

智能电子产品 设计与制作

谢完成 主编

02

 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

智能电子产品设计与制作

主 编 谢完成

副主编 谢 平

内 容 简 介

本教材以电子企业的真实项目和产品为载体,融入国家职业标准和电子设计的主流器件、新技术、新工具等新内容,并结合企业的操作技能、素养要求和工艺标准,完成了教材的结构与内容。按照职业成长规律与认知学习规律,本书内容由易到难、由简单到复杂。

本教材的项目形式多样,既有用到电子技术知识的逻辑电路设计项目,也有用到C语言编程的单片机设计项目,还有用到EDA技术的综合开发项目。每个项目都完全以工作过程为导向,内容包括了项目描述、资讯、设计、实施、评价等完整的教学环节,有利于开展基于工作过程和项目驱动的教学。

本教材注重技术的实际应用,讲求实战。教材实践操作部分描述详细,读者按部就班,就可轻松完成项目实施。同时,本书理论知识详实。解构到每个项目资讯内容中的理论讲解,深入浅出,通俗易懂。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

智能电子产品设计与制作 / 谢完成主编. —北京:北京理工大学出版社, 2016. 8
ISBN 978 - 7 - 5682 - 1113 - 0

I. ①智… II. ①谢… III. ①电子产品 - 智能设计 - 高等学校 - 教材 IV. ①TN02

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第195233号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

(010) 82562903 (教材售后服务热线)

(010) 68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京泽宇印刷有限公司

开 本 / 787毫米×1092毫米 1/16

印 张 / 9.5

字 数 / 220千字

版 次 / 2016年8月第1版 2016年8月第1次印刷

定 价 / 35.00元

责任编辑 / 张慧峰

文案编辑 / 张慧峰

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 李志强

图书出现印装质量问题,请拨打售后服务热线,本社负责调换

前言

Preface

随着科技的不断进步，现代电子技术飞速发展，新器件不断涌现，电子产品日新月异，其技术含量不断提高，这就要求相关从业人员要具备全面的电子技术技能。通过对企业调研发现，电子信息类企业从业人员广泛分布在电路原理设计、印制电路板设计、产品调试等电子产品设计制造过程的各种岗位。这些工作岗位不仅对专业技术有相当高的要求，还对职业素养有更高的要求。同时，这些岗位的工作呈现系列化、层次化等特点，能够很好地帮助现代电子信息大类专业毕业生实现首岗适应、多岗迁移、持续发展的培养目标。

在内容选取上，本教材针对智能电子产品设计与制作从业岗位，以企业的电子产品设计和制作过程为主线，体现了职业岗位对知识、技能和素质的高要求；在内容排序上，本教材按照“电子产品设计制造流程”组织教材内容，结合了电子产品设计制作工作实际，体现了工作过程导向的特点；在内容组织上，本教材通过项目描述、项目分析、项目实施等环节，为项目实施提供知识、技能准备，体现了工学结合的理念。

本教材主要内容包括基于数码管的秒计数器设计、基于字符液晶的秒计数器设计、可控秒计数器设计、电子密码锁控制器设计、智能电子钟的设计与制作、智能循迹避障智能车的设计与制作、超声波测距仪的设计与制作、智能交通灯控制器的设计与制作，共计八个项目。

本教材按项目组织内容，每个项目又分为项目描述、项目分析、项目实施等环节。本书在编写过程中注重理论与实践相结合的原则，并充分考虑岗位适应性问题，强调学以致用、学而能用，努力实现教学与实践零距离。同时，本书充分关注岗位专业知识的相对系统性，注重学生的职业道德素养、科学素养及可持续发展能力，以求达到高等应用教育的水准。

本教材由谢完成担任主编，谢平担任副主编。本教材在编写过程中，得到了湖南省科瑞特科技有限公司的大力帮助以及贺晓华、谢轩等老师的大力支持。在此，向他们的辛勤付出深表谢意。

由于电子产品更新迅猛，设计技术随之发展迅速，加之编者水平、经验有限，书中疏漏和错误之处在所难免，敬请读者批评指正。

编者

目 录

Contents

► 项目1 基于数码管的秒计数器设计	1
1.1 项目描述	1
1.2 项目分析	1
1.3 数码管显示接口知识	2
1.3.1 数码管结构和工作原理	2
1.3.2 数码管显示方式	5
1.4 项目实施	8
1.4.1 器件选型	8
1.4.2 硬件电路设计	12
1.4.3 软件设计	13
1.5 想一想,做一做	15
► 项目2 基于字符液晶的秒计数器设计	16
2.1 项目描述	16
2.2 项目分析	16
2.3 液晶显示接口知识	16
2.3.1 液晶显示的原理和分类	16
2.3.2 字符液晶显示模块及接口设计	17
2.4 项目实施	21
2.4.1 硬件电路设计	21
2.4.2 软件设计	21
2.5 想一想,做一做	28
► 项目3 可控秒计数器设计	29
3.1 项目描述	29
3.2 项目分析	29
3.3 键盘接口知识	29
3.3.1 键盘接口基础知识	29
3.3.2 独立式键盘接口设计	30
3.4 项目实施	32
3.4.1 硬件电路设计	32

3.4.2	软件设计	33
3.5	想一想, 做一做	34
►	项目4 电子密码锁控制器设计	35
4.1	项目描述	35
4.2	项目分析	35
4.3	矩阵键盘接口知识	36
4.3.1	矩阵式键盘的工作原理	36
4.3.2	矩阵式键盘的程序设计	37
4.4	项目实施	39
4.4.1	硬件电路设计	39
4.4.2	软件设计	39
4.5	想一想, 做一做	44
►	项目5 智能电子钟的设计与制作	45
5.1	项目描述	45
5.2	项目实施	45
5.2.1	方案设计	45
5.2.2	硬件电路设计	46
5.2.3	软件设计	47
5.2.4	设计文件编写	47
5.3	项目实施评价表	49
5.4	拓展知识	50
5.4.1	点阵LED接口设计	50
5.4.2	常用日历时钟芯片简介	59
5.5	想一想, 做一做	66
►	项目6 循迹避障智能车的设计与制作	67
6.1	项目描述	67
6.2	理论知识	68
6.2.1	巡线原理介绍	68
6.2.2	巡线传感器常见种类	70
6.2.3	避障种类	71
6.2.4	小车的行进	73
6.2.5	红外传感器介绍	74
6.2.6	元件介绍	77
6.3	项目原理	78
6.3.1	项目框图	78
6.3.2	功能电路图	79

6.3.3	项目 PCB 图	81
6.3.4	元件清单	83
6.3.5	软件流程	84
6.4	项目装配调试	84
6.4.1	单板调试	84
6.4.2	整机装配	87
6.4.3	整机调试	87
6.4.4	常见故障	88
6.5	想一想, 做一做	88
►	项目 7 超声波测距仪的设计与制作	90
7.1	项目描述	90
7.2	理论知识	91
7.2.1	实时距离测量的种类	91
7.2.2	超声波测距原理	94
7.2.3	元器件介绍	95
7.3	项目原理	97
7.3.1	项目框图	97
7.3.2	功能电路图	98
7.3.3	项目 PCB 图	102
7.3.4	元件清单	104
7.4	项目调试	105
7.4.1	单板调试	105
7.4.2	整机装配	107
7.4.3	整机调试	108
7.4.4	整机检测	108
7.5	基于超声波测距的自动跟车智能车设计	109
7.5.1	系统框图	109
7.5.2	距离的检测	109
7.5.3	速度的检测	110
7.5.4	车辆的驱动	110
7.5.5	软件流程	110
7.5.6	程序代码	110
7.6	想一想, 做一做	112
►	项目 8 智能交通灯控制器的设计与制作	113
8.1	项目描述	113
8.2	项目资讯	113
8.2.1	认识 VHDL 语言	114

8.2.2	VHDL 的程序基本结构	114
8.2.3	VHDL 语言基本要素	118
8.2.4	并行信号赋值语句	123
8.2.5	什么是状态机	126
8.2.6	为什么要使用状态机	127
8.2.7	如何设计状态机	127
8.2.8	状态机 VHDL 设计的一般方法	127
8.2.9	Moore 状态机	130
8.3	项目设计	132
8.3.1	功能分析	132
8.3.2	硬件设计	132
8.3.3	软件设计	133
8.4	项目实施	136
8.4.1	硬件平台准备	136
8.4.2	Quartus II 设计过程	136
8.4.3	硬件电路调试及排故	138
8.5	项目总结	138
8.6	想一想, 做一做	139
▶	参考文献	140

项目 1

基于数码管的秒计数器设计

1.1 项目描述

基于 51 系列单片机设计一个 LED 数码管显示的 60 秒倒计时器，倒计时到零时停止计时，并进行声光报警。

1.2 项目分析

根据任务要求，秒计数器应由单片机最小系统、显示器及报警电路三部分构成，其结构图如图 1-1 所示。

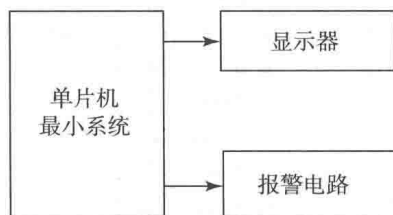


图 1-1 秒计数器的系统结构框图

要实现该任务，需要解决数码管的选型和接口问题以及秒信号的产生问题。秒信号可以通过单片机的定时器产生，而对于数码管的显示接口，需要了解数码管的基本结构和工作原理、单片机的接口方式和显示程序的设计方法。下面重点介绍数码管显示的相关知识。

1.3 数码管显示接口知识

1.3.1 数码管结构和工作原理

LED 数码管的种类很多，可分为一位数码管、二位连体数码管及多位连体数码管，还可根据字形分为 8 字形、米字形等。其颜色也多种多样，有红色、绿色、黄色等，如图 1-2 所示。

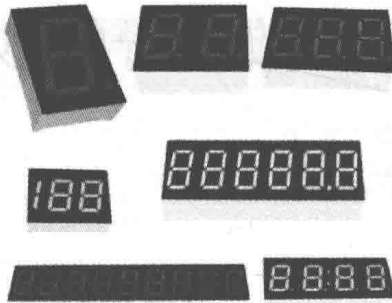


图 1-2 数码管外形图

无论 LED 数码管的外形如何，它的内部都是由多个发光二极管组成的。根据内部二极管连接方式，LED 数码管在结构上又分为共阴极型和共阳极型两种。共阴极型内部发光二极管阴极连在一起，接低电平；共阳极型内部发光二极管阳极连在一起，接高电平。单个数码管内部共有八只发光二极管，七只为字段，可组成字形，第八个为小数点。故有人称单个数码管为七段数码显示，也有人称之为八段显示。如图 1-3 所示，(a) 为数码管引脚及外型图，(b) 为共阴极型 LED 内部电路图，(c) 为共阳极型 LED 内部电路图。

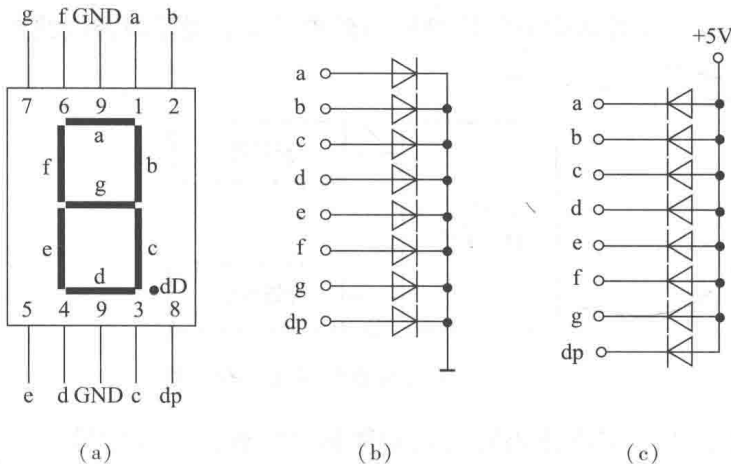


图 1-3 数码管结构图

由图 1-3 (a) 可见，a、b、c、d、e、f、g 分别为七个发光段引脚，dp 为小数点引脚。9 脚接电源或接地，共 10 个引脚。数码管工作时每段需串联一个限流电阻，而不能用一个

电阻放在共阳极或共阴极端，否则，由于各发光段的参数不同，容易引起某段过流而烧坏数码管。另外，电阻值的选取只要保证管子正常发光即可。一般单个数码管电流控制在 10 ~ 20mA 较合适。电流太大会加大耗电量，而电流太小又无法得到足够的发光度。

按发光原理，数码管可分成两种：共阴极型如图 1-3 (b) 所示，a、b、c、d、e、f、g 各引脚输入高电平有效，即只要哪个引脚输入为高电平，对应的二极管就会发亮；共阳极型如图 1-3 (c) 所示，a、b、c、d、e、f、g 各引脚输入低电平有效，即只要哪个引脚输入为低电平，对应的二极管就会发亮。通过点亮不同的发光段可组成不同的字形。输入到数码管 a、b、c、d、e、f、g、dp 的二进制码称为字段码（或称字形码），数码管显示的结果为字形。表 1-1 给出了各种显示字形与共阳极和共阴极两种接法下字段码的对应关系。

表 1-1 中，各发光段 a、b、c、d、e、f、g 及 dp 与数据线的对应关系是 D0 ~ D7，即 a 对应 D0，b 对应 D1，……，dp 对应 D7。各段与管脚的对应关系如图 1-4 所示，引脚 a、b、c、d、e、f、g、dp 按顺序分别接于单片机 P1 口的 P1.0 ~ P1.7。由于 P1 口在输出时具有锁存功能，只要用指令向 P1 口送出字段码，数码管就可显示出所需字形。例如，采用共阴极数码管，若 P1 = 0x3F，则数码管显示“0”；采用共阳极数码管，若 P1 = 0x88 则显示“A”。

表 1-1 LED 数码管显示字形与字段码关系

显示字形	共阳极字段码	共阴极字段码
0	C0H	3FH
1	F9H	06H
2	A4H	5BH
3	B0H	4FH
4	99H	66H
5	92H	6DH
6	82H	7DH
7	F8H	07H
8	80H	7FH
9	90H	6FH
A	88H	77H
B	83H	7CH
C	C6H	39H
D	A1H	5EH
E	86H	79H
F	8EH	71H
“灭”	FFH	00H

例 1：利用一位共阴极数码管，按图 1-4 (b) 接口电路图，设计实现一个十秒计时器，显示数值为 0 ~ 9，每个数值显示时间为一秒钟。

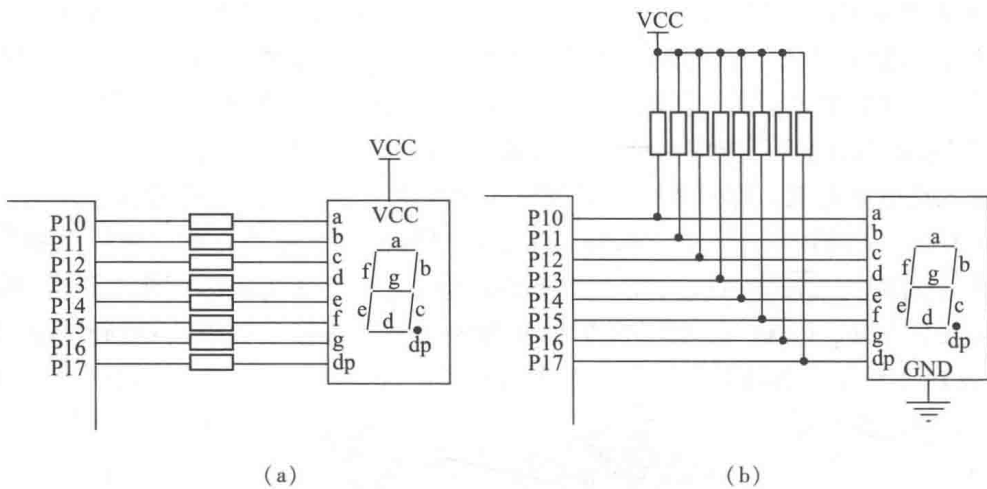


图 1-4 数码管显示接口电路图

(a) 共阳极数码管显示接口电路；(b) 共阴极数码管显示接口电路

解析：本程序可分为主程序和定时中断程序两个模块，主程序和定时中断程序流程图如图 1-5 所示。

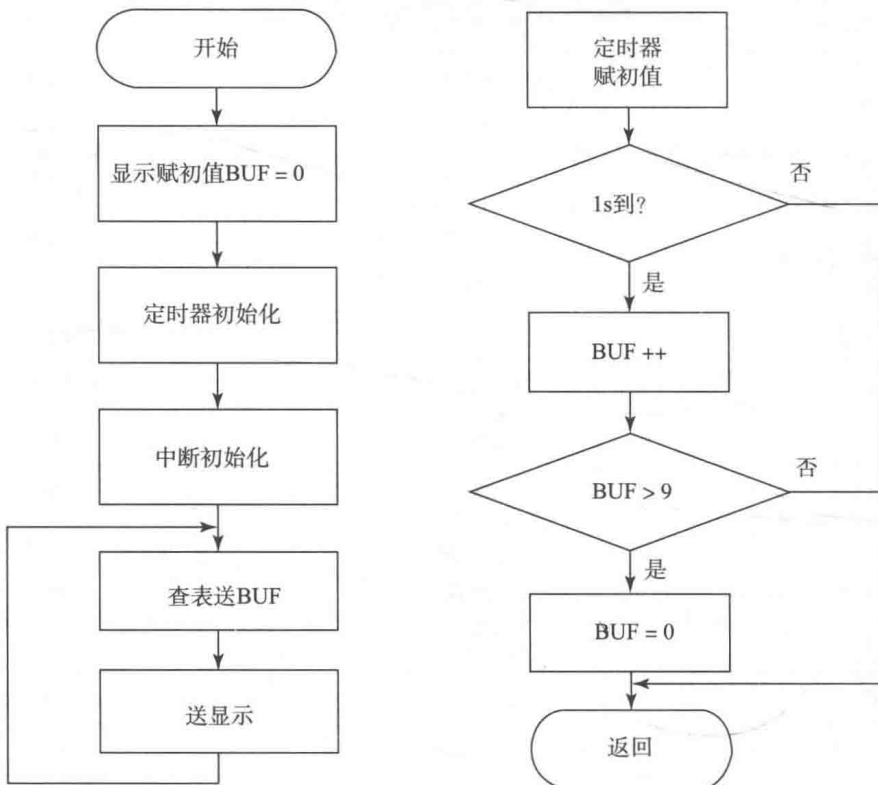


图 1-5 秒计数显示程序流程图

参考程序如下：

```
#define uchar unsigned char
uchar led_tab[10] = {0x3F,0x06,0x5B,0x4F,0x66,0x6D,0x7D,0x07,0x7F,
0x6F};
```

```

uchar buf=0;
uchar ms,sec;
void main(void)
{
    Timeinit();
    while(1)
    {
        P2 = led_tab[buf];
    }
}
void timer0(void) interrupt 1 using 1
{
    TH0 = 0xb0;
    TL0 = 0x3c;
    ms ++;
    if(ms > 99)
    {
        ms = 0;
        sec ++;
        if(sec > 9) sec = 0;
        buf = sec;
    }
}

```

在主程序中，先对定时器 T0 和中断进行初始化，在主循环中根据 buf 单元中的值进行查表显示更新。在定时器 T0 的中断服务程序中，1s 到后，进行秒加 1 计数，当计数值大于 9 时，清 0。最后将计数值保存到 buf 中。这样数码管的显示值就可以随 buf 中值的变化进行显示。

1.3.2 数码管显示方式

多位数码管的显示接口有两种方式：静态显示方式和动态显示方式。

(1) 静态显示方式。

静态显示的特点是每个数码管必须接一个 8 位锁存器来锁存待显示的字形码。送入一次字形码后，显示字形将一直保持到新字形码送入。静态显示接口电路有许多种，图 1-6 就是一个四位数码管的静态显示接口电路，其中每一个数码管接一个 8 位锁存器 74LS373，四个锁存器的锁存端依次接 P2.0 ~ P2.3。当 P2.0 ~ P2.3 中某一根线为低电平时，对应的 LED 可修改显示内容。静态显示的优点是占用 CPU 时间少及便于监测和控制显示；缺点是硬件电路比较复杂、成本较高。所以在进行多位数码管显示时，往往不采用静态显示接口方式。

利用图 1-6 电路实现从左至右显示 2、0、0、8 共四个字形，这些字形以十六进制形式存放在内部 RAM 缓冲区中。源程序如下：

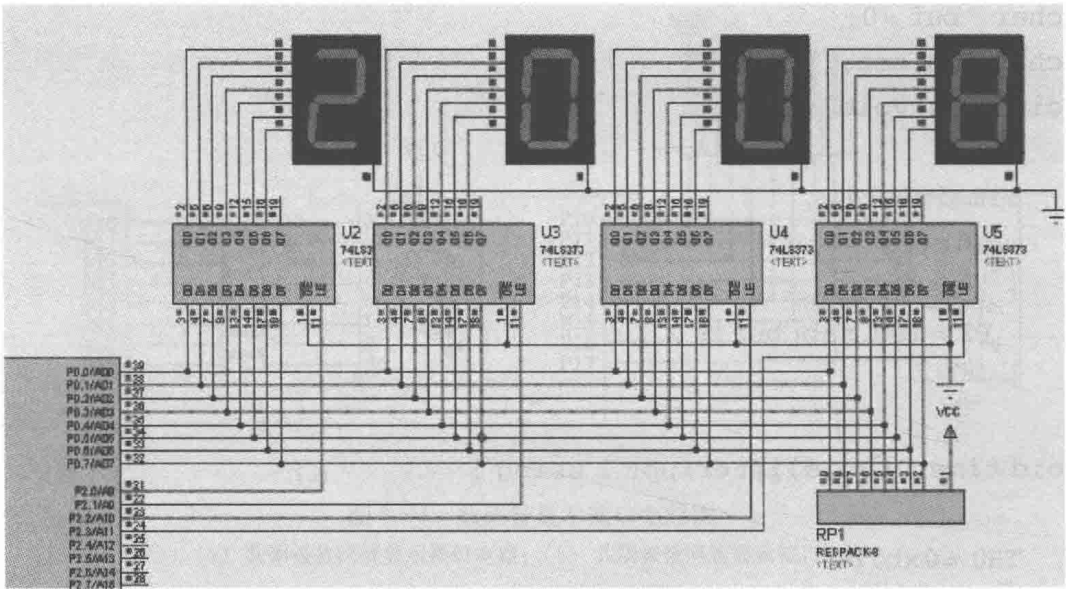


图 1-6 LED 数码管静态显示接口电路

```
#include <at89x51.h >
#define uchar unsigned char
#define uint unsigned int
uchar shuzu_gongyin[4] = {0x5B,0x3F,0x3F,0x7F};
void main()
{
    uchar a,b;
    P2 = 0x00;
    a = 0x01;
    for(b = 0; b < 4; b++)
    {
        P2 = a;
        P0 = shuzu_gongyin[b];
        a = a << 1;
    }
    while(1);
}
```

(2) 动态显示方式。

动态显示的特点是将所有数码管的段选线并联在一起，通过控制位选信号来控制数码管的点亮。这样一来，就没有必要给每一位数码管配一个锁存器，从而大大简化了硬件电路。数码管采用动态扫描显示，即轮流向各位数码管送出字形码和相应的位选，利用发光管的余辉和人眼的视觉暂留作用，使人感觉好像各位数码管在同时显示，因此亮度比静态显示要差一些，所以在选择限流电阻时应略小于静态显示电路中的限流电阻。图 1-7 是一个两位数数码管的动态显示接口电路图。从图中可以看出，两个数码管的段选线并接在一起，接到单片

机的 P2 口，而两个数码管的位选线通过三极管接到单片机的 P3.0 和 P3.1 引脚，由 P3.0、P3.1 两个引脚的输出控制两个数码管的选通。当 P3.0 输出低电平时，Q1 导通，选中左边的数码管；当 P3.1 输出低电平时，Q2 导通，选中右边的数码管。

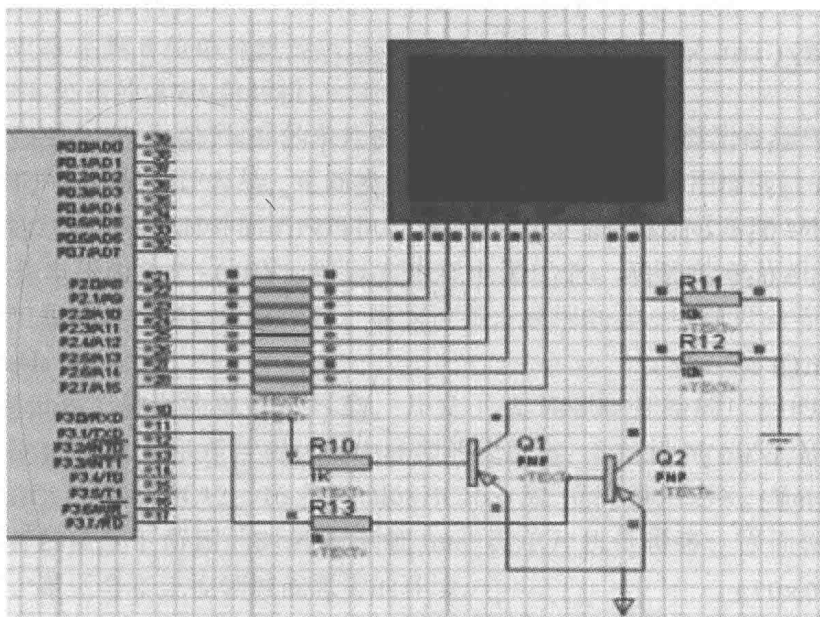


图 1-7 两位 LED 数码管动态显示电路

从图 1-7 我们可以看出，由于所有数码管的段码线共用单片机的 I/O 口，硬件电路得到简化，特别是在数码管数量较多时优点特别明显。

下面以显示 1、2 两个字形为例分析一下动态显示的工作过程：

第 1 步：从 P2 口送出左侧数码管所要显示的段码值。

第 2 步：P3.0 输出低电平，Q1 导通，选中左侧数码管，显示段码值所对应的字形。

第 3 步：延时 3-5ms。

第 4 步：P3.0 输出高电平，关断 Q1。

第 5 步：从 P2 口送出右侧数码管所要显示的段码值。

第 6 步：P3.1 输出低电平，Q2 导通，选中右侧数码管，显示段码值所对应的字形。

第 7 步：延时 3-5ms。

第 8 步：P3.1 输出高电平，关断 Q2。

上面所讲的 1~8 步不断循环，就可以实现数码管动态显示。计算机运行指令的速度是非常快的，第一次显示和第二次显示之间的间隔只有几个毫秒，又由于发光管的余辉和人眼的视觉暂留作用，使人感觉好像各位数码管在同时显示。

根据以上步骤，可以画出显示程序的流程图，如图 1-8 所示。

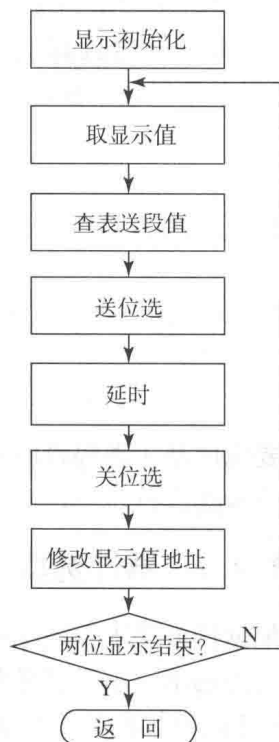


图 1-8 两位数码管动态显示程序流程图

根据两位数码管动态显示程序流程图，实现数码管显示1、2字形的程序如下：

```
#include <at89x51.h>
#define uchar unsigned char
#define uint unsigned int
void delay(int k)
{
    uchar i;
    uchar j;
    for(i=0;i<124;i++)
        for(j=0;j<k;j++);
}
void main()
{
    uint a,b=0;
    while(1)
    {
        b=0x01;
        for(a=0;a<2;a++)
        {
            P2 = ~(b-1);
            P3 = a;
            delay(2);
            b = b << 1;
        }
    }
}
```

1.4 项目实施

要完成基于数码管的秒计数器设计，需按器件选型、硬件电路设计、软件设计和系统调试几个步骤进行。

1.4.1 器件选型

根据任务要求及图1-1秒计数器的系统结构框图，器件的选型主要是单片机的选型和数码管的选型。由于任务没有对数码管提出具体要求，所以可选用两位一体的数码管，如0.5英寸高亮红色共阳极数码管。对单片机的选型，下面作简单的介绍。

1. 单片机品种

单片机品种非常多，较为常用的有以下几种：

(1) 8051 单片机。

8051 单片机最早由 Intel 公司推出,其后,多家公司购买了 8051 的内核,使得以 8051 为内核的 MCU 系列单片机在世界上产量最大,应用也最广泛。比较常用的有 ATMEL 公司的 51 系列单片机,宏晶科技的 STC 系列单片机,PHILIPS 公司的 80C51 系列单片机,华邦公司的 W77、W78 系列 8 位单片机等。

(2) ATMEL 公司的 AVR 单片机。

AVR 是增强型 RISC 内载 Flash 的单片机,芯片上的 Flash 存储器附在用户的产品中,可随时再编程,使用户的产品设计容易,更新换代方便。AVR 单片机采用增强的 RISC 结构,使其具有高速处理能力,在一个时钟周期内可执行复杂的指令,每 MHz 可实现 1MIPS 的处理能力。AVR 单片机工作电压为 2.7~6.0V,可以实现耗电最优化。AVR 的单片机广泛应用于计算机外部设备、工业实时控制、仪器仪表、通信设备、家用电器、宇航设备等各个领域。

(3) Motorola 单片机。

Motorola 是世界上最大的单片机厂商,开发了从 M6800 开始的广泛的品种,包括了 4 位、8 位、16 位甚至 32 位的单片机,其中典型的代表有:8 位机 M6805、M68HC05 系列,8 位增强型 M68HC11、M68HC12,16 位机 M68HC16,32 位机 M683XX。Motorola 单片机的特点之一是在同样的速度下所用的时钟频率较 Intel 类单片机低得多,因而使得高频噪声低,抗干扰能力强,更适合于工控领域或恶劣的环境。

(4) Microchip 单片机。

Microchip 单片机的主要产品是 PIC16C 系列和 17C 系列 8 位单片机,CPU 采用 RISC 结构,分别仅有 33,35,58 条指令,采用 Harvard 双总线结构,运行速度快,工作电压低,功耗低,价格低,输入输出直接驱动能力较大,一次性编程,体积小。适用于用量大,档次低,价格敏感的产品,在办公自动化设备、电子产品、电讯通信、智能仪器仪表、汽车电子、金融电子、工业控制等不同领域都有广泛的应用。PIC 系列单片机在世界单片机市场份额排名中逐年提高,发展非常迅速。

(5) EM78 系列 OTP 型单片机。

台湾义隆电子股份有限公司的 EM78 系列 OTP 型单片机,可以直接替代 PIC16CXX,管脚兼容,软件可转换。

面对众多的单片机,进行机型选择时,通常从单片机的性能要求和单片机的可开发性进行考虑。

2. 单片机的性能要求

选择单片机,首先也是最重要的一点就是考虑功能需求,即设计的对象是什么,要完成什么样的任务,再根据设计任务的复杂程度来决定选择什么样的单片机。在选型时可从下面不同角度进行考虑。

(1) 存储器。

单片机的存储器可分为程序存储器 (ROM) 和数据存储器 (RAM)。

程序存储器是专门用来存放程序和常数的,有掩模 ROM、OTPROM、EPROM、FlashROM 等类型。掩模这种形式的程序存储器适用于成熟、大批量生产的产品,如彩色电视机等家电产品中的单片机。用户把应用程序代码交给半导体制造厂家,单片机在生产时,程序就被固化到芯片中,因此芯片一旦生产出来,程序就无法改变了。采用 EPROM 的单片