

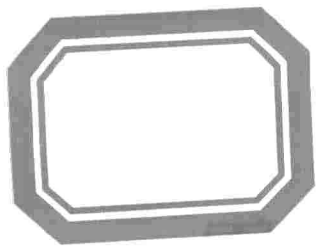
零

起点学习单片机 多语言编程

杨西明 朱骐 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



起点学习单片机 多语言编程

杨西明 朱 骐 主编



机械工业出版社

本书遵循“以工作过程为导向”的理念，以读者为本，构建了一个做中学、学中做，用中学、学中用的学习环境。本书立足于自学化、可操作化，小步递进，积累提高，同时又不减少必要的理论知识的讲解，是一本零起点的技术入门、理论和操作紧密结合的练习指导用书。本书内容包括学习用实验板的组成及实际装焊方法，宏指令编程基础和宏指令编程练习，MCS51 系列单片机汇编语言编程，以及嵌入式 C 语言编程等。

本书适合广大电子爱好者及单片机自学者阅读，特别适合高等、中等职业学校学生，以及少年宫、科技馆的学生作为练习指导。

图书在版编目（CIP）数据

零起点学习单片机多语言编程/杨西明，朱骥主编. —北京：
机械工业出版社，2014.8
ISBN 978-7-111-47138-7

I. ①零… II. ①杨…②朱… III. ①单片微型计算机—程序设计 IV. ①P368.1②TP312

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2014）第 134765 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）

策划编辑：徐明煜 责任编辑：徐明煜 任 鑫

版式设计：霍永明 责任校对：任秀丽

封面设计：陈 沛 责任印制：刘 岚

北京京丰印刷厂印刷

2014 年 8 月第 1 版·第 1 次印刷

169mm×239mm·20.25 印张·410 千字

0 001—3 000 册

标准书号：ISBN 978-7-111-47138-7

定价：49.90 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心：(010) 88361066

教材网：<http://www.cmpedu.com>

销售一部：(010) 68326294

机工官网：<http://www.cmpbook.com>

销售二部：(010) 88379649

机工官博：<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线：(010) 88379203

封面无防伪标均为盗版

前 言

近年来，单片机技术与应用都有了重要的发展。在单片机领域新推出了 C8051F 系列。它是一个典型的 SoC（片上系统）单片机，性能优越，且与 8051 指令兼容。现在甚至 ARM 架构的 32 位嵌入式处理器也有了低价机，有进入低端市场的趋势。由于移动互联网、物联网、智能手机、WiFi（无线高保真）的大量应用，信息技术已经成为加速传统工农业和服务业发展的重要条件。嵌入式系统（包括单片机）是信息技术应用的重要基础。

本书遵循“以工作过程为导向”的理念，以读者为本，构建了一个做中学、学中做，用中学、学中用的学习环境。本书立足于自学化、可操作化，小步递进，积累提高，同时又不减少必要的理论知识的讲解，是一本零起点的技术入门、理论和操作紧密结合的练习指导用书。本书适合广大电子爱好者及单片机自学者阅读，特别适合高等、中等职业学校的学生，以及少年宫、科技馆的学生作为练习指导。

多语言是指宏指令汇编语言、MCS51 系列汇编语言和嵌入式 C 语言编程。本书第一章介绍了学习用实验机的组成及实际装焊方法，引入了宏指令编程的概念，宏指令汇编语言编程特别适合于零起点的读者。它具有上手快、实用、简单的特点。第二章是大量宏指令编程练习。第三章介绍 MCS51 系列单片机汇编语言编程。由于 MCS51 系列机具有典型结构，而 MCS51 汇编语言是理解单片机结构的有利工具。书中结合实际操作，深入浅出地讲解了定时器/计数器、中断、串行接口通信和常用指令的使用，以及汇编语言程序的软仿真调试方法。第四章介绍了嵌入式 C 语言的编程，并通过实例讲解了嵌入式 C 语言基础，围绕学习机硬件练习了 C 语言编程方法。书中介绍的 Keil C51 的软仿真调试功能可以为读者在工作过程中验证各种应用设想，建立一个先期的评估模型，从而节约实验所需的大量器材和时间。学习是为了更好的工作，更好的上岗，并从事单片机的开发与应用，但对于初学者，一步跨入是非常困难的，而本书所介绍的实际机器的装调及编程就是初学者们很好的入门阶梯。

本书由杨西明、朱骐主编，参加编写工作的还有薛炳楠、孟宪刚、罗海红、杨莹、哈文、王建宇、宋丹、查力、费全玲、张玉兰、田兆英等。本书在编写过程中还学习和参考了很多 C 语言和单片机方面的书籍、资料，在此特向作者表示感谢。由于编者水平有限，书中的缺点和错误在所难免，欢迎各位读者、老师批评指正。

读者查询本书的有关器材情况请联系：

单 位：北京市实验职业学校

地 址：北京市西城区广外大街三义里 5 号

邮 编：100055

电 话：(010) 52990911—8627

手 机：15726600353 18610984152

电子邮箱：ximingyang@sohu.com zhuqi-321@163.com

联 系 人：杨西明 朱 骐

目 录

前言

第一章 单片机实验机	1
第一节 初识单片机	1
一、引论	1
二、嵌入式系统	1
三、单片机的基本组成	2
四、单片机实验机	3
第二节 实验机 DIY	4
一、DIY 准备	4
二、DIY 操作	9
三、实验机的检验	11
第三节 编程准备	12
一、单片机程序设计语言概述	12
二、二进制数与十六进制数	13
三、简易汇编语言	14
四、宏指令集说明	15
五、宏指令集	15
六、宏指令程序操作示例	17
第四节 连接 PC	21
一、PC 连接检验	21
二、在 PC 上编程举例	23
第五节 8051 汇编语言源程序下载	31
一、集成开发环境 IDE 的使用	31
二、软仿真调试	35
三、ISP	36
第六节 C51 语言源程序下载	38
第七节 实验机信息	39
一、实验机整机电路原理图	39
二、实验机元器件表	39
三、二进制数与计算机	39
四、数制与运算	43
五、中、小规模数字集成电路介绍	48
第二章 宏指令汇编语言	50
第一节 I/O 接口位状态指令	50

VI 零起点学习单片机多语言编程

一、I/O 接口位状态指令实例	50
二、汇编语言	51
三、指令学习	51
四、I/O 接口位状态指令编程练习	56
五、应用举例	61
六、宏指令集	64
第二节 显示器赋值指令	66
一、显示器赋值指令实例	66
二、指令学习	66
三、显示器赋值指令编程练习	68
四、应用举例	69
五、显示器显示相关指令应用	75
第三节 转移指令	76
一、转移指令实例	76
二、指令学习	76
三、编程练习	80
四、应用举例	86
第四节 端口读、判指令	96
一、端口读、判指令实例	96
二、指令学习	97
三、端口读、判指令编程练习	99
四、应用举例	101
第五节 位传送、操作指令	103
一、位传送、操作指令实例	103
二、指令学习	104
三、编程练习	107
四、实际举例	109
第六节 乐曲编程指令	110
一、乐曲编程指令实例	110
二、简谱基础知识	112
三、指令学习	113
四、编程练习	117
五、应用举例	120
第三章 MCS51 系列单片机汇编语言	123
第一节 I/O 接口操作指令	123
一、I/O 接口按口输出操作	123
二、I/O 接口按口输入、输出操作	131
三、I/O 接口位输出操作	132
四、I/O 接口位输入操作	137

五、MCS51 系列单片机 I/O 接口按口操作指令	139
六、MCS51 系列单片机 I/O 接口按位(线)操作指令	139
七、应用举例	139
第二节 转移指令	141
一、无条件转移指令	141
二、条件转移指令	144
三、应用举例	153
第三节 数码显示器操作指令	158
一、数码管静态显示操作	159
二、数码管动态显示操作	166
三、编程练习	171
四、实际应用	176
第四节 中断、计数器/定时器、串行通信的应用	178
一、中断	178
二、定时器/计数器(TC0/TC1)的定时功能	186
三、定时器/计数器(TC0/TC1)的计数功能	196
四、串行通信	201
五、应用举例	209
第五节 汇编语言的软仿真调试	212
一、汇编语言的软仿真软件	212
二、I/O 接口软仿真调试	212
三、间接寻址软仿真调试	214
四、提取存储器代码软仿真调试	215
第六节 MCS51 系列单片机芯片介绍	217
一、MCS51 系列单片机的指令系统	218
二、MCS51 系列单片机汇编语言	225
三、汇编语言程序的基本结构	226
四、MCS51 系列单片机	227
第四章 嵌入式 C 语言基础	234
第一节 C 语言初步	234
一、嵌入式 C 语言特点	234
二、第一个 C 语言源程序	235
三、编译预处理	238
四、头文件 reg51.h	239
第二节 数据运算	241
一、赋值运算	241
二、算术运算	241
三、增量运算	242
四、关系运算和逻辑运算	244

五、位运算	245
六、条件运算	247
七、运算顺序	248
第三节 流程控制	248
一、C 语言的流程控制语句分类	248
二、分支语句 if-else	248
三、开关分支语句 switch-case	251
四、for 语句	253
五、循环语句 while	255
六、循环语句 do-while	257
第四节 数组	258
一、一维数组练习	259
二、多维数组	260
第五节 函数	262
一、函数的特点	262
二、函数的定义	263
三、函数的数据传送	264
四、关于变量的作用范围	267
第六节 指针	267
一、基本概念	267
二、指针与数组	268
三、举例	268
第七节 编程练习（一）	272
一、LED 灯	272
二、数码管静态显示器	276
三、独立键应用	282
第八节 编程练习（二）	285
一、定时器/计数器	285
二、关于中断的概念	290
第九节 编程练习（三）	305
一、I ² C 总线器件	305
二、24C02 编程	305
第十节 编程练习（四）	308
一、8051 系列单片机与 PC 通信	308
二、应用举例	312
参考文献	316

第一章 单片机实验机

第一节 初识单片机

一、引论

单片机就是单一芯片的微计算机，国外称它为微控制器或微控制单元（Micro Control Unit, MCU），主要应用于机器控制。当时，由于大量工业设备对控制系统的需要，迫切要求有一种具有软件控制功能的芯片来担负此任务，微控制器应运而生。它将微计算机的基本功能集成在一块小小的芯片上，这种结构使其使用非常灵活，可以“嵌入”任何控制对象内，组成具有计算机功能的控制系统。在纯电子系统中引入了软件，从而导致了一系列新的品质，如可以在不改变任何硬件的条件下，提高产品的性能；可以在产品临出厂前“嵌入”当时市场所需的要求，紧跟市场，避免产品积压；在同样产品下，可增加多样性，满足市场需要。这是一个重大的改变。由于巨大的经济价值，直到现在其发展前景仍然方兴未艾。在信息化、数字化的大规模应用浪潮中，学习它是非常有意义的。

与通用计算机软件的学习有所不同，单片机的软件和硬件结合非常紧密，如何确定要进行综合比较。这就要求系统设计者具备较全面的知识，这些既是它的特点也是它的难点。因而，要学习好单片机，必须多实践、多操作，在实际操作中理解理论。为此，一块适合初学者的单片机实验机就是必需的硬件。本章重点介绍单片机实验机的装焊和检验。但在实际动手前，为了能顺利地进行下面的学习，明确一些基本概念以及有关的术语是非常必要的。

二、嵌入式系统

所谓嵌入式系统，就是将包含计算机软件的微处理器（Micro Processor Unit）芯片，“嵌入”到被控对象内，执行各种控制功能。在当前移动互联网、物联网及智能化产品发展的大背景下，嵌入式系统正是这些应用技术中的最核心部分，发展迅速。据相关网站统计，短短几年里，32 位 ARM（Advanced RISC Machine）微处理器芯片已售出超过 100 亿片。平板电脑、智能手机、机器人等均大量地应用微处理器。由于 ARM 微处理器功耗很低，故非常适合移动设备。它与无线高保真传输技术（Wireless Fidelity, WiFi）结合，让手机、笔记本电脑等终端可以近距离进行无线互联，从而促进了移动互联网的飞快发展。

单片机组成的控制系统也属于嵌入式系统，是较简单的一种。但它却是进入这一领域的学习捷径。

三、单片机的基本组成

单片机是将 CPU + ROM + RAM + I/O 集成在一块小小的芯片上（见图 1-1），这种结构使用非常灵活，可以“嵌入”任何控制对象内，组成嵌入式系统。本实验机所用的单片机芯片有两种：STC89C51RC 和 AT89S51/52。

从结构上看，单片机可分为以下几部分：

1) 中央处理机（Center Processor Unit, CPU）。它包括一个独立的指令系统，负责执行程序存储器中存入的指令，对输入/输出的信息进行处理。普遍的简单应用以 4/8 位为主体，8051 系列单片机即属于 8 位机。

2) 程序存储器。单片机中的片内程序存储器是一种可编程可擦除的只读存储器。运行时不能写入，只能读出信息。它可以由用户使用软件电擦除/写入，擦/写速度很快，并具有非易失性，掉电后存储的信息，能长久保持，并且可加密。这项技术被称为“Flash（闪速）”，现已被广泛应用于单片机当中。

3) 随机存取存储器（Random Access Memory, RAM）。常作为随机数据读/写使用。片内 RAM 单元负责保存各种寄存器的内容，也作为指令运行中的数据缓冲区，一般容量很小，为 256B~4KB。RAM 可以任意擦/写为“0”或“1”状态，存取速度很快。它具有易失性，掉电后信息不能保存。

片外 RAM 是对片内 RAM 的扩展。当需要大量处理随机信息时，就有必要扩展片外存储器。片外 RAM 可以使用并行 RAM（例如 6264/62256 等），其存取速度很快，但也具有易失性，掉电后信息不能保存。

片外 RAM 也可用 I²C 存储器。这是一种串行 E²PROM，全称为电可擦除可编程只读存储器（Electrical Erase Programming Read Only Memory）。它按照 I²C 总线协议进行电读/写，特点是可以任意按字节擦/写，也可按位擦/写。既可以由“1”写为“0”状态，也可以由“0”写为“1”状态。其读/写速度慢，但具有非易失特性，在掉电后信息可长期保存，常作为单片机外部电子盘存储信息。

4) 输入/输出端口（Input/Output, I/O 端口）。单片机的端口与 PC 的端口有很大不同。PC 的端口（如串行接口 RS232，并行接口 LTP 以及 USB）必须编程才能应用，透明度差，应用有一定的难度，适合大量信息的传送。单片机的端口是一种二进制逻辑口，可通过编程设置它的状态。可以设为“1”，也可以设为“0”。用简单的指令即可以控制端口的状态，可以直接对外围电子元器件进行逻辑控制，与被控对象的结合非常紧密。

通用计算机的 CPU 主要是进行高速数据处理。对于机器的直接控制任务，必须寻求一种能直接控制电子器件的低成本的具有 CPU 功能的芯片，为解决这个任务，导致了单片机的出现。

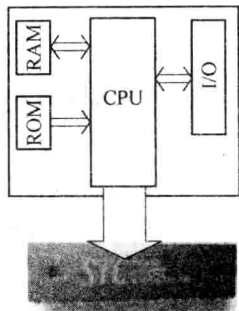


图 1-1 MCU 组成

单片机体积很小,可以直接“嵌入”到机器的控制板上,实际上就是将计算机系统嵌入到机器内,组成所谓的“嵌入式系统”。芯片内的控制程序可以方便地进行改变,即在电子硬件系统中引入了“软件”,极大地提升了电子控制系统的水平。MCU 的出现,起到了划时代的作用。其发展方兴未艾,特别是 32 位 MCU/MPU,更是具有极广阔的发展前景。

四、单片机实验机

1. 实验机特点

1) 三阶段学习。在开始进行单片机编程的学习时,若直接进入 8051 汇编语言,对于初学者特别是自学的读者,一方面指令多,另一方面对逻辑硬件也较生疏,会遇到较大的困难。而直接学习 C51 编程,也要求对 8051 的硬件结构有一定了解。总之,对于初学者都不是一件轻松的事情。为此,本书所介绍的使用实验机学习分为三个阶段:

第一阶段,简易汇编语言编程。本机引入了一组“宏”指令集,共有 30 条,每条“宏”由多条 51 指令组成,其功能强、指令简单,只要几条就可以完成相应的功能。可直接在本机输入机器代码编程,这给输入、编辑带来很大方便。可以立即观察执行的效果,增加学习兴趣,增强学习信心。本机可用 4 节可充电电池作为电源,在普通房间即可进行学习,无需 PC 支持。

本阶段的学习,将为轻松进入下一步提供良好的支持。

第二阶段,8051 汇编语言编程。本阶段以通用性强的 8051 单片机为目标,以本机自带的硬件资源为条件,在 Keil μ Vision 2 开发平台的支持下,通过边操作、边理解,硬件、软件紧密结合,可以使读者较快地熟悉 8051 汇编语言编程,同时也熟悉 8051 的典型硬件结构。

第三阶段,嵌入式 C 语言编程。分为两步:第 1 步,结合基础知识进行各种语句练习。第 2 步,进行与汇编语言对应的编程练习,较快地熟悉 C51 编程。

2) 采用插座结构。本机为保证灵活性,所有集成电路芯片均采用 IC 插座,对阻容元件不用贴片,而用插装。一旦芯片发生故障,可以很容易地进行调换。

3) 容易扩展。机器装有 2×20 双排插针,用杜邦线可以很方便地与板外部件连接,进行外围扩展。

2. 实验机组成

整机组成如图 1-2 所示。

1) 单片机。单片机的型号为 STC89C51RC,程序存储器容量 4KB,内部 RAM 的容量为 256B,指令与 8051 全部兼容。一片单片机内置“宏指令”解释程序,可以执行“宏”汇编程序。

2) 存储器。一片 24C02 用于存储用户自编写的“宏”指令程序代码,这是一款 E²PROM 型串行可直接电擦/写的非易失性存储器,掉电后信息可长期保存。

3) 显示器。由两片 74HC164 串行移位寄存器控制两个共阳极数码管组成,作

为地址和数据的显示器。

4) 键盘。由 6 只按键进行程序的输入、编辑和执行。

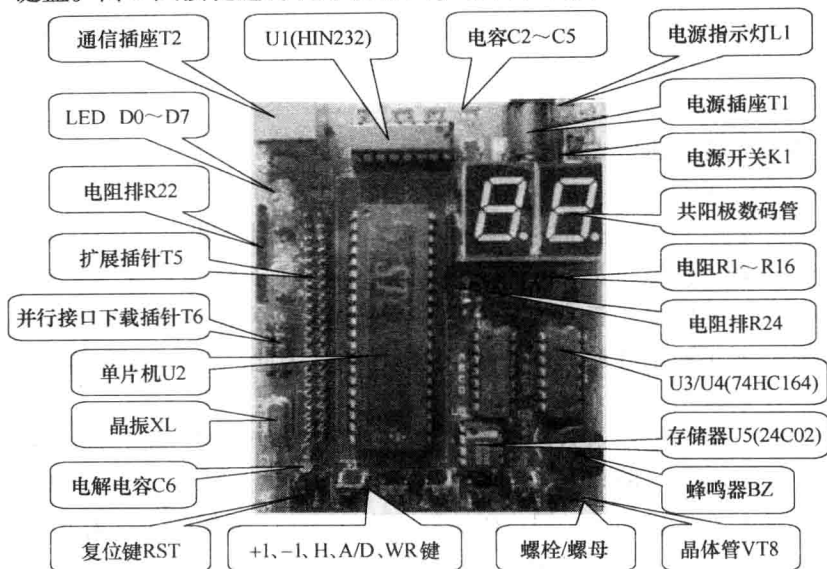


图 1-2 实验板整机组成

5) 声音。一只 PNP 型晶体管控制蜂鸣器发声，可输出报警声和乐曲声。

6) 与 PC 连接。由一片 MAX232 芯片与 PC 进行通信。可以外加一个 USB/RS232 转换器与 PC 的 USB 口连接，在软件的支持下将程序下载到 STC89C51RC。

7) 可以通过本机自带 (T6) 10 针插针，用专用下载线与并行接口 LPT 连接，在软件的支持下对 AT89S51/52 编程，擦除和写入新程序。

8) 可用 5V 稳压电源作为实验机电源，也可用 4 节充电电池作为电源，还可用 USB 本身的 5V 电源。

第二节 实验机 DIY

一、DIY 准备

所谓 DIY (Do It Yourself) 即自己做。对学习 MCU 来说，自己装焊一块实验电路板可以学习到许多有关的实际技能，同时对后面的编程学习也是非常重要的。要实现 DIY 并不困难，只要具备基本的电子电路的焊接技能，了解电子元器件的基础知识，会使用多用表 (万用表)，就可以按照本书的步骤完成本单片机实验机的自装，并能顺利地投入使用。

1. 工具准备

DIY 前，应准备下列工具：

- 1) 25 ~ 30W 内热式尖头电烙铁 1 把;
- 2) 高质量直径为 0.8mm 的焊锡丝 1 轴;
- 3) 电烙铁焊接支架 1 个;
- 4) 平板整形锉 1 把;
- 5) 尖嘴钳 1 把;
- 6) 斜口钳 1 把;
- 7) 镊子 1 把;
- 8) 十字小螺钉旋具 1 把;
- 9) 酒精, 擦拭布条;
- 10) 液晶数字多用表 1 块;
- 11) 鳄鱼夹子若干;
- 12) 5 号可充电电池 4 节 ($1800\text{mA} \cdot \text{h}$);
- 13) 5V 直流稳压电源一个 (1A)。

2. 外观初检

当拿到本单片机实验板的全部元器件、资料和光盘后, 请按装箱单检验全部物品是否齐全, 最好用一块白纸作为铺垫, 以免元器件因疏忽丢失。首先进行外观检查。查看元器件、接插件、印制电路板是否完好, 数量是否正确, 有无明显缺陷。

(1) 电阻的色环标示法

由于电子电路正向低电压、低功耗方向发展, 所以电阻的体积也越来越小, 在电阻上用数字表示阻值就很困难了。用色环表示阻值和准确度既方便又美观。电阻色环表如图 1-3 所示。

色标	有效数字	乘数	偏差 (%)	色标	有效数字	乘数	偏差 (%)
黑	0	10^0		蓝	6	10^6	
棕	1	10^1	F(± 1)	紫	7	10^7	(± 0.1)
红	2	10^2	(± 2)	灰	8	10^8	
橙	3	10^3		白	9	10^9	
黄	4	10^4		金		10^{-1}	J(± 5)
绿	5	10^5	D(± 5)	银		10^{-2}	(± 10)

图 1-3 电阻色环表

金属膜电阻外形如图 1-4 所示。

(2) 电阻的识别

1) 首先确定电阻的等级。米黄色表示碳膜电阻, 偏差为 $\pm 5\%$, 在本机中不采用。浅蓝色表示金属膜电阻, 偏差为 $1\% \sim 2\%$, 是本机所用。黑色表示电阻排。

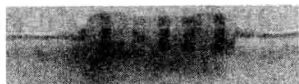


图 1-4 金属膜电阻外形

2) 确定第 1 环的位置。距电阻引出端最近的色环就是第 1 环。一般用 5 色环表示阻值和准确度。

3) 确定色环的颜色。电阻的色环共有 12 种颜色, 识别时, 必须准确识别从第 1 环到第 4 环的颜色, 在准确判定色环的颜色排列后, 下一步就是按色环表读出阻值和准确度。

4) 确定电阻阻值和准确度。

例如, 一只浅蓝色金属膜电阻, 用 5 环标示。第 1 环为橙色, 第 2 环为白色, 第 3 环为黑色, 第 4 环为黑色, 第 5 环为棕色。查表可知第 1、2、3 环是有效数字, 顺次排列应是 390, 第 4 环是乘数 $10^0 = 1$, 它的阻值应为 $390 \times 1\Omega = 390\Omega$ 。第 5 环为棕色, 表示偏差为 $F(\pm 1\%)$, 它的合格范围应为 $386 \sim 394\Omega$, 用数字万用表测量它的实际阻值为 390Ω , 在合格范围内, 证明金属膜电阻准确度较高。

3. 电阻的检测

在测量时, 要先选择大于被测阻值的量程。例如测量 $4.7k\Omega$ 电阻应选 $R \times 10k$ 电阻挡, 然后用左手将表笔的金属棒与电阻的一端紧捏在一起, 将另一支表笔的金属棒碰触电阻的另一端。注意, 另一端不要与手接触, 以免影响测试结果, 然后读出结果。

对电阻排一般是黑色的, 有白色圆形标志的一端为电源端, 其他 8 个引脚是电阻端, 用数字万用表分别测试 8 个电阻端与电源端之间的阻值, 偏差应在 $\pm 10\%$ 之内。

用数字万用表测量所有电阻阻值, 应在规定误差范围内。本机所用的电阻, 均为功率为 $1/8W$ 的小型电阻。

4. 电容的标注

从结构原理上可分为有极性的电解电容和无极性的交流电容两种。电容器需要标注两个数值, 一个是它的电容量, 有 3 种数量级。基本单位是微法 (μF)。 $1nF = 10^{-3}\mu F$, $1pF = 10^{-6}\mu F$ 。另一个是额定电压值, 例如 16V 或 25V。对于电解电容, 由于体积较大, 可直接在电容上标出电容量和额定电压值, 例如 $220\mu F/16V$ 或 $4.7\mu F/50V$ 。对于无极性的交流电容, 由于体积小, 一般用数字表示, 例如 103 表示电容量为 $10 \times 10^3 pF = 10^4 \times 10^{-6}\mu F = 0.01\mu F$ 。100 表示 $10 \times 10^0 pF = 10pF$ 。一般无极性交流电容的额定电压值都是 50V, 不进行标注。电容外形如图 1-5 所示。

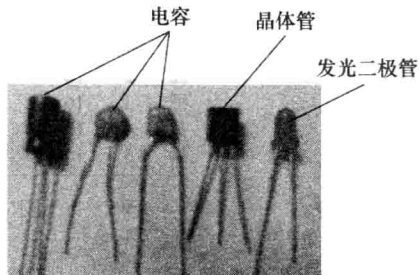


图 1-5 电容, 晶体管, 发光二极管外形图

5. 电容的检测

由于电容量准确度对整机影响不大,在装机前可用万用表做粗略检测。对电解电容,先将数字万用表放在 $R \times 10k$ 电阻挡,用镊子将电容两端短接放电,然后测电容两端电阻,由于充电电流的作用,电阻值立即变小,以后充电电流慢慢变小,电阻值上升到最大值,超出量程,充电电流为零。可根据变化的时间粗略判断电容量的大小。电容量大,充电时间就长;电容量小,充电时间就短。若最后数字万用表的显示不能超出量程,说明电容存在漏电,耐压条件不合格,不能使用。如果出现短路就更不行了。对于电解电容,要特别注意它的极性和标示电压。一般情况下,长引脚是正极。标示电压就是额定电压,使用电压应是额定电压的 $1/2$ 或 $1/3$ 。

对于无极性交流电容,本实验机有两种类别:一种是独石电容(本实验机中 C1 ~ C5),另一种是小容量瓷片电容(本实验机中 C7 和 C8)。用万用表 $R \times 10k$ 挡,检测电容两个引脚的电阻(手不要碰表笔),只要不通即可。若有指示,说明可能存在漏电,应进行调换。

6. 发光二极管的检测

发光二极管的全称是光发射二极管(Lighting Emitting Diode, LED)。它具有单向导电性,正向工作电压为 $2 \sim 3V$,工作电流约为 $10mA$,主要用于发光指示。用很小的功率就能发出鲜艳的光,广泛地用于各种显示设施上。其外形图见图 1-5。

发光二极管的长引脚为正极,短引脚为负极。检测时,可用 4 节 5 号电池作为电源,发光管正极(长引脚)接电池正极,发光管负极(短引脚)通过一个 390Ω 电阻接电池负极,应看到发光并有较高的亮度即为正常。注意必须加限流电阻,且 $R \geq 300\Omega$,一般取 $R = 390\Omega$ 即可。

7. 晶体管的开关状态

晶体管分 NPN 型和 PNP 型两种。在本实验机中只用 PNP 型,型号为 9012,用于驱动蜂鸣器。MCU 发出的音频信号是方波,晶体管工作于开关状态,当在基极加低电平(0V)时,晶体管的 e、b 极导通,达到“饱和”状态,集电极 c 对地输出高电平(5V),即逻辑“1”。当在基极加高电平 5V 时,晶体管达到“截止”状态,集电极 c 对地输出低电平(0V),即逻辑“0”。这样,晶体管在基极输入电平的控制下驱动蜂鸣器发声。

9012 型晶体管的引脚排列:面对标志,从左到右,依次为 e、b、c,晶体管外形见图 1-5。

8. 晶体管的简单测试

在 DT-830B 数字万用表上设有“hFE”挡,专门用于测试晶体管的直流放大倍数。测试步骤如下:

- 1) 将量程旋钮旋至“hFE”处。
- 2) 面对晶体管的标记面(即标示型号的一面),从左起依次为 e、b、c。将晶体管按类别及 e、b、c 的位置插入左侧对应的管座。
- 3) 用手压紧晶体管,应看到液晶板上有读数显示,这就是该管的放大倍数,

应在 200 以上。若显示数字过低,说明该管性能不好,应予以调换。

“hFE”挡测试插座如图 1-6 所示。

4) 焊完后,可以进行在板检测。主要是用万用表测试集电结和发射结的电阻是否正常。若短路或不通,表明晶体管已损坏。

9. 数码管检测

数码管和发光二极管的原理是一样的,只不过将显示的“点”变成“段”而已。这种显示器件驱动简单,价格低廉,可显示数字,得到了广泛应用。

从驱动原理上分共阳极型和共阴极型两种。对共阳极型,数码管的公共极“COM”端接正电源;对共阴极型,数码管的公共极“COM”端接负端。每个数码管有 7 个“段”和一个“点”,控制各“段”的亮和灭,就可以显示各种数字。本实验机使用共阳极型。数码管外形和引脚如图 1-7 所示。

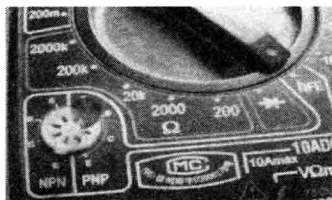


图 1-6 晶体管测试插座

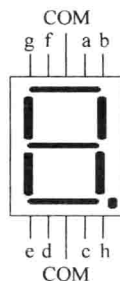


图 1-7 数码管引脚图

限流电阻。实际上,数码管的每“段”就是一只发光二极管。在电源电压 5V 条件下,每段(包括小数点)必须接入一只限流电阻。若每段的发光电压是 2V,限流电阻 $R = 390\Omega$,则通过每段的电流 $I = (5 - 2)V / 390\Omega = 0.00769A = 7.69mA$,对于高亮数码管,可以达到很好的亮度。

检测操作。检测前要准备好 5V (或 6V 电池) 电源及两条鳄鱼夹子线。以共阳极数码管为例,先将夹子线一端接电源正极,另一端接数码管的公共电源端。

再用另一夹子线接 390Ω 电阻,夹子线的另一端接电源的负极。用电阻的空余端逐次接触数码管的“a”、“b”、“c”、“d”、“e”、“f”、“g”、“h”各引脚,应看到各段逐次被点亮,亮度应较高,证明数码管质量良好。

10. 按键

6 只按键在机器中作为键盘使用。可以用数字万用表测试它们的通断情况。

11. 接插件

在本实验机中应用了许多接插件。这些接插件对连接固定电子元器件很重要。焊接前一定要注意方向是否正确,避免错焊。

12. 蜂鸣器

蜂鸣器输出声音作为发声器。用 3V 电压碰触蜂鸣器两端,若有“咯咯”声表示无问题。蜂鸣器分为信号型和电源型两种,本机使用信号型。