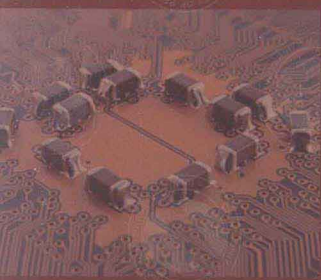


高等学校电工电子类系列教材



数字电路 逻辑设计与实训

DIGITAL CIRCUIT LOGIC DESIGN & TRAINING

主编 / 李虹 石学文



中国石油大学出版社

高等学校电工电子类系列教材

数字电路逻辑 设计与实训

主 编：李 虹 石学文

副主编：崔明辉

中国石油大学出版社

内 容 提 要

本书是“数字电子技术基础”课程的实验课教材,目的在于将数字电子技术的理论教学与培养学生的实践动手能力有机地结合起来。在本书的编写过程中力求在讲清基本概念的基础上,结合实际,强化训练,突出适应性、实用性,体现趣味性,培养和提高学生的工程设计能力与实际应用能力。

全书共分为5章。第1章介绍电子技术实验基础知识及技术,第2章介绍数字逻辑电路基础型实训,第3章介绍数字逻辑电路综合型实训,第4章介绍数字逻辑电路设计型实训,第5章介绍 Multisim 电子电路仿真分析和设计。

本书适用于高等学校本科电子类、电气类、计算机类、通信类、自动化类专业,也可作为工科其他专业的实践教学教材,还可供从事电子技术的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

数字电路逻辑设计与实训/李虹,石学文主编. —
东营:中国石油大学出版社,2010.7
ISBN 978-7-5636-3150-6

I. ①数… II. ①李… ②石… III. ① 数字电路—逻辑设计—高等学校—教材 IV. ①TN79

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 118043 号

数字电路逻辑设计与实训

主 编:李 虹 石学文
责任编辑:魏 瑾

出 版 者:中国石油大学出版社(山东 东营,邮编 257061)
网 址:<http://www.uppbook.com.cn>
电子信箱:cbs2006@163.com
印 刷 者:沂南县汇丰印刷有限公司
发 行 者:中国石油大学出版社(电话 0546—8391810)
开 本:185×260 印张:10 字数:256 千字
版 次:2010 年 7 月第 1 版第 1 次印刷
定 价:17.80 元

版权专有,翻印必究。举报电话:0546—8391810

本书封面覆有带中国石油大学出版社标志的激光防伪膜。

本书封面贴有带中国石油大学出版社标志的电码防伪标签,无标签者不得销售。

前言 Preface

本书是“数字电子技术基础”课程的实验课教材,目的在于将数字电子技术的理论教学与培养学生的实践动手能力有机地结合起来。在本书的编写过程中力求在讲清基本概念的基础上,结合实际,强化训练,突出适应性、实用性,体现趣味性,培养和提高学生的工程设计能力与实际应用能力。

本书从基本实验入手,逐步引入综合型和设计型实训以及 Multisim 仿真,步步深入,培养兴趣,逐渐使学生通过自学或在教师的适当指导下,均可以独立完成设计、安装、调试的全部过程。

全书共分为 5 章。第 1 章是电子技术实训基础知识及技术,对数字电子技术实验的常识做了简要介绍。第 2 章是数字逻辑电路基础型实训,介绍了数字电子技术中的基本实验和基本测试方法,并对常用电路进行了典型分析,注重各种集成芯片的应用。第 3 章是数字逻辑电路综合型实训,介绍了一些有趣的数字小系统实验,目的在于使学生提高综合应用理论知识的能力,掌握电子电路的一般设计方法,进一步培养对电路设计的兴趣。第 4 章是数字逻辑电路设计型实训,主要通过一些实际的课题,培养学生独立设计、安装、调试电子产品的能力。第 5 章是 Multisim 电子电路仿真分析和设计,通过本章学习使学生熟悉 Multisim 软件的使用方法。

在学习本教材过程中,对学生的具体要求是:

- (1) 能读懂基本电路图,具备分析电路功能及作用的能力。
- (2) 具备设计、安装和调试常规电路的能力。
- (3) 会查阅和利用技术资料,具备根据实际情况合理选用元器件来构成系统电路的能力。
- (4) 具备分析和排除一般电路故障的能力,能够独立分析和解决实验中遇到的问题。
- (5) 能够独立进行实验,包括独立拟定实验步骤,熟悉常用电子测量仪器的选择,熟练使用各种仪器仪表,掌握正确的电量测试方法,正确记录和分析实验数据等。
- (6) 能够独立写出严谨、实事求是、理论分析与调试分析兼具、有一定独立见解、文字通顺且字迹端正的实验报告。

本书由青岛理工大学李虹教授和曲阜师范大学石学文教授担任主编,青岛理工大学崔明辉老师担任副主编。第 1、2 章由石学文编写,第 3、4、5 章由李虹、崔明辉编写。全书由李虹教授负责统稿。

因编者水平所限,书中错误在所难免,恳请广大师生及读者批评指正。

编者

2010 年 7 月

目 录 Contents

第1章 数字电路实训基础知识	1	3.3 数字频率计	65
1.1 实训常用设备和工具的介绍	1	3.4 省电防骚扰门铃	70
1.1.1 数字万用表	1	3.5 拔河游戏机	72
1.1.2 示波器	2	3.6 电子秒表	75
1.1.3 函数信号发生器	5	第4章 数字逻辑电路设计型实训	80
1.1.4 交流毫伏表	7	4.1 体温监测报警器	80
1.1.5 电烙铁	8	4.2 身高范围检测电路	82
1.2 数字逻辑电路的设计、安装调试及 常用的故障排除方法	15	4.3 水位控制及报警电路	85
1.2.1 电子电路设计的基本步骤	15	4.4 密码锁电路	87
1.2.2 电子电路的组装	15	4.5 交通灯控制电路	89
1.2.3 电路调试的一般方法	16	4.6 投币电话时间控制器	92
1.2.4 常用的故障排除方法	17	4.7 可设置多种模式的间歇控制器	97
第2章 数字逻辑电路基础型实训	19	4.8 步进电机控制电路	100
2.1 基本门电路逻辑功能与参数测试	19	第5章 Multisim 电子电路仿真分析和 设计	103
2.2 译码器/数据分配器功能的测试及 应用	25	5.1 Multisim 8 使用简介	103
2.3 数据选择器功能测试及其应用	30	5.2 Multisim 8 的基本操作界面	105
2.4 通用加法器功能测试及其应用	34	5.2.1 Multisim 的主窗口界面	105
2.5 触发器及其应用	36	5.2.2 菜单栏	105
2.6 计数器及其应用	41	5.2.3 工具栏	114
2.7 移位寄存器及其应用	45	5.3 Multisim 操作入门	115
2.8 单稳态触发器与施密特触发器及其 应用	50	5.3.1 Multisim 8 对元器件的管理	115
2.9 555 时基电路及其应用	54	5.3.2 原理图的绘制	116
第3章 数字逻辑电路综合型实训	59	5.3.3 操作步骤	117
3.1 智力竞赛抢答器	59	5.4 虚拟仪器及其使用	119
3.2 D/A、A/D 转换器及其应用	61	5.5 数字电路仿真型实训	121
		5.5.1 555 时基电路仿真	121

5.5.2 半加器、全加器的分析与设计	125	附录 A 色环电阻的识别方法	138
5.5.3 组合逻辑电路设计	128	附录 B 常用逻辑门电路逻辑符号对照表	141
5.5.4 4 选 1 数据选择器功能的测试与应用	131	附录 C 常用集成电路引脚图	143
5.5.5 触发器功能的测试与应用 ...	133	附录 D 常用集成电路与集成运放索引	147
5.5.6 计数器功能的测试与应用 ...	135	参考文献	149

第1章 数字电路实训基础知识

1.1 实训常用设备和工具的介绍

1.1.1 数字万用表

1. 数字万用表使用简介

数字万用表是一种多用途、多量程的测量仪表。普通的数字万用表能测量直流电流、直流电压、交流电流、交流电压、电阻、电容,以及判断二极管的极性。数字万用表主要由大屏幕液晶显示器、测量线路和转换开关组成。

数字万用表通过测量线路将被测的模拟量(电压或电流)经过模/数转换电路(A/D 转换电路)转换为数字量,并通过 LCD 数码显示器显示出来(关于模/数转换的概念,将在“数字电子技术基础”课程中涉及)。显示器一般采用 3 位半数码显示。数字万用表的测量线路实质上是由多量程直流电流表、多量程直流电压表、多量程整流式交流电压表,以及多量程欧姆表等几种线路组合而成的。测量线路中的元件绝大部分是各种类型和各种数值的电阻元件,如碳膜电阻、电位器等。在测量交流电压的线路中还有整流元件。数字万用表中各种测量种类及量程的选择是靠转换开关来实现的。转换开关里面有固定接触点和活动接触点,当固定接触点和活动接触点闭合时可以接通电路。活动接触点通常称为刀,固定接触点通常称为掷。万用表中所用的转换开关往往都是特别的,通常有多个刀和几十个掷,各刀之间同步联动,旋转刀的位置可以使某些活动接触点与固定接触点闭合,从而相应地接通所要求的测量线路。

2. 数字万用表使用注意事项

(1) 在任何一次测量之前,必须检查转换开关所指的挡位与被测对象是否符合要求。在旋转转换开关之前,万用表的表笔务必与被测元件(或被测对象)脱离。

(2) 测量元件电阻值时,被测对象不能带电。

(3) 绝对不能用万用表的电阻挡和电流挡去测量电压,否则万用表会立即损坏。

(4) 测量电压时,务必将红表笔插入“V/Q”插孔,先将转换开关旋至直流电压挡或交流电压挡,然后选择合适的量程,将万用表与被测对象并联进行测量。

(5) 测量电流时,务必将红表笔插入“mA”或者“A”插孔,先将转换开关旋至直流电流挡或交流电流挡,然后选择合适的量程,将万用表与被测对象串联进行测量。

(6) 测量时,如果显示器左侧单独显示“1”,表明量程不够,应将量程加大。

(7) 数字万用表没有手动调零装置,一般都是自动调零。由于种种原因,测量时往往不能完全调到零位,总有一些微小的偏差。因此,可根据具体情况将显示器的读数减去这个微小的偏差。

(8) 通常数字万用表在测量时会自动给出被测量的单位。但是某些型号的数字万用表,可能不显示被测对象的单位,此时可根据选择的量程来判断被测对象的单位。没有给出单位的量程,均默认采用基本单位,如欧姆(Ω)、伏(V)、安(A)等。其他量程的单位有千欧(k Ω)、兆欧(M Ω)、微安(μ A)、毫安(mA)、毫伏(mV)、微法(μ F)等。

(9) 显示器的示值均为直读,不必乘以任何倍率。表盘上的各量程的标注,仅表示该量程的测量范围。通常,3位半的数字万用表,各量程的设置均为2的整倍数。

(10) 在进行测量时,一定要搞清楚被测对象是直流还是交流。若用直流挡去测量一个交流量或者用交流挡去测量一个直流量,显示器上都无法显示出正确的示值。

1.1.2 示波器

示波器是一种用途十分广泛的电子测量仪器。它能把肉眼看不见的电信号变换成看得见的图像,便于人们研究各种电现象的变化过程。利用示波器能观察各种不同信号幅度随时间变化的波形曲线,还可以用它测试各种不同的电量,如电压、电流、频率、相位差、调幅度等等。

1. 示波器的工作原理

1) 示波器的组成

普通示波器有五个基本组成部分:显示电路、垂直(Y轴)放大电路、水平(X轴)放大电路、扫描与同步电路、电源供给电路。普通示波器的原理功能方框图如图1-1所示。

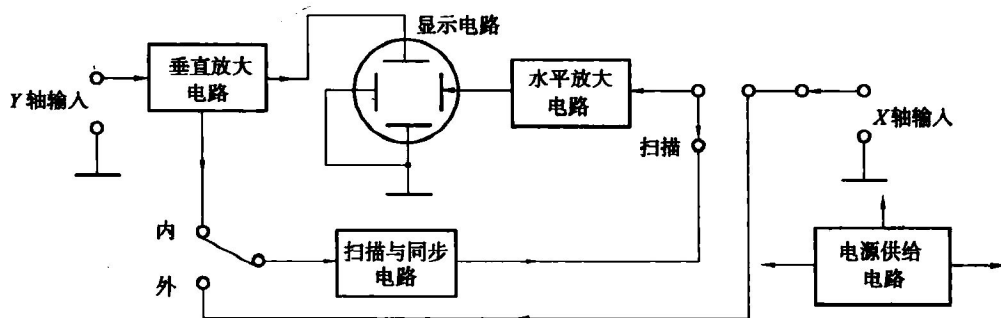


图 1-1 示波器的原理功能方框图

(1) 显示电路

显示电路包括示波管及其控制电路两个部分。示波管是一种特殊的电子管,是示波器的一个重要组成部分。示波管的基本原理图如图1-2所示。由图可见,示波管由电子枪、偏转系统和荧光屏3个部分组成。电子枪用于产生并形成高速、聚束的电子流,去轰击荧光屏使之发光。示波管的偏转系统大都是静电偏转式,它由两对相互垂直的平行金属板组成,称为水平偏转板和垂直偏转板,分别控制电子束在水平方向和垂直方向的运动。荧光屏位于示波管的终端,它的作用是将偏转后的电子束显示出来,以便观察。

(2) 垂直(Y轴)放大电路

由于示波管垂直方向的偏转灵敏度甚低,所以一般的被测信号电压都要先经过垂直放大电路的放大,再到示波管的垂直偏转板上,以得到垂直方向的适当大小的图形。

(3) 水平(X轴)放大电路

由于示波管水平方向的偏转灵敏度也很低,所以接入示波管水平偏转板的电压(锯齿波电压或其他电压)也要先经过水平放大电路的放大以后,再加入到示波管的水平偏转板上,以得到水平方向适当大小的图形。

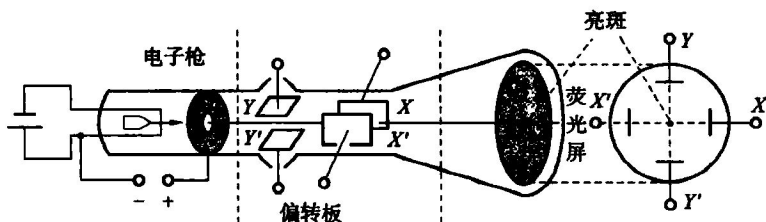


图 1-2 示波管的原理图

(4) 扫描与同步电路

扫描电路产生一个锯齿波电压。该锯齿波电压的频率能在一定的范围内连续可调。锯齿波电压的作用是使示波管阴极发出的电子束在荧光屏上形成周期性的、与时间成正比的水平位移,即形成时间基线。这样,才能把加在垂直方向的被测信号按时间变化的波形展现在荧光屏上。

(5) 电源供给电路

电源供给电路提供垂直与水平放大电路、扫描与同步电路以及示波管与控制电路所需的负高压、灯丝电压等。

2) 波形显示的基本原理

在示波器的荧光屏内壁涂有一层发光物质,因而,荧光屏上受到高速电子冲击的地方就显现出荧光。此时光点的亮度决定于电子束的数目、密度及其速度。改变控制极的电压时,电子束中电子的数目将随之改变,光点亮度也就改变。由图 1-2 可知,一个直流电压加到一对偏转板上时,将使光点在荧光屏上产生一个固定位移,该位移的大小与所加直流电压成正比。如果分别将两个直流电压同时加到垂直和水平两对偏转板上,则荧光屏上的光点位置就由两个方向的位移所共同决定。如果将一个正弦交流电压加到一对偏转板上时,光点在荧光屏上将随电压的变化而移动。

2. 示波器的使用方法

示波器虽然种类很多,各类又有许多种型号,但是一般的示波器除频带宽度、输入灵敏度等不完全相同外,在使用方法等基本方面都是相同的。示波器初次使用前或久藏复用时,有必要进行一次能否工作的简单检查和进行扫描电路稳定度、垂直放大电路直流平衡的调整。示波器在进行电压和时间的定量测试时,还必须进行垂直放大电路增益和水平扫描速度的校准。鉴于示波器是工科学生熟悉的器件,其使用方法在此不做详细介绍,现着重指出下列几点。

(1) 将示波器 Y 轴显示方式置“Y₁”或“Y₂”,输入耦合方式置 GND 挡,开机预热后,若在显示屏上不出现光点和扫描基线,可按下列操作找到扫描线:

① 适当调节亮度旋钮;② 触发方式开关置自动挡;③ 适当调节垂直(↕)、水平(⇌)位移旋钮,使扫描光迹位于屏幕中央(若示波器设有寻迹按键,可按下寻迹按键,判断光迹偏移基线的方向)。

(2) 双踪示波器一般有五种显示方式,即“ Y_1 ”、“ Y_2 ”、“ $Y_1 + Y_2$ ”三种单踪显示方式和交替、断续两种双踪显示方式。交替显示一般适宜于输入信号频率较高时使用,断续显示一般适宜于输入信号频率较低时使用。

(3) 为了显示稳定的被测信号波形,触发源选择开关一般选为内触发,使扫描触发信号取自示波器内部的“Y”通道。

(4) 触发方式开关通常先置于自动挡,调出波形后,若显示的波形不稳定,可置触发方式开关于常态挡,通过调节触发电平旋钮找到合适的触发电压,使被测试的波形稳定地显示在示波器屏幕上。

有时,由于选择了较慢的扫描速率,显示屏上将会出现闪烁的光迹,但被测信号的波形不在 X 轴方向左右移动,这样的现象仍属于稳定显示。

(5) 适当调节扫描速率开关及 Y 轴灵敏度开关使屏幕上显示一到两个周期的被测信号波形。在测量幅值时,应注意将 Y 轴灵敏度微调旋钮置于校准位置,即顺时针旋到底,且听到关的声音;在测量周期时,应注意将 X 轴扫速微调旋钮置于校准位置,即顺时针旋到底,且听到关的声音,还要注意扩展旋钮的位置。

根据被测波形在屏幕坐标刻度上垂直方向所占的格数(div)与 Y 轴灵敏度开关指示值(V/div)的乘积,即可算得信号幅值的实测值。

根据被测信号波形的一个周期在屏幕坐标刻度水平方向所占的格数(div)与扫速开关指示值(s/div)的乘积,即可算得信号频率的实测值。

3. 示波器使用不当造成的异常现象及其原因分析

由于操作者对于示波器原理不甚理解或对示波器面板控制装置的作用不熟悉,往往会导致示波器在调节过程中出现异常现象。常见异常现象及可能原因如下。

(1) 没有光点或波形

可能原因:电源未接通;亮度旋钮未调节好;X、Y 轴移位旋钮位置调偏;Y 轴平衡电位器调整不当,造成直流放大电路严重失衡。

(2) 水平方向展不开

可能原因:触发源选择开关置于外挡,而无外触发信号输入,则无锯齿波产生;电平旋钮调节不当;稳定度电位器没有调整在使扫描电路处于待触发的临界状态;X 轴选择误置于“X 外接”位置,而外接插座上又无信号输入;双踪示波器如果只使用 A 通道(B 通道无输入信号),而内触发开关置于“拉 YB”位置,则无锯齿波产生。

(3) 垂直方向无展示

可能原因:输入耦合方式“DC-GND-AC”开关误置于“GND”挡;输入端的高、低电位端与被测电路的高、低电位端接反;输入信号较小,而“V/DIV”误置于低灵敏度挡。

(4) 波形不稳定

可能原因:稳定度电位器顺时针旋转过度,致使扫描电路处于自激扫描状态(未处于待触发的临界状态);触发耦合方式“AC”、“AC(H)”、“DC”开关未能按照不同触发信号频率正确选择相应挡级;选择高频触发状态时,触发源选择开关误置于外挡(应置于内挡);部分示波器扫描处于自动挡(连续扫描)时,波形不稳定。

(5) 垂直线条密集或呈现一矩形

可能原因:“T/DIV”开关选择不当,致使 $f_{\text{扫描}} \ll f_{\text{信号}}$ 。

(6) 水平线条密集或呈一条倾斜水平线

可能原因：“T/DIV”开关选择不当，致使 $f_{扫描} \gg f_{信号}$ 。

(7) 垂直方向的电压读数不准

可能原因：未进行垂直方向的偏转灵敏度（“V/DIV”）校准；进行“V/DIV”校准时，“V/DIV”微调旋钮未置于“校正”位置（即顺时针方向未旋足）；进行测试时，“V/DIV”微调旋钮调离了校正位置（即调离了顺时针方向旋足的位置）；使用 10 : 1 衰减探头，计算电压时未乘以 10 倍；被测信号频率超过示波器的最高使用频率，示波器读数比实际值偏小。

(8) 水平方向的读数不准

可能原因：未进行水平方向的偏转灵敏度（“T/DIV”）校准；进行“T/DIV”校准时，“T/DIV”微调旋钮未置于“校准”位置（即顺时针方向未旋足）；进行测试时，“T/DIV”微调旋钮调离了校正位置（即调离了顺时针方向旋足的位置）；扫速扩展开关置于“拉×10”位置时，测试时未按“T/DIV”开关指示值提高灵敏度 10 倍计算。

(9) 交直流叠加信号的直流电压值分辨不清

可能原因：Y 轴输入耦合选择“DC-GND-AC”开关误置于“AC”挡（应置于“DC”挡）；测试前未将“DC-GND-AC”开关置于“GND”挡进行直流电平参考点校正；Y 轴平衡电位器未调整好。

(10) 测不出两个信号间的相位差（波形显示法）

可能原因：双踪示波器误把内触发开关置于常态位置，应把该开关置于“拉 YB”位置；双踪示波器没有正确选择显示方式开关的交替和断续挡；单线示波器触发选择开关误置于内挡；单线示波器触发选择开关虽置于外挡，但两次外触发未采用同一信号。

(11) 调幅波形失常

可能原因：“T/DIV”开关选择不当，扫描频率误按调幅波载波频率选择（应按音频调幅信号频率选择）。

(12) 波形调不到要求的起始时间和部位

可能原因：稳定度电位器未调整在待触发的临界触发点上；触发极性与触发电平极性（+、-）配合不当；触发方式开关误置于自动挡（应置于常态挡）。

4. 示波器使用注意事项

(1) 为了仪器操作人员的安全和仪器安全，仪器应在安全范围内正常工作，以保证测量波形准确、数据可靠、降低外界噪声干扰；通用示波器通过调节亮度和聚焦旋钮使光点直径最小以使波形清晰，减小测试误差；不要使光点停留在一点不动，否则电子束轰击一点宜在荧光屏上形成暗斑，损坏荧光屏。在观察荧光屏上的亮斑并进行调节时，亮斑的亮度要适中，不能过亮。

(2) Y 轴输入的电压不可太高，以免损坏仪器。Y 轴输入的导线悬空时，受外界电磁干扰会出现干扰波形，应避免出现这种现象。

(3) 通用示波器的外壳、信号输入端 BNC 插座金属外圈、探头接地线、AC 220 V 电源插座接地线端都是相通的。如仪器使用时不接大地线，直接用探头对浮地信号测量，则仪器相对大地会产生电位差；电压值等于探头接地线接触被测设备点与大地之间的电位差。这将对仪器操作人员、示波器、被测电子设备带来严重危险。

(4) 一般要避免频繁开机、关机。如果发现波形受外界干扰，可将示波器外壳接地。

1.1.3 函数信号发生器

函数信号发生器按需要输出正弦波、方波、三角波三种信号波形。通过输出衰减开关和输

出幅度调节旋钮,可使输出电压在毫伏级到伏级范围内连续调节。函数信号发生器的输出信号频率可以通过频率分挡开关进行调节。

1. 函数信号发生器的结构原理

用分立元件与集成运算放大器组成的函数信号发生器,其外围元件多,电路较为复杂,实验过程中不易调试。因此,目前厂家生产的函数信号发生器大多采用函数信号发生器的集成电路,其外围再加上少量的电阻、电容即可获得所需的矩形波、三角波和正弦波函数信号。下面以通常采用的 ICL8038 集成电路为例说明之。

图 1-3 为 ICL8038 结构示意图,它由跟随器,高电压比较器,低电压比较器,触发器,反相器,集电极开路门,三角波变正弦波输出器,电流源 I_1 、 I_2 和电子开关 K 构成, C 为外接电容。ICL8038 的工作原理为:高电压比较器的阈值电压 $V_H = \frac{2}{3}(V_{CC} + V_{EE})$,低电压比较器的阈值电压 $V_L = \frac{1}{3}(V_{CC} + V_{EE})$ (以电源 V_{EE} 为参考电压端),它们分别在电容器 C 上的电压超过 V_H 或低于 V_L 时,比较器翻转,比较器的两种不同的输出状态用来控制触发器的工作状态。电流源 I_1 和 I_2 的大小通过外接电阻来调节。为保证电容器能线性放电,必须满足 $I_1 > I_2$ 。当触发器输出为低电平时,电子开关 K 断开,恒流源 I_1 给电容器 C 充电,电容器 C 上的电压 V_C 就随时间线性上升,当 V_C 值达到 V_H 时,高电压比较器输出跳变,使触发器输出高电平,电子开关 K 接通,电容器 C 按恒流源 $I_2 - I_1$ 放电,此时 V_C 随时间线性下降。当 V_C 降为 V_L 时,低电压比较器输出跳变,使触发器又变为低电平,电子开关 K 断开,而 I_1 重新向电容 C 充电,周期性地重复上述过程。如果使 $I_2 = 2I_1$,则触发器的输出为矩形波,经倒相器由集电极开路晶体管输出,电容器 C 上的三角波电压经跟随器输出,同时经过三角波-正弦波转换电路,得到正弦波输出。当电路参数给定时,输出矩形波和锯齿波可通过调节电流源 I_1 和 I_2 的大小来调节其波形的上升沿和下降沿。

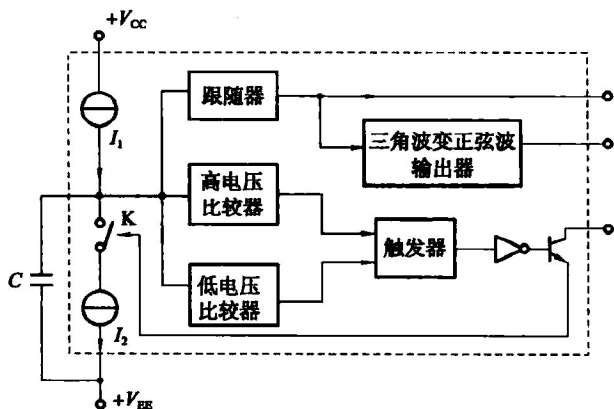


图 1-3 ICL8038 结构原理图

2. 函数信号发生器使用注意事项

- (1) 工作环境和电源应满足技术指标中给定的要求。
- (2) 初次使用本机或久储后再用,建议先放置通风干燥处几小时,再通电 1~2 小时后使用。
- (3) 为了获得高质量的小信号(mV 级),可暂将外测开关置外挡以降低数字信号的波形干扰。

- (4) 外测频时,请先选择高量程挡,然后根据测量值选择合适的量程,确保测量精度。
- (5) 电压幅度输出、TTL/CMOS 输出要尽可能避免长时间短路或电流倒灌。
- (6) 各输入端口的输入电压请不要超出 $\pm 35\text{ V}$ 。
- (7) 为了观察准确的函数波形,建议示波器带宽应高于该仪器上限频率的二倍。
- (8) 函数信号发生器作为信号源,它的输出端不允许短路。

1.1.4 交流毫伏表

交流毫伏表是一种用来测量微弱正弦电压有效值的电子仪表,具有测量信号的频率范围宽,输入阻抗高,灵敏度高,电压测量范围大等特点。

1. 交流毫伏表的工作原理

交流毫伏表的工作原理框图如图 1-4 所示。



图 1-4 交流毫伏表的工作原理框图

由图 1-4 知,在分压器前加阴极输出器和衰减器(只对大信号进行衰减),可以提高仪表的输入阻抗,同时分压器可以使最末级的指示仪表具有不同的量限。分压器取得很小的电压送到 RC 多级交流放大器中进行放大,所以该电子仪表的灵敏度很高,能够测量到毫伏级的电压信号。放大后的交流信号送至整流器,整流后的直流分量由表头显示出来。

2. 交流毫伏表的使用方法

- (1) 测量前请接通电源。
- (2) 刚开机时,机器处于 CH1 输入、自动量程、电压显示方式。用户可根据需要重新选择输入通道、测量方式和显示方式。如果采用手动测量方式,在加入被测电压前要选择合适的量程。
- (3) 两个通道的量程有记忆功能,因此如果输入信号没有变化,转换通道时不必重新设置量程。
- (4) 当机器处于手动测量方式时,在 INPUT 端接入被测电压后,应马上显示出被测电压数据;当机器处于自动测量方式时,在加入被测电压后需要几秒钟,显示的数据才会稳定下来。
- (5) 如果显示数据不闪烁,则 OVER 灯不亮表示机器工作正常,OVER 灯亮表示数据误差较大,用户可根据需要选择是否更换量程;如果显示数据闪烁,则表示被测量电压已超出当前量程的范围,必须更换量程。

3. 交流毫伏表使用注意事项

- (1) 打开电源开关后,数码管应当亮,数字表大约有几秒钟不规则的数据乱跳,这是正常现象。过几秒钟后应该稳定下来。
- (2) 输入短路时有大约 15 个字以下的噪声,这不会影响测试精度,不需调零。
- (3) 当机器处于手动转换量程状态时,请不要长时间使输入电压大于该量程所能测量的最大电压。
- (4) 对于指针仪表为了防止过载而损坏,测量前一般先把量程开关置于量程较大的位置上,然后在测量中逐挡减小量程。

1.1.5 电烙铁

1. 电烙铁的分类

电烙铁是手工焊的主要工具,合适地选择和合理地使用电烙铁,是保证焊接质量的基础。电烙铁种类有内热式、外热式、恒温式、吸锡式和温控式等。锡焊中,一般常用外热式和内热式电烙铁。

1) 外热式电烙铁

外热式电烙铁目前应用较为广泛,它由烙铁头、烙铁芯、外壳、手柄、电源线和电源插头等几部分组成,其结构外形如图 1-5(a)所示。由于发热的烙铁芯在烙铁头的外面,所以称为外热式电烙铁。外热式电烙铁对焊接大型和小型电子产品都很方便,因为它可以调整烙铁头的长短和形状,借此来掌握焊接温度。外热式电烙铁规格通常有 25 W、45 W、75 W、100 W 等。电烙铁功率越大,烙铁头的温度越高。

2) 内热式电烙铁

常见的内热式电烙铁由于烙铁芯安装在烙铁头里面,所以称为内热式电烙铁。内热式电烙铁的结构如图 1-5(b)所示。烙铁芯是将镍铬电阻丝缠绕在两层陶瓷管之间,再经过烧结制成的。通电后,镍铬电阻丝立即产生热量,由于它的发热元件在烙铁头内部,所以发热快,热量利用率高达 85%~90%,烙铁温度在 350℃左右。内热式电烙铁功率越大,烙铁头的温度越高。目前常用的内热式电烙铁有 20 W、50 W、70 W 等规格。

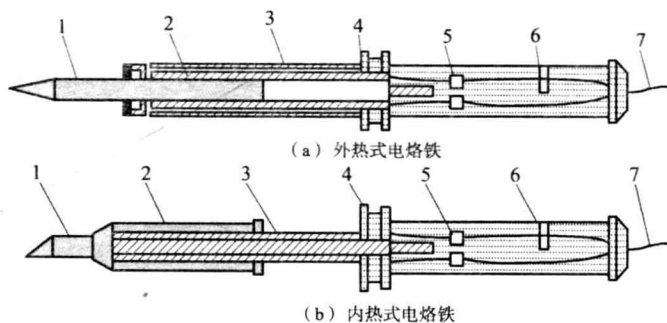


图 1-5 外、内热式电烙铁结构

1—烙铁头 2—烙铁芯 3—外壳 4—手柄 5—接线柱 6—固定螺钉 7—电源线

内热式电烙铁与外热式电烙铁比较,其优点是体积小、重量轻、升温快、耗电省和效率高。20 W 内热式电烙铁相当于 25~40 W 的外热式电烙铁的热量,因而得到普遍应用。其缺点是温度过高容易损坏印制电路板上的器件,特别是焊接集成电路时温度不能太高。又由于镍铬电阻丝细,所以烙铁芯很容易烧断。另外烙铁头不容易加工,更换不方便。图 1-6 和图 1-7 分别为外热式和内热式电烙铁的实际外形图。



图 1-6 外热式电烙铁实际外形图



图 1-7 内热式电烙铁实际外形图

为了适应不同焊接物的需要,在焊接时通常选用不同形状和体积的烙铁头。烙铁头的形状、大小及长度都对烙铁的温度、热性能有一定的影响。常用烙铁头的形状如图 1-8 所示。

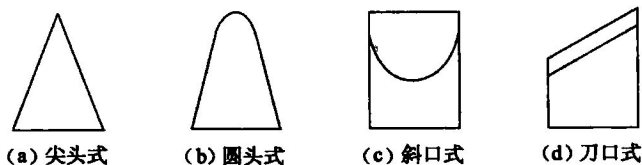


图 1-8 常用烙铁头形状

烙铁头的好坏是决定焊接质量和工作效率的重要因素。一般烙铁头由纯铜制成,其作用是存储和传导热量。它的温度必须比被焊接的材料熔点高。纯铜的浸润性和导热性非常好,但它最大的缺点是容易被焊锡腐蚀和氧化,使用寿命短。为了改善烙铁头的性能,可以对铜烙铁头实行电镀处理,常见的方式有镀镍和镀铁两种。

2. 锡焊材料

1) 焊料

焊接两种或两种以上金属面并使之成为一个整体的金属或合金称为焊料。电子电路中焊接主要使用的是锡铅合金焊料,称为焊锡。因其具备熔点低、机械强度高、表面张力小、导电性和抗氧化性好等优点,所以在焊接技术中得到了非常广泛的应用。

2) 助焊剂

助焊剂一般分为有机、无机和树脂三大类。电子装配中常用的是树脂类助焊剂。其中,松香为树脂类助焊剂,成为电子产品生产中专用型助焊剂。助焊剂主要用于除去工件表面的氧化膜,防止工件和焊料加热时氧化,增加焊料流动性和降低焊料表面张力,还能使焊点更加光亮、美观。

3) 阻焊剂

在焊接中,为了提高焊接质量,需要耐高温的阻焊涂料,将不需要焊接的部分保护起来,使焊料只在需要的焊点上进行焊接,这种阻焊涂料称为阻焊剂。阻焊剂的作用是防止桥接、短路及虚焊等现象的出现,这对高密度印制电路板尤为重要。阻焊剂能够保护元器件和集成电路,节约焊料。还可以使用带色彩的阻焊剂,以起到美化印制电路板的作用。

阻焊剂的种类有热固化型阻焊剂、紫外线光固化型阻焊剂和电子辐射固化型阻焊剂等几种。目前常用的是紫外线光固化型阻焊剂,也称为光敏阻焊剂。

3. 手工锡焊技术

手工焊接是锡铅焊接技术的基础。尽管目前现代化企业已经普遍使用自动插装、自动焊接的生产工艺,但产品试制、小批量产品生产、具有特殊要求的高可靠性产品的生产(如航天技术中的火箭、人造卫星的制造等)目前还采用手工焊接。即使像印制电路板这样的小型化、大批量、采用自动焊接的产品,也还有一定数量的焊接点需要手工焊接。

1) 焊接要求

焊接是电子产品组装过程中的重要环节之一。如果没有相应的焊接工艺质量保证,则任何一个设计精良的电子装置都难以达到设计指标。因此,在焊接时,必须做到以下几点:

(1) 焊接表面必须保持清洁

即使是可焊性好的焊件,由于长期存储和污染等原因,焊件的表面可能产生有害的氧化膜、油污等。所以在实施焊接前必须清洁表面,否则难以保证质量。

(2) 焊接时温度、时间要适当,加热均匀

焊接时,将焊料和被焊金属加热到焊接温度,使熔化的焊料在被焊金属表面浸润扩散并形成金属化合物。因此,要保证焊点牢固,一定要有适当的焊接温度。在足够高的温度下,焊料才能充分浸湿,并充分扩散形成合金层。过高的温度是不利于焊接的。焊接时间对焊锡、焊接元件的浸润性、结合层形成都有很大的影响。准确掌握焊接时间是优质焊接的关键。

(3) 焊点要有足够的机械强度

为了保证被焊件在受到振动或冲击时不至于脱落、松动,要求焊点要有足够的机械强度。为使焊点有足够的机械强度,一般可采用把被焊元器件的引线端子打弯后再焊接的方法,但不能用过量的焊料堆积,这样容易造成虚焊以及焊点之间的短路。

(4) 焊接必须可靠,保证导电性能

为使焊点有良好的导电性能,必须防止虚焊。虚焊是指焊料与被焊物表面没有形成合金结构,只是简单地依附在被焊金属的表面。在焊接时,如果只有一部分形成合金,而其余部分没有形成合金,则这种焊点在短期内也能通过电流,用仪表测量也很难发现问题。但随着时间的推移,没有形成合金的表面就要被氧化,此时便会出现时通时断的现象,这势必造成产品的质量问題。

总之,质量好的焊点应该是:焊点光亮、平滑;焊料层均匀薄润,且与焊盘大小比例合适,结合处的轮廓隐约可见;焊料充足,成“裙”形散开,其中“裙”的高度大约是焊盘半径的 $1 \sim 1.2$ 倍;无裂纹、针孔、焊剂残留物。

2) 焊点质量检查

为了保证锡焊质量,一般在锡焊后都要进行焊点质量检查,分析出现的锡焊缺陷并及时改正。焊点质量检查主要有以下几种方法。

(1) 外观检查

外观检查就是通过肉眼从焊点的外观上检查焊接质量,可以借助 $3 \sim 10$ 倍的放大镜进行目检。目检的主要内容包括:焊点是否有错焊、漏焊、虚焊和连焊现象;焊点周围是否有焊剂残留物;焊接部位有无热损伤和机械损伤现象。

(2) 连接检查

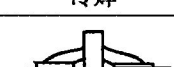
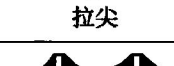
在外观检查中发现有可疑现象时,可用镊子轻轻拨动焊接部位进行检查,并确认其质量。主要检查导线、元器件引线和焊盘与焊锡是否结合良好,有无虚焊现象;元器件引线和导线根部是否有机机械损伤现象。

(3) 通电检查

通电检查是必须在外观检查及连接检查无误后才可进行的工作,也是检查电路性能的关键步骤。如果不经严格的外观检查,则通电检查不仅困难较多,而且容易损坏设备仪器,造成安全事故。通电检查可以发现许多微小的缺陷,例如,用目测观察不到的电路桥接、内部虚焊等。

锡焊中常见的缺陷有:虚焊、假焊、拉尖、桥连、空洞、堆焊、铜箔翘起、剥离等。造成锡焊缺陷的原因很多,常见的锡焊缺陷及分析如表 1-1 所示,表中说明了不良焊点的外观特点,以及危害和原因。

表 1-1 锡焊缺陷及分析

焊点缺陷	外观特点	危害	原因分析
 焊料过多	焊料面呈凸形	浪费焊料,且容易包藏缺陷	焊锡丝撤离过迟
 焊料过少	焊料未形成平滑面	机械强度不足	焊锡丝撤离过早
 松香焊	焊缝中加有松香渣	强度不足,导通不良	助焊剂过多或失效;焊接时间不足,加热不够;表面氧化膜未除去
 过热	焊点发白,无金属光泽,表面较粗糙	焊盘容易剥落,强度降低	电烙铁功率过大,加热时间过长
 冷焊	表面呈现豆腐渣状颗粒,有时可能有裂纹	强度低,导电性不好	焊料未凝固前焊件抖动或电烙铁功率不够
 虚焊	焊料与焊件交面接触角过大	强度低,不通或时通时断	焊件清理不干净;助焊剂不足或质量差;焊件未充分加热
 不对称	焊锡未流满焊盘	强度不足	焊料流动性不好;助焊剂不足或质量差;加热不足
 松动	导线或元件引线可动	导通不良或不导通	焊接未凝固前引线移动造成空隙;引线未处理好(镀锡)
 拉尖	出现尖端	外观不佳,容易造成桥接现象	助焊剂过少,而加热时间过长;电烙铁撤离角度不当
 桥接	邻导线连接	电气短路	焊锡过多;电烙铁撤离方向不当
 剥落	焊点剥落(不是铜箔剥落)	断路	焊盘镀层不良
 气泡	引线根部有时有喷火式焊料隆起,内部藏有空洞	暂时导通,但长时间容易引起导通不良	引线与孔间隙过大或引线浸润性不良