



“十三五”职业教育国家规划教材



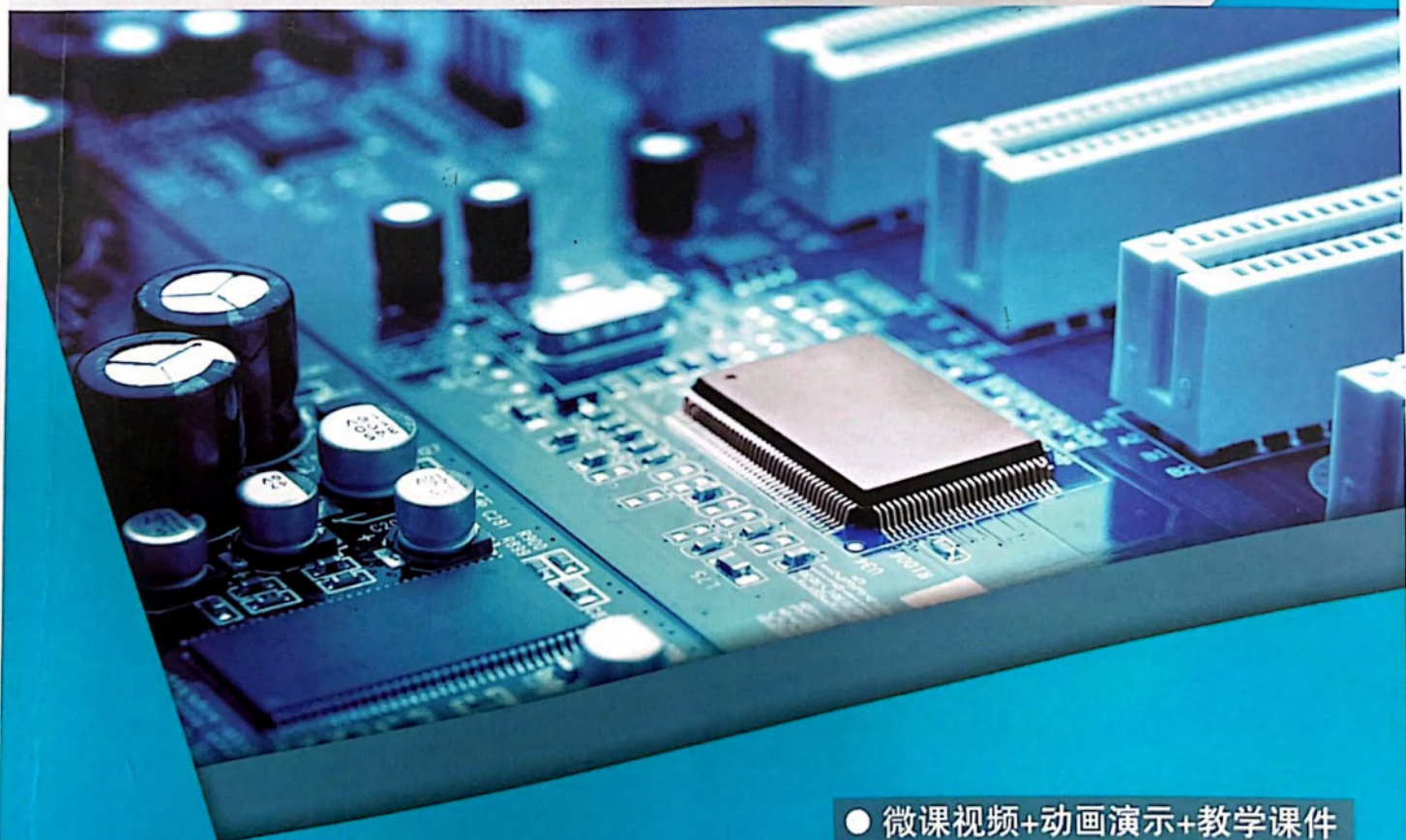
电子技术基础与技能

新世纪高职高专教材编审委员会 组编

主 审 武英举

主 编 王扬帆 栾良龙

第四版



● 微课视频+动画演示+教学课件

● 常用元器件的基本知识与应用技能强化训练

● 以实用性功能电路为载体，融合仪器仪表操作训练



大连理工大学出版社

表 4-7

实训数据记录表

偏置	电压	VT ₁	VT ₂	复合管	1脚~5脚电压
SB 接通时	U _{BE} (V)				
	U _{CE} (V)				
SB 断开时	U _{BE} (V)				
	U _{CE} (V)				

4. 数据分析总结

(1) 开关 SB 导通时, 根据检测到的 VT₁、VT₂ 以及复合管 VT₃、VT₄ 的 U_{BE} 和 U_{CE} 的电压, 分析各个三极管的工作状态。

(2) 开关 SB 断开时, 根据检测到的 VT₁、VT₂ 以及复合管 VT₃、VT₄ 的 U_{BE} 和 U_{CE} 的电压, 分析各个三极管的工作状态。

(3) 分析开关 SB 和光控三极管 VT₁ 在电路中的作用, 说明本电路的工作原理, 举例说明光电三极管的其他应用电路。

任务 2 继电器的识别、检测及应用

4.2.1 任务目标

【知识目标】

- 学习继电器的分类、基本结构、工作原理和作用。
- 掌握继电器的符号和主要用途。

【技能目标】

- 正确识别继电器, 准确检测常见的继电器。
- 掌握继电器的选用原则并能应用到实践中去, 能组建基本应用电路。
- 学会继电器、干簧管继电器、固态继电器的使用方法。

4.2.2 知识链接

1. 继电器基础知识

继电器是一种常用的控制器件, 具有控制系统(又称输入回路)和被控制系统(又称输出回路)两部分电路, 是可以较小的电流来控制较大的电流, 用低电压来控制高电压, 用直流电来控制交流电的一种“自动开关”, 并且可实现控制电路与被控电路之间的完全隔离, 在自动控制、遥控、保护电路等方面得到广泛的应用。常见继电器外形如图 4-29 所示。

(1) 继电器的分类

① 按工作原理分

电磁继电器、固态继电器、时间继电器、温度继电器、风速继电器、加速度继电器、光继电器、声继电器、热继电器等。

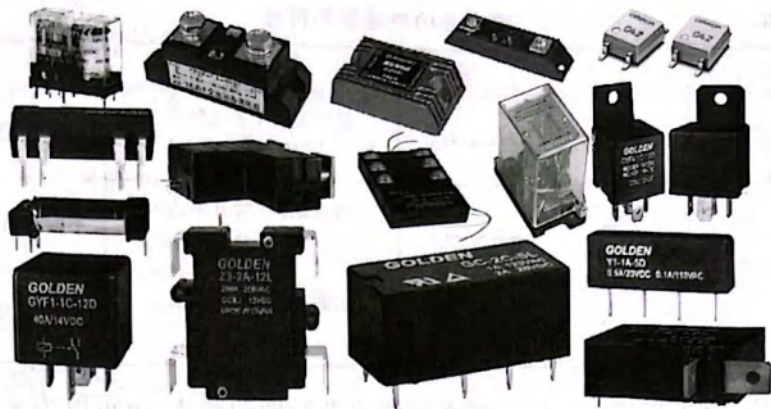


图 4-29 继电器外形

电磁继电器:主要包括直流电磁继电器、交流电磁继电器、磁保持继电器、极化继电器、舌簧继电器、节能功率继电器。

固态继电器:是一种输入、输出功能由电子元件完成而无机械运动部件的一种继电器。

时间继电器:当加上或除去输入信号时,输出部分需延时或限时到规定的时间才闭合或断开被控电路的继电器。

温度继电器:当外界温度达到规定值时而动作的继电器。

风速继电器:当风的速度达到一定值时,被控电路将接通或断开。

加速度继电器:当运动物体的加速度达到规定值时,被控电路将接通或断开。

②按照其结构与特征分

电磁式继电器、干簧式继电器、湿簧式继电器、压电式继电器、固态继电器、磁保持继电器、步进继电器、时间继电器、温度继电器等。

③按照工作电压类型分

直流型继电器、交流型继电器和脉冲型继电器。

④按外形尺寸分

微型继电器:最长边尺寸不大于 10 mm 的继电器;**超小型继电器:**最长边尺寸大于 10 mm,但不大于 25 mm 的继电器;**小型继电器:**最长边尺寸大于 25 mm,但不大于 50 mm 的继电器。

⑤按触点负载分

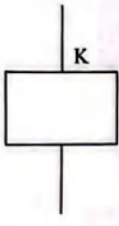
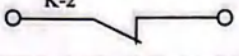
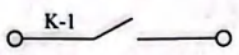
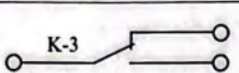
微功率继电器:小于 0.2 A 的继电器;**弱功率继电器:**0.2~2 A 的继电器;**中功率继电器:**2~10 A 的继电器;**大功率继电器:**10 A 以上继电器;**节能功率继电器:**20~100 A 的继电器。

⑥按继电器触点的形式与数量分

单组触点继电器和多组触点继电器两类,其中单组触点继电器又分为常开触点(动合触点,简称 H 触点)、常闭触点(动断触点,简称 D 触点)、转换触点(切断触点,简称 Z 触点)三种。多组触点继电器既可以包括多种相同形式的触点,又可以包括多种不同形式的触点。继电器的文字符号一般用“K”表示,电路图形符号见表 4-8。

表 4-8

继电器的电路图形符号

继电器线圈符号	继电器触点符号		说明
		动断触点(常闭触点) 简称 D 型	平时接通,有电断开
		动合触点(常开触点) 简称 H 型	平时断开,有电接通
		切断触点(转换触点) 简称 Z 型	有电转换接通方向

在电路图中,继电器的触点可以画在该继电器线圈的旁边,也可以为了便于图面布局将触点画在远离该继电器线圈的地方,而用编号表示它们是一个继电器。

(2)继电器工作原理

电磁式继电器一般由铁芯、线圈、衔铁、触点簧片等组成。只要在线圈两端加上一定的电压,线圈中就会流过一定的电流,从而产生电磁效应,衔铁就会在电磁吸引力的作用下克服返回弹簧的拉力吸向铁芯,从而带动衔铁的动触点与静触点(常开触点)吸合。当线圈断电后,电磁铁的吸力也随之消失,衔铁就会在返回弹簧的作用下返回原来的位置,使动触点与原来的静触点(常闭触点)断开。这样吸合、释放,从而实现了在电路中的导通、切断的目的,如图 4-30 所示。

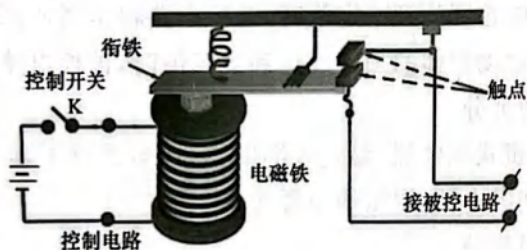


图 4-30 电磁式继电器工作原理

继电器的“常开、常闭”触点,可以这样来区分:继电器线圈未通电时处于断开状态的静触点,称为“常开触点”;处于接通状态的静触点,称为“常闭触点”。

(3)继电器的基本结构

①电磁式继电器

电磁式继电器是一种电磁开关器件。它实际上是一个带有触点的电磁铁,由电磁系统与触点系统两部分组成。典型的电磁式继电器的外形及结构如图 4-31 所示。

在线圈未通电时,动触点 3 与静触点 5 闭合,称之为常闭状态;而动触点 3 与静触点 4 断开,则称之为常开状态。当线圈的 1、2 两端有电压时,电流流过线圈使铁芯具有磁性,衔铁在电磁力的吸引下带动动触点 3 与静触点 5 分离,而与静触点 4 闭合,这一过程称之为继电器吸合。线圈断电后,衔铁在弹簧拉力的作用下恢复到原来的位置,从而使触点复位,这一过程称为继电器释放。继电器的吸合、释放过程,实现了对被控电路的控制。

根据线圈要求的工作电压的不同,电磁式继电器分为直流继电器、交流继电器、脉冲继电器等类型。

②干簧管继电器

干簧管继电器也是最常用的继电器之一,它由干簧管和线圈组成,如图 4-32 所示。干簧管是将两根互不相通的铁磁性金属条密封在玻璃管内而成,干簧管置于线圈中。当工作电流流过线圈时,线圈产生的磁场,使干簧管中的金属条被磁化,两金属条因为磁极性相反而吸合,接通被控电路。

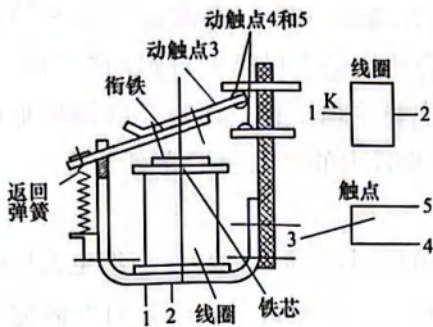


图 4-31 电磁式继电器结构

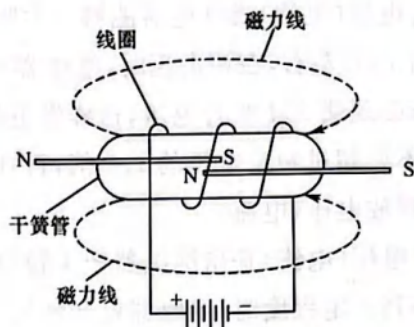


图 4-32 干簧管继电器

③固态继电器

固态继电器也叫固体继电器,简称 SSR,是一种新型的电子继电器。固态继电器采用电子电路实现继电器的功能,依靠光电耦合器实现控制电路与被控电路之间的隔离。

a. 直流式固态继电器

直流式固态继电器电路原理如图 4-33 所示,控制电压由“IN”端输入,通过光电耦合器将控制信号耦合至被控端,经放大后驱动开关管导通。固态继电器输出端接入被控电路回路中,输出端有正、负之分。

b. 交流式固态继电器

交流式固态继电器电路原理如图 4-34 所示。与直流式不同的是,开关元件采用双向可控硅 VS,因此交流式固态继电器输出端无正、负之分,可以控制交流回路的通断。

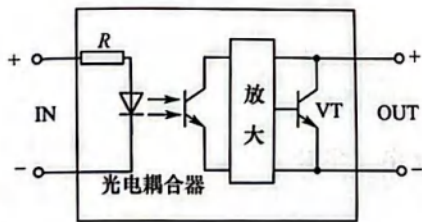


图 4-33 直流式固态继电器

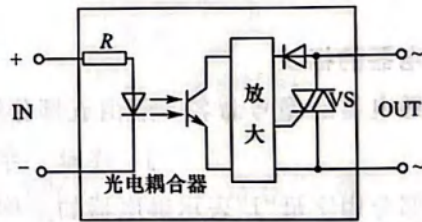


图 4-34 交流式固态继电器

2. 继电器的主要技术参数

(1) 额定工作电压或额定工作电流

额定工作电压或额定工作电流是指继电器正常工作时线圈所需要的电压或电流。工作时,输入继电器的电压或电流参数应等于这一数值。

根据继电器的型号不同,可以是交流电压或电流,也可以是直流电压或电流。继电器通常有多种额定工作电压或额定工作电流,并用规格型号加以区别。

(2) 直流电阻

直流电阻是指继电器中线圈的直流电阻,可以通过万能表测量。

同一型号的继电器为了能适应不同的电路,有多种额定电压供选用,并用规格型号加以区别,这些不同规格继电器的线圈直流电阻值也不同。

(3) 吸合电压(电流)

吸合电压(电流)指继电器能够产生吸合动作的最小电压(电流)。一般吸合电压为额定电压的 75% 左右,在该电压时,继电器的吸合动作是不可靠的,所以在正常使用时,给定的电压必须略大于吸合电压,这样继电器才能稳定地工作。而对于线圈所加的工作电压,一般不要超过额定电压的 1.5 倍,否则会产生较大的电流而把线圈烧毁。

(4) 释放电压(电流)

释放电压(电流)是指继电器产生释放动作的最小电压(电流)。当继电器吸合状态的电流减小到一定程度时,继电器就会恢复到未通电的释放状态。这时的电流远远小于吸合电流。释放电压比吸合电压小得多,一般释放电压为吸合电压的 10%~50%。

(5) 触点切换电压(电流)

触点切换电压(电流)是指继电器允许加载的电压(电流)。它决定了继电器能控制电压(电流)的大小,使用时不能超过此值,否则很容易损坏继电器的触点。

(6) 触点负荷

触点负荷指触点的负载能力,即触点在切换时能承受的电压和电流值,即触点容量。触点负荷有交流值和直流值之分,选用时要注意。

(7) 其他参数

其他参数还有:吸合时间、释放时间、使用环境、安装形式、绝缘强度、触点寿命等,在设计和使用时需加以考虑。

4.2.3 任务基础

1. 继电器的标识

国产继电器的型号命名一般由五部分组成:

J 字母 字母/数字 字母

第一部分用字母“J”表示继电器的主称;

第二部分用字母表示继电器的功率或类型;

第三部分用字母表示继电器的外形特征;

第四部分用 1~2 位数字表示序号;

第五部分用字母表示继电器封装形式。

继电器型号中字母的意义见表 4-9。例如,型号为 JZX-10M,表示是中功率小型密封式继电器;型号为 JAG-2,表示是干簧式继电器。

表 4-9 继电器型号中字母的意义

功率或类型		外形特征		封装形式	
符号	意义	符号	意义	符号	意义
W	微功率	W	微型	F	封闭式
R	小功率	C	超小型	M	密封式
Z	中功率	X	小型		
Q	大功率	G	干式		
A	舌簧	S	湿式		
M	磁保持				
H	极化				
P	高频				
L	交流				
S	时间				
U	温度				

密封继电器通常将型号和引出端示意图标识在继电器封装体表面上,如图 4-35 所示。

如图 4-36 所示 JZC-21F/006-1Z21 型继电器:交流 3 A、120 V、AC;直流 3 A、28 V、DC;J:继电器主称;Z:中功率;C:超小型;21:序号;F:封闭式;/006:额定电压 6 V;1Z:表示 1 组转换触点;2:防尘罩式(1:塑封式);1 纯银镀金触点(2:纯银触点)。

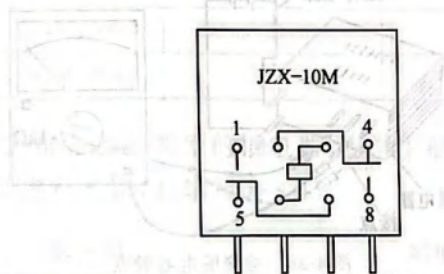


图 4-35 继电器的示意引出端

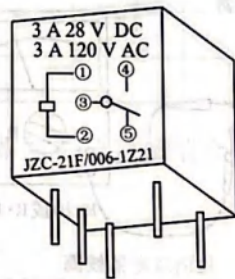


图 4-36 继电器标识

2. 继电器的选用

各继电器生产厂家产品型号、规格、性能各不相同,新结构、高性能、高可靠的继电器也不断推出。合理选择、正确使用继电器,将直接关系到产品整机的性能和可靠性。

使用继电器时必须对继电器的应用环境做详细的了解和分析,重点从外形及安装方式、安装尺寸、输入参量、输出参量、环境条件、安全要求、可靠性要求等方面进行了解。一般可按如下步骤进行选择:

(1) 首先必须了解继电器的工作条件:控制电路的电源电压,能提供的最大电流;被控电路中的电压和电流;被控对象的数量、合适的触点。

选用继电器时,一般控制电路的电源电压作为选用的首要依据,控制电路应给继电器提供足够的工作电流,否则继电器不能吸合或者吸合不稳定。

(2) 确定使用条件后, 查阅继电器的厂家相关资料, 根据参数确定选用的继电器型号和规格。

(3) 注意继电器的外形和尺寸与设备安装环境空间是否匹配, 还要考虑电路板安装布局是否符合设计要求。

另外, 在选用继电器时, 对被控对象(负载)也要给予充分的考虑, 不同的被控对象(负载)对继电器的要求也不同。常见负载主要有白炽灯、电机负载、感性负载、容性负载、直流负载、低电平负载等。

4.2.4 任务准备

1. 继电器检测

(1) 电磁式继电器检测

① 检测继电器线圈

继电器可以用万用表进行检测。将万用表置于“ $R \times 10$ ”挡或“ $R \times 100$ ”挡, 两表笔(不分正、负)接继电器线圈的两引脚, 万用表指示应与该继电器的线圈电阻基本相符, 如图 4-37 所示。如阻值明显偏小, 说明线圈内部局部短路; 如阻值为 0, 说明两线圈引脚间短路; 如阻值为无穷大, 说明线圈已断路。以上三种情况均说明该继电器已损坏。

② 检测继电器触点

给继电器线圈接上规定的工作电压, 用万用表“ $R \times 1k$ ”挡检测触点的通断情况, 如图 4-38 所示。

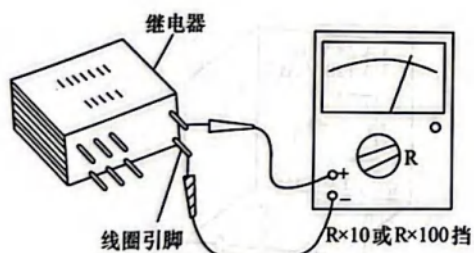


图 4-37 检测继电器线圈

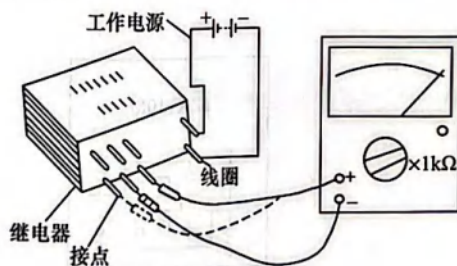


图 4-38 检测继电器触点

未加上工作电压时, 常开触点应不通, 常闭触点应导通。

当加上工作电压时, 应能听到继电器吸合声(喀哒声), 这时, 常开触点被接通, 常闭触点被断开, 控制电压切断时, 继电器恢复静态, 否则说明继电器损坏。对于多组触点继电器, 如果部分触点损坏, 其余触点工作正常, 则可有选择地使用。

(2) 干簧管的检测

① 静态检测, 如图 4-39 所示, 应该是开路状态。

② 工作状态检测, 当磁铁靠近到一定程度, 万用表指针指零时, 干簧管的两个触点接通, 说明干簧管正常, 如图 4-40 所示。也可给干簧管的控制线圈加上规定的控制电压, 若触点接通, 说明干簧管是好的。

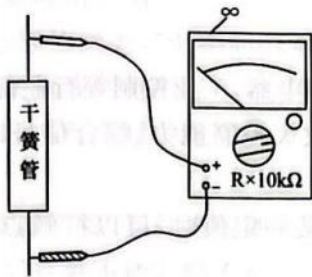


图 4-39 干簧管静态检测

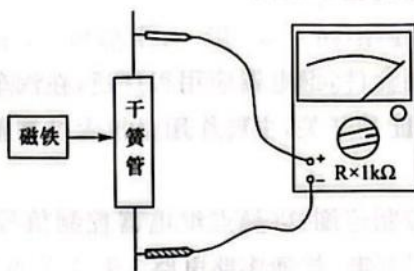


图 4-40 干簧管动态检测

2. 继电器检测实训

(1) 网络查询相关资料, 填写表 4-10。

表 4-10 继电器各型号参数

继电器型号	输入电压	输入电流	接通电流	输出电压范围	输出电流	输出接通电阻	名称
JGC-2M							
JGC-6M							
JGX-36M							
JGX-32F							
JG-27F							
JG-31F							
JGW-3002							
JGW-3006							

(2) 准备各种类型的继电器, 由学生根据继电器的基础知识结合网络上查询, 对各种继电器进行判别, 并填写表 4-11。

表 4-11 继电器判别表

序号	继电器标识	功率或类型	外形	封装形式	其他说明
1					
2					

(3) 继电器的测量

准备各种类型的继电器, 用万用表检测其性能, 填入表 4-12。

表 4-12 继电器测量值

序号	检测继电器线圈电阻		检测继电器触点电阻		继电器性能状况说明
	线圈标称电阻	实测线圈电阻	未加上工作电压	加上工作电压	
1					
2					

3. 继电器的基本应用

(1) 主要作用

作为控制元件,继电器应用很广泛,在汽车、家用电器、工业控制等行业都有大量的应用,其基本功能是开关,主要作用是扩大控制范围、放大控制能力、综合信号以及自动、遥控、监测等。

①扩大控制范围:多触点继电器控制信号达到某一定值时,可以按触点组的不同形式,同时换接、开断、接通多路电路。

②放大:灵敏型继电器、中间继电器等,用一个很微小的控制量,可以控制很大功率的电路。

③综合信号:当多个控制信号按规定的形式输入多绕组继电器时,经过综合比较,达到预定的控制效果。

④自动、遥控、监测:自动装置上的继电器与其他电器一起,可以组成程序控制电路,从而实现自动化运行。

a. 间接控制

如图 4-41 所示为继电器用于声控电灯开关电路,这是弱电控制强电的典型例子。当拾音元件(麦克)BM 接收到声音信号时,经放大后使继电器 K 吸合,其触点 K-1 接通,照明灯 EL 点亮。

b. 隔离控制

如图 4-42 所示为继电器用于扬声器保护电路,这是隔离控制的典型例子。功率放大器的 L 声道或 R 声道的输出端如果出现直流电流,扬声器保护电路检测到这个直流电流时,便控制继电器动作,使 K 吸合,其触点 K-1 和 K-2(均为常闭触点)断开,切断了功放输出端与扬声器的连接,保护了扬声器免于被烧毁。采用继电器控制扬声器的通断,使保护电路与音频电路完全隔离,确保扬声器的安全。

c. 保护二极管

由于继电器线圈实质上是一个大电感,为避免驱动继电器的晶体管被损坏,实际使用中应在继电器线圈两端并联接入保护二极管,如图 4-43 所示。当开关管 VT 关断的瞬间,继电器 K 线圈产生的反向高压可以通过保护二极管 VD 泄放,保护了开关管 VT 不会被反向高压所击穿。

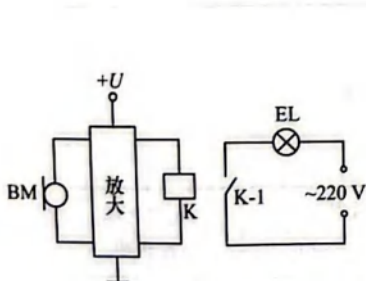


图 4-41 间接控制

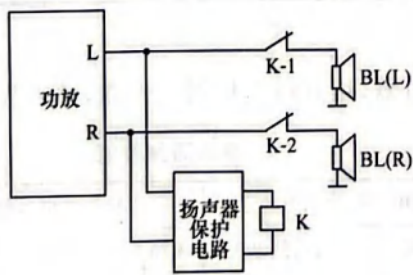


图 4-42 隔离控制

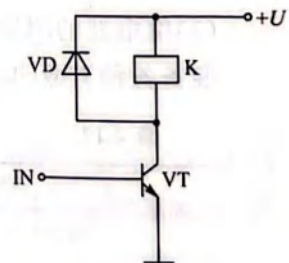


图 4-43 保护二极管

(2) 继电器应用实例

继电器远程控制电灯电路如图 4-44 所示,在电路中,一组 12 V 的电池,经过两条很短的电线(每条电线的电阻极小,忽略不计)来点亮一只 12 V/25 W 的灯泡(所需电流约为 2 A)。若灯泡点亮时的电阻为 $6\ \Omega$,则通过灯泡的电流为 $I=12\ \text{V}/6\ \Omega=2\ \text{A}$,灯泡发光。

如果因实际需要,把灯泡装到离开关很远的地方,则电线需要加长,电线的电阻也相应增大了许多,这就不能忽略不计了。假定每条电线上电阻增加到 $60\ \Omega$,那么经过的电灯电流变化为 $I=12\ \text{V}/(60\ \Omega+60\ \Omega+6\ \Omega)=0.1\ \text{A}$,结果因为电流太小导致电灯不亮。

如何使电灯亮起来呢?如果用提高电源电压(例如 12 V 提升到 252 V)的办法,让通过灯泡的电流达到 2 A 也能发光,如图 4-45 所示。因为 252 V 电压中,线路上的压降有 240 V,而灯端电压只有 12 V。这样直接控制的方法,除了不经济外,更有不安全因素存在。但利用继电器可以合理地解决此类远距离控制的问题,具体电路如图 4-46 所示,电路元件及参数的选择可由学生自己查资料并计算。

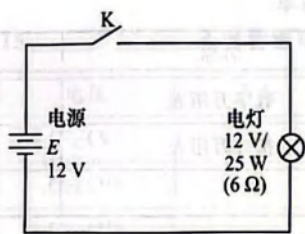


图 4-44 电灯开关电路

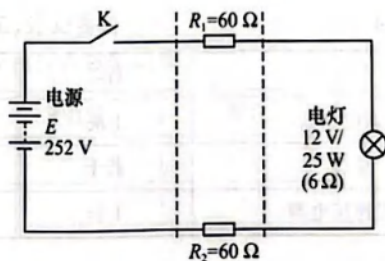


图 4-45 远程开关电路

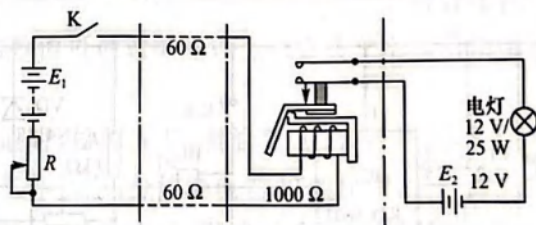


图 4-46 继电器远程控制应用电路

提示:实训操作由指导教师讲解,并与学生一起算出电路中元件的参数。因有 220 V 的交流电压,操作时需要小心谨慎,在保证安全的前提下,由教师和学生一起完成,或者含有交流电的部分不去验证。

4.2.5 任务实施

1. 任务目标

- (1) 掌握继电器、干簧管的检测方法及相关应用电路。
- (2) 提高较为复杂的应用电路组建、检测和调试能力。
- (3) 巩固集成电路与分立元件电路组建的基本技能,进一步熟悉语音集成电路及三极管的应用。

2. 工具材料清单(见表 4-13、表 4-14)

表 4-13 元器件表

序号	名称	参数 (参考值)	数量 (参考)	序号	名称	参数 (参考值)	数量 (参考)
1	电阻器	20 kΩ	1	10	三极管	9012	1
2	电阻器	6.8 kΩ	1	11	三极管	9013	3
3	电阻器	1 kΩ	1	12	三极管	3DG130B	2
4	电阻器	68 kΩ	1	13	二极管	1N4148	1
5	电阻器	100 Ω	1	14	扬声器	8 Ω/0.25 W	1
6	电阻器	3 kΩ	1	15	语音集成电路	KD-5603	1
7	可调电阻	2.2 kΩ	1	16	干簧管		1
8	电解电容器	10 μF/16 V	1	17	继电器	JRC-DC3V	1
9	电解电容器	100 μF/16 V	1				

表 4-14 仪器仪表、工具清单

名称	数量	名称	数量
实训电路板	1 块	数字万用表	1 块
导线	若干	指针万用表	1 块
直流稳压电源	1 台		

3. 任务内容与要求

(1) 实训参考电路(图 4-47)

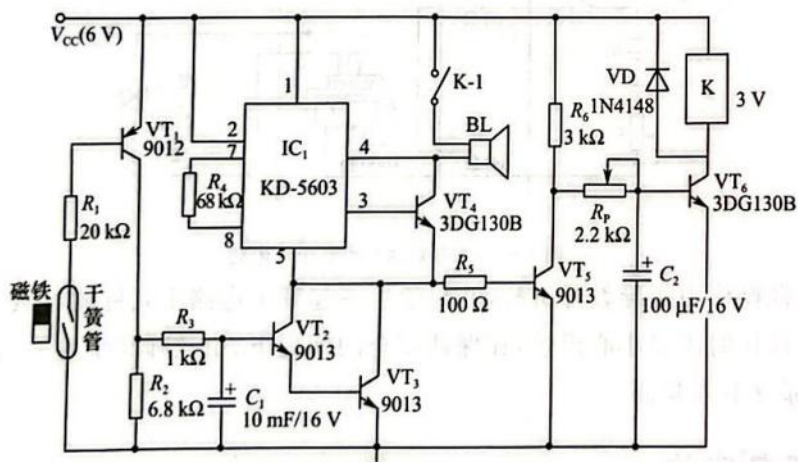


图 4-47 继电器实际应用电路

图 4-47 中, R_5 给三极管 VT_5 提供反向偏置, 使 U_{be5} 小于 0.6 V, 三极管截止, 集电极输出高电平, 使得三极管 VT_6 导通, 继电器 K 吸合, 扬声器的 K-1 断开, 扬声器不再发出声音。

电阻 R_6 、可变电阻器 R_P 、电容 C_2 为延迟电路, 调整扬声器的发声时间。二极管 VD 为续流二极管, 为继电器断电瞬间产生反向自感电动势提供放电回路, 保护三极管 VT_6 。

(2) 元件检测

① 检测继电器(要求识别型号,画出继电器示意引脚图,标出端子序号,对标识进行说明);

② 检测三极管(要求识别型号,确定引脚极性、放电能力,记录参数);

③ 检测电位器(要求识别标称阻值,检测动端与电阻的接触是否良好,记录参数);

④ 检测电解电容器(要求识别标识、耐压,检测正、反向漏电阻,记录参数)。

(3) 电路制作与调试

按照图 4-47 连接装配电路。

① 电路连接完毕后,用磁铁接近干簧管,使干簧管接通,此时,扬声器发声,一段时间以后(1~30 s)扬声器将停止发声。此时检测 VT_1 、复合管 VT_2 与 VT_3 、 VT_5 、 VT_6 的 U_{BE} 和 U_{CE} ,数据填入实训数据记录表(表 4-15)。

② 将磁铁撤离干簧管,使干簧管断开,扬声器不发声,此时检测 VT_1 、复合管 VT_2 与 VT_3 、 VT_5 、 VT_6 的 U_{BE} 和 U_{CE} ,数据填入实训数据记录表(表 4-15)。

③ 调整可变电阻器 R_P ,观察扬声器发声时间的变化情况。

表 4-15 干簧管继电器应用实训数据记录表

偏置	电压	VT_1	复合管	VT_5	VT_6
干簧管 接通时	$U_{BE}(V)$				
	$U_{CE}(V)$				
干簧管 断开时	$U_{BE}(V)$				
	$U_{CE}(V)$				

说明: U_{BE} 和 U_{CE} 的数值可通过测量该三极管各个电极对地电压计算获得。

4. 数据分析总结

(1) 根据干簧管接通时,检测 VT_1 、复合管 VT_2 与 VT_3 、 VT_5 、 VT_6 的 U_{BE} 和 U_{CE} 的电压,分析各个三极管的工作状态;分析继电器 K 的作用。

(2) 根据干簧管断开时,检测 VT_1 、复合管 VT_2 与 VT_3 、 VT_5 、 VT_6 的 U_{BE} 和 U_{CE} 的电压,分析各个三极管的工作状态。

任务 3 发光器件的识别、检测及应用

4.3.1 任务目标

【知识目标】

- 了解常见发光器件的种类、基本结构、基本工作原理、主要参数。
- 掌握常见发光器件的电路符号、主要特点和应用领域。

【技能目标】

- 正确识别和检测常见发光器件。