

- 常用函数实现
 - 延时函数
 - 独立按键扫描
 - IIC 函数
- 51知识
 - XBYTE
 - 引脚定义
- 数码管代码
- 进制对照表
 - 数码管动态扫描C语言版
- 8155扩展,数码管显示
 - C语言代码
- 点阵屏幕显示C代码
- 独立连接键盘C代码
- 矩阵键盘（线反转法）
- 8155扩展按键，使用行扫描法
- LCD 1602字符液晶工作代码
- 24C04使用 (IIC)
- PCA9544 使用
- ADC0809读取,LCD1602显示显示
 - IO输入时序
 - 定时器输入时序
- DAC0832使用
- 个人代码
 - 实验一 点阵led显示
 - 实验一 多段led显示
 - SPI历程（软件SPI）
 - 1. 硬件连接示意图
 - 2. 完整代码示例
 - 3. 关键代码解析
 - (1) SPI时序控制
 - (2) 字节传输逻辑
 - 4. 扩展功能示例
 - (1) 写入SPI Flash一页数据
 - (2) 读取SPI Flash数据
 - 5. 注意事项
 - 6. 硬件SPI扩展（以STC15系列为例）
- 汇编
 - 一、51汇编语法基础
 - 1. 指令格式
 - 2. 常用伪指令
 - 二、核心指令集
 - 1. 数据传送指令
 - 2. 算术运算指令
 - 3. 逻辑与位操作
 - 4. 控制转移指令

- 三、寻址方式
- 四、开发方案与技巧
 - 1. 程序结构模板
 - 2. 常用代码片段
 - 3. 调试技巧
- 五、注意事项

常用函数实现

延时函数

```
void delay_ms(INT16U x)
{
    INT8U t; while(x--) for(t = 0; t < 120; t++);
}
```

独立按键扫描

```
uchar keybd()
{
    P1=0xFF;
    if(~P1)
    {
        i=(~P1)&0x3F;
        delay_ms(10);           //去抖动
        if(((~P1)&0x3F)==i)
        switch(i){
            case 0x01:i=0;
                        while(~P1);           //等待键释放，下同
                        break;
            case 0x02:i=0;while(~P1);break;
            case 0x04:i=1;while(~P1);break;
            case 0x08:i=2;while(~P1);break;
            case 0x10:i=3;while(~P1);break;
            case 0x20:i=4;while(~P1);break;
            case 0x40:i=5;while(~P1);break;
        }
    }
    return i;
}
```

IIC 函数

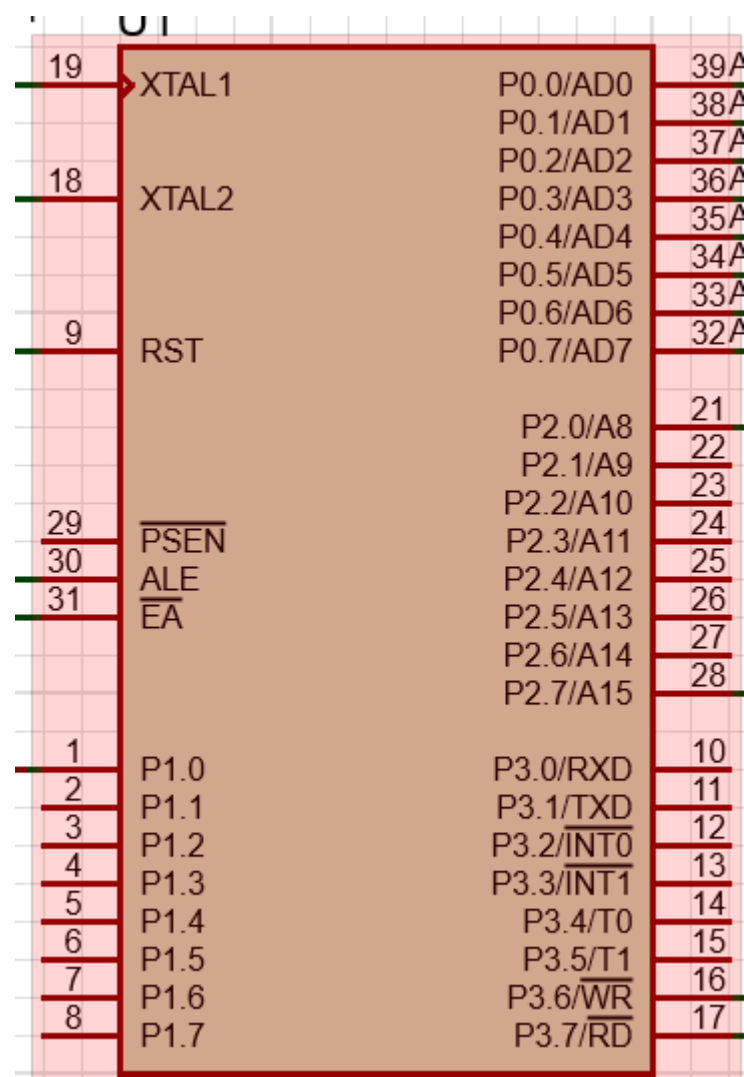
```
//在IIC上产生起始信号
void Start()
{
    SDA=1;
    SCL=1;
    NOP4();    //执行四次NOP（空操作），延时，下同
    SDA=0;
    NOP4();
    SCL=0;
}
//在IIC上产生停止信号
void Stop()
{
    SDA=0;
    SCL=0;
    NOP4();
    SCL=1;
    NOP4();
    SDA=1;
}
//读取应答
void RACK()
{
    SDA=1;
    NOP4();
    SCL=1;
    NOP4();
    SCL=0;
}
//发送非应答信号
void NO_ACK()
{
    SDA=1;
    SCL=1;
    NOP4();
    SCL=0;
    SDA=0;
}
```

51知识

XBYTE

XBYTE 是Keil C51编译器提供的扩展关键字，属于absacc.h头文件中的宏，用于直接访问8051的外部数据存储器空间（XDATA）。其底层实现为：`#define XBYTE ((unsigned char volatile xdata *) 0)` 作用：将外部存储器的16位地址映射为指针，通过数组形式访问 寻址范围：0x0000~0xFFFF（共64KB）

引脚定义



数码管代码

```
//共阳数码管0~9的数字段码表
code INT8U SEG_CODE[] = {0xC0,0xF9,0xA4,0xB0,0x99,0x92,0x82,0xF8,0x80,0x90};

//共阴数码管0~9的数字段码表
code INT8U SEG_CODE[] = {0x3f,0x06,0x5b,0x4f,0x66,0x6d,0x7d,0x07,0x7f,0x6f};
```

进制对照表

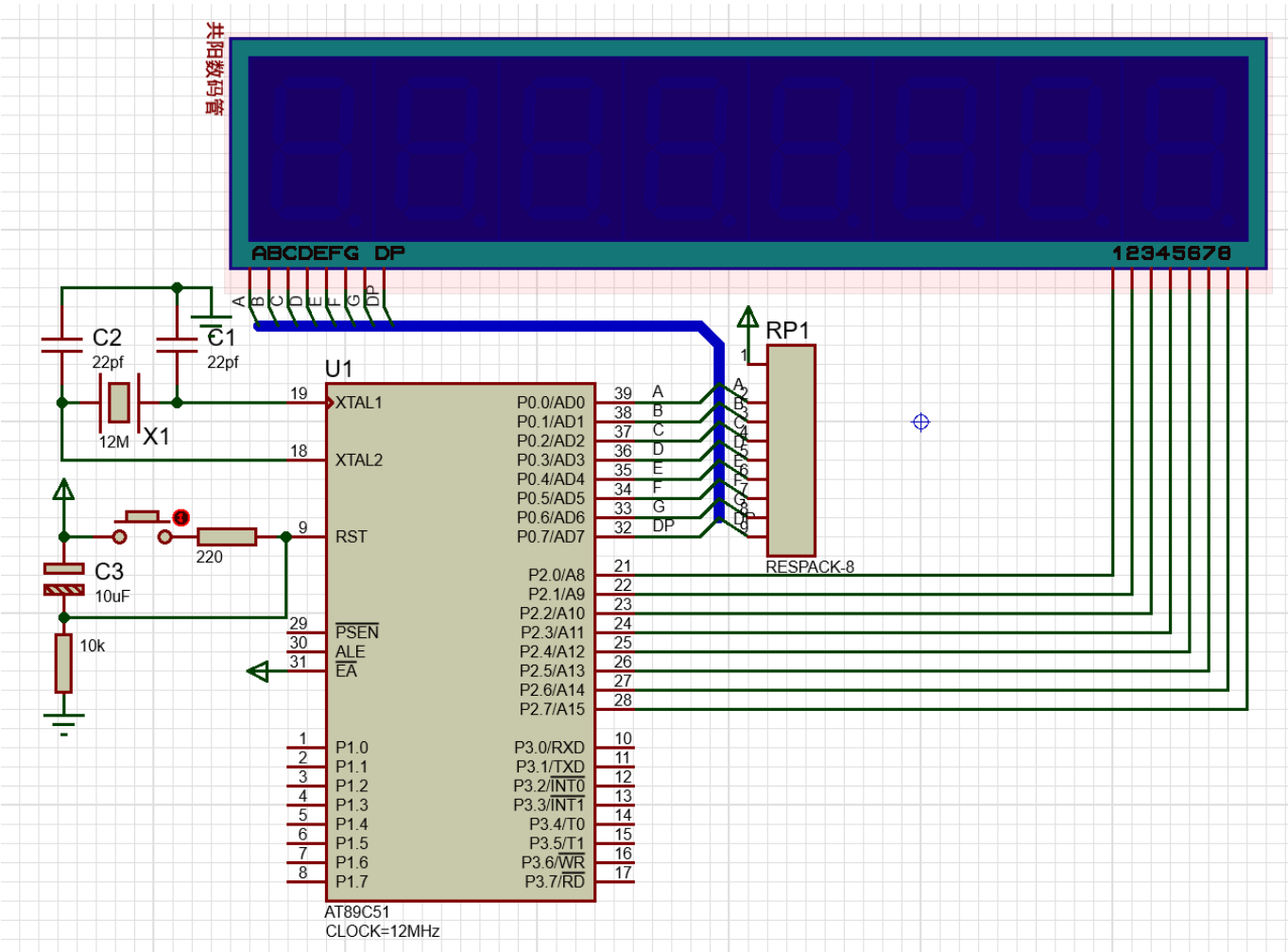
以下是十进制（Dec）、十六进制（Hex）和**4位二进制（Bin）**的完整对照表，覆盖所有16种可能的值（0-15）：

十进制 (Dec)	十六进制 (Hex)	二进制 (4位 Bin)
0	0	0000

十进制 (Dec)	十六进制 (Hex)	二进制 (4位 Bin)
1	1	0001
2	2	0010
3	3	0011
4	4	0100
5	5	0101
6	6	0110
7	7	0111
8	8	1000
9	9	1001
10	A	1010
11	B	1011
12	C	1100
13	D	1101
14	E	1110
15	F	1111

数码管动态扫描C语言版

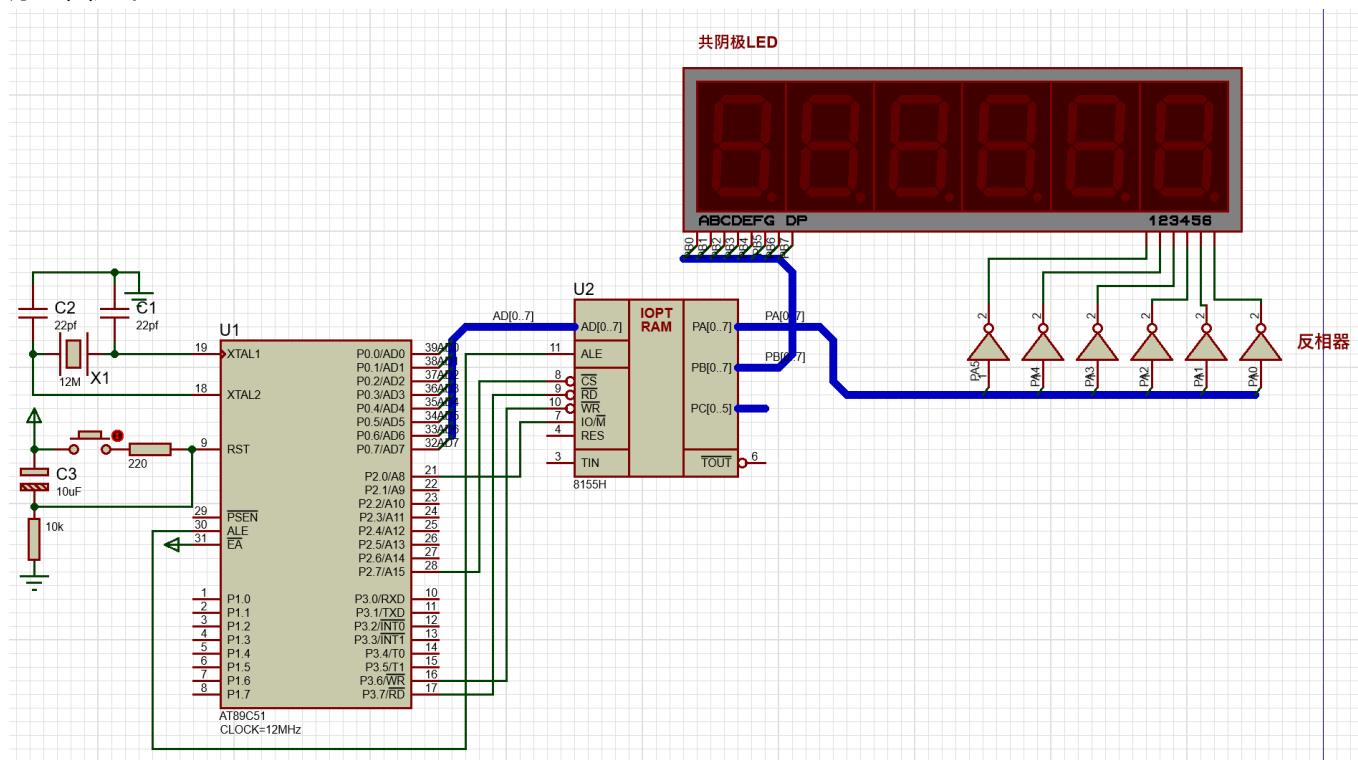
动态扫描原理图：



```
void main()
{
    INT8U i;
    array[3]=1;
    while (1)
    {
        for ( i=0; i<8; i++ ) //扫描显示8位数码管
        { P0= 0xff;           //段码口输出全1, 即先关闭
          P2=1 << i;         //输出位选码      00000001      00000010      00000100
          .... 10000000
          P0=SEG_CODE[array[i]]; //输出段选码
          delay_ms(4);
        }
    }
}
```

8155扩展,数码管显示

原理图如下：



C语言代码

```
#include<reg52.h>
#include<absacc.h>
#include <intrins.h>
#define uchar unsigned char
#define uint unsigned int
#define dula_data XBYTE[0x7f02] //8155 PB口地址
#define wela_data XBYTE[0x7f01] //8155 PA口地址
#define dispcom XBYTE[0x7f00] //8155命令寄存器地址
uchar code table[]={
0x3f,0x06,0x5b,0x4f,
0x66,0x6d,0x7d,0x07,
0x7f,0x6f,0x77,0x7c,
0x39,0x5e,0x79,0x71,
0x76,0x38};
void delay(uint x)
{
    uint i,j;
    for(i=x;i>0;i--)
        for(j=11;j>0;j--);
}
void main()
{
    dispcom=0x03;
    //使用8155前别忘了应先对其初始化,
    //设置其口的工作方式、输出输入方向!
    //这里设置PA口, PB口为基本输出方式, 为输出口。
    while(1)
    {
```

```
wela_data=0x20;
dula_data=table[5];
    delay(5);

wela_data=0x10;
dula_data=table[4];
    delay(5);

wela_data=0x08;
dula_data=table[3];
    delay(5);

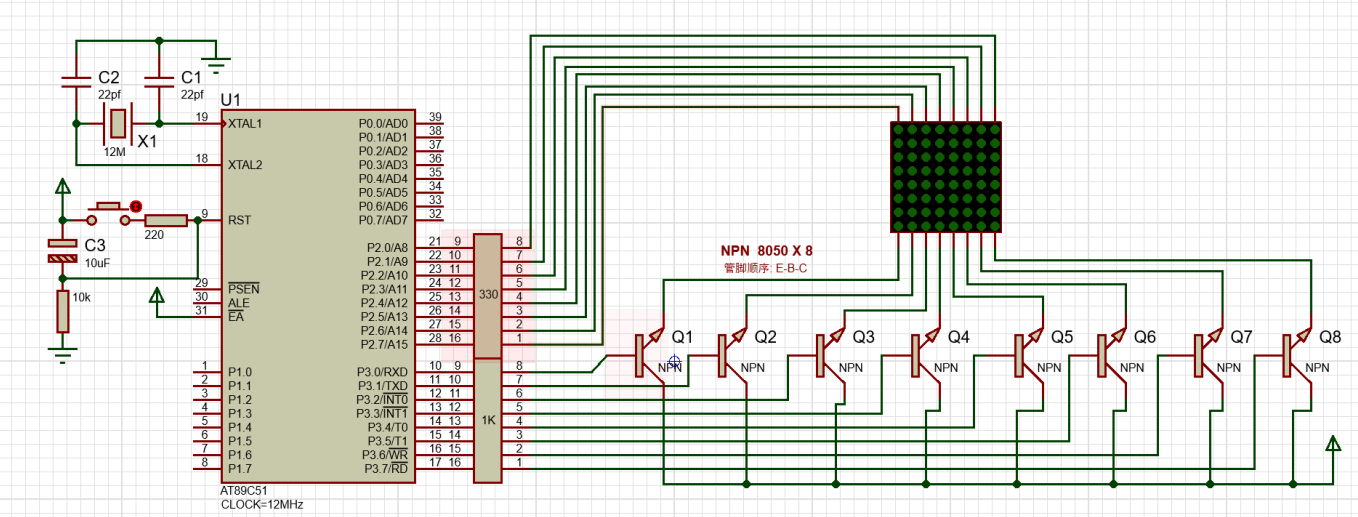
wela_data=0x04;
dula_data=table[2];
    delay(5);

wela_data=0x02;
dula_data=table[1];
    delay(5);

wela_data=0x01;
dula_data=table[0];
    delay(5);
}
}
```

点阵屏幕显示C代码

原理图如下：



// 名称：TIMER0控制8×8LED点阵屏显示数字

```
#include <reg51.h>
#include <intrins.h>
#define INT8U    unsigned char
```



```

#define INT16U  unsigned int
//-----
// 数字点阵
//-----
INT8U code DotMatrix[] =
{
    0x00,0x3E,0x41,0x41,0x41,0x3E,0x00,0x00,    //0 的点阵码
    0x00,0x00,0x00,0x21,0x7F,0x01,0x00,0x00,    //1 的点阵码
    0x00,0x27,0x45,0x45,0x45,0x39,0x00,0x00,    //2 的点阵码
    0x00,0x22,0x49,0x49,0x49,0x36,0x00,0x00,    //3 的点阵码
    0x00,0x0C,0x14,0x24,0x7F,0x04,0x00,0x00,    //4 的点阵码
    0x00,0x72,0x51,0x51,0x51,0x4E,0x00,0x00,    //5 的点阵码
    0x00,0x3E,0x49,0x49,0x49,0x26,0x00,0x00,    //6 的点阵码
    0x00,0x40,0x40,0x40,0x4F,0x70,0x00,0x00,    //7 的点阵码
    0x00,0x36,0x49,0x49,0x49,0x36,0x00,0x00,    //8 的点阵码
    0x00,0x32,0x49,0x49,0x49,0x3E,0x00,0x00     //9 的点阵码
};
INT8U i=0,t=0,Num_Index,cs;

//-----
// 主程序
//-----
void main()
{
    //P3=0x80;      //列选码初值1000000B, 经左移1位, 根据连线图可知最先选C0列
    cs=0x80;
    Num_Index=0;    //从“0 ”开始显示
    TMOD=0x00;      //T0 工作在方式 0 、作13位的定时器
    TH0=(8192-2000)/32; //求定时 2ms的初值, 高8位放TH0,
    TL0=(8192-2000)%32; //初值低5位放TL0 (2^13=8192, 2^5=32)
    IE=0x82;        //开T0中断和总中断
    TR0=1;           //启动 T0
    while(1);        //无限循环, (每当定时时间到, 则执行中断函数一次)
}

//-----
// T0定时器溢出中断函数控制LED点阵屏刷新显示
//-----
void LED_Screen_Refresh() interrupt 1
{
    TH0=(8192-2000)/32;    //重置初值
    TL0=(8192-2000)%32;

    // P2=0xff;           //输出点阵码
    P3=0x00;
    P2=~DotMatrix[Num_Index*8+i]; //因LED是共阳极故取反
    cs=_crol_(cs,1);
    P3=cs;
    //P3=_crol_(P3,1);    //P3值循环左移1位, 调整列选码并输出
    if(++i==8) i=0;      //每个数字的点阵码有 8 个字节
    if(++t==250)         //每个数字刷新显示一段时间(执行该函数250次
                        //即约250×2ms后调整指针Num_Index显示下一个
    {
        t=0;
        if(++Num_Index==10) Num_Index=0; //偏移量加1, 显示
    }
}

```

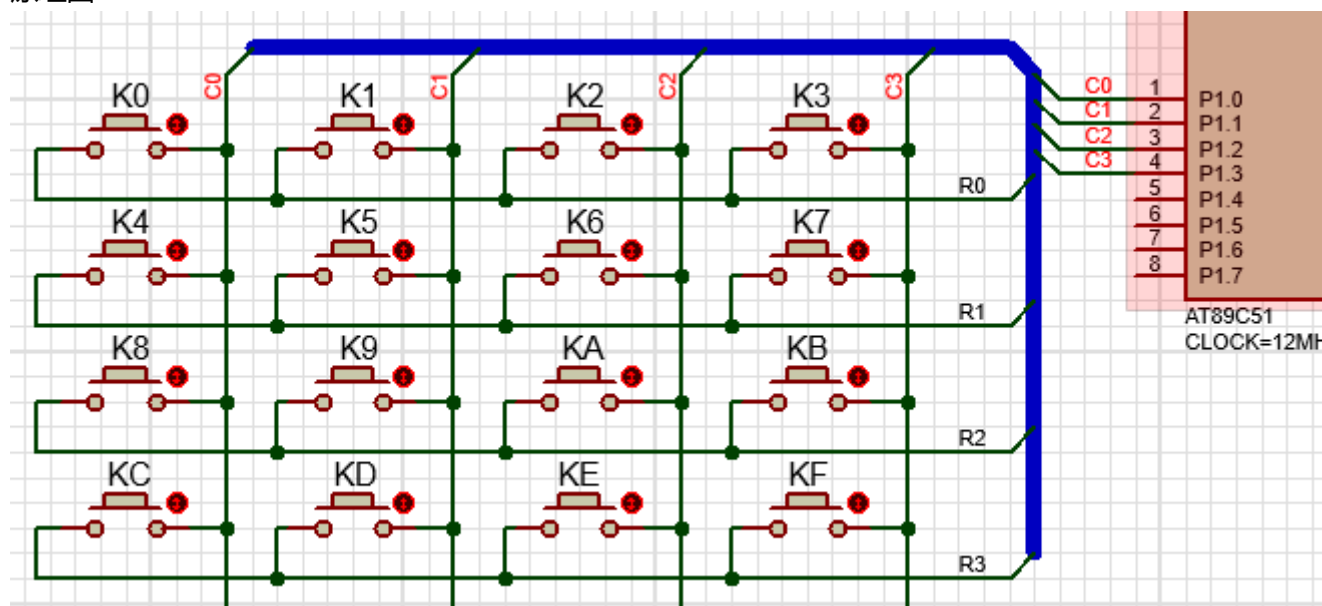
```
        //下一个数字,若偏移量加1后=10, 则重置为从0开始  
    }
```

独立连接键盘C代码

```
#include <reg52.h>  
#define uchar    unsigned char  
#define uint     unsigned int  
//0~9的共阴数码管段码表  
code uchar SEG_CODE[] = { 0x3F,0x06,0x5B,0x4F,0x66,0x6D,0x7D,0x07,0x7F,0x6F,0x40};  
uchar keybd();  
uchar i=10;                //初始显示短横线  
void delay_ms(uchar x) {  
    uchar t; while(x--) for(t = 0; t < 120; t++);  
}  
  
void main()  
{  
    while(1){  
        P2= SEG_CODE[keybd()] ;  
    }  
}  
uchar keybd()  
{  
    P1=0xFF;  
    if(~P1)  
    {  
        i=(~P1)&0x3F;  
        delay_ms(10);                //去抖动  
        if(((~P1)&0x3F)==i)  
        switch(i){  
            case 0x01:i=0;  
                while(~P1);            //等待键释放, 下同  
                break;  
            case 0x02:i=1;while(~P1);break;  
            case 0x04:i=2;while(~P1);break;  
            case 0x08:i=3;while(~P1);break;  
            case 0x10:i=4;while(~P1);break;  
            case 0x20:i=5;while(~P1);break;  
        }  
    }  
    return i;  
}
```

矩阵键盘（线反转法）

原理图：



```
//-----
// 名称：数码管显示4×4 键盘矩阵按键值
//-----
// 说明：按下任意一按键时,数码管会显示它在键盘矩阵上的序号0 - F,
//       采用的是线反转法
//       扫描程序首先判断按键发生在哪一列,然后根据所发生的行附加
//       不同的值,从而得到键盘按键值.
//-----
#include <reg51.h>
#define INT8U   unsigned char
#define INT16U  unsigned int
//0~F的共阳数码管段码,最后一个黑屏
const INT8U SEG_CODE[] =
{ 0xC0,0xF9,0xA4,0xB0,0x99,0x92,0x82,0xF8,
  0x80,0x90,0x88,0x83,0xC6,0xA1,0x86,0x8E,0xFF
};

sbit BEEP = P3^0;
//当前按键值,该矩阵中键值范围为0-15,0xFF表示无按键
INT8U keyNo = 0xff;

//-----
// 延时函数
//-----
void delay_ms(INT16U x)
{
    INT8U t; while(x--) for(t = 0; t < 120; t++);
}

//-----
// 键盘矩阵扫描子程序
//-----
```

```

void Keys_Scan()
{
    //高四位置零， 放入四行， 扫描四列
    P1 = 0x0f;
    delay_ms(1);
    if (P1 == 0x0f)
    {
        keyNo = 0xff;
        return;    //无按键提前返回
    }

    //按键后00001111将变成0000xxxx, x中一个为0， 三个为1
    //下面判断按键发生于0~3列的那一列
    switch (P1)
    {
        case 0x0e: keyNo = 0; break;    //按键在第0列
        case 0x0d: keyNo = 1; break;    //按键在第1列
        case 0x0b: keyNo = 2; break;    //按键在第2列
        case 0x07: keyNo = 3; break;    //按键在第3列
        default:   keyNo = 0xff; return ; //无按键返回
    }

    //第四位置零， 放入四列， 扫描四行
    P1 = 0xf0;
    delay_ms(1);
    //按键后11110000将变成xxxx0000, x中一个为0， 三个为1
    //下面判断按键发生于0~3行中的哪一行
    //对于0~3分别附加初值: 0, 4, 8, 12
    switch(P1)
    {
        case 0xe0: keyNo += 0; break;    //按键在第0行
        case 0xd0: keyNo += 4; break;    //按键在第1行
        case 0xb0: keyNo += 8; break;    //按键在第2行
        case 0x70: keyNo += 12; break;   //按键在第3行
        default:   keyNo = 0xff;
    }

}

//-----
// 蜂鸣器子程序
//-----
void Beep()
{
    INT8U i;
    for (i = 0; i < 60; i++)
    {
        delay_ms(1);
        BEEP = ~BEEP;
    }
    BEEP = 1;
}

```

```

}

//-----
// 主程序
//-----
void main()
{
    INT8U keyNo_temp;    //在等待键释放前，先把键值暂存在这
    P0 = 0xff;           //数码管初始值黑屏
    while(1)
    {
        Keys_Scan();     //扫描键盘获取键号

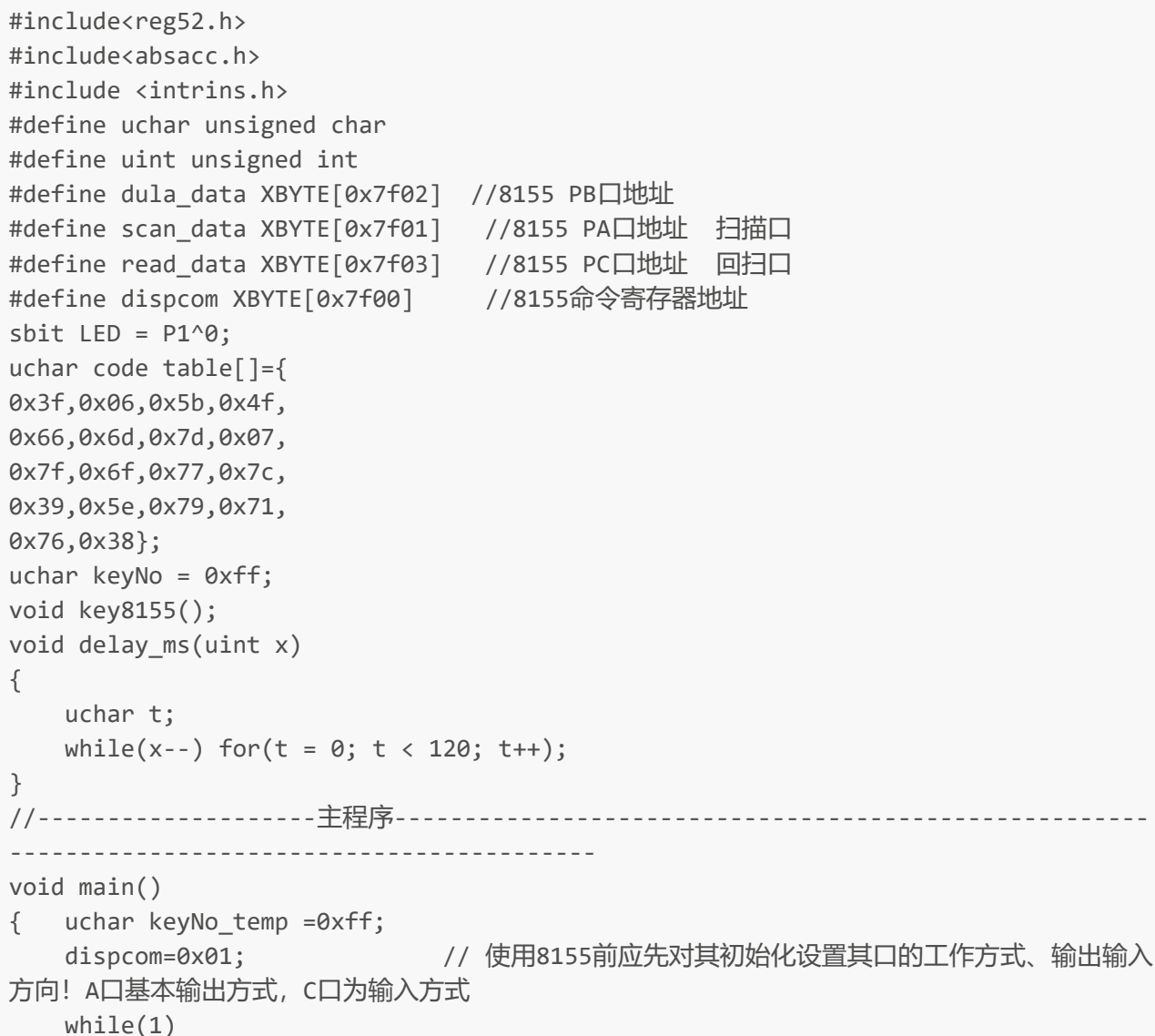
        if(keyNo == 0xff) //当无按键时，延时10ms
        {
            delay_ms(10);
            continue;     // 无按键时延时10ms，然后退出这次循环，跳到循环体开头，继续
            新的一次扫描按键
        }

        // 有按键则继续执行这下面的程序段
        keyNo_temp= keyNo; //在等待键释放前，先把键值暂存在这
        while( Keys_Scan(), keyNo != 0xff); //未释放,等待
        //显示键值并蜂鸣
        P0 = SEG_CODE[keyNo_temp];          // 思考，这里为什么不是用P0 =
        SEG_CODE[keyNo] ?
        Beep();

    }
}

```

8155扩展按键，使用行扫描法



```

    {   key8155();
        if(keyNo==0xff) {delay_ms(10);continue;}
        keyNo_temp= keyNo;                //有按键
        while(key8155(), keyNo!= 0xff);    // 等键释放
        LED = ~LED;
        DBYTE[0x70]= keyNo_temp;
    }
}
//-----键盘接口子程序-----
void key8155()
{   uchar i;
    scan_data = 0x00 ;
    delay_ms(1);
    if (((~read_data)&0x0f) == 0x00)
    {
        keyNo = 0xff;
        return;                //无按键提前返回
    }
    delay_ms(10);              //去抖动
    scan_data = 0x00 ;
    delay_ms(1);
    if (((~read_data)&0x0f) == 0x00)
    {
        keyNo = 0xff;
        return;                //无按键提前返回
    }
    for(i=0; i<8; i++)
    {
        scan_data =~(1 << i);
        delay_ms(1);

        switch((~read_data)&0x0f)
        {   case 0x01:keyNo=0+i; return;        //赋值键号=首行键号+列号; 返回
            case 0x02:keyNo=8+i; return;
            case 0x04:keyNo=16+i; return;
            case 0x08:keyNo=24+i; return;
            case 0x00:break;                    //不是此列有按键。break, 扫描下一列

        }

    }

    keyNo = 0xff;
    return;
}

```

LCD 1602字符液晶工作代码

```

#include <reg51.h>
#define uchar unsigned char
#define uint unsigned int
uchar code table1[]="I LOVE MCU!";           //第一行显示的字符,共11个
uchar code table2[]="WWW.YNMEC.COM";         //第二行显示的字符,共13个
sbit RS=P2^5;                               //单片机端口定义
sbit RW=P2^6;
sbit E=P2^7;
uchar num;
void delay(uint xms)           //-----延时子函数-----
{
    uint i,j;
    for(i=xms;i>0;i--)
        for(j=125;j>0;j--);
}

void write_com(uchar com)      //-----写命令子函数-----
{
    RS=0;           //写命令
    RW=0;           //写模式
    P0=com;         //将命令字送到数据线上
    delay(5);       //稍延时
    E=1; //给E一个高脉冲将命令字送入液晶控制器,完成写操作
    delay(5);
    E=0;
}

void write_data(uchar date)    //-----写数据子函数-----
{
    RS=1;           //写数据
    RW=0;           //写模式
    P0 = date;      //将要写的数据送到数据线上
    delay(5);       //稍延时
    E=1; //给E一个高脉冲将命令字送入液晶控制器,完成写操作
    delay(5);
    E=0;
}

void LCD1602_init()           //-----LCD1602初始化设置-----
{
    E=0;
    write_com(0x38);          //设置8位数据接口, 16x2显示, 5x7点阵
    write_com(0x0c);          //设置开显示, 光标不显示
    write_com(0x06);          //写一个字符后地址指针自动加上
    write_com(0x01);          //清屏, 数据指针清0
}

//-----主函数-----
void main()
{
    LCD1602_init();
    write_com(0x80);          //DDRAM数据指针定位在第一行第一个字符处
    for(num=0;num<11;num++) //写第一行要显示的信息
    {
        write_data(table1[num]);
        delay(5);           //每两个字符间稍延时
    }
    write_com(0x80+0x40);     //数据指针定位在第二行首字符处
    for(num=0;num<13;num++) //写第二行要显示的信息

```



```

    {
        write_data(table2[num]);
        delay(5);
    }
    while(1);
}

```

24C04使用 (IIC)

```

#include<reg51.h>
#include<intrins.h>
#define uchar unsigned char
#define uint unsigned int
#define NOP4() {_nop();_nop();_nop();_nop();}
sbit SCL=P1^0;
sbit SDA=P1^1;
sbit SPK=P3^0;          //蜂鸣器输出端
//标准音阶频率对应的定时初值表    按照1234567和高音的1234567存放，共14个音符，即数组第
0~6对应音符1234567，第7~13对应高音音符1234567.
uchar code HI_LIST[]={226,229,232,233,236,238,240,241,242,244,245,246,247,248}; //
依次对应1234567和高音的1234567的T0高位定时初值
uchar code LO_LIST[]={4,13,10,20,3,8,6,2,23,5,26,1,4,3};    //依次对应1234567和高音
的1234567的T0低位定时初值
//待写入24C04的音符
uchar code Song_24C04[]={0,1,2,0,0,1,2,0,2,3,4,4,2,3,4,4};//1234567音符分别对应上面
数组的0123456位置，所以要把简谱里的音符号要减1后存入
//uchar code Song2_24C04[]=
{0,0,4,4,5,5,4,4,3,3,2,2,1,1,0,0,4,4,3,3,2,2,1,1,4,4,3,3,2,2,1,1,0,0,4,4,5,5,4,4,3
,3,2,2,1,1,0,0};//小星星
uchar sidx;          //读取音符索引
//延时
void DelayMS(uint ms)
{
    uchar i;
    while(ms--) for(i=0;i<120;i++);
}
//在IIC上产生起始信号
void Start()
{
    SDA=1;
    SCL=1;
    NOP4();    //执行四次NOP（空操作），延时，下同
    SDA=0;
    NOP4();
    SCL=0;
}
//在IIC上产生停止信号
void Stop()
{

```

```

    SDA=0;
    SCL=0;
    NOP4();
    SCL=1;
    NOP4();
    SDA=1;
}
//读取应答
void RACK()
{
    SDA=1;
    NOP4();
    SCL=1;
    NOP4();
    SCL=0;
}
//发送非应答信号
void NO_ACK()
{
    SDA=1;
    SCL=1;
    NOP4();
    SCL=0;
    SDA=0;
}
//向24C04中写一个字节数据
void Write_A_Byte(uchar b)
{
    uchar i;
    for(i=0;i<8;i++)
    {
        b<<=1;      //将要传输的字节左移一位,最高一位移到了进位位C中, (CY就是表示进位
位c)
        SDA=CY;
        _nop_();
        SCL=1;
        NOP4();
        SCL=0;
    }
    RACK();          //接收从机的应答信号
}
//向指定地址写数据
void Write_IIC(uchar addr,uchar dat)
{
    Start();
    Write_A_Byte(0xa0);
    Write_A_Byte(addr);
    Write_A_Byte(dat);
    Stop();
    DelayMS(10);
}
//从24C04中读一个字节数据
uchar Read_A_Byte()
{

```

```

    uchar i,b;
    for(i=0;i<8;i++)
    {
        SCL=1;
        b<<=1;          //当前b左移1位——各位往高位移1位，最低位变为0
        b|=SDA;          //b的最低位与SDA线上的值相“或”，“或”后结果放b的最低位，就等价于将
        读取到的当前位数据放进b中最低位（之后经多次移位，移到对应的数据位上）
        SCL=0;
    }
    return b;          //返回值b中内容就是读到的一个字节
}
//从当前地址读取数据
uchar Read_Current()
{
    uchar d;
    Start();
    Write_A_Byte(0xa1);
    d=Read_A_Byte(); //读取到的字节数据放d中
    NO_ACK();
    Stop();
    return d;
}
//从任意地址读取数据
uchar Random_Read(uchar addr)
{
    Start();
    Write_A_Byte(0xa0);
    Write_A_Byte(addr);
    Stop();
    return Read_Current();
}
//定时器0中断
void T0_INT() interrupt 1
{
    SPK=~SPK;          // P3.0电平反转一次
    TH0=HI_LIST[sidx];
    TL0=LO_LIST[sidx];
}
//主程序
void main()
{
    uint i;
    IE=0x82;
    TMOD=0x00;          //设置定时器 T0为13位定时器
    for(i=0;i<16;i++)    //将存放在Song_24C04[]的乐谱写入24C04。其实实际上
    该写入步骤并不是在主函数执行。实际应是预先将多首歌曲乐谱存入24C04，掉电不会丢失，
    //而单片机在程序中只需要对24c04进行读操作，依次取出
    并播放
    {
        Write_IIC(i,Song_24C04[i]);
    }

    /*      for(i=0;i<48;i++)          //将存放在Song2_24C04[]的乐谱写入24C04。其实实际
    上该写入步骤并不是在主函数执行。实际应是预先将多首歌曲乐谱存入24C04，掉电不会丢失，

```

```

//而单片机在程序中只需要对24c04进行读操作，依次取出
并播放
{
    Write_IIC(i,Song2_24C04[i]);
}
*/

while(1) //读取一个音符并播放，重复16次
{
    for(i=0;i<16;i++) //从24C04中读取第1首
    /*    for(i=0;i<48;i++) //从24C04中读取第2首    */
    {
        sidx=Random_Read(i); //从指定地址读取
        TH0=HI_LIST[sidx];
        TL0=LO_LIST[sidx];
        TR0=1; //启动定时器，让播放
        DelayMS(350); //该延时控制每个音符播放的时长，该延时短则体现出乐
        曲节拍快，反之节拍慢
    }
}
}

```

PCA9544 使用

```

#include<reg51.h>
#include<intrins.h>
#define uchar unsigned char
#define uint unsigned int
#define NOP4() {_nop();_nop();_nop();_nop();}
sbit SCL=P0^0;
sbit SDA=P0^1;
#define PCA9554_LED 0x40
#define PCA9554_KEY 0x42
uchar buffer1[1];
uchar buffer2[1];
//延时
void DelayMS(uint ms)
{
    uchar i;
    while(ms--) for(i=0;i<120;i++);
}
//在IIC上产生起始信号
void Start()
{
    SDA=1;
    SCL=1;
    NOP4(); //执行四次NOP（空操作），延时，下同
    SDA=0;
    NOP4();
}

```

```

    SCL=0;
}
//在IIC上产生停止信号
void Stop()
{
    SDA=0;
    SCL=0;
    NOP4();
    SCL=1;
    NOP4();
    SDA=1;
}
//读取应答
void RACK()
{
    SDA=1;
    NOP4();
    SCL=1;
    NOP4();
    SCL=0;
}
//发送非应答信号
void NO_ACK()
{
    SDA=1;
    SCL=1;
    NOP4();
    SCL=0;
    SDA=0;
}
//向24C04中写一个字节数据
void Write_A_Byte(uchar b)
{
    uchar i;
    for(i=0;i<8;i++)
    {
        b<<=1;        //将要传输的字节左移一位,最高一位移到了进位位C中, (CY就是表示进位
位c)
        SDA=CY;
        _nop_();
        SCL=1;
        NOP4();
        SCL=0;
    }
    RACK();        //接收从机的应答信号
}
//向指定地址写数据
void Write_IIC(uchar addr,uchar dat)
{
    Start();
    Write_A_Byte(0xa0);
    Write_A_Byte(addr);
    Write_A_Byte(dat);
    Stop();
}

```

```

    DelayMS(10);
}
//从中读一个字节数据
uchar Read_A_Byte()
{
    uchar i,b;
    for(i=0;i<8;i++)
    {
        SCL=1;
        b<<=1;          //当前b左移1位——各位往高位移1位,最低位变为0
        b|=SDA;          //b的最低位与SDA线上的值相“或”,“或”后结果放b的最低位,就等价于将
        读取到的当前位数据放进b中最低位(之后经多次移位,移到对应的数据位上)
        SCL=0;
    }
    return b;          //返回值b中内容就是读到的一个字节
}
//从当前地址读取数据
uchar Read_Current()
{
    uchar d;
    Start();
    Write_A_Byte(0xa1);
    d=Read_A_Byte();    //读取到的字节数据放d中
    NO_ACK();
    Stop();
    return d;
}
//从任意地址读取数据
uchar Random_Read(uchar addr)
{
    Start();
    Write_A_Byte(0xa0);
    Write_A_Byte(addr);
    Stop();
    return Read_Current();
}
void ISendStr(uchar sla,uchar suba,uchar (*s)[1])
{
    Start();
    Write_A_Byte(sla);
    Write_A_Byte(suba);
    Write_A_Byte((*s)[0]);
    Stop();
    DelayMS(10);
}
void IRcvStr(uchar sla,uchar suba,uchar (*s)[1])
{
    //    Start();
    //    Write_A_Byte(sla);
    //    Write_A_Byte(suba);
    //    Write_A_Byte(0x43);
    //    (*s)[0]=Read_A_Byte();
    //    Stop();

```

```
//          DelayMS(10);
            Write_IIC(sla,suba);
            Start();
            Write_A_Byte(0x43);
            (*s)[0]=Read_A_Byte();
            Stop();
            DelayMS(10);
    }
    void main()
    {
        buffer1[0]=0x00;
        ISendStr(PCA9554_LED,0x03,&buffer1);
        buffer1[0]=0xff;
        ISendStr(PCA9554_LED,0x01,&buffer1); //初始输出全1, LED全灭。
        while(1)
        {
            IRcvStr(PCA9554_KEY,0x00,&buffer2);
            ISendStr(PCA9554_LED,0x01,&buffer2);
        }

    }
}
```

ADC0809读取,LCD1602显示显示

IO输入时序

```
#include <reg51.h>          // 8051标准头文件
#include <intrins.h>         // 内联函数库 (包含_nop_())
#define uchar unsigned char // 定义无符号字符类型简写
#define uint unsigned int   // 定义无符号整型简写
#define NOP4() {_nop_();_nop_();_nop_();_nop_();} // 4个空指令延时宏

// I2C通信引脚定义 (用于PCA9554通信)
sbit SCL = P0^0; // I2C时钟线
sbit SDA = P0^1; // I2C数据线

// PCA9554器件地址定义 (用于LCD数据线控制)
#define PCA9554_LCD 0x40 // 器件地址: A0A1A2=000 (二进制01000000)

// ADC0809引脚定义
sbit OE  = P1^0; // 输出使能 (高电平有效)
<!-- @import "[TOC]" {cmd="toc" depthFrom=1 depthTo=6 orderedList=false} -->

sbit EOC = P1^1; // 转换结束标志 (低电平表示转换中)
sbit ST  = P1^2; // 启动转换信号 (上升沿触发)
```

```

sbit CLK = P1^3;    // 时钟输入 (典型频率500kHz)

// LCD1602控制引脚定义
sbit RS = P2^0;     // 寄存器选择 (0=指令寄存器, 1=数据寄存器)
sbit RW = P2^1;     // 读写控制 (0=写, 1=读)
sbit E  = P2^2;     // 使能信号 (下降沿执行命令)

// 全局变量
uchar adc_raw;      // 存储ADC原始值 (0-255)

// 通道3选择参数 (对应ADC0809的IN3通道)
const uchar channel_three[3] = {0, 0, 1}; // 二进制011选择IN3

// 函数声明
void DelayMS(uint ms);           // 毫秒级延时
void I2C_Start();                // I2C起始信号
void I2C_Stop();                 // I2C停止信号
void I2C_SendByte(uchar dat);    // I2C发送单字节
void PCA9554_Write(uchar addr, uchar reg, uchar dat); // PCA9554写操作
void ADC_Init();                 // ADC初始化
uchar ADC_Read();                // ADC读取数据
void LCD_Init();                 // LCD初始化
void LCD_Cmd(uchar cmd);         // 发送LCD指令
void LCD_Data(uchar dat);        // 发送LCD数据
void Timer0_Init();              // 定时器0初始化 (用于ADC时钟)
void Display_Voltage(uint voltage); // 电压显示函数

// 定时器0中断服务函数 (为ADC0809提供时钟)
void Timer0_ISR() interrupt 1 { // 中断号1对应定时器0
    CLK = !CLK; // 翻转时钟信号 (产生方波)
}

// 主函数
void main() {
    uint voltage; // 存储计算后的电压值 (单位: mV)

    Timer0_Init(); // 初始化定时器 (用于ADC时钟)
    ADC_Init();    // 初始化ADC0809
    PCA9554_Write(PCA9554_LCD, 0x03, 0x00); // 配置PCA9554的PORT0为输出模式
    LCD_Init();    // 初始化LCD1602

    while(1) {
        adc_raw = ADC_Read(); // 读取ADC值 (通道3)
        // 将ADC值转换为电压 (0-5V对应0-5000mV)
        voltage = (uint)adc_raw * 5000UL / 255;
        Display_Voltage(voltage); // LCD显示电压
        DelayMS(100);            // 采样间隔100ms
    }
}

// 定时器0初始化 (模式2, 自动重载)
void Timer0_Init() {
    TMOD = 0x02; // 设置定时器模式2 (8位自动重载)
    TH0 = TL0 = 230; // 定时初值 (12MHz晶振下约52μs周期)
}

```



```
    ET0 = 1;          // 使能定时器0中断
    EA = 1;           // 开启总中断
    TR0 = 1;          // 启动定时器0
}

// ADC0809初始化
void ADC_Init() {
    P1 = 0x3F;         // 初始化P1口（高两位保留，低6位用于ADC控制）
    OE = 0;            // 输出使能置低
    ST = 0;            // 转换启动信号置低
    CLK = 0;           // 时钟初始低电平
}

// 读取ADC值（通道3）
uchar ADC_Read() {
    uchar result;
    ST = 0;            // 确保ST初始低电平
    ST = 1;            // 产生上升沿启动转换
    ST = 0;
    while(EOC == 0);   // 等待转换完成（EOC变高）
    _nop_(); _nop_();   // 短暂延时确保稳定
    OE = 1;            // 允许输出数据
    result = P3;        // 从P3口读取转换结果
    OE = 0;            // 关闭输出
    return result;
}

// LCD1602初始化
void LCD_Init() {
    PCA9554_Write(PCA9554_LCD, 0x01, 0x00); // 初始化PCA9554输出寄存器
    LCD_Cmd(0x38);   // 功能设置：8位总线，2行显示，5x8点阵
    LCD_Cmd(0x0C);   // 显示控制：开显示，关光标
    LCD_Cmd(0x06);   // 输入模式：地址递增，不移屏
    LCD_Cmd(0x01);   // 清屏
    DelayMS(5);       // 等待清屏完成
}

// 发送LCD指令
void LCD_Cmd(uchar cmd) {
    RS = 0;          // 选择指令寄存器
    RW = 0;          // 设置为写模式
    PCA9554_Write(PCA9554_LCD, 0x01, cmd); // 通过PCA9554发送指令
    E = 1;           // 使能信号高电平
    DelayMS(2);       // 保持使能
    E = 0;           // 下降沿执行指令
    DelayMS(2);       // 指令执行时间
}

// 发送LCD数据
void LCD_Data(uchar dat) {
    RS = 1;          // 选择数据寄存器
    RW = 0;          // 设置为写模式
    PCA9554_Write(PCA9554_LCD, 0x01, dat); // 通过PCA9554发送数据
    E = 1;           // 使能信号高电平
```

```
    DelayMS(2);
    E = 0;          // 下降沿写入数据
    DelayMS(2);
}

// 在LCD显示电压值 (格式: X.XXV)
void Display_Voltage(uint voltage) {
    uchar str[6];    // 显示缓冲区
    uchar i;
    // 电压分解: 整数部分+两位小数
    uchar integer_part = voltage / 1000;        // 提取整数位 (0-5)
    uchar fractional = (voltage % 1000) / 10;    // 提取小数部分 (0-99)
    uchar decimal1 = fractional / 10;            // 十位小数
    uchar decimal2 = fractional % 10;            // 个位小数

    // 构建显示字符串
    str[0] = integer_part + '0'; // 整数转ASCII
    str[1] = '.';                // 小数点
    str[2] = decimal1 + '0';     // 十位小数转ASCII
    str[3] = decimal2 + '0';     // 个位小数转ASCII
    str[4] = 'V';               // 单位符号
    str[5] = '\0';              // 字符串结束符

    LCD_Cmd(0x80); // 设置光标到第一行首
    for(i = 0; i < 5; i++) {
        LCD_Data(str[i]); // 逐个字符显示
    }
}

// I2C起始信号 (SCL高时SDA下降沿)
void I2C_Start() {
    SDA = 1; // 确保SDA高
    SCL = 1; // SCL高电平
    NOP4();  // 保持时间
    SDA = 0; // SDA下降沿
    NOP4();
    SCL = 0; // 准备数据传输
}

// I2C停止信号 (SCL高时SDA上升沿)
void I2C_Stop() {
    SDA = 0; // 确保SDA低
    SCL = 0; // SCL低电平
    NOP4();
    SCL = 1; // SCL上升沿
    NOP4();
    SDA = 1; // SDA上升沿
}

// I2C发送单字节 (MSB first)
void I2C_SendByte(uchar dat) {
    uchar i;
    for(i = 0; i < 8; i++) {
        SDA = (dat & 0x80) ? 1 : 0; // 取出最高位
    }
}
```

```

        dat <= 1;           // 左移准备下一位
        SCL = 1;           // 时钟上升沿
        NOP4();            // 保持时间
        SCL = 0;           // 时钟下降沿
    }
    SDA = 1; // 释放SDA线（等待ACK）
    SCL = 1; // 第9个时钟脉冲
    NOP4();
    SCL = 0;
}

// PCA9554写操作（三步：地址+寄存器+数据）
void PCA9554_Write(uchar addr, uchar reg, uchar dat) {
    I2C_Start();           // 起始信号
    I2C_SendByte(addr);    // 发送器件地址（写模式）
    I2C_SendByte(reg);     // 发送寄存器地址
    I2C_SendByte(dat);     // 发送数据
    I2C_Stop();            // 停止信号
}

// 毫秒级延时（12MHz晶振下近似延时）
void DelayMS(uint ms) {
    uint i, j;
    for(i = 0; i < ms; i++)
        for(j = 0; j < 125; j++); // 内循环约1ms
}

```

定时器输入时序

```

//本例是用80C51的定时器0产生周期方波来作为0809工作的CLK时钟信号。           不用80C51的
ALE端二分频后的信号作为0809工作的CLK时钟信号。
#include <reg51.h>
#include <absacc.h>
#include <intrins.h>
#define INT8U unsigned char
#define INT16U unsigned int
#define ADCADD XBYTE[0x7FF3] //对ADC0809的读写地址           第3通道的
地址
sbit EOC = P1^7;           //状态信号引脚
sbit CLK = P1^0;           //提供的时钟输出引脚
//-----
// 主程序
//-----
void main()
{
    TMOD = 0x02; //定时方式2，8位可重装初值定时器
    TL0 = 240;   //256-240=16 又单片机接6MHz晶振，即定时16*2us=32us。
    TH0 = 240;
    IE = 0x82;
    TR0 = 1;     //启动定时器0
}

```

```

    while(1)
    {
        ADCADD = 0x00; //随便输出一个值，只
        是为了产生启动信号
        while(EOC == 0); //这里插入延时1~2ms函数，即延时1~2ms

        再读结果，确保新的转换结果已送到0809内的三态门输出
        DBYTE[0x50] = ADCADD; //转换结果放入内存50h单
        元里
    }
}

//-----
// T0定时器中断给ADC0809提供时钟信号（周期64us的方波信号）
//-----
void Timer0_INT() interrupt 1
{
    CLK = !CLK;
}

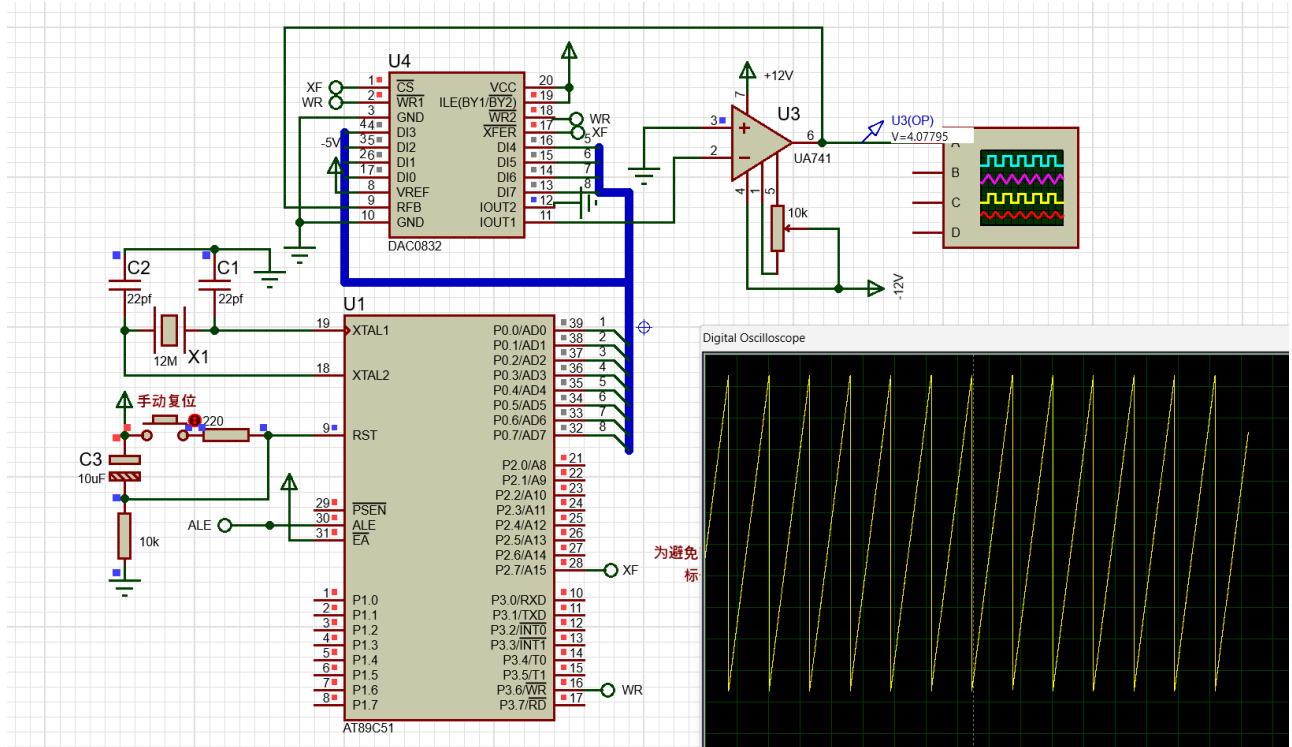
```

DAC0832使用

接线解释：

- 使用的是地址扩展，所以要注意XBYTE的用法
- P0口作为默认数据总线连接
- 地址总线（一般P1为低8位，P2为高8位）
- 使用运放放大信号
- 使用WR单片机写信号
- 地址解码逻辑：代码中 #define OUTDATA XBYTE[0x7FFF] 表示：高8位地址：0x7F (二进制 0111 1111)
P2.7 (A15) 是最高位地址线，此处为 0（因为 0x7F 的二进制最高位是 0）当单片机执行 OUTDATA=i

时：P2.7 (A15) 输出低电平 (0) 其他地址线组合成 0x7FFF 原理图：



```
//-----
// 用DAC0832生成锯齿波
//-----
// 本例程序向DAC0832反复输出0x00-0xFF的数字量，经过数/模转
// 换及电流到电压的转换后输出锯齿波。
//
//-----

#include <reg51.h>
#include <absacc.h>
#define INT8U unsigned char
#define INT16U unsigned int
#define OUTDATA XBYTE[0x7FFF] //向0832输出转换数据的地址

//-----
// 延时子程序 如果晶振是6M，则这里表示延时2倍的x毫秒，如果晶振12M，则是延时x毫秒
//-----
void delay_ms(INT16U x)
{
    INT8U t;
    while(x--) for(t = 0; t < 120; t++);
}
//-----
// 主程序
//-----
void main()
{
    INT8U i;
    while(1)
    {
        for(i=0; i<256; i++)
        {
            OUTDATA=i;
            delay_ms(1);
        }
    }
}
```

```
}  
}
```

个人代码

实验一 点阵led显示

```
//-----  
// 名称：TIMER0控制8×8LED点阵屏显示数字  
//-----  
// 说明：8×8LED点阵屏循环显示数字0-9,刷新过程由T0定时器溢出中断完成。  
//  
//-----  
#include <reg51.h>  
#include <intrins.h>  
#define INT8U    unsigned char  
#define INT16U   unsigned int  
//-----  
// 数字点阵  
//-----  
INT8U code DotMatrix[] =  
{  
    0x00,0x00,0x00,0x21,0x7F,0x01,0x00,0x00,    //1 的点阵码  
    0x00,0x00,0x00,0x21,0x7F,0x01,0x00,0x00,    //1 的点阵码  
    0x00,0x27,0x45,0x45,0x45,0x39,0x00,0x00,    //2 的点阵码  
    0x00,0x27,0x45,0x45,0x45,0x39,0x00,0x00,    //2 的点阵码  
    0x00,0x3E,0x41,0x41,0x41,0x3E,0x00,0x00,    //0 的点阵码  
    0x00,0x3E,0x41,0x41,0x41,0x3E,0x00,0x00,    //0 的点阵码  
    0x00,0x27,0x45,0x45,0x45,0x39,0x00,0x00,    //2 的点阵码  
    0x00,0x22,0x49,0x49,0x49,0x36,0x00,0x00,    //3 的点阵码  
    0x00,0x27,0x45,0x45,0x45,0x39,0x00,0x00,    //2 的点阵码  
  
    0x93,0x96,0x9c,0xfd,0x9e,0x93,0x13,0x00,  
    0x38,0x00,0x3e,0xc2,0x02,0x26,0x10,0x00,  
    0x44,0x4c,0xde,0x52,0x62,0x42,0x02,0x00,  
    0xa6,0x1e,0x62,0x52,0x46,0xfe,0x42,0x00,  
  
    0x10,0xFE,0x92,0x92,0xFE,0x92,0x10,0x10 //zhong  
};  
INT8U i=0,t=0,Num_Index,cs;  
  
//-----  
// 主程序  
//-----  
void main()  
{  
    //P3=0x80;        //列选码初值1000000B, 经左移1位, 根据连线图可知最先选C0列  
    cs=0x80;
```

```

Num_Index=0;    //从“0 ”开始显示
TMOD=0x00;      //T0 工作在方式 0 、作13位的定时器
TH0=(8192-2000)/32;    //求定时 2ms的初值, 高8位放TH0,
TL0=(8192-2000)%32;    //初值低5位放TL0 (2^13=8192, 2^5=32)
IE=0x82;        //开T0中断和总中断
TR0=1;          //启动 T0
while(1);       //无限循环, (每当定时时间到, 则执行中断函数一次)
}

//-----
// T0定时器溢出中断函数控制LED点阵屏刷新显示
//-----
void LED_Screen_Refresh() interrupt 1
{
    TH0=(8192-2000)/32;    //重置初值
    TL0=(8192-2000)%32;

    // P2=0xff;          //输出点阵码
    P3=0x00;
    P2=~DotMatrix[Num_Index*8+i]; //因LED是共阳极故取反
    cs=_crol_(cs,1);
    P3=cs;
    //P3=_crol_(P3,1); //P3值循环左移1位, 调整列选码并输出
    if(++i==8) i=0;    //每个数字的点阵码有 8 个字节
    if(++t==250)       //每个数字刷新显示一段时间(执行该函数250次
                        //即约250×2ms后调整指针Num_Index显示下一个
    {
        t=0;
        if(++Num_Index==13) Num_Index=0; //偏移量加1, 显示
        //下一个数字,若偏移量加1后=10, 则重置为从0开始
    }
}

}

```

实验一 多段led显示

```

//-----
// 名称：集成式数码管动态扫描显示
//-----
// 说明：本例使用动态扫描显示方法在8位数码管上显示指定数组内容
//
//-----
#include <reg51.h>
#define INT8U    unsigned char
#define INT16U   unsigned int
//共阳数码管0~9的数字段码表
code INT8U SEG_CODE[] = {

```

```

    0xC0, // 0
    0xF9, // 1
    0xA4, // 2
    0xB0, // 3
    0x99, // 4
    0x92, // 5
    0x82, // 6
    0xF8, // 7
    0x80, // 8
    0x90, // 9
    0x88, // A (?: A,B,C,E,F,G)
    0x83, // b (?: C,D,E,F,G)
    0xA7, // c (?: D,E,G)
    0xA1, // d (?: B,C,D,E,G)
    0x86, // E (?: A,D,E,F,G)
    0x8E  // F (?: A,E,F,G)
};

//待显示到数码管的8个数字
INT8U array[] = {1,2,3,10,11,12,13,14} ;    //显示缓存          可更新显示内容: 如
array[i]=keyno;
//-----
// 延时函数
//-----
void delay_ms(INT16U x)
{
    INT8U t; while(x--) for(t = 0; t < 120; t++);
}

//-----
// 主程序
//-----
void main()
{
    INT8U i;
    while (1)
    {
        for ( i=0; i<6; i++ ) //扫描显示8位数码管
        { P0= 0xff;           //段码口输出全1, 即先关闭
          P2=1 << i;         //输出位选码      00000001      00000010      00000100
....    10000000
          P0=SEG_CODE[array[i]]; //输出段选码
          delay_ms(4);
        }
    }
}

```

SPI历程（软件SPI）

以下是一个完整的51单片机（如STC89C52）使用SPI接口的示例代码，包含详细注释和硬件连接说明。这里以模拟SPI（软件SPI）为例，因为标准51单片机通常没有硬件SPI模块。

1. 硬件连接示意图

51单片机	SPI设备 (如Flash/W25Q64)
P1.5 (MOSI)	---> DI (数据输入)
P1.6 (MISO)	<--- DO (数据输出)
P1.7 (SCLK)	---> CLK (时钟)
P2.0 (CS)	---> CS (片选, 低有效)

2. 完整代码示例

```
#include <reg52.h>
#include <intrins.h> // 包含_nop_()函数

// 定义SPI引脚 (根据实际电路修改)
sbit SPI_SCLK = P1^7; // SPI时钟线
sbit SPI_MOSI = P1^5; // 主机输出从机输入
sbit SPI_MISO = P1^6; // 主机输入从机输出
sbit SPI_CS   = P2^0; // 片选信号

// 延时函数 (12MHz晶振下约1μs)
void DelayUS(unsigned int us) {
    while(us--) {
        _nop_(); _nop_(); _nop_(); _nop_();
    }
}

// SPI初始化 (设置引脚初始状态)
void SPI_Init() {
    SPI_CS = 1; // 默认不选中设备
    SPI_SCLK = 0; // 时钟初始低电平
    SPI_MOSI = 1; // MOSI初始高电平
}

// SPI发送/接收一个字节 (全双工)
unsigned char SPI_Transfer(unsigned char dat) {
    unsigned char i, recv = 0;

    for(i = 0; i < 8; i++) {
        // 设置MOSI (高位先行)
        SPI_MOSI = (dat & 0x80) ? 1 : 0;
        dat <<= 1;

        // 上升沿发送数据
        SPI_SCLK = 1;
        DelayUS(1);

        // 读取MISO (从机输出)
        recv <<= 1;
        if(SPI_MISO) recv |= 0x01;
    }
}
```

```
        // 下降沿准备下一位
        SPI_SCLK = 0;
        DelayUS(1);
    }
    return recv;
}

// 示例：读取SPI Flash的ID (W25Q64的ID指令为0x90)
unsigned int SPI_ReadID() {
    unsigned int id;
    SPI_CS = 0;          // 选中设备

    SPI_Transfer(0x90);   // 发送指令
    SPI_Transfer(0x00);   // 发送3字节地址 (0)
    SPI_Transfer(0x00);
    SPI_Transfer(0x00);

    id = SPI_Transfer(0xFF) << 8; // 读取高字节
    id |= SPI_Transfer(0xFF);      // 读取低字节

    SPI_CS = 1;          // 释放片选
    return id;
}

void main() {
    unsigned int flash_id;

    SPI_Init();          // 初始化SPI
    flash_id = SPI_ReadID(); // 读取设备ID

    while(1) {
        // 在此添加其他操作 (如通过串口打印ID)
    }
}
```

3. 关键代码解析

(1) SPI时序控制

```
// 典型SPI模式0时序 (CPOL=0, CPHA=0)
SPI_MOSI = 数据位; // 在时钟上升沿前设置数据
SPI_SCLK = 1;      // 上升沿从机采样
SPI_SCLK = 0;      // 下降沿主机准备下一位
```

(2) 字节传输逻辑

```
for(i = 0; i < 8; i++) {
    SPI_MOSI = (dat & 0x80) ? 1 : 0; // 取最高位
    dat <<= 1;                      // 左移准备下一位
    // ...时钟操作...
    recv <<= 1;                      // 接收数据移位
    if(SPI_MISO) recv |= 0x01;       // 读取位
}
```

4. 扩展功能示例

(1) 写入SPI Flash一页数据

```
void SPI_WritePage(unsigned long addr, unsigned char *buf) {
    SPI_CS = 0;
    SPI_Transfer(0x02);           // 页编程指令
    SPI_Transfer(addr >> 16);     // 发送24位地址
    SPI_Transfer(addr >> 8);
    SPI_Transfer(addr & 0xFF);

    for(int i = 0; i < 256; i++) // 写入256字节
        SPI_Transfer(buf[i]);

    SPI_CS = 1;
    // 需等待写入完成（可轮询BUSY位）
}
```

(2) 读取SPI Flash数据

```
void SPI_ReadData(unsigned long addr, unsigned char *buf, unsigned int len) {
    SPI_CS = 0;
    SPI_Transfer(0x03);           // 读数据指令
    SPI_Transfer(addr >> 16);     // 地址
    SPI_Transfer(addr >> 8);
    SPI_Transfer(addr & 0xFF);

    for(int i = 0; i < len; i++)
        buf[i] = SPI_Transfer(0xFF); // 读数据时发送哑元数据

    SPI_CS = 1;
}
```

5. 注意事项

- 时钟速度**：软件SPI速度较慢（通常<1MHz），高速场景需用硬件SPI或增强型51（如STC15系列）。

- 2. **模式兼容性**：确保SPI设备与代码时序模式（CPOL/CPHA）匹配。
- 3. **片选管理**：操作前后正确控制 **CS** 信号。
- 4. **中断处理**：若在中断中使用SPI，需避免嵌套调用。

6. 硬件SPI扩展（以STC15系列为例）

若使用带硬件SPI的51单片机：

```
// 初始化硬件SPI (STC15)
void SPI_Init_HW() {
    SPCTL = 0xD0; // 使能SPI,主机模式,MSB先行,模式0
    SPSTAT = 0xC0; // 清除标志位
}

// 硬件SPI传输
unsigned char SPI_Transfer_HW(unsigned char dat) {
    SPDAT = dat;
    while(!(SPSTAT & 0x80)); // 等待传输完成
    SPSTAT |= 0x80;          // 清除标志
    return SPDAT;
}
```

通过上述代码，您可以快速实现51单片机与SPI设备的通信。实际开发时请根据具体器件手册调整指令和时序。

汇编

以下是针对 **51单片机（8051架构）汇编语言** 的详细精简版总结，包含核心语法、常用指令和实用开发方案：

一、51汇编语法基础

1. 指令格式

```
[标号:] 操作码 [操作数1][, 操作数2][, 操作数3] [;注释]
```

- **标号**：可选，代表地址（如 **LOOP:**）。
- **操作码**：指令助记符（如 **MOV, ADD**）。
- **操作数**：立即数、寄存器或地址（最多3个）。
- **注释**：以 **;** 开头。

2. 常用伪指令

伪指令	作用	示例
ORG	设置程序起始地址	ORG 0000H

伪指令	作用	示例
END	程序结束标记	END
EQU	定义符号常量	COUNT EQU 30H
DB/DW	定义字节/字数据	TAB: DB 01H, 02H
DS	保留存储空间	BUF: DS 10

二、核心指令集

1. 数据传送指令

指令	功能	示例
MOV A, #data	立即数→A	MOV A, #55H
MOV Rn, A	A→寄存器Rn (R0-R7)	MOV R1, A
MOV @Ri, A	A→间接寻址 (Ri=R0/R1)	MOV @R0, A
MOVX A, @DPTR	外部RAM→A (16位地址)	MOVX A, @DPTR

2. 算术运算指令

指令	功能	示例
ADD A, #data	A + 立即数→A	ADD A, #10H
SUBB A, Rn	A - Rn - CY→A (带借位)	SUBB A, R2
INC DPTR	DPTR + 1→DPTR	INC DPTR

3. 逻辑与位操作

指令	功能	示例
ANL A, #data	A AND 立即数→A	ANL A, #0FH
ORL P1, A	P1 OR A→P1	ORL P1, A
SETB bit	位置1	SETB P1.0
CLR C	清进位CY	CLR C

4. 控制转移指令

指令	功能	示例
LJMP addr16	长跳转 (64KB范围)	LJMP MAIN
AJMP addr11	绝对跳转 (2KB页内)	AJMP LOOP
DJNZ Rn, rel	Rn减1, 非零跳转	DJNZ R3, DELAY

指令	功能	示例
CJNE A, #data, rel	A≠data则跳转	CJNE A, #00H, ERROR

三、寻址方式

寻址方式	示例	说明
立即寻址	MOV A, #30H	操作数为立即数
寄存器寻址	MOV A, R0	操作数为寄存器
直接寻址	MOV A, 40H	操作数为RAM地址
间接寻址	MOV A, @R0	R0/R1指向RAM地址
变址寻址	MOVC A, @A+DPTR	A+DPTR指向ROM地址

四、开发方案与技巧

1. 程序结构模板

```
ORG 0000H      ; 程序起始地址
LJMP MAIN      ; 跳转到主程序

ORG 0030H      ; 主程序避开中断向量区
MAIN:
    MOV SP, #60H ; 设置堆栈指针
    ; 用户代码...
LOOP:
    NOP
    SJMP LOOP    ; 无限循环

ORG 0100H      ; 子程序/数据区
DELAY:
    MOV R7, #255
    DJNZ R7, $
    RET

END
```

2. 常用代码片段

- 软件延时:

```
DELAY_MS:      ; 1ms延时 (12MHz晶振)
    MOV R6, #7
D1: MOV R7, #250
D2: DJNZ R7, D2
```

```
DJNZ R6, D1
RET
```

• 查表法 (ROM访问) :

```
MOV DPTR, #TABLE    ; 表首地址
MOV A, #2            ; 索引号
MOVC A, @A+DPTR      ; 读取表中第2个数据
TABLE: DB 10H, 20H, 30H
```

3. 调试技巧

- **单步执行**: 利用Keil μ Vision的仿真器逐步检查寄存器变化。
- **端口监控**: 通过 `MOV P1, A` 输出调试信号。
- **断点设置**: 在关键代码行插入 `NOP` 或设置硬件断点。

五、注意事项

- 1. **资源限制**:
 - 内部RAM: 128字节 (52系列为256字节) 。
 - 使用 `MOVBX` 指令访问外部RAM (需外扩芯片) 。
- 2. **中断向量**:
 - 中断入口地址固定 (如 `ORG 0003H` 对应外部中断0) 。
- 3. **位操作优势**:
 - 直接操作位地址 (如 `SETB 20H.0`) 提升效率。