刷:荆州市今印集团有限责任公司

开 本:787mm×960mm 1/16

印 张:12.5

字 数:249 千字

版 次:2012 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

定 价:23.80 元



本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究

前 言

近年来,企业对大学生实践能力的培养提出了更高的期望,要求他们在掌握牢固的基本理论知识的同时,还具有一定的工程实践经验。为此,高等教育越来越重视大学生的工程实践能力的培养,教育部明确提出要树立以学生为本,综合知识能力、素质全面协调发展的教育理念。要求各高校建立有利于培养学生实践能力和创新能力的实践教学体系,使学生在校期间通过实践实习来弥补其实践经验的不足,以满足企业对大学生的要求。

本书既可作为电工电子实习用教材,也可作为电工操作培训用资料。本书是在我院有关教师多年来电工电子实习教学经验积累的基础上编写的。全书共分九章。第1章常用电子元器件与万用表,第2章常用电子仪器的使用,第3章照明电路安装与安全用电,第4章 Protel 基本操作方法,第5章实用电子电路的制作,第6章西门子可程序控制器 S7-200 应用,第7章西门子 MM440 变频器基本操作方法,第8章 Proteus 仿真软件的基本操作,第9章低压电器与三相异步电动机及其继电器控制。其中第1、2、3、5、9章由长江大学电子信息学院电工电子实验中心余仕求老师编写;第4、8章由实验中心颜国琼老师编写;第6、7章由实验中心李锐老师编写;第1章1.6节(数字万用表)和第2章2.2节(EE1641D 函数发生器)由实验中心李克举老师编写。第2章配有视频教学片,可登录长江大学电工电子示范中心网站中的教学资源栏目(网址:<http://sfzx.yangtzeu.edu.cn/lab/showsta.php?sid=4>)浏览。全书由余仕求主编。

本书由长江大学电子信息学院电工电子实验中心陈永军教授主审,电工电子实验中心刘尚承、熊帮新、龙从玉、程南、付润江、高秀娥、江西、史晓兰、熊亚梅等老师对本书提供了许多帮助并提出了宝贵意见,在此表示衷心的感谢。由于编者水平有限,书中难免有错误和不妥之处,敬请广大读者批评指正。

编者于长江大学

2012年6月20日

目 录

第 1 章 常用电子元器件与万用表	(1)
1.1 电阻器	(1)
1.2 电容器	(4)
1.3 电感器	(7)
1.4 二极管	(8)
1.5 三极管.....	(11)
1.6 数字万用表.....	(13)
1.7 实习 用万用表测试电子元器件.....	(17)
第 2 章 常用电子仪器的使用	(21)
2.1 直流稳压电源.....	(21)
2.2 函数信号发生器.....	(25)
2.3 模拟示波器.....	(28)
2.4 数字存储示波器.....	(34)
2.5 实习 示波器的测量使用.....	(43)
第 3 章 照明电路安装与安全用电	(49)
3.1 三相交流电.....	(49)
3.2 安全用电常识.....	(50)
3.3 功率的测量.....	(55)
3.4 照明电路接线方法.....	(56)
3.5 实习 照明线路安装.....	(60)
第 4 章 Protel 基本操作方法	(65)
4.1 Protel 简介	(65)
4.2 电路设计步骤.....	(66)
4.3 印制电路板制作过程.....	(66)
4.4 实习 功率放大器 PCB 的制作	(82)
第 5 章 实用电子电路的制作	(87)
5.1 手工锡焊技术.....	(87)
5.2 实习 印制电路板的手工锡焊制作.....	(91)
第 6 章 西门子可编程控制器 S7-200 应用	(99)
6.1 PLC 的组成与接口	(99)

6.2	PLC 编程软件的应用	(103)
6.3	编程指令的操作	(106)
6.4	实习 PLC 应用	(109)
第 7 章	西门子 MM440 变频器基本操作方法	(115)
7.1	基本操作面板的使用	(115)
7.2	MM440 变频器的数字输入端口及功能	(117)
7.3	MM440 变频器的模拟信号控制	(119)
7.4	MM440 变频器应用实例	(120)
7.5	实习 PLC 与变频器联合应用	(123)
第 8 章	Proteus 仿真软件的基本操作	(129)
8.1	Proteus 工作界面	(129)
8.2	电路原理图设计操作	(131)
8.3	Proteus ISIS 电路仿真	(133)
8.4	实习 Proteus 电路仿真	(156)
第 9 章	低压电器与三相异步电动机及其继电器接触控制	(161)
9.1	低压电器基本知识	(161)
9.2	刀开关	(162)
9.3	按钮	(163)
9.4	组合开关(转换开关)	(164)
9.5	熔断器	(165)
9.6	自动开关	(166)
9.7	交流接触器	(168)
9.8	继电器	(171)
9.9	三相异步电动机	(177)
9.10	三相异步电动机继电器-接触器控制	(183)
9.11	实习	(190)
参考文献	(193)

第 1 章 常用电子元器件与万用表

电子电路是由电子元器件组成的。常用的电子元器件有电阻器、电容器、电感器和各种半导体器件(如二极管、三极管、场效应管、集成电路等)。要正确地选择和使用这些电子元器件,就必须对它们的性能、结构与规格有一定的了解。

1.1 电 阻 器

电阻器是一个限流元器件。电阻器的电阻值决定其限流能力,电阻值越大,其限流能力越强。电阻器分为固定电阻器和可变电阻器两类,外形如图 1.1 所示。

1.1.1 固定电阻器

固定电阻器常简称为电阻,电路符号如图 1.2 所示。

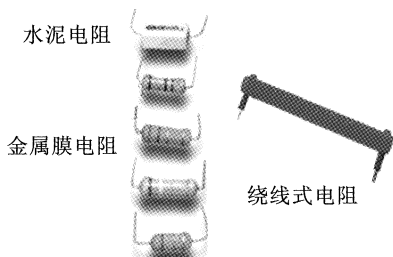


图 1.1 电阻器外形图

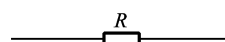


图 1.2 电阻的电路符号

1. 几种常用电阻

(1) 碳膜电阻:是用有机粘合剂将碳墨、石墨和填充料配成悬浮液涂覆于绝缘基体上,经加热聚合而成的,用 RT 表示。其特点是性能一般,价格便宜,一般为绿色、蓝色。

(2) 金属膜电阻:是用镍铬或类似的合金真空电镀技术,着膜于白瓷棒表面,经过切割调试阻值而形成的,用 RJ 表示。其特点是稳定,性能好,价格高,一般为红色。

(3) 线绕电阻:由康铜或镍铬合金电阻丝在陶瓷骨架上绕制成,用 RX 表示。其特点是稳定,低频,一般用在大功率场合。

(4) 片式电阻:又称贴片电阻,是将金属粉和玻璃釉粉混合,采用丝网印刷

法印在基板上制成的。其特点是耐潮湿,耐高温,温度系数小,体积小,用于表面贴装,发展很快。

(5) 电阻排:是一种按一定规律排列的分立电阻器集成在一起的组合型电阻器,也称集成电阻器或电阻器网络。其特点是体积小,用于数字电路。

2. 主要参数

1) 标称阻值

大多数电阻上都标有电阻的数值,这就是电阻的标称阻值,一般按 E6、E12、E24 系列标记。表 1.1 所示的是常用电阻的标称阻值系列。标称阻值可以乘以 10、100、1000、10 k、100 k,比如 1.0 这个标称阻值,就有 1.0 Ω 、10.0 Ω 、100.0 Ω 、1.0 k Ω 、10.0 k Ω 、100.0 k Ω ,以及 1.0 M Ω 、10.0 M Ω 等。

表 1.1 常用电阻的标称阻值系列

标称系列	标称阻值(可乘以 10^n)/ Ω											
E6	1.0	1.5	2.2	3.3	4.7	6.8						
E12	1.0	1.2	1.5	1.8	2.2	2.7	3.3	3.9	4.7	5.6	6.8	8.2
E6 E12	1.0	1.1	1.2	1.3	1.5	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.7	3.0
E24	3.3	3.6	3.9	4.3	4.7	5.1	5.6	6.2	6.8	7.5	8.2	9.1

2) 允许误差

电阻的标称阻值往往与它的实际阻值不完全相符。有的标称阻值大一些,有的标称阻值小一些。电阻的实际阻值和标称阻值的偏差,除以标称阻值所得的百分数,叫做电阻的误差。误差越小的电阻,标称阻值越准确。表 1.2 所示的是常用电阻允许误差与等级。

表 1.2 常用电阻的允许误差与等级

允许误差	$\pm 0.5\%$	$\pm 1\%$	$\pm 2\%$	$\pm 5\%$	$\pm 10\%$	$\pm 20\%$
等级	005	01	02	I	II	III

3) 额定功率

额定功率用来表示电阻所能承受的最大功率,用瓦特(W)表示,有 1/16 W、1/8 W、1/4 W、1/2 W、1 W、2 W 等多种。使用功率超过这一最大值,电阻就会烧坏。

3. 电阻的色标法

体积较大的电阻的主要参数一般用文字标注,体积较小的电阻一般用色标法标注,即用不同颜色的色环标注其标称阻值和误差。各色环表示的方法如表 1.3 所示。

表 1.3 电阻的色环表示方法

颜 色	银	金	黑	棕	红	橙	黄	绿	蓝	紫	灰	白	无
有效数字			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
乘数	10^{-2}	10^{-1}	10^0	10^1	10^2	10^3	10^4	10^5	10^6	10^7	10^8	10^9	
允许误差 /%	±10	±5		±1	±2			±0.5	±0.2	±0.1		+50 -20	±20

色环电阻有三环电阻、四环电阻、五环电阻、六环电阻等。

五环电阻的前三色环是有效数字,然后是乘数,最后是允许误差。四环电阻的前两色环是有效数字,后两色环与五环电阻一样。三环电阻实际是四环电阻的特例,最后一色环为无色,表示允许误差是±20%。六环电阻的前五色环与五环电阻的相对应,最后一色环表示温度系数。

判断色环的方向一般有三种方法。

方法一:若电阻一端端部有色环,而另一端端部没有色环,有色环的端部为电阻的前端,无色环的端部为电阻的后端,前端端部色环即为阻值有效数字的第一个色环。

方法二:若电阻的两端端部都有色环,但这两个色环与临近的色环间距不同,间距小的那一端为电阻的前端,另一端为电阻的后端。

方法三:若有银色、金色及无色这三种色环(即电阻本色)在电阻的某一端,则这个端就是电阻的后端,另一端就是电阻的前端。

以五环电阻为例,图 1.3 所示的为五环电阻的色环表示法,电阻左端部有色环,右端部无色环,由方法一可知,图示电阻左端为前端。前三色环棕、绿、黑色分别表示有效数字为 1、5、0,第四色环红表示乘数为 10^2 ,第五色环棕色表示允许误差为±1%,故该电阻的阻值为 $150 \times 10^2 \Omega = 15 \text{ k}\Omega$,允许误差为±1%。注意一般表示允许误差的色环稍宽。

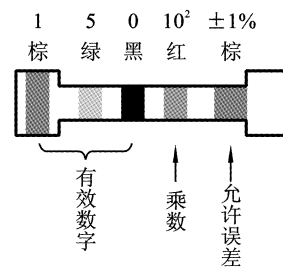


图 1.3 五环电阻表示法

色环电阻的额定功率一般不标注,但可从其体积判断,用得最多的是 1/8 W 和 1/20 W。

1.1.2 可变电阻器

可变电阻器是阻值可以改变的电阻器。电位器是一种带滑动端的可变电阻器,因常用来改变电位,故称电位器。电位器的种类很多,但都有三个引出端:一个滑动端和两个固定端。其电路符号如图 1.4 所示。

敏感型电阻器是一种特殊的可变电阻器,其电阻值对某物理量敏感,一般由

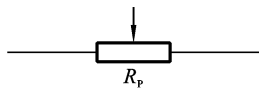


图 1.4 电位器的电路符号

特殊半导体材料制成。常见的敏感型电阻器有光敏电阻器、热敏电阻器和压敏电阻器等。光敏电阻器是电阻值随入射光的强弱而变化的电阻器，在实际中可用于光电控制。热敏电阻器是电阻值随环境温度变化而变化的电阻器，在电路中可用做温度控制。压敏电阻器是电阻值随电压变化作非线性变化的电阻器，在电路中主要起瞬态过电压保护作用。

1.2 电 容 器

电容器是存储和释放电荷的电子元件，具有隔直流、通交流的作用。电容器的两个基本指标是电容量和额定电压。电容器按有无极性，可分为有极性电容器和无极性电容器两种，有极性电容器的正、负极不能接反。

1.2.1 电容器的型号命名方法

国产电容器的型号一般由四个部分组成(不适用于压敏电容器、可变电容器、真空电容器)，依次分别代表名称、材料、分类和序号。

第一部分代表名称，用大写字母 C 表示。

第二部分代表介质材料，用如下大写字母表示：A——钽电解；B——聚丙烯等非极性薄膜；C——高频陶瓷；D——铝电解；E——其他材料电解；G——合金电解；H——复合介质；I——玻璃釉；J——金属化纸；L——涤纶等极性有机薄膜；N——铌电解；O——玻璃膜；Q——漆膜；T——低频陶瓷；V——云母纸；Y——云母；Z——纸介。

第三部分代表元器件分类，一般用数字表示，个别用字母表示。

第四部分代表序号，用数字表示。

例如，某电容器型号为 CY11-1，第一个大写字母 C 代表名称为电容器，第二个大写字母 Y 代表介质材料为云母，接着数字 11 代表元器件分类，最后数字 1 代表序号。因此，可判断该电容器为云母电容器。

1.2.2 电容器的分类

电容器按结构分为三大类：固定电容器、可变电容器和微调电容器。不同电容器的电路符号如图 1.5 所示。

常用电容器有聚丙烯膜电容器、涤纶电容器、云母电容器、玻璃釉电容器、陶瓷电容器、空气介质可变电容器和电解电容器等。几种常用电容器的特性对比如表 1.4 所示。

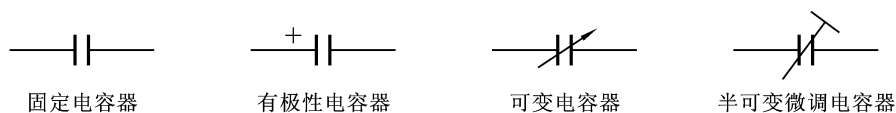


图 1.5 不同电容器的电路符号

表 1.4 几种常用电容器的特性对比

名 称	容 量	稳定性	损耗	频率	耐压
聚丙烯膜电容器	1000 pF~10 μ F	中	低	中	中
涤纶电容器	40 pF~4 μ F	差	高	低	中
云母电容器	40 pF~0.1 μ F	高	低	高	高
玻璃铀电容器	10 pF~0.1 μ F	高	低	高	中
陶瓷电容器	1~6800 pF	高	低	高	中
电解电容器	0.1~10000 μ F	中	高	低	中

电容器在电路中常用做高(低)频旁路电容器、滤波电容器、调谐电容器、高(低)频耦合电容器等。几种常见电容器实物如图 1.6 所示。

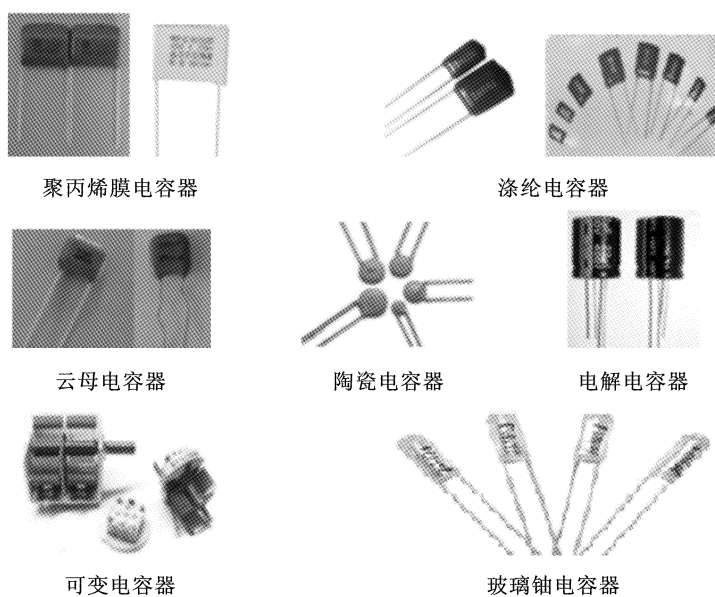


图 1.6 几种电容器的实物图

1.2.3 电容器容量的标注方法

电容器容量的标注方法主要有直标法、数码法和色标法三种。电容器容量

单位是法拉(F)。比法拉小的单位有微法(μF)、皮法(pF)、纳法(nF)。皮法又称微微法。它们之间的换算关系为

$$1 \text{ F} = 10^6 \mu\text{F}; \quad 1 \mu\text{F} = 10^6 \text{ pF}; \quad 1 \text{ pF} = 10^3 \text{ nF}$$

1. 直标法

直标法将电容器的标称容量、额定电压及允许误差直接标注在电容器的外壳上,其中允许误差一般用字母来表示。常见的表示允许误差的字母有J— $\pm 5\%$ 和K— $\pm 10\%$ 等。例如,47 nJ100表示标称容量为0.047 pF,允许误差为 $\pm 5\%$,额定电压为100 V。

2. 数码法

用三位数字来表示标称容量的大小,单位为pF。前两位为有效数字,第三位为倍率,即乘以 10^n , n 的范围是1~9。例如,333表示 $33 \times 10^3 \text{ pF} = 33000 \text{ pF} = 0.033 \mu\text{F}$ 。

3. 色标法

这种表示方法与电阻的色环表示方法类似,其颜色表示的数字与电阻色环完全一致,单位为pF。

1.2.4 电容器的主要特性参数

1. 标称容量和允许误差

标称容量是标注在电容器上的电容量。按国标E24或E12或E6系列标记。电容器实际容量与标称容量的偏差称为误差,允许的误差范围称为精度。表示误差的几个字母如下:D— $\pm 0.5\%$,对于容量小于10 pF的电容表示 $\pm 0.5 \text{ pF}$;F— $\pm 1\%$,对于容量小于10 pF的电容表示 $\pm 1 \text{ pF}$;G— $\pm 2\%$;J— $\pm 5\%$;K— $\pm 10\%$;S— $+50\% \sim -20\%$ 。

2. 额定电压

额定电压是在额定环境温度下可连续加在电容器上的最高直流电压的有效值,一般直接标注在电容器外壳上。如果工作电压超过电容器的额定电压,电容器将被击穿而损坏。

3. 绝缘电阻值

直流电压加在电容器上,产生漏电流,二者之比称为绝缘电阻值。

4. 损耗

电容器在电场作用下,在单位时间内因发热所消耗的能量称为损耗。各类电容器都规定了其在某频率范围内的损耗允许标值。电容器的损耗主要有介质损耗和电导损耗两种。介质损耗是指电容器内绝缘材料在交变电场作用下,介质电导和介质极化的滞后效应在其内部引起的能量损耗;电导损耗是指在直流电场的作用下,电容器介质内因泄漏电流而产生的损耗。

5. 频率特性

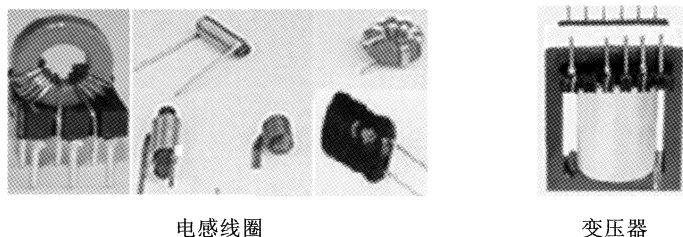
随着频率的上升,一般电容器的电容量会下降。

1.3 电感器

电感器是根据电磁感应原理制成的元器件。它的基本作用是通直流、隔交流。电感器的最基本指标是电感量,单位是亨利(H)。

1.3.1 电感器的分类

在电子设备中,电感器分为两大类:一类是应用自感作用的电感线圈;另一类是应用互感作用的变压器或互感器。两种常见电感器实物如图 1.7 所示。



电感线圈

变压器

图 1.7 电感器实物图

1. 电感线圈

电感线圈的用途很广,在电路中常用于滤波器、调谐放大器、均衡电路、去耦电路等。若按线圈绕制方式来分,电感线圈有单层电感线圈、多层电感线圈、蜂房式电感线圈;若按线圈圈芯来分,电感线圈有空芯电感线圈和磁芯电感线圈;若按电感量变化的情况来分,有固定电感线圈和可变电感线圈。几种电感线圈的电路符号如表 1.5 所示。

2. 变压器

变压器利用两个线圈的互感作用来传递交流信号和电能,同时能起到阻抗变换的作用。按变压器的铁芯和线圈结构来分,有芯式变压器和壳式变压器;按变压器使用频率来分,有高频变压器、中频变压器和低频变压器;按变压器的作用来分,有电源变压器、电力变压器和隔离变压器等。

表 1.5 几种电感线圈的电路符号

符 号				
名 称	空芯线圈	可变电感线圈	铁芯电感线圈	磁芯电感线圈

1.3.2 电感器的标注方法

轴向引线电感器的外形与电阻器的外形是非常相似的。为了表明电感器的参数,常在小型固定电感器的外壳上涂上标注,其标注方法与电容器一样有直标法、色标法和数码法三种。

1.3.3 电感器的主要参数

1. 电感量

电感量是电感器的固有特性,它反映电感器存储磁场能的能力。它的大小与线圈的匝数、绕制方式、骨架尺寸及磁芯材料等因素有关。匝数越多,线圈越集中,电感量就越大;线圈内有磁芯的比无磁芯的电感量大;磁芯导磁率大的电感量大。

2. 允许误差

电感器的实际电感量相对于标称值的最大允许偏差范围称为允许误差。

3. 品质因数

品质因数用字母 Q 表示。 Q 值越高,表明线圈的功耗越小,效率越高,则“品质”越好。 Q 值与线圈的结构(如导线粗细、匝数、绕法、磁芯)有关。

4. 标称电流

标称电流是指线圈允许通过的最大电流,常用字母 a、b、c、d、e 来表示。标称电流分别为 50 mA、150 mA、300 mA、700 mA、1600 mA。

5. 分布电容

线圈的匝间、线圈与屏蔽罩间、线圈与底板间存在分布电容。分布电容的存在使线圈的 Q 值减小,稳定性变差。因此,减小线圈的分布电容可提高线圈的性能。

1.4 二 极 管

晶体二极管有一个由 P 型半导体和 N 型半导体形成的 PN 结。在 PN 结内形成由 N 指向 P 的内电场,这样就具有单向导电性。晶体二极管的电路符号如图 1.8 所示,几种常见实物如图 1.9 所示。

1.4.1 二极管的分类

二极管按材料分,有硅二极管、锗二极管和砷化镓二极管等;按用途分,有整流二极管、检波二极管、发光二极管、光电二极管、稳压二极管和变容二极管等。各类型二极管的电路符号如图 1.10 所示。

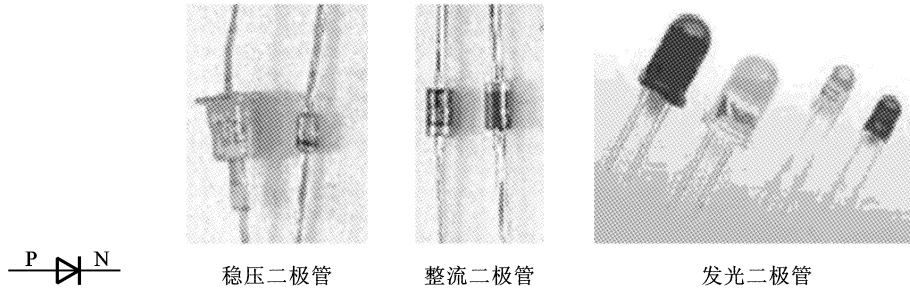
图 1.8 二极管的
电路符号

图 1.9 几种常见二极管实物图

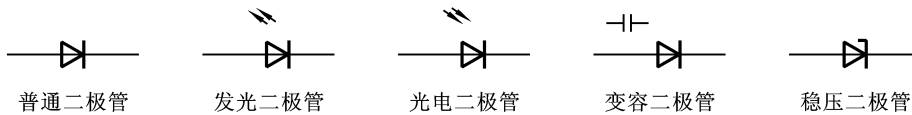


图 1.10 各类二极管的电路符号

1.4.2 二极管的导电特性

二极管的重要特性就是单向导电性。在电路中,当二极管的正极(P)接高电位而负极(N)接低电位时,即正偏,二极管导通;反之,即反偏,二极管截止。

1. 正向特性

在理想情况下,当二极管加正向电压时,二极管导通,在电路上相当于开关闭合。实际上,二极管是非线性元件。正向工作时,外加电压必须略大于二极管的门槛电压(又称死区电压),这时二极管才开始导通。门槛电压与材料有关。锗二极管的门槛电压约为 0.2 V;硅二极管的约为 0.6 V。二极管正常工作时,其上必须存在导通电压,导通电压略大于门槛电压。锗二极管导通电压约为 0.3 V;硅二极管的导通电压约为 0.7 V;砷化镓(发光)二极管的导通电压大于 1.4 V。

2. 反向特性

在理想情况下,当二极管加反向电压时,二极管截止,在电路上相当于开关断开。实际上,二极管反偏时,有很小的反向电流通过。随着反向电压的增加,反向电流也有所增加,当反向电压超过了某一数值时,二极管反向电流会急剧增加,二极管将失去单向导电性,即被击穿。

1.4.3 二极管的命名

国产二极管型号表示由五部分组成。

第一部分用数字 2 表示二极管。

第二部分用字母表示元器件的材料和极性：A——锗 N 型材料；B——锗 P 型材料；C——硅 N 型材料；D——硅 P 型材料。

第三部分用字母表示半导体元器件的类别：P——普通管；W——稳压管；Z——整流管；L——整流堆；N——阻尼管；U——光电管。

第四部分用数字表示产品序号。

第五部分用字母表示元器件的规格号（同一类产品的档次）。

例如，2CP10 为硅 N 型普通二极管；2CW18 为硅 N 型稳压二极管。

国外二极管命名方法各异，如 1N 是日本电子元器件命名法，1N4000 系列为整流硅二极管。

1.4.4 二极管的主要参数

二极管的参数用来表示二极管工作特性和技术指标。不同类型的二极管有不同的特性参数。其主要参数介绍如下。

1. 最大整流电流

最大整流电流是在规定的环境温度和散热条件下，二极管长期连续工作时允许通过的最大正向电流。若二极管实际电流超过最大整流电流，则管芯发热，温度升高。当温度超过其允许温度（硅二极管的约为 140℃，锗二极管的约为 90℃）时，二极管会因过热而损坏。

2. 最大反向电压

当加在二极管上的反向电压超过一定值时，二极管被击穿，失去单向导电性，此时的电压即为最大反向电压。因此，二极管反向工作时，外加电压不要超过最大反向电压。

3. 反向电流

反向电流是指二极管在规定的温度和低于最大反向电压的电压作用下，流过二极管的反向电流。反向电流越小，二极管的单向导电性能越好。反向电流与温度有关，大约温度每升高 10℃，反向电流增大 1 倍。

4. 最高工作频率

最高工作频率是指二极管工作的上限频率。当实际频率超过此值时，由于结电容的影响，二极管单向导电性能将下降。

5. 二极管的识别

小功率二极管的负极（N 极）常用一种色圈在其外表上标出来，也有一些二极管直接用“P”、“N”来表示极性。发光二极管通过管脚的长短来表示极性，长脚为正极，短脚为负极。用万用表可直接测出二极管的极性并能判断其好坏。

1.5 三 极 管

晶体三极管有两个 PN 结,具有电流放大作用。按两个 PN 结的组合方式不同分为 NPN 型三极管和 PNP 型三极管,对应的电路符号如图 1.11 所示。三极管的三个极分别是集电极 c、基极 b 和发射极 e。如图 1.11 所示,NPN 型三极管发射极电流是向外流出的,而集电极和基极电流都是向内流入的;PNP 型三极管三个极的电流流向恰好与 NPN 型三极管的相反。三极管的电流放大作用是指基极电流在集电极上得到放大,常用集电极电流与基极电流的比值来表示三极管的电流放大系数 β 。几种常见三极管的实物如图 1.12 所示。

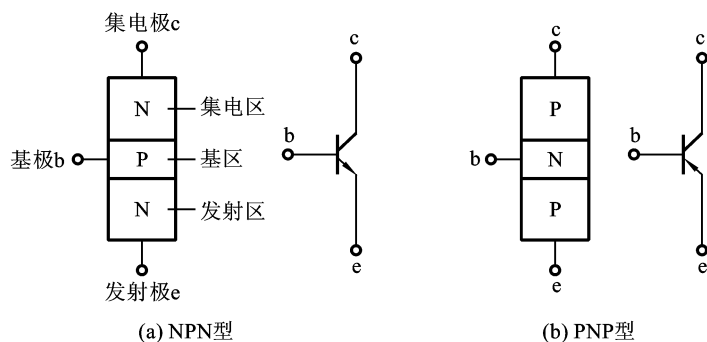


图 1.11 三极管电路符号

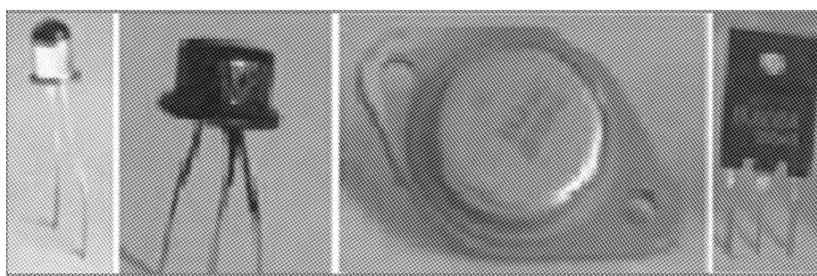


图 1.12 三极管实物图

1.5.1 三极管的分类

三极管按半导体材料分,有硅三极管、锗三极管;按工作频率分,有低频三极管、高频三极管、超高频三极管(微波管)等;按功率分,有小功率三极管、中功率三极管、大功率三极管等;按结构分,有 NPN 型三极管和 PNP 型三极管。

1.5.2 三极管的命名方法

1. 国产三极管命名方法

三极管型号由五部分(场效应管、半导体特殊元器件、复合管、PIN 型管、激光元器件的型号命名只有第三、四、五部分)组成。五个部分含义如下。

第一部分用数字 3 表示三极管。

第二部分用字母表示半导体元器件的材料和极性,如 A——PNP 型锗材料、B——NPN 型锗材料、C——PNP 型硅材料、D——NPN 型硅材料、E——化合物等。

第三部分用汉语拼音字母表示半导体元器件的类型:P——普通管、V——微波管、W——稳压管、C——参量管、Z——整流管、L——整流堆、S——隧道管、N——阻尼管、U——光电元器件、K——开关管、X——低频小功率管($f < 3$ MHz, $P_c < 1$ W)、G——高频小功率管($f > 3$ MHz, $P_c < 1$ W)、D——低频大功率管($f < 3$ MHz, $P_c > 1$ W)、A——高频大功率管($f > 3$ MHz, $P_c > 1$ W)、T——半导体晶闸管(可控整流器)、Y——体效应器件、B——雪崩管、J——阶跃恢复管、CS——场效应管、BT——半导体特殊器件、FH——复合管、PIN-PIN 型管、JG——激光器件。

第四部分用数字表示序号。

第五部分用字母表示规格号。

例如:3DG18 表示 NPN 型硅材料高频小功率三极管。

常用的三极管有 90×× 系列,包括低频小功率硅管 9013(NPN 型)、9012(PNP 型),低噪声管 9014(NPN 型),高频小功率管 9018(NPN 型)等。它们的型号一般都标在塑壳上,而外形都一样,都是 TO-92 标准封装。

2. 日本半导体分立元器件型号命名方法

日本生产的半导体分立元器件的命名由五至七部分组成。通常只用到前五个部分,其各部分的符号含义如下。

第一部分用数字表示元器件有效电极数目或类型。0——光电(即光敏)二极管、三极管及上述元器件的组合管,1——二极管,2——三极或具有两个 PN 结的其他元器件,3——具有四个有效电极或具有三个 PN 结的其他元器件,依此类推。

第二部分为日本电子工业协会 JEIA 的注册标志。S 表示已在日本电子工业协会 JEIA 注册登记的半导体分立元器件。

第三部分用字母表示元器件使用材料极性和类型,A——PNP 型高频管,B——PNP 型低频管,C——NPN 型高频管,D——NPN 型低频管,F——P 控制极可控硅,G——N 控制极可控硅,H——N 基极单结晶体管,J——P 沟道场效

应管, K——N 沟道场效应管, M——双向可控硅等。

第四部分用数字表示在日本电子工业协会 JEIA 登记的顺序号。两位以上的整数从“11”开始, 表示在日本电子工业协会 JEIA 登记的顺序号; 不同公司的性能相同的元器件可以使用同一顺序号; 数字越大, 越是近期产品。

第五部分用字母表示同一型号的改进型产品标志。A、B、C、D、E、F 表示这一元器件是原型号产品的改进产品。

例如, 型号为 2SC1384 的日本生产的半导体分立元器件, 第一部分数字表示该元器件为三极管, 第二部分字母 S 表示日本电子工业协会 JEIA 的注册标志, 第三部分字母 C 表示 NPN 型高频管, 第四部分数字 1384 表示在日本电子工业协会 JEIA 登记的顺序号。概括起来说, 该元器件为经日本电子工业协会 JEIA 注册的 NPN 型高频三极管。

1.6 数字万用表

万用表用途广、体积小、价格低, 是最常用的测量仪表, 分为模拟(机械指针式)万用表和数字万用表两种。数字万用表具有精度高、体积小、功能强、显示直观等优点, 随着数字万用表价格的降低, 模拟万用表已面临被淘汰。

UT58A 是优利得公司生产的一款三位半(其最高位只有不显示 0 和显示 1 两种, 其他各位可显示 0~9, 故称三位半)手动量程数字万用表, 具有特大屏幕、全功能符号显示及连接提示、全量程过载保护、外观设计独特、性能优良等特点。本仪表可用于测量交/直流电压、交/直流电流、电阻、二极管、电路通断、三极管和电容。下面以 UT58A 为例介绍数字万用表的操作方法。

1. UT58A 面板结构

UT58A 外形如图 1.13 所示。面板包括 LCD 显示屏、电源按键开关 POWER、数据保持按键开关 HOLD、功能量程选择旋钮、四个输入端口等。

2. 电压测量方法

(1) 黑表笔插入 COM 插孔, 红表笔插入 V/ Ω 插孔。

(2) 将功能旋钮置于 DCV 或 ACV 量程范围, 将测试笔跨接到待测电源或负载上。

注意:

① 未知被测电压范围时, 将功能开关置于最大量程并根据需用逐渐下降;

② 如果只在左边显示“1”, 则表示过量程, 需将功能开关置于更高量程;

③ 不要测高于最大量程的直流电压或交流电压;

④ 测直流电压时, 无负号时表示红表笔接的是正极, 有负号时则相反, 测交流电压时, 显示值为正弦有效值;

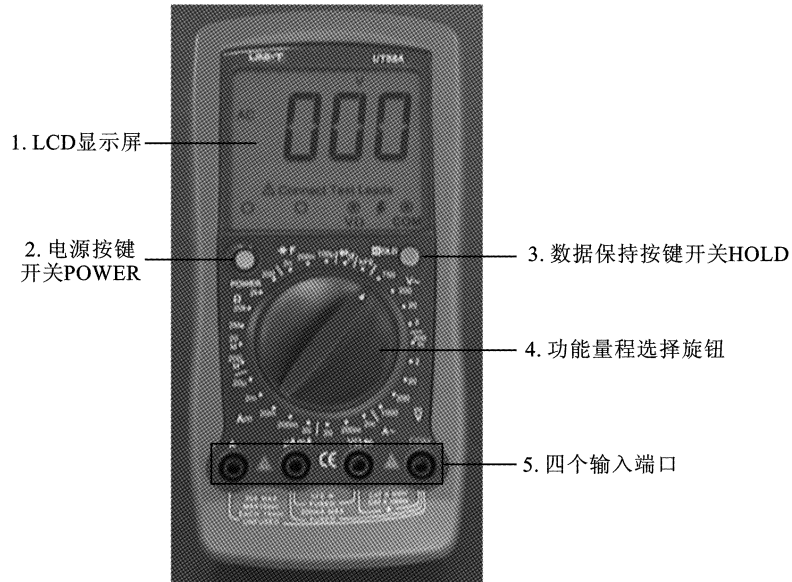


图 1.13 UT58A 外形图

⑤ 万用表输入阻抗为 $10\text{ M}\Omega$ ，过载保护电压为 1000 V ，测量高压时应避免触电，万用表的频率响应为 $40\text{ Hz}\sim 1\text{ kHz}$ 。

3. 电流测量方法

(1) 将黑表笔插入 COM 插孔。当测量最大值为 200 mA 电流时，红表笔插入 mA 插孔；当测量 $200\text{ mA}\sim 20\text{ A}$ 的电流时，红表笔插入 20 A 插孔。

(2) 功能旋钮置于 DCA 或 ACA 挡，并将表笔串联接入待测电路。

注意：

① 如果不知道被测电流范围，则将功能开关置于最大量程并逐渐下降；

② 如果只显示“1”，则表示过量程，需将功能开关置于更高量程，过载将会烧坏保险丝；

③ 特别强调，测电流时一定要将表笔串联接入待测电路，否则可能损坏万用表或电路元器件；

④ 测直流电流时，无负号时表示电流由红表笔流向黑表笔，有负号时则相反，交流电流测量显示值为有效值。

4. 电阻测量方法

(1) 将黑表笔插入 COM 插孔，红表笔插入 V/Ω 插孔（注意：红表笔极性为“+”）。

(2) 将功能旋钮置于 Ω 量程，将测试笔跨接到待测电阻上。

注意：

① 如果被测电阻值超出所选择量程,则将显示“1”,需选择更大量程,对于大于 $1\text{ M}\Omega$ 的电阻,要几秒后读数才能稳定;

② 无输入,即开路时,显示为“1”;

③ 检测在线电阻时,须确定被测电路已关电源,同时电容已放完电,方能测量;

④ $200\text{ M}\Omega$ 挡短路时约有 $1\text{ M}\Omega$ 显示,测量后应从读数中减去 $1\text{ M}\Omega$ 。

5. 二极管测量和电路通断的测量

(1) 将红表笔插入二极管测量插孔,黑表笔插入公共端插孔。红表笔极性为正,黑表笔极性为负。

(2) 从显示器上直接读取被测二极管的近似正向 PN 结压降值(单位: mV);当被测二极管开路或极性接反时,显示器将显示“1”。

(3) 测量电路通断时将表笔并联到被测电路两端,如果被测两端之间电阻大于 $70\ \Omega$,认为电路断开;被测两端之间电阻不大于 $10\ \Omega$,认为电路良好导通,蜂鸣器连续声响。可从显示屏上读取被测电路的近似电阻值。

注意:测量在线二极管和电路通断时都应关闭电源和释放电容上的残余电荷;对于硅 PN 结而言,一般为 $500\sim 800\text{ mV}$ 确定为正常值。

6. 电容测量方法

(1) 将转接插座插入“电压”和“电流”两个插孔,如图 1.14 所示。

(2) 将功能旋钮置于电容测量挡,然后将被测电容插入转接插座 C_x 对应插孔。

(3) 从显示器上直接读取被测电容值。

注意:

① 转接插座插入位置和方向,应保证转接座上的文字方向和万用表上的文字方向一致;

② 如果被测电容短路或容值超过仪表量程,显示器则将显示“1”;

③ 所有的电容在测试前必须全部放尽残余电荷。

7. 三极管 hFE(电流放大倍数)测试

万用表“hFE”挡功能是测量晶体三极管电流放大倍数,测量方法如下。

(1) 将功能旋钮置于 hFE 量程,如图 1.15 所示。

(2) 确定 NPN 型或 PNP 型,将基极、发射极和集电极分别插入相应的插孔。

(3) 万用表将显示 hFE 的近似值。

8. 数据保持

在任何测量情况下,当按下 HOLD 键时,仪表显示随即保持测量结果,再按一次 HOLD 键时,自动解除锁定,显示随机测量结果。

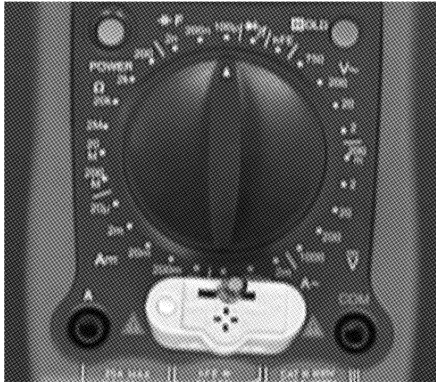


图 1.14 电容测量方法

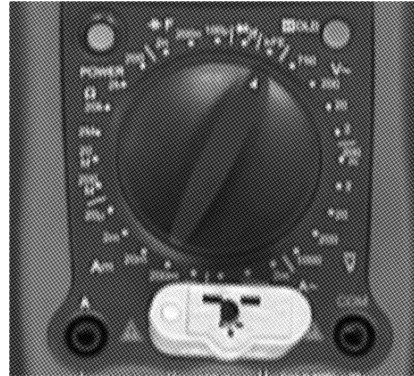


图 1.15 三极管 hFE 测量方法

9. 自动关机功能

当连续测量时间超过 15 min 时,显示器将消隐显示,仪表进入微功耗休眠状态。要唤醒时,连续按 2 次 POWER 按键即可,测量完成时应随即关闭万用表电源,以便延长万用表电池的使用时间。

10. 保养与维修

在测量电流、电容、三极管 hFE 时,仪表显示毫无反应,应确认仪表内保险丝管有无烧断,如已烧断,则应更换同规格保险丝管;当 LCD 显示欠压提示时,应更换内置电池,否则会影响测量结果。

练 习

1-1 常用电子元器件的类型、标称值、允许误差;常用电子元器件参数标注方法。

1-2 万用表的功能;万用表测量元器件的方法。

1.7 实习 用万用表测试电子元器件

1. 实习目的

- (1) 学习常用电子元器件的识别。
- (2) 掌握色环电阻的色标法。
- (3) 学会用数字万用表测量电阻、电容。
- (4) 学习用万用表测试二极管、三极管。

2. 实习设备与元器件

数字万用表、电池、电阻、电容、二极管、三极管。

3. 实习内容

(1) 电压的测量:用数字万用表的直流电压挡测量电池的开路电压。

(2) 电阻的测量:读出色环电阻的标称阻值,再用数字万用表的欧姆挡测量其电阻值,算出相对误差,填入表 1.6 中。

表 1.6 色环电阻识别与测试记录表

色环	电阻标称值/ Ω	实测值/ Ω	标称误差/%	实测误差/%

(3) 电容的测量:读出电容的标称值,再用数字万用表的电容挡测量其电容量,算出相对误差,注意电解电容的额定电压与极性,填入表 1.7 中。

表 1.7 电容器识别与测试记录表

电容标称值/ μF	电容实测值/ μF	实测误差/(%)	额定电压/V	类型

(4) 二极管的测量:用数字万用表的二极管挡判断二极管(包括发光二极管)的好坏、类型(硅管或锗管)、极性,将极性标在图 1.16 中。

(5) 三极管的测量:先用数字万用表的二极管挡判断三极管的好坏、类型(PNP 或 NPN,硅管或锗管)、管脚,再用 hFE 挡测量三极管的 hFE。将管脚名称标在图 1.16 中。

4. 思考题

(1) 常用的电阻器有哪几种? 实验室最常用的是哪一种?

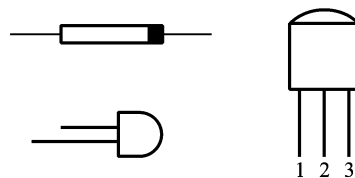


图 1.16 二极管、三极管的测试

(2) 如果确实需要 $490\ \Omega$ ($\pm 1\%$) 的电阻, 该怎么办? (提示: 序列值)

(3) 常用的电容器有哪几种? 哪几种是有极性的?

(4) 硅二极管的正向导通电压为 $0.7\ \text{V}$ 左右, 数字万用表的二极管挡测出的正向压降一般都小于 $0.7\ \text{V}$, 为什么?

(5) 用万用表的二极管挡测量某三极管的结果如下: 红表笔接管脚 1, 黑表笔接脚 2, 读数为 680; 红表笔接 1, 黑表笔接 3, 读数为 672; 其他接法读数为过量程。该管是硅三极管还是锗三极管? 是 PNP 型三极管还是 NPN 型三极管? ___ 脚是基极, ___ 脚是集电极, ___ 脚是发射极。

5. 补充说明: 如何用万用表判断三极管管脚、结构(NPN 型或 PNP 型)

三极管有三个极(e、b、c), 两个 PN 结: 发射结和集电结, 可用二极管挡测量。三个极, 交换表笔, 共 6 个测量值, 正常情况下有四个测量值会超过量程, 两个测量值是几百毫伏(其他结果说明该三极管已损坏), 重点关注得此两个结果时表笔与管脚的关系与读数。

(1) 二次测量同一表笔都连接的同一管脚是基极(b)。该表笔是红表笔则该管是 NPN 型, 是黑表笔则是 PNP 型。

(2) 比较两个几百毫伏读数, 稍小读数对应集电结(集电极), 其原因是为了易于收集载流子, 集电结通常比发射结大。再进行三极管 hFE 测试。

(3) 也可跳过 B, 根据 NPN 型或 PNP 型把 B 极正确插入, 其他二极随便插入, 进行三极管 hFE 测试, 再交换其他二极进行三极管 hFE 测试, 测量结果一次较小, 一次较大, 较大的是 hFE。

实习报告

第 2 章 常用电子仪器的使用

实验室常用电子仪器(如稳压电源、函数信号发生器和示波器等)是学生完成电工电子技术实验的必备工具。熟悉和了解常用电子仪器的基本工作原理、性能和操作方法,既能提高实验效率,又可以避免因操作不当而损坏仪器。本章着重说明稳压电源、函数信号发生器和示波器的基本工作原理、性能和操作方法,为今后的实验打下基础。

2.1 直流稳压电源

直流稳压电源是实验室的基本电子仪器,种类很多,但使用方法相近。现以石家庄无线电四厂生产的 SS3323 型三路可调直流稳压电源为例进行说明。

2.1.1 原理及说明

SS3323 型三路可调直流稳压电源具有稳压/稳流、连续可调、限流型过流保护与短路保护、自动恢复等功能,内置稳压/稳流自动切换;内置串联/并联连接电路。SS3323 型三路可调直流稳压电源主要由变压器、转换控制器、整流滤波器、辅助电源电路、基准限幅电路、电压/电流比较器、取样、紧急过载保护器、线性调整器等组成。SS3323 型三路可调直流稳压电源电路原理结构图如图 2.1 所示,电路工作原理说明如下。

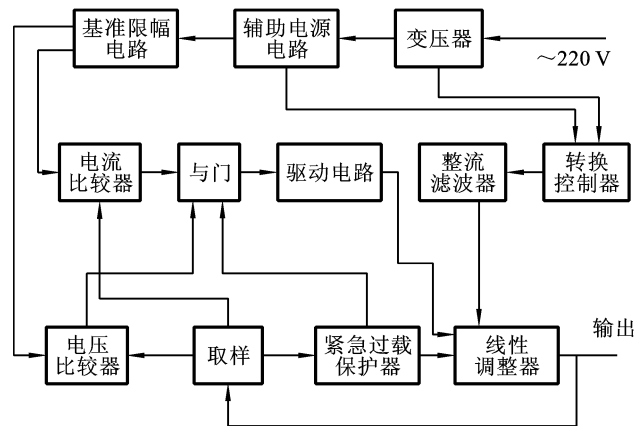


图 2.1 SS3323 型三路可调直流稳压电源电路原理结构图

1. 量程转换控制

量程转换控制由转换控制器实现。转换控制器控制继电器 K1、K2 的动作，达到换挡的目的。随着输出电压的变化，模/数转换器输出不同的数码，控制继电器动作，调整整流滤波器的输入电压。

2. 稳压/稳流控制

电压/电流比较器控制线性调整器，使电源输出电压/电流保持稳定。

在稳压工作时，电压比较器处于控制优先状态，当输入电压或负载变化时，输出电压发生相应变化，此变化量经取样送入电压比较器反相输入端与同相输入端设置的基准电压进行比较、放大，以控制线性调整器，使输出电压趋于原来数值，达到稳压目的。当电源负载过大且超过预置电流时，取样电阻上的电压将增大，此电压值送到电流比较器反相输入端与同相输入端预置的电流基准进行比较放大，输出一低电平，以控制线性调整器，使输出电流恒定在预置的电流值上，从而使电源和负载得到保护。

在稳流工作时，电流比较器处于控制优先状态，当负载加大到恒流点设定值时，电流比较器对线性调整器起控制作用，电路的工作状态由恒压转换为恒流，稳流状态的工作过程与稳压工作时过流保护的工作过程完全相同。

2.1.2 仪器面板说明

SS3323 型三路可调直流稳压电源面板如图 2.2 所示，说明如下。



图 2.2 SS3323 型三路可调直流稳压电源面板

- ① POWER: 电源开关。按下时电源接通，弹出时电源关断。
- ② 数字式电压、电流指示屏。
- ③ 1 路输出电压调节旋钮。在并联或串联输出时，调整电源的输出电压。

- ④ 2 路输出电压调节旋钮。在独立模式时,调整 2 路输出电压。
- ⑤ 1 路输出电流调节旋钮。在并联模式时,调整整体输出电流。
- ⑥ 2 路输出电流调节旋钮。在独立模式时,调整 2 路输出电流。
- ⑦ “-”输出端子:负极输出端子(黑色)。
- ⑧ 备用按钮。
- ⑨ “+”输出端子:正极输出端子(红色)。
- ⑩ GND:接地端子。
- ⑪ 跟踪模式控制钮。两个按钮组合控制三种工作模式。

第一种:当两个按钮都弹出时,电源工作在独立模式,1 路和 2 路输出完全独立。

第二种:当左按钮按下、右按钮弹出时,电源工作在串联跟踪模式,1 路(主)输出端子的负端与 2 路(从)输出端子的正端自动连接,此时 1 路和 2 路的输出电压和输出电流完全由 1 路调节旋钮控制,电源输出电压为两路输出电压之和。

第三种:当两按钮同时按下时,电源工作在并联跟踪模式。1 路输出端子与 2 路输出端子自动并联,输出电压与输出电流完全由 1 路控制,电源输出电流为两路输出电流之和。

⑫ 显示转换按钮。按钮弹出时,显示 1 路电压和电流;按钮按下时,显示 3 路电压和电流。

⑬ 输出开关。按钮按下时输出电源打开,弹起时输出电源关闭。

⑭ 3 路输出电压调节旋钮。用小平起子旋转调节旋钮,可调节 3 路输出电压,电压调节范围是 3~6 V。

⑮ 输出状态指示灯。当输出开关按下时,输出状态指示灯为绿色,表示电源输出端口有电压输出,反之电源输出端口无电压输出。

⑯ 1 路工作状态指示灯。当 1 路工作在稳压状态时,稳压指示灯(C. V.)亮;当 1 路工作在限流保护状态,限流指示灯(C. C.)亮。

⑰ 2 路工作状态指示灯。当 2 路工作在稳压状态时,稳压指示灯(C. V.)亮。在并联跟踪方式或 2 路工作在限流保护状态时,限流指示灯(C. C.)亮。

2.1.3 操作说明

1. 双路独立 12 V 电源输出

电路连接方法如图 2.3 所示,操作如下。

- (1) 打开电源开关,弹出输出开关,输出状态指示灯灭,输出关闭。
- (2) 同时将两个跟踪模式控制按钮弹起,电源输出设定在独立操作模式。
- (3) 调节两路电压调节旋钮,使输出电压指示值为 12 V。
- (4) 将两路输出电流旋钮顺时针调节到最大。

(5) 检查负载,排除短路故障,然后用连接线将两路电源输出分别与两路负载相接,注意电源极性不能接反。

(6) 按下输出开关,输出状态指示灯亮,输出接通。

注意:若输出电流设置值低于负载电流,输出电压会自动下降进行限流保护,这时应顺时针调节输出电流调节旋钮,使输出电流设置值大于负载电流。调节输出电流调节旋钮可实现“负载限流保护”功能。在独立模式中,两电源并联连接可扩大输出电流,串联连接可提高输出电压。

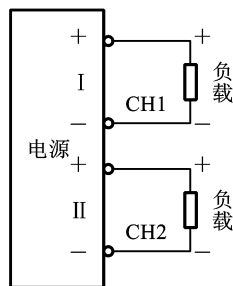


图 2.3 双路独立输出

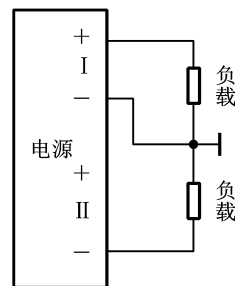


图 2.4 正、负对称电源输出

2. 正、负对称 12 V 电源输出

电路连接方法如图 2.4 所示,操作如下。

(1) 打开电源开关,弹出输出开关,关闭输出。

(2) 按下左边跟踪模式控制按钮,弹出右边跟踪模式控制按钮,使电源设定在串联跟踪模式。

(3) 将 1、2 路输出电流调节旋钮顺时针旋转到最大。

(4) 调节 1 路输出电压调节旋钮,使输出电压为 12 V,2 路输出电压跟踪 1 路输出电压。

(5) 1 路负端与 2 路正端在内部已连接,将其中的任一端作为共地端,并与负载地线相接;1 路“+”输出端为 +12 V,与负载正端相接;2 路“-”输出端为 -12 V,与负载负端相接。

(6) 按下输出开关,输出状态指示灯亮,正、负对称电源与负载接通。

特点:在跟踪模式下,2 路输出电压跟踪 1 路输出电压,调节 1 路输出电压就同时自动调节 2 路输出电压,因此特别适合于正、负对称电源输出。

注意:当 1 路出现限流保护时,两路均实现限流保护;当 2 路出现限流保护时,仅 2 路实现限流保护。

2.1.4 主要技术指标

(1) 独立输出:2 路 0~32 V/0~3 A;1 路 3~6 V/3 A。

- (2) 串联输出: $0\sim 64\text{ V}/0\sim 3\text{ A}$ 。
- (3) 并联输出: $0\sim 32\text{ V}/0\sim 6\text{ A}$ 。
- (4) 输出阻抗: $\leq 60\text{ M}\Omega$ 。
- (5) 电压: $\text{AC } 220\text{ V}(1\pm 10\%)$ 。
- (6) 频率: $50\text{ Hz}(1\pm 5\%)$ 。
- (7) 环境温度: $0\sim 40\text{ }^\circ\text{C}$ 。
- (8) 相对湿度: $20\%\sim 90\%\text{ RH}(40\text{ }^\circ\text{C时})$ 。

2.2 函数信号发生器

函数信号发生器是电子技术实验室及教学、科研必备的理想设备。EE1641B1型和EE1641D型函数信号发生器/计数器是由南京新联电子设备有限公司生产的一种精密测试仪器;它具有连续信号、扫频信号、函数信号、脉冲信号等多种输出信号和外部测频功能。EE1641D型函数信号发生器在EE1641B1型函数信号发生器基础上增加了功率输出和单脉冲输出两个功能,主要技术指标与EE1641B1型函数信号发生器的基本相同,面板结构和使用操作也一样。下面以EE1641D型函数信号发生器为例作介绍。

2.2.1 原理及说明

EE1641D型函数信号发生器能直接产生正弦波、三角波、方波、锯齿波和脉冲波,且具有VCF(电压控制频率)输入控制功能。TTL/CMOS与OUTPUT同步输出。直流电平可连续调节,频率计可用于内部频率显示,也可用于外测频率,电压用LED显示。

EE1641D型函数信号发生器工作时,由 V/I (电压-电流)变换器产生 $I_{\text{up}}=I_{\text{down}}$ 的两个恒流源。恒流源对时基电容器 C 进行充电和放电,电容器的充电和放电使电容器上的电压随时间增加而分别呈线性上升和线性下降,因而在电容器两端得到三角波电压。三角波电压经方波形成电路得到方波电压。三角波电压经正弦波形成电路得到正弦波电压,最后经过功率放大电路输出。

2.2.2 仪器面板说明

EE1641D型函数信号发生器面板如图2.5所示,说明如下。

- ① 频率显示窗口。显示输出信号的频率和外测信号的频率。
- ② 幅度显示窗口。显示函数信号输出的电压幅度。
- ③ 扫描速率调节旋钮。调节此旋钮可以改变扫描的时间长短,在测外频时,逆时针旋到底(绿灯亮),输入信号即可经过低通开关进入测量系统。

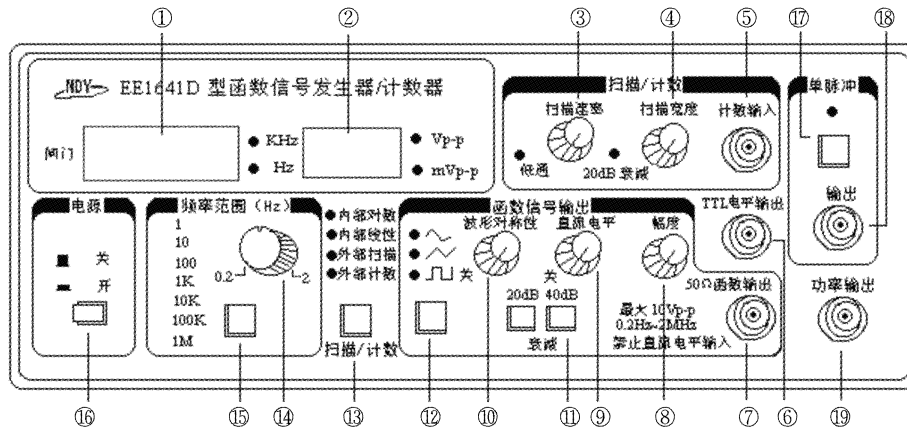


图 2.5 EE1641D 型函数信号发生器面板

④ 扫描宽度调节旋钮。调节此旋钮可调节扫频输出的扫频范围。在测外频时，逆时针旋转到底(绿灯亮)，输入信号即可经过衰减“20 dB”进入测量系统。

⑤ 计数输入端。当“扫描/计数”按钮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 电平输出端。输出标准的 TTL 幅度的脉冲信号，输出阻抗为 600 Ω。

⑦ 50 Ω 函数输出端。输出多种波形受控的函数信号，输出 V_{p-p} 幅度为 20 V(1 M 负载)，10 V(50 Ω 负载)。

⑧ 函数信号输出幅度调节旋钮。调节范围为 0~20 dB。

⑨ 函数信号输出信号直流电平预置调节旋钮。调节范围为 -5~+5 V(50 Ω 负载)，当旋钮处在中心位置时，输出为 0 电平。

⑩ 输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，当旋钮处在中心位置时，输出对称信号波形。

⑪ 函数信号输出衰减开关。“20 dB”、“40 dB”按钮均不按下，输出信号不经过衰减，直接输出到插座口，“20 dB”、“40 dB”按钮分别按下，则可分别选择 20 dB、40 dB 的衰减。

⑫ 函数信号输出波形选择按钮。可选择正弦波、三角波、脉冲波输出。

⑬ “扫描/计数”按钮。可选择多种扫描方式和外测频方式。

⑭ 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 0.2~2。

⑮ 频率范围选择按钮。每按一次此按钮可改变输出频率的一个频段。

⑯ 整机电源开关。此按钮按下时，整机电源接通，整机工作。此按钮释放时关掉整机电源，整机停止工作。

⑰ 单脉冲按钮。控制单脉冲输出,每按动一次此按钮,单脉冲输出,输出电平翻转一次。

⑱ 单脉冲输出端。单脉冲由此端口输出。

⑲ 功率输出端。提供大于 4 W 的音频信号功率输出,此功能仅对“ $\times 100$ ”、“ $\times 1\text{ k}$ ”、“ $\times 10\text{ k}$ ”挡有效。

2.2.3 EE1641D 型函数信号发生器使用说明

1. 50 Ω 主函数信号输出

现以输出峰值为 200 mV,频率为 2 kHz 的正弦波为例,来说明函数信号的输出过程。

(1) 连接与 50 Ω 匹配的测试电缆,并将函数信号输入到示波器进行显示和测量。

(2) 打开电源,选择输出信号频段“ $\times 10$ ”挡,调节频率范围选择按钮,使输出信号频率为 2 kHz。

(3) 选择输出波形为正弦波。

(4) 将输出波形对称性调节旋钮打在“关”位置,避免输出不对称波形。

(5) 将直流电平预置调节旋钮打在“关”位置,使输出波形的直流分量为零,否则会产生直流偏移。

(6) 调节输出幅度旋钮,使函数发生器上输出波形的峰值为 2 V。

(7) 按下“20 dB”按钮,使输出信号衰减 1/10,这样输出信号峰值即为 200 mV。

(8) 用示波器对函数信号发生器的输出信号进行精确测量,进一步对信号频率和幅度进行微调,直到输出信号符合要求为止。这里强调的是,输出信号的频率和幅度应以示波器测量数据为准。

2. TTL 脉冲信号输出

现以输出信号频率为 500 Hz 方波为例,来说明 TTL 脉冲信号的输出过程。

(1) 将测试电缆与 TTL 信号输出端连接,并将 TTL 脉冲信号输入到示波器进行显示和测量。

(2) 打开电源,选择输出信号频段“ $\times 1$ ”挡;调节频率范围选择按钮,使输出信号频率为 500 Hz。

(3) 用示波器对 TTL 脉冲信号进行精确测量,进一步对信号频率进行微调,直到输出信号频率符合要求为止。此时输出信号为标准的 TTL 幅度的脉冲波信号。

3. 功率输出

相比于 EE1641B1 型函数信号发生器,EE1641D 在 $50\ \Omega$ 函数输出信号后面增加了一级功放,使函数发生器的输出功率不小于 $4\ \text{W}$,提高了函数信号发生器带负载能力;输出频率范围为 $15\ \text{Hz}\sim 40\ \text{kHz}$ 。

4. 单脉冲输出

按一下单脉冲按钮,单脉冲输出端输出一正脉冲,即输出电平由 $0\ \text{V}$ 跳变到 $+5\ \text{V}$;再按一下单脉冲按钮,单脉冲输出端就输出一负脉冲,即输出电平由 $+5\ \text{V}$ 跳变回 $0\ \text{V}$ 。

5. 内扫描/扫频信号输出

“扫描/计数”按钮⑬选定为内扫描方式,分别调节扫描速率调节旋钮③和扫描宽度调节旋钮④获得所需的扫描信号输出。 $50\ \Omega$ 函数输出端⑦和 TTL 电平输出端⑥均输出相应的内扫描的扫频信号。

6. 外扫描/扫频信号输出

扫描/计数按钮⑬选定为外扫描方式,由计数输入端⑤输入相应的控制信号,即可得到相应的受控扫描信号。

7. 外测频功能

将扫描/计数按钮⑬选定为外计数方式,用测试电缆将待测信号输入到计数输入端⑤。

2.3 模拟示波器

GOS-620 示波器是频宽从直流至 $20\ \text{MHz}$ 的可携带式双通道模拟示波器,灵敏度最高可达 $1\ \text{mV}/\text{div}$;放大 10 倍时最小扫描时间为 $100\ \text{ns}/\text{div}$;显示器采用内附红色刻度线的直角阴极射线管制作;坚固耐用,操作简单,可靠性高。

2.3.1 仪器面板说明

GOS-620 示波器面板如图 2.6 所示,现说明如下。

1. CRT 显示屏

- ① 显示屏。
- ② POWER:电源主开关。
- ③ INTEN(intensity, 辉度):轨迹及光点亮度控制旋钮。
- ④ FOCUS(focus, 聚焦):轨迹聚焦调整旋钮。
- ⑤ TRACE ROTATION:轨迹水平调整旋钮。
- ⑥ 电源指示灯。

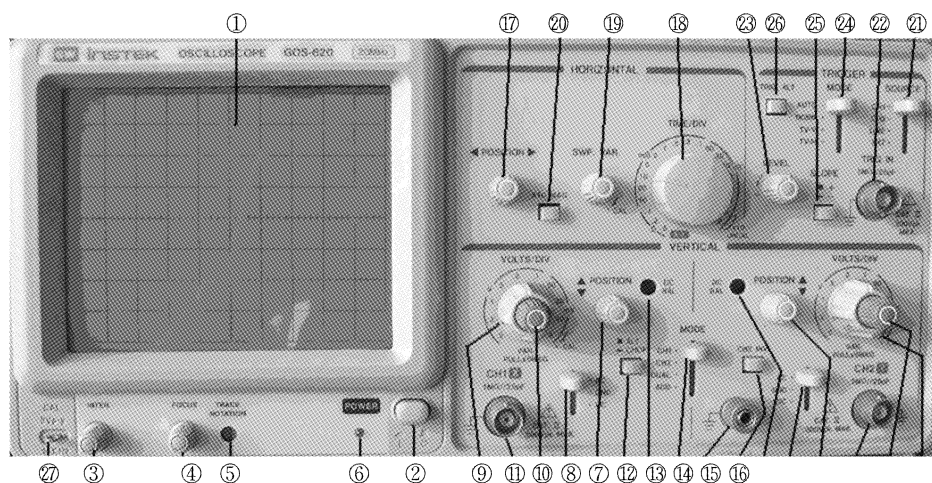


图 2.6 GOS-620 示波器面板图

2. VERTICAL 垂直偏向

⑦ \blacklozenge POSITION: 轨迹及光点的垂直位置调整旋钮, 初始位置位于中央。

⑧ AC-GND-DC: 输入信号耦合选择按钮。DC, 输入信号直接耦合, AC(交流)与 DC(直流)信号一齐输入放大器; GND, 隔离信号输入, 并将垂直输入端接地, 使之产生一个零电压参考信号; AC, 容许交流信号输入, 禁止直流或极低频信号输入。

注意: 若被测信号是交直流叠加的信号, 将输入信号耦合选择按钮置于 AC 位置时, 则被测信号中的直流电压信号被隔离, 示波器仅显示被测信号中的交流信号。若要显示被测信号中的全部信号, 则应将输入信号耦合选择按钮置于 DC 位置。

⑨ VOLTS/DIV(voltage/division, 伏/格): 垂直衰减选择旋钮, 共 10 挡, 初始挡位为 0.5 V/div。

⑩ VARIABLE: 灵敏度微调控制旋钮, 至少可调到显示值的 1/2.5。顺时针转到 CAL 位置时, 灵敏度即为挡位显示值。旋钮的初始位为 CAL 位置; 当此旋钮拉出时, 垂直放大器灵敏度扩大 5 倍。旋钮的初始位为压下状态。

⑪ CH1(X)输入: CH1 的垂直输入端。

⑫ 12ALT/CHOP(alternate/chop): 交替/切割模式按钮。在双轨迹模式下, 此按钮凸起, 则通道 1 和通道 2 的输入信号以交替扫描方式轮流显示, 一般用于较快速水平扫描方式; 此按钮按下, 则通道 1 和通道 2 的输入信号以大约 250 kHz 斩切方式显示, 一般用于较慢速水平扫描方式。按钮的初始位为凸起状态。

⑬ DC BAL(balance,平衡):调整垂直直流平衡点,将 CH1 输入耦合设在 GND 位。重复转动垂直衰减选择旋钮,调整该旋钮直到时基线不再移动为止。

⑭ VERT MODE(vertical mode,垂直模式):垂直操作模式选择开关。CH1,CH1 单通道方式工作;CH2,CH2 单通道方式工作;DUAL,CH1 及 CH2 双通道方式工作;ADD,CH1 及 CH2 的信号相加方式工作。

⑮ GND:本示波器接地端子。

⑯ CH2 INV(inversion):信号极性选择按钮。此按钮按下时,CH2 的信号将会被反向按钮的初始位为凸起状态。信号极性选择按钮按下及垂直操作模式选择开关置于 ADD 时可以实现 CH1 信号与 CH1 信号相减。

注意:测量信号电压时,灵敏度微调控制旋钮要转到 CAL 位置,否则测量不准。

3. 水平偏向

⑰ ◀ POSITION ▶:轨迹及光点的水平位置调整旋钮,初始位置位于中央。

⑱ TIME/DIV(时间/格):扫描时间选择旋钮,扫描时间范围从 $0.2 \mu\text{s}/\text{div} \sim 0.5 \text{ s}/\text{div}$ 共 20 个挡位。X-Y,设定为 X-Y 模式,此时 CH1 为 X,CH2 为 Y。

⑲ SWP. VAR:扫描时间可变控制旋钮,初始位置位于 CAL。逆时针旋转此旋钮,扫描时间可延长为指示数值的 2.5 倍;顺时针旋转此旋钮到底,即 CAL 位置,则扫描时间由扫描时间选择旋钮确定。

⑳ $\times 10$ MAG:水平放大按钮,初始位凸起。按下此按钮可将扫描时间放大 10 倍,一般用于观察局部波形。

注意:测量信号周期或相位时,水平放大按钮凸起,扫描时间可变控制旋钮转到 CAL 位置,否则测量不准。

4. TRIGGER 触发

㉑ SOURCE:内部触发源信号及外部触发输入信号选择按钮,初始位为 CH1。CH1,以 CH1 输入端的信号作为内部触发源;CH2,以 CH2 输入端的信号作为内部触发源;LINE,以 AC 电源线频率作为触发信号源;EXT(exterior),以从 TRIG. IN 端子输入的信号作为外部触发信号源。一般情况下,应把被测信号作为内部触发源信号。

㉒ EXT TRIG. IN:外部触发信号输入端子。

㉓ LEVEL:触发电平调整旋钮,调节此旋钮可以设定波形的起始点,初始位置位于中央。将旋钮向“+”方向旋转,触发电平会向上移;将旋钮向“-”方向旋转,则触发电平向下移。

注意:若触发电平超出波形范围,示波器会显示出不稳定的波形,这时调节此旋钮能使显示波形稳定。

⑳ TRIGGER MODE:触发模式选择开关,初始位为 AUTO(automatic)。AUTO 为自动触发模式。当没有触发信号或触发信号小到无法触发扫描时,该模式将自动产生触发扫描。该模式一般在直流测量及信号振幅非常低的情况下使用。若触发信号能正常触发,则应切回到 NORM 模式,因为 NORM 模式的灵敏度更好。NORM 为标准触发模式。当没有触发信号时,扫描将处于预备状态,屏幕上不会显示任何轨迹。当触发信号超过触发电位时,产生一次扫描线;TV-V 为电视垂直同步信号触发模式,用于观测电视信号的垂直画面信号。TV-H 为电视水平同步信号触发模式,用于观测电视信号的水平画面信号。

㉑ SLOPE:触发斜率选择按钮,初始位凸起。“+”凸起时为正斜率触发,当信号正向通过触发准位时进行触发;“-”压下时为负斜率触发,当信号负向通过触发准位时进行触发。

㉒ TRIG. ALT:触发电源交替设定按钮,初始位为凸起。该按钮按下时为交替触发方式,适合于显示两不同步信号,并且要求垂直通道交替/切割模式处于交替模式;该按钮凸起时为单触发方式。

5. 校准信号输出

㉓ CAL(2 V):输出峰-峰值为 2 V、1 kHz 方波校准信号,用于校正探棒及检查垂直偏向的灵敏度。

2.3.2 操作说明

1. 探棒校正及垂直偏向灵敏度检查

- (1) 将示波器自带的方波校准信号输入到 CH1。
- (2) 探棒上的衰减开关置于“×10”挡。
- (3) 将 CH1 垂直衰减选择钮转至 50 mV 位置。
- (4) 调整探棒上的补偿螺丝,使方波信号最平坦。
- (5) 测量波形 V_{pp} (峰-峰值)是否为 2 V。

注意:测量电压时应将垂直灵敏度微调控制旋钮 VARIABLE 压下并顺时针旋转此旋钮到底,否则测量不准。

2. 交/直流电压测量方法

从信号源输出一带直流分量的正弦信号,测量交、直流分量。操作步骤如下。

- (1) 将垂直操作模式选择开关置于“CH1”位置。
- (2) CH1 输入信号耦合开关置于 GND 位置。
- (3) 触发信号源选择按钮置于“CH1”位置。

(4) 触发模式选择开关置于自动触发模式;等待显示屏上出现一直线轨迹,出现后,调节垂直位置调整旋钮使直线轨迹与中心刻度线重合。

- (5) 将带直流分量的正弦信号输入到 CH1。
- (6) CH1 输入信号耦合开关置于 AC 位置。
- (7) 触发模式选择开关置于 NORM 位置。若波形不稳,则调节触发电平调整旋钮使波形稳定。
- (8) 调整垂直衰减选择旋钮使波形高度大约为显示屏高度的 2/3。
- (9) 调节扫描时间选择旋钮使显示屏显示 1~2 周波形。
- (10) 读正弦波幅值或峰-峰值 V_{pp} :读波形的最高位置到中心刻度线或最高位置到最低位置的垂直格数,该值乘以垂直衰减挡位值,其结果就是正弦波幅值或峰-峰值 V_{pp} 。
- (11) CH1 输入信号耦合开关置于 DC 位置,读波形的最高位置到中心刻度线的垂直格数,该值乘以垂直衰减挡位值,再减去正弦波幅值,结果即为直流分量。

3. 相位差的测量方法

测 RC 移相电路输入、输出电压的相位差,电路如图 2.7 所示(屏幕上显示此图)。操作步骤如下。

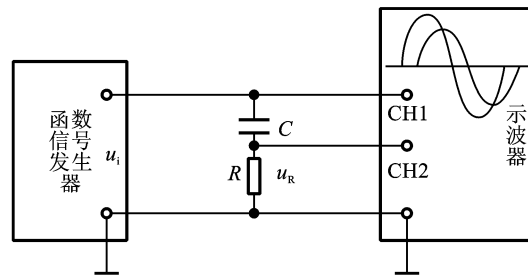


图 2.7 正/负对称电源

- (1) 将垂直操作模式选择开关置于双通道方式 DUAL 位置。
- (2) CH1、CH2 输入信号耦合开关均置于 GND 位置。
- (3) 触发信号源选择开关置于 CH1 位置。
- (4) 触发模式选择开关置于自动触发模式 AUTO 位置,等待显示屏上出现两条水平直线轨迹,出现后,调节两路垂直位置调整旋钮使两直线轨迹均与中心刻度线重合。
- (5) 将 RC 电路正弦输入信号接到 CH1,输出信号接到 CH2。
- (6) CH1、CH2 输入信号耦合开关置于 AC 位置。
- (7) 触发模式选择开关置于 NORM 位置;若波形不稳,则调节触发电平调整旋钮使波形稳定。
- (8) 调整垂直衰减选择旋钮使波形高度大约为显示屏高度的 2/3。

(9) 调节扫描时间选择旋钮使显示屏显示 1~2 周波形。

(10) 读时间差:读两信号相邻正向过零点水平格数,该值乘以扫描时间挡位值,结果即为两信号时间差。

(11) 测周期:读 CH1 信号的两相邻正向过零点水平格数,该值乘以扫描时间挡位值,结果即为周期。

(12) 计算相位差:相位差等于时间差乘以 360° ,再除以周期。

注意:测量周期时将扫描时间可变控制旋钮 SWP. VAR 压下并顺时针旋转此钮到底,否则测量不准。

2.3.3 主要技术指标

(1) 垂直灵敏度:5 mV/div~5 V/div。

(2) 垂直灵敏准确度: $\leq 3\%$ 。

(3) 频宽:DC~20 MHz($\times 5$ MAG:DC~7 MHz);AC 耦合,最低限制频率 10 Hz(频响于-3 dB 时,参考频率为 100 kHz,8 div)。

(4) 上升时间:约 17.5 ns($\times 5$ MAG:约 50 ns)。

(5) 输入阻抗:约 1 M Ω // 约 25 pF。

(6) 线性度:当在刻度线中央的 2 div 波形垂直移动时,振幅变化在 ± 0.1 div 之内。

(7) 最大输入电压:300 V(DC+AC peak),AC 频率为 1 kHz 或较低的频率。

(8) 触发源灵敏度:20 Hz~2 MHz,0.5 V/div;TRIG-ALT,2 V/div;EXT,200 mV;2~20 MHz,1.5 V/div;TRIG-ALT,3 V/div;EXT,800 mV;TV,同步脉波 1 V/div(EXT,1 V)。

(9) 扫描时间:0.2 μ s/div~0.5 s/div,依 1—2—5 顺序共 20 挡。

(10) 扫描时间准确度:3%。

(11) 可变扫描时间控制:面板显示值的 1/2.5。

(12) 扫描放大倍率:10 倍(最高扫描时间为 100 ns/div)。

(13) 10MAG 扫描时间准确度:5%(20 ns&50 ns 未校准)。

(14) 线性度:3%,10MAG,5%(20 ns&50 ns 未校准)。

(15) X-Y 模式灵敏度:与垂直轴相同。

(16) X-Y 模式频宽:DC~500 kHz。

(17) X-Y 轴相位差:DC~50 kHz 时不大于 3%。

(18) 电源电压:AC 230 V $\pm 15\%$,频率为 50 Hz。

(19) 功率消耗:35 W(Max)。

2.4 数字存储示波器

这里以泰克 TDS1002 型数字存储示波器为例,介绍数字存储示波器的主要功能和使用方法。TDS1002 型数字存储示波器具有 60 MHz 带宽;每个通道具有 1 GS/s 取样率和 2500 点记录长度;具有自动测量、自动设定、波形存储及调出、温度补偿等功能,是一种小巧、轻便、便携式数字双通道存储示波器。

2.4.1 仪器面板

TDS1002 型数字存储示波器面板如图 2.8 所示。前面板功能可分为显示区、垂直控制区、水平控制区、触发区、菜单及控制功能区等五个部分。另有五个菜单按钮、三个输入连接端口。现说明如下。

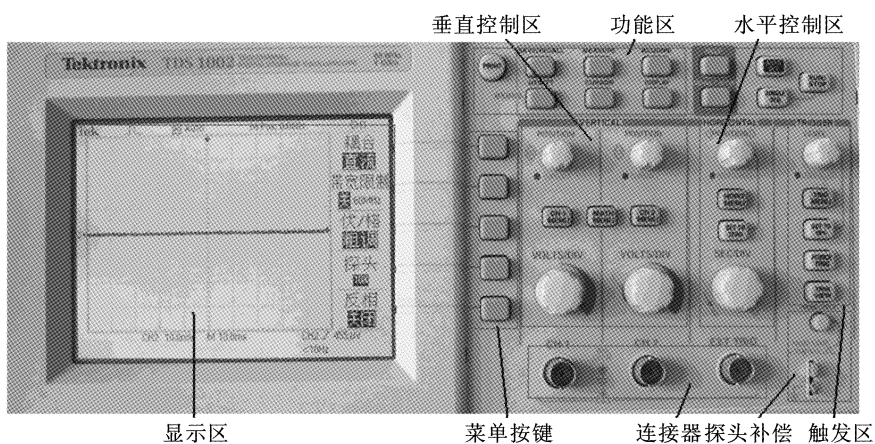


图 2.8 TDS1002 型数字式存储示波器面板图

1. 显示区

显示屏幕除显示图像外,还显示出许多有关波形和示波器控制设置的细节。显示区如图 2.9 所示。现说明如下。

图标①:采集模式。按下功能按钮 ACQUIRE(采集),可选择不同的采集模式。

图标②:触发状态显示。触发状态有多种。

图标③:显示水平触发位置。旋转水平位置旋钮可调整标记位置。

符号④:表示中心刻度线的时间,以触发时间为零。

图标⑤:显示边沿脉冲触发电平,旋转触发电平旋钮可调整触发电平。

标记⑥:显示波形的接地参考点。如没有标记,不会显示通道。

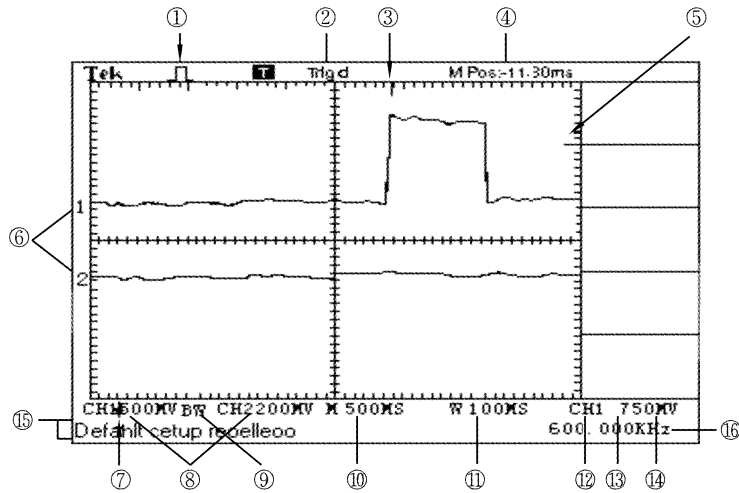


图 2.9 显示屏图像

- 箭头⑦:表示波形是反相的。
- 数字⑧:显示通道的垂直刻度系数。
- 符号⑨:表示对应通道是带宽限制的。
- 数字⑩:显示主时基设置,表示水平单元格的扫描时间。
- 数字⑪:显示视窗扩展时的窗口时基设置。
- 符号⑫:显示触发所使用的触发源。
- 图标⑬:显示触发类型,通过触发菜单来选择。
- 文字⑭:表示“边沿”触发电平。
- 文字⑮:显示有用信息,有些信息仅显示 3 s。
- 数字⑯:显示触发频率。

2. 垂直控制区

垂直控制区的控制按钮可以用来显示波形,调节垂直标尺和位置,以及设定输入参数。垂直控制区如图 2.10 所示,控制按钮功能说明如下。

旋钮①:光标位置控制旋钮,用于调节光标或信号波形在垂直方向上的位置。

旋钮②:伏特/格(V/div),垂直刻度选择旋钮。调节范围为 2 mV/div~5 V/div。

按钮③:CH1 和 CH2 菜单按钮,按下 CH1

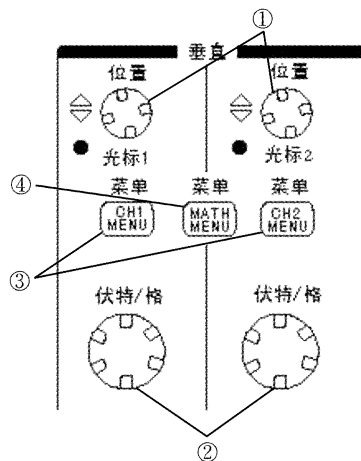


图 2.10 垂直控制按钮示意图

菜单按钮,CH1 打开,再按下该按钮,CH1 关闭。通道打开后,显示屏右侧会显示垂直输入控制的功能列表,它包括的功能如下。

耦合功能项:按相应的菜单按钮可实现耦合方式的切换。

带宽限制功能项:按相应的菜单按钮,带宽限制打开,示波器带宽降为 20 MHz,高于 20 MHz 的高频噪音被限制;再按下此按钮时,带宽限制关闭,示波器带宽变为 60 MHz。

伏特/格功能项:按相应的菜单按钮进行粗调、细调切换。

探头功能项:按相应的菜单按钮选择探头的衰减系数。探头衰减系数共分 1×、10×、100×、1000× 四挡。根据被测信号的幅值选取其中一个值。

反相功能项:按相应的菜单按钮关闭或开启反相功能,控制显示波形与对应实际波形同相或反相。

按钮④:MATH MENU,数学运算菜单按钮。按下该按钮,显示屏显示数学运算操作指令,再按相应的菜单按钮,执行波形的数学运算,如加法、减法、FFT 等。

3. 水平控制区

水平控制区的控制按钮可以用来改变主时基、视窗设定、视窗扩展、调整水平位置等。水平控制按钮如图 2.11 所示。控制钮功能说明如下。

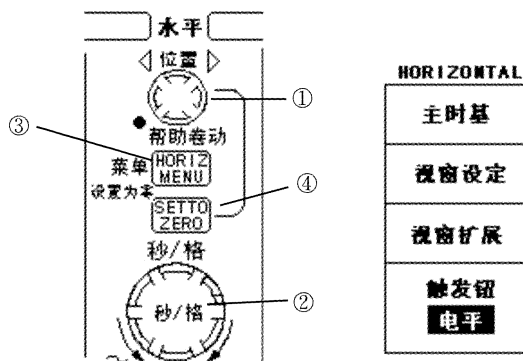


图 2.11 水平控制钮示意图

旋钮①:水平位置调整旋钮,用于调整显示屏幕上所有光标或信号波形在水平方向上的位置。

旋钮②:秒/格旋钮,旋转秒/格旋钮,调节主时基或窗口时基。

按钮③:HORIZ MENU,水平菜单按钮。按下此按钮,显示水平功能表,如图 2.11 右侧所示。水平功能表包括的功能项如下。

主时基功能项:按相应的菜单按钮,旋转秒/格旋钮,即可改变主时基。

视窗设定功能项:按相应的菜单按钮,转动水平位置调整旋钮,确定两个光

标的位置;转动秒/格旋钮,确定两个光标的距离,视窗设定完成。

视窗扩展功能项:按相应的菜单按钮,观测视窗设定范围内的波形。

触发钮/电平功能项:按相应的菜单按钮,选择电平或释抑功能。

按钮④:SET TO ZERO,“设置为零”按钮。按下该按钮,将水平位置设置于零位置。

4. 触发控制区

触发控制按钮用于控制与触发有关的操作。触发控制按钮如图 2.12 所示。控制按钮功能说明如下。

按钮①:触发电平旋钮,旋转触发电平旋钮,可调整触发电平值。

按钮②:TRIG MENU,触发菜单按钮。按下此按钮,再按类型菜单按钮,选择触发类型。

按钮③:SET TO 50%,50%设置按钮,按下此按钮,将触发电平设置为触发信号峰值的垂直中点。

按钮④:FORCE TRIG,强制触发按钮。按下此按钮,不管触发信号是否适当,都完成采集。

按钮⑤:TRIG VIEW,触发视图按钮。按下此按钮,显示触发波形而不显示通道波形。

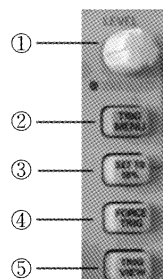


图 2.12 触发控制按钮示意图

5. 菜单和控制按钮

菜单和控制按钮如图 2.13 所示。按钮功能说明如下。

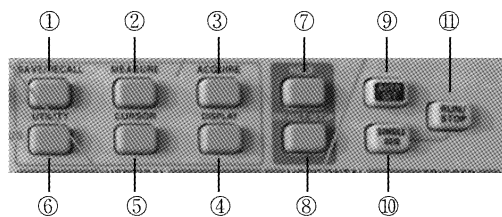


图 2.13 菜单和控制按钮示意图

按钮①:SAVE/RECALL,保存/调出按钮。用于存储/调出仪器的设置和波形。

按钮②:MEASURE,测量按钮。按下此按钮,显示自动测量菜单。

按钮③:ACQUIRE,采集按钮。按下此按钮,显示采集菜单。

按钮④:DISPLAY,显示按钮。按下此按钮,显示显示菜单。

按钮⑤:CURSOR,光标按钮。按下此按钮,显示光标菜单。可进行电压和

时间的测量。

按钮⑥:UTILITY,辅助功能按钮。按下此按钮,显示辅助功能菜单。

按钮⑦:HELP,帮助按钮。按下此按钮,显示帮助菜单按。

按钮⑧:DEFAULT SETUP,默认设置按钮。按下此按钮,调出厂家设置。

按钮⑨:AUTO SET,自动设置按钮。按下此按钮,示波器根据被测波形自动设置系统显示功能配置。

按钮⑩:SINGLE SEQ,单次序列按钮。按下此按钮,采集单个波形,然后停止。

按钮⑪:RUN/STOP,运行/停止按钮。按下此按钮,连续采集或停止采集波形。

2.4.2 操作说明

1. 探头检查及设置

使用仪器之前,一定要检查探头连接、补偿、设置是否正确,操作方法如下。

(1) 将 P2200 探头上的衰减开关拨到 10×挡并连接到 CH1,探头另一端连到探头元器件连接器上。按下自动设置按钮,再按下探头检查按钮,等待检查。

(2) 若显示屏幕显示探头设置不匹配,则按菜单按钮进行匹配。

(3) 观察波形,若波形过补偿或欠补偿,用自带起子调整探头使补偿正确。

(4) 再按下探头检查按钮,直到显示屏显示探头检查合格为止。

注意:只有将探头衰减开关设置为 10×挡,示波器带宽才为全带宽 60 MHz;而探头衰减开关设置为 1×挡时,示波器带宽将限制为 6 MHz。

2. 自校正

自校正的目的是使示波器以最大测量精度优化示波器信号路径。可以在任何时候运行此程序,但如果环境温度变化超过 5℃,则应运行此程序。具体操作为:断开所有输入端口上的探头,按下辅助功能按钮,选择自校正,再按“确定”按钮,等待片刻,显示屏幕上会显示自校正合格的信息。

3. 自动测量法与光标测量法

以测量某信号的周期和峰-峰值为例,自动测量法操作方法如下。

(1) 从探头元器件连接器上输出一方波信号到 CH1,按下自动设置按钮。

(2) 按下自动测量按钮 MEASURE。

(3) 按第一个菜单按钮,出现信源和类型选择项。

(4) 按信源菜单按钮,选中 CH1。

(5) 按类型菜单按钮,选中周期,周期值显示在下方。

(6) 按返回菜单按钮。

(7) 按第二个菜单按钮,重复步骤(4)、(5),类型选峰-峰值,峰-峰值显示在

下方。

(8) 按返回菜单按钮,完成信号周期和峰-峰值的自动测量。

4. 光标测量法

以测量某信号周期和峰-峰值为例,光标测量法操作方法如下。

(1) 从探头元器件连接器上输出一方波信号到 CH1,按下自动设置按钮。

(2) 按下光标测量按钮 CURSOR。

(3) 按类型菜单按钮,选中电压条目,光标 1、光标 2 指示灯亮,表示光标测量功能激活。

(4) 按下信源菜单按钮,选择 CH1。

(5) 转动光标 1 旋钮,使水平光标 1 与波形最低点重合。

(6) 转动光标 2 旋钮,使水平光标 2 与波形最高点重合。

(7) 读显示屏上增量值,即为电压峰-峰值。

(8) 按类型菜单按钮,选中时间条目。

(9) 转动光标 1 旋钮,使垂直光标 1 与被测波形过零点重合。

(10) 转动光标 2 旋钮,使垂直光标 2 与相邻周波过零点重合。

(11) 读显示屏增量值,即为周期。

总结:自动测量法属于智能化测量;光标测量法属于手动测量,测量精度与人为因素有关,但测量灵活。

5. 采集方式选择方法

数字存储示波器采集模式有三种:取样模式、峰值检测模式和平均值模式。波形显示和采集模式与时基设置有关,根据输入信号的频率、噪声等情况选择采集模式。

现从测试板上输出一带高频毛刺的低频调幅信号到示波器 CH1,注意观察在不同的采集模式下波形的变化。

(1) 将通道 1 探头连接到测试板 10 Hz 调幅信号输出端。

(2) 按下采集按钮 ACQUIRE。

(3) 选择取样模式。

(4) 转动秒/格旋钮,调节主时基为 500 ms。观察波形,要求波形几乎看不出高频毛刺。

(5) 按下峰值检测菜单按钮,观察波形,可以看到很多高频毛刺。

(6) 按下平均值菜单按钮,观察波形,几乎看不出高频毛刺。

总结:取样模式多数情况下可以精确表示信号,但是,此模式不能采集取样之间可能发生的快速信号的变化,可能会漏掉窄脉冲并导致假波现象,这时应采用峰值检测模式;峰值检测模式用于捕捉信号中可能的高频毛刺;平均值模式通常可以减少随机噪声,并且平均次数越多,波形细节越清楚。

6. 触发控制方法

有些波形比较简单,如正弦波、方波、三角波等,它们的共同点是每个周期只有一个电平触发点,使用一般的触发功能即可,操作方法与模拟示波器的相似;而有些波形比较复杂,如各种调制波、脉冲序列等,它们的共同点是每个周期有多个电平触发点,必须使用高级触发功能。下面介绍其中的两个触发功能。

1) 脉冲触发控制方法

(1) 从测试板的 PN1 端子输出脉冲序列信号到 CH1。

(2) 按下自动设置按钮,波形出现混叠。

(3) 按下运行/停止按钮,停止示波器取样,估测最大正脉冲的宽度,再按下运行/停止按钮,示波器开始取样。

(4) 按下触发菜单按钮。

(5) 按下类型菜单按钮,选择脉冲选项。

(6) 按下时机菜单按钮,选择 \geq 选项。

(7) 按下设脉冲菜单按钮,触发电平指示灯点亮。

(8) 以估测脉冲的宽度为目标,调节触发电平旋钮,使波形稳定,脉冲触发操作完成。

总结:脉冲触发方式非常适合于测量脉冲序列。

2) 释抑触发控制

(1) 从测试板的 PN1 端子输出脉冲序列信号到 CH1。

(2) 按下自动设置按钮,波形出现混叠。

(3) 按下运行/停止按钮,停止示波器取样,估测大周期,再按下运行/停止按钮,示波器开始取样。

(4) 按下水平菜单按钮。

(5) 按下触发菜单按钮,选择释抑选项,触发电平指示灯点亮。

(6) 以估测大周期为目标,调节触发电平旋钮,使波形稳定,释抑触控制发操作完成。

总结:释抑触发控制非常适合于测量调制波、脉冲序列等复杂波形,释抑时间应与信号的大周期相当。

7. 单次触发操作

(1) 连接信号源上单次信号到 CH1。

(2) 调节 CH1 伏/格按钮和水平控制秒/格按钮到合适位置,以便查看信号。

(3) 按下采集按钮 ACQUIRE。

(4) 按下峰值检测菜单按钮。

(5) 按下触发菜单按钮。

- (6) 按下斜率菜单按钮,选择上升。
 - (7) 按下单次序列按钮,开始采集。
 - (8) 从信号源上输出单次信号,观察波形。
- 总结:单次触发常用来捕捉转瞬即逝的单次信号。

8. 存储/调出

数字存储示波器可以存储或调出示波器设置或波形。双通道示波器可以存储两个波形。

1) 存储/调出示波器设置操作方法

- (1) 按下存储/调出(SAVE/RECALL 按钮)。
- (2) 按下设置/波形菜单按钮,选择设置。
- (3) 按下设置记忆菜单按钮,选择记忆号。
- (4) 按下存储菜单按钮,即将当前示波器设置存储到对应的记忆号中。
- (5) 按下调出菜单按钮,对应记忆号的示波器设置被调出。

2) 存储/调出示波器波形操作方法

- (1) 按下设置/波形菜单按钮,选择波形。
- (2) 按下信源菜单按钮,选择 CH1。
- (3) 按下目录 REF 菜单按钮,选择 A。
- (4) 按下存储菜单按钮,即将当前示波器 CH1 波形存储到目录 A(REF A)中,并覆盖原存储的波形。

(5) 按下目录 A(REF A)菜单按钮,选择开启,刚存储的波形被调出。

(6) 按下目录 A(REF A)菜单按钮,选择关闭,关闭调出的波形。

注意:关闭示波器电源前,如果在最后一次更改后等待 3 s,示波器就会存储当前设置。在下次接通电源时,示波器会调出此设置。

2.4.3 主要技术规格

- (1) 输入阻抗,直流耦合:20 pF \pm 3 pF 时为 1 M Ω \pm 2%。
- (2) 最大输入电压:300 V_{RMS}。
- (3) 带宽(P2200 探头 10 \times 挡,直流耦合):60 MHz。
- (4) 记录长度:每个通道 2500 个取样数。
- (5) 取样率(点数/秒):1 GS/s。
- (6) 显示屏分辨率:320 \times 240 像素。
- (7) 背光亮度:65 cd/m²。
- (8) 电源电压:AC 120~240 V_{RMS}(\pm 10%),45~66 Hz。
- (9) 功率消耗:<30 W。

练 习

- 2-1 函数发生器、示波器的功能。
- 2-2 示波器测量电压、周期、相位的操作方法。

2.5 实习 示波器的测量使用

1. 用模拟示波器和数字万用表测量直流电压

从稳压电源上输出四种电压值,分别用数字万用表、模拟示波器进行测量该电压。将测量的结果分别填入表 2.1 中。

表 2.1 用数字万用表、模拟示波器测量电压记录表

电源输出电压	3 V	5 V	10 V	15 V
万用表测量值				
示波器测量值				

2. 数字存储示波器测量法练习

从信号发生器输出 $f=100\text{ Hz}$, $V_{pp}=5\text{ V}$; $f=1000\text{ Hz}$, $V_{pp}=300\text{ mV}$ 两种信号,分别用自动测量(MEASURE)和光标测量(CURSORS)两种方法,测出其峰-峰值、频率、周期,将测量的结果分别填入表 2.2 中。

表 2.2 数字存储示波器测量法练习记录表

信号发生器输出		MEASURE 测量			CURSOR 测量		
		峰-峰值/V	周期/s	频率/Hz	峰-峰值/V	周期/s	频率/Hz
$f=100\text{ Hz}$ $V_{pp}=5\text{ V}$	正弦波						
	三角波						
$f=1000\text{ Hz}$ $V_{pp}=300\text{ mV}$	正弦波						
	三角波						

3. 用示波器测相位差

测量电路如图 2.14 所示。设输入信号为 $f=1000\text{ Hz}$, $V_{pp}=5\text{ V}$ 的正弦交流信号。改变 R 、 C 的值,用直接测量法测量输出信号 u_o 与输入信号 u_i 的相位差,测量结果填在表 2.3 中。

提示:直接测量法,用示波器双通道显示输入与输出信号,在 x 轴上读信号周期 x 和两信号过零点时间差 Δx ,如图 2.15 所示。相位差计算

$$\varphi = \frac{\Delta x}{x} \times 360^\circ$$

相位差理论计算值为 $2 \times \pi \times f \times R \times C$ 。

表 2.3 示波器直接测量法测相位差记录表

次序	R	C	相位差测量值/°	相位差理论计算值/°	相位差相对误差/%
1					
2					

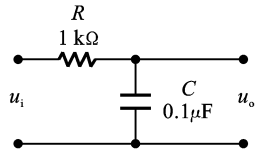


图 2.14 相位测量电路图

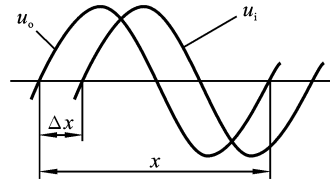


图 2.15 直接测量法示意图

实习报告

实习报告

第 3 章 照明电路安装与安全用电

电能是一种方便的能源,它的广泛应用促成了人类近代史上第二次技术革命,有力地推动了人类社会的发展,给人类创造了巨大的财富,改善了人类的生活。本章主要介绍三相交流电的基本结构、安全用电常识和简单照明线路安装方法。

3.1 三相交流电

由三个频率相同、电势幅值相等、相位依次相差 120° 的交流电源组成的电力系统称为三相交流电。

三相交流电较单相交流电有很多优点,它在发电、输配电及电能转换为机械能方面都有明显的优越性。例如,制造三相发电机、变压器都较制造单相发电机、变压器省材料,而且构造简单、性能优良。又如,用同样材料所制造的三相电动机,其容量比单相电动机大 50%;在输送同样功率的情况下,三相输电线较单相输电线可节省有色金属 25%,而且电能损耗较单相输电的少。由于三相交流电具有上述优点,所以获得了广泛应用。

为了使交流电有很方便的动力转换功能,通常电力传输是采用三相四线的方式,三相交流电的三根首端引线称为相线,三根尾端引线连接在一起称为中性线,也叫零线。

三相交流电路中负载有星形和三角形两种连接方法,它取决于电源电压与负载的额定电压。目前我国低压配电大多数采用 380 V 三相四线制系统,通常电灯(单相负载)的额定电压为 220 V,因此要接在火线与零线之间,并尽可能使电源各相负载均匀、对称,所以从总体看负载连接成星形。由于有中线,可以保证当负载不对称时,负载各相电压仍是对称的。三相异步电动机、三相电炉等为三相对称负载,所以当为星形连接时,由于中线电流等于零,可以采用三相三线制。

三相制中的三相负载是由三个负载连接成星形或三角形所组成的,分别称为星形负载和三角形负载,分别如图 3.1(a)、(b)所示。由端钮 A、B、C 向外引出三相负载的端线。每一个负载称为一相,对于星形负载,分别称为 A 相、B 相

和 C 相负载,记为 Z_A 、 Z_B 和 Z_C ;对于三角形负载,分别称为 AB 相、BC 相和 CA 相负载,记为 Z_{AB} 、 Z_{BC} 和 Z_{CA} 。如果三个负载都一样,即 $Z_A = Z_B = Z_C$,或 $Z_{AB} = Z_{BC} = Z_{CA}$,则称为对称三相负载;否则,就称为不对称三相负载。

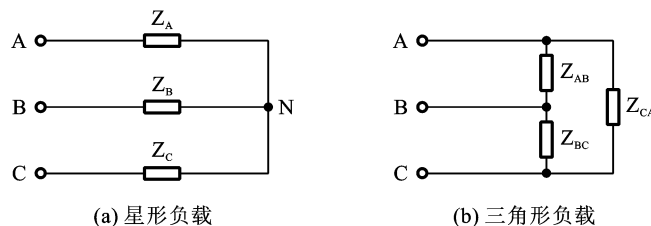


图 3.1 三相负载的接法

3.2 安全用电常识

为了防止触电事故发生,在实验前,应该熟悉安全用电常识;在实验过程中,必须严格遵守安全用电制度和操作规程。

3.2.1 触电的危害

人体是导体,当人体不慎触及电源或带电导体时,电流流过人体,会破坏人的心脏、神经系统、肺部的正常工作,造成人体伤害,这就是电击。电击对人的伤害程度与通过人体电流的大小、通电时间的长短、电流流过人体的途径、电流的频率,以及触电者健康状况等有关。各种形式的短路都会产生很大的电弧,而且电弧的危害是很严重的。电弧的温度可高达数千摄氏度,能烧坏触头,甚至导致触头熔焊。如果电弧不立即熄灭,就可能烧伤操作人员,烧毁设备,甚至酿成火灾。

工频交流电是比较危险的,当人体有 1 mA 工频电流流过时就有不舒服的感觉;50 mA 的电流流过时就可能发生痉挛、心脏麻痹;如果时间过长,就会有生命危险。

3.2.2 触电的方式

1. 直接接触

人体直接接触或过分靠近电气设备及线路的带电导体而发生的触电现象称为直接接触。直接接触的形式有单相触电、两相触电和电弧伤害等。

1) 单相触电

当人站在地面或其他接地体上,人体的某一部位触及一相带电体时,电流通过人体流入大地(或中性线),称为单相触电。图 3.2 所示的为单相触电电流途径。图 3.2(a)所示的为中性点直接接地运行方式时单相触电的电流途径,图 3.2(b)所示的为中性点不直接接地时的单相触电情况。

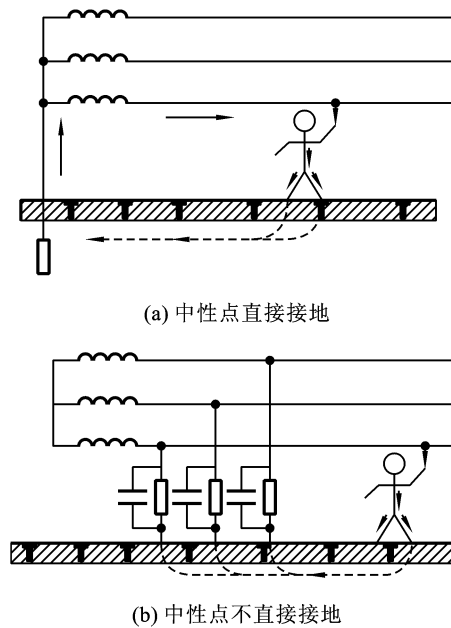


图 3.2 单相触电电流途径

一般情况下,接地电网里的单相触电比不接地电网里的单相触电危险性大。单相触电的防护方法主要是对带电导体加绝缘、变电所的带电设备加隔离栅栏或防护罩等设施。

2) 两相触电

两相触电时,作用于人体的电压为线电压,电流将从一相导线经人体流入另一相导线,这是很危险的。设线电压为 380 V,人体电阻按 1700 Ω 考虑,则流过人体的电流将达到 224 mA,足以致人死命。所以,两相触电比单相触电要严重得多。图 3.3 所示的为两相触电电流途径。

3) 电弧伤害

电弧伤害是由弧光放电造成的伤害,分为直接电弧烧伤和间接电弧烧伤两种。前者是带电体与人体之间发生电弧,有电流流过人体的烧伤;后者是电弧发生在人体附近对人体的烧伤,包含融化了的炽热金属溅出造成的烫伤。

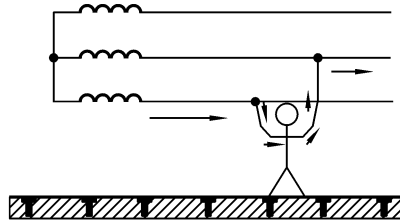


图 3.3 两相触电电流途径

2. 间接触电

间接触电主要有跨步电压触电和接触电压触电两种。虽然危险程度不如直接接触电的情况,但也应尽量避免。防护的方法是将设备正常时不带电的外露可导电部分接地,并装设接地保护等。

1) 跨步电压触电

电气设备外壳或电力系统一相接地短路时,电流从接地极四散流出,在地面上形成不同的电位分布,人在走近短路地点时,两脚之间的电位差称为跨步电压,由跨步电压产生的触电称为跨步电压触电。例如,当架空线路的一根带电导线断落在地上时,落地点与带电导线的电势相同,电流就会从导线的落地点向大地流散,于是地面上以导线落地点为中心,形成一个圆形电势分布区域,电势沿径向方向递减,带电导线落地点处电势最高,离带电导线落地点越远,电流越分散,地面电势越低。跨步电压示意图如图 3.4 所示。如果人或牲畜站在距离电线落地点 8~10 m 以内,就可能发生跨步触电事故。

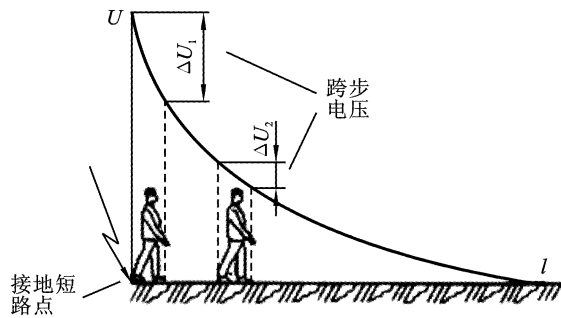


图 3.4 跨步电压示意图

2) 接触电压触电

人体与带电设备的外壳接触而引起的触电称为接触电压触电。图 3.5 所示的为人体接触到一漏电变压器而发生的接触电压触电示意图。

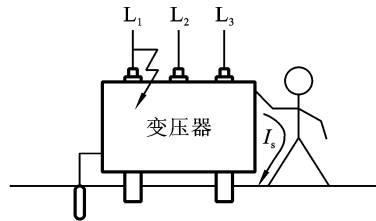


图 3.5 接触电压触电示意图

3.2.3 预防触电的措施

电气设备的保护接地和保护接零是为了防止人体接触绝缘损坏的电气设备所引起的触电事故而采取的有效措施。

1. 保护接地

电气设备的金属外壳或构架与土壤之间作良好的电气连接称为接地,可分为工作接地和保护接地两种。

工作接地是为了保证电器设备在正常及事故情况下可靠工作而进行的接地,如三相四线制电源中性点的接地。

保护接地是为了防止电器设备正常运行时,不带电的金属外壳或框架因漏电使人体接触时发生触电事故而进行的接地。当电气设备绝缘损坏,人体触及带电外壳时,由于采用了保护接地,人体电阻与接地电阻并联,人体电阻远大于接地电阻,故流经人体的电流远小于流经接地体的电流,并在安全范围内,这样就起到了保护人身安全的作用,保护接地作用如图 3.6(a)所示。保护接地适用于中性点不接地的低压电网。

2. 保护接零

在 1 kV 以下变压器中性点直接接地的电网中,由于单相对地电流较大,保护接地就不能完全避免人体触电的危险,而要采用保护接零。将电气设备的金属外壳或构架与电网的零线相连接的保护方式称为保护接零。如果电气设备的绝缘性能下降或破坏,由于中线的电阻很小,所以短路电流很大,短路电流将使电路中的保护装置(如电流继电器、保险丝等)发生动作,切断电源。这时外壳不再带电,起到防止触电的作用,保护接零作用如图 3.6(b)所示。

漏电保护器的作用主要对人体及电器设备进行保护,在出现短路、人体触电或漏电的情况下,漏电保护器会自动断开,以保护人体及设备的安全。

3.2.4 触电的急救

对于低压触电,如果电源就在触电地点附近,可立即断开电源开关,切断电

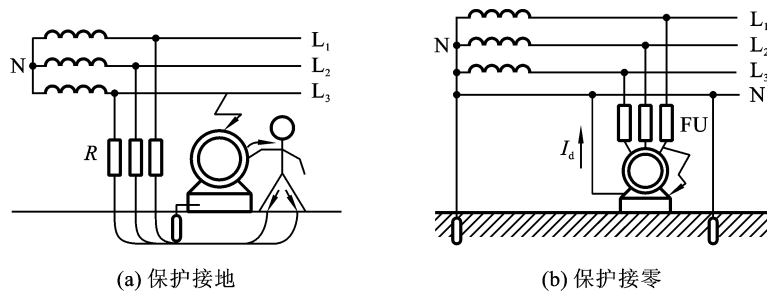


图 3.6 接地与接零保护

源。如果电源较远,可用有绝缘柄的电工钳或有干燥木柄的斧头切断电线。当电线搭接在触电者身上时,可用木棒、竹竿、塑料棍等绝缘物拨开电线。

对于高压触电,应立即电话通知有关部门断电。

3.2.5 安全用电注意事项

为防止触电事故,在日常生活及工作学习中要了解以下基本的安全用电常识。

(1) 任何电器在确认无电以前应一律认为有电。不要随便接触电器设备,不要盲目信赖开关或控制装置。

(2) 尽量避免带电操作,手湿时更应禁止带电操作。在必须进行,应尽量用一只手操作,并应有人监护。

(3) 若发现电源插头损坏应立即更换,禁止乱拉临时电线。如需拉临时电线,应用橡皮绝缘线,且高于地面 2.5 m 以上,用后及时拆除。

(4) 不要带电移动电器设备。将带有金属外壳的电器设备接好地线。

(5) 当电线落在地上时,不可走近。对落地的高压线应离开落地点 8~10 m,以免跨步电压触电,更不能用手去捡。应立即禁止他人通行,通知供电部门处理。

(6) 当电器设备起火时,应立即切断电源,并用干砂或二氧化碳灭火器灭火,同时打开窗户通风。决不能用水灭火,否则有触电危险。

(7) 在实验室做实验(特别是强电实验)时,同组者必须配合默契,否则也容易造成触电事故。例如,一人手持导线待接,而另一人又去接通电源,这样就很容易触电。

(8) 实验开始接线前,应先断电。实验线路接好后,经检查无短路和错误后才能接通电源。实验完毕拆线前,应先断开电源开关,然后拆开电源线,再拆实

验设备和仪表间的连线。

3.3 功率的测量

电动式单相功率表是多量程的,一般有三挡或四挡电压量程,两挡(串联或并联)电流量程。使用时应根据被测电路中电流及电压的大小,分别选用合适的电流、电压量程,不能根据功率大小来选择。

由于功率表是多量程的,所以它的标度尺上只有分格数,当选用不同的电流和电压量程时,每一分格代表不同的瓦特数。为此,在使用功率表时,要注意被测量的实际值与指针示值之间的换算关系。假定测量时功率表指针读数为 X (格),则被测实际功率的数值(单位为 W)为

$$P = cX \quad (3-1)$$

其中, c 为功率表的分格常数,单位是 W/div ,计算式为

$$c = \frac{U_m \cdot I_m}{X_m} \quad (3-2)$$

其中, X_m 为功率表标度尺的满刻度格数;

U_m 为所使用的电压线圈的额定值(此值常标注在电压线圈的接线端钮旁);

I_m 为所使用的电流线圈的额定值(此值常标注在表盒盖内)。

功率表电流及电压端钮上标有符号 * (或 \pm) 的端子是同名端(或称对应端),即为两个线圈的始端,接线时应连接在电源的同一端,其正确接法如图 3.7 (a)、(b) 所示;错误接法如图 3.7 (c) 所示,其中有一个线圈反接,指针将反向偏转。

用功率表测量功率时,相当于同时在电路中接入电压表和电流表,因此它们的内阻会影响测量的准确度。功率表的电压线圈一般要取几十毫安的电流,为了减小测量误差,对于高阻抗负载,电压线圈支路分流影响大,因此,电压线圈应接在电流线圈之前,称前接,如图 3.7 (a) 所示。对于低阻抗负载,电流线圈上压降影响大,电压线圈应后接,如图 3.7 (b) 所示。

根据电动式单相功率表的基本原理,在测量交流电路中负载所消耗的功率时,其示值 P 为

$$P = UI \cos \varphi \quad (3-3)$$

其中, U 为功率表电压线圈所跨接的电压;

I 为流过功率表电流线圈的电流;

φ 为 U 和 I 之间的相位差角。

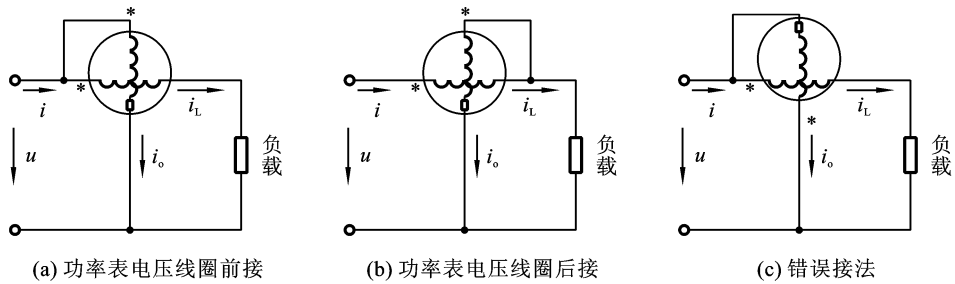


图 3.7 功率表的接法

3.4 照明电路接线方法

1. 日光灯的构造

日光灯电路由灯管、镇流器和启辉器三部分组成,如图 3.8 所示。灯管是一根内壁均匀涂有荧光物质的细长玻璃管,在管的两端装有灯丝电极,灯丝上涂有受热后易于发射电子的氧化物,管内充有稀薄的惰性气体和水银蒸气。镇流器是一个带有铁芯的电感线圈。启动器由一个辉光管和一个电容组成,它们装在一个圆柱形的外壳内,如图 3.9 所示。

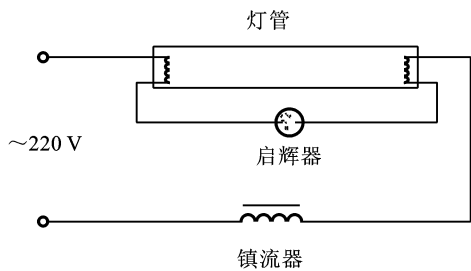


图 3.8 日光灯电路

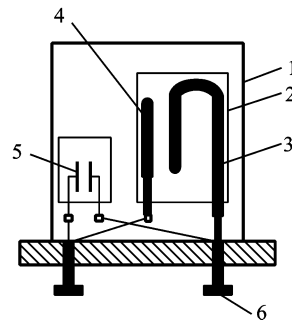


图 3.9 启辉器结构

- 1—圆柱形外壳;2—辉光管;
- 3—倒 U 形双金属片;4—固定触头;
- 5—电容器;6—插头

2. 日光灯的工作原理

当接通电源时,由于日光灯没有点亮,电源电压全部加在启动器辉光管的两个电极之间,使辉光管放电,放电产生的热量使倒 U 形电极受热趋于伸直,两电极接触,这时日光灯丝通过电极与镇流器及电源构成一个回路,灯丝因有电流

(称为启动电流或预热电流)通过而发热,从而使氧化物发射电子。同时,辉光管两个电极接通时,电极间电压为零,辉光放电停止,倒U形双金属片因温度下降而复原,两电极脱开,回路中的电流突然被切断,于是在镇流器两端产生一个比电源电压高得多的感应电压。这个感应电压连同电源电压一起加在灯管的两端,使灯管内的惰性气体电离而产生弧光放电。随着管内温度的逐渐升高,水银蒸气游离,并猛烈地碰撞惰性气体分子而放电。水银蒸气弧光放电时,辐射出不可见的紫外线,紫外线激发灯管内壁的荧光粉后发出可见光。

正常工作时,灯管两端的电压较低,此电压不足以使启动器再次产生辉光放电。因此,启动器仅在启动过程中起作用。

普通镇流器的体积大,效率低;而电子镇流器体积小,效率高,故现在电子镇流器应用越来越普及。

日光灯具有光效率高(是普通灯泡的5倍)、节能效果明显、寿命长(是普通灯泡的8倍)、光线好等优点。

节能灯又称为紧凑型日光灯,即将小型日光灯管与电子镇流器封装在一起,可直接代替普通白炽灯泡。节能灯(如实验箱上的4个节能灯)的价格大约是普通白炽灯泡的3倍,但其寿命是白炽灯泡的8倍,效率是白炽灯泡的5倍。

3. 一般照明线路接线方法

照明线路接线图如图3.10所示,主要由开关、仪表、插座、灯具、连接线等组成。接线前,将刀闸开关断开,用导线将漏电保护器、电度表、电压表、电流表、插座、开关、日光灯连接起来。接线时,应按先串联后并联的顺序接线,注意开关只能串接在火线上。接好线后,仔细检查线路,确认无误后就可以将刀闸开关合上。

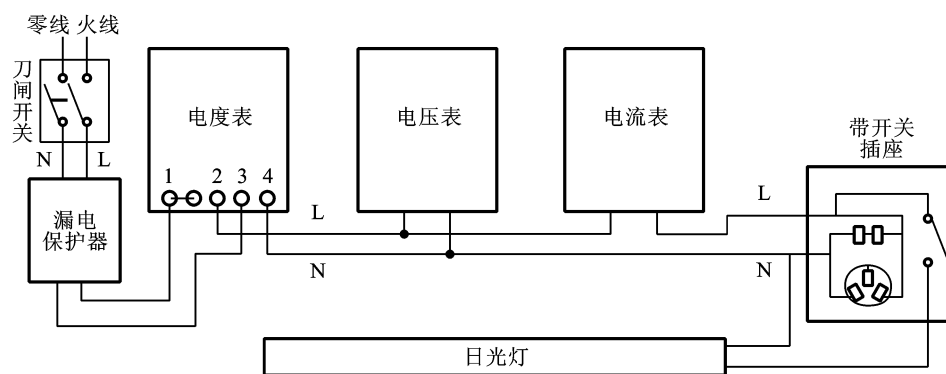


图 3.10 照明线路接线框图

单相电度表接线方法如图 3.11 所示,其中 1、3 为进线,2、4 为出线。

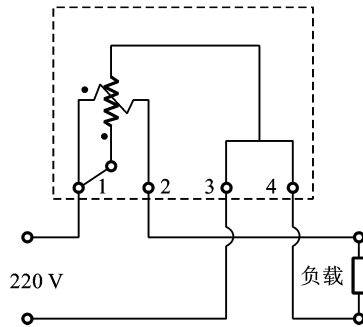


图 3.11 电度表接线图

4. 楼梯照明灯电路和电子程控开关电路接线方法

图 3.12 所示的为楼梯照明灯电路图,L 为白炽灯泡,K1、K2 为单刀双掷开关,分别安装在两个楼梯口。从电路上看,当开关 K1、K2 拨的方向一致时,灯泡 L 点亮;反之,灯泡 L 熄灭。不难分析,在任一楼梯口,开关拨动一次,灯泡 L 就会由灭变亮或由亮变灭,达到两地控制一灯的目的。

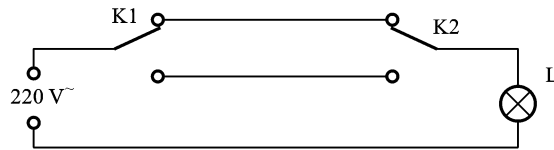


图 3.12 楼梯照明灯电路图

电子程控开关常用于控制有多个灯泡的吊灯,其接线图如图 3.13 所示。L1、L2、L3 为灯泡或灯泡组(包括节能灯),K 为单刀单掷开关。第一次合上开关 K 时 L1 亮;第二次合上开关 K 时 L1 与 L2 亮;第三次合上开关 K 时 L1 与 L3 亮;第四次合上开关 K 时 L1、L2、L3 全亮,然后循环。

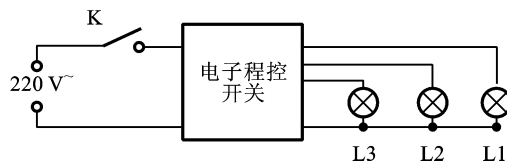


图 3.13 电子程控开关电路图

练 习

- 3-1 三相交流电的连接方式。
- 3-2 触电的方式;预防触电的措施;安全用电常识。
- 3-3 一般照明线路的接线方法。

3.5 实习 照明线路安装

1. 实习目的

- (1) 了解安全用电和节能知识。
- (2) 熟悉照明电路接线方法。

2. 设备与元器件

照明电路实验箱实物如图 3.14 所示。

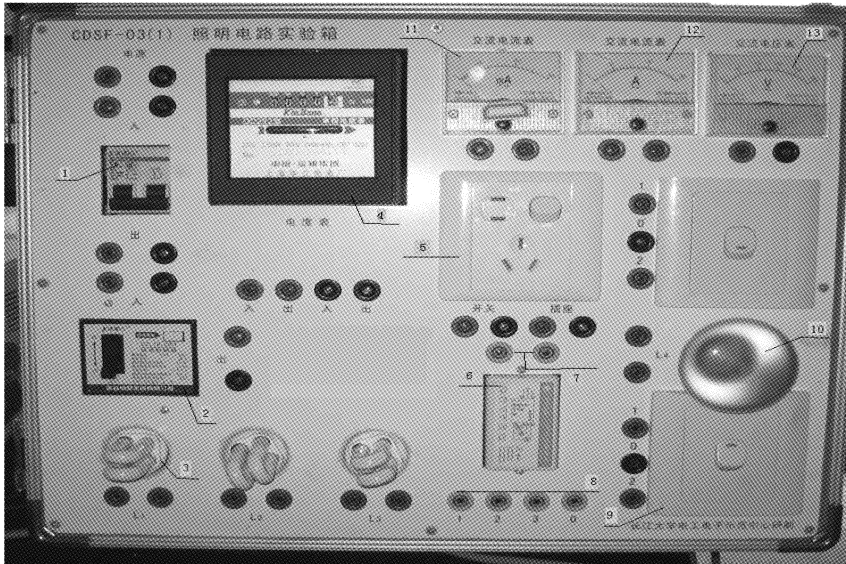


图 3.14 照明电路实验箱实物图

3. 实习内容

- (1) 一般照明电路安装,参考图 3.10 所示的电路。
- (2) 楼梯照明灯电路安装,参考图 3.12 所示的电路。
- (3) 电子程控开关电路安装,参考图 3.13 所示的电路。
- (4) 经检查无误后通电测试。

实习报告

实习报告

第 4 章 Protel 基本操作方法

4.1 Protel 简介

随着现代科学日新月异的发展,现代电子工业也取得了长足的进步,大规模、超大规模集成电路的使用使印制电路板的走线愈加精密和复杂。在这种情况下,传统的手工方式设计和制作电路板已显得越来越难以适应形势了。

幸运的是,计算机的飞速发展有效地解决了这个问题,精明的软件厂商针对广大电子界人士的需求及时推出了自己的电子线路 CAD 软件。这些软件有一些共同的特点:能够协助用户完成电子产品线路的设计工作,不仅可以绘制电路原理图和设计印刷电路板,而且还可以进行电路仿真。

Protel 软件能使设计人员很方便地利用计算机来完成电子线路设计过程,如电气原理图编辑、电路功能仿真、印制电路板设计(自动布局、自动布线)、报表文件生产等。现今的 Protel 已发展到 DXP 2004,2005 年底,Protel 软件的原厂商 Altium 公司推出 Protel 系列的最新高端版本 Altium Designer 6.0。这款最新高端版本 Altium Designer 6.0 除了全面继承包括 Protel 99 SE、Protel 2004 在内的先前一系列版本的功能和优点以外,还做了许多改进和增加了很多高端功能。

Protel 99 SE 软件功能强大,人机界面友好,易学易用,仍然是大中专院校电学专业必学课程,同时也是业界人士首选的电路板设计工具。

Protel 99 SE 主要由两大部分组成:原理图设计系统(Schematic 99)和印制电路板设计系统(PCB 99)。

1. 电路原理图的设计(*.SCH)

电路原理图设计的任务是将电路设计人员的设计思想用规范的电路语言描述出来,为电路板的设计提供元器件封装和网络表连接,包括电路原理图的规划、绘制和电路元件的编辑,为印制电路板的设计打基础。

2. 印制电路板的设计(*.PCB)

几乎在每一种电子设备中都有印制电路板,电子设备中的电子元器件都是镶在大小各异的 PCB 上的。除了固定各种小元件器件外,PCB 的主要功能是提供各种元器件之间的电气连接。

印制电路板设计包括载入元器件封装库、创建 PCB 文件、规划电路板、设置

PCB 元件编辑器的环境参数、设置元器件布局设计规则,布线和元件封装的编辑,产生最终的 PCB 文件,直至联系到印制电路板的生产。

4.2 电路设计步骤

4.2.1 电路原理图设计的步骤

电路原理图实际上是用导线将器件的引脚连接起来,组成一张可以让人理解的示意图。电路原理图的设计是印制电路板设计四大步骤中的第一步,也是很重要的一步。电路原理图设计的好坏将直接影响到后面工作的成败。

首先,电路原理图的正确性是最基本的要求,因为在错误的基础上所进行的工作是没有意义的;其次,电路原理图应该布局合理,这样不仅可以尽量避免错误,也便于读图,便于查找。电路原理图的设计一般有如下步骤。

(1) 启动电路原理图设计服务器,设置电路原理图设计环境。

(2) 装入所需的元件库,放置元件,并设置元件属性。

(3) 进行电路原理图布线。

(4) 运行电气设计规则检查(ERC),找出原理图中可能存在的缺陷,生成网络表文件,打印输出图纸。

4.2.2 印制电路板设计的步骤

设计印制电路板(PCB,printed circuit board)是进行电子产品设计工作的一个重要步骤,其质量将直接影响到成品的质量与稳定性。因此,在整个设计工作过程中,印制电路板的设计工作是一个不容忽视的环节。

(1) 启动印制电路板设计服务器,规划印制电路板。

(2) 装入元件封装库及网络表。

(3) 进行元器件布局。

(4) 自动布线,手工调整。

4.3 印制电路板制作过程

以单管放大电路的设计来说明 Protel 99 SE 在电路设计中的应用。

4.3.1 单管放大电路原理图设计

1. 启动电路原理图设计服务器,设置电路原理图设计环境

(1) 新建设计数据库文件。如图 4.1 所示,执行菜单命令 File | New

Design, 建立新的设计数据库, 命名为 MyDesign. ddb。



图 4.1 创建一个数据库文件

(2) 所有新建的文件一般放置在主文件夹 Documents 中。

如图 4.2 所示, 放置 SCH 文件和 PCB 文件。双击进入文件夹建立 SCH 文件。

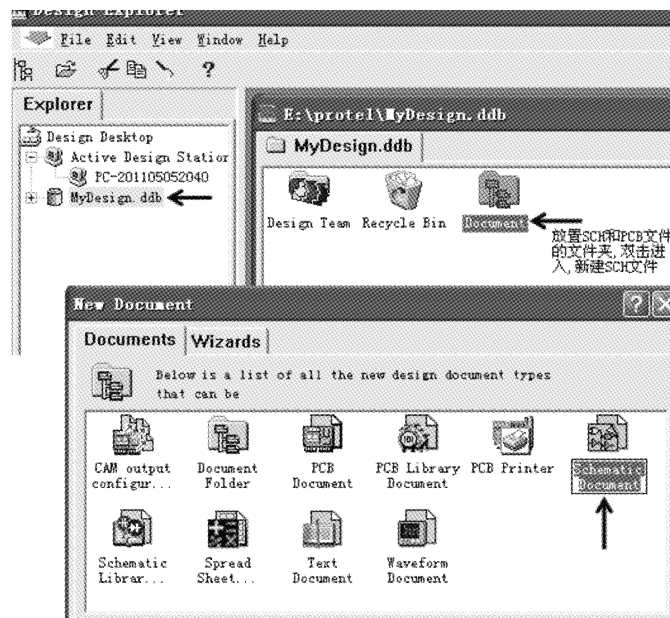


图 4.2 新建 SCH 文件

(3) 设置电路原理图环境参数。

执行菜单命令 Design|Options 和 Tools|Preferences, 在打开的 Preferences 对话框中, 设置图纸大小为 A4, 设置捕捉栅格、电气栅格等, 如图 4.3 所示。

网格的设置主要在 Preferences 对话框中进行。

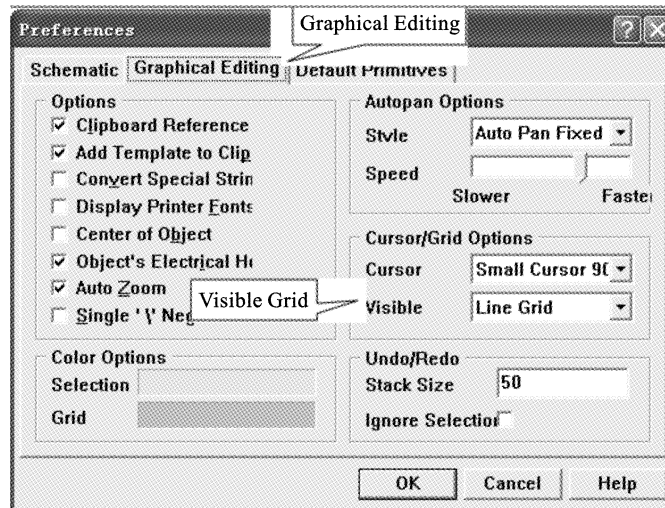


图 4.3 设置电路原理图参数

2. 装入所需的元件库, 放置元件, 并设置元件属性

(1) 加载元件库。

在设计文件管理器中单击 Browse Sch 标签, 在 Browse 选项区域中的下拉列表框中选择 Libraries, 然后单击 Add/Remove 按钮, 在弹出的 Change Library File List 对话框中寻找 Protel 99 SE 子目录, 在该目录中选择 Library\Sch 路径, 在元件库列表中选择所需的元件库。加载常用元件和自制元件库, 如图 4.4 所示。

(2) 设置元件属性。

在元件处于浮动状态时, 按 Tab 键或光标双击已放置的元件, 弹出元件属性设置对话框, 如图 4.5 所示。

下面简要说明“元件属性设置”对话框。

Attributes 选项卡(或称页面): 主要用来确定元件的电气属性。

Lib Ref: 设置元件在元件库中的名称。

Footprint: 设置元件的封装形式。

Designator: 设置元件的编号, 在电路原理图中显示。

Part Type: 设置元件显示名称, 在电路原理图中显示。

Sheet Path: 设置元件的内部电路文件的名称。

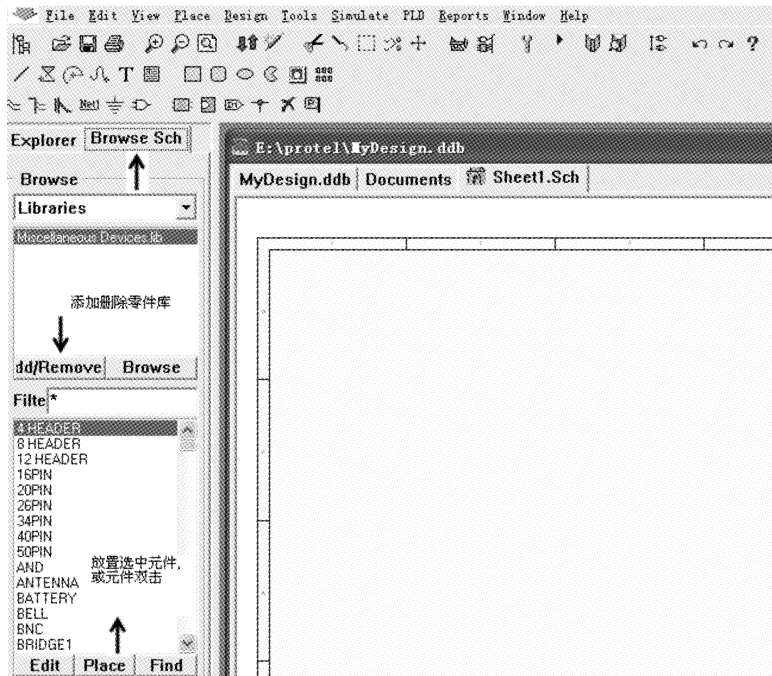


图 4.4 加载元件库

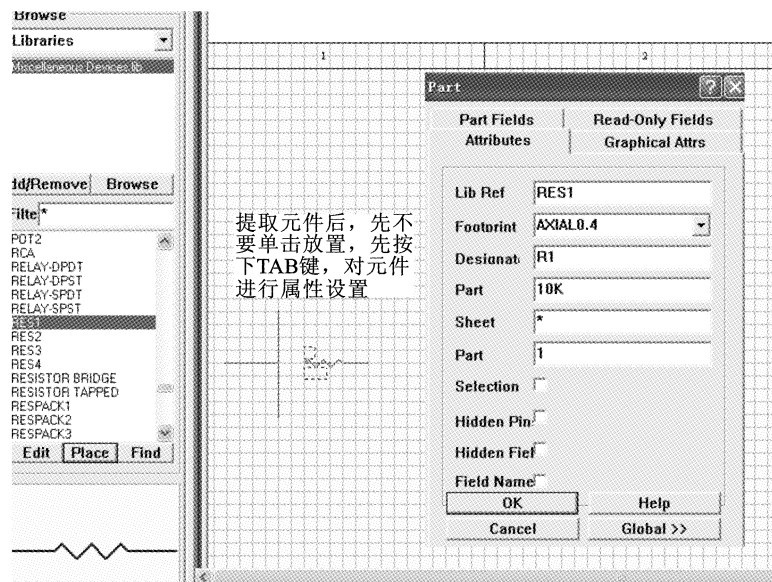


图 4.5 设置元件属性

Part:设置元件的单元号,此选项是对有多个单元的集成电路设置的。

Selection 复选框:确定元件是否处于选中状态。

Hidden Pins 复选框:确定是否显示隐藏引脚。

Hidden Fields 复选框:确定是否显示标注区域的内容。

常用元件封装信息如表 4.1 所示。

表 4.1 常用元件封装信息表

元 件	封 装
电阻	AXIAL0.3~AXIAL0.7(AXIAL0.4)
无极性电容	RAD0.1~RAD0.4(RAD0.1)
电解电容	RB.1/.2, RB.2/.4, RB.3/.6(RB.1/.2)
电位器	VR1~VR5
二极管	DIODE0.4, DIODE0.7
发光二极管	RB.1/.2
三极管	TO-3, TO-220, TO-66, TO-5, (TO-220)
石英晶体振荡器	XTAL1
集成元件	DIP-8

注: DIP-8 后面的数字 8 表示元件的管脚数。

(3) 放置元件。

如图 4.6 所示,主要操作如下。

① 对象的选择和移动。

鼠标左键按住对象,拖动鼠标到指定位置,再释放鼠标。

② 对象的删除。

单个对象:单击鼠标左键选中,然后执行 Edit | Delete,或者按键盘上的 Delete 键。

多个对象:选择 Edit | Clear 删除,或者通过键盘上的 Ctrl+Delete 键进行。

3. 电路原理图布线

对于分立元件或非平行的单个导线用 Place | Wire 菜单命令等进行绘制;对于多条并行导线,可以用总线、总线分支、网络标;实现元件引脚之间的电气连接关系,也可以只用网络标号表示元件引脚之间的电气连接关系。连接完导线后的电路原理图如图 4.7 所示。

绘制电路原理图常用的技巧如下。

(1) 显示出 SCH 图纸中的所有有效零件:点击 view(视图)/fit all objects 适合全部体(V+F)。

(2) 旋转元件:用鼠标按住元件,然后按压键盘的空格键。

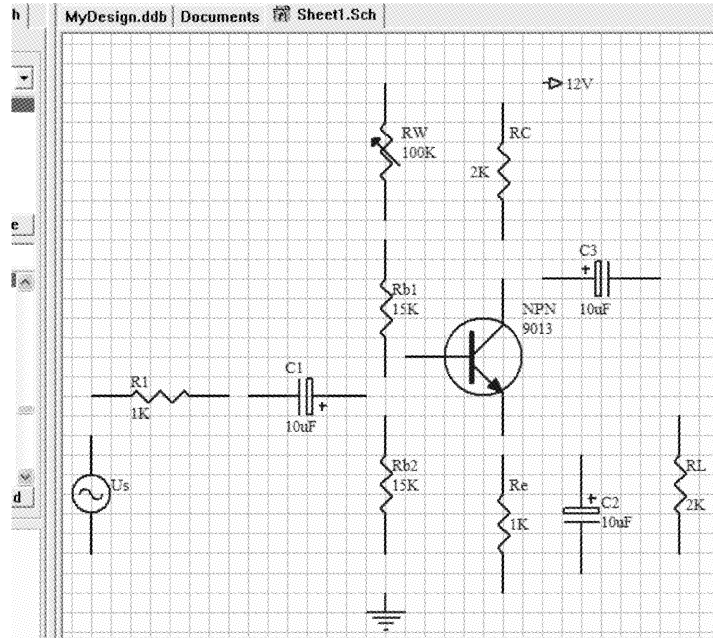


图 4.6 放置元件

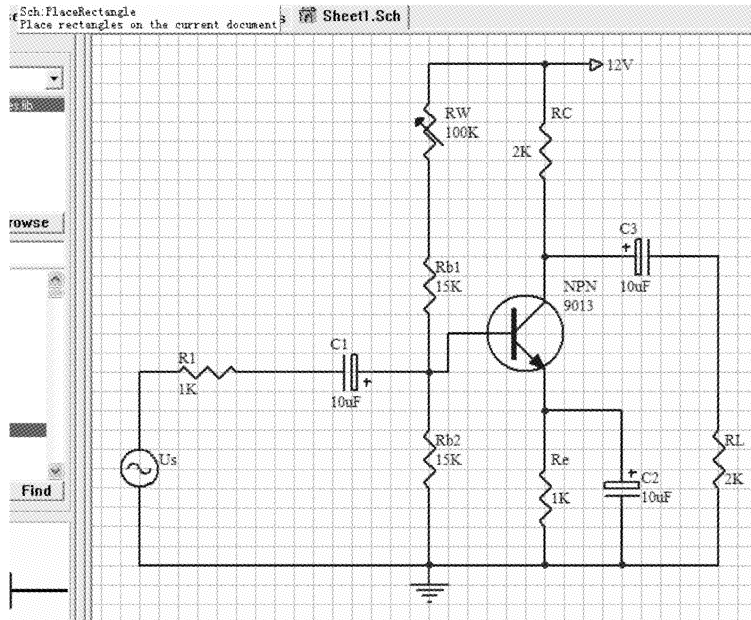


图 4.7 完整的原理图

- (3) PageUp:放大绘图区域。
- (4) PageDown:缩小绘图区域。
- (5) Home:从原来光标下的图样位置,移位到工作区中心位置显示。
- (6) End:对绘图区的图样进行更新,恢复正常的显示状态。

4. 创建网络表

1) 电路原理图电气检查

使用 Protel 99 SE 的电气规则,即执行菜单命令 Tools|ERC,对画好的电路原理图进行电气规则检查,如图 4.8 所示。若有错误,根据错误情况进行改正。

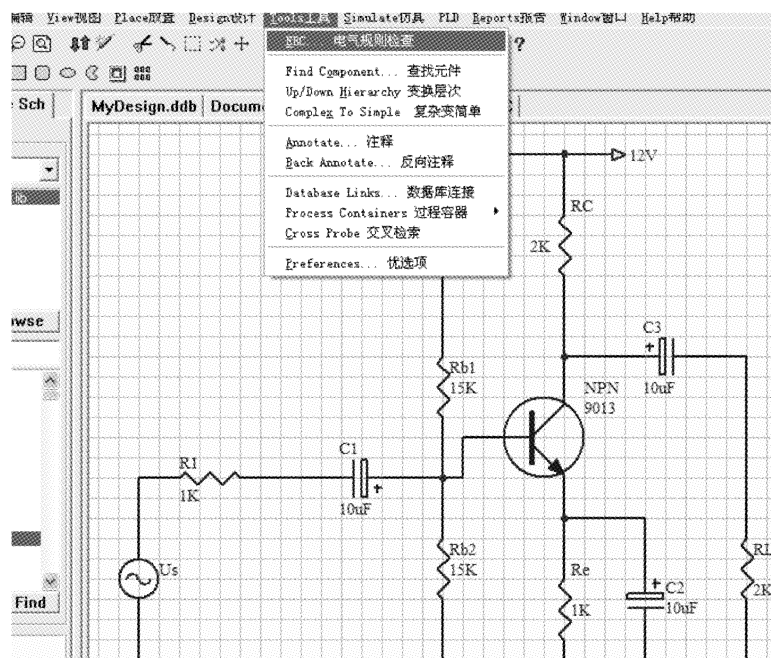


图 4.8 电气规则检查

2) 创建网络表(.NET)

网络表是电路板自动布线的灵魂,也是电路原理图 SCH 和印刷电路板图 PCB 之间的接口。在原理图界面执行菜单命令 Design|Create Netlist...,可以生成具有元件名、元件封装、参数及元件之间连接关系的网络表。如图 4.9 所示,生成与电路原理图文件同名的网络表文件。工作窗口和设计管理窗口也将自动切换到文本文件编辑器工作窗口和文本浏览器工作窗口。生成的网络表也将显示在当前的工作窗口中。经过以上的步骤,初步完成单管放大电路的电路原理图的设计工作。

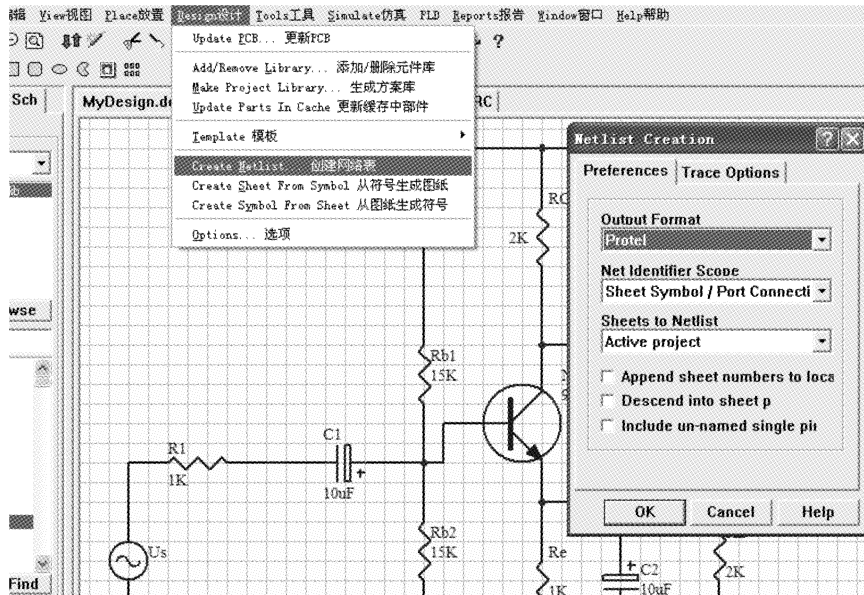


图 4.9 生成的网络表

4.3.2 单管放大电路印制电路板图 PCB 设计

1. 规划印制电路板图

执行菜单命令 File|New, 从打开的 New Document 对话框中单击 Wizards 标签, 如图 4.10 所示。

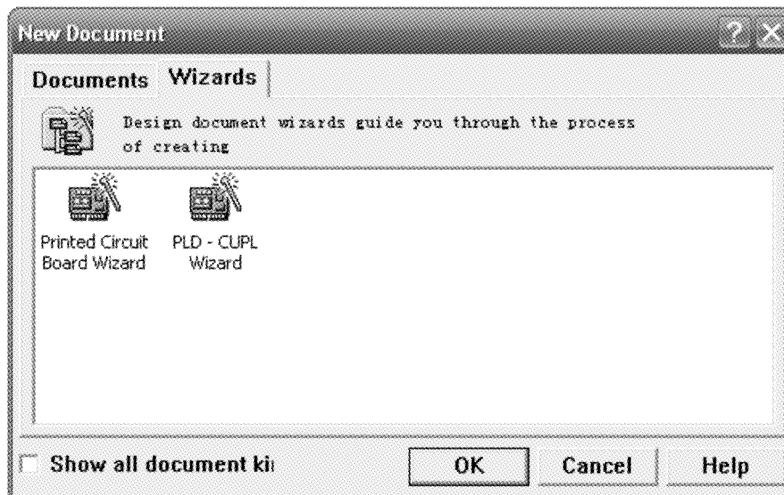


图 4.10 印制电路板图设计服务器

双击对话框中的 Printed Circuit Board Wizard,再单击 OK 按钮,进入 PCB 文件创建向导的第一步。

在弹出的对话框中,单击 NEXT 按钮进入向导的下一步,如图 4.11 所示。



图 4.11 建立 PCB 文件

这时会弹出如图 4.12 所示的板式选择对话框,在其中选择一个适合需要的类型 Custom Made Board,并单击 NEXT 按钮。

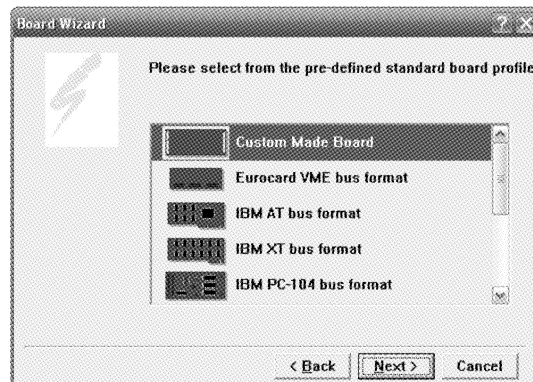


图 4.12 建立 PCB 文件

这时将进行电路板参数的设置对话框,如图 4.13 所示,具体说明如下。

- (1) Rectangu:设置矩形板。
- (2) Circul:设置圆形板。
- (3) Custo:自定义电路板的形状。
- (4) Boundary Layer:设置电路板边界所在的工作层面。
- (5) Dimension Layer:设置尺寸所在的工作层面。
- (6) Track Width:设置导线或布线的宽度。

(7) Dimension Line Width: 设置尺寸线的宽度。

(8) Keep Out Distance From Board: 设置禁止布线层中的电气边界距离电路板边缘的长度。

设置完毕后的参数如图 4.13 所示, 选择矩形板, 并且不做切角和中心切除, 单击 NEXT 按钮, 进入向导的下一步。

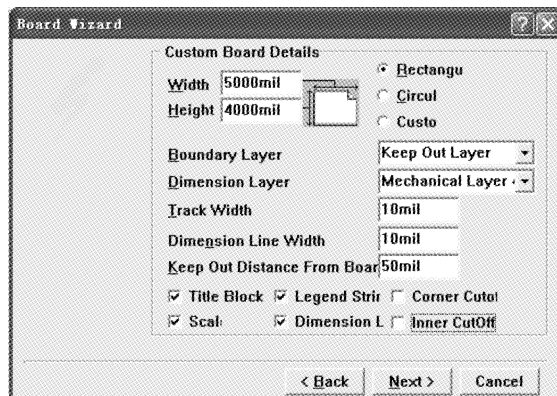


图 4.13 设置电路板参数

这时会弹出电路板图轮廓线设置对话框, 在对话框中, 只要将鼠标指向某个尺寸后, 就会出现输入栏, 可以在其中输入电路板图的大小尺寸, 重新定义电路板的大小, 单击 NEXT 按钮, 进入向导的下一步, 如图 4.14 所示。

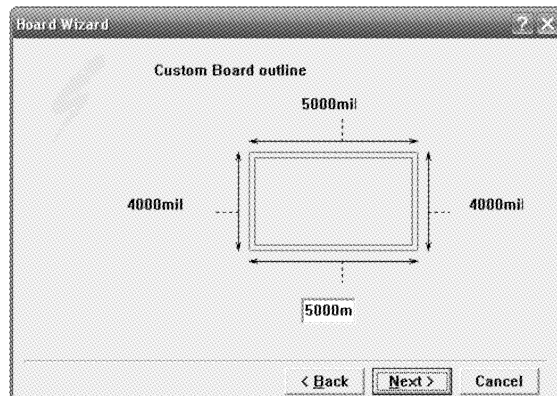


图 4.14 设置电路板尺寸

在信号设定对话框中设置信号层的数目与方式, 如图 4.15 所示。

在这个对话框中, 可以选择的信号层数有以下几种。

Two Layer-Plated Through Hole: 带穿透孔镀锡的两个信号层。

Two Layer-Non Plated:带穿透孔不镀锡的两个信号层。

Four Layer:4 个信号层。

下面的依此类推。当选择 Two Layer-Plated Through Hole 或 Four Layer 或 Six Layer 时,在图 4.15 所示的对话框下方将出现 Power/Ground planes(电源/接地层)数目指定项,这里所创建的是普通的双面板,所以不特别指定电源/接地层。

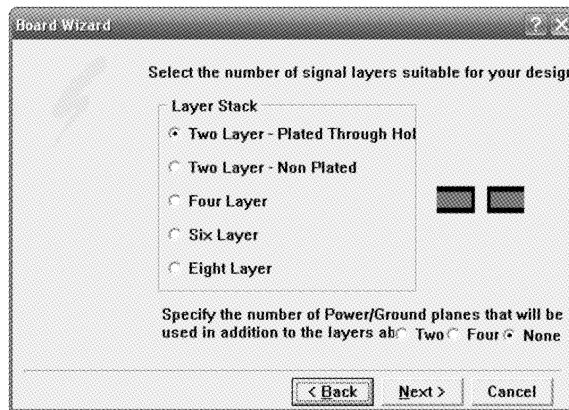


图 4.15 设置信号层的数目与方式

单击 NEXT 按钮,进入 Via(过孔)形式选择对话框,如图 4.16 所示。在这个对话框中,可以选择的过孔形式有 Thruhole Vias only(选择穿透式过孔)和 Blind and Buried Vias on(选择半盲孔和盲孔)两种。

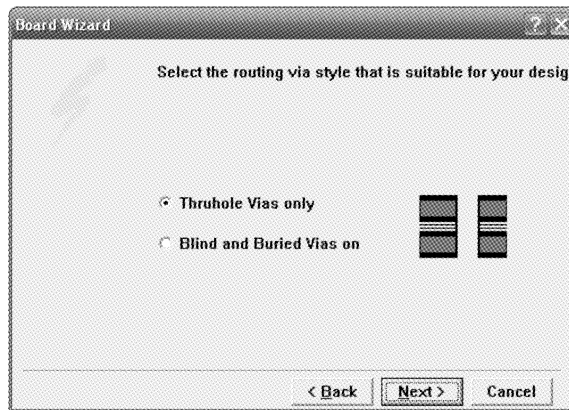


图 4.16 过孔形式选择对话框

选择穿透式过孔,并单击 NEXT 按钮,进入安装元件的类型和相关走线方式的指定对话框,如图 4.17 所示。

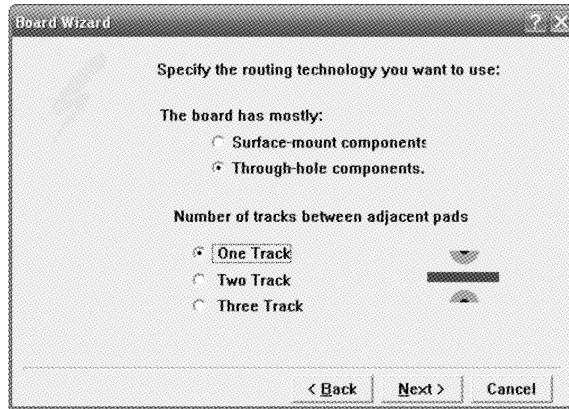


图 4.17 安装元件的类型和相关走线方式的指定对话框

设定印制电路板图上的大多数元件是传统的穿插式元件,选中后,在对话框的下方有一个设定项目——相邻焊盘之间的走线数目。选择电路板图上的安装元件为穿插式元件,并设定相邻焊盘间允许通过一条导线,然后进行布线参数的设置,如图 4.18 所示。

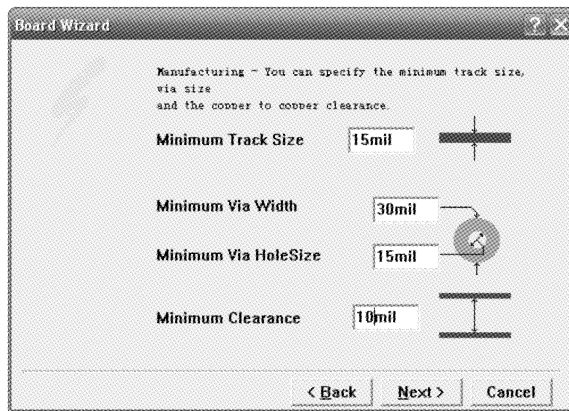


图 4.18 设置布线参数对话框

在这个对话框中,可以对最小导线宽度、过孔的最小外径和过孔最小内径及导线之间最小安全距离进行设定。设定完毕后,单击 NEXT 按钮,这时会弹出一个对话框,询问是否将前面所设置的印制电路板图文件作为一个模板文件保存起来。这里不将它作为模板文件进行保存,再单击 NEXT 按钮,进入创建向导的最后一步,在弹出的对话框中单击 Finish 按钮,完成一个新的 PCB 文件的向导创建,如图 4.19 所示。

创建完毕后,需要为这个 PCB 文件重新进行命名并保存。

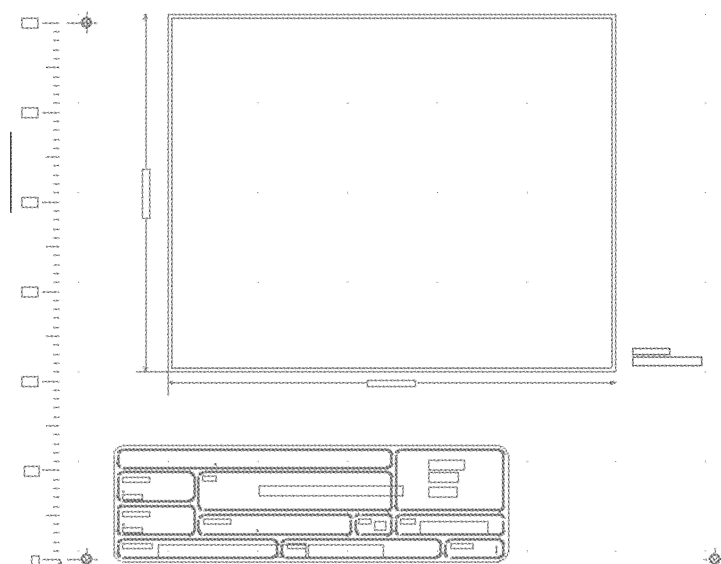


图 4.19 PCB 文件建立完成框图

2. 装入元件封装库和网络表

1) 装入文件封装库

执行菜单命令 Design | Add/Remove Library, 在添加/删除元件库对话框中选取所有元件所对应的元件封装库, 例如, PCB Footprint, Transistor, General IC, International Rectifiers. PCB 99 元件封装图形库存放在 Design Explorer 99 | Library | PCB 文件夹内三个不同的子目录内, 其中 Generic Footprints 文件夹中存放了通用元件封装图, Connectors 文件夹中存放了连接类元件封装图, IPC Footprints 文件夹中存放了元件 IPC 封装图。

在 PCB 编辑器窗口的元件库列表窗内, 找出并单击 PCB Footprints.lib, 将它作为当前元件封装图形库, 库内的元件封装图形即显示在 Components(元件列表)窗口内。

所谓元件封装图形, 就是元件外轮廓形状及引脚尺寸, 它由元件引脚焊盘大小、相对位置及外轮廓形状、尺寸等部分组成。下图给出了电阻、电容、三极管和 14 引脚双列直插式 DIP14 的封装图外形及各部分名称, 如图 4.20 所示。

2) 装入网络表

网络表的引入是 PCB 工作开始的重要环节, 也是 PCB 布线的灵魂所在。网络表是由原理图设计切换到 PCB 图设计的连接纽带。在网络表中, 最重要的内容是元件封装, 即元件外形和引脚排列方式, 只有引入正确的网络表格式后, PCB 图才能开始布局和布线。其方法如下。

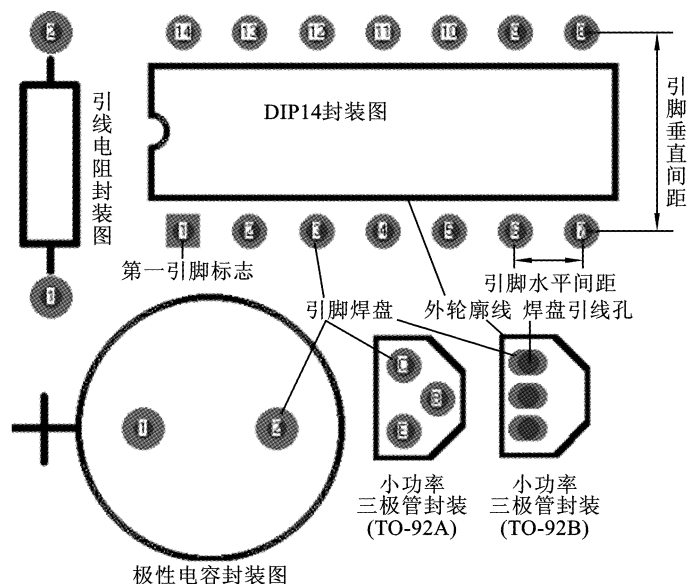


图 4.20 元件封装图外形及各部分名称

执行菜单命令 Design|Load Nets(Protel 99 的是 Netlist...),然后在打开的管理器中单击 Browse 按钮,再在弹出的调入网络对话框中选择电路原理图设计时生成的网络表文件(如 1111.NET),从表中可以查看错误,如果没有错误,单击 Execute 按钮,如图 4.21 所示。

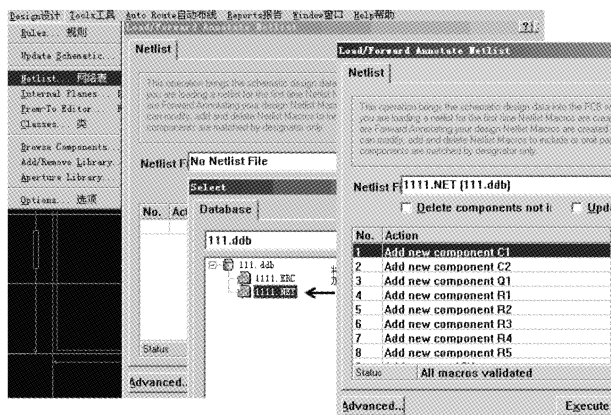


图 4.21 装入网络表

3. 元件布局(可以选择自动布局)

装入网络表后,系统自动装入电路原理图中指定的元件封装,Protel 99 SE 提供了元件布局工具。一般来说,自动布局的效果是不理想的,需要手工调整每

个元件的位置。元件布局是否合理,将直接影响自动布线的成败。因此,元件布局是电路板图设计过程中需要仔细斟酌的过程,如图 4.22 所示。

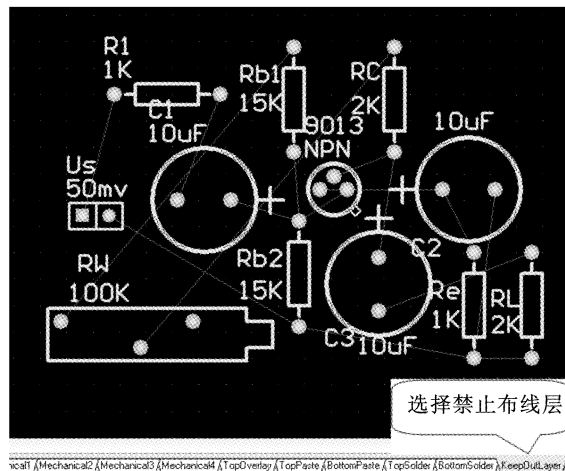


图 4.22 元件布局图

4. 自动布线

执行菜单命令 Auto Routing|All,并在打开的自动布线设置对话框中单击 Route All 按钮,程序即对印制电路板图进行自动布线,如图 4.23 所示。只要设置好有关参数,元件布局合理,自动布线的成功率几乎是 100%,如图 4.24 所示。

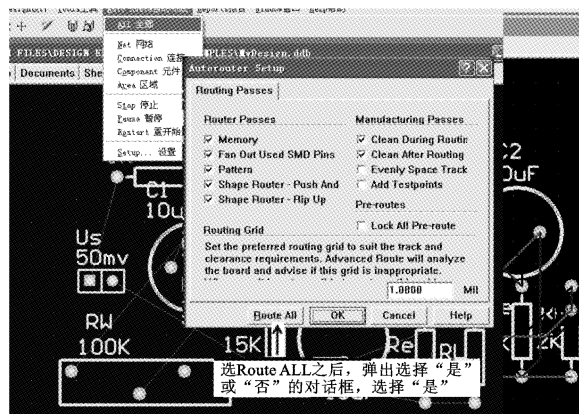


图 4.23 自动布线框图

完成电路板图的布线后,保存完成的电路线路图文件,然后利用各种图形输出设备,如打印机或绘图仪输出电路板的布线图。

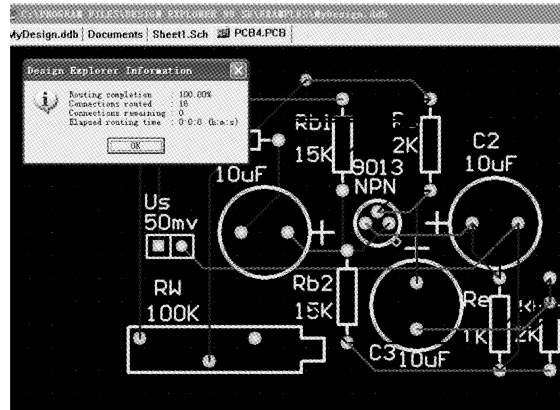


图 4.24 布线完成框图

练 习

- 4-1 了解 Protel 99 SE 的启动、绘图环境、各个功能模块,界面环境。
- 4-2 掌握电路原理图、PCB 板设计的设计流程。
- 4-3 掌握装载元器件库,放置、编辑和调整元器件,并能绘制简单的电路原理图和 PCB 板。

4.4 实习 功率放大器 PCB 的制作

1. 实习目的

- (1) 了解 Protel 99 SE 的基本功能。
- (2) 能够用 Protel 99 SE 进行简单的原理图设计。
- (3) 能够用 Protel 99 SE 进行简单的印制电路板设计。

2. 实习设备

PC, Protel 99 SE 软件。

3. 实习内容

- (1) 绘制单声道功放电路原理图, 如图 4.25 所示。

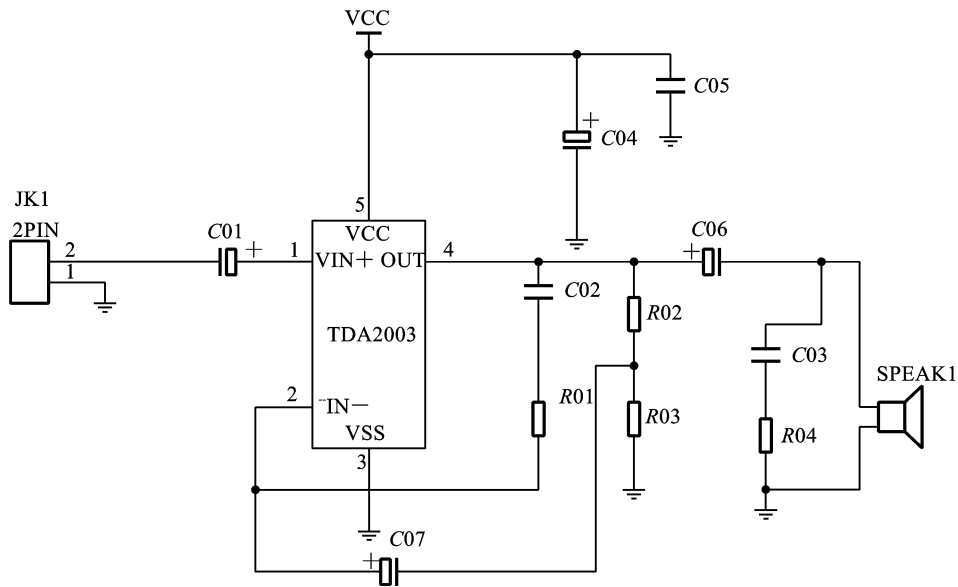


图 4.25 单声道功放电路原理图

- (2) 制作元件 TDA2003。
- (3) 将所画电路原理图做成印制电路板。

实习报告

实习报告

第 5 章 实用电子电路的制作

5.1 手工锡焊技术

电子产品的质量取决于电路原理图的设计、元器件质量和焊接的工艺水平。在电子产品制作中,锡焊工艺是非常重要的。锡焊分浸焊、波峰焊和回流焊三种,而手工烙铁锡焊是锡焊技术的基础。

5.1.1 锡焊的特点和机理

采用锡铅焊料进行焊接的称为锡铅焊,简称锡焊。其机理是焊件与铜箔在焊接热的作用下,焊脚与铜箔不熔化,焊锡熔化并浸润焊面,依靠二者的相互扩散形成焊脚的连接,在焊脚与铜箔之间形成合金结合层,这个过程为物理化学作用的过程。

5.1.2 锡焊条件

锡焊必须具备以下几个条件。

(1) 焊件的可焊性:金属表面被熔融润湿焊料的特性称为可焊性,只有能被焊锡浸润的金属才具有可焊性。

(2) 焊脚表面必须保持清洁:为了使焊锡和焊脚达到原子间相互作用的目的,焊脚表面任何污垢杂质都应清除。

(3) 合适的助焊剂:助焊剂(松香)的作用是除去氧化膜和防止氧化。助焊剂在熔化后,漂浮在焊件表面上形成隔离层,因而可防止焊点表面层的氧化。

(4) 合适的焊料:焊料是易熔金属,它的熔点低于被焊金属。焊料分为锡铅焊料、银焊料和铜焊料。电子产品主要使用锡铅焊料,也称为焊锡。常用的焊料是带焊剂芯的焊锡丝。它的腔体内充有焊剂,焊剂在常温下是固态的,但当焊锡丝熔化时,焊剂以液态流出,起到清洗氧化层、增加焊接润湿的作用,并在焊点表面固化。

(5) 适当的加热温度:只有在足够的温度下,焊料才能充分浸润,并充分扩散形成合金结合层,但过高的温度是有害的。

(6) 适当的焊接时间:焊接时间过长易损坏焊接部位及元器件的性能,过短易出现虚焊。

5.1.3 锡焊工具

1. 电烙铁的结构

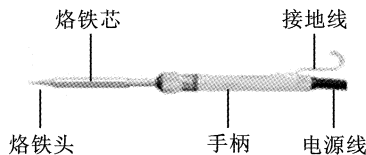


图 5.1 内热式电烙铁外形图

电烙铁是进行电子制作不可缺少的工具之一,它有外热式和内热式两种,内热式电烙铁外形如图 5.1 所示。在电子制作中以 20~45 W 的内热式电烙铁为宜。

2. 电烙铁的使用方法

电烙铁的功率大小应根据锡焊的要求进行选择。焊接面积大时,所需热量也大,选用电烙铁的功率也要大些。焊接印刷电路板使用 20~45 W 的电烙铁已经足够。

使用电烙铁要注意安全。使用前要检查电烙铁是否漏电,插头与外壳之间的电阻必须大于 5 MΩ 才可以使用。检查电烙铁电源连接线是否破皮而露出铜线,若露出铜线,则要用绝缘胶布包扎;使用中,要防止电烙铁头接触到电源连接线。

新电烙铁加热使用以前,电烙铁头端部要先轻轻锉刮干净,然后接通电源。在温度渐渐上升的过程中,先在电烙铁头涂上助焊剂少许,待加热到焊锡的熔点时,用电烙铁蘸取少许焊锡,电烙铁头会很容易地沾附上一层光亮的焊锡,电烙铁便可使用。电烙铁经长期使用后,电烙铁头将逐渐被氧化,氧化部分就沾不上锡。当电烙铁头完全被氧化(烧死)时,可用锉刀将电烙铁头表面氧化物锉去,然后像新电烙铁一样重新涂上助焊剂,上焊锡后即可使用。为了延长电烙铁头的寿命,每次使用完后,用小刀将电烙铁头上的残渣刮干净,使电烙铁头上有一层薄焊锡。

5.1.4 手工锡焊方法

1. 锡焊前的准备工作

首先用砂纸或小刀将焊脚表面的氧化物及污垢清理干净,使焊脚露出金色光泽,再用烧热的电烙铁将处理好的焊脚涂上焊锡,为下一步焊接做准备。如果焊脚是新的,可以省去这一步。

2. 手工锡焊步骤

手工锡焊一般分五步,操作示意如图 5.2 所示。

- (1) 准备。电烙铁烧热后,一手拿电烙铁,一手拿焊锡丝,处于可焊状态。
- (2) 加热焊接点。将电烙铁头置于焊脚与焊盘形成的直角处,使焊接点升温,时间不宜过长。
- (3) 送入焊锡丝。当焊接点上升到适当温度时,及时将焊锡丝放置在电烙

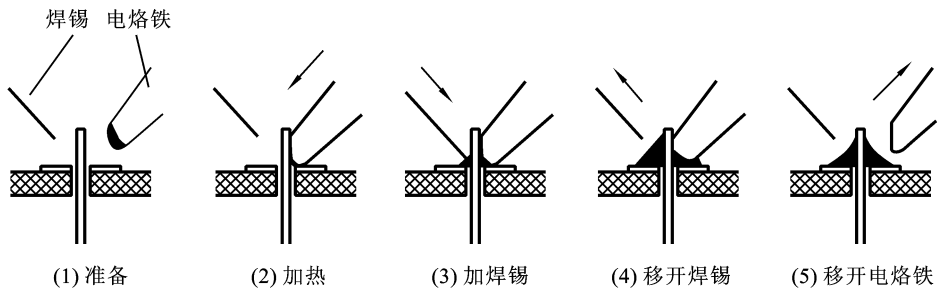


图 5.2 手工锡焊五步操作示意图

铁头与焊脚接触处,焊锡丝会浸润焊盘和焊件。

(4) 移开焊锡丝。当焊盘和焊脚上浸润了适量焊锡,应迅速移开焊锡丝。

(5) 移开电烙铁。当焊点上的焊锡已光亮圆满,应迅速移开电烙铁,整个焊接时间为 3~5 s。

3. 锡焊点的技术要求

锡焊点有以下几个要求。

(1) 接触良好。锡焊点要通过一定的电流,要保证接触良好,以减小接触电阻。

(2) 有足够的机械强度。锡焊点要有足够的机械强度以防止焊脚松动,引起接触不良。影响锡焊点机械强度的因素有锡焊质量和焊料性能等。

(3) 外观整洁。质量良好的锡焊点,焊锡适当,锡焊点表面无裂纹,外表平整光滑,焊料与焊脚交界处平滑过渡,接触角小。合格锡焊点的外观如图 5.3 所示。图中 a 表示锡焊盘半径, h 表示锡焊点的高度, a 与 h 的关系为 $a=(1\sim 1.2)h$ 。

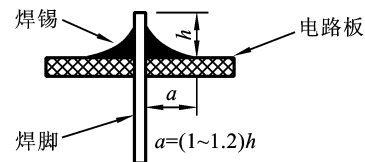


图 5.3 合格焊点的外形

(4) 不合格的焊点类型有多种,最典型的有虚焊、假焊、气泡、内疏松等,外观如图 5.4 所示。虚焊从外表上看,焊脚与焊锡有细小的间隙,焊脚易松动。假焊从外表上看没有明显的特征,但焊接点内部有空缺,焊脚不牢固。气泡和内疏松从外表上可看出,前者的焊点有裂缝,后者的

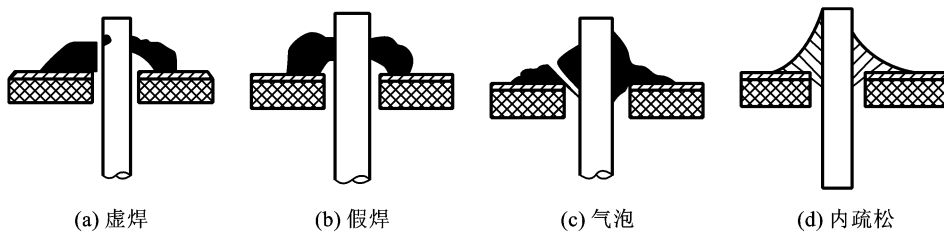


图 5.4 几种不合格的焊点外形

焊点呈不规则的片状。造成虚焊、假焊、气泡、内疏松等的主要原因有焊脚表面或焊盘不够清洁、加热焊锡的温度不够、焊接方法不当等。

练 习

- 5-1 手工锡焊前的准备工作。
- 5-2 手工锡焊五步操作法。
- 5-3 锡焊点的技术要求。

5.2 实习 印制电路板的手工锡焊制作

5.2.1 双声道功放印制电路板的制作

1. 实习目的

- (1) 学习用万用表测量电阻、电容的方法。
- (2) 学习电路原理图与印刷电路板的对应关系。
- (3) 学习手工锡焊技术。
- (4) 了解集成运放与集成功放的应用。

2. 实验设备与元器件

数字万用表、直流稳压电源；印刷电路板、电阻器、电容器、集成功放、插座、插针。

3. 电路原理图

功放电路由集成功放芯片 TDA2003 和若干电阻器、电容器组成。双声道功放电路由两个相同的单声道功放电路组成。单声道功放电路原理图如图 4.25 所示。元器件参数参考如下。

(1) 电解电容器：C01, 1 μ F；C04、C06、C07, 47 μ F。

(2) 瓷片电容器：C02, 39 nF；C03, 100 nF；C05, 100 nF。

(3) 电阻器：R01, 39 Ω ；R02, 300 Ω ；R03, 5.1 Ω ；R04, 1 Ω 。

集成功放 TDA2003 外形图如图 5.5 所示。在这

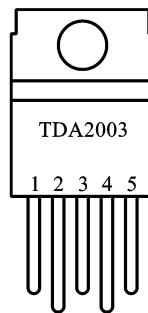


图 5.5 TDA2003 外形图

1—v+；2—v-；3—vss(GRD)；
4—Uout；5—VCC

里接成同相比例放大器，其电压放大倍数 $A_v = 1 + \frac{R02}{R03}$ 。改变 R02、R03 可改变 A_v 。TDA2003 极限参数如表 5.1 所示，TDA2003 管脚功能定义如表 5.2 所示。

表 5.1 TDA2003 极限参数

参数名称	符号	参数值	单位	备注
电源电压	VCC	8~18	V	
输出电压	Uout	6.1~7.7	V	静态
输出峰值电流	I _o	3.5	A	可重复
输出功率	P _o	10	W	条件是 1 kHz, R _L = 2 Ω

表 5.2 TDA2003 管脚功能定义

管脚序号	1	2	3	4	5
管脚符号	$v+$	$v-$	v_{SS}	U_{out}	VCC
管脚名称	正向输入端	反向输入端	地	输出端	电源端

实验时为降低成本,取 $C04=C06=C07=47\ \mu\text{F}$,实际应用时须加大。 $C02$ 、 $R01$ 构成消振电路。由于 $C02$ 取值很小,对于音频(20 Hz~20 kHz)来说,其容抗很大,相当于开路。而对高频信号来说, $C02$ 可起抑制作用。

4. 制作步骤

双声道功放印制电路板(PCB)如图 5.6 所示。图中方形焊盘是 TDA2003 管脚 1 的焊盘。制作步骤如下。

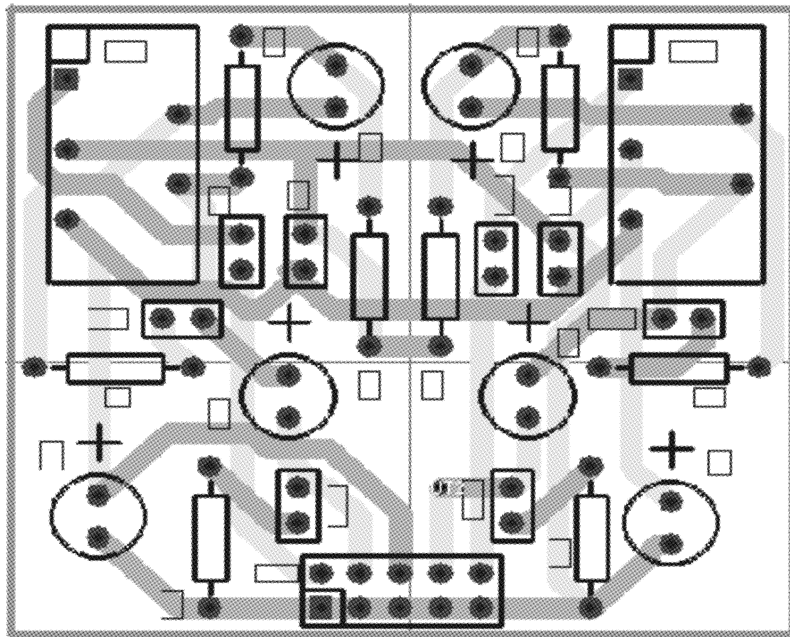


图 5.6 双声道功放电路 PCB 图

- (1) 领到元器件以后,清点数量,测量器件参数。
- (2) 检查印制电路板,与电路原理图作对比,在印制电路板上找到元器件的物理位置,特别注意电解电容器的极性和集成功放的管脚方向,不能搞错。
- (3) 锡焊。锡焊顺序是先焊高度低的元件,如电阻、插座、电容、插针等,再焊高度高的元件。

(4) 检查锡焊质量。用万用表检查焊接点是否有虚焊、短路等情况,排除电路故障后才能通电测试。

5.2.2 直流稳压电源电路板的制作

1. 实习目的

- (1) 学习用万用表测量电阻、电容、二极管的方法。
- (2) 学习手工制作简单的印制电路板。
- (3) 学习手工锡焊技术。
- (4) 了解集成稳压器的应用。

2. 实验设备与元器件

数字万用表、直流稳压电源;敷铜板、电阻器、电容器、集成稳压器、二极管。

3. 电路原理图

电路原理图如图 5.7 所示。

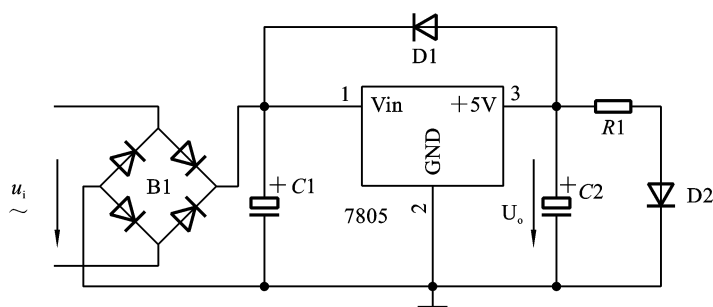


图 5.7 直流稳压电源原理图

($R_1=200\sim 470\ \Omega$ $C_1=C_2=10\ \mu\text{F}$ D_2 为发光二极管)

4. 制作步骤

(1) 设计制作印制电路板。制作简单印制电路板最简单的方法是,用小刀或钢锯条在敷铜板上把铜箔分割成相互绝缘的几块即可;由实验电路原理图可知,本实验应将铜箔分割成 6 块。

(2) 锡焊。焊点要先除去氧化层再涂上松香上锡,然后才能焊元器件,否则很容易虚焊。

(3) 检查锡焊质量。用万用表检查焊接点是否有虚焊、短路等情况,排除电路故障后才能通电测试。

(4) 测试。测试结果填入表 5-3 中。

表 5-3 测试结果 (U_i 可用直流电源 (极性任意) 代替)

U_i/V	U_o/V	$\Delta U_o/\Delta U_i$	V_{R1}/V	V_{D2}/V
9.0				
12.0				

实习报告

实习报告

第 6 章 西门子可编程控制器 S7-200 应用

西门子可编程控制器(PLC)S7-200 系统是紧凑型可编程控制器。S7-200 系统的硬件构架由多种型号的 CPU 模块和扩展模块组成,能够满足各种设备的自动化控制需求。S7-200 除具有 PLC 基本的控制功能外,还具有功能更强大的指令集,强大的通信功能和易用的编程软件。本章将从 PLC 的基本结构入手,结合 S7-200 讲述 PLC 的安装、指令集与通信,介绍编程软件 STEP 7-MicroWIN V4 SP3,最后通过实例使读者掌握 S7-200 的应用。

6.1 PLC 的组成与接口

6.1.1 PLC 的组成

从结构上分,PLC 分为固定式 PLC 和组合式(模块式)PLC 两种。固定式 PLC 包括 CPU 板、I/O 板、显示面板、内存块、电源等,这些单元组合成一个不可拆卸的整体。模块式 PLC 包括 CPU 模块、I/O 模块、内存、电源模块、底板或机架,这些模块可以按照一定规则组合配置。

CPU 是 PLC 的核心,起着神经中枢的作用,每套 PLC 至少有一个 CPU,它按 PLC 的系统程序赋予的功能接收并存储用户程序和数据,用扫描的方式采集由现场输入装置送来的状态或数据,并存入规定的寄存器中。同时,诊断电源和 PLC 内部电路的工作状态和编程过程中的语法错误等。进入运行后,从用户程序存储器中逐条读取指令,经分析后再按指令规定的任务产生相应的控制信号,去指挥有关的控制电路。

CPU 主要由运算器、控制器、寄存器及实现它们之间联系的数据、控制及状态总线构成,CPU 单元还包括外围芯片、总线接口及有关电路。内存主要用于存储程序及数据,是 CPU 不可缺少的组成单元。在使用者看来,不必详细分析 CPU 的内部电路,但对各部分的工作机制还是应有足够的理解。CPU 的控制器控制 CPU 工作,由它读取指令、解释指令及执行指令。但工作节奏由时钟信号控制。运算器用于进行数字或逻辑运算,在控制器指挥下工作。寄存器参与运算,并存储运算的中间结果,它也是在控制器指挥下工作。

CPU 速度和内存容量是 PLC 的重要参数,它们决定着 PLC 的工作速度、

I/O数量及软件容量等,因此限制着控制规模。

PLC 与电气回路的接口,是通过输入输出部分(I/O)完成的。I/O 模块集成了 PLC 的 I/O 电路,其输入暂存器反映输入信号状态,输出点反映输出锁存器状态。输入模块将电信号变换成数字信号进入 PLC 系统,输出模块则相反。I/O 分为开关量输入(DI)、开关量输出(DO)、模拟量输入(AI)和模拟量输出(AO)等模块。

常用的 I/O 分类如下。

开关量:按电压水平分,有 AC 220 V、AC 110 V、DC 24 V;按隔离方式分,有继电器隔离和晶体管隔离。

模拟量:按信号类型分,有电流型(4~20 mA,0~20 mA)、电压型(0~10 V,0~5 V,-10~10 V)等;按精度分,有 12 bit、14 bit、16 bit 等。

除了上述通用 I/O 外,还有特殊 I/O 模块,如热电阻、热电偶、脉冲等模块。按 I/O 点数确定模块规格及数量,I/O 模块可多可少,但其最大数受 CPU 所能管理的基本配置限制,即受最大的底板或机架槽数限制。

PLC 电源用于为 PLC 各模块的集成电路提供工作电源。同时,有的还为输入电路提供 24 V 的工作电源。电源输入类型有交流电源(AC 220 V 或 AC 110 V),直流电源(常用的为 DC 24 V)。

大多数模块式 PLC 使用底板或机架,其作用是在电气上实现各模块间的联系,使 CPU 能访问底板上的所有模块;在机械上实现各模块间的连接,使各模块构成一个整体。

6.1.2 CPU 和扩展模块供电

S7-200 的 CPU 有两种供电形式:24 V 直流和 110/220 V 交流。需要供电的扩展模块,除了 CP243-2 模块之外,都是 24 V 供电。CPU 供电如图 6.1 和图 6.2 所示。

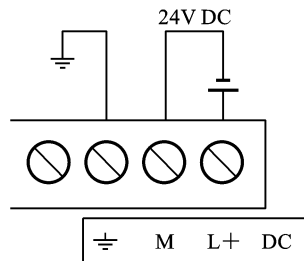


图 6.1 直流供电 CPU

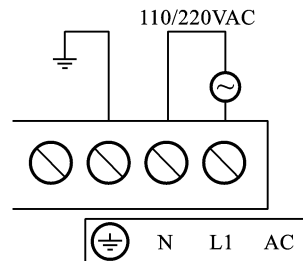


图 6.2 交流供电 CPU

1. CPU 电源接线

每个 CPU 的右下角都有一个 24 V 直流输出电源,称为传感器电源。它可以

用作 CPU 自身和扩展模块 I/O 点的电源供电,也可以用于扩展模块本身的供电。为扩展模块供电时,要把传感器电源的 L+/M 对应连接到扩展模块的 L+/M 端子。如果电源容量不够需要外接 24 V 直流电源,外接电源的正极不能与传感器电源的 L+ 连接,负极要与传感器电源的 M 连接。传感器电源输出位置如图 6.3 所示。

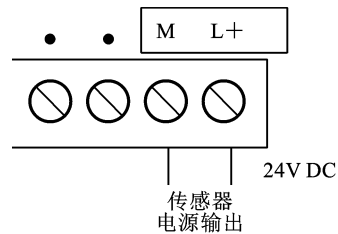


图 6.3 CPU 传感器电源输出

2. 扩展模块供电

扩展模块所需的 5 V 直流电源从扩展模块总线取得。部分模块需要从端子上获得 20 V 直流电源 L+ 和 M。可以直接使用上述 CPU 传感器电源作为扩展模块电源,也可以使用符合标准的其他电源。

6.1.3 数字量 I/O 接线

输入/输出信号接线的关键是要构成闭合电路。为了便于连接不同设备,或者使用不同的电源,数字量 I/O 的几个点组成一组,每组共享一个电源公共端子。

1. 数字量输入点接线

数字量输入都是 24 V 直流,支持源型(信号电流从模块内向输入器件流出)和漏型(信号电流从输入器件流入)。两种接法的区别是电源公共端 xM 接 24 V 直流电源的负极(漏型输入),或者正极(源型输入),分别如图 6.4 和图 6.5 所示。

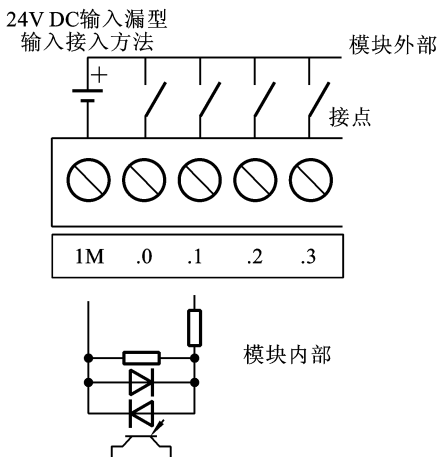


图 6.4 漏型输入接法

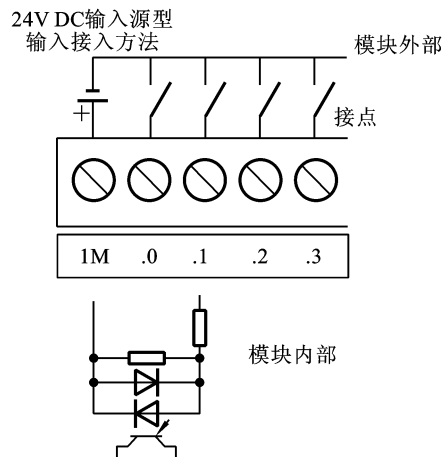


图 6.5 源型输入接法

2. 数字量输出点接线

S7-200 的数字量输出点有两种类型:24 V 直流(晶体管)和继电器触点。对于 CPU 上的输出点来说,凡是 24 V 直流供电的 CPU 都是晶体管输出(见图

6.6), 220 V 交流供电的 CPU 都是继电器接点输出(见图 6.7)。

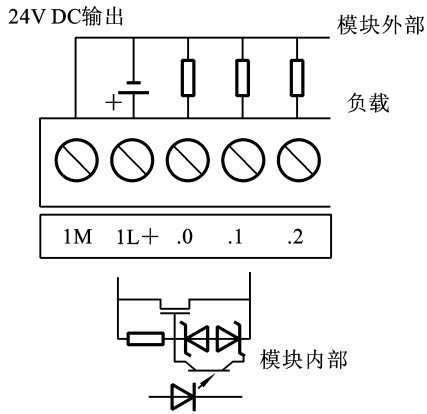


图 6.6 晶体管输出

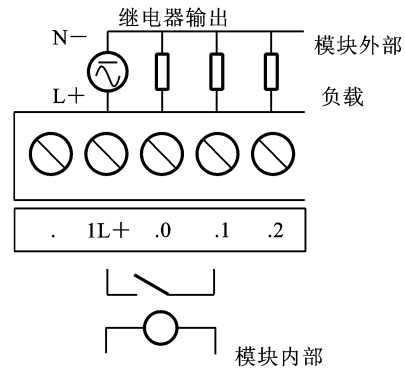


图 6.7 继电器输出

6.1.4 模拟量 I/O 接线

S7-200 的模拟量模块用于输入/输出电压、电流信号。信号的量程(信号的变化范围,如 $-10\text{ V} \sim +10\text{ V}$, $0 \sim 20\text{ mA}$ 等)用模块上的 DIP 开关拨到不同的位置(ON 或 OFF)设定。模拟量扩展模块需要供应 24 V 直流电源,可以用 CPU 传感器电源,也可以用外接电源供电。

1. 模拟量输入接线

产生模拟量信号的外部设备,如各种信号变送器等可以用外接电源供电,在规格符合要求时,也可以用 CPU 上的传感器电源供电,如图 6.8 所示。

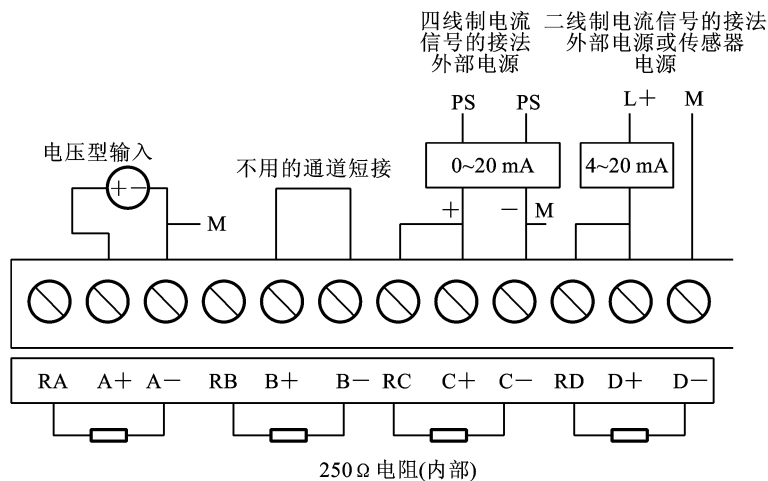


图 6.8 模拟量输入接线

2. 模拟量输出接线

电压型和电流型信号的接法不同,各自的负载接到不同的端子上。如图 6.9 所示。

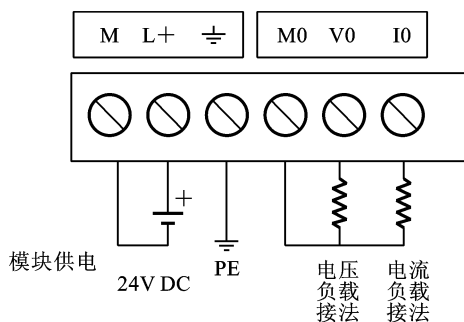


图 6.9 模拟量输出接法

6.2 PLC 编程软件的应用

STEP 7-MicroWIN V4 SP3 是 S7-200 的专用软件,它工作在 WINDOWS 平台下。

6.2.1 软硬件配置

需要下载程序到 S7-200 中,就要对 STEP 7-MicroWIN V4 SP3 软件和下载硬件进行配置,下面分别讲述软硬件配置。

1. 菜单栏

允许使用鼠标或键盘操作执行各种命令和工具,如图 6.10 所示。可以定制工具菜单,在该菜单中增加自己的工具。



图 6.10 菜单栏

2. 工具栏

工具栏提供常用命令或工具的快捷按钮,如图 6.11 所示,并且可以定制每个工具条的内容和外观。其标准工具栏如图 6.12 所示,调试工具栏如图 6.13 所示,常用工具栏如图 6.14 所示,LAD 指令工具栏如图 6.15 所示。

3. 项目及其组件

STEP 7-Micro WIN 把每个实际的 S7-200 系统的用户程序、系统设置等保存在一个项目文件中,扩展名为 .mwp。打开一个 .mwp 文件就打开了一个相应

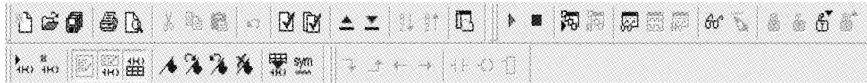


图 6.11 工具栏

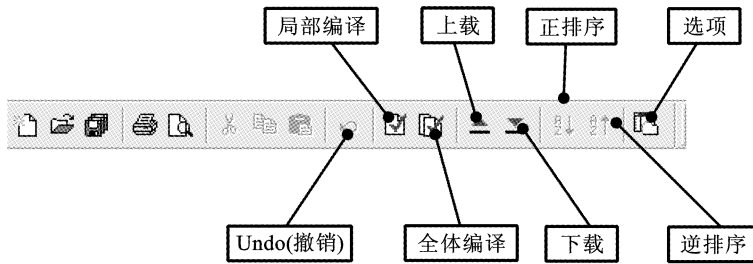


图 6.12 标准工具栏

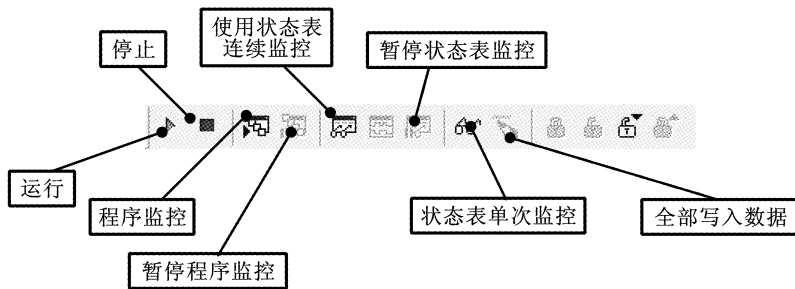


图 6.13 调试工具栏

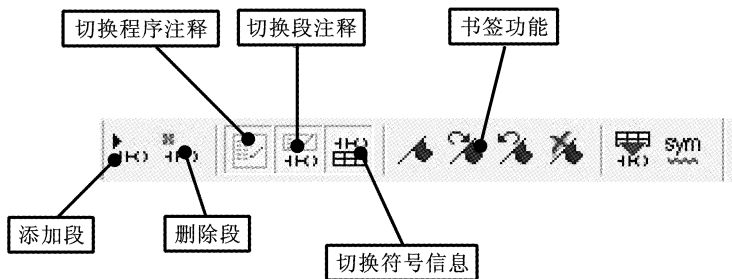


图 6.14 常用工具栏

的工程项目。

使用浏览条的视图部分和指令树的项目分支(见图 6.16),可以查看项目的各个组件,并且可在它们之间切换。单击浏览条图标,或者双击指令树分支可以快速到达相应的项目组件。

单击 Communications 图标可以寻找与编程计算机相连接的 S7-200 CPU,

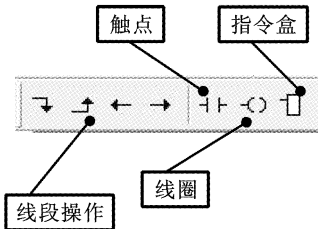


图 6.15 LAD 指令工具栏

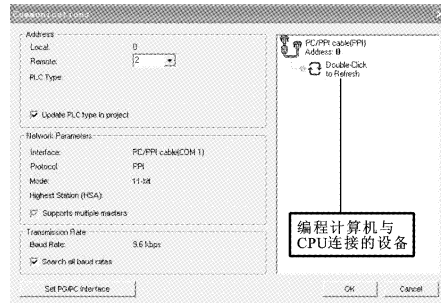


图 6.16 通信对话框

建立编程通信。单击 Set PG/PC Interface 图标可以设置计算机与 S7-200 之间的通信硬件及网络地址和速率等参数。

6.2.2 连接管理及程序下载

S7-200 与计算机通信方式有多种,本节以 PC/PPI 电缆为例进行讲述。PC/PPI 电缆连接 PG/PC 的串行通信口和 S7-200 的 CPU 通信口。用 PC/PPI 电缆连接 PG/PC 和 CPU,将 CPU 的模式选择开关设置为 STOP,给 CPU 上电。

(1) 用鼠标单击浏览条上的 Communications 图标出现通信窗口,如图 6.16 所示。对话框右侧显示编程计算机将通过 PC/PPI 电缆尝试与 CPU 通信,左侧显示本地编程计算机的网络通信地址是 0,默认的远程(就是与计算机相连的)CPU 端口地址为 2。

(2) 用鼠标双击 PC/PPI 电缆的图标,出现如图 6.17 所示的对话框。单击 PC/PPI 电缆旁边的 Properties(属性)按钮,查看、设置 PC/PPI 电缆连接参数。

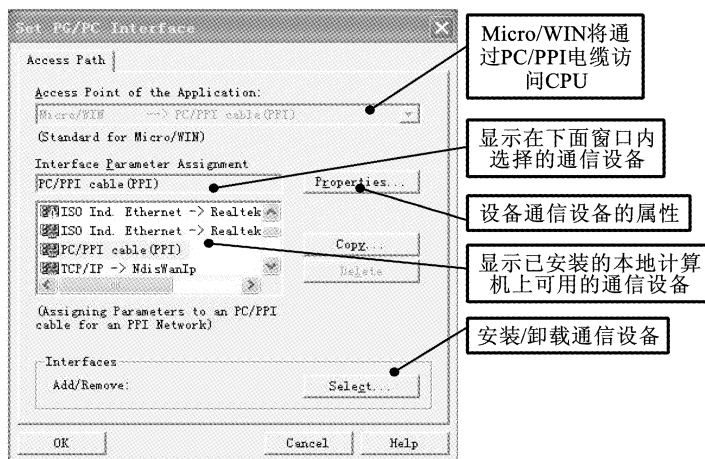


图 6.17 设置 PG/PC 的通信接口

(3) 在 PPI 选项卡中可查看、设置网络相关参数,如图 6.18 所示。

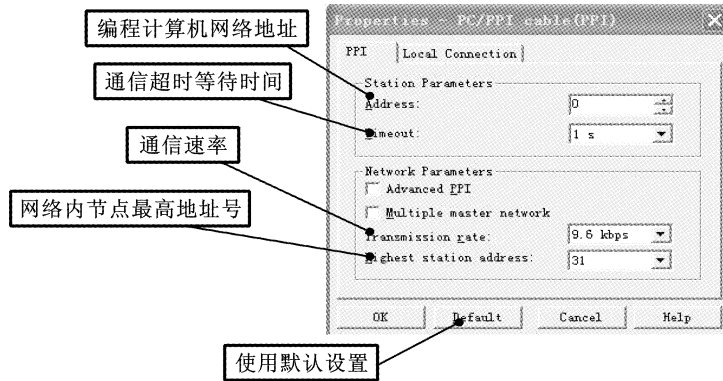


图 6.18 查看、设置网络相关参数

(4) 在 Local Connection(本地连接选项卡)中,在 Connection to(连接到)下拉列表框中选择实际连接的编程计算机 COM 口,如图 6.19 所示。

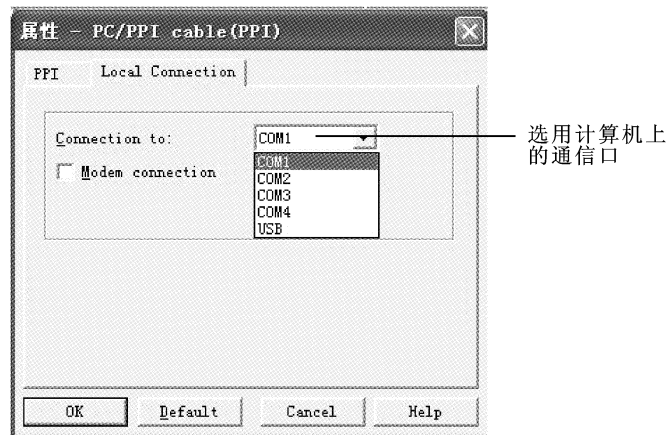


图 6.19 选择编程计算机通信口

(5) 单击 OK 按钮回到通信对话框,鼠标双击 Refresh 图标。

(6) 执行刷新指令后,将显示通信设备上连接的设备。

(7) 设置好的通信经编译后,鼠标点击标准工具栏中的下载图标,即可完成下载。

6.3 编程指令的操作

梯形逻辑图与电器控制系统的电路图很相似,但它不能被 PLC 使用。

本节只讲述如何在 PLC 编程软件中完成从梯形逻辑图到实际的 PLC S7-200 程序的编程。梯形逻辑图如图 6.20 所示。下面分步骤演示如何在 STEP 7 MicroWIN V4 SP3 中完成一个 S7-200 程序设计。

在 S7-200 控制程序中,使用 I/O 地址来访问实际连接到 CPU I/O 端子的实际器件。实际的 S7-200 程序如图 6.21 所示。其中,I0.0 为 SB1 的常开触点,I0.1 为 SB2 的常闭触点,它是低电平有效信号。双击桌面 S7-200 编程软件 STEP 7 MicroWIN V4 SP3,鼠标默认停留在如图 6.22 所示位置。

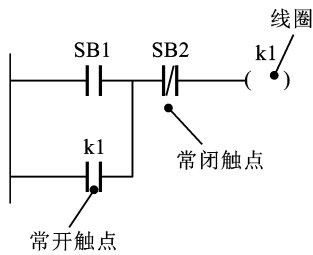


图 6.20 梯形逻辑图

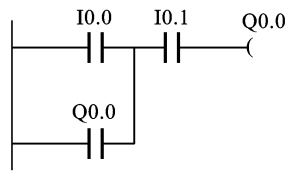


图 6.21 实际的 S7-200 PLC 程序

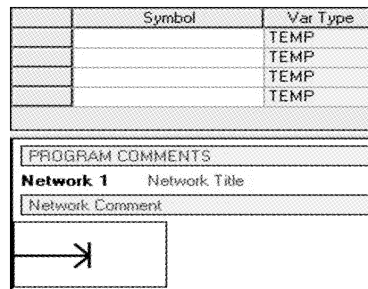


图 6.22 演示步骤一

下面接着在鼠标所指的位置插入常开触点 I0.0。点击 LAD 指令工具栏中的常开按钮,会出现一系列可供选择的元件,如图 6.23 所示。

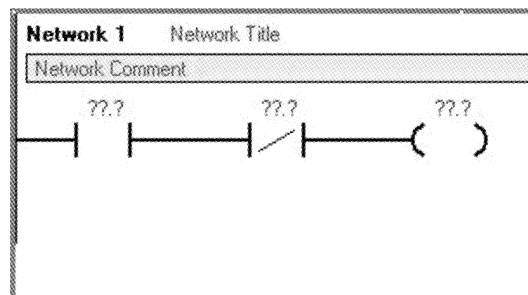


图 6.23 演示步骤二

还有形成自锁的 Q0.0 要输入,这里要用到线段操作。将鼠标停在图 6.23 中第一个常开触点处,先点向下的箭头,再点向左的箭头,然后再输入一个常开触点,完成效果如图 6.24 所示。最后,要在图 6.24 打问号处输入所对应 I/O 号的编号。方法为鼠标双击问号处输入,完成后效果如图 6.25 所示。对触点、线圈和一些常用指令的输入,还可在菜单 Instruction 下找到相应的元件。

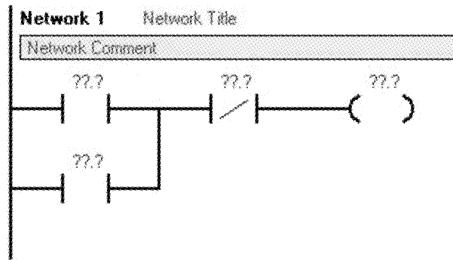


图 6.24 演示步骤三

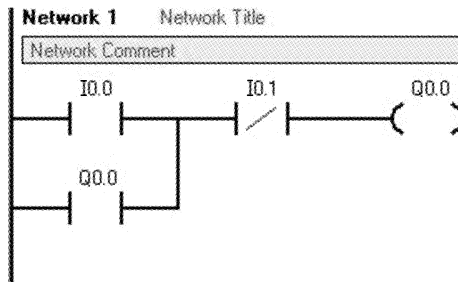


图 6.25 演示步骤四

练 习

- 6-1 S7-200 PLC 的编程软件是什么?
- 6-2 S7-200 PLC 与计算机采用何种连接方式进行通信?
- 6-3 熟悉 S7-200 PLC 常用编程指令。

6.4 实习 PLC 应用

1. 实验目的

PLC 的应用。

2. 实验内容

用 PLC 构成 Y/△换接启动控制系统。

(1) 控制要求。

按下启动按钮 SB1,电动机运行,U1、V1、W1 亮,表示是 Y 型启动,2 s 后,U1、V1、W1 灭,U2、V2、W2 亮,表示△型启动。按下停止按钮 SB2,电动机停止运行。示意图如图 6.26 所示。

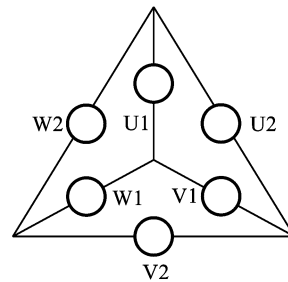


图 6.26 Y/△换接启动控制示意图

(2) I/O 分配。

输入

输出

启动按钮 I0.0 U1:Q0.0 U2:Q0.3

停止按钮 I0.1 V1:Q0.1 V2:Q0.4

W1:Q0.2 W2:Q0.5

(3) 按表 6.1 所示的梯形图输入程序。

(4) 调试并运行程序(控制语句和梯形图附后)。

表 6.1 Y/△换接启动控制语句表

1	LD	I0.0	8	=	Q0.0	15	A	I0.1
2	O	Q0.0	9	=	Q0.1	16	=	Q0.3
3	A	I0.1	10	=	Q0.2	17	=	Q0.4
4	AN	T37	11	LD	Q0.0	18	=	Q0.5
5	AN	Q0.3	12	TON	T37,+20			
6	AN	Q0.4	13	LD	T37			
7	AN	Q0.5	14	O	Q0.3			

参考:Y/△换接启动控制梯形图如图 6.27 所示。

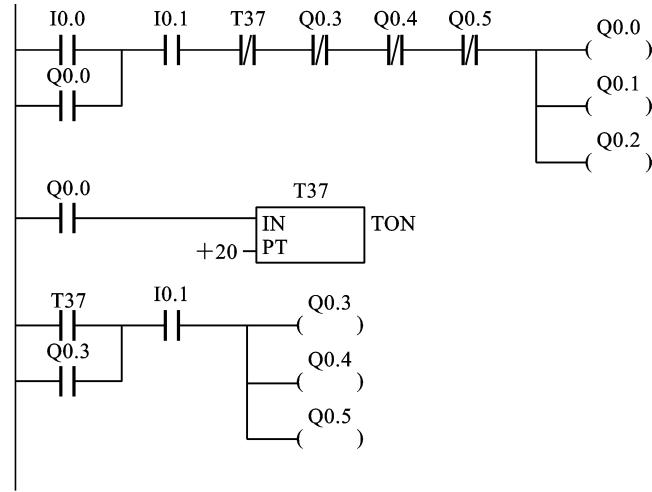


图 6.27 Y/Δ换接启动控制梯形图

实习报告

实习报告

第 7 章 西门子 MM440 变频器 基本操作方法

MM440 系列变频器(MicroMaster 440)是德国西门子公司广泛应用于工业场合的多功能标准变频器。它采用高性能的矢量控制技术,提供低速高转矩输出和良好的动态特性,同时具备超强的过载能力,以满足广泛的应用场合。对于变频器的应用,必须首先能熟练地对变频器的面板进行操作,以及根据实际应用,能对变频器的各种功能参数进行设置。

7.1 基本操作面板的使用

利用变频器的操作面板和相关参数设置,即可实现对变频器的某些基本操作,如正反转、点动等的运行。

7.1.1 修改 BOP 参数

MM440 操作面板(BOP,basic operation panel)如图 7.1 所示。在缺省设置时,用 BOP 控制电动机的功能是被禁止的。如果要用 BOP 进行控制,参数 P0700、P1000 应设置为 1。用 BOP 可以修改任何一个参数。修改参数的数值时,BOP 有时会显示“busy”,表明变频器正忙于处理优先级更高的任务。下面就以设置 P1000=1 的过程为例,介绍通过 BOP 修改来设置参数的流程,如图 7.2 所示。

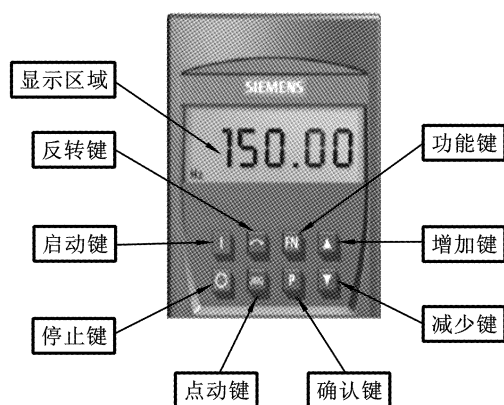


图 7.1 基本操作面板(BOP)

操作步骤	BOP显示结果
1 按 P 键, 访问参数	r0000
2 按 ▲ 键, 直到显示 P1000	P 1000
3 按 P 键, 显示 in000, 即P1000的第0组值	in000
4 按 P 键, 显示当前值 2	2
5 按 ▼ 键, 达到所要求的数值 1	1
6 按 P 键, 存储当前设置	P 1000
7 按 FN 键, 显示 r0000	r0000
8 按 P 键, 显示频率	5000

图 7.2 基本操作面板(BOP)修改设置参数流程

7.1.2 BOP 控制变频器

用 BOP 直接对变频器进行操作, 操作流程如图 7.3 所示。

操作步骤	设置参数	功能解释
1	P0700	=1 起停命令源于面板
2	P 1000	=1 频率设定源于面板
3	500	返回监视状态
4	I	启动变频器
5	▲ ▼	通过增减键修改运行频率
6	O	停止变频器

图 7.3 BOP 直接操作变频器流程

7.1.3 变频器调试步骤

通常一台新的 MM440 变频器一般需要经过如下三个步骤进行调试: 参数复位、快速调试和功能调试。

参数复位, 是将变频器参数恢复到出厂状态下的默认值的操作。一般在变频器出厂和参数出现混乱的时候进行此操作。

快速调试状态, 需要用户输入电动机相关的参数和一些基本驱动控制参数, 使变频器可以良好地驱动电动机运转。一般在复位操作后, 或者更换电动机后需要进行此操作。

功能调试, 是指用户按照具体生产工艺的需要进行的设置操作。这一部分的调试工作比较复杂, 常常需要在现场多次调试。

按照上述步骤, 设定 P0010=30 和 P0970=1, 按下 P 键, 开始复位, 复位过程大约 3 min, 这样就可保证变频器的参数回复到出厂默认值。

变频器在实际使用中, 电动机经常要根据各类机械的某种状态而进行正转、

反转、点动等运行，变频器的给定频率信号、电动机的启动信号等都是通过变频器控制端子给出，即变频器的外部运行操作，大大提高了生产过程的自动化程度。变频器的外部输入分为数字输入端口和模拟输入端口。

7.2 MM440 变频器的数字输入端口及功能

由于电动机经常要根据各类机械的某种状态而进行正转、反转、点动等运行，所以变频器的给定频率信号、电动机的启动信号等都是通过变频器控制端子给出。这很大程度上增强了变频器的外部运行操作，大大提高了生产过程的自动化程度。本节讲述 MM440 变频器控制端子中的数字输入端口。

MM440 变频器有 6 个数字输入端口 (DIN 1 ~ DIN 6)，即端口“5”、“6”、“7”、“8”、“16”和“17”，每一个数字输入端口功能很多，用户可根据需要进行设置。6 个数字输入端口部分功能如图 7.4 所示。

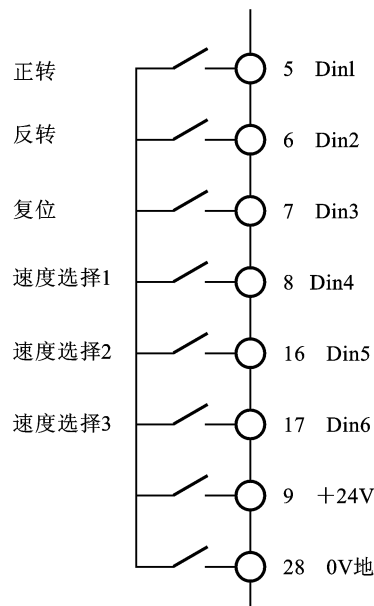


图 7.4 MM440 变频器的数字输入端口

参数号 P0701~P0706 为与端口数字输入 1 功能至数字输入 6 功能，每一个数字输入功能设置参数值范围均为 0~99，出厂默认值均为 1。以下列出其中几个常用的参数值，各数值的具体含义见表 7.1。

表 7.1 MM440 数字输入端口功能设置表

参 数 值	功 能 说 明
0	禁止数字输入
1	ON/OFF1(接通正转、停车命令 1)
2	ON/OFF1(接通反转、停车命令 1)
3	OFF2(停车命令 2),按惯性自由停车
4	OFF3(停车命令 3),按斜坡函数曲线快速降速
9	故障确认
10	正向点动
11	反向点动
12	反转
13	MOP(电动电位计)升高(增加频率)
14	MOP 降低(减少频率)
15	固定频率设定值(直接选择)
16	固定频率设定值(直接选择+ON 命令)
17	固定频率设定值(二进制编码选择+ON 命令)
25	直流注入制动

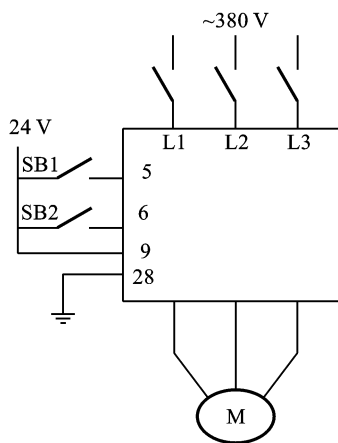


图 7.5 外部运行操作接线图

下面举例说明 MM440 数字输入端口的应用。变频器外部运行操作接线图如图 7.5 所示,通过开关 SB1、SB2 和外部线路控制 MM440 变频器的运行,实现电动机正转和反转控制。根据图 7.4 进行设置,其中端口 5 用于正转控制,端口 6 用于反转控制。参数号 P0701 对应端口 5,参数号 P0702 对应端口 6。

需要在变频器通电的情况下,完成相关参数设置。合上断路器 QS,根据表 7.2 完成变频器相关设置。

按表 7.2 设置好后,当按下带锁按钮 SB1 时,变频器数字端口 5 为 ON,电动机按 P1120 所设置的 5 s 斜坡上升时间正向启动运行,经

5 s 后稳定运行在 560 r/min 的转速上,此转速与 P1040 所设置的 20 Hz 对应。放开按钮 SB1,变频器数字端口 5 为 OFF,电动机按 P1121 所设置的 5 s 斜坡下降时间停止运行。当按下带锁按钮 SB2 时,变频器数字端口 6 为 ON,电动机按

P1120 所设置的 5 s 斜坡上升时间反向启动运行,经 5 s 后稳定运行在 560 r/min 的转速上,此转速与 P1040 所设置的 20 Hz 对应。放开按钮 SB2,变频器数字端口 6 为 OFF,电动机按 P1121 所设置的 5 s 斜坡下降时间停止运行。

表 7.2 变频器参数设置

参数号	出厂值	设置值	说 明
P0003	1	1	设用户访问级为标准级
P0004	0	7	命令和数字 I/O
P0700	2	2	命令源选择“由端子排输入”
P0003	1	2	设用户访问级为扩展级
P0004	0	7	命令和数字 I/O
P0701	1	1	ON 接通正转,OFF 停止
P0702	1	2	ON 接通反转,OFF 停止
P1080	0	0	电动机运行的最低频率/Hz
P1082	50	50	电动机运行的最高频率/Hz
P1120	10	5	斜坡上升时间/s
P1121	10	5	斜坡下降时间/s
P1040	5	20	设定键盘控制的频率值

7.3 MM440 变频器的模拟信号控制

MM440 变频器可以通过 6 个数字输入端口对电动机进行正反转运行、正反转点动运行方向控制。可通过 BOP,按频率调节按键可增加或减少输出频率,从而设置正反向转速的大小,也可以由模拟输入端控制电动机转速的大小。

MM440 变频器的输出端口 1、2 为用户的给定单元提供了一个高精度的 +10 V 直流稳压电源。可利用转速调节电位器串联在电路中,调节电位器,改变输入端口 AIN 1+ 给定的模拟输入电压,变频器的输入量将紧紧跟踪给定量的变化,从而平滑无极地调节电动机转速的大小。典型应用连接如图 7.6 所示。

MM440 变频器为用户提供了两对模拟输入端口,即端口 3、4 和端口 10、11,通过设置 P0701 的参数值,使数字输入端口 5 具有正转控制功能;通过设置 P0702 的参数值,使数字输入端口 6 具有反转控制功能;模拟输入端口 3、4 外接电位器,通过端口 3 输入大小可调的模拟电压信号,控制电动机转速的大小。通过设置 P1000 的参数值,将频率设定值选择为模拟输入。这样就实现了数字输入端控制电动机转速的方向,由模拟输入端控制转速的大小。

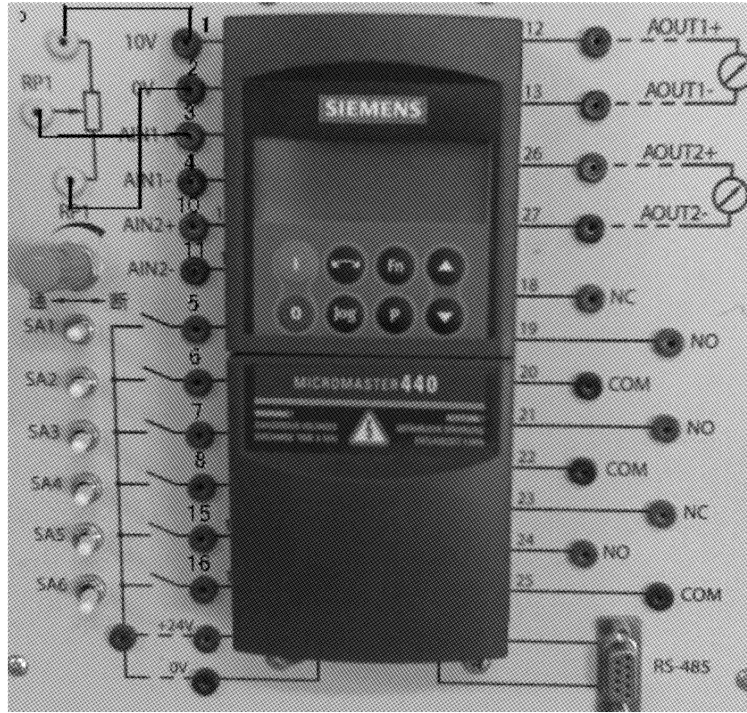


图 7.6 模拟信号控制接线图

7.4 MM440 变频器应用实例

7.4.1 训练内容

用拨动开关 SA1 控制实现电动机启停功能,由模拟输入端口控制电动机转速的大小。

7.4.2 训练工具、材料和设备

西门子 MM440 变频器、三相异步电动机、电位器、断路器、熔断器、自锁按钮、通用电工工具、导线等。

7.4.3 操作方法和步骤

- (1) 绘控制接线图。
按照图 7.6 绘制控制接线图。
- (2) 参数设置。

参数设置分为三部分：一是恢复变频器出厂默认值，设定 P0010 = 30 和 P0970 = 1，按下 P 键，开始复位；二是设置电动机参数，见表 7.3，电动机参数设置完成后，设 P0010 = 0，变频器当前处于准备状态，可正常运行；三是设置模拟信号操作控制参数，见表 7.4。

表 7.3 电动机参数设置

参数号	出厂值	设置值	说 明
P0003	1	1	设用户访问级为标准级
P0010	0	1	快速调试
P0100	0	0	工作地区：功率以 kW 表示，频率为 50 Hz
P0304	230	380	电动机额定电压/V
P0305	3.25	0.95	电动机额定电流/A
P0307	0.75	0.37	电动机额定功率/kW
P0308	0	0.8	电动机额定功率因数/cosφ
P0310	50	50	电动机额定频率/Hz
P03111	0	2800	电动机额定转速/(r/min)

表 7.4 模拟信号操作控制参数

参数号	出厂值	设置值	说 明
P0003	1	1	设用户访问级为标准级
P0004	0	7	命令和数字 I/O
P0700	2	2	命令源选择由端子排输入
P0003	1	2	设用户访问级为扩展级
P0004	0	7	命令和数字 I/O
P0701	1	1	ON 接通正转, OFF 停止
P0702	1	2	ON 接通反转, OFF 停止
P0003	1	1	设用户访问级为标准级
P0004	0	10	设定值通道和斜坡函数发生器
P1000	2	2	频率设定值选择为模拟输入
P1080	0	0	电动机运行的最低频率/Hz
P1082	50	50	电动机运行的最高频率/Hz

7.4.4 变频器运行操作

拨动扭子开关 SA1，端口 5 接通电源，数字输入端口 DIN1 为“ON”，电动机

正转运行,转速由外接电位器 RP1 来控制,模拟电压信号在 0~10 V 之间变化,对应变频器的频率在 0~50 Hz 之间变化,对应电动机的转速在 0~1500 r / min 之间变化。当断开扭子开关 SA1 时,电动机停止运转。当拨动扭子开关 SA2,端口 6 接通电源,数字输入端口 DIN2 为 ON,电动机反转运行,与电动机正转相同,反转转速的大小仍由外接电位器来调节。当断开扭子开关 SA2 时,电动机停止运转。

练 习

- 7-1 怎样利用变频器操作面板对电动机进行预定时间的启动和停止?
- 7-2 怎么样通过变频器的操作面板来控制电动机正反转及加减速运行?
- 7-3 怎么样通过可调电位器来控制电动机的加减速运行?
- 7-4 变频器与 PLC 间有哪些通信方式?

7.5 实习 PLC 与变频器联合应用

通过计算机编好程序下载到 PLC, PLC 与变频器通过 RS-485 连接, 这样编好的程序就可通过变频器去控制电动机运行。下面以变频器控制电动机正反转为例来说明。

1. 变频器的设置

用 PLC 通过变频器控制电动机是通过 PLC 的数字量输出信号作为变频器数字量输入信号, 因而变频器的控制方式选为端子排控制, 可与 7.2 节进行对比。所需参数如表 7.5 所示。

表 7.5 PLC 控制电机参数

参 数	功 能	设定值内容
P0700='1'	选择命令源	由端子排输入
P1000='12'	频率设定值的选择	模拟设定值
P0701='1'	数字输入 1 的功能	ON/OFF1(接通正转/停车命令 1)
P0702='12'	数字输入 2 的功能	反转

2. PLC 程序

PLC 程序梯形逻辑图如图 7.7 所示。

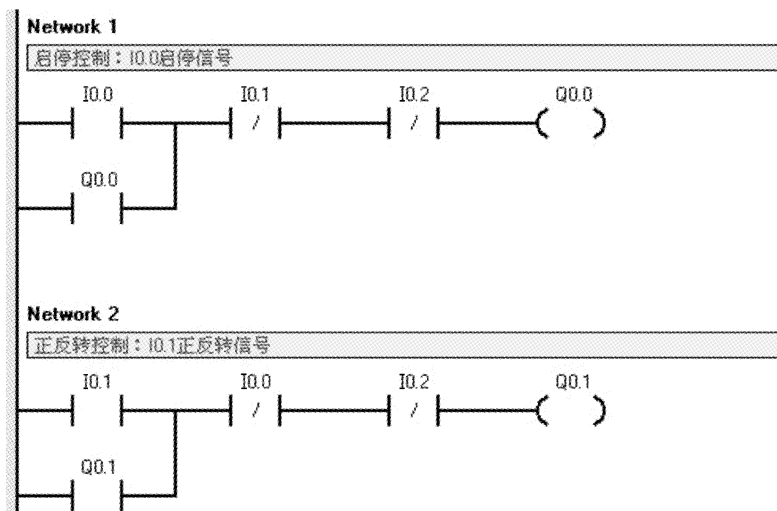


图 7.7 梯形逻辑图

3. 硬件连接图

按图 7.8 所示接好线后,实验台上电开始实验,SA1 为启/停控制开关,SA2 为正/反转控制开关;频率给定由模拟电位器提供。

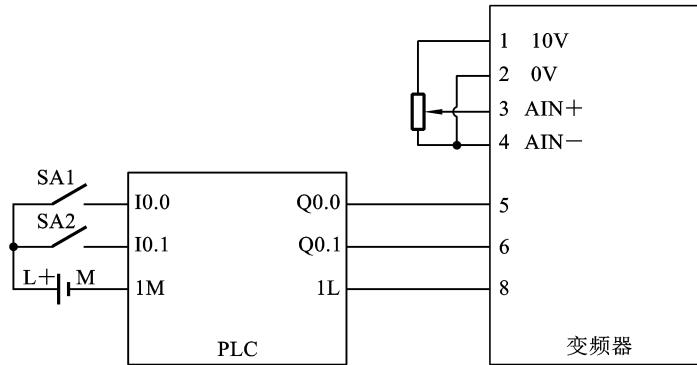


图 7.8 L+、M 为 PLC 传感器电源输出

实习报告

实习报告

第 8 章 Proteus 仿真软件的基本操作

Proteus 是英国 Lab Center Electronics 公司开发的电路分析、实物仿真及印制电路板设计的软件,是唯一一种能处理各种仿真、调试和测试的 EDA 工具。它可以仿真、分析各种模拟电路与集成电路,软件提供了大量模拟与数字元器件及外部设备,各种虚拟仪器,特别是它具有对单片机及其外围电路组成的综合系统的交互仿真功能,使得设计、仿真、编程、调试和测试于一体,节省时间。Proteus 是目前世界上最先进、最完整的嵌入式系统设计与仿真平台。

Proteus 主要由 ISIS 和 ARES 两部分组成,ISIS 的主要功能是原理图设计及其仿真。在 ISIS 环境下绘制的原理图可以直接用来仿真,而且绘制原理图的操作也比较简单。ISIS 提供的 Proteus VSM(Virtual System Modeling)实现了混合式的 SPICE 电路仿真,它将虚拟仪器、高级图表应用、单片机仿真、第三方程序开发与调试环境有机结合,在搭建硬件模型之前即可在 PC 上完成原理图设计、电路分析与仿真,以及单片机程序实时仿真、测试及验证。ARES 主要用于印制电路板的设计,在 ISIS 环境中绘制的原理图可以在 ARES 中生成 PCB,绘制的 PCB 和 Protel 印制板的功能是一样的,也需要有元器件的封装。但是 Proteus 中印制电路板的应用不是很广泛,也没有 Protel 这样资深的软件 PCB 全面的功能。因此,本章只详细讲述 Proteus 的原理图设计及仿真。

8.1 Proteus 工作界面

Proteus 的主窗口分为编辑窗口、器件工具列表窗口和浏览窗口,如图 8.1 所示。

Proteus 主窗口有两大菜单:主菜单和辅助工具菜单(通用工具与专用工具菜单)。主菜单如图 8.2 所示。

其中,主菜单各项说明如下。

- (1) 文件菜单:新建,加载,保存,打印。
- (2) 浏览菜单:图纸网络设置,快捷工具选项。
- (3) 编辑菜单:取消,剪切,拷贝,粘贴。
- (4) 库操作菜单:器件封装库编辑,库管理。
- (5) 工具菜单:实时标注自动放线,网络表生成,电气规则检查。
- (6) 设计菜单:设计属性编辑,添加/删除图纸,电源配置。

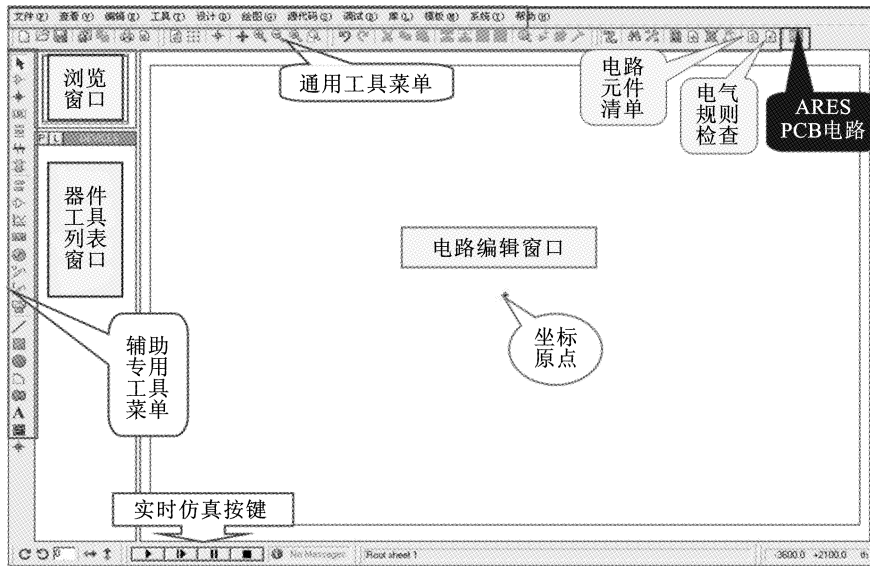


图 8.1 Proteus 主窗口

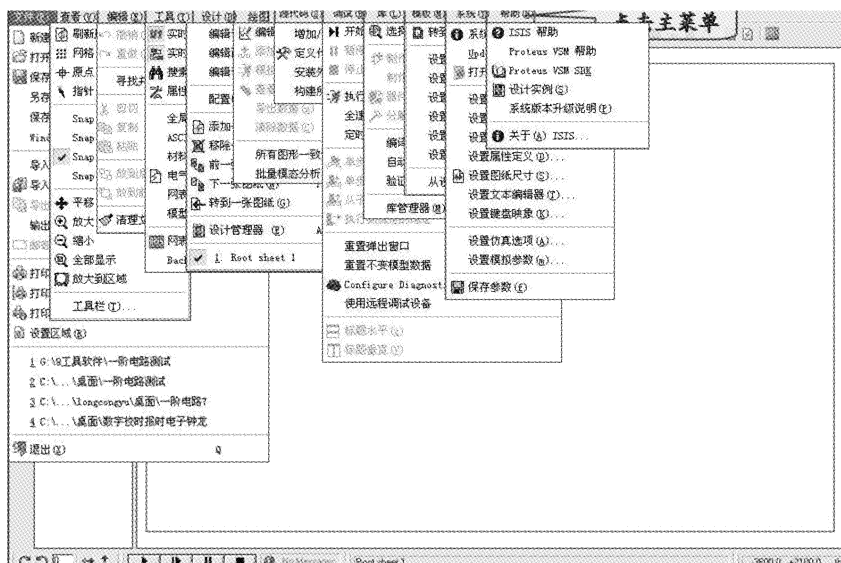


图 8.2 Proteus 主菜单

(7) 图形分析菜单:传输特性/频率特性分析,编辑图形,增加曲线,运行分析等。

(8) 源文件菜单:选择可编程器件的源文件,编辑工具,外部编辑器等。

(9) 调试菜单:启动调试,复位调试。

- (10) 模板菜单:设置模板格式,加载模板。
- (11) 系统菜单:设置运行环境,系统信息,文件路径。
- (12) 帮助菜单:帮助文件,设计实例。

Proteus 辅助工具菜单包括编辑工具、调试工具和图形工具,如图 8.3 所示。

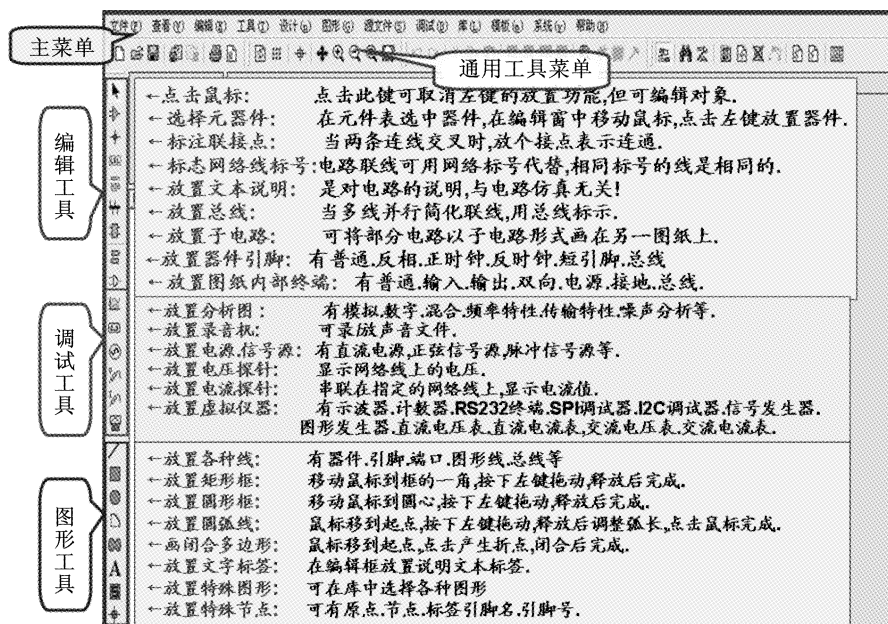


图 8.3 Proteus 辅助工具菜单

8.2 电路原理图设计操作

8.2.1 建立设计文件

打开 ISIS 系统,选择合适(默认为 Design Files)类型,确认建立无标题文件,并在存储时命名即可。在模板菜单下设置:设计默认选项、编辑图形颜色、图形格式和文本格式,如图 8.4 所示。

8.2.2 放置元件与编辑调试工具(可统称为对象)

- (1) 放置元件或编辑调试工具。

点击鼠标左键,放置对象。元件先从元件库中确认调至预览窗口,从预览窗口放置编辑窗口。编辑调试工具先从工具栏选定至预览,再放置编辑窗口,如图 8.5 所示。

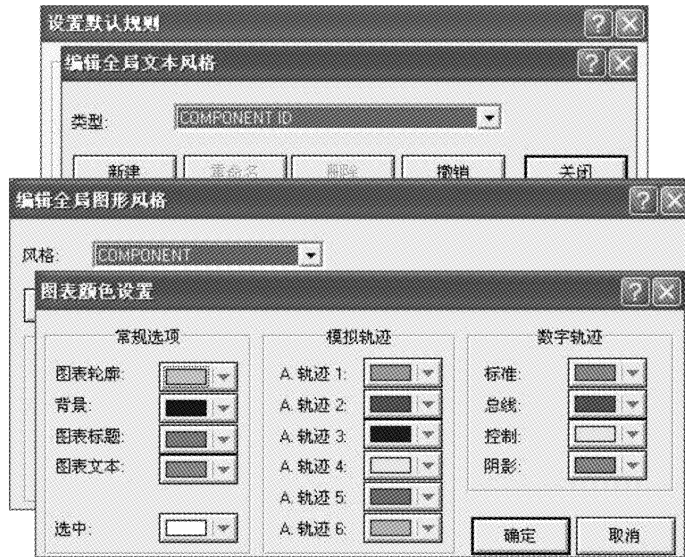


图 8.4 模板菜单设置

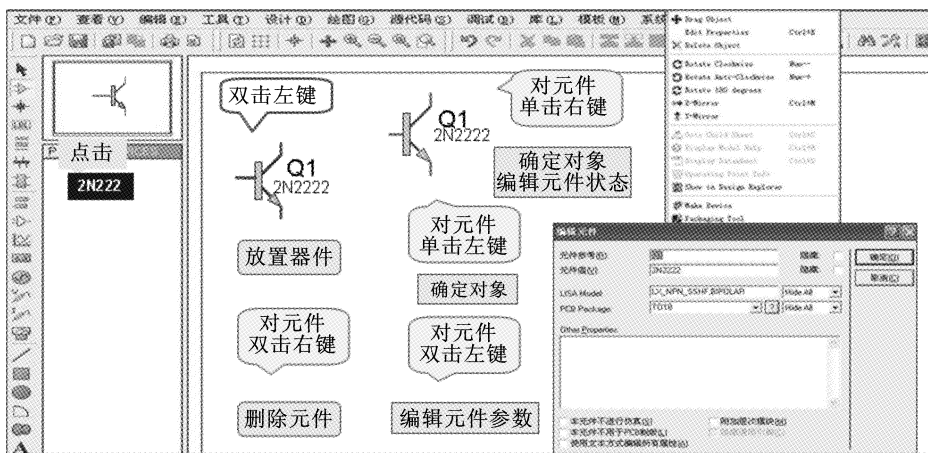


图 8.5 元器件放置窗口

(2) 改变对象放置方向,对象在预览/编辑窗口时,均可点击旋转键。

删除对象:编辑窗口删除对象,对要删除对象双击右键。

拖动对象:对要拖动对象,按住左键将对象拖到目的地。

(3) 编辑(修改)元件参数。

按左键(或右键)选中对象;按左键编辑(修改)元件参数;双击左键直接确定并编辑参数。

[例 8-1] 编辑电阻参数。

从元件库中选定的电阻阻值是 $100\ \Omega$ ，可双击左键，在元件参数对话框中将其改为 $10\ \text{k}\Omega$ 。如图 8.6 所示，当然也可选择隐藏器件的部分参数。

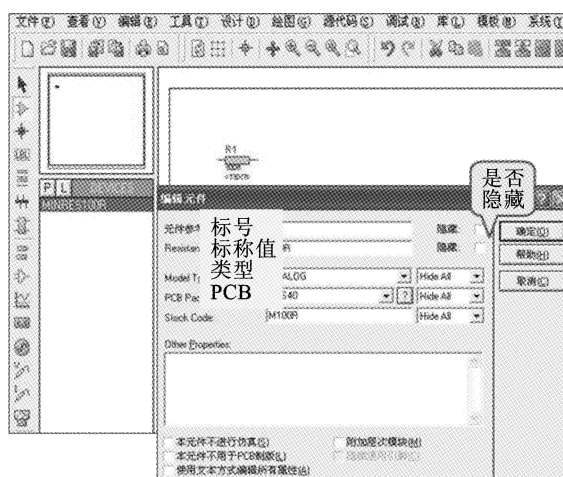


图 8.6 元件参数编辑窗口

(4) 放置连线，绘制电路原理图。

按左键点击第 1 个对象(元件)，再按左键点击第 2 个对象(元件)，二者间就有自动连线了。

(5) 对电路原理图作电气规则检查。

在工具菜单下作电气规则检查，根据有错提示进行修改，直到通过电气规则检查。

8.3 Proteus ISIS 电路仿真

电路仿真就是利用电子元器件的数学模型，通过计算分析来表现电路工作状态的一种手段。

Proteus VSM 中存在两种仿真方式：交互式仿真和基于图表的仿真(图表仿真)。交互式仿真也称为实时仿真，用于检验用户所设计的电路是否能正常工作；图表仿真用来研究电路的工作状态和进行细节的测量。

8.3.1 Proteus 电子仿真工具

交互式仿真是利用虚拟仪器(信号源、示波器、电压电流表)实时跟踪电路状态变化的仿真模式。


常用的电子仿真工具可分为三类。

(1) 激励信号源: 直流电压源、正弦信号源、脉冲信号源、频率调制信号源等, 图表仿真也可用。

(2) 常用开关/按键和继电器。

(3) 虚拟仪器: 示波器及各种信号源等, 图表仿真时不可用。

1. 激励信号源

按下调试工具栏  图标, 出现激励信号源窗口, 如图 8.7 所示, 各信号源功能说明如下。

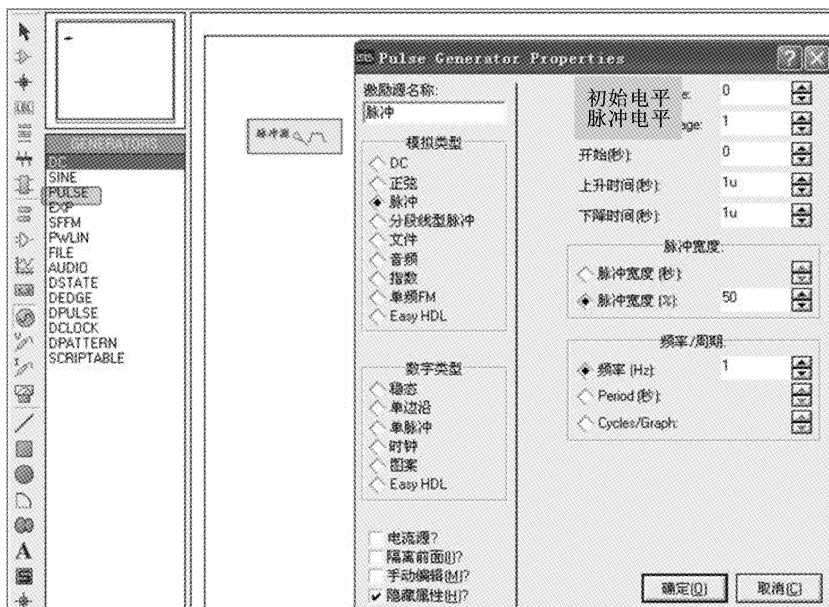


图 8.7 激励信号源窗口

- (1) DC: 直流激励源。
- (2) SINE: 幅值、频率、相位可控的正弦波发生器。
- (3) PULSE: 幅值周期和上升/下降沿时间可控的模拟脉冲发生器。
- (4) EXP: 指数脉冲发生器。
- (5) SFFM: 单频率调频波信号发生器。
- (6) PWLIN: 任意分段线性脉冲信号发生器。
- (7) FILE: File 信号发生器, 数据来源于 ASCII 文件。
- (8) AUDIO: 音频信号发生器(wav 文件)。
- (9) DSTATE: 稳态逻辑电平发生器。
- (10) DEDGE: 单边沿信号发生器。

- (11) DPULSE:单周期数字脉冲发生器。
- (12) DCLOCK:数字时钟信号发生器。
- (13) DPATTERN:模式信号发生器。

2. 开关/按键和继电器

开关/按键和继电器库如图 8.8 所示,说明如下。

- (1) 复位开关(按键):点击时接通,放开时断开。
- (2) 乒乓开关:点击接通,再点击断开。
- (3) 多状态开关:点击一次改变一个状态。

调试工具库如图 8.9 所示,说明如下。

- (1) 逻辑数据:点击一次改变状态,启动前可设置常态。
- (2) 逻辑脉冲:点击一次输出一脉冲,启动前可设置常态。
- (3) 逻辑数据产生器:有 BCD 码和 HEX 两种。

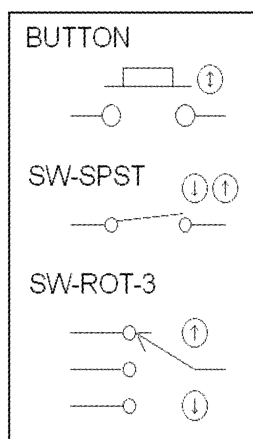


图 8.8 开关/按键和继电器库

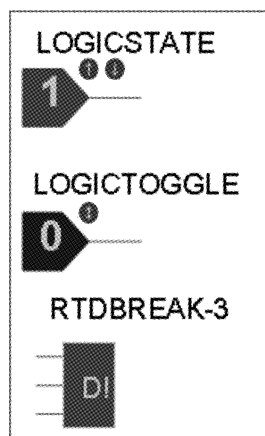


图 8.9 调试工具库

3. 虚拟仪器

虚拟仪器窗口如图 8.10 所示。一般仿真中用得最多的是虚拟示波器和信号发生器,下面介绍这两种仪器。

1) 虚拟示波器

虚拟示波器与真实的示波器操作方法基本相同。虚拟示波器面板如图 8.11 所示,操作方法说明如下。

- (1) Trigger:示波器触发信号设置,用于设置示波器触发信号的触发方式。
 - ① Level:触发电平,用于调节电平。
 - ② 选择开关:触发电平类型。
 - ③ 触发方式:触发电平的触发方式,主要有如下三种。

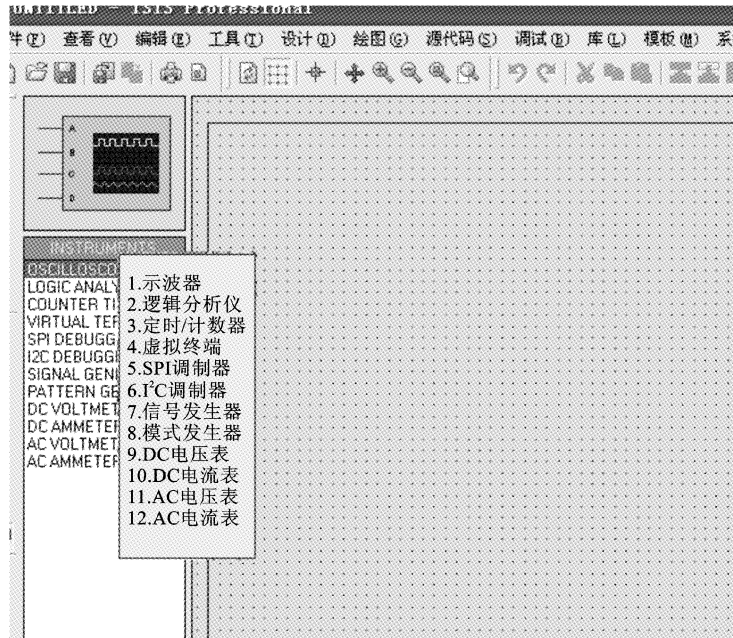


图 8.10 虚拟仪器窗口

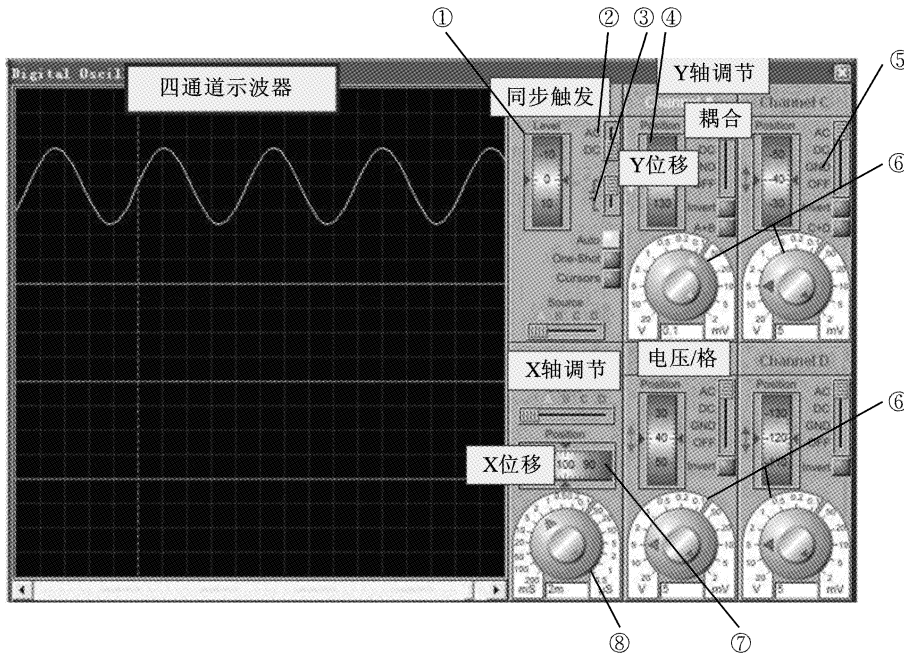


图 8.11 虚拟示波器面板

Auto: 自动设置触发方式。

One-shot: 单击触发。

Cursors: 选择指针模式。

(2) Channel A、B、C、D: 四个信号通道。

④ Position: 示波器显示垂直位置调节旋钮, 用于调节所选通道波形的垂直位置。

⑤ 选择开关: 选择通道显示波形类型。

⑥ 旋钮: 用于调节垂直刻度系数, 旋转图中的箭头可设置调节系统。另外, 在文本框中键入数据, 按“回车”键也可以设置调节系数。

(3) Horizontal: 示波器显示水平机械位置调节窗口。

⑦ 滑动拨钮: 用于调节波形的触发点位置。

⑧ 旋钮: 用于调节水平比例尺因子。

2) 虚拟信号发生器

虚拟信号发生器如图 8.12 所示。

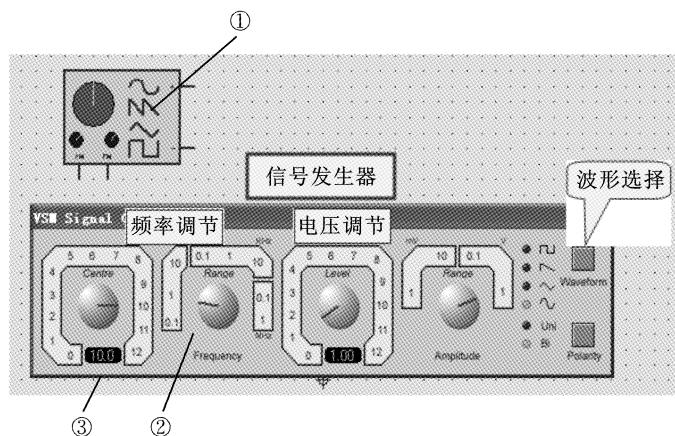


图 8.12 信号发生器仿真设置图

① 波形选择: 可以选择方波、正弦波、三角波。

② 频率选择: 频段选择。

③ 频率调节: 细调频率值。

④ 电压选择: 电压范围选择。

⑤ 电压调节: 细调电压值。

8.3.2 Proteus ISIS 交互式仿真

交互式仿真由一个貌似播放器操作按钮的控制按钮控制, 这些控制按钮位

于屏幕底端。

交互式仿真实验步骤如下。

(1) 在 Proteus ISIS 下创建仿真实验电路。

①从元件库调用电路元件(基本元件参数可以修改)。

②将元件连接组成待测电路。

(2) 从调试工具库中调用仪器(信号源、示波器)组成实时仿真测量电路。


(3) 根据实验要求在主窗口操作实时仿真案件进行实时仿真。

注意:有些参数也可从调试工具库中调用测试探针直接测试。

下面分别以数字电路和模拟电路实例说明交互式仿真过程。

[例 8-2] 3-8 译码器 74LS138 的逻辑功能仿真。

(1) 从元件库中查找电路元件。

点击  (Component) 图标, 单击“P”按钮, 出现 Proteus 元件库, 从弹出的选取元件对话框中选择仿真元件, 74LS138 元件选取如图 8.13 所示。

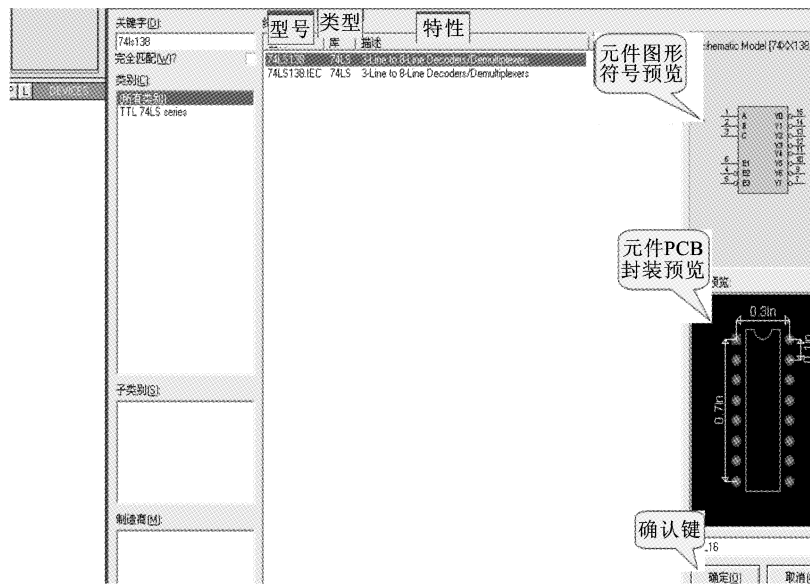


图 8.13 选择 74LS138 仿真模型

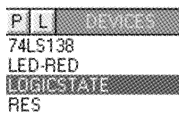


图 8.14 对象选择器列出所有元件

双击元件名, 添加元件到对象选择器。按照上述放置, 添加电阻、LED 灯、逻辑开关。添加完后, 对象选择器中将列出所有元件, 如图 8.14 所示。

(2) 连接元件组成电路。

从对象选择器选择相应的元件, 在电路原理图编辑窗口单击, 此时系统处于放置模式。移动鼠标, 元

件将随鼠标的移动而移动。在期望放置鼠标的位置点击鼠标左键放置元件,如图 8.15 所示。

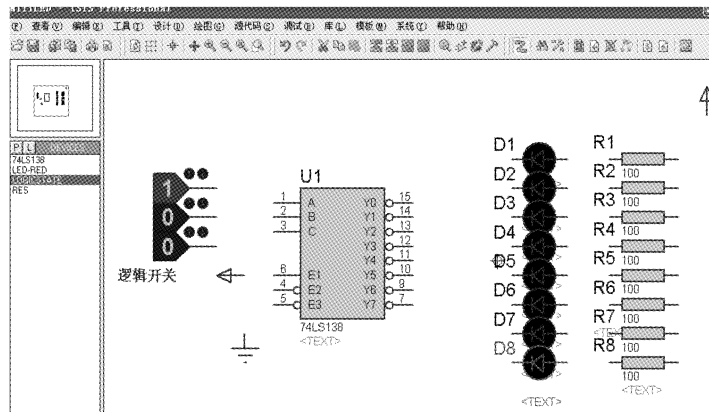


图 8.15 元件布置窗口

元件布局好后,连接电路。将鼠标放置到元件连接点,鼠标将以绿色笔状出现,点击鼠标左键,开始画线;在线的结束点,鼠标再次以绿色笔状出现,点击鼠标左键,结束画线。按照上述方式,完成整个电路原理图,如图 8.16 所示。

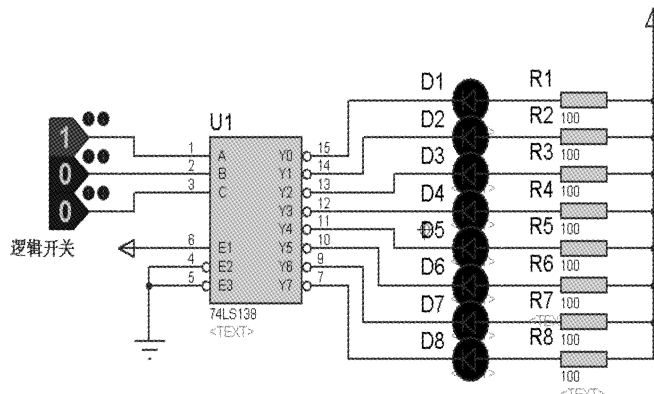


图 8.16 连接好的电路

(3) 电路仿真。

点击控制面板“运行”按钮运行电路。电路运行结果如图 8.17 所示。在 Proteus ISIS 中给出仿真信息、仿真时间及 CPU 加载率。从仿真的结果看,满足 74LS138 的逻辑功能。

[例 8-3] 单管放大电路实时仿真。

单管放大电路实时仿真静态工作点测量、电压增益测量。

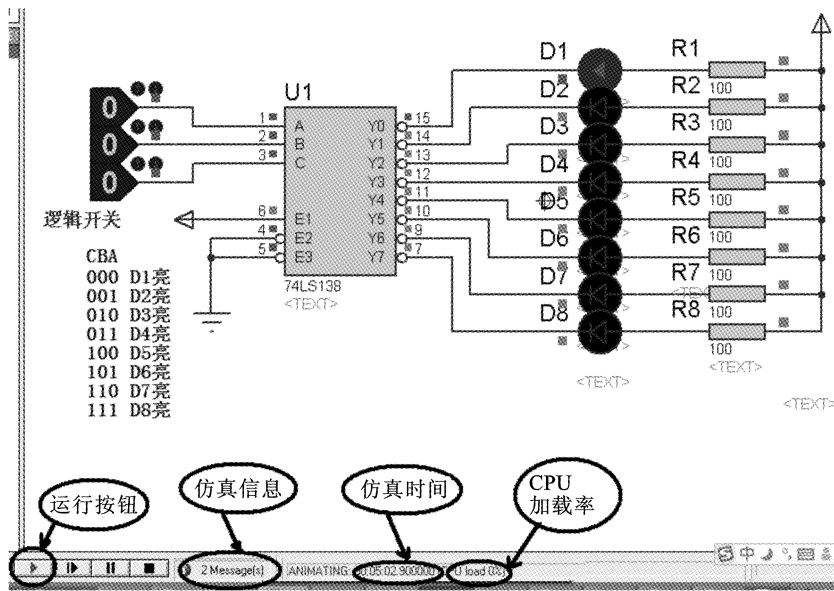


图 8.17 单击控制面板“运行”按钮运行电路

(1) 测量静态工作点:先调节基极电压(电阻),在放大器输出不失真时,将输入端短接,再测量三极管的工作点电压 U_e 、 U_b 、 U_c 及 U_{ce} ,如图 8.18 所示。

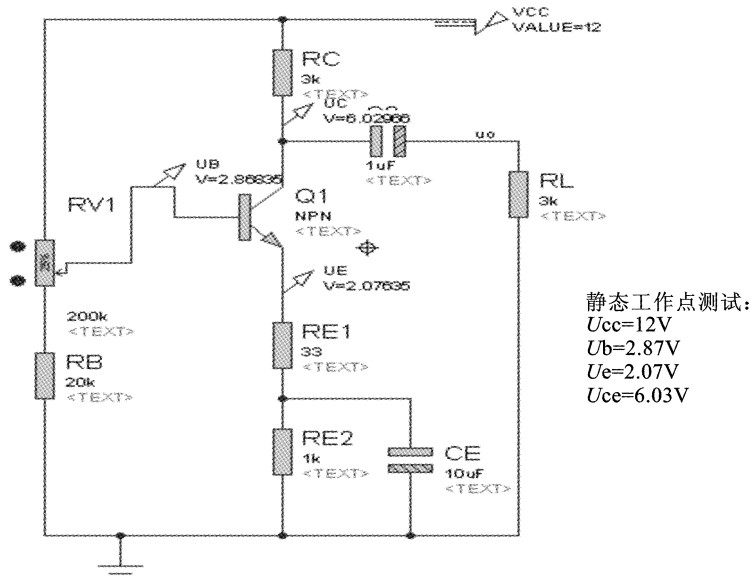


图 8.18 静态工作点测量

(2) 测量电压增益:调整好静态工作点后,将交流信号频率为 1 kHz,输出幅度为 100 mV 的正弦波连接到放大电路输入端。测量输出信号 u_o 。电压增益 $A_u = u_o/u_i$, u_o 为放大电路输出电压幅度, u_i 为放大电路输入电压幅度。仿真结果如图 8.19 所示。

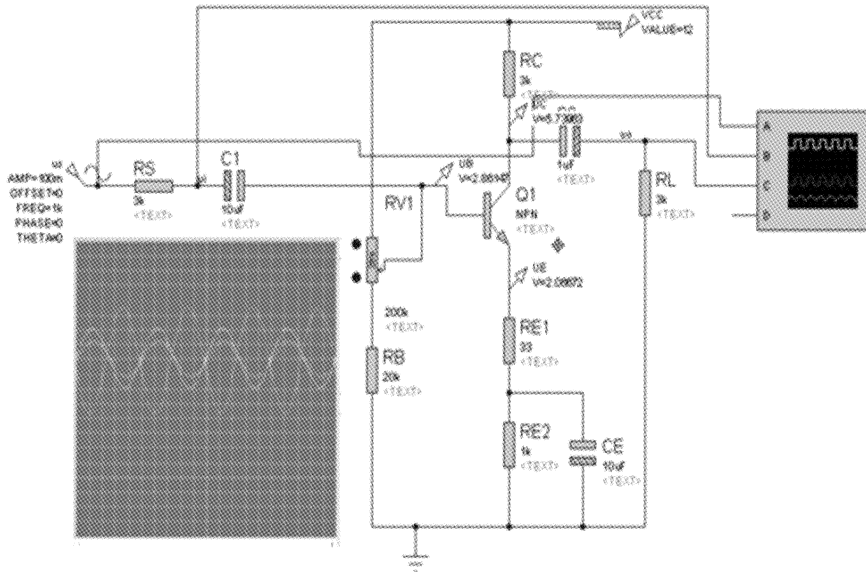


图 8.19 动态电路增益仿真

根据仿真结果,从虚拟示波器可以读出 u_s 的幅值为 100 mV, u_i 的幅值为 60 mV, u_o 的幅值为 1.8 V,由此得出该电路的增益为 30 dB。

8.3.3 基于图表的仿真——非实时仿真操作


图表分析可以得到整个电路分析结果,并且可以直观地对仿真结果进行分析。同时,图表分析能够在仿真过程中放大一些特别的部分,进行一些细节上的分析。另外,图表分析也是唯一一种能够实现对实时中难以做出分析的变量进行分析的方法,如交流小信号分析、噪声分析和参数扫描。

基于图表的电路仿真是用仿真探针记录电路的波形,最后显示在图表中。

1. 模拟图表分析仿真

[例 8-4] 以单管放大电路为例说明模拟图表的仿真过程。本电路为单管放大电路,电路将输入信号进行放大。

1) 放置仿真探针

本电路输入信号为电压信号,输出也为电压信号,故需在电路的输出端放置电压探针。将工具箱中的  图标放置到原理图中,如图 8.20 所示。

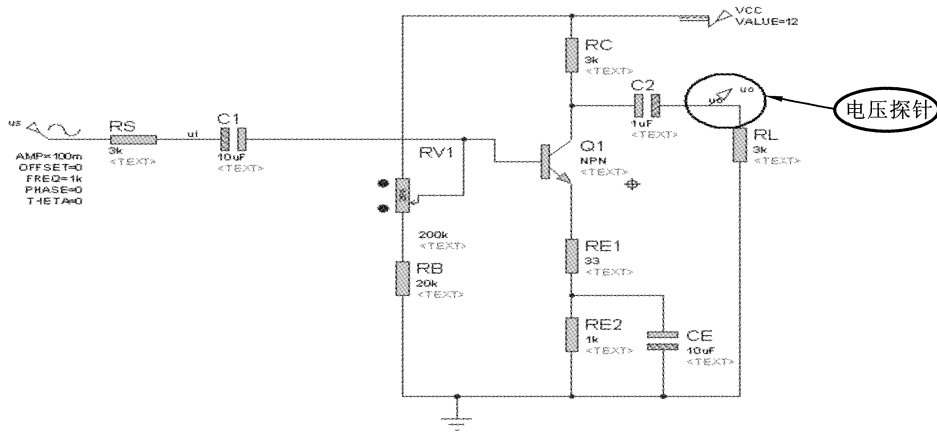


图 8.20 编辑好的电路图

2) 放置仿真图表

本例中期望通过图表显示输入电压波形与输出电压波形之间的关系，因此需要放置一个模拟图表。单击工具箱中的 Graph Mode 图标，在对象选择器中选择 ANALOGUE 仿真图表，如图 8.21 所示。在编辑窗口放置位置单击，并拖动鼠标，将出现一个矩形图表轮廓，释放鼠标形成一个仿真图表，如图 8.22 所示。

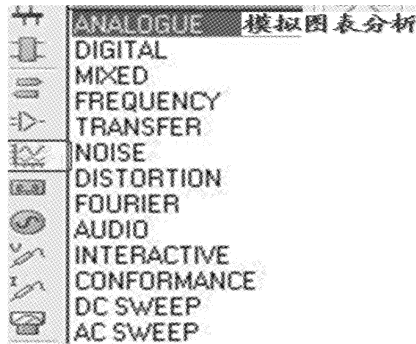


图 8.21 选取模拟仿真图表

3) 设置仿真图表

(1) 放置正弦波发生器。

选中电路中的信号发生器 us，拖动其到图表中，如图 8.23 所示。

(2) 放置探针。

双击图表标题栏，模拟图表将以窗口形式出现，如图 8.24 所示。选择 Graph|Add Trace 菜单命令，将弹出如图 8.25 所示对话框。

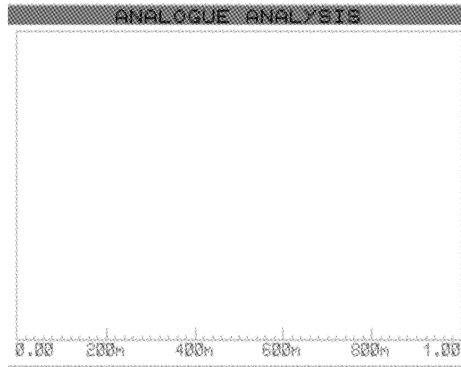


图 8.22 模拟分析图表

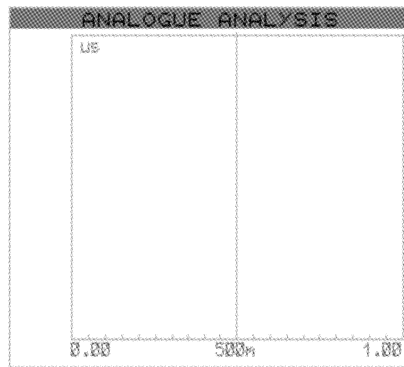


图 8.23 放置正弦波发生器到模拟图表中

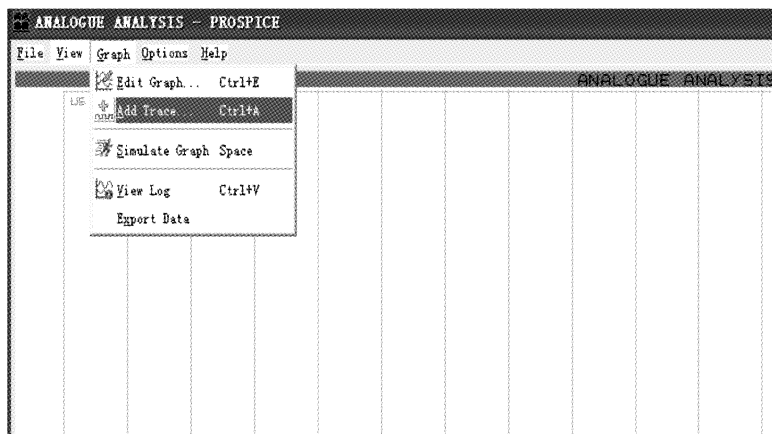


图 8.24 以窗口形式出现的模拟图表

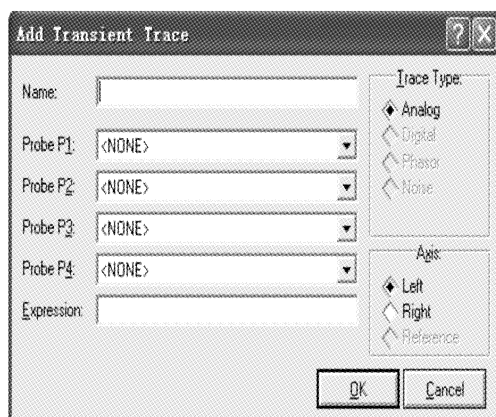


图 8.25 添加瞬态曲线对话框

点击 Probe P1 的下拉式按钮,在出现的选项中选择 OUTPUT 探针,其他选项采用默认设置,点击 OK 按钮,完成设置,如图 8.26 所示。

点击关闭按钮关闭窗口,此时模拟图表如图 8.27 所示,从图中可以看出,不同的探针和发生器由不同的颜色表示。

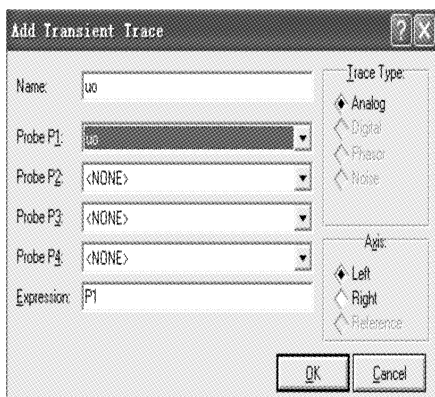


图 8.26 完成 uo 的添加

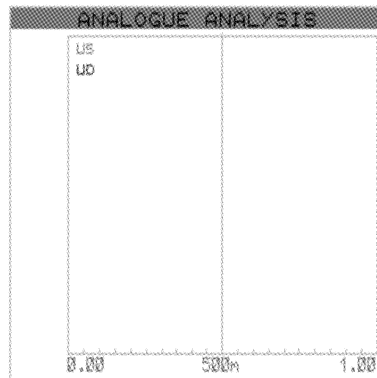


图 8.27 编辑好的模拟图表

(3) 设置仿真时间。

双击模拟图表,弹出模拟图表编辑对话框。本电路中输入的频率为 1 kHz,只需观测电路在 1 ms 内的信号输入与输出的对应关系即可。因此,电路的设置如图 8.28 所示。编辑完成后,单击 OK 按钮完成设置。

(4) 电路输出波形仿真。

选择 Graph|Simulate Mode 命令,开始仿真。电路仿真结果如图 8.29 所示。

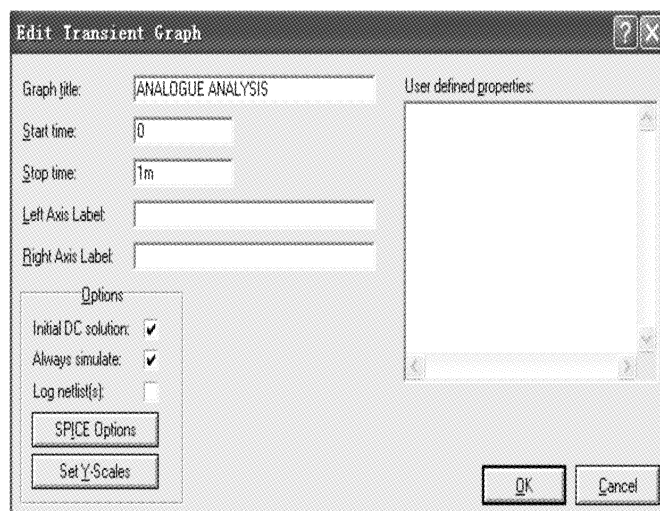


图 8.28 模拟图表编辑对话框

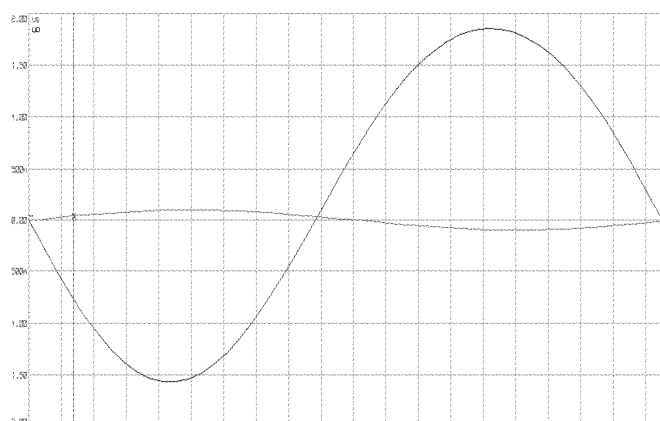


图 8.29 单管电压放大器图表分析

从系统的仿真结果可知,输出信号与输入信号为相位相反、频率相同的信号。在图表中输入信号的曲线上任一点单击鼠标左键,将出现测量指针,按下 Ctrl 键,在图表输入信号曲线上单击鼠标左键,将出现另一个测量指针,如图 8.30 所示。

从图中的测量结果可知,输入信号电压值为 98.6 mV,输出信号电压值为 2.49 V。系统的仿真结果与理论计算结果相符。

2. 电路频率响应特性分析

频率分析的作用是分析电路在不同频率工作状态下的运行情况。相当于在

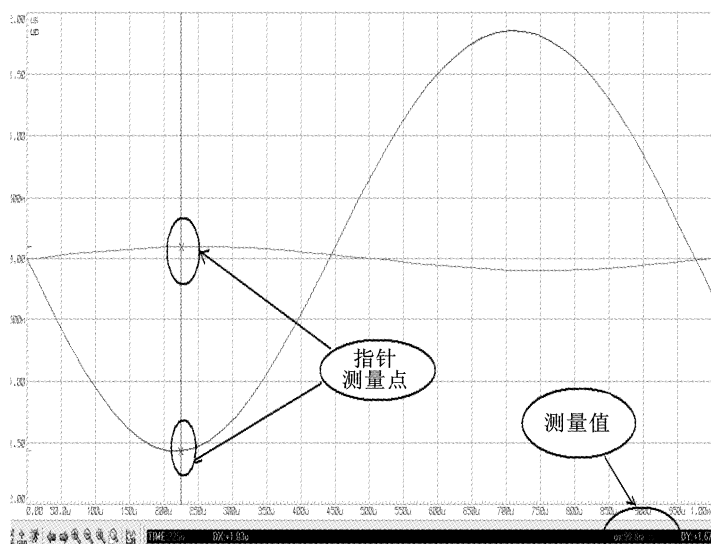



图 8.30 模拟图表测量指针测量输入/输出信号

输入端接一可改变的测试信号,在输出端接一交流电表测量不同频率所对应的输出,同时可得到输出信号的相位变化情况。频率特性分析还可以用来分析不同频率下的输入、输出阻抗。


Proteus ISIS 的频率分析用于绘制小信号电压增益或电流增益随频率变化的曲线。可描绘电路的幅频特性和相频特性。在进行频率分析时,图表的 X 轴是频率,Y 轴是电压增益(dB)。

[例 8-5] 音频功率放大器前置放大电路频率分析。

1) 音频功率放大器前置放大电路原理图

按照[例 8-2]步骤编辑好电路原理图,点选工具栏  图标,点选端口 INPUT 并放置与电路输入端相连,同样,点选端口 OUTPUT 与电路的输出端相连。编辑完整的电路原理图如图 8.31 所示。

2) 频率图表编辑

(1) 放置频率分析图表。单击工具点选工具箱中的  图标,在对象选择器中选择器中选择 FREQUENCY 仿真图表,在编辑窗口放置。如图 8.32 所示。

(2) 在图表放置电压探针。选中电路中的电压探针,按下左键拖动其到图表的左轴处即幅值轴。再一次选中电路中的电压探针,按下左键拖动其到图表的右轴处,即相位轴,如图 8.33 所示。

(3) 设置频率分析图表。双击图表,如图 8.34 所示编辑对话框。

(4) 编辑完成后,按 OK 按钮完成设置。

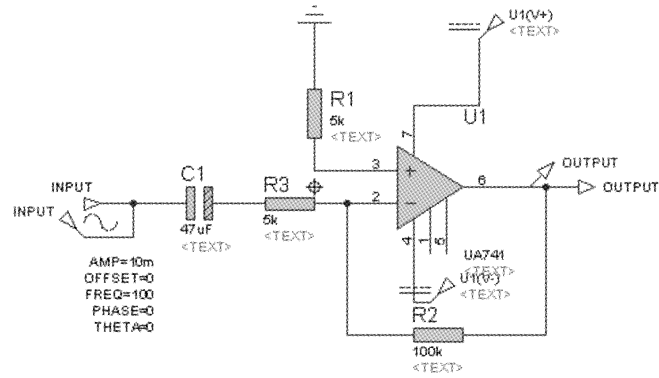


图 8.31 编辑完成的电路原理图

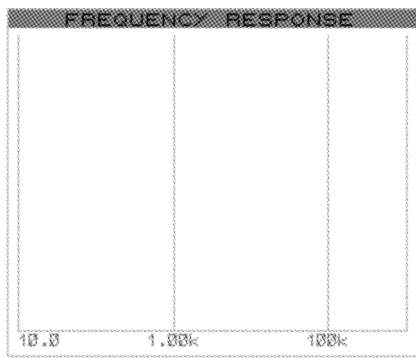


图 8.32 频率分析图表

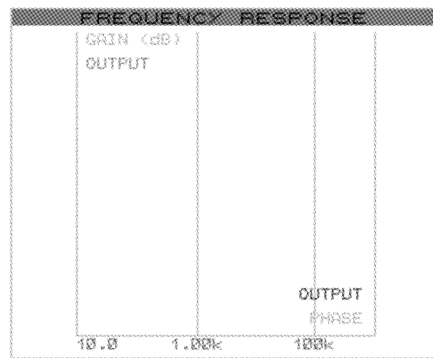


图 8.33 放置电压探针到图表

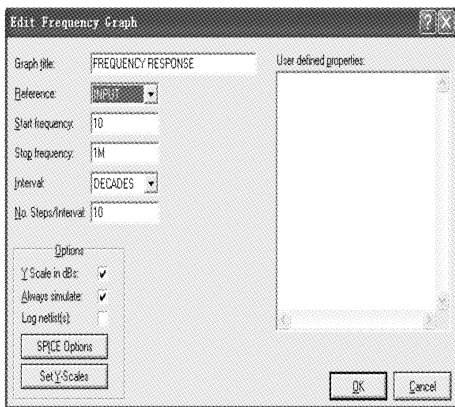


图 8.34 频率分析图表编辑对话框

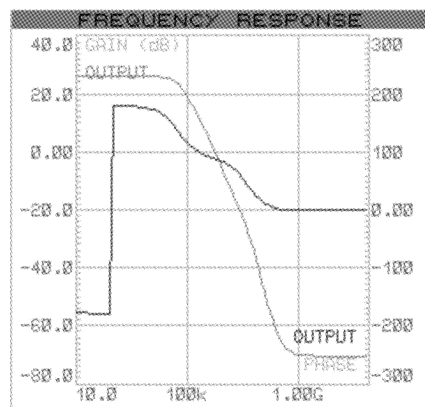


图 8.35 频率分析仿真结果图

3) 仿真电路

执行 Graph|Simulate Mode 命令,开始仿真。电路仿真结果如图 8.35 所示。双击图表表头,图表以窗口形式出现,在窗口中单击放置测量探针,测量电路的最大频率增益,如图 8.36 所示。

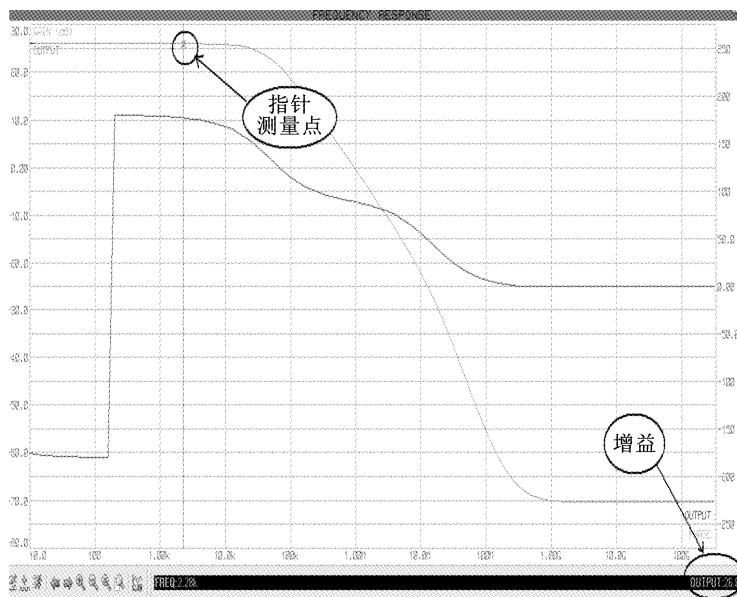



图 8.36 测量电路频率特性


从图中的测量结果可知,系统的最大频率增益为 26.0 dB,则截止频率增益应为 $26.0 \times 0.707 = 18.38$ dB。系统通带频率范围为 10~64 kHz。

3. 交流扫描分析图表


[例 8-6] RC 低通滤波器电路频率特性分析仿真。

1) RC 低通滤波器电路

(1) 点选点选  (Component) 图标,单击 P 按钮,从弹出的选取元件对话框中选择仿真元件电阻和电容,将仿真元件添加到对象选择器后,关闭元件选取对话框。选中对象选择器中的仿真元件,将电容、电阻元件添加到原理图编辑窗口。

(2) 在电路中添加正弦波仿真输入源。点选  图标,系统在对象选择窗口列出各种信号源,点选正弦波(SINE)信号源,并在编辑窗口单击,放置正弦波信号源。将正弦波信号源与 RC 电路相连。

(3) 设置电阻的阻值为与 X 相关的参数表达式,电容值为 1 uF。

(4) 放置测量探针,点选工具箱中的  图标,在编辑窗口期望放置探针的

位置单击,电压探针被放置到电路图中,如图 8.37 所示。

(5) 双击正弦波信号源,将输入信号设置为:幅度为 1 V、频率为 1 Hz、相位为 0° 的正弦波,如图 8.38 所示,编辑完成后,单击 OK 按钮确认设置。

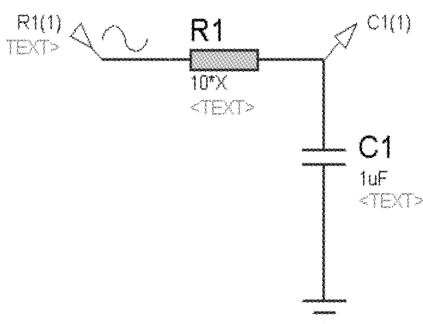


图 8.37 RC 低通滤波器电路

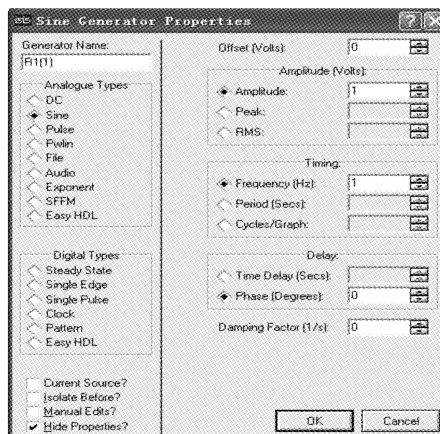



图 8.38 正弦波信号源编辑窗口

2) 交流参数扫描图表编辑

(1) 放置交流参数扫描分析图表。点选工具箱中的  图标,在对象选择器中选择 AC SWEEP 仿真图表,在编辑窗口放置,如图 8.39 所示。

(2) 放置电压探针。选中电路中的电压探针,按下左键拖动其到图表的左轴处即频率轴。再次选中电路中的电压探针按下左键拖动其到图表的右轴处,即相位轴,如图 8.40 所示。

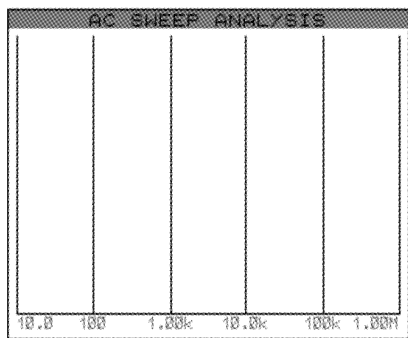


图 8.39 交流参数扫描分析图表

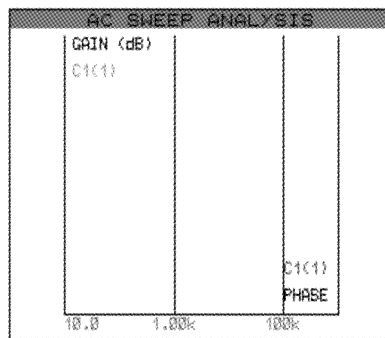


图 8.40 编辑好的参数扫描分析图表

(3) 编辑交流参数扫描分析图表,如图 8.41 所示。

(4) 按照图所示设置参数扫描分析图表。编辑完成后,单击 OK 按钮完成设置。

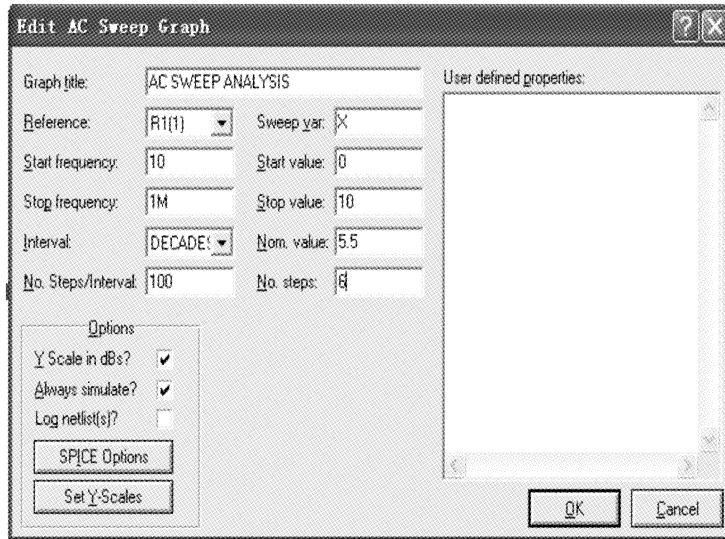


图 8.41 交流参数扫描分析图表编辑对话框

3) 仿真电路

(1) 双击图表表头，图表以窗口形式出现，执行 Graph | Simulate Mode 命令，开始仿真。电路仿真结果如图 8.42 所示。

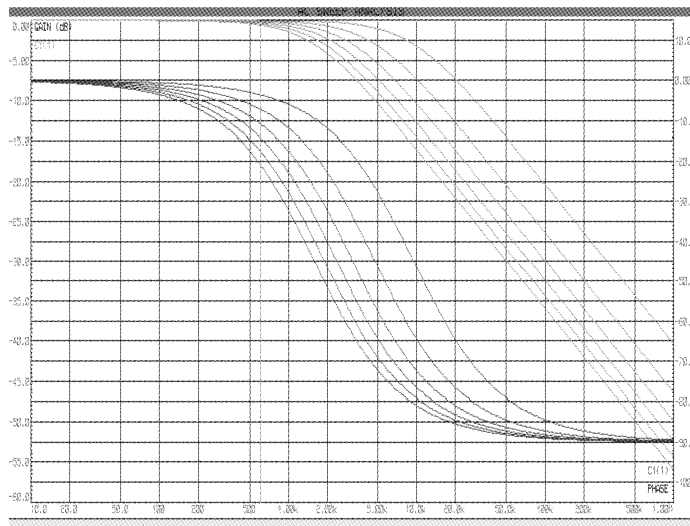


图 8.42 交流参数扫描分析仿真结果图

(2) 在窗口单击鼠标左键放置测量探针，测量曲线上各点对应的电阻参数 X 与输出相位、增益及输入频率的关系。例如，测量输入频率为 14.3 kHz，电阻

参数 $X=10$ 的点输入相位与增益的关系。首先移动测量探针选定一个测量点，并在红色表示相位的点上按下鼠标左键；然后在按下 Ctrl 键的同时，在绿色表示增益上点击鼠标左键，即可测量当输入频率为 14.3 kHz 时，电阻如图 8.43 所示。

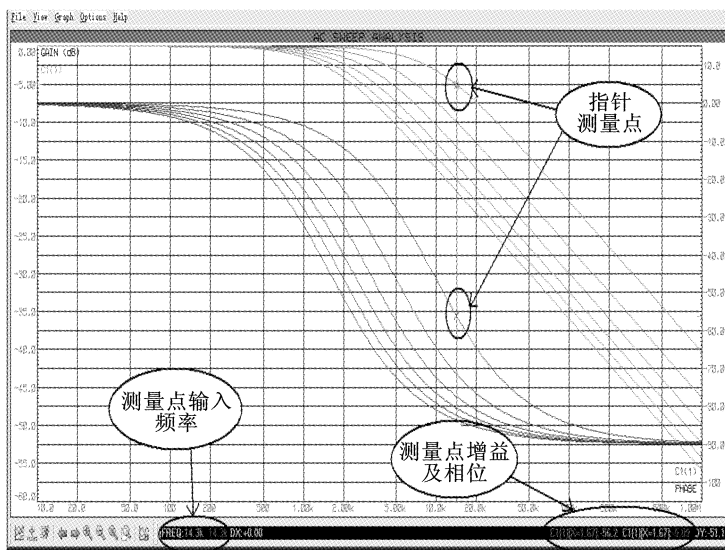


图 8.43 测量曲线上各点对应的电阻参数 X 与输出频率及输入频率

从图中的测量结果可知，当 RC 电路中的 $R=1.67\text{ k}\Omega$ 时，低通滤波器电路的截止频率约为 14.3 kHz，截止频率处的相位为 -56.2° 。

改变测量值，测量结果如图 8.44 所示。


改变测量值，当 RC 电路中的 $R=10\text{ k}\Omega$ 时，低通滤波器电路的截止频率约为 3.53 kHz，截止频率处的相位为 -65.7° 。从结果看，RC 电路的低通截止频率与 R 值有关， R 值越大，低通截止频率越小。

4. 传输(转移)特性分析图表

转移特性分析是一种非线性分析。用于分析在给定激励信号的情况下，电路的时域响应。

[例 8-7] 晶体管的输出特性的图表分析。

1) 编辑电路原理图

按[例 8-2]原理图编辑流程绘制晶体管输出特性测量电路。点选工具箱中的  图标，放置电流探针到电路图中，双击电流探针，弹出电流探针编辑对话框，编辑电流探针为 IC，完整的电路原理图如图 8.45 所示。

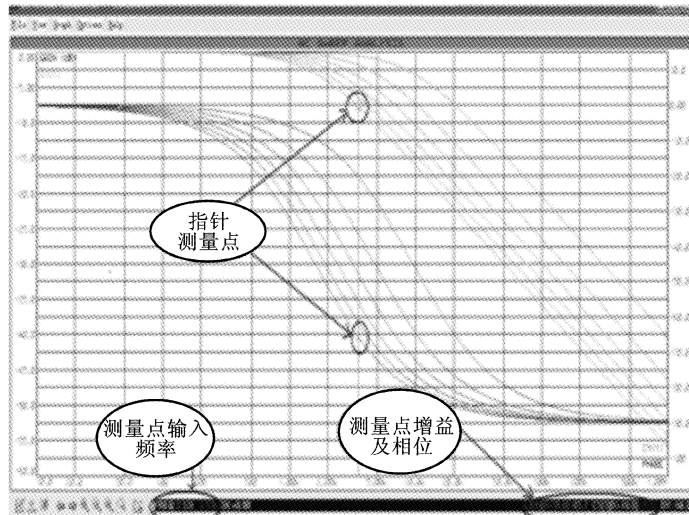


图 8.44 改变测量点后测量曲线上各点对应的电阻参数 X 与输出频率及输入频率

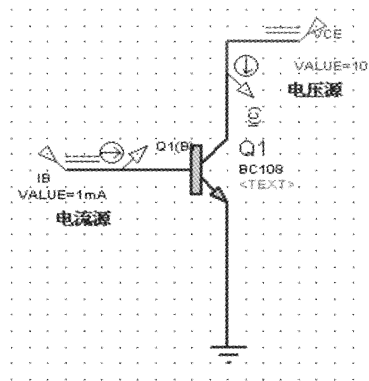


图 8.45 编辑完整的晶体管输出特性测量电路

2) 放置转移特性分析图表及电流探针

点击工具箱中的 图表, 在对象选择器中选择 TRANSFER 仿真图表。放置图表到电路编辑窗口, 并拖动电路中的 IC 探针到图表中, 如图 8.46 所示。

3) 设置转移特性分析图表

双击将弹出如图 8.47 所示的转移特性分析图表编辑对话框。按照图 8.47 所示设置转移特性分析图表。编辑完成后, 单击 OK 按钮完成设置。

4) 转移特性分析仿真

双击图表表头, 图表以窗口形式出现, 按 仿真图表, 开始仿真, 仿真结果如图 8.48 所示。

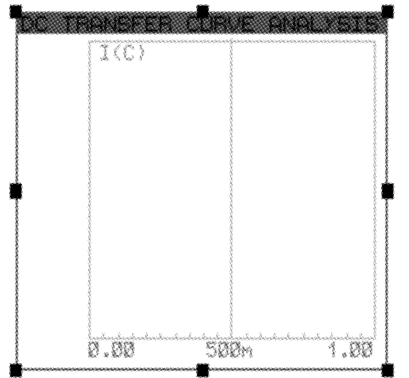


图 8.46 放置 IC 电流探针到转移特性分析图表

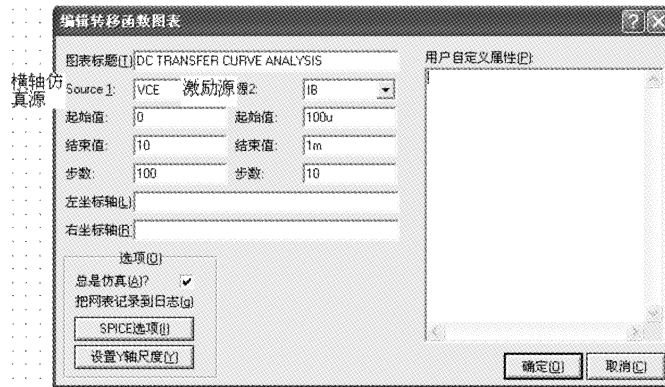


图 8.47 转移特性分析图表编辑对话框

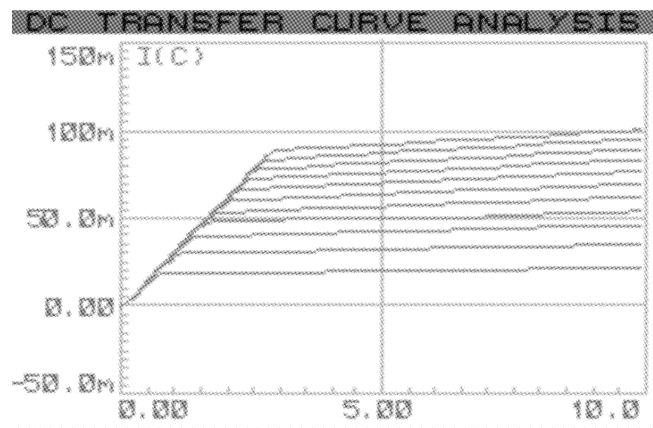


图 8.48 晶体管转移特性分析仿真结果图

在窗口中单击放置测量探针，测量曲线上各点对应的集电极电流 i_C 与基级电流 i_B 。如图 8.49 所示。

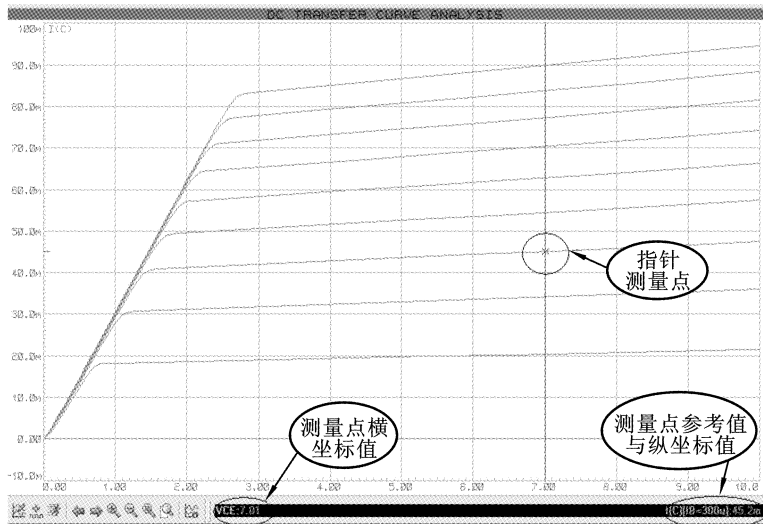


图 8.49 晶体管输出特性曲线仿真图

在图 8.49 中, $\beta = i_C / i_B = 45.2 / 0.3 \approx 150$, 测得在上述测量点的电流增益为 150。改变测量点, 如图 8.50 所示。此时, 电压 $V_{CE} = 6.34$ V, 直流电流增益 $\beta = i_C / i_B = 44.6 / 0.3 \approx 149$, 即器件在放大区的直流电流增益几乎与晶体管两端的电压值无关, 体现了基级电流对集电极电流的控制作用。

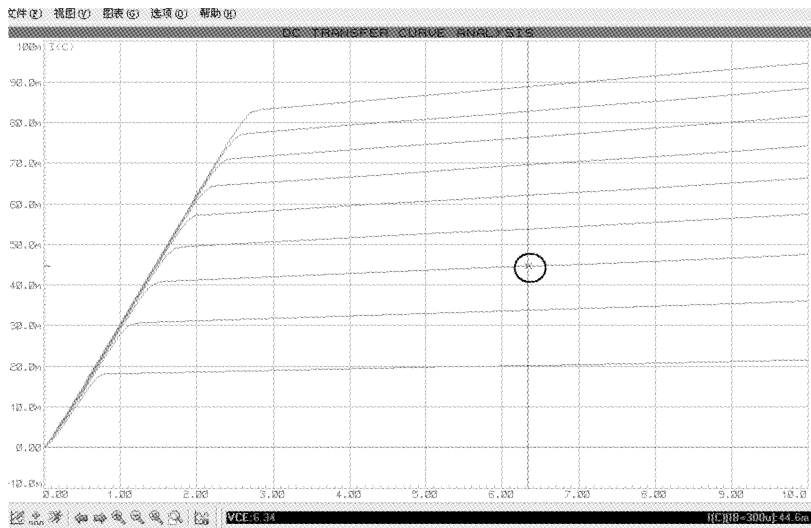


图 8.50 改变测量点

练 习

8-1 熟悉 Proteus 工作界面,掌握从元件库中选择元件并对元件进行编辑。

8-2 预习图 8.16 所示的仿真电路并得到图 8.17 所示的仿真效果,目的是熟悉 Proteus 仿真软件的基本应用。

8.4 实习 Proteus 电路仿真

1. 实验目的

- (1) 了解 Proteus 软件的基本功能。
- (2) 能用 Proteus 软件对电路原理图进行仿真。

2. 实验设备

PC, Proteus 软件。

3. 实验内容

(1) 用 Proteus 软件做叠加定理仿真实验, 记录所测数据, 如图 8.51 所示。

- ① U1 单独作用。
- ② U2 单独作用。
- ③ U1 与 U2 共同作用。
- ④ 2 倍的 U2 单独作用。

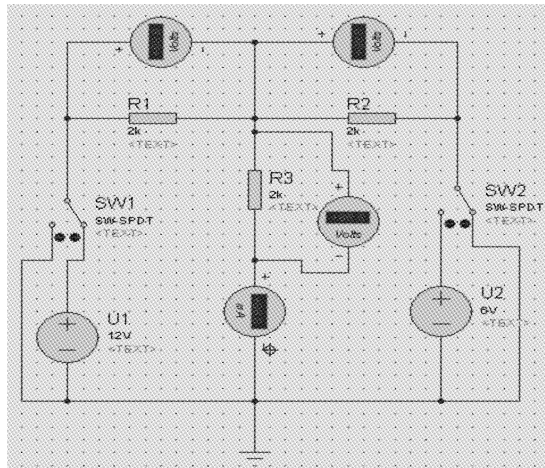


图 8.51 叠加定理电路原理图

(2) 用 Proteus 软件做单级电压放大器的电路仿真实验, 并绘出该电路的频率特性曲线。

(3) 总结学习 Proteus 软件的心得体会。

实习报告

实习报告

第 9 章 低压电器与三相异步电动机及其继电接触控制

低压电器是电气设备控制系统中的基本组成元件,控制系统的优劣与所用的低压电器直接相关。电气技术人员只有掌握低压电器的基本知识和常用低压电器的结构及工作原理,并能准确选用、检测和调整常用低压电器元件,才能够分析电气设备控制系统的工作原理,处理一般故障并能维修。

随着科学技术的飞速发展,自动化程度的不断提高,低压电器的应用范围日益扩大,品种不增加。尤其是随着电子技术在低压电器中的广泛应用,近年来出现了许多新型低压电器。本节将着重介绍常用的低压电器的结构、动作原理和应用,对新型电器也将作简单介绍。

9.1 低压电器基本知识

电器在实际电路中的工作电压有高低之分,工作于不同电压下的电器可分为高压电器和低压电器两大类,凡工作在交流电压 1200 V 及以下,或直流电压 1500 V 及以下电路中的电器称为低压电器。

低压电器的分类如下。

(1) 按低压电器的动作性质,可分为手动控制低压电器和自动控制低压电器。前者是依靠外力(如人工)直接操作来进行切换的低压电器,如刀开关、按钮等。后者是依靠指令或物理量(如电流、电压、时间、速度等)变化而自动动作的低压电器,如熔断器、断路器、接触器、继电器等。

(2) 按低压电器用途,可分为控制低压电器和保护低压电器。前者主要在低压配电系统及动力设备中起控制作用,控制电路的接通、分断及电动机的各种运行状态,如刀开关、接触器、按钮等。后者主要在低压配电系统及动力设备中起保护作用,保护电源和线路或电动机,使它们不至于在短路状态和过载状态下运行,如熔断器、热继电器等。

有些低压电器既有控制作用,又有保护作用,如行程开关既可控制行程,又能作为极限位置的保护;自动开关既能控制电路的通断,又能起短路、过载、欠压等保护作用。

(3) 按低压电器执行机理分,可分为有触点低压电器和无触点低压电器。前者具有动触点和静触点,利用触点的接触和分离来实现电路的通断。后者无

触点,主要利用晶体管的开关效应,即导通或截止来实现电路的通断。

常用的手动控制低压电器有刀开关、按钮、组合开关等,常用的保护低压电器有熔断器、自动开关、交流接触器、继电器等。

9.2 刀 开 关

刀开关又称开启式负荷开关,它是一种结构最简单且应用最广泛的手动控制低压电器,常用来作为电源的引入开关或隔离开关,也可用于控制小容量三相异步电动机不频繁地启动或停止。

刀开关按刀的级数,分为单极刀开关、双极刀开关和三极刀开关;按灭弧装置,分为带灭弧装置刀开关和不带灭弧装置刀开关;按刀的转换方向,分为单掷刀开关和双掷刀开关;按有无熔断器,分为带熔断器刀开关和不带熔断器刀开关(开关板用刀开关)。刀开关作负荷开关用时,又分为开启式负荷刀开关和封闭式负荷刀开关。

刀开关的组成部件一般包括绝缘底板、动触刀、静触座、灭弧装置和操作手柄,其中灭弧装置并不是必备装置,在刀开关用于电源隔离时通常不配置灭弧装置。不带熔断器的双极刀开关实物图、结构图及电路符号如图 9.1 所示。

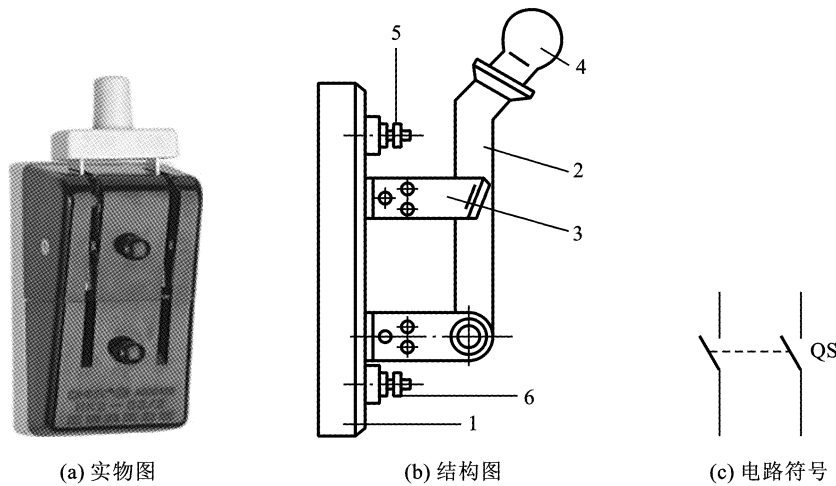


图 9.1 不带熔断器的双极刀开关

1—绝缘底板;2—动触刀;3—静触座;4—操作手柄;5—进线座;6—出线座

刀开关的选择原则如下。

(1) 用于照明或电热负载时,负荷开关的额定电流等于或大于被控制电路中各负载额定电流之和。

(2) 用于电动机负载时,开启式负荷开关的额定电流一般为电动机额定电流的 3 倍;封闭式负荷开关的额定电流一般为电动机额定电流的 1.5 倍。

刀开关的使用原则如下。

(1) 负荷开关应垂直安装在控制屏或开关板上使用。

(2) 对负荷开关接线时,电源进线和出线不能接反。开启式负荷开关的上接线端应接电源进线,负载则接在下接线端,便于更换熔丝。

(3) 封闭式负荷开关的外壳应可靠地接地,防止意外漏电使操作者发生触电事故。

(4) 更换熔丝应在开关断开的情况下进行,且应更换与原规格相同的熔丝。

9.3 按 钮

按钮是一种手动低压电器,通常用来接通或断开小电流控制的电路。它不直接去控制主电路的通断,而是在控制电路中发出指令去控制接触器、继电器等电器,再由它们去控制主电路。

按钮一般由按钮帽、复位弹簧、动触点、静触点和外壳等组成。按钮根据触点结构的不同,可分为常开按钮、常闭按钮,以及将常开和常闭封装在一起的复合按钮等几种。图 9.2 所示为按钮结构示意图及符号。

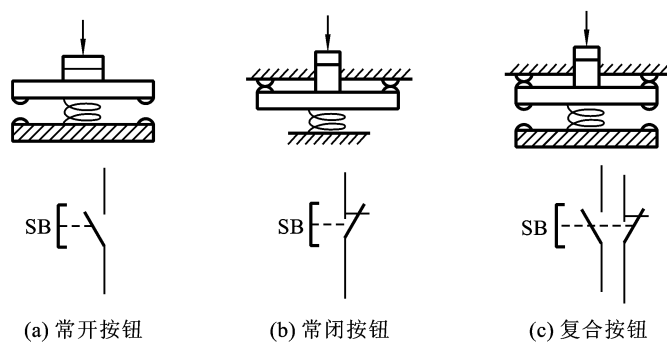


图 9.2 按钮结构示意图和符号

按钮工作原理:图 9.2(a)所示为常开按钮,平时触点分开,手指按下时触点闭合,松开手之后触点分开,常用作启动按钮;图 9.2(b)所示为常闭按钮,平时触点闭合,手指按下时触点分开,松开手指后触点闭合,常用作停止按钮;图 9.2(c)所示为复合按钮,一组为常开触点,一组为常闭触点,手指按下时,常闭触点先断开,继而常开触点闭合,松开手指后,常开触点先断开,继而常闭触点闭合。按钮主要用于操纵接触器、继电器或电气连锁电路,以实现对各种运动的控制。

按钮的选择原则如下。

- (1) 根据使用场合,选择按钮的型号和型式。
- (2) 按工作状态指示和工作情况的要求,选择按钮和指示灯的颜色。
- (3) 按控制回路的需要,确定按钮的触点形式和触点的组数。

按钮的使用原则如下。

- (1) 按钮所控制的电路属于小电流电路,一般安装在控制电路中。
- (2) 按钮用于高温场合时,易使塑料变形老化而导致松动,引起接线螺钉间相碰短路,应在接线螺钉处加套绝缘塑料管来防止短路。
- (3) 带指示灯的按钮因灯泡发热,长期使用易使塑料灯罩变形,应降低灯泡电压,延长使用寿命。

9.4 组合开关(转换开关)

组合开关又称转换开关,它实质也是一种刀开关。它具有多触头、多位置、小体积、性能可靠、操作方便、安装灵活等特点。组合开关结构如图 9.3(a)所示。它由三个分别装在三层绝缘件内的双断点桥式动触片、与盒外接线柱相连的静触点、绝缘方轴、手柄等组成。动触片装在附有手柄的绝缘方轴上,方轴随手柄而转动,于是动触片随方轴转动并变更与静触片分、合的位置。

组合开关作为控制电器,常用于交流 380 V 以下、直流 220 V 以下的电气线

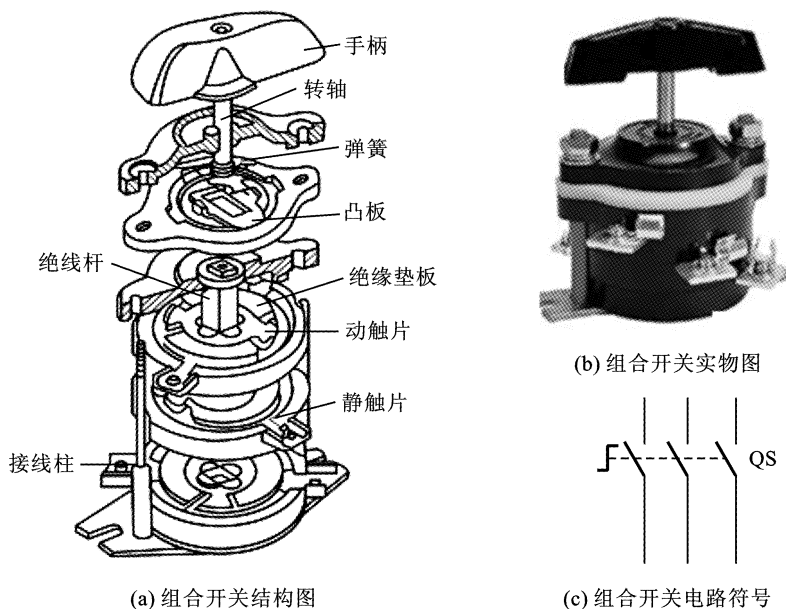


图 9.3 组合开关的外形和符号

路中,手动不频繁地接通或分断电路,也可控制小容量交、直流电动机的正反转、Y-△启动和变速换向等,它的种类很多,有单极、双极、三级和四级等种。常用的是三极组合开关,其实物如图 9.3(b)所示,电路符号如图 9.3(c)所示。

组合开关的选择原则如下。

(1) 用于照明或电热电路时,组合开关的额定电流应等于或大于被控制电路中各负载电流的总和。

(2) 用于电动机电路时,组合开关的额定电流一般取电动机额定电流的 1.5~2.5 倍。

组合开关的使用原则如下。

(1) 组合开关的通断能力较低,当用于控制电动机作可逆运转时,必须在电动机完全停止转动后,才能反向接通。

(2) 当操作频率过高或负载的功率因数较低时,转换开关要降低容量使用,否则会影响开关寿命。

9.5 熔断器

熔断器是一种广泛应用的最简单有效的保护低压电器。常在低压电路和电动机控制电路中起过载保护和短路保护。它串联在电路中,当通过的电流大于规定值时,使熔断体熔化而自动分断电路。从结构上来看熔断器有管式、插入式、螺旋式、卡式等几种形式;从特性上来看,有快速熔断器和自恢复熔断器。插入式及螺旋式熔断器的结构图如图 9.4 所示。

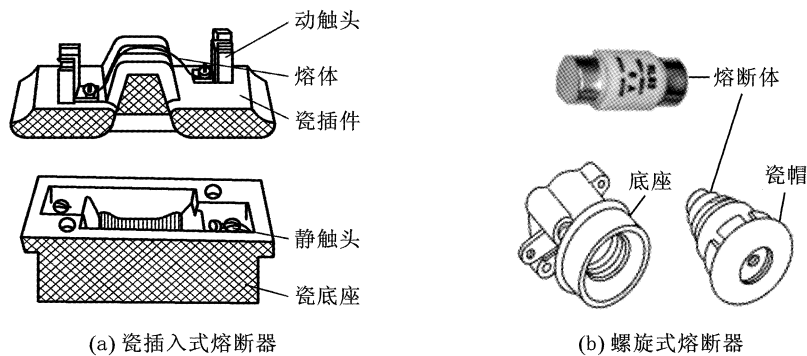


图 9.4 熔断器的结构图

熔断器工作原理:熔断器的主要元件是熔断体,它是熔断器的核心部分,常做成丝状或片状。在小电流电路中,常用铅锡合金和锌等低熔点金属做成圆截面熔丝;在大电流电路中则用银、铜等较高熔点的金属作成薄片,便于灭弧。熔

断路器使用时应当串联在所保护的电路中。电路正常工作时,熔断体允许通过一定大小的电流而不熔断。当电路发生短路或严重过载时,熔断体温度上升到熔点而熔断,将电路断开,从而保护了电路和用电设备。

选择熔断器时,主要是正确选择熔断器的类型和熔断体的额定电流。

(1) 应根据使用场合选择熔断器的类型。电网配电一般用管式熔断器;电动机保护一般用螺旋式熔断器;照明电路一般用瓷插熔断器;保护可控硅元件则应选择快速熔断器。

(2) 熔断体额定电流的选择有以下几点。

①对于变压器、电炉和照明等负载,熔断体的额定电流应略大于或等于负载电流。

②对于输配电线路,熔断体的额定电流应略大于或等于线路的安全电流。

③对电动机负载,熔断体的额定电流应等于电动机额定电流的 1.5~2.5 倍。

更换熔断体时应切断电源,并应换上相同额定电流的熔断体。

熔断器的型号如图 9.5 所示。如型号 RL1-15 表示额定电流为 15 A 螺旋式熔断器。

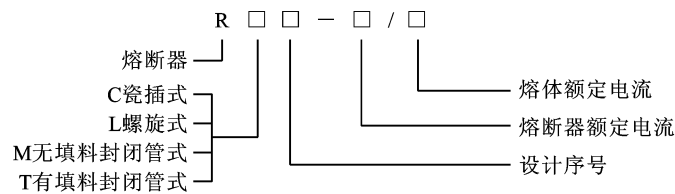


图 9.5 熔断器的型号

9.6 自动开关

自动开关是断路器的一种,又称自动空气断路器。它既是控制电器,同时又具有保护电器的功能。当电路中发生短路、过载、失压等故障时,它能自动切断电路,在正常情况下也可用作不频繁地接通和断开电路或控制电动机。自动开关的实物和电路符号分别如图 9.6(a)和图 9.6(b)所示,其结构示意图如图 9.7 所示。常见的自动开关按用途分,主要有如下几种。

(1) 框架式自动开关:常用于要求高分断能力的场合,例如,用于配电网中过载、短路、低压保护,型号为 DW 系列。

(2) 塑料外壳式自动开关:主要用于开关板控制回路的过载及短路保护,还可用于正常条件下的电路不频繁接通和分断,型号为 DZ 系列。

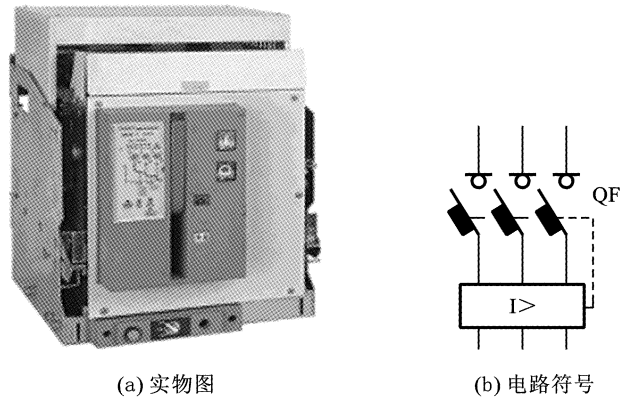


图 9.6 自动开关

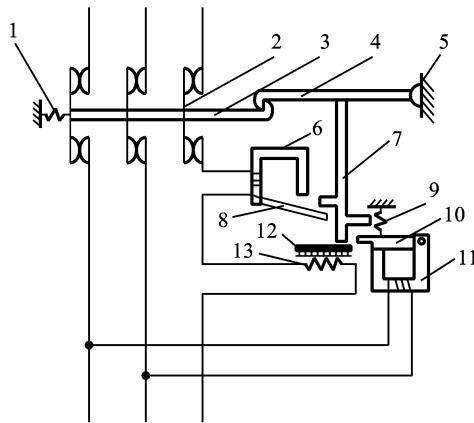


图 9.7 自动开关结构示意图

- 1—弹簧；2—主触头；3—搭钩；4—锁钩；5—铰链；
- 6—过流脱扣器；7—杠杆；8—衔铁；9—弹簧；10—衔铁；
- 11—欠压脱扣器；12—双金属片；13—热脱扣器

(3) 限流开关:用于支路配电自动开关和电动机保护自动开关。

(4) 漏电开关:本质上是装有检漏保护元件的塑料外壳式自动开关,常用于城乡、厂矿、企事业单位及家庭的漏电(触电)安全保护。

自动开关工作原理:主触点通常由手动的操作机构来闭合,闭合后主触点 2 被锁钩 4 锁住。如果电路中发生故障,脱扣机构就在有关脱扣器的作用下将锁钩脱开,于是主触点在释放弹簧 1 的作用下迅速分断。

脱扣器有过流脱扣器 6、欠压脱扣器 11 和热脱扣器 13,它们都是电磁铁。在正常情况下,过流脱扣器的衔铁 8 是释放着的,一旦发生严重过载或短路故障时,与主电路相串的线圈将产生较强的电磁吸力吸引衔铁 8,从而推动杠杆 7 顶

开锁钩 4,使主触点断开。欠压脱扣器的工作恰恰相反,在电压正常时,吸住衔铁 10,不影响主触点的闭合,一旦电压严重下降或断电时,电磁吸力不足或消失,衔铁被释放而推动杠杆 7,使主触点断开。当电路发生一般性过载时,过载电流虽不能使过流脱扣器动作,但能使热脱扣器(即热元件)13 产生一定的热量,促使双金属片 12 受热向上弯曲,推动杠杆使搭钩 3 与锁钩 4 脱开,将主触点分开。

自动开关广泛应用于低压配电线路上,也用于控制电动机及其他用电设备。

自动开关的选择原则如下。

- (1) 自动开关的额定工作电压不小于电路额定电压。
- (2) 自动开关的额定电流不小于电路计算负载电流。
- (3) 热脱扣器的整定电流等于所控制负载的额定电流。

自动开关的使用原则如下。

(1) 当自动开关与熔断器配合使用时,熔断器应装于自动开关之前,以保证使用安全。

(2) 电磁脱扣器的整定值不允许随意变动,使用一段时间后应检查其动作的准确性。

(3) 自动开关在分断短路电流后,应在切除前级电源的情况下及时检查触头。如有严重的电灼痕迹,可用干布擦去;若发现触头烧毛,可用砂纸或细锉小心修整。

自动开关的型号如图 9.8 所示。如型号 DZ5-20/200 表示额定电流为 20 A 无脱扣器无辅助触点两极塑壳式自动开关。

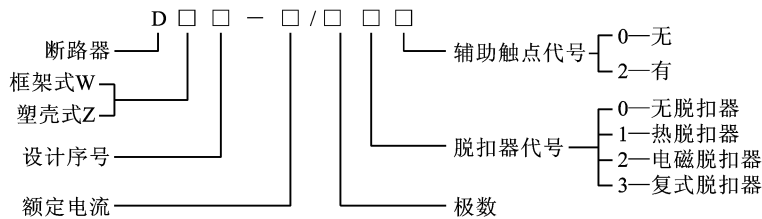


图 9.8 自动开关的型号

9.7 交流接触器

交流接触器是电力拖动与自动控制系统中一种非常重要的低压电器,它是控制电器,利用电磁吸力和弹簧反力的配合作用,实现触头闭合与断开,是一种电磁式的自动切换电器。

交流接触器适用于远距离频繁地接通或断开交流主电路及大容量的控制电

路。其主要控制对象是电动机,也可控制其他负载。

交流接触器不仅能实现远距离自动操作及欠压和失压保护功能,而且具有控制容量大、工作可靠、操作频率高、使用寿命长等特点。

交流接触器实物如图 9.9 所示。它的结构示意图和符号如图 9.10 所示。

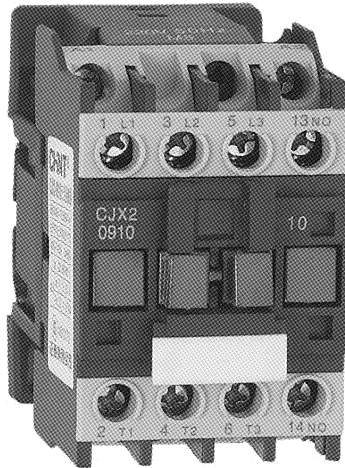


图 9.9 交流接触器实物图

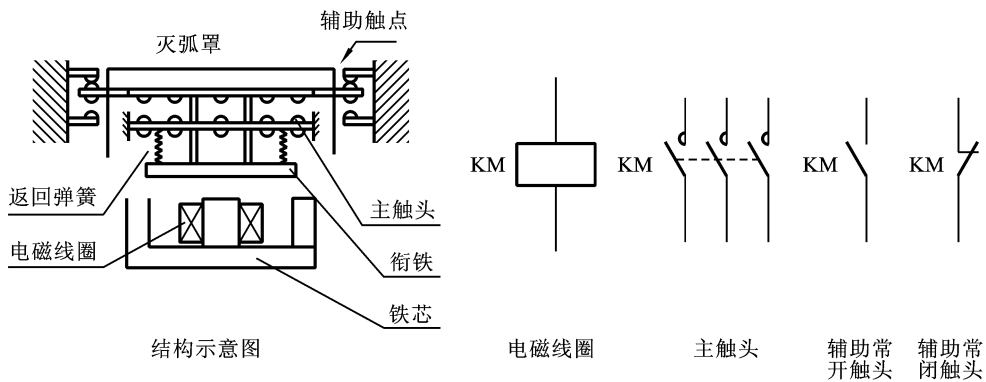


图 9.10 交流接触器结构示意图和符号

交流接触器由以下四部分组成。

(1) 电磁系统。用来操作触头闭合与分断。它包括静铁芯、吸引线圈(电磁线圈)和动铁芯(衔铁)。铁芯用硅钢片叠成,以减少铁芯中的损耗,在铁芯端部表面上装有短路环,其作用是消除交流电磁铁在吸合时产生的震动和噪音。

(2) 触点系统。起着接通和分断电路的作用。它包括主触点和辅助触点。通常主触点用于通断较大电流的主电路,辅助触点用于通断电流小的控制电路。

(3) 灭弧装置。起着熄灭电弧的作用。

(4) 其他部件。主要包括恢复弹簧、缓冲弹簧、触点压力弹簧、传动机构及外壳等。

交流接触器的工作原理:当吸引线圈通电后,动铁芯被吸合,所有的常开触点都闭合,常闭触点都断开。当吸引线圈断电后,在恢复弹簧的作用下,动铁芯和所有的触点都恢复到原来的状态。交流接触器适用于远距离频繁接通和切断电动机或其他负载主电路,由于具备低电压释放功能,所以还当作保护电器使用。

交流接触器的选择原则如下。

(1) 交流接触器类型的选择。

①根据负载类型选择交流接触器的触头数。

②根据负载控制要求选择交流接触器的辅助常开(闭)触头数。

(2) 交流接触器操作频率的选择。

操作频率是指交流接触器每小时通断的次数。当通断电流较大及通断频率较高时,会使触头过热甚至熔焊。操作频率若超过规定值,应选用额定电流大一级的交流接触器。

(3) 交流接触器额定电压和电流的选择。

①主触点的额定电流(或电压)应大于或等于负载电路的额定电流(或电压)。

②吸引线圈的额定电压,则应根据控制回路的电压来选择。

③当线路简单、使用电器时间较短时,可选用 380 V 或 220 V 电压的线圈;若线路较复杂、使用电器时间超过 5 h 时,应选用 110 V 及以下电压等级的线圈。

交流接触器的使用原则如下。

(1) 交流接触器安装前应先检查线圈的额定电压是否与实际电压相符。

(2) 交流接触器的安装多为垂直安装,其倾斜角不得超过 5° ,否则会影响交流接触器的动作特性;安装有散热孔的交流接触器时,应将散热孔放在上下位置,以降低线圈的温升。

(3) 交流接触器安装与接线时应将螺钉拧紧,以防振动松脱。

(4) 交流接触器的触头应定期清理,若触头表面有电弧灼伤时,应及时修复。

我国生产的交流接触器常用的有 CJ10、CJ12、CJX1、CJ20 等系列及其派生系列产品。以 CJX 系列为例,型号 CJX2-0910 表示额定电流为 9 A 带一个常开辅助触头小型三相(一般为三相 380 V)交流接触器,型号说明如图 9.11 所示。

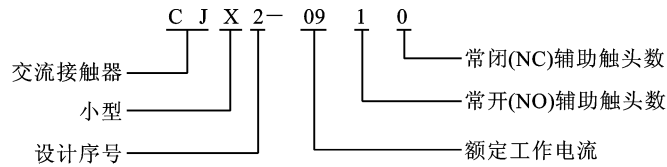


图 9.11 交流接触器的型号

9.8 继电器

继电器是一种根据输入信号(电量或非电量)的变化,接通或断开小电流电路,实现自动控制和保护电力拖动装置的电器。一般情况下它不直接控制电流较大的主电路,而是通过接触器或其他电器对主电路进行控制。继电器的种类繁多,主要有中间继电器、电流继电器、电压继电器、时间继电器、热继电器、速度继电器等。其中,中间继电器、电流继电器和电压继电器属于电磁式继电器。

1) 中间继电器

中间继电器一般在电路中的作用是扩展控制触点数和增加触点容量,它的触点数量较多,容量较小,并且没有主、辅之分,各组触点允许通过的电流大小是相同的,其额定电流约为 5 A。一般不能在主电路中应用,中间继电器的基本结构和工作原理与接触器完全相同,故称为接触器式继电器。中间继电器一般根据负载电流的类型、电压等级和触头数量来选择。

2) 电流继电器

电流继电器是反映电流变化的控制电器。电流继电器的线圈匝数少而导线粗,使用时串接于主电路中,与负载相串联,动作触点串接在辅助电路中。

电流继电器根据用途可分为过电流继电器和欠电流继电器。过电流继电器主要用于重载或频繁启动的场合,作为电动机主电路的过载和短路保护;欠电流继电器常用于直流电机磁场的弱磁保护,将欠电流继电器的线圈串联在直流电机的励磁回路,防止因励磁电流过小引起直流电机超速。

过电流继电器是反映上限值的,当线圈中通过的电流为额定值时,触点不动作,当线圈中通过的电流超过额定值达到某一规定值时,触点动作。

过电流继电器用于电动机保护时,其线圈的额定电流一般可按电动机长期工作的额定电流来选择,对于频繁启动的电动机,考虑启动电流在继电器中的热效应,额定电流可选大一级。过电流继电器的额定电流一般为电动机额定电流的 1.7~2 倍,频繁启动场合可取 2.25~2.5 倍。

欠电流继电器是反映下限值的,当线圈中通过的电流为额定值时,触点动作;当线圈中通过的电流低于额定值而小于某一规定值时,触点复位。两种继电器

器的符号如图 9.12 所示。

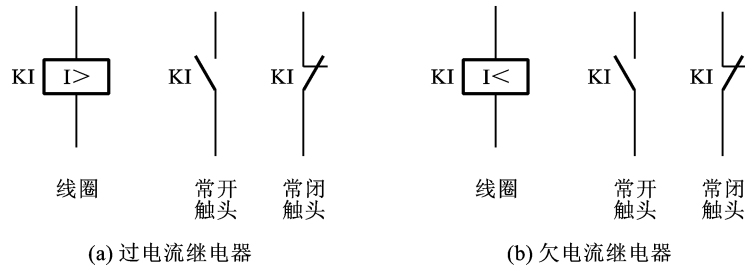


图 9.12 电流继电器符号

3) 电压继电器

电压继电器是反映电压变化的控制电器。电压继电器的线圈匝数多而导线细,使用时并接于电路中,与负载相并联,动作触点串接在控制电路中。根据用途可分为过电压继电器和欠电压继电器。

过电压继电器是反映上限值的,当线圈两端所加电压为额定值时,触点不动作;当线圈两端所加电压超过额定值达到某一规定值时,触点动作。

欠电压继电器是反映下限值的,当线圈两端所加电压为额定值时,触点动作;当线圈两端所加电压低于额定值而达到某一规定值时,触点复位,通常在电路中起欠压保护作用。两种继电器的符号如图 9.13 所示。电压继电器线圈的额定电压一般可按电路的额定电压来选择。

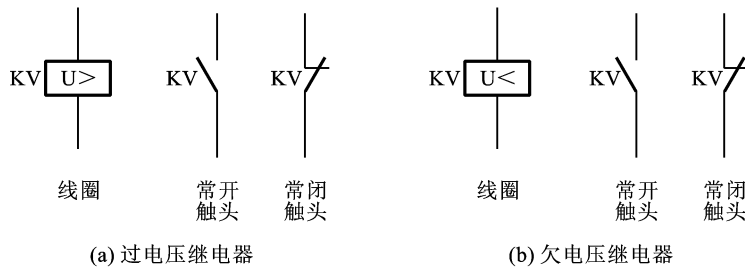


图 9.13 电压继电器符号

4) 时间继电器

时间继电器是一种按时间原则动作的继电器。它按照设定时间控制而使触头动作,即由它的感测机构接收信号,经过一定时间延时后执行机构才会动作,并输出信号以操纵控制电路。它按工作方式可分为通电延时时间继电器和断电延时时间继电器,一般具有瞬时触点和延时触点这两种触点。

时间继电器的种类很多,常用的有气囊式、电磁式、电动式及晶体管式几种。近年来,电子式时间继电器发展很快,它具有延时时间长、精度高、调节方便等优

点,有的还带有数字显示,非常直观,所以应用很广。以气囊式时间继电器为例,其结构示意图如图 9.14 所示。

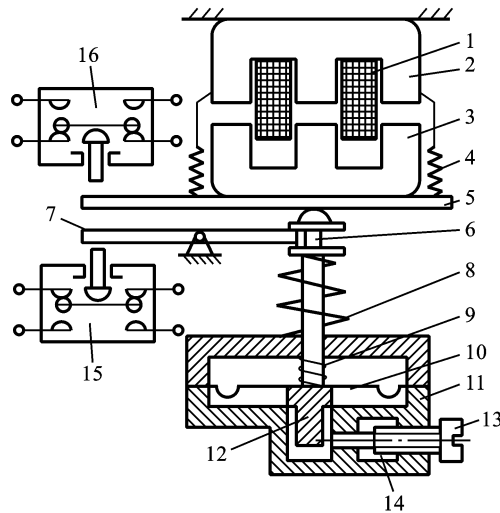


图 9.14 时间继电器结构示意图

- 1—线圈;2—铁芯;3—衔铁;4—复位弹簧;5—推板;6—活塞杆;
7—杠杆;8—塔形弹簧;9—弱弹簧;10—橡皮膜;11—空气室壁;
12—活塞;13—调节螺杆;14—进气孔;15、16—微动开关

时间继电器工作原理:在通电延时时间继电器(见图 9.14)中,当线圈 1 通电后,铁芯 2 将衔铁 3 吸合,瞬时触点迅速动作(推板 5 使微动开关 16 立即动作),活塞杆 6 在塔形弹簧 8 作用下,带动活塞 12 及橡皮膜 10 向上移动,由于橡皮膜下方气室空气稀薄,形成负压,因此活塞杆 6 不能迅速上移。当空气由进气孔 14 进入时,活塞杆 6 才逐渐上移。当移到最上端时,延时触点动作(杠杆 7 使微动开关 15 动作),延时时间即为线圈通电开始至微动开关 15 动作为止的这段时间。通过调节螺杆 13 调节进气孔 14 的大小,就可以调节延时时间。

线圈断电时,衔铁 3 在复位弹簧 4 的作用下将活塞 12 推向最下端。因活塞被往下推时,橡皮膜下方气室内的空气都通过橡皮膜 10、弱弹簧 9 和活塞 12 肩部所形成的单向阀,经上气室缝隙顺利排掉,因此瞬时触点(微动开关 16)和延时触点(微动开关 15)均迅速复位。通电延时时间继电器的线圈和触点的符号如图 9.15 所示。

将电磁机构翻转 180°安装后,可形成断电延时时间继电器。它的工作原理与通电延时时间继电器的工作原理相似,线圈通电后,瞬时触点和延时触点均迅速动作;线圈失电后,瞬时触点迅速复位,延时触点延时复位。断电延时时间继电器的线圈和触点的符号如图 9.16 所示。

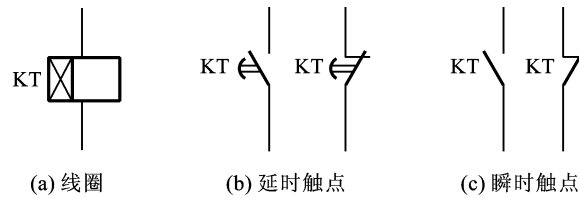


图 9.15 通电延时时间继电器符号

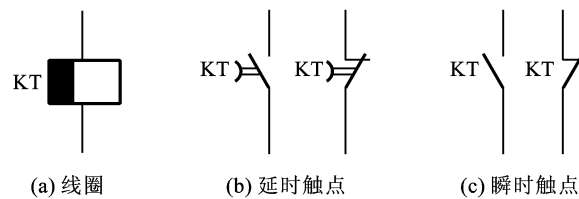


图 9.16 断电延时时间继电器符号

应根据控制线路的要求来选择哪一种延时方式的时间继电器(通电延时时间继电器,或者断电延时时间继电器)。根据控制线路电压来选择时间继电器吸引线圈的电压。

5) 热继电器

热继电器是一种利用流过继电器的电流所产生的热效应而反时限动作的保护电器,它主要用作电动机的过载保护、断相保护、电流不平衡运行及其他电气设备发热状态的控制。

热继电器有两相结构、三相结构和三相带断相保护装置等三种类型。热继电器主要由双金属片、热元件、动作机构、触点系统和整定调整装置等部分组成。图 9.17 所示为实现三相过载保护的双金属片式热继电器的结构示意图,图9.18 所示为对应的电路符号。

热继电器工作原理:热继电器中的主双金属片 2 由两种膨胀系数不同的金属片压焊而成,缠绕着双金属片的是热元件 3,它是一段电阻不大的电阻丝,串接在主电路中,热继电器的常闭触点 6 通常串接在接触器线圈电路中。当电动机过载时,热元件中通过的电流加大,使双金属片逐渐发生弯曲,经过一定时间后,推动导板动作机构 4,使常闭触点 6 断开,切断接触器线圈电路,使电动机主电路失电。故障排除后,按下复位按钮 9,使热继电器触点复位。

热继电器的工作电流可以在一定范围内调整,称为整定。整定电流值应是被保护电动机的额定电流值,其大小可以通过旋动整定电流旋钮来实现。由于热惯性,热继电器不会瞬间动作,因此它不能用作短路保护。但也正是这个热惯性,使电动机启动或短时过载时,热继电器不会误动作。热继电器用来对连续运

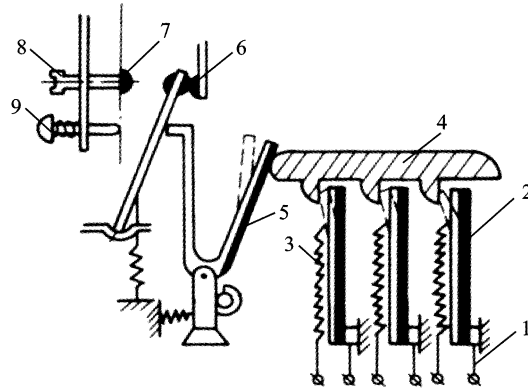


图 9.17 双金属片式热继电器结构图

1—接线端子；2—主双金属片；3—热元件；4—推动导板；5—补偿双金属片；
6—常闭触头；7—常开触头；8—复位调节螺钉；9—复位按钮

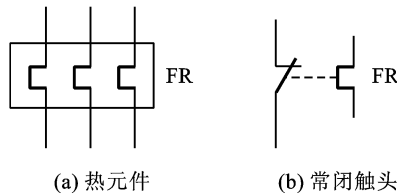


图 9.18 热继电器电路符号

行的电动机进行过载保护，以防止电动机过热而烧毁。

选用热继电器作为电动机的过载保护时，应使电动机在短时过载和启动瞬间不受影响，原则如下。

(1) 热继电器的类型选择：一般轻载启动、短时工作，可选择两相结构的热继电器；当电源电压的均衡性和工作环境较差或多台电动机的功率差别较显著时，可选择三相结构的热继电器；对于 Δ 接法的电动机，应选用带断相保护装置的热继电器。

(2) 热继电器的额定电流及型号选择：热继电器的额定电流应大于电动机的额定电流。

(3) 热元件的整定电流选择：一般将整定电流调整到等于电动机的额定电流；对过载能力差的电动机，可将热元件整定值调整到电动机额定电流的 0.6~0.8；对启动时间较长、拖动冲击性负载或不允许停车的电动机，热元件的整定电流应调节到电动机额定电流的 1.1~1.15 倍。

6) 行程开关

行程开关又称限位开关或位置开关，它可以完成行程控制或限位保护。其

作用与按钮相同,只是其触头的动作不是靠手指按压的手动操作,而是利用工作机械某些运动部件上的挡块碰撞或碰压使触头动作,以此来实现接通或分断某些电路,使之达到一定的控制要求。行程开关的结构图和电路符号分别如图 9.19(a)、(b)所示。

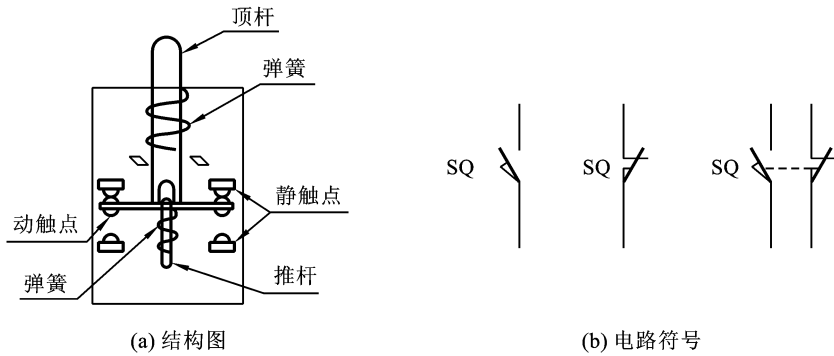


图 9.19 行程开关

行程开关工作原理:各种系列的行程开关其基本结构大体相同,都是由操作头、触点系统和外壳组成。操作头接受机械设备发出的动作指令或信号,并将其传递到触点系统,触点再将操作头传递来的动作指令或信号,通过本身的结构功能变成电信号,输出到有关控制回路,实时作出必要的反应。

行程开关的种类很多,常用的行程开关有按钮式、单轮旋转式和双轮旋转式,它们的实物如图 9.20 所示。其中图 9.20(a)所示的按钮式行程开关和图 9.20(b)所示的单轮旋转式行程开关均为自动复位,与按钮相似,所以称为自复式行程开关。而图 9.20(c)中的双轮旋转式行程开关,因为触点依靠反向碰撞后复位,所以称为非自复式行程开关。

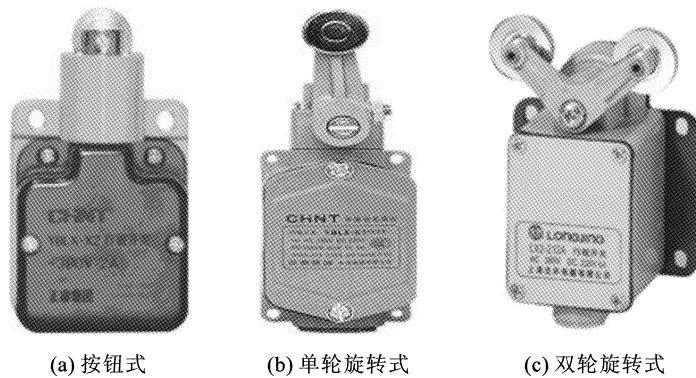


图 9.20 行程开关实物图

行程开关被用来限制机械运动的位置或行程,使运动机械按一定位置或行程自动停止、反向运动或自动往返运动等。

9.9 三相异步电动机

电动机是把电能转换成机械能的设备。三相异步电动机具有寿命长、可靠性高、维护方便、噪声低等优点,在机械、冶金、石油、煤炭、化学、航空、交通、农业及其他各工业部门中具有广泛的应用。

9.9.1 三相异步电动机的结构

三相异步电动机由定子、转子、端盖、轴承、机座、风扇、接线盒等部分组成,其中定子和转子是能量传递和转换的关键部件。三相异步电动机结构如图9.21所示。

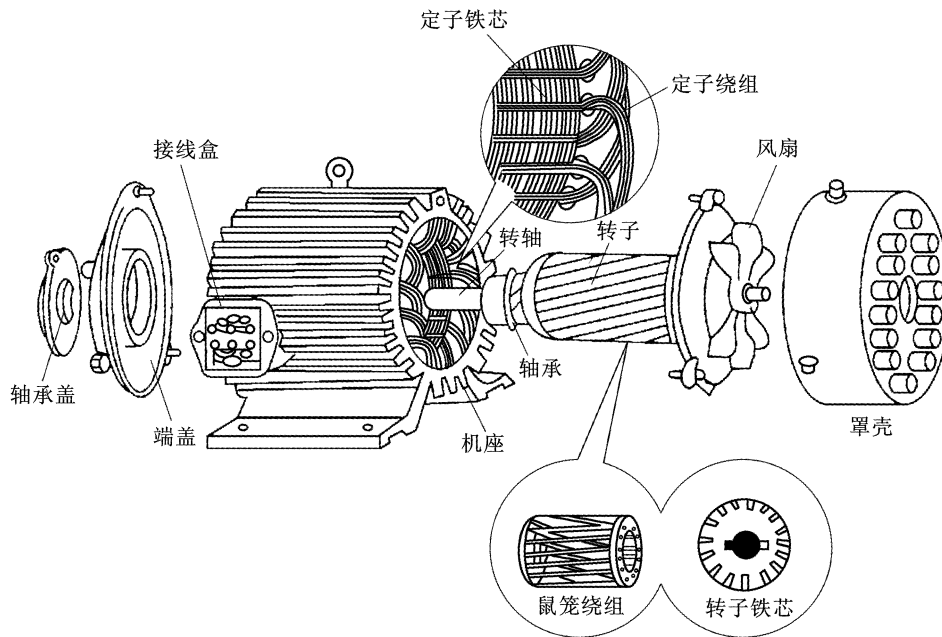


图 9.21 三相异步电动机结构图

1) 定子

三相异步电动机定子由定子铁芯和定子绕组组成。定子的三相绕组为AX、BY、CZ,三个始端A、B、C和三个末端X、Y、Z用导线引到接线盒内对应的六个接线端上,以便与外部电源连接。

2) 转子

三相异步电动机的转子分为鼠笼式和绕线式两种结构。鼠笼式转子绕组有铜条和铸铝两种形式。绕线式转子绕组的形式与定子绕组基本相同，三个绕组的末端连接在一起构成星形连接，三个始端分别连接在三个集电环上，集电环与转子同轴旋转。转子绕组与外部变阻器通过电刷和集电环连成回路，改变外部变阻器的阻值可调节电动机转速。绕线式转子与外部变阻器的连接方法如图 9.22 所示。

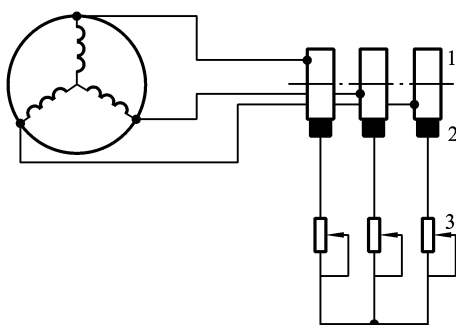


图 9.22 绕线式转子与外部变阻器的连接

1—集电环；2—电刷；3—变阻器

3) 三相异步电动机的接线

三相异步电动机的接线方法有两种：一种是 Y 形连接法；另一种是 Δ 形连接法。无论采用哪种接法，都要保证电动机绕组相电压与电动机铭牌要求一致。实际使用时根据电动机铭牌上注明的“电压/接法”和“电源电压”来选择其中一种接法。如图 9.23 所示。

例如，某电动机铭牌上注明的电压/接法是 220 V/ Δ ，这说明电动机绕组相电压为 220 V。当三相电源线电压为 380 V 时，应将三相异步电动机按 Y 形连接法与三相电源连接；当三相电源线电压为 220 V 时，应将三相异步电动机按 Δ 形连接法与三相电源连接。

9.9.2 三相异步电动机工作原理

1) 转动原理

把一个闭合线圈放在蹄形磁体的两磁极之间，蹄形磁体和闭合线圈都可以绕 OO' 轴转动，如图 9.24 所示。当转动蹄形磁体时，线圈随即也跟随着转动起来。根据电磁感应定律，产生感应电流的闭合线圈在磁场中受到电磁力的作用，因此能够转动起来。要使闭合线圈持续转动下去，蹄形磁体转速必须比闭合线圈转速快，两者不能同步，这就是异步电动机的转动原理。在这里，蹄形磁体起

旋转磁场的作用。

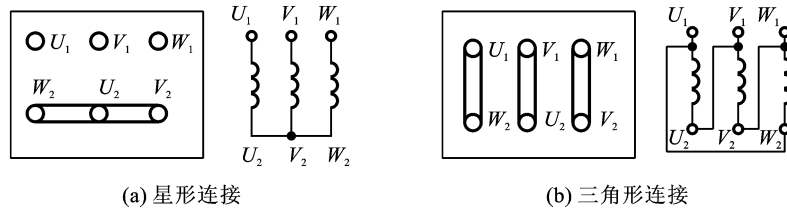


图 9.23 三相异步电动机接线方法

2) 旋转磁场的产生

若三相异步电动机三相绕组的首端分别用 U_1 、 V_1 、 W_1 表示，末端分别用 U_2 、 V_2 、 W_2 表示，它们在空间互差 120° ，并接成 Y 形，如图 9.25 所示。

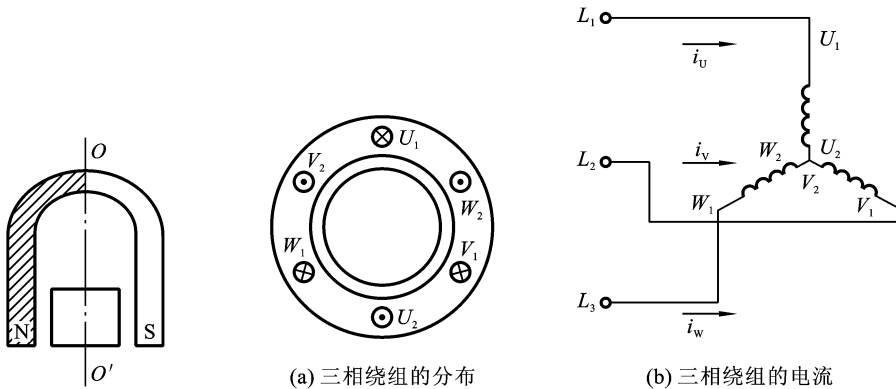


图 9.24 异步电动机转动原理

图 9.25 定子绕组

通入三相对称电流，假定电流的正方向由线圈的始端流向末端，三相对称电流表达式为

$$\begin{cases} i_U = I_m \sin \omega t \\ i_V = I_m \sin (\omega t - 120^\circ) \\ i_W = I_m \sin (\omega t - 240^\circ) \end{cases} \quad (9-1)$$

三相对称电流波形如图 9.26 所示。

由于电流随时间而变，所以电流通过线圈产生的磁场分布情况也随时间而变，在三个不同时刻三相对称电流在定子三相绕组中产生的磁场如图 9.27 所示，说明如下。

(1) 在 $\omega t = 0^\circ$ 瞬间，由图 9.26 看出， $i_U = 0$ ， U 相没有电流流过。 i_V 为负，表示电流由末端 V_2 流向首端 V_1 (电流从 V_2 端流入纸面，用符号 \otimes 表示；电流从 V_1 端流出纸面，用符号 \odot 表示)。 i_W 为正，表示电流由首端 W_1 流向末端 W_2 ，如图

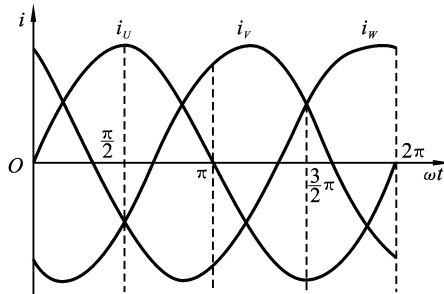


图 9.26 三相异步电动机的电流波形

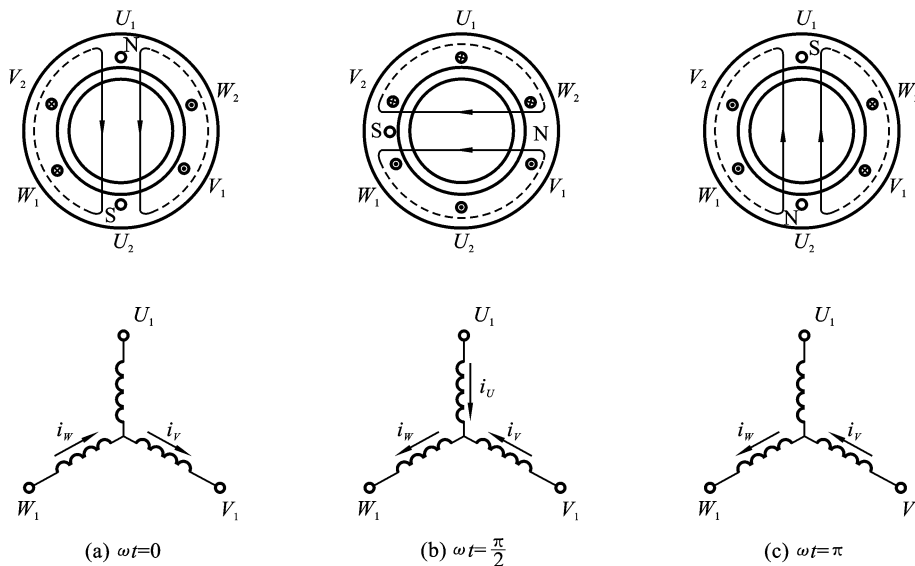


图 9.27 三相两极旋转磁场

9.27(a)所示。这时,三相电流所产生的合成磁场方向由右手螺旋定则得出定子
上方为 N 极,下方为 S 极。

(2) 当 $\omega t = \pi/2$ 瞬间,由图 9.26 看出, i_U 为正, i_V 、 i_W 为负,用同样方式可判
得三相合成磁场按顺时针方向在空间转了 90° ,如图 9.27(b)所示。

(3) 当 $\omega t = \pi$ 瞬间, $i_U = 0$, i_V 为正, i_W 为负,合成磁场又按顺时针方向在空
间转了 90° ,如图 9.27(c)所示。

由上述分析不难看出,对于图 9.27 所示的定子绕组,通入三相对称电流后,
将产生磁极对数 $P=1$ 的旋转磁场,且交流电若变化一个周期(360° 电角度),合
成磁场也将在空间旋转一周(360° 空间角)。

3) 旋转磁场的转向与转速

(1) 旋转磁场的旋转方向与三相电流的相序一致,或者说旋转磁场的转向由三相电流的相序决定。若改变三相电流相序(将连接三相电源的三根导线中的任意两根对换一下),则旋转磁场的旋转方向就随之改变,三相异步电动机的反转就是利用这个原理。

(2) 旋转磁场转速 n_0 (也称为同步转速)为

$$n_0 = \frac{60f}{P} \quad (9-2)$$

其中, f 为三相交流电流频率; P 为旋转磁场的极对数。

异步电动机转动方向与旋转磁场方向一致,转子转速 n 总是稍低于同步转速 n_0 ,因而称为异步电动机。又因为产生电磁转矩的电流是电磁感应所产生的,所以也称为感应电动机。在工频(50 Hz)电源作用下,旋转磁场极对数 P 分别为 1、2、3、4 时,由式(9-2)不难计算同步转速 n_0 分别为 3000 r/min、1500 r/min、1000 r/min、750 r/min。

异步电动机同步转速 n_0 和转子转速 n 的差值与同步转速 n_0 之比称为转差率,用 s 表示,即

$$s = \frac{n_0 - n}{n_0} \quad (9-3)$$

转差率是异步电动机的一个重要参数。异步电动机在额定负载下运行时的转差率为 1%~9%。

9.9.3 三相异步电动机的使用

1) 三相异步电动机的启动

三相异步电动机启动时,由于转子与旋转磁场相对速度差很大,产生的感应电动势很大。因此,转子产生的感应电流也大,导致定子电流大。一般中小型异步电动机的启动电流为额定电流的 5~7 倍。三相异步电动机启动电流大一方面会使电网电压产生波动,影响其他负载工作;另一方面会使电动机产生过热,特别是在电动机频繁启动的时候。

2) 三相异步电动机的启动方法

(1) 直接启动:一般对于 20~30 kW 以下的小型三相异步电动机采用直接启动。

(2) 降压启动:Y- Δ 降压启动和自耦降压启动。Y- Δ 降压启动是指电动机采用 Y 形接法启动后按 Δ 形接法运行。根据三相电路工作原理,Y 形接法电动机绕组电压是 Δ 形接法的 $1/\sqrt{3}$,而 Y 形接法启动电流是 Δ 形接法的 $1/3$ 。Y- Δ 降压启动接线方法如图 9.28 所示。自耦降压启动时启动电流与电压成比例减小。需注

意的是,三相异步电动机启动转矩与绕组电压平方成比例增加,启动转矩太小,电动机无法启动。因此,降压启动时既要考虑启动电流,又要考虑启动转矩。

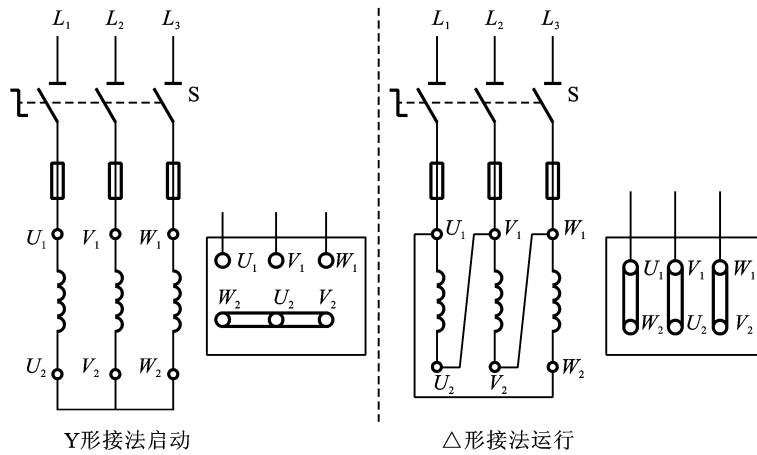


图 9.28 三相异步电动机 Y-Δ 降压启动接线方法

(3) 转子串电阻启动:绕线式异步电动机可以采用转子串电阻启动。对于大中型电动机带重载启动的工况,采用前述直接启动和降压启动都不合适。绕线式异步电动机转子串电阻启动,既可以减小电动机启动电流,又可以提高电动机启动转矩,非常适合大中型电动机带重载启动的工况。

3) 三相异步电动机铭牌数据

三相异步电动机铭牌数据注明电动机的型号和额定工作参数。以 Y 系列三相异步电动机为例,铭牌数据如图 9.29 所示。其中 Y132M-4 为电动机型号,型号说明如图 9.30 所示。铭牌数据中的频率、电压、电流分别指三相电源的频率、线电压和线电流(规定的接法);转速、功率、效率、功率因数分别指在额定工作条件下电动机转轴上的转速、输出的机械功率、效率、功率因数。

三相异步电动机

型号 Y132M-4	功率 7.5 kW	频率 50 Hz
电压 380 V	电流 15.4 A	接法 Δ
转速 1440 r/min	绝缘等级 B	工作方式: 连续
功率因数 0.85	效率(%)87	
年 月	编号	××电机厂

Y	132	M	—	4
系列	机座长度代号	磁极数		
	机座中心高			

图 9.29 三相异步电动机的铭牌数据

图 9.30 三相异步电动机型号

需要说明的是,三相异步电动机的效率和功率因数在电动机启动及轻载时要低于其额定值。因此,要尽量使三相异步电动机工作在额定状态,在实用中要选用容量合适的电动机,防止“大马”拉“小车”现象。

9.10 三相异步电动机继电器-接触器控制

通过开关、按钮、继电器、接触器等电器触点的接通或断开来实现的各种控制叫做继电器-接触器控制,这种方式构成的自动控制系统称为继电器-接触器控制系统。典型的控制环节有点动控制、单向自锁运行控制、正反转控制、行程控制、时间控制等。

电动机在使用过程中由于各种原因可能会出现一些异常情况,如电源电压过低、电动机电流过大、电动机定子绕组之间短路或电动机绕组与外壳短路等,如不及时切断电源则可能会对设备或人身带来危险。因此,必须采取保护措施。常用的保护环节有短路保护、过载保护、零压保护和欠压保护等。

9.10.1 简单起停控制

1. 点动控制

三相异步电动机点动控制接线示意图和电气原理图如图 9.31 所示。合上开关 S,三相电源被引入控制电路,但电动机还不能启动。按下常开按钮 SB,接触器 KM 线圈通电,衔铁吸合,常开主触点接通,电动机定子接入三相电源启动运转。松开按钮 SB,接触器 KM 线圈断电,衔铁松开,常开主触点断开,电动机因断电而停转,从而实现了点动控制。

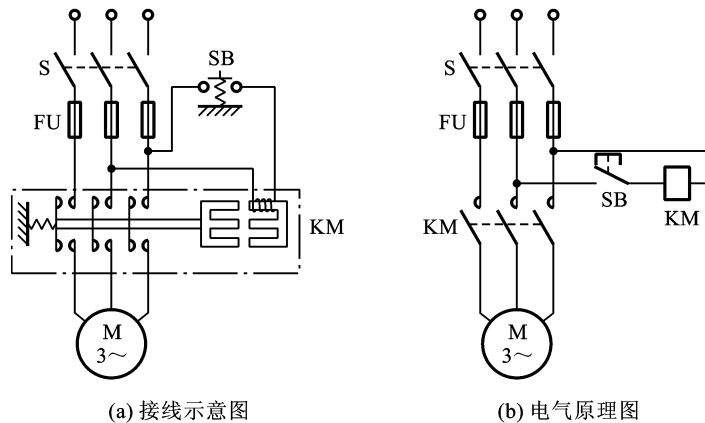


图 9.31 点动控制

2. 直接启停控制

直接启停控制电路如图 9.32 所示。

(1) 启动过程。按下启动按钮 SB1,接触器 KM 线圈通电,与 SB1 并联的 KM 的辅助常开触点闭合,以保证松开按钮 SB1 后,KM 线圈持续通电,串联在

电动机回路中的 KM 的主触点持续闭合,电动机连续运转,从而实现连续运转控制。

(2) 停止过程。按下停止按钮 SB2,接触器 KM 线圈断电,与 SB1 并联的 KM 的辅助常开触点断开,以保证松开按钮 SB2 后 KM 线圈持续失电,串联在电动机回路中的 KM 的主触点持续断开,电动机停转。

与 SB1 并联的 KM 的辅助常开触点的这种作用称为自锁。

图 9.32 所示的控制电路还可实现短路保护、过载保护和零压保护。

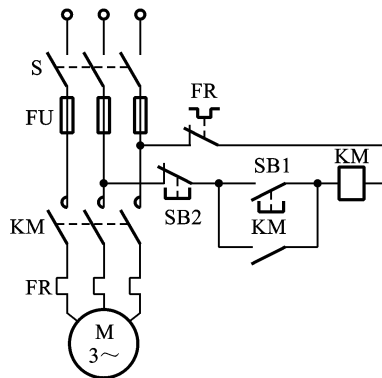


图 9.32 直接启停控制电路图

起短路保护的是串接在主电路中的熔断器 FU。一旦电路发生短路故障,熔体立即熔断,电动机立即停转。

起过载保护的是热继电器 FR。当过载时,热继电器的发热元件发热,将其常闭触点断开,使接触器 KM 线圈断电,串联在电动机回路中的 KM 的主触点断开,电动机停转。同时,KM 辅助触点也断开,解除自锁。故障排除后若要重新启动,需按下 FR 的复位按钮,使 FR 的常闭触点复位(闭合)即可。

起零压(或欠压)保护的是接触器 KM 本身。当电源暂时断电或电压严重下降时,接触器 KM 线圈的电磁吸力不足,衔铁自行释放,使主、辅触点自行复位,切断电源,电动机停转,同时解除自锁。

9.10.2 正反转控制

吊车或某些生产机械的提升机构需要作左、右、上、下四个方向的运动,拖动它们的电动机必须能作正、反两个方向的旋转。由异步电动机的工作原理可知,要使它反向旋转只需对调定子三根电源线中的任意两根,以改变定子电流的相序即可。为此要对异步电动机实现正、反转控制,需要用两只接触器,控制电路如图 9.33 所示。控制过程如下。

(1) 正向启动过程。按下启动按钮 SB1→接触器 KM1 线圈通电(同时与

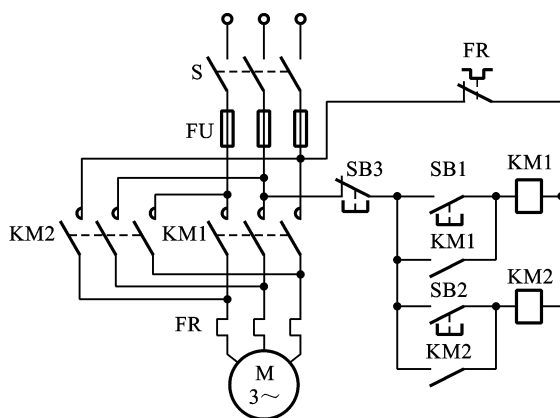


图 9.33 正、停、反转控制电路图

SB1 并联的 KM1 的辅助常开触点闭合,以保证 KM1 线圈持续通电,串联在电动机回路中的 KM1 的主触点持续闭合)→电动机连续正向运转。

(2) 停止过程。按下停止按钮 SB3→接触器 KM1 线圈断电(同时与 SB1 并联的 KM1 的辅助触点断开,以保证 KM1 线圈持续失电,串联在电动机回路中的 KM1 的主触点持续断开,切断电动机定子电源)→电动机停转。

(3) 反向启动过程。按下反向启动按钮 SB2→接触器 KM2 线圈通电(同时与 SB2 并联的 KM2 的辅助常开触点闭合,以保证 KM2 线圈持续通电,串联在电动机回路中的 KM2 的主触点持续闭合)→电动机连续反向运转。

图 9.33 所示的控制电路的不足之处是 KM1 和 KM2 线圈不能同时通电,因此不能同时按下 SB1 和 SB2,也不能在电动机正转时按下反转启动按钮,或者在电动机反转时按下正转启动按钮。如果操作错误,将引起主回路电源短路。改进方法是采用电气互锁控制。

如果将图 9.33 中接触器 KM1 的辅助常闭触点串入 KM2 的线圈回路中,从而保证在 KM1 线圈通电时 KM2 线圈回路总是断开的;将接触器 KM2 的辅助常闭触点串入 KM1 的线圈回路中,从而保证在 KM2 线圈通电时 KM1 线圈回路总是断开的。这样接触器的辅助常闭触点 KM1 和 KM2 保证了两个接触器线圈不能同时通电,这种控制方式称为电气联锁或者电气互锁,电路如图 9.34 所示。

图 9.34 所示的控制电路不足之处:不能直接由正转到反转,必须先按停止按钮 SB3 停机。因为,电动机正转时,接触器 KM1 线圈得电,辅助常闭触点 KM1 断开,使 KM2 线圈不能得电,这时按下反转启动按钮 SB2 也不能使 KM2 线圈得电,电动机就不能反转。同理,电动机反转时也不能直接正转,必须先按停止按钮 SB3,再按下正转启动按钮 SB1,才能使电动机正转。改进方法是再增

加机械互锁。

如果在图 9.34 中采用复式按钮,将 SB1 按钮的常闭触点串接在 KM2 的线圈电路中;将 SB2 按钮的常闭触点串接在 KM1 的线圈电路中,改进电路如图 9.35 所示。由正转直接到反转的控制过程:按正转启动按钮 SB1→KM1 线圈得电→电动机正转→按反转启动按钮 SB2→SB2 常闭触头断开→KM1 线圈失电→KM1 辅助常闭触头闭合→KM2 线圈得电→电动机反转(同时 KM2 辅助常闭触头断开,KM2 辅助常开触头闭合)→松开反转启动按钮 SB2→SB2 常闭触头闭合。这样,既实现了由正转直接反转,又保证 KM1 和 KM2 不同时通电;从反转到正转的情况也是一样。这种由机械按钮实现的互锁也叫机械互锁或按钮互锁。

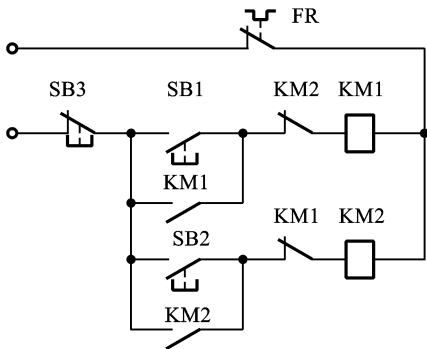


图 9.34 带电气互锁正反转控制电路图

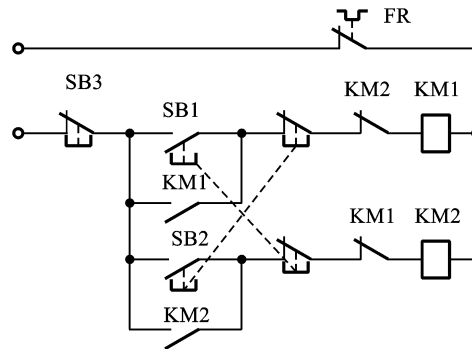


图 9.35 带电气、机械互锁正反转控制电路

9.10.3 行程控制

行程控制一般分为限位控制和自动往返控制两类。

1) 限位控制

当生产机械的运动部件到达预定的位置时,压下行程开关的触杆,将常闭触点断开,接触器线圈断电,使电动机断电而停止运行,即为限位控制。图 9.36 所示为限位控制电路图。图中 SQ 为行程开关常闭触头。

2) 自动往返控制

工作台在 SQ1 与 SQ2 中间作直线运动,如图 9.37(a)所示,控制电路如图 9.37(b)所示。

工作台往返运动过程:按下正向启动按钮 SB1→接触器 KM1 线圈得电(同时,KM1 辅助常开触头闭合,KM1 辅助常闭触头断开)→电动机正向启动运行→工作台正向运动(同时,SQ1 常开触头和常闭触头复位)→运行到 SQ2 位置→挡块压下 SQ2→接触器 KM1 线圈断电释放,KM2 通电吸合(因此时 SQ2 常闭

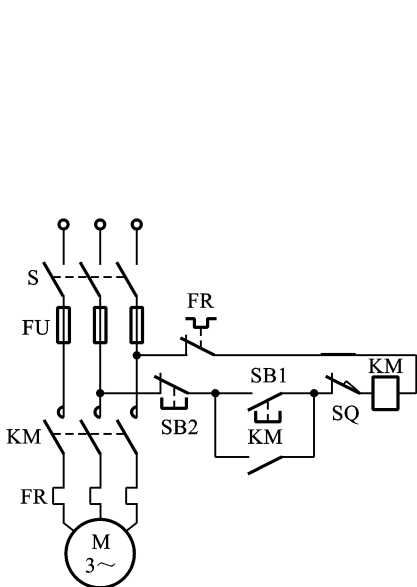


图 9.36 限位控制电路图

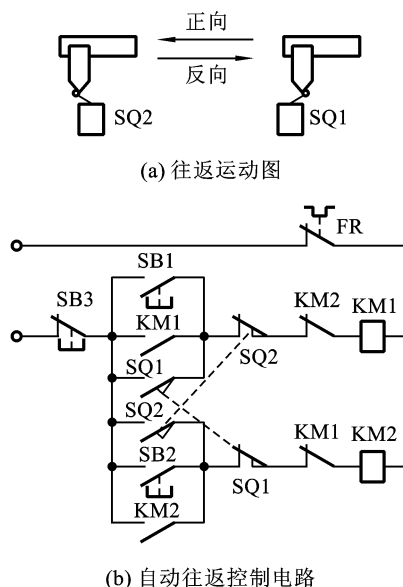


图 9.37 自动往返控制

触头断开, SQ2 常开触头闭合)→电动机反向启动运行→工作台反向运动→运行到 SQ1 位置→挡块压下 SQ1→电动机又正向启动运行。工作台又向前进, 如此一直循环下去, 直到需要停止时按下 SB3, KM1 和 KM2 线圈同时断电释放, 电动机脱离电源停止转动。

9.10.4 时间控制

为了减小三相异步电动机启动电流, 常采用 Y 形接法启动、△形接法运行的 Y-△换接启动控制方法。以 Y-△换接启动控制为例, 说明时间继电器作用。图 9.38 为 Y-△换接启动控制电路图。

启动过程: 按下启动按钮 SB1→通电延时继电器 KT 线圈和交流接触器 KM2 线圈同时通电吸合, 交流接触器 KM2 常开主触点闭合, 交流接触器 KM2 常开辅助触点闭合→定子绕组连接成 Y 形→交流接触器 KM1 线圈通电吸合 (同时, KM1 的一对常开辅助触点闭合, 进行自锁)→定子接入电源→电动机 Y 形接法启动→松开启动按钮 SB1。启动过程完成。

经一定延时, 通电延时继电器 KT 动作, 常闭触点 KT 断开, KM2 断电复位, 交流接触器 KM3 通电吸合, KM3 的常开主触点将定子绕组接成△形, 电动机通电运行。与按钮 SB1 串联的 KM3 的常闭辅助触点的作用: 当电动机正常运行时, 该常闭触点断开, 切断了 KT、KM2 的通路, 即使误按 SB1, KT 和 KM2 也不会通电, 以免影响电路正常运行; 若要停车, 则按下停止按钮 SB3, 接触器

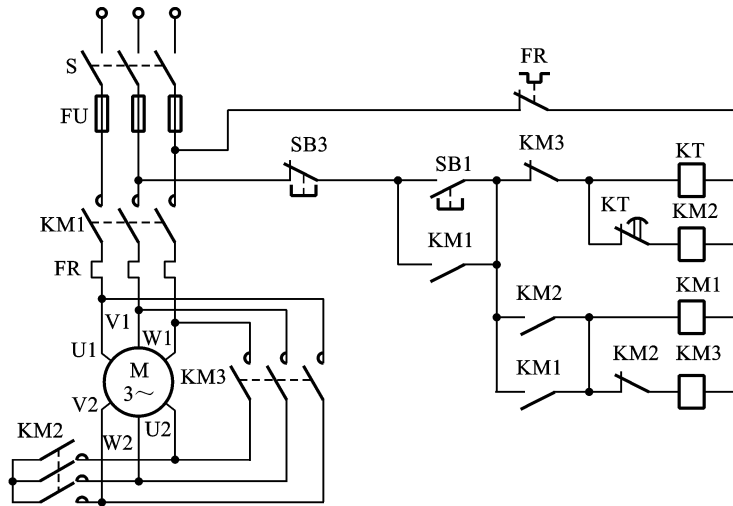


图 9.38 Y-Δ换接启动控制电路图

KM1、KM2 同时断电释放,电动机脱离电源停止转动。

9.10.5 电流继电器控制

以绕线式异步电动机转子串电阻电流控制三级启动为例,说明欠电流继电器的作用。

绕线式异步电动机转子串电阻启动主电路如图 9.39 所示。定子回路中串接刀开关 QF、交流接触器主触头 KM4 及热继电器热元件 FR;转子回路外串接三级启动电阻 R1~R3、交流接触器主触头 KM1~KM3 及欠电流继电器线圈 KA1~KA3。

绕线式异步电动机转子串电阻三级启动电流控制电路如图 9.40 所示。三级启动控制过程如下。

(1) 按下启动控制电路中的启动按钮 SB2→交流接触器线圈 KM4 通电吸合并自锁→中间继电器线圈 KA4 通电吸合→电动机串电阻启动。

(2) 电动机转速上升→转子回路电流下降→欠电流继电器常闭触头 KA1 复位→交流接触器线圈 KM1 通电吸合→启动电阻 R1 被切除→转子回路电流上升。

(3) 电动机转速上升→转子回路电流下降→欠电流继电器常闭触头 KA2 复位→交流接触器线圈 KM2 通电吸合→启动电阻 R2 被切除→转子回路电流上升。

(4) 电动机转速上升→转子回路电流下降→欠电流继电器常闭触头 KA3 复位→交流接触器线圈 KM3 通电吸合→启动电阻 R3 被切除→转子回路电流

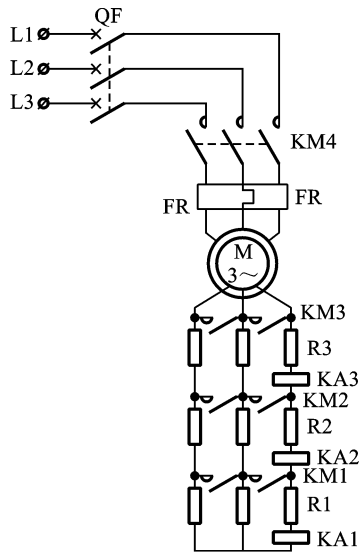


图 9.39 绕线式异步电动机转子串电阻启动主电路

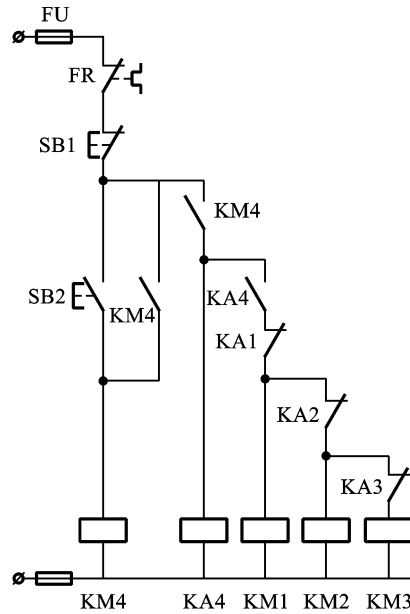


图 9.40 绕线式异步电动机转子串电阻三级启动电流控制电路

上升。

至此,三级启动电阻 R1~R3 全部被切除,启动过程结束,电动机进入正常运行阶段。若要停机,按停机按钮 SB1,交流接触器线圈 KM4 断电,主电源断开,电动机停止运行。

练 习

- 9-1 几种常用低压电器的作用及使用方法。
- 9-2 三相异步电动机的结构及使用方法。
- 9-3 交流接触器在三相异步电动机中的控制作用。

9.11 实 习

1. 熔断器主要由哪几部分组成？各部分的作用是什么？
2. 如何正确选用按钮？
3. 交流接触器主要由哪几部分组成？
4. 中间继电器与交流接触器有什么区别？什么情况下可用中间继电器代替交流接触器使用？
5. 热继电器能否作短路保护？为什么？
6. 画出下列电器元件的图形符号，并标出对应的文字符号：熔断器、复合按钮、通电延时型时间继电器、断电延时型时间继电器、交流接触器、中间继电器。
7. 某机床主轴电动机的型号为 Y132S-4，额定功率为 5.5 kW，电压为 380 V，电流为 11.6 A，定子绕组采用△形接法，启动电流为额定电流的 6.5 倍。若用组合开关作电源开关，用按钮、接触器控制电动机的运行，并需要有短路、过载保护。试选择所用的组合开关、按钮、接触器、熔断器及热继电器的参数。
8. 画出实现直接启动的控制电路。
9. 画出实现电动机正反转控制电路。

实习报告

参 考 文 献

- [1] 钱晓龙. 电工电子实训教程[M]. 北京:机械工业出版社,2009.
- [2] 王仁祥. 常用低压电器原理及其控制技术[M]. 北京:机械工业出版社,2001.
- [3] 夏全福. 电工实验及电子实习教程[M]. 武汉:华中科技大学出版社,2002.
- [4] 田随明. 工业电气与控制技术[M]. 武汉:华中理工大学出版社,1997.
- [5] 李仁. 电器控制[M]. 北京:机械工业出版社,1990.
- [6] 周润景. 基于 PROTEUS 的电路及单片机系统设计与仿真[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2006.