

# 自装 单片微电脑 快速入门

——单片机应用培训教材

李裕华  
孙明

西安交通大学出版社

# 自装单片微电脑快速入门

## ——单片机应用培训教材

李裕华 孙明

西安交通大学出版社

### 内容简介

本书是一本关于 8031 单片微电脑的培训教材,适用于职业学校、培训班和自学。书中以一个实用的培训系统作为实例贯穿全书,要求学习者自己动手焊接装配,从中巩固书本知识,掌握实际技能。本书结合该实例,用较大篇幅介绍了有关数字电路的硬件技术,并介绍了 8031 单片微电脑的原理、指令及编程。书中的应用实例都有实际应用价值。

本书内容起点较低,硬件线路讲解得极为详细,理论和术语介绍得较为粗浅。因而通过学习和动手装配,能使读者很快地进入微电脑技术领域。

本书适合于初中以上文化程度的电子技术爱好者、机械和电气工程技术人員阅读使用。

注:邮购 SLBX 单片微机电脑培训系统元器件请与作者联系。

作者地址:西安交通大学理学院 邮政编码:710049 电话:(029)3268717

(陕)新登字 007 号

### 自装单片微电脑快速入门

——单片机应用培训教材

李裕华 孙明

责任编辑 叶涛

\*

西安交通大学出版社出版发行

(西安市咸宁西路 28 号 邮政编码:710049)

西安电子科技大学印刷厂印装

陕西省新华书店经销

\*

开本 787×1092 1/16 印张 6.25 插页 1 字数:144 千字

1996 年 2 月第 1 版 1996 年 2 月第 1 次印刷

印数:1——4000

ISBN7-5605-0743-3/TP·100 定价:6.00 元

# 前言

当今社会进入了信息科学时代,作为信息科学的核心工具——电脑,已广泛深入到人类生活的每一个领域。它们包括了国防、航天、生命科学、社会科学、机电工程、医疗、金融、通信、商业、运输、出版、教育、以及家用电器等。由此产生的科研成果和产品,如一股强大的洪流冲击着即将进入 21 世纪的人类社会。在这股洪流中,我们国家所处的位置相对比较落后,在繁多的电脑产品中,真正属于我国自己的优秀产品极少。欣喜的是,人们已认识到这一点。全国各地相继掀起了一股学习电脑的热潮,微机培训班在各大城市星罗棋布,学习者趋之若鹜。然而这类速成培训班的收效较差,大部分学员学完后似懂非懂,不久就忘记殆尽。究其问题的根源在于学习过程过分枯燥,教师的讲解和学生的学习基本停留在书本上,理论多于实践,使得学习者并未真正透彻地掌握所学的知识。

本书作者根据在联邦德国工作期间对电子类职业学校考察的心得,设计了一套单片微电脑培训系统——SLBX 系统。作者用这套系统举办过多期单片机应用培训班,学员从初中生到大学教授程度不等,理论授课 90 学时,实践课 95 学时。学员普遍认为通过亲自动手装配更易掌握单片机理论,掌握的知识更适合应用。

本书内容涉及四方面知识:

(一)电阻、电容、线路板及集成电路芯片等基本元器件的基本知识;焊接装配等动手能力的基本知识。

(二)数字电路的原理和实践。其中包括了稳压电源、振荡器、开关电路、译码和编码、施密特线路、T 触发器、锁存器、可预置计数器、存储器、数码显示等。

(三)8031 单片微电脑及其应用系统的硬件线路原理和实践。

(四)8031 单片微电脑指令,软件编程及实际应用。

书中介绍的 SLBX 系统具有开发能力,是高度模块化的。它包括以下 6 个模块:

1. 电源、信号源、逻辑测试器模块(SLBX0);
2. 键盘模块(SLBX1);
3. 读写控制模块(SLBX2);
4. 存储器模块(SLBX3);
5. 单片机模块(SLBX4);
6. 应用模块(SLBX5)。

全系统约有 250 多个元器件,8 块印刷电路板,28 块集成电路芯片,1000 多个焊点。

本书的目的是希望读者自己操起电烙铁将元器件装配成一个完整的电脑系统,这是学习单片微电脑的最好方法。它的优点不仅在于学习者的兴趣和热情得以维持,更重要的是学习者

对单片微电脑的综合知识可以掌握得非常深入和细致。在焊接装配过程中,学习者还能学习到如何查找和排除错误,掌握这种实际技能仅仅靠教科书是难以达到的。

这套培训系统经过多次培训班使用,证明系统是可靠无误的,读者可以根据书中的线路自行设计安装,也可以向作者联系邮购电路板或全套元器件。

限于作者水平,谬误之处在所难免,恳请读者批评指正。本书写作过程中,得到叶涛先生的帮助。在此表示感谢。

作 者

1995年10月

# 目 录

## 概述

## 第 1 章 预备知识

|                      |     |
|----------------------|-----|
| 1.1 数制 .....         | (3) |
| 1.1.1 二进制 .....      | (3) |
| 1.1.2 十六进制 .....     | (3) |
| 1.1.3 BCD 码 .....    | (4) |
| 1.1.4 位,字节.....      | (4) |
| 1.2 数字电路,集成电路芯片..... | (4) |
| 1.2.1 数字电路 .....     | (4) |
| 1.2.2 集成电路芯片 .....   | (4) |
| 1.3 印刷电路板 .....      | (5) |

## 第 2 章 稳压电源,信号源和逻辑测试器

|                    |      |
|--------------------|------|
| 2.1 稳压电源 .....     | (8)  |
| 2.1.1 稳压电源原理 ..... | (8)  |
| 2.1.2 稳压电源安装.....  | (10) |
| 2.2 信号源.....       | (11) |
| 2.2.1 信号源原理.....   | (11) |
| 2.2.2 信号源安装.....   | (12) |
| 2.3 逻辑测试器.....     | (12) |
| 2.3.1 逻辑测试器原理..... | (12) |
| 2.3.2 逻辑测试器安装..... | (13) |

## 第 3 章 键盘单元

|                             |      |
|-----------------------------|------|
| 3.1 编码线路.....               | (14) |
| 3.1.1 编码和译码线路原理.....        | (14) |
| 3.1.2 编码部分安装.....           | (17) |
| 3.2 锁存器.....                | (18) |
| 3.2.1 锁存器原理.....            | (18) |
| 3.2.2 锁存器安装.....            | (18) |
| 3.3 施密特触发器和 T 触发器 .....     | (19) |
| 3.3.1 施密特触发器和 T 触发器原理 ..... | (19) |

|                              |      |
|------------------------------|------|
| 3.3.2 施密特触发器和 T 触发器安装 .....  | (20) |
| 3.4 脉冲发生器.....               | (20) |
| 3.4.1 脉冲发生器原理.....           | (20) |
| 3.4.2 脉冲发生器安装.....           | (21) |
| 3.5 输出排线安装.....              | (21) |
| <b>第 4 章 读写控制单元</b>          |      |
| 4.1 三态门开关电路.....             | (23) |
| 4.1.1 三态门开关电路原理.....         | (23) |
| 4.1.2 三态门开关电路安装.....         | (24) |
| 4.2 可预置计数器.....              | (25) |
| 4.2.1 可预置计数器电路原理.....        | (25) |
| 4.2.2 可预置计数器的安装.....         | (26) |
| 4.3 读写按键线路.....              | (26) |
| 4.3.1 读写按键线路原理.....          | (26) |
| 4.3.2 读写按键线路安装.....          | (27) |
| 4.4 总测试和排线安装.....            | (27) |
| <b>第 5 章 存储器单元</b>           |      |
| 5.1 存储器模块单元原理.....           | (31) |
| 5.2 存储器模块单元安装.....           | (32) |
| <b>第 6 章 单片机单元</b>           |      |
| 6.1 MCS-51 系列单片机 .....       | (35) |
| 6.1.1 MCS-51 单片机内部结构 .....   | (36) |
| 6.1.2 MCS-51 单片机芯片的引脚 .....  | (37) |
| 6.2 单片机模块单元原理.....           | (38) |
| 6.3 单片机模块单元安装.....           | (40) |
| <b>第 7 章 应用单元</b>            |      |
| 7.1 彩灯控制模块 SLBX5.1 .....     | (42) |
| 7.1.1 彩灯控制线路原理.....          | (42) |
| 7.1.2 彩灯控制模块安装.....          | (44) |
| 7.2 智能仪器数字显示模块 SLBX5.2 ..... | (44) |
| 7.2.1 数显模块线路原理.....          | (44) |
| 7.2.2 数显模块安装.....            | (49) |
| 7.3 汽车信号灯模块.....             | (49) |
| 7.3.1 汽车信号灯模块线路原理.....       | (49) |
| 7.3.2 汽车信号灯模块安装.....         | (51) |
| <b>第 8 章 8031 单片机原理和指令</b>   |      |
| 8.1 程序和指令.....               | (52) |
| 8.2 8031 的存储器配置 .....        | (53) |
| 8.2.1 程序存储器.....             | (53) |

|                         |                     |      |
|-------------------------|---------------------|------|
| 8.2.2                   | 数据存储器               | (53) |
| 8.2.3                   | 专用寄存器               | (54) |
| 8.3                     | 定时器/计数器             | (57) |
| 8.4                     | 串行口                 | (58) |
| 8.5                     | 中断                  | (59) |
| 8.5.1                   | 中断允许寄存器 IE          | (59) |
| 8.5.2                   | 中断优先级寄存器 IP         | (60) |
| 8.6                     | 8031 单片机重要指令        | (60) |
| 8.6.1                   | 数据传送指令              | (60) |
| 8.6.2                   | 算术操作指令              | (62) |
| 8.6.3                   | 控制转移指令              | (63) |
| 8.6.4                   | 位处理指令               | (64) |
| <b>第9章 程序实践</b>         |                     |      |
| 9.1                     | 彩灯控制程序              | (65) |
| 9.1.1                   | 灯全灭                 | (65) |
| 9.1.2                   | 部分点亮                | (66) |
| 9.1.3                   | 灯闪烁                 | (66) |
| 9.1.4                   | 简单花样                | (66) |
| 9.1.5                   | “双龙吐珠”花样            | (67) |
| 9.1.6                   | 发声                  | (68) |
| 9.1.7                   | 最简单乐曲               | (68) |
| 9.1.8                   | 声光混合                | (70) |
| 9.1.9                   | 定时器发声               | (71) |
| 9.2                     | 数显模块程序              | (72) |
| 9.2.1                   | 显示数字“5555”          | (72) |
| 9.2.2                   | 显示数字“4321”和字母“HAPY” | (73) |
| 9.2.3                   | 智能计数器和频率计           | (74) |
| 9.3                     | 汽车信号灯程序             | (79) |
| 9.3.1                   | 按键等待                | (79) |
| 9.3.2                   | 按键以后灯闪烁             | (79) |
| 9.3.3                   | 闪烁 16 次             | (80) |
| 9.3.4                   | 汽车信号灯控制程序           | (80) |
| <b>第10章 SLBX 系统功能扩展</b> |                     |      |
| 10.1                    | 仿真                  | (83) |
| 10.1.1                  | 仿真方式 1              | (83) |
| 10.1.2                  | 仿真方式 2              | (84) |
| 10.1.3                  | 仿真方式 3              | (84) |
| 10.2                    | 程序阅读器               | (84) |
| 10.3                    | EPROM 写入器           | (85) |



|             |                                |      |
|-------------|--------------------------------|------|
| 10.4        | 程序复制器 .....                    | (85) |
| 10.5        | 与微机通信 .....                    | (85) |
| 10.6        | 模块的其它应用 .....                  | (85) |
| 附录 I        | 印刷电路板设计基本知识 .....              | (86) |
| 附录 II       | 电路 CAD 设计软件包 TANGO II 介绍 ..... | (86) |
| <b>参考书目</b> |                                |      |

电脑即电子计算机,其种类繁多,用途各异。按照应用目的,电脑可分成两大类:数据处理电脑和工业控制电脑。

## 一、数据处理电脑

数据处理电脑有各种规格和型号。其中我们在办公室里常见到的那种称为微电脑或微机,也称个人计算机。它是电脑家族中用得最广泛的一种。这一类电脑主要处理文字字符和数字,它们主要进行两大类工作:科学计算和信息管理。科学计算主要处理数字并完成复杂的计算。例如人造卫星的轨道计算,天气预报的计算,高楼或大桥的结构计算……。信息管理主要处理文字符号和大量的数字,完成运算简单而计算量庞大的计算,以及各种信息的保管和调度。例如财务会计、股票行情、人事档案、图书馆资料、客运订票、银行管理等等。平时用微机写一封信,打印一篇报告等属于办公室自动化系统,也列入信息管理这个大范畴。

这类电脑的使用人员通称为软件工作人员,他们分成系统管理员、编程人员以及操作人员。一般来说管理员和编程人员的水平比操作人员高得多,前者能完成后者的工作,反之则不行。科学计算的软件人员具有他们那一领域的专门知识,尤其编程人员大多是该领域中的专家。信息管理中操作人员是电脑工作者中最庞大的一支队伍,他们包括会计、民航售票员、售货员、秘书、宾馆工作人员、记者和作家等。

## 二、工业控制电脑

工业控制电脑大多是小型电脑,一般称为工业控制微电脑。它们主要处理电信号,这些电信号都是由机械动作、压力、温度等通过专门的传感器转变而来的。电脑对输入的电信号进行逻辑处理和计算,在特定的时刻输出各种电信号去控制工业设备的动作或其它功能,或者在显示器上显示工业设备的工作情况。工业控制电脑的一个最常见的例子就是家中的录象机。录象带自动装入和退出、快进、快退、放象、暂停、慢放、快放等一系列复杂的机械动作实际上是由微电脑控制的。

工业控制电脑大多是自动工作的,所以操作较简单,一般没有专门的电脑操作员。但是工业控制电脑的设计制造和程序编制较为复杂,需要这方面的专业工作人员。

工业控制电脑种类也极多,以单片微电脑为核心的系统是其中的佼佼者。关于单片微电脑的发展、市场和实质内容在本书第六章和第八章中介绍。它的主要的应用领域有:

1. 机电一体化的智能产品。如录象机的机械部分,电脑打字机、收款机、电脑绣花缝纫机、高级音响的机械部分等。由于单片微电脑的使用,大大简化了老式的机械结构装置。

2. 智能仪表。使用单片微电脑后使得各种工业仪表显示数字化,并有其它多种功能,例如具有数据储存、打印、误差校正等。有些智能仪表具有与微机的接口,使得仪表数据能传输给微机。此外,它还可以对工业设备的长期运行状态进行分析和资料保存。

3. 工业测控系统。用单片微电脑可以组成工业控制机。例如现在工业控制中大量使用的“可编程控制器”很多使用了单片微电脑。它们的应用大大地简化了老式的继电器控制柜。属于这个应用范围的还有多点数据采集系统。它可以对分布在不同点上的物理参数进行测量、收集、处理并作出相应的反应。例如报警、开关控制等,或印出报表和数据。

4. 数控加工设备和机器人。使用单片微电脑使得过去的数控加工设备性能更完善。汽车工业中大量使用的机器人的核心控制也多数应用单片微电脑。

5. 界面接口。当今工业控制系统中使用了大量的数字设备,例如微机、打印机、数控加工中心、机器人、流水线。这些设备之间的数据传输需要有界面接口以保证传输的正确性。在一些复杂的界面接口中应用单片微电脑往往是一种很经济的手段。

事实说明,只要用单片微电脑来开发一项产品一定是一项技术含量高、经济效益好的产品。

由于单片机的功能十分丰富,所以单片机的知识内容十分庞杂;加之这些知识内容之间没有逻辑联系,所以仅从书本的理论去学习单片机是很困难的。只有自己动手装配过单片机的系统才能真正掌握单片机的知识。为此我们精心设计了一套单片机的开发应用系统——SLBX系统。该系统适合于培训班使用,也适合于读者自我培训。系统中采用的单片微电脑是Intel公司的8031芯片,它属于MCS-51系列,是目前国内外应用得最广泛的单片微电脑。国内关于MCS-51系列单片微电脑的书刊特别丰富,资料俱全。鉴于这种形势,本书将主要介绍硬件线路和主要的指令及软件。内容的起点较低,着重实际,适合于初学者。

# 第1章 预备知识

## 1.1 数制

### 1.1.1 二进制

二进制只有两个记数符号 0、1,逢 2 进 1。有时在二进制数后面加 B 来表示是二进制数。例如 11010010B 是一个 8 位二进制数,它等于十进制数 210。

十进制整数转换成二进制一般用除 2 求余法。例如 87 转成二进制,将它不断除 2,获得的余数为 1,1,1,0,1,0,1。将先获得的余数作为低位,全部合并,获得二进制数 1010111B。

二进制整数转换成十进制时比较简单。只要熟记 2 进制中每一位的位权值,然后将二进制数中有 1 的位权值相加即可。二进制的位权值由低至高是 1、2、4、8、16、32、64、128、256…。例如 10111011B 它的十进制值为  $128+32+16+8+2+1=187$ 。

二进制是数字电路和电脑技术的基础。通常用电压信号代表二进制的数。例如电压为 +5V 代表 1,电压为 0V 代表 0。

### 1.1.2 十六进制

十六进制有 16 个记数符号 0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,A,B,C,D,E,F,分别相当于十进制的 0~15 的值。十六进制逢 16 进位。数后附加 H 表示十六进制数,例如 8FH,它相当于十进制的 143。

十进制数转换成十六进制也是用除 16 求余法例如 3000 连续除 16 得余数为 8,11,11。注意到 11 对应十六进制数中的记数符号为 B,而且先获得的是低位,得到十六进制数为 BB8H。

十六进制转换成十进制时,是将每位的数乘该位的位权值,然后求总和。位权值由低至高为 1,16,16×16,16×16×16,16×16×16×16,……。例如,54AFH 等于  $5\times 16\times 16\times 16+4\times 16\times 16+10\times 16+15\times 1=21679$ 。

二进制和十六进制之间的转换特别容易。由低至高每 4 位二进制改写成 1 位十六进制即可。例如 101 0011 1101 B,每 4 位一段,最高的 3 位加 0 补齐成 4 位,变成 0101 0011 1101,再写成十六进制变成 53DH。反之也很容易。十六进制在电脑技术中广泛应用,主要用来表达二进制数。

### 1.1.3 BCD 码

BCD 码不是一种数制,它是用二进制的编码表示十进制数。所以 BCD 码不能直接进行运算。一般用于数码显示的接口中。每位十进制数用 4 位二进制表示,0~9 的 BCD 码为 0000, 0001, 0010, 0011, 0100, 0101, 0110, 0111, 1000, 1001。还有 6 种状态对于 BCD 码是非法的。

### 1.1.4 位,字节

所谓“位”(bit)是指二进制数的位。例如 1101B 是 4 位。SLBX 系统处理的都是 8 位二进制数。

8 位二进制数被定义成一个字节(Byte)。字节是计算机技术中最常用的单位。数据的存储量,处理速度都以字节为单位。常用的表示存储器容量的单位是 KB,称为千字节。一个 KB 的实际值是 1024 个字节。

## 1.2 数字电路,集成电路芯片

### 1.2.1 数字电路

数字电路技术和电脑技术处理的都是数字信号。数字信号有 0、1,高阻态。电路中用一定的信号电压代表 1,用 0V 左右的信号电压代表 0。无电压的开路为高阻态。通常称高信号电压为高电位或高电平,常用 1 或 H 表示。低电位或低电平用 0 或 L 表示。高低电平的确切电压值将在 1.2.2 节中说明。与数字电路技术相对应的是模拟电路技术,它处理信号由 0 到某个值中间的任意值。信号可连续变化,如声音信号。数字信号常用 D 表示,模拟信号常用 A 表示。

集成电路芯片也分成数字电路的和模拟电路的。例如运算放大器以及录音机、电视机中常用的一些芯片都是模拟电路芯片。电脑中用的芯片大部分是数字电路芯片。

### 1.2.2 集成电路芯片

集成电路芯片常称为 IC,用得最多的是陶瓷扁平封装双列直插式。引脚编号如图 1.1 所示。芯片上的缺口是识别引脚编号的标志。从芯片印字面看去缺口置于左方时,编号由缺口左下方逆时针方向排序。大部分数字电路用到的芯片使用电压为 5V。用得最多的芯片为 TTL 型和 CMOS 型。引脚横向距离为 2.54mm。两列间距为 7.62mm 和 15.24mm 等。

TTL 全称为晶体管-晶体管逻辑,用得最普遍的是 74LSXX 系列。CMOS 全称为互补金属氧化半导体,用得最普遍的型号是 40XX 系列和 45XX 系列。SLBX 系统中用的大多是 TTL 芯片。TTL 的高电平定义值为 2.4V~5V,低电平定义值为 0V~0.4V。这样定义的高低电平称为 TTL 电平。TTL 芯片比 CMOS 芯片处理时间快,输出的驱动能力大,通常能达十几毫安。CMOS 芯片的优点是耗电极小,输入阻抗高。两种芯片混用时要注意它们的兼容性。对于 CMOS 芯片,高电平的下限要提到 4V 左右。还应注意 CMOS 芯片输出的驱动能力仅为 3mA 左右。

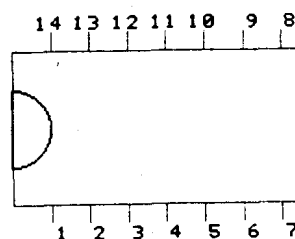


图 1.1 芯片引脚编号方式

应明确了解集成电路芯片的输入要求。大部分芯片的输入是对电平变化起作用。由 H→L。

称为下降沿, L→H 称为上升沿。有的芯片输入端仅对电平高低起作用。这是两种不同的输入信号概念。

### 1.3 印刷电路板

印刷电路是由粘贴在绝缘板基上的铜箔腐蚀而成的, 简称为 PCB。分为单面板、双面板和多层板。置元件的一面称为元件面或上面, 焊接面称为底面。单面板较简单, 但由于布线困难, 有时单面板上要焊导线作为电路的通路, 俗称跳线。双面板上孔的两面的线路是导通的, 称为孔化。所以如果用钻头将孔扩大时会将孔化层破坏掉。这一点须特别注意。

印刷电路板多由计算机辅助设计而成, 目前流行的印刷电路板设计软件是 TANGO。印刷电路板设计知识将在附录中介绍。

## 第2章 稳压电源,信号源和逻辑测试器

本章介绍模块 SLBX0, 线路板上包括三个互不相关的独立部分: 稳压电源、信号源和逻辑测试器。线路原理图见图 2.1 的(a)、(b)、(c)。印刷电路板图见图 2.2。元器件安装位置图见图 2.3。

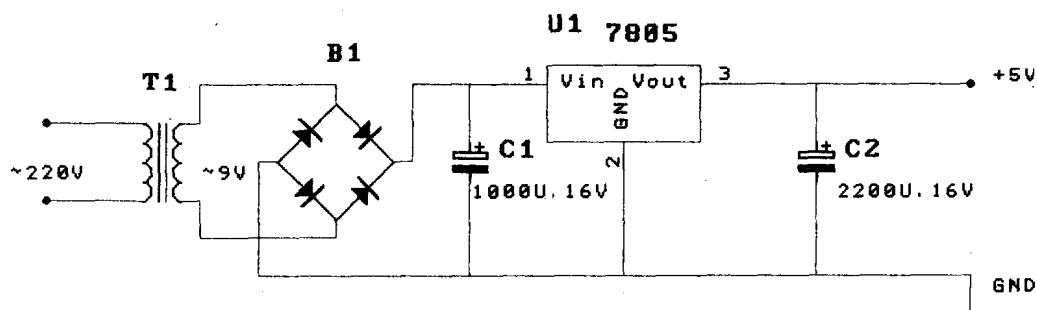


图 2.1(a) 稳压电源原理图

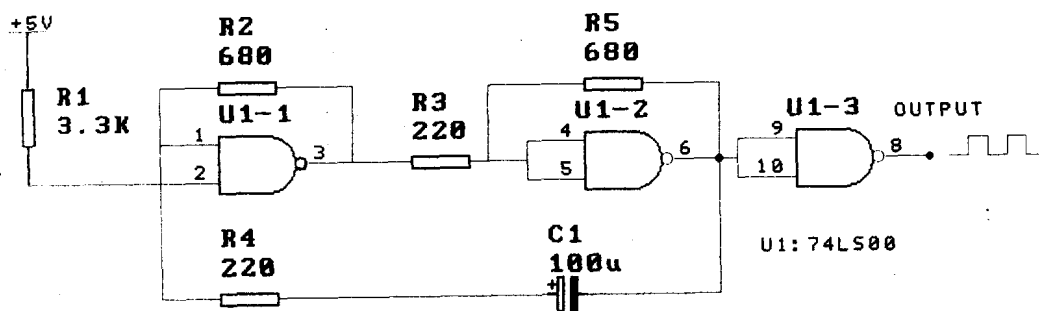


图 2.1(b) 信号源原理图

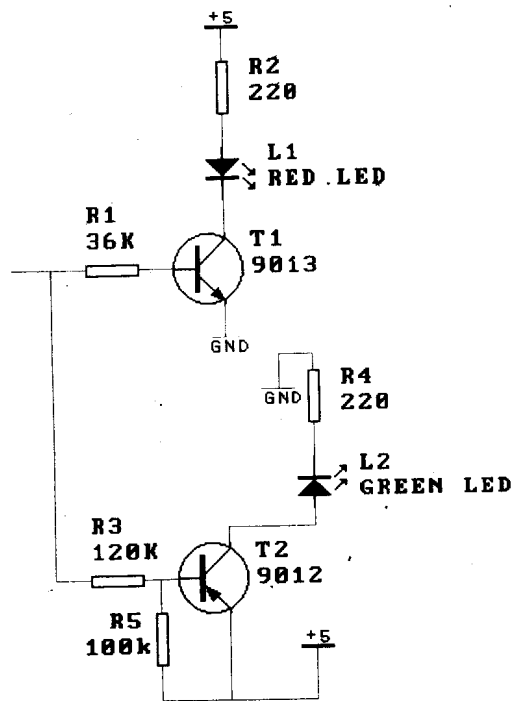


图 2.1(c) 逻辑测试器原理图

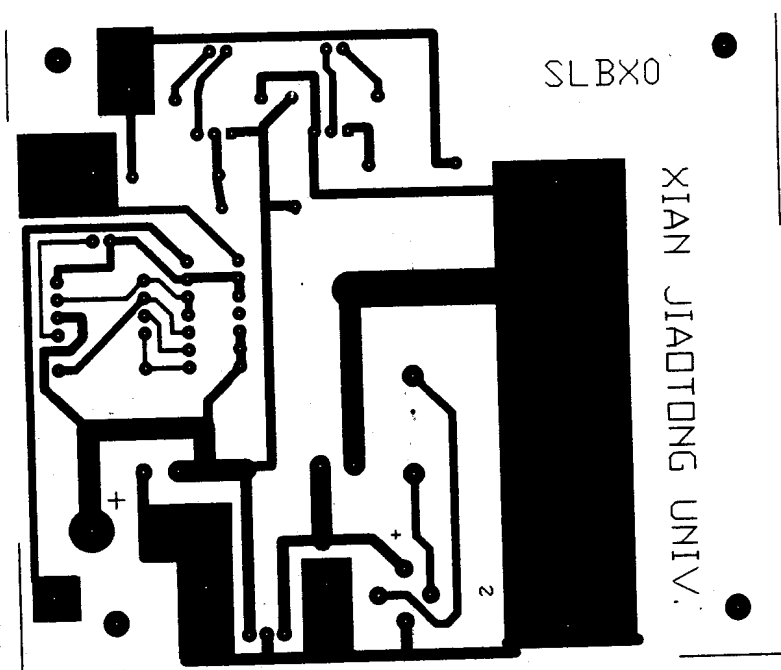


图 2.2 SLBX0 模块印刷电路板图



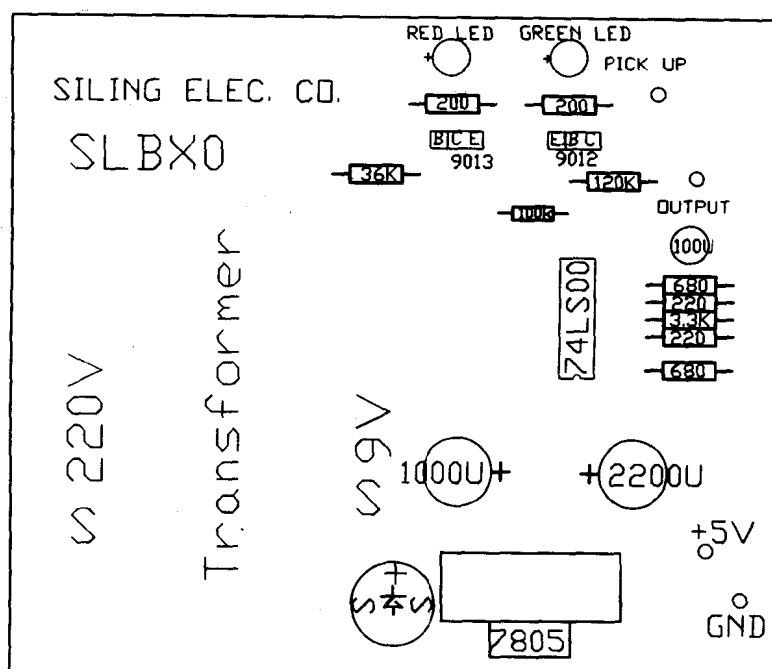


图 2.3 SLBX0 模块元件布置图

## 2.1 稳压电源

### 2.1.1 稳压电源原理

稳压电源原理图见图 2.1(a), 其中 T1 是电源变压器, B1 是整流硅桥, C1 和 C2 是电解电容, U1 是三端稳压器, 也称三端稳压块。图左端为输入, 右端为输出。输入端“~220V”表示使用交流电 220V, 也就是平时家庭和办公室中的电源。输出端“+5V”和“GND”表示这两端可提供直流 5V 的电源。其中“+5V”端为正极, “GND”端为负极。在数字电路技术中一般使用 5V 直流电, 并称负极为接地端或地线, 记为 G 或 GND, 它是英文 Ground(地)的简写。原理图中以符号  $\perp$  表示。

地线或接地端在本装置中并不表示要和大地、水管、市电插座中的接地端连接,它仅仅是5V 直流电中的负极的另一个名称而已。SLBX0 模块中的稳压电源输入端为220V 交流电,属于高电压,对人有生命危险,千万不能在带电情况下触摸这部分的裸露的铜线。除此之外,整个SLBX 系统的其余地方都是可以放心接触的。

图 2.1(a)中 T1 是电源变压器,它的符号图如图 2.4。它是由漆包铜线缠绕于硅钢片上组成的。输入线圈,称为初级线圈,输出的称为次级。电源变压器一般用于将 220V 交流电电压降下来,变为低电压交流电。电源变压器的基本指标有两个:输出电压和功率。我们选用的变压器输出为 9V,功率为 5W(5 瓦)。5W 功率表示大约能提供 600mA 电流而不发热。选购电源变压器时它的质量

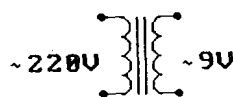


图 2.4 电源变压器符号