

《微控制器结构及应用》

实验指导书

霍 凯 编

陈光荣 审

北京交通大学

机械工程实验中心

2019 年 3 月

目录

1 LED 显示	2
2 USART 串行通信	5
3 ADC 模数转换	8
4 中断实验	11
5 定时器定时实验	13
6 PWM 控制信号生成	15
7 综合实验	17

1 LED 显示

1.1 实验目的

- (1) 能够应用 Atmega128 开发板和 AVR Studio 开发软件，编写程序并进行调试，同时正确操作和使用仪器；
- (2) 能够解释 Atmega128 单片机 I/O 口的功能，识别 LED 驱动的电路结构，
- (3) 能够编写程序实现 LED 灯的显示，通过实验撰写 Atmega128 I/O 口输入输出程序，设计编写调试 Atmega128 单片机 I/O 口控制 LED 灯功能。

1.2 实验设备

- (1) PC机 一台
- (2) ATmega128 开发板及仿真器 一台

1.3 实验要求

- (1) 基本实验

利用 ATmega128 开发板，编写程序，使 B 口 B 为输出，依次点亮 LED 灯，循环显示。

编写程序，从 E 口采集开关的状态，控制 B 口所连接的 LED 灯点亮或者熄灭

- (2) 扩展实验

编写程序，使端口 B 为输出，要求 LED 灯 D7~D0 第一次是左边 4 个灯亮，闪烁 3 次后变为最右边 4 个灯亮，闪烁 3 次后切换至中间 4 个灯亮，并闪烁 3 次，循环显示。

1.4 实验提示

LED 灯显示设计的基本思路是利用软件延时，对相应 LED 灯的点亮时间加以控制。ATmega128 开发板中八个 LED 灯为共阳极，LED 阴极分别与 B 口相连。阴极输入低电平时 LED 灯点亮。

软件编程提示：

DDRB=0xff; 置 B 口为输出。

DDRE = 0x00; 置 E 口为输入，带上拉电阻。

PORTE = 0xFF;

实验电路如图 1-1 所示。

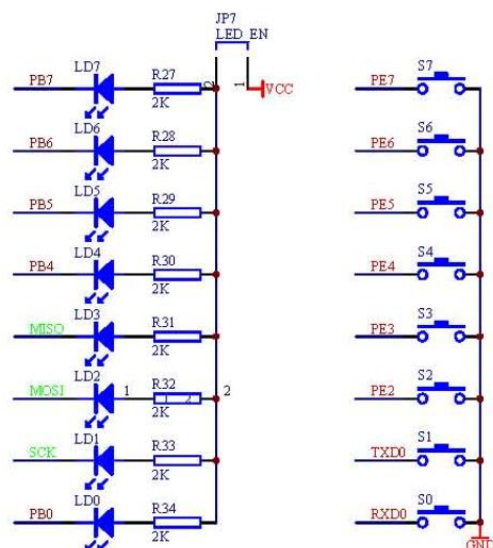


图 1-1 LED 显示电路图

1.5 实验报告

- (1) 实验目的
- (2) 实验内容
- (3) 实验原理图：绘制与本实验相关的电路
- (4) 程序：应有流程图或文字扼要阐述程序设计思想，语句后应用必要的注释
- (5) 实验结果：拍照的图片、文字描述
- (6) 实验思考
- (7) 实验心得：实验遇到哪些问题，如何解决的？实验学到什么？

1.6 注意事项

- (1) 认真分析原理图，谨慎接线；
- (2) 不能带电插拔芯片、仿真线、通信线等；
- (3) 系统带电的情况下，不能测量电阻，禁止触摸电阻、电容及芯片等管脚。

1.7 思考题

如何对Atmega128单片机的I/O口进行初始化设置？实现输入和输出功能。

1.8 考核成果及评价指标

1.8.1 考核成果

- (1) 实验过程、实验程序及实验步骤的运行结果；
- (2) 实验报告。

1.8.2 成果评价标准

本实验项目成绩由实验预习、操作技能、完成情况及实验报告四部分组成，各部分占比如下：

- (1)预习报告 15%;
- (2)操作技能 15%;
- (3)完成情况 40%;
- (4)实验报告 30%;

2 USART 串行通信

2.1 实验目的

- (1) 能够正确解释串行通信的原理，分析串行通信方式，并计算UBRR;
- (2) 能够通过实验进一步设计编写调试串行通信程序及其扩展程序。

2.2 实验设备

- (1) PC机 一台
- (2) ATmega128 开发板及仿真器 一台

2.3 实验要求

- (1) 基本实验

USART0 和 USART1 两个串口综合实验，串口以查询方式接收数据和发送数据。

USART0: 约每秒向串口 0 发送一个字节数据，每发一次，数据加 1，不接收数据。

USART1: 从串口 1 接收数据，将收到的数据显示在 PB 口。

内部晶振频率 1MHz，数据传送波特率：9600，倍速，8 位数据、1 位停止、异步、无校验。查询方式传送。

- (2) 扩展实验

利用 ATmega128 的 USART 建立与 PC 机 COM 口的 RS-232 连网通信，按下 PC 机键盘的字符，通过串口传送到 ATmega128 的 USART0，USART0 发送给 PC 机并在 PC 机的屏幕上显示。

2.4 实验提示

实验程序包括 USART 初始化程序、USART 发送程序、接收程序、延时程序。实验室将两个串口的 2、3 引脚交叉连接。

串行通信需要使用串口通信助手方便在电脑中显示数据，数据通信格式可设置成：波特率为 9600，8 位数据位，1 位停止位，无校验。

实验电路如图 2-1 所示。

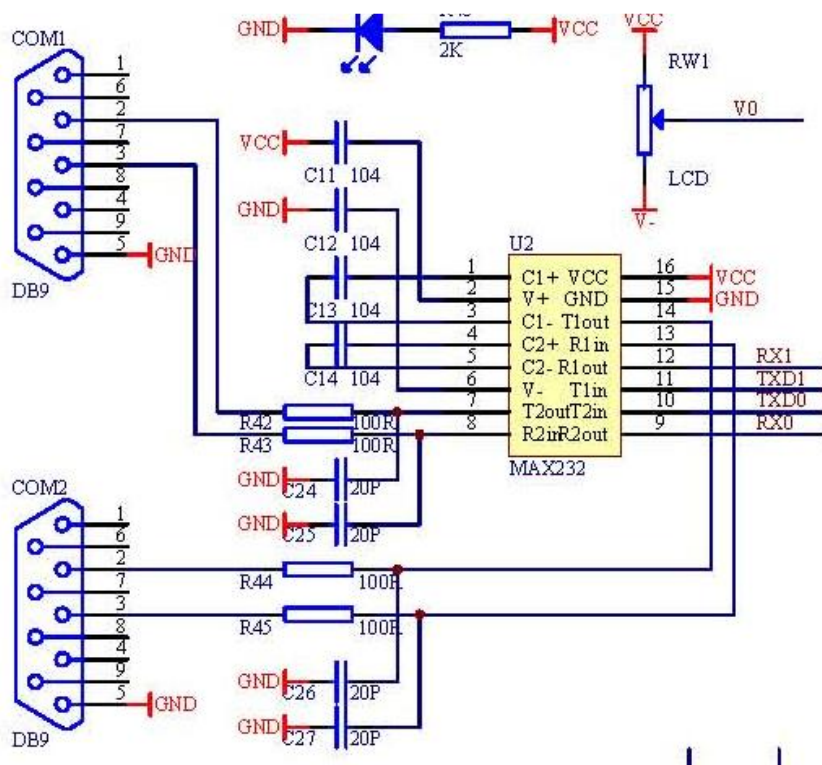


图 2-1 USART 串行通信电路图

2.5 实验报告

- (1) 实验目的
- (2) 实验内容
- (3) 实验原理图：绘制与本实验相关的电路
- (4) 程序：应有流程图或文字扼要阐述程序设计思想，语句后应用必要的注释
- (5) 实验结果：拍照的图片、文字描述
- (6) 实验思考
- (7) 实验心得：实验遇到哪些问题，如何解决的？实验学到什么？

2.6 注意事项

- (1) 认真分析原理图，谨慎接线；
- (2) 不能带电插拔芯片、仿真线、通信线等；
- (3) 系统带电的情况下，不能测量电阻，禁止触摸电阻、电容及芯片等管脚。

2.7 思考题

如何编写 USART 串行通信初始化程序，如何编写发送和接收程序？

2.8 考核成果及评价指标

2.8.1 考核成果

(1)实验过程、实验程序及实验步骤的运行结果；

(2)实验报告。

2.8.2 成果评价标准

本实验项目成绩由实验预习、操作技能、完成情况及实验报告四部分组成，各部分占比如下：

(1)预习报告 15%；

(2)操作技能 15%；

(3)完成情况 40%；

(4)实验报告 30%；

3 ADC 模数转换

3.1 实验目的

- (1) 能够正确识别ATmega128模数转换的引脚，并解释其结构和原理；
- (2) 能够设计编写调试利用ATmega128模数转换模块驱动LED灯的程序。

3.2 实验设备

- (1) PC机 一台
- (2) ATmega128 开发板及仿真器 一台

3.3 实验要求

- (1) 基本实验

通过电位器调节输入电压，经AD0输入后，进行AD转换，将转换结果用数码管显示出来。ADC初始化采用基准AVCC，通道0，8分频。采用查询方式读取AD转换结果，一次ADC转换结束，应清除ADIF、ADEN标志。

- (2) 扩展实验

通过电位器调节输入电压，经AD0输入后，进行AD转换，将转换结果转换成对应的AD0输入电压，用LED显示出来。

通过两个电位器调节输入电压，分别经AD0、AD1输入后，进行AD转换，通过开关控制数码管显示AD0、AD1的输入电压。

3.4 实验提示

本实验需要LED显示的led4.c文件，在主程序中需定义：

```
extern void disp_init(void); /*显示初始化*/
```

```
extern unsigned char led_buf[]; /*显示缓存*/
```

在main函数中采用下列转换：

```
unsigned int i;
```

```
i = (unsigned int)(((unsigned long)i*5000)/1024);/*将AD结果转成电压值*/
```

就可以将数字量还原成对应的模拟量，然后采用int_to_bcd(i)，改变led_buf[]的值。

注意：led.c是采用定时中断的方式显示led_buf[]的内容的。

led_buf[]的初始值定义为：

```
unsigned char led_buf[] = {0, 0, 0, 0, 3};
```

表示小数点在第一个数码管。

实验电路如图3-1所示

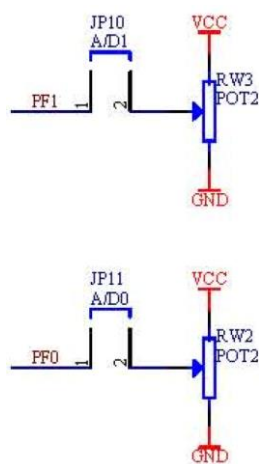


图 3-1 ADC 模数转换电位器连接图

3.5 实验报告

- (1) 实验目的
- (2) 实验内容
- (3) 实验原理图：绘制与本实验相关的电路
- (4) 程序：应有流程图或文字扼要阐述程序设计思想，语句后应用必要的注释
- (5) 实验结果：拍照的图片、文字描述
- (6) 实验思考
- (7) 实验心得：实验遇到哪些问题，如何解决的？实验学到什么？

3.6 注意事项

- (1) 认真分析原理图，谨慎接线；
- (2) 不能带电插拔芯片、仿真线、通信线等；
- (3) 系统带电的情况下，不能测量电阻，禁止触摸电阻、电容及芯片等管脚。

3.7 思考题

ADC初始化的过程是什么？如何读取AD转换的结果？

3.8 考核成果及评价指标

3.8.1 考核成果

- (1) 实验过程、实验程序及实验步骤的运行结果；
- (2) 实验报告。

3.8.2 成果评价标准

本实验项目成绩由实验预习、操作技能、完成情况及实验报告四部分组成，各部分占比如下：

(1)预习报告 15%；

(2)操作技能 15%；

(3)完成情况 40%；

(4)实验报告 30%；

4 中断实验

4.1 实验目的

(1) 能够正确识别ATmega128外部中断源的引脚、陈述中断向量表的作用和使用方法;

(2) 能够运用中断的工作原理, 根据初始化设置步骤设计中断服务程序, 设计编写调试中断初始化程序和中断服务程序。

4.2 实验设备

(1) PC机 一台

(2) ATmega128 开发板及仿真器 一台

4.3 实验要求

(1) 基本实验

从Atmega128的INT4~INT7 (PE4~PE7) 采集开关4~7的状态, INT4~INT7分别设置成低电平、任意电平翻转、下降沿、上升沿触发, 但对应的开关状态发生变化, 响应中断服务程序, 并点亮LED。

(2) 扩展实验

当对应的键按下, 在中断服务程序中用数码管显示对应的开关号。

4.4 实验提示

Toolchain的中断服务程序格式:

```
#include <avr/interrupt.h>
```

```
ISR(Interrupt number such as ADC_vect defined in chip headfile such as iom16.h)
```

```
{
```

```
    // user code here
```

```
}
```

4.5 实验报告

(1) 实验目的

(2) 实验内容

(3) 实验原理图: 绘制与本实验相关的电路

(4) 程序: 应有流程图或文字扼要阐述程序设计思想, 语句后应用必要的注释

- (5) 实验结果：拍照的图片、文字描述
- (6) 实验思考
- (7) 实验心得：实验遇到哪些问题，如何解决的？实验学到什么？

4.6 注意事项

- (1) 认真分析原理图，谨慎接线；
- (2) 不能带电插拔芯片、仿真线、通信线等；
- (3) 系统带电的情况下，不能测量电阻，禁止触摸电阻、电容及芯片等管脚。

4.7 思考题

- (1) 如何编写中断的初始化程序？中断服务程序的格式是什么
- (2) 如何采用中断的方式，在电子时钟中，设置当前时间、闹铃时间？

4.8 考核成果及评价指标

4.8.1 考核成果

- (1)实验过程、实验程序及实验步骤的运行结果；
- (2)实验报告。

4.8.2 成果评价标准

本实验项目成绩由实验预习、操作技能、完成情况及实验报告四部分组成，各部分占比如下：

- (1)预习报告 15%；
- (2)操作技能 15%；
- (3)完成情况 40%；
- (4)实验报告 30%；

5 定时器定时实验

5.1 实验目的

- (1) 能够解释定时器的结构、功能及工作原理，识别Atmeg128定时器的个数和引脚；
- (2) 能够设计编写和调试定时/计数器初始化程序及其扩展程序。

5.2 实验设备

- (1) PC机 一台
- (2) ATmega128 开发板及仿真器 一台

5.3 实验要求

- (1) 基本实验

采用定时器1的A组的CTC方式产生10ms的定时，在定时1的 TCCR1A组比较匹配中断服务程序中实现，使PB0输出周期为2s的方波，用PB0驱动LED，显示PB0电平的变化。

- (2) 扩展实验

查阅相关资料，编写音符1, 2, 3..., 的音调播放程序。

5.4 实验提示

PB0输出周期为2s的方波即PB0每1s钟，发生一次电平变化，已知10ms的定时器，在中断服务程序中可以设定一个计数器。

音符1, 2, 3, ..., 代表了不同频率的方波，节拍对应为对应频率方波的持续时间。

5.5 实验报告

- (1) 实验目的
- (2) 实验内容
- (3) 实验原理图：绘制与本实验相关的电路
- (4) 程序：应有流程图或文字扼要阐述程序设计思想，语句后应用必要的注释
- (5) 实验结果：拍照的图片、文字描述
- (6) 实验思考
- (7) 实验心得：实验遇到哪些问题，如何解决的？实验学到什么？

5.6 注意事项

- (1) 认真分析原理图，谨慎接线；

(2) 不能带电插拔芯片、仿真线、通信线等；

(3) 系统带电的情况下，不能测量电阻，禁止触摸电阻、电容及芯片等管脚。

5.7 思考题

如何编写定时器的初始化程序？

5.8 考核成果及评价指标

5.8.1 考核成果

(1) 实验过程、实验程序及实验步骤的运行结果；

(2) 实验报告。

5.8.2 成果评价标准

本实验项目成绩由实验预习、操作技能、完成情况及实验报告四部分组成，各部分占比如下：

(1) 预习报告 15%；

(2) 操作技能 15%；

(3) 完成情况 40%；

(4) 实验报告 30%；

6 PWM 控制信号生成

6.1 实验目的

- (1) 能够运用定时器的结构、功能及工作原理, 设计定时/计数器PWM初始化程序;
- (2) 能够运用Atmega128定时器的引脚工作方式, 设计PWM程序。

6.2 实验设备

- (1) PC机 一台
- (2) ATmega128 开发板及仿真器 一台

6.3 实验要求

- (1) 基本实验

用定时器1输出三路动态PWM信号, OCR1A、OCR1B、OCR1C的值每约隔一定时间(例如150ms)加1, 但两者之差为80, 即初始化值为*i*, *i*+80, *i*+160。用3个LED分别显示三路输出信号, 观察亮度变化。

- (2) 提高实验

用定时器1输出三路PWM信号, 占空比分别为25%, 50%, 75%, 用3个LED分别显示三路PWM信号。

6.4 实验提示

要产生能够自定义周期的PWM信号, 需要使用系统中的16位定时器。

6.5 实验报告

- (1) 实验目的
- (2) 实验内容
- (3) 实验原理图: 绘制与本实验相关的电路
- (4) 程序: 应有流程图或文字扼要阐述程序设计思想, 语句后应用必要的注释
- (5) 实验结果: 拍照的图片、文字描述
- (6) 实验思考
- (7) 实验心得: 实验遇到哪些问题, 如何解决的? 实验学到什么?

6.6 注意事项

- (1) 认真分析原理图, 谨慎接线;
- (2) 不能带电插拔芯片、仿真线、通信线等;

(3) 系统带电的情况下，不能测量电阻，禁止触摸电阻、电容及芯片等管脚。

6.7 思考题

请使用查询和中断两种方式实现 A/D 转换。

6.8 考核成果及评价指标

6.8.1 考核成果

- (1) 实验过程、实验程序及实验步骤的运行结果；
- (2) 实验报告。

6.8.2 成果评价标准

本实验项目成绩由实验预习、操作技能、完成情况及实验报告四部分组成，各部分占比如下：

- (1) 预习报告 15%；
- (2) 操作技能 15%；
- (3) 完成情况 40%；
- (4) 实验报告 30%；

7 综合实验

7.1 实验目的

本实验为综合实验，其内容涵盖了串口、中断、定时/计数器、模数转换，数码管显示等知识。通过此实验能够正确操作微控制器系统中各部分的软件，编程使用 ATmega128 硬件，同时结合串口、中断、定时/计数器、模数转换，数码管显示等至少两种模块知识设计编写调试程序实现多模块协同工作。

7.2 实验设备

- (1) PC机 一台
- (2) ATmega128 开发板及仿真器 一台

7.3 实验要求（选做一个）

A. 电子时钟

1) 基本内容

利用本课程所学知识设计一个电子时钟，该时钟需满足以下要求：

- (1) 能够进行精确计时，最小计时单位为1秒，并在数码管上显示时、分，在led上显示秒
- (2) 能够利用外部中断进行时间调整，修改当前时间
- (3) 按键建议加入防抖功能

2) 扩展内容

- (1) 加入闹钟功能，利用蜂鸣器播放一段音乐来作为响铃信号。
- (2) 加入竞赛倒计时功能，最小计时单位0.1秒，并在数码管上显示。

B. 电子琴

1) 基本内容

- (1) 利用开发板上的8个按钮进行音调选择，使蜂鸣器实现八个音调的发声。
- (2) 通过中断控制按钮来改变模式，使按钮从控制蜂鸣器发单音改为控制蜂鸣器播放完整歌曲，歌曲预先存储在单片机中。

2) 扩展内容

加入歌曲播放控制功能，当在歌曲播放模式下时，利用不同的按钮来控制歌曲的暂停和继续播放，并在数码管上显示PLAY与STOP的提示字样。

C. 抢答器

1) 基本内容

(1) 利用8个按钮代表竞赛抢答号1~8号，当按钮按下时，通过程序找出最先按下按钮的编号，并在数码管上显示编号，且蜂鸣器给出提示音。当一轮结束之后，按下中断按钮可使抢答器重置并开始下一轮抢答。

(2) 在数码管上同时显示出当前抢答轮数（前两位显示抢答轮数，后两位显示抢答号）

2) 扩展内容

(1) 加入抢答计时功能，当某组成功抢答后，数码管自动进入倒计时30秒，按下中断按钮或者倒计时结束，将自动进入下一轮抢答。

(2) 加入开始倒计时防止抢答功能。倒计时时间为3秒，利用数码管显示。如果在倒计时3秒内有人提前按下抢答按钮，则蜂鸣器发出报警音，该组相应led灯亮起，且在开始抢答后该组按钮处于无效状态。

7.4 实验提示

结合中断、定时/计数器、数码管显示等知识设计编程。

7.5 实验报告

- (1) 实验目的
- (2) 实验内容
- (3) 实验原理图：绘制与本实验相关的电路
- (4) 程序：应有流程图或文字扼要阐述程序设计思想，语句后应用必要的注释
- (5) 实验结果：拍照的图片、文字描述
- (6) 实验思考
- (7) 实验心得：实验遇到哪些问题，如何解决的？实验学到什么？

7.6 注意事项

- (1) 认真分析原理图，谨慎接线；
- (2) 不能带电插拔芯片、仿真线、通信线等；
- (3) 系统带电的情况下，不能测量电阻，禁止触摸电阻、电容及芯片等管脚。

7.7 思考题

选作一题：

- (1) 当修改时钟时间时，如何让计时过程不会暂停而是继续计时？
- (2) 如何利用同一个外部中断按钮来实现不同的功能切换？

(3) 中断按钮个数有限制，如何实现多种功能？

7.8 考核成果及评价指标

7.8.1 考核成果

- (1) 实验过程、实验程序及实验步骤的运行结果；
- (2) 实验报告。

7.8.2 成果评价标准

本实验项目成绩由实验预习、操作技能、完成情况及实验报告四部分组成，各部分占比如下：

- (1) 预习报告 15%；
- (2) 操作技能 15%；
- (3) 完成情况 40%；
- (4) 实验报告 30%；