

# 用液晶屏制作简易手持式数字示波器

◎ 武汉市武汉铁路局 李学龙

电子爱好者大都拥有万用表,但有示波器的却不多,这是因为示波器比普通万用表贵得多。本文介绍的数字示波器采用4节电池供电,体积与万用表相仿,虽然采样速率不高,但在用于低频信号的测量时效果很好,而且具有波形记忆功能。参照本文的介绍,增加一个高速A/D转换芯片,便可将采样速率提高到5MB,使模拟带宽达到0.5MB,可以满足大部分业余制作的需求。

## 一、性能指标

1. 工作电压,DC5V
2. 采样速率:10ksps
3. A/D分辨率:10bit
4. 采样时间:0.1 $\mu$ s~100 $\mu$ s
5. 输入电压范围:±1.25V, ±2.5V, ±12.5V和±25V可调
6. 输入耦合:AC/DC可选
7. 输入阻抗:1M $\Omega$
8. 触发方式:自动、上升沿和下降沿
9. 触发电平可调
10. 具有波形冻结键、背光灯开/关控制键

## 二、电路原理

电路见图1。

### 1. 采用 AVR Atmega32-8 单片机

采用 AVR Atmega32-8 单片机,其内部有32kB字节的Flash、1kB字节的EEPROM、2kB字节的SRAM,具有JTAG调试接口,8路10位ADC,工作于8MHz时性能高达8MIPS,只需两个

时钟周期的硬件乘法器。液晶屏为128×64点,100×64个点用于波形显示,28×64个点用于显示测量值的一些设定参数。

### 2. 输入电路

输入电路由四运放 LM324、U5 等组成。U5A 和 U5B 组成 1:1 输入回路,来自 J5 的输入信号经交、直流选择电路(继电器 LS1)送至 U5A 的同相端缓冲,以提高输入阻抗,然后送至 U5B 的同相端,与 2.5V 的基准电压相加,使得当输入信号为 -2.5V~+2.5V 时,U5B 的输出为 0~5V,以适应单片机 A/D 转换模块对输入信号的电压范围的要求。U5D 和 U5C 组成 1:10 输入回路,该部分电路与 1:1 输入回路不同之处只是在输入端对信号进行了衰减,其工作原理完全相同。

上述两路经过处理后的信号(1×、10×)分别送到单片机的 ADC0 和 ADC1,单片机首先根据用户设定的电压测量范围(通过按键 BT3、BT4)选择对应的 A/D 转换通道:当测量范围设定在±2.5V 以内时,选通 ADC0;当测量范围设定为±25V 时选通 ADC1。而±1.25V 和±12.5V 量程由处理则由软件实现:单片机的③脚控制 U5A 的同相端,当量程超过±2.5V 时,除了选通 ADC1 外,单片机还将③脚置为低电平,强行将 USB 的输出拉低,以防止因 ADC0 的输入电压过高而影响 ADC1 的测量结果。

### 3. 采样及显示电路

以单片机 U1 为核心的电路完成采样、计算和显示功能。单片机通过 PB 和 PD 口控制 128×64 点阵液晶显示模块 GM126401。GM126401 内部的控制器是 KS0108,对于

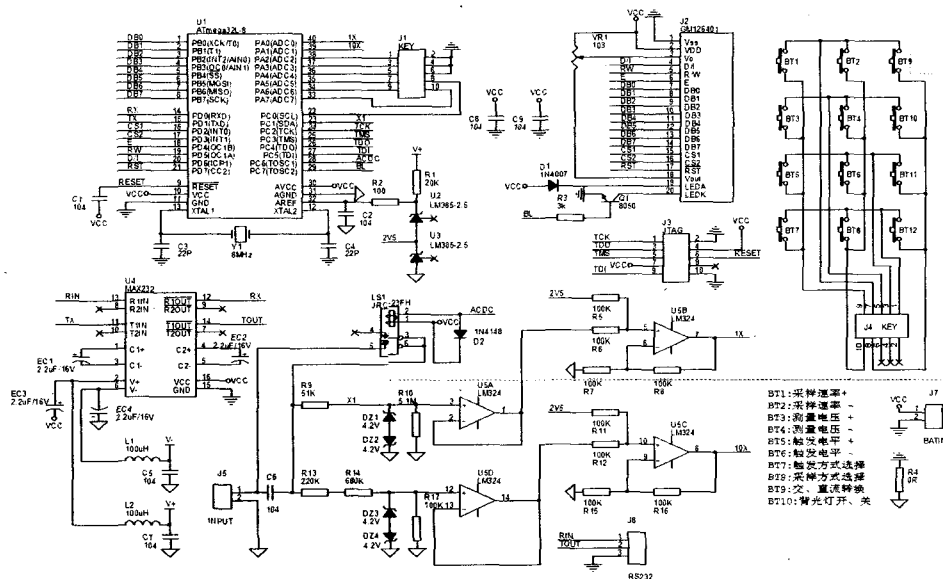


图1 示波器电路

# HANDS ON PROJECTS

## 实用电子制作 其他制作

其他型号的 LCD, 只要其内部控制器是 KS0108 且引脚排列与 GM126401 相同都可以直接代用。单片机 A/D 转换器的参考电压 5V 由两只 LM385-2.5 串联提供。而输入电路所需的 2.5V 基准电压则从两只 M385-25 串联的中间点引出。

### 4. 电源电路

运放 LM324 需要  $\pm 8V$  的电源。为了能直接用 4 节电池为系统供电, 这里用了一片 MAX232。MAX232 主要用在 RS232 通讯上进行电平转换, 用在此处有两个作用, 一是作为 RS232 接口, 可以通过其将采得的数据送到微机进行进一步处理; 二是从其②脚 V+ 和⑥脚 V- 取出电压信号, 经过一级 LC 滤波 (电路中的 L1、L2 也可用  $30\Omega$  的电阻代替), 为 LM324 提供  $\pm 8V$  左右的电源电压。其中 +8V 电源 V+ 还要为两只 LM385 产生 5V 电压基准供电。由于 LM324 和 LM385 的工作电流均低于 1mA, 故不会影响 MAX232 芯片的正常工作。

### 5. 键盘电路

单片机的 7 个 I/O 口 PA2~PA7、PC0 加上 12 只按键组成  $3 \times 4$  的键盘。各按键定义如下:

BT1、BT2: 改变采样速率+、-;

BT3、BT4: 改变测量电压量程+、-;

BT5、BT6: 改变触发电平+、-;

BT7: 触发方式选择, 可选三种方式, 上升沿 (RISE)、下降沿 (FALL) 和自锁 (OFF);

BT8: 波形冻结;

BT9: 交、直流 (AC/DC) 耦合转换;

BT10: 背光灯开/关控制;

BT11、BT12: 未用。

## 三、程序设计

### 1. LCD 基本控制函数

关于 LCD 基本控制函数的编写, 请查阅相关文档。需要说明的是英文显示采用  $3 \times 5$  点阵自定义小字体, 为了能在有限

的空间内显示更多的参数。

### 2. LCD 初始化

此程序将固定显示的文本填入 LCD 的相应位置, 绘制网格。

### 3. 采样及显示刷新

为了使显示的波形比较稳定, 需要

使之与输入信号同步。根据设定的触发方式, 找到采样的起始点, 方法见图 2。每次从起始点开始, 根据设定的采样速率, 采集 100 个数据点, 先擦除上次绘制的点, 然后再绘制本次的采样点, 并将相邻点连接起来, 完成采样波形的一次显示刷新。

### 4. 计算频率

采用计算过零点的间隔时间的方法计算频率。过零点是输入信号等于触发电平的点, 输入信号连续的两个上升沿 (或下降沿) 通过零点之间的时间的倒数就是输入信号的频率 (图 2), 时间由设定的采样速率而定。

### 5. 峰-峰值、最大值、最小值、平均值

上述各值可从采样的数据中得出。

## 四、焊接调试

印制电路板如图 3 所示。先焊接跳线, 再焊其他元件, 最后焊液晶屏插座。插座焊在电路板的铜线面, 将插座的引脚折弯 90 度, 直接贴在电路板的焊脚上焊。按键板上的 J4 也要焊在铜线面上, 要用水平安装的插座, 否则由于是单面板, 无法焊接。在单片机的②脚与 LM324 的③脚间还有一根飞线。焊好后的实物如图 4 所示。全部焊完后, 接通电源, LCD 应有显示, 调节 VR1, 使对比度合适。

## 五、使用方法

该示波器制作好后如图 5 所示, 其显示界面如图 6 所示, 根据输入信号的大小, 按 BT3 和 BT4 选择合适的量程。当波形显示不稳定时, 按 BT5 和 BT6 调节触发电平或按 BT7 选择触发方式可使波形同步。按 BT8, 可暂停测量, 当前的波形被冻结, 松开按键 BT8 测量继续。

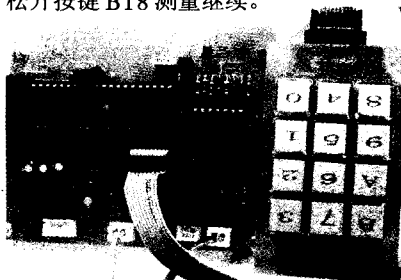


图 5 示波器实物

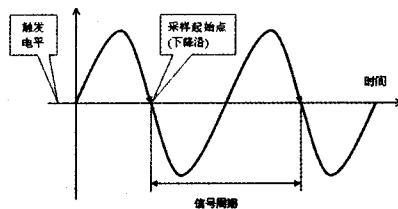


图 2 采样波形

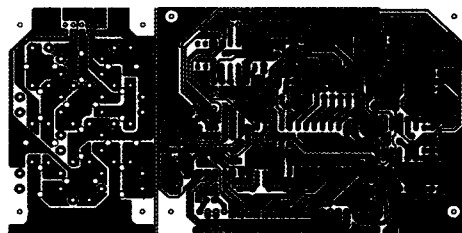


图 3 印制电路板

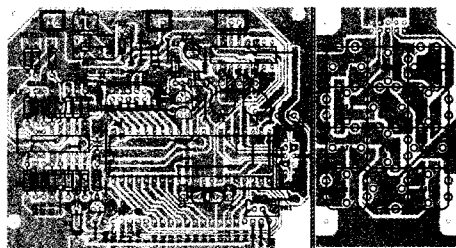


图 4 印制板元件面

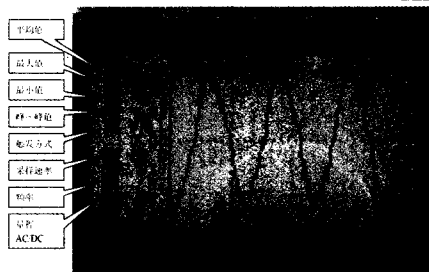


图 6 示波器显示界面