

基于 ARM 的简易手持示波器的设计

摘 要

本设计是基于 ARM(Advance RISC Machine)以 ARM9^[2]为控制核心简易手持示波器的设计。包括前级电路处理，AD 转换，波形处理，LCD 显示灯模块。前级电路处理包括程控放大衰减器，极性转换电路，过零比较器组成，AD 的转换速率最高为 500KSPS，采用实时采样方式，设计中采用模块设计方法。充分使用了 Proteus Multisim 仿真工具，大大提高了设计效率，可测量输入频率范围为 10HZ—60KHZ 的波形，测量幅度范围为-3.3V—+3.3V,并实现波形的放大和缩小，实时显示输入信号波形，同时测量波形输入信号的频率。

总体来看，本文所设计的示波器，体积小，价格低廉，低功耗，方便携带，适用范围广泛，基本上满足了某些场合的需要，同时克服了传统示波器体积庞大的缺点，减小成本，完全可以把本设计当做手持数字示波器^[1]。

关键词：AD ， ARM，实时采样，手持数字示波器

A Design of Simple Handheld Oscilloscope Based On Arm

ABSTRACT

The design is based on the ARM (Advanced RISC Machine) with ARM9^[2] as the control core of simple handheld oscilloscope design .Includes a front stage circuit ,AD conversion ,waveform processing ,LCD display lamp module ,The front stage circuit processing includes programmable amplifier and attenuator, a polarity conversion circuit , a zero cross comparator , AD conversion rate up to 500KSPS, real-time sampling, design adopts module design method , Make full use of the Proteus, Multisim simulation tools ,greatly improving the efficiency of the design ,can measure for input frequency range of 10HZ-60KHZ waveform ,amplitude measurement range of -3.3v-+3.3v,and the realization of waveform amplification and narrow, real-time display of the input signal waveform ,while measuring the wave shape of the frequency of the input signal.

Overall, the oscilloscope designed, small volume, low price, low power consumption ,convenient carrying ,wide application scope ,basically meet the needs of certain applications ,while overcoming the traditional oscilloscope bulky shortcomings, reduce cost , can make the design as a hand-held digital oscilloscope^[14]

KEY WORDS: AD, ARM, real-time sampling, handheld digital Oscilloscope

原创力文档

www.book118.com

预览与源文档一致,下载高清无水印

目 录

前 言	1
第 1 章 绪论	2
1.1 课题背景	2
1.2 课题研究的目的和意义	2
1.3 课题的主要研究工作	3
第 2 章 系统整体设计方案	5
2.1 硬件总体结构	5
2.2 系统实现的原理介绍	6
2.2.1 实时采样	6
2.2.2 AD 转换器介绍	7
2.2.3 ARM 处理器介绍	8
2.2.4 LCD 显示部分	8
2.3 软件整体设计	10
2.4 数字手持示波器技术参数	10
2.5 本章小结	10
第 3 章 硬件结构	11
3.1 程控放大模块设计	11
3.1.1 程控放大电路的作用	11
3.1.2 程控放大器电路所用芯片	11
3.1.3 AD603 放大电路及原理	12
3.2 DA 转换电路	14
3.3 极性转换电路	15
3.4 AD 转换电路	18
3.5 整形电路	19
3.6 显示控制电路	21
第 4 章 软件设计	23
4.1 软件设计总体框图	23
4.2 键盘控制程序	23

4.3 频率测量程序设计	26
4.4 LCD 显示程序设计	26
结 论	29
谢 辞	30
参考文献	31
附 录	33
外文资料翻译	36
中文资料翻译	40

前 言

由于传统示波器虽然功能齐全但是体积庞大,不方便携带,本设计针对这种缺点设计一种体积小、成本低、功耗小、便携数字示波器,同时达到学以致用,理论和实践相结合,进一步学习课外知识,培养综合应用知识,锻炼动手和实际工作的能力。示波器实现输入频率范围为 10HZ—60KHZ,幅度范围为-3.3V—+3.3V,并实现波形实时显示以及放大和缩小。同时显示波形频率和幅度。示波器在电子、电气、控制等领域应用十分广泛,随着计算机的发展,示波器已经实现了和计算机互联,共享数据,但现有示波器有诸多不足,体积庞大,价格昂贵,功能齐全的示波器在某些场合并不能得到充分的应用。本课题所研究的示波器定位于抵挡型,即在性能上满足大多场合的需要,努力实现小型化,价格低廉,携带方便,这样在财力有限的小用户能够普及,并和功能齐全高档示波器配合使用,取长补短。本设计对信号的采样,使用实时采样方式,这种方法的优点是,设计相对简单,能实时显示所测信号的波形。缺点是,由于受 AD 转换速率的限制不能测量频率很高的信号。另外,AD 只能测量范围很小的电压信号,单输入信号可能更小,或者更大,所以要对信号进行程控放大和衰减,本设计采用 AD603 作为程控放大器,基本满足了要求。由于本设计使用的 AD 只能测量正极性的电压信号,而外界输入的信号有正有负,因此在输入 AD 前要把所有信号转换成正极性的,本设计采用加法电路,然后再做处理。频率测量,输入信号可能是各种波形,不便测量,所以本设计专门分一路信号,把信号通过比较器转换成矩形波,用定时器和中断来测量信号的频率,效果良好^[2]。

第 1 章 绪论

1.1 课题背景

在电子测量技术的发展史上，示波器的出现给测量技术带来了翻天覆地的变化，可以说的上是一场革命，从布劳恩的第一台示波器问世以来，示波器的功能越来越丰富，性能也与日俱增。

从 70 年代开始人们的注意力主要转向自动化、实用化和提高准确度。微型计算机和仪器通用接口的出现，给示波器的自动化发展推到了一个崭新的水平。微机的引入使示波器在设计、性能、功能、实用以及操作和故障诊断等方面都产生了巨大变化，随着工业发展对示波器的设计和测量的需要，示波器的功能已从时域分析扩展到了数据域分析。当前，高精度、功能多样、使用灵活、操作方便、性能可靠，已成为示波器生产厂家追求的主要目标^[3]

1.2 课题研究的目的和意义

随着电子工业的发展，电子技术已经渗透到国民经济各个领域，利用电子技术进行的测量即电子测量技术发展很快，已经成为一门学科，并在一定程度上反映了一个国家科学技术水平。在电子测量仪器中，示波器所占的地位越来越重要，对电量和许多非电量的测试来说是一种主要的、通用的测量工具。其实用之广泛和发展速度之快都远远超过其他测量仪器，已经广泛应用于国防、科研、学校以及工农商业等各个领域和部门。

半个世纪以来，示波器由电子管发展到晶体管，有发展到集成电路；由模拟电路发展到数字电路；由通用示波器发展到取、记忆、数字存储、逻辑分析、故障判断、智能化等多个系列，几百个品种。以美国 Tektronix 公司为例，建立于 1947 年，目前已有 9 大系列，100 多个品种，产品销遍全球，已被世界公认为示波器的权威。自 1951 年，我国在示波器生产方面也有很大进展，形成了一支研发和设计示波器的专业队伍，已能生产宽带、取样、高灵敏度、记忆、数字存储、逻辑分析等各门类的示波器，有些门类的主要技术指标已经接近国际先进水

平。

数字示波器是随着数字电路的发展而发展起来的一种新型示波器。它是采用数字电路,把输入信号经过 AD 转换,把模拟波形变换成数字信息,并存储在存储器中,待需要读出时,在通过 DA 转换,能捕捉触发前的信号,可通过接口与计算机相连接等特点,与计算机连成系统。分析复杂的单次瞬变信号的有效仪器。刚一问世,就显示出它强大的生命力,各行各业都迫切需要,有其广阔的市场空间。

传统模拟的示波器也有其优点,即具有迅速的响应特性、面板直接控制操作、可直接观测输入信号、价格低廉等。目前数字示波器已经完全能够做到,特别是在捕获非重复信号、避免信号虚化和闪烁、在时间上从触发事件方向寻迹实现在电路中隔离故障等方面,数字示波器显示出了模拟示波器无可比拟的优势。因此,数字示波器由于其性能优越,和良好的性价比,现在已成为示波器的主流产品。通过本设计,可以达到学以致用,把理论与实践相结合,学会处理设计过程中出现的一些问题,掌握设计的技巧,为以后工作打下基础,并完成一个能满足基本需要的手持示波器^[13]。

1.3 课题的主要研究工作

数字示波器利用 AD 把被测量的模拟信号转换成数字信号,并在液晶上显示波形,而且可以对获得的信息做进一步的处理,例如可以放大,缩小波形。和传统模拟示波器相比,屏幕更新速率是数字示波器另一个限制因素,它不像模拟示波器那样实时显示波形的变化,波形在采样转换显示的过程中被延迟了,被测信号总要经过一段时间才能在屏幕上显示出来。由于普通 AD 只能测量一种极性的电压信号,而且测量电压范围小,因此,在进行 AD 转换之前需要对外界信号做一些处理:首先把外界的电压信号转换成正电压,并把电压大的信号衰减,把电压小的信号放大,所以本设计采用了极性转化电路,和程控放大电路,这样就可以测量范围稍微大,正负电压信号了^[17]。

为了使测量的波形更便于观测,需要对波形进行放大和缩小,放大和缩小分别包括,幅度周期的放大和缩小。幅度放大时,可以把 AD 转换到的数据左移两位达到放大两倍的效果,右移两位缩小两倍;周期的放大可以对原来的波形采样

更少的点, 这样在相等的时间段里可以显示更多的波形, 不过这样会丢弃很多数据, 容易失真, 相反采样更多的波形就放大周期, 这样更真实的反应波形。

不过, 数字示波器也有其局限性, 其中之一是, 多数数字示波器实用 AD, 受 AD 转换速率的影响实时采样不能达到很高的频率。因此, 数字示波器不能用于测量频率较高的场合。另外一个解决办法是等效时间采样来达到最大带宽, 由于采样密度可以超过重复触发脉冲, 因此对连续波形是完全可以的, 但是对瞬时脉冲的存储, 实时采样速率仍受 AD 转换速率的限制。尽管如此, 在低于 10MHZ 时, 数字示波器有一系列的有点, 例如, 可以重建一个清晰的存储波形, 还可以捕捉并显示预触发波形, 这一特征可以用来查找那些导致未知或间断响应的过程。

总之与通用的模拟示波器相比, 数字示波器有以下特点:

- (1) 具有存储触发前信息的功能, 用数字存储示波器的预触发功能能观测触发前的信号, 因而可捕获和显示故障发生前的信号, 便于故障检测。
- (2) 长久保存波形, 在观察缓慢信号时无闪烁现象。因为数字存储示波器采用了 RAM, 可以慢速写入, 快速读出, 所以无闪烁。
- (3) 数据输出可加至数据采集系统, 用快速傅里叶变化进行处理。
- (4) 精确度高。

第 2 章 系统整体设计方案

示波器的设计分为硬件设计和软件设计两部分。示波器的控制核心采用 ARM9，由于 ARM9 芯片里有自带的 AD，采样速率最高位 500KSPS,分辨率为 10 位，供电电压为 3.3V，基本上能满足本设计要求，显示部分用 4.3 寸的 LCD。软件部分采用 C 语言进行设计，设计环境为 ADS。采用仿真软件为 Proteus^[14]。

2.1 硬件总体结构

该设计采用模块化的设计方法，根据系统功能把整个系统分成不同的具有特定功能的模块，硬件整体框图如下图所示。

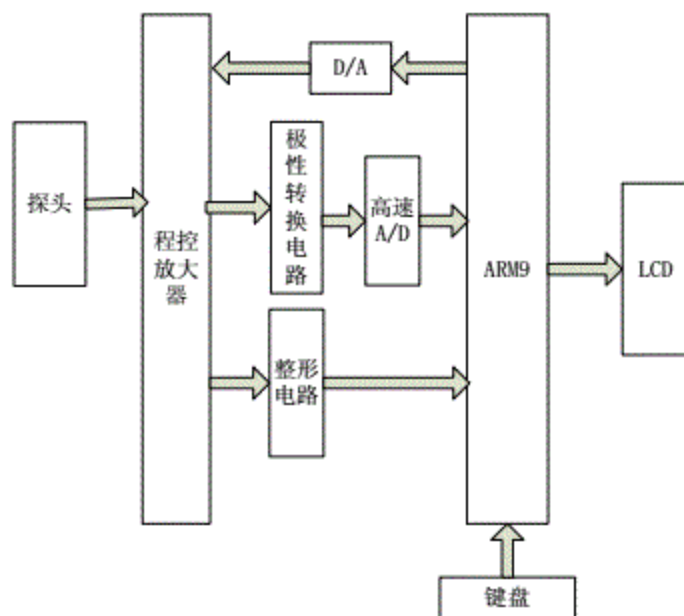


图 2-1 系统整体框图

总体原理图见附图

该示波器由 5 部分电路构成，分别是：

- (1) 输入程控放大衰减电路；
- (2) DA 转换电路；
- (3) 极性转换电路；

(4) AD 转换电路;

(5) 整形电路;

(6) 显示控制电路;

整体设计思路是: 信号从探头输入, 进入程控放大衰减电路进行放大衰减, 程控放大器对电压大的信号进行衰减, 对电压小信号进行放大以符合 AD 的测量范围, 经过处理后信号进入极性转换电路进行电平调整成 0—3.3V 电压, 因为被测信号可能是交流信号, 而 AD 只能测量正极性电信号, 经调整后送入 AD 转换电路对信号进行采样, 采样所得数据送入 LCD 显示。从程控放大电路出来的一路信号送给 AD 转换器, 一路送给整形电路对输入信号进行整形即比较器, 把各种信号变成矩形波, 利用计数器进行频率测量。这样实现了信号频率的测量和波形的显示。按键控制可以通过不同的按键来控制波形 波形的放大和缩小, 同时也可以控制程控放大器, 选择放大和衰减的倍数。

2.2 系统实现的原理介绍

2.2.1 实时采样

数字示波器是利用 AD 转换器把被测模拟信号转换成数字信号, 然后通过相应的硬件和软件将波形数据转换为特定的形式并且显示在屏幕上。实时采样就是 AD 对被测模拟信号不停的进行转换存储, 只要 AD 转换速率足够高, 理论上可以测量任意频率的波形, 并能正确显示, 故能观察单次信号, 在观察波形时取样的密度足够大, 这样显示器才能重现被观察的波形, 根据香农定理, 采样的频率必须大于等于被测波形的最高频率的两倍, 否则会产生频谱混叠效应, 使示波器得出错误的测量结果。

等效时间采样, 使用等效采样的前提是被测量信号是周期出现的, 因此, 为了重建原信号, 可以每一个周期内等效地等间隔地抽取少量样本, 最后将多个周期抽取的样本集合到同一个周期内, 这样就可以等效成在一个被测量信号周期内的采样效果。该方案的优点是采样电路不需要太高, 与被测信号频率相当即可, 缺点是要求被测信号是周期的, 而且采样过程较慢, 比较耗时, 同时要求知道被测信号的精确频率, 和精确的时钟, 要求很高, 本设计决定采用实时采样方式。

2.2.2 AD 转换器介绍

AD 转换器的分类

下面简要介绍常用的几种类型的 AD 及其基本原理和特点;

1. 积分型

积分型 AD 工作原理是将输入电压转换成时间(脉冲宽度信号)或频率(脉冲频率),然后又定时器/计数器获得数字值。其优点是利用简单电路就能获得很高分辨率,但缺点是由于转换精度依赖于积分时间,因此转换率极低。初期的单片机 AD 转换器大多采用积分型,现在逐次比较型已经逐步成为主流。

2. 逐次比较型

逐次比较型 AD 由一个比较器和 DA 转换器通过逐次比较逻辑构成,从 MSB 开始,顺序地对每一位将输入电压与内置 DA 转换器输出进行比较,经 n 次比较而输出数字值。其电路规模属于中等。优点是速度较高、功耗低,在低分辨率时价格便宜,但高精度时(>12 位)价格很高。

3. 并行比较型/串并行比较型

并行比较型 AD 采用多个比较器,仅做一次比较而实行转换,又称 Flash(快速)型。由于转换速率极高, n 位的转换需要 2^n-1 个比较器,因此电路规模也极大,价格也高,只适用于视频 AD 转换器等速度要求特别高的领域。

串并行比较型 AD 结构上介于并行和逐次比较性之间,最典型的是由 2 个 $n/2$ 位的并行型 AD 转换器配合 AD 转换器组成,用两次比较实行转换,所以称为 half flash(半快速)型。还有分成三步或者多步实现 AD 的叫做分级型 AD,而从转换时序角度又可称为流水线型 AD,现代的分级型 AD 中还加入了对多次转换结果做数字运算而修正特性等功能。这类 AD 速度比逐次比较型高,电路规模比并行型小。

2.2.3 ARM 处理器介绍

Arm 系列处理器是英国 ARM 公司设计的主流嵌入式处理器,ARM9 主要包括 ARM9TDMI 和 ARM9E-S 等系列。本设计使用的是三星公司的 S3C2440 处理器, S3C2440 基于 ARM920T 核心,低功耗、简单、精致、且全静态设计特别适合于对成本和功率敏感型的应用。ARM920T 是 16/32 位 RISC 处理器。ARM920T 实现了 MMU, AMBA 总线和哈佛结构 高速缓冲体系结构^[2]。这一结构具有独立

的 16KB 指令高速缓存和 16KB 数据缓存。

S3C2440 集成的片上功能如下：

- (1) 1.2v 内核供电, 1.8V/2.5V/3.3V 存储器供电, 3.3V 外部 I/O 供电
- (2) 外部存储控制器
- (3) LCD 控制器
- (4) 4 通道 DMA 并有外部请求引脚
- (5) 3 通道 UART
- (6) 2 通道 SPI
- (7) 1 通道 IIC 总线接口 1 通道 IIS 总线接口
- (8) AC'97 编解码器接口
- (9) 兼容 SD 主接口协议 1.0 版和 MMC 卡协议 2.11 兼容版
- (10) 2 通道 USB 主机 1 通道 USB 设备
- (11) 4 通道 PWM 定时器和 1 通道内部定时器/看门狗定时器
- (12) 8 通道 10 位 ADC 和触摸屏接口
- (13) 130 个通用 I/O 和 24 通道外部中断源

2.2.4 LCD 显示部分

LCD 液晶显示器是 Liquid Crystal Display 的简称, LCD 的构造是在两片平行的玻璃当中放置液态晶体, 两片玻璃中间有许多垂直和水平的细小电线, 通过通电与否来控制 杆状水晶分子改变方向, 将光线折射出来产生画面^[3]。

LCD 的主要技术参数有：

1. 对比度

LCD 制造时选用的控制 IC、滤光片和定向膜等配件, 与面板的对比度有关, 对于一般用户而言, 对比度能够达到 350:1 就足够了, 但在专业领域这样的对比度还不能满足用户的要求。对比值定义是最大亮度值(全白)除以最小亮度值(全黑)的比值

2. 亮度

LCD 是一种介于固态与液态之间的物质, 本身是不能 发光的, 需要借助于额外的光源才行。因此, 灯管数目关系着液晶显示器亮度。液晶显示器的最大亮度, 通常由冷阴极涉嫌管来决定, 亮度值一般都在 200~250cd/m² 间。

3. 可视面积

液晶显示器所表示的尺寸就是与实际可以使用的屏幕范围一致

4. 可视角度

当背光源通过偏极片、液晶和去向层之后，输出的光线变具有了方向性。也就是说大多说光都是从屏幕中垂直射出来的，所以从某一个较大的角度观看液晶显示时，便不能看到原来的颜色，甚至是只能看到全白或者全黑。为了解决这个问题，制造商们也着手开发广角技术，到目前为止有三种比较流行的技术，分别是：TN+FILM、IPS 和 MVA。

5. 色彩度

任何一种色彩都是由红、绿、蓝三种基本色组成的。LCD 面板上是由 480×272 个像素点组成现象的，每个独立的像素色彩是由红、绿、蓝 (R、G、B) 三种基本色来控制。

6. 信号响应时间

响应时间是指液晶显示器对于输入信号的反应速度，也就是液晶由暗转亮或由亮转暗的反应时间，通常是以毫秒为单位。要说清这一点我们还要从人眼对动态图像的感知谈起。人眼存在视觉残留的现象，高速运动的画面在人脑中会形成短暂的印象。动画片、电影等一直到现在最新的游戏正式应用了视觉残留的原理，让一系列渐变的图像在人眼前快速连续显示，便形成动态的影像。人能够接受的画面显示速度一般为每秒 24 张，这也是电影每秒 24 帧播放速度的由来，如果显示速度低于这一标准，人就会明显感到画面的停顿和不适。按照这一标准计算，每张画显示的时间需要小于 40ms。这样，对于液晶显示器来说，低于 40ms 的显示器便会出现明显的闪烁现象，要是想让图像达到不闪的程度，则就是每秒达到 60 帧的速度。

7. 点距

14 英寸 LCD 的可视面积为 $285.7\text{mm} \times 214.3\text{mm}$ ，它的最低分辨率为 1024×786 ，那么点距就等于：可视宽度/水平像素。

2.3 软件整体设计

该示波器软件开发环境为 ADS，代码采用 C 语言编写^[1]。ARM 中软件完成的

功能：

- (1) 键盘中断处理。根据键盘的输入选择衰减倍数，波形放大和缩小倍数。
- (2) 输入波形频率和峰峰值测量。
- (3) LCD 显示器的初始化和显示控制。

2.4 数字手持示波器技术参数

- (1) 水平扫描速度可调
- (2) 垂直电压灵敏度可调
- (3) 被测信号的各种参数屏幕显示，包括频率、电压峰峰值。
- (4) 能测量输入频率为 10HZ~60KHZ 的信号
- (5) 测量幅度范围为-3.3V~3.3V

2.5 本章小结

本章主要目的是对设计中用到的部分做了系统的分析，分析了现在数字示波器的发展现在以及前景和 ARM 处理器在嵌入式领域应用的优势，本章还简单并系统介绍了硬件部分和软件部分^[9]。

第3章 硬件结构

该数字示波器的设计采用了模块设计方法，把一个功能复杂的系统分解为若干个相对简单的功能比较简单的模块，是设计简化，各个模块设计完成之后，再把模块组装成一个完整的系统。

该示波器硬件由6部分电路构成，分别是：

- (1) 输入程控放大衰减电路
- (2) DA 转换电路
- (3) 极性转换电路
- (4) AD 转换电路
- (5) 整形电路
- (6) 显示控制电路

各个模块的实现原理，和功能作用分别如下所述。

3.1 程控放大模块设计

3.1.1 程控放大电路的作用

程控放大器的作用是对输入信号进行衰减或者放大调整，使输出信号电压符合AD转换器要求，达到最好的测量与观察效果，所以程控放大器电路在规定带宽范围内的增益一定要平坦，故对运算放大器的要求也比较高。本设计采用AD603，程控放大器的放大或衰减倍数是由DA控制的。通过键盘控制DA输出大小不同的电压，送到AD603的控制端，控制放大器的放大倍数，根据DA产生电压的大小，达到程控的目的^[4]。

3.1.2 程控放大器电路所用芯片

1. 高速运算放大器 AD603 的特性

AD603 是一种具有程控增益调整功能的芯片，它是美国 ADI 公司的专利产品，是一个低噪、90MHZ 带宽增益可调的及承运放，如增益用分贝表示，则增益与控制电压成线性关系，压摆率为 275V/us。管脚间的连接方式决定了可编程

的增益范围,增益在-11—+30dB 时带宽为 90MHZ,增益在+9—+41dB 事具有 9MHZ 带宽,改变管脚间的连接电阻,可使增益处在上述范围内。该集成电路可应用于射频自动增益放大器、视频增益控制、A/D 转换量程为扩展和信号测量系统^[12]。

2. AD603 管脚图如图 3-1 所示

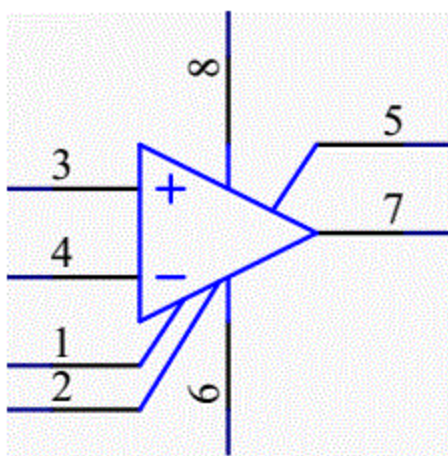


图 3-1 AD603 管脚图

3.1.3 AD603 放大电路及原理

AD603 的放大电路如图 3-2 所示。AD603 由无源输入衰减器、增益控制界面和固定增益放大器三部分组成。从第 3 脚输入的信号经衰减后,由固定增益放大器输出,衰减量是由加在增益控制接口的电压决定。增益的调整与其自身电压值无关,而仅与其差值 V_g (1 脚和 2 脚的电压差) 有关,由于控制电压 1 脚和 2 脚的输入电阻高达 $50M\Omega$,因而输入电流很小,致使片内控制电路对提供增益控制电压的外电路影响减小。当第 7 和第 5 两管脚的连接不同电阻时,其放大器的增益范围也不一样,当两管脚短接时增益范围为-10dB—30dB,本设计这种性能^[5]。

选用 AD603 作为主放大器,两片 AD603 顺序级联,充分发挥每一片 AD603 的增益控制功能。AD603 的 2 脚对地压固定,从而 1、2 脚的电压差 V_g 受 1 脚电压的控制。AD603 的增益可表示为: $Gain=40 \cdot V_g+10$ 。由此可见,随着 1 脚电压的增加, V_g 也增加,则 AD603 的增益变大,相反,若 1 脚电压减小, V_g 也减小,则 AD603 的增益变小,从而使两级 AD603 的输出恒定在某个信号强度上。

两片 AD603 采用顺序级联模式有利于控制精度和信噪比的提高。而顺序级

联模式要求在放大信号时先启用第一片 AD603 的增益, 用尽后在使用第二片的增益。由 AD603 的增益计算公式可知, 当 V_g 在 -500mv — $+500\text{mv}$ 之间时, 其增益在 -10 — $+30\text{dB}$ 范围内变化, 则两片 AD603 的 2 脚之间有 1V 的压降。将第一片 AD603 的增益范围定为 -10 — $+30\text{dB}$ 则相应的 V_g 为 -500mv — 500mv , 而其 2 脚以固定在 2V , 故 1 脚的控制电压应为 1V — 2.5V 。第二片 AD603 增益范围也应为 -10 — $+30\text{dB}$, 则相应的 V_g 与第一片 AD603 相同, 其 2 脚以固定在 3V , 故 1 脚的控制电压应为 2.5V — 3.5V , 两片顺序级联后的总增益范围 -20 — 60dB 。

由以上分析可知, 当 DA 转换器电压 V 从 1V 到 3.5V 变化控制 1 脚时, 两级 AD603 的总增益将从 -20dB — 60dB 线性增加。

程控放大器电路图如图 3-1.3 所示:

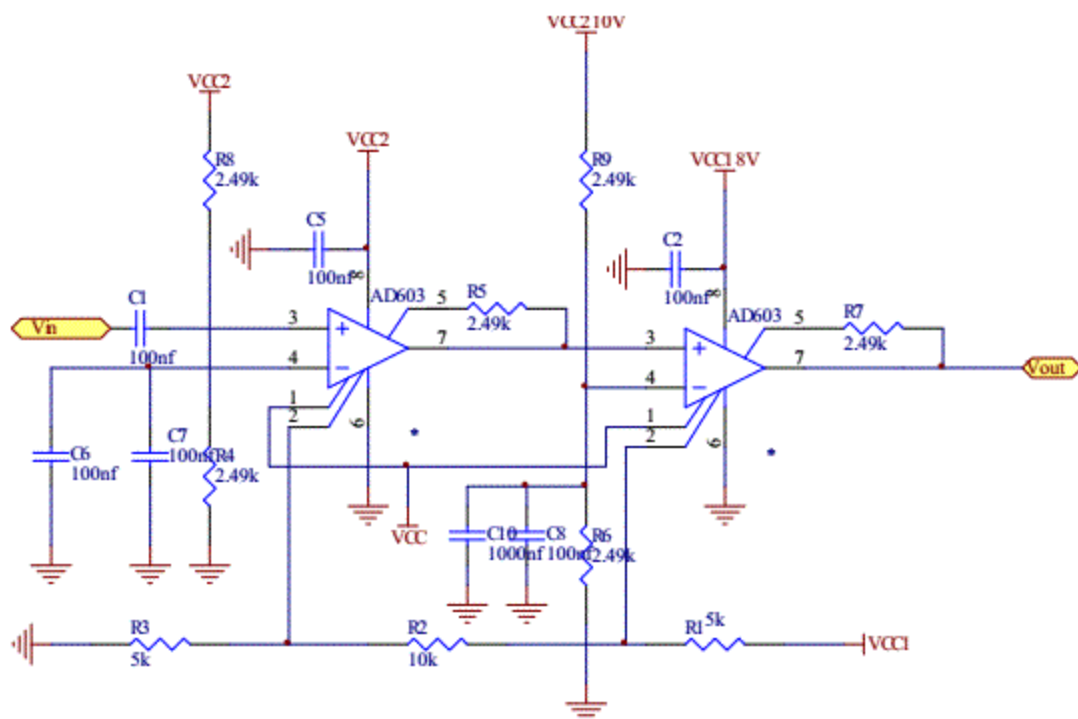


图 3-1.3 程控放大器仿真电路图

其中 XFG1 为信号发生器, 用来产生信号; XSC1、XSC2、XSC3 为示波器, 分别用来测量并显示输入信号, 一级输出信号, 二级输出信号。

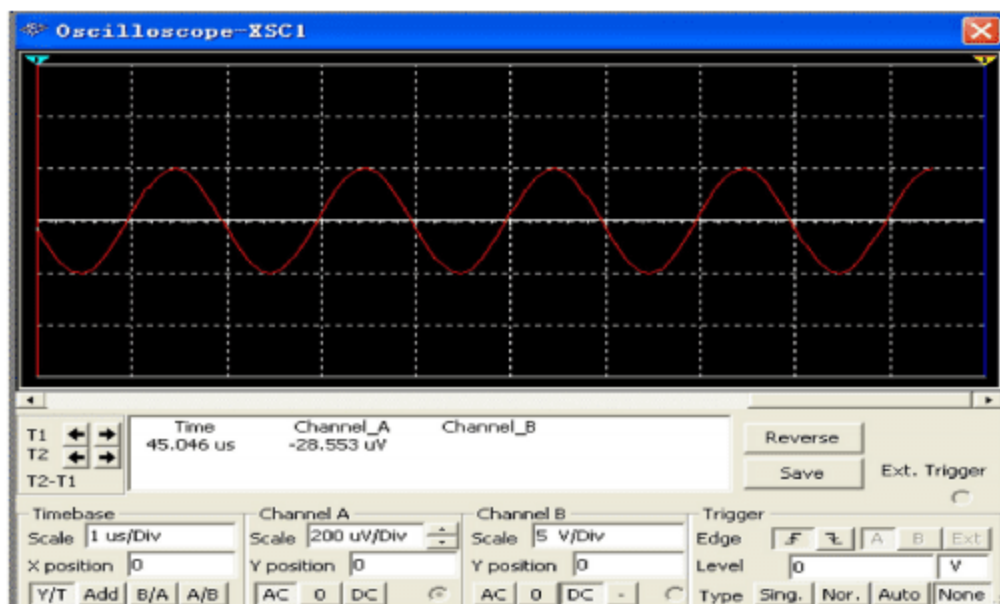


图 3-1.4 输入信号仿真效果

二级输出信号 仿真图如图 3-1.5 所示:

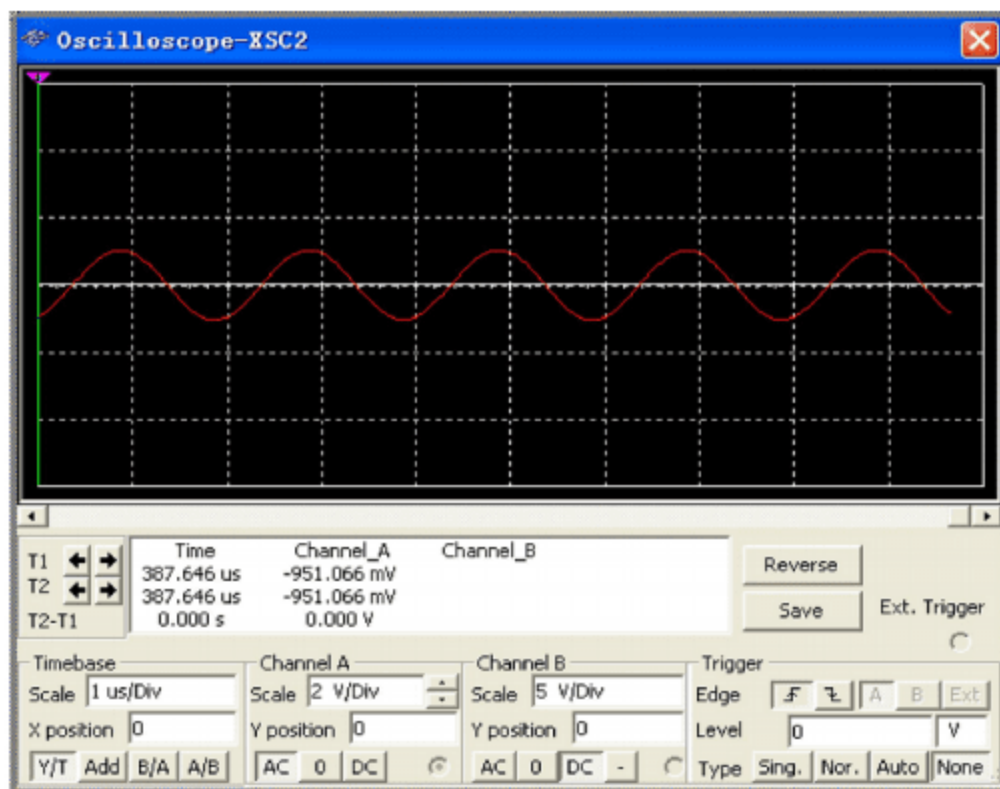


图 3-1.5 二级输出波形

3.2 DA 转换电路

DA 转换电路用于控制程控放大器，本设计用 ADC0832，DAC0832 是分辨率为 8 位的 D/A 转换集成芯片。与微处理器完全兼容，这个芯片仪器价格低廉、接口简单、转换控制容易等优点，在单片机应用系统中得到广泛的应用 D/A 转换器由 8 位输入锁存器、8 位 DAC 寄存器、8 位 D/A 转换电路及转换控制电路构成，DAC0832 主要参数如下^[7]：

分辨率，8 位；电流稳定时间 1 μ s；可单环从、双缓冲或直接数字输入；只需在满量程下调整其线性度；单一电源供电；功耗低等；

DAC0832 引脚图如图 3-2 所示：

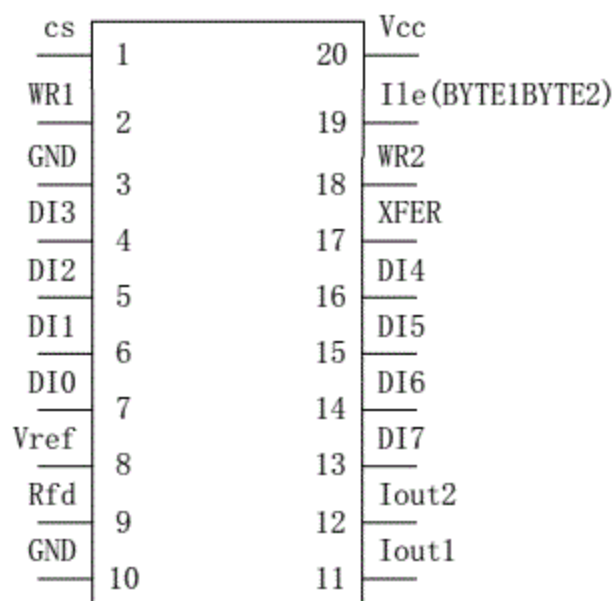


图 3-2 DAC0832 引脚图

3.3 极性转换电路

在信号的处理过程中，由于 AD 只能测量单极性的电压信号，但是被测信号可能有正有负，因此，在把电信号送给 AD 之前需要对电信号做极性转换，把双极性的信号转换为单极性的，本设计中使用的是 ARM9 中自带的 AD，模拟输入范围是 0—3.3V，因此，可以设计一个极性转换电路，如图 3-3 所示：

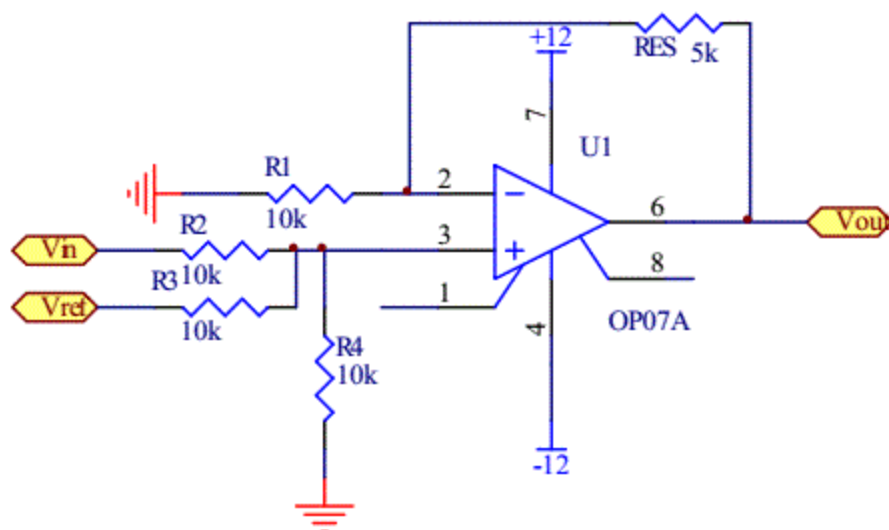


图 3-3 极性转换电路图

根据公式 $U_o = R_4(U_i/R_2 + V_{ref}/R_3)$ ，可令 V_{ref} 的电压为 3.3V，这样，可以实现测量范围为 -3.3V—+3.3V。

在极性转换电路中使用了 OP07，OP07 是一种低功耗双极性运算放大器集成电路。由于 OP07 具有非常低的输入失调电压，所以 OP07 在很多应用场合不需要额外的调零措施。OP07 同时具有偏置电流低和开环增益高的特点，这种低失调、高开环增益的特性使得 OP07 特别适用于高增益的测量设备和放大传感器的微弱信号等方面。OP07 引脚图如图 3-3.1 所示：

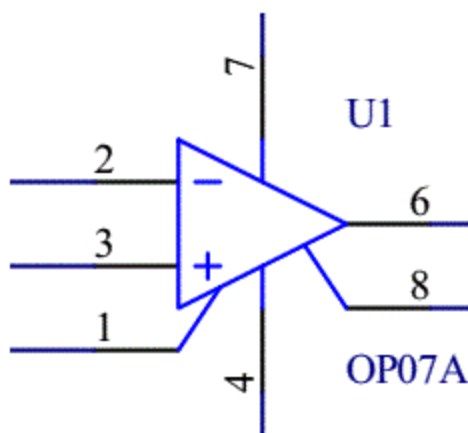


图 3-3.1 OP07 引脚图

本设计用 Multisim 仿真软件，Multisim 功能强大，仿真多种电路。仿真电路图如图 3-3.2 所示：

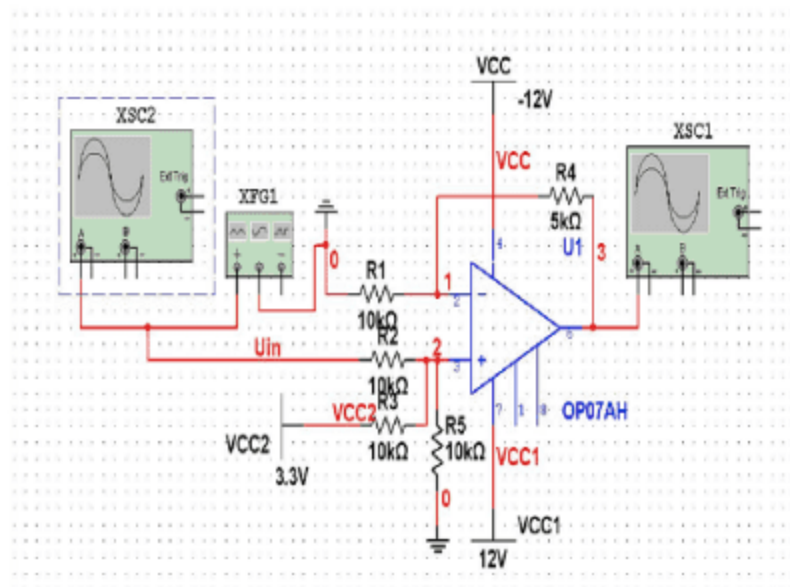


图 3-3.2 极性转换仿真电路图

上图中, XFG1 为波形发生器, 本设计用来产生 3.3V 的正弦波; XSC2 为示波器, 用来测量和显示输入信号的波形即波形发生器的波形;

XSC1 为示波器, 用来测量和显示输出信号的波形。该电路实现把振幅为 3.3V 的正弦波, 转换为 0—3.3V 的正极性波形, 送给 ARM9 中自带的 AD, 以处理数据。

极性转换仿真效果图如图 3-3.3 所示:

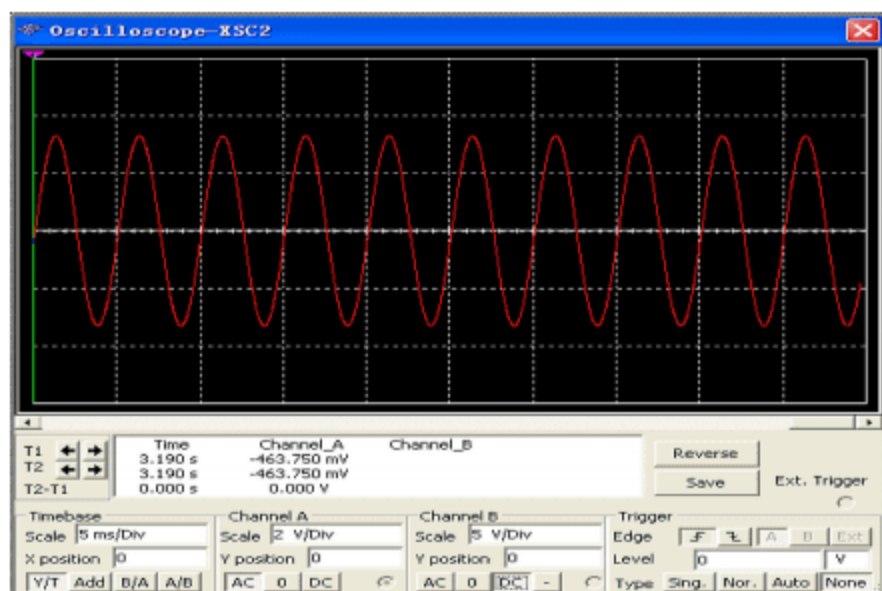


图 3-3.3 极性转换仿真效果图

该图为 XSC2 测量的输入信号的波形。

极性转换输出信号波形如图 3-3.4 所示：

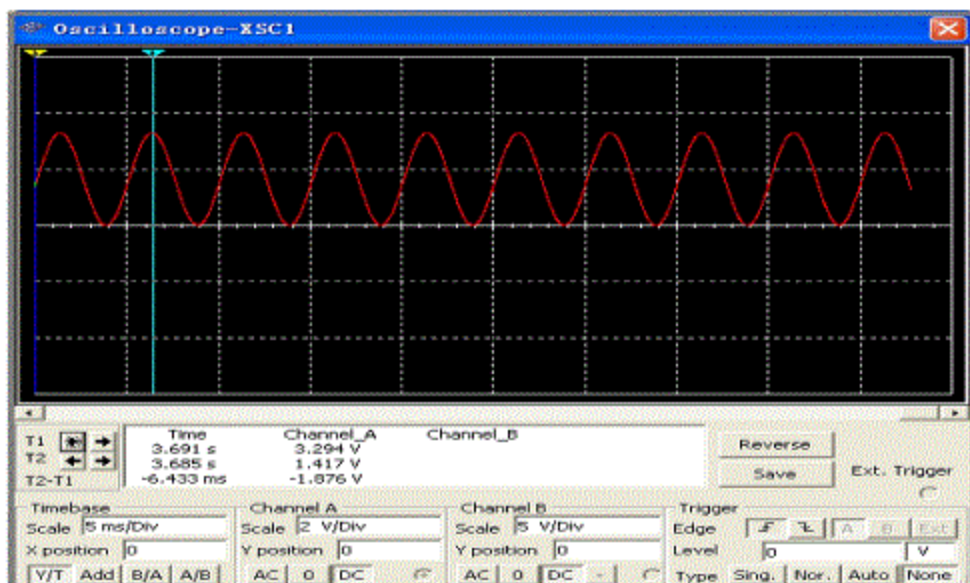


图 3-3.4 输出信号仿真效果图

从仿真图中可以看出，极性转换电路，把-3.3V~+3.3V 的正弦波转换成了 0~3.3V 的正弦波，符合 AD 的测量范围。达到了预期的目的。

3.4 AD 转换电路

ARM9 中自带的 AD 是一个 8 通道模拟输入的再循环类型设备，器转换模拟输入信号为 10 为二进制数字编码，最大转换率为 2.5MHZ A/D 转换器时钟下的 500KSPS。A/D 转换器支持片上采样-保持功能和掉电模拟的操作。其参数特性为：分辨率，10 位；差分线性误差， $\pm 1.0\text{LSB}$ ；

积分线性误差， $\pm 2.0\text{LSB}$ ；最大转换率，500KSPS；功耗低；供电电压，3.3V；模拟输入范围，0—3.3V。等等

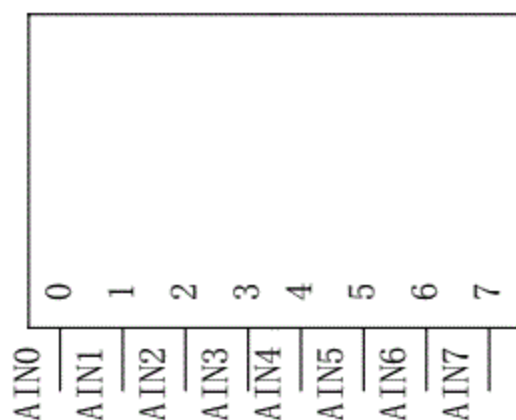


图 3-4 ARM9 自带 AD 引脚图

其中 AIN0——AIN7 为 ADC 输入引脚。

3.5 整形电路

整形电路主要作用是用来把外界各种信号转换成矩形波，以此来测量信号的频率。过零比较器是将信号电压 V_{in} 与参考电压进行比较。图 3.4.1 所示，电路由集成运放构成，对于高质量的集成运放而言，其开环电压放大倍数很大，输入偏置电流、失调电压都很小。因此集成运放工作时，当 $V_{in} > 0$ 时， V_{out} 为低电平；当 $V_{in} < 0$ 时， V_{out} 为高电平。

整形电路图如图 3-5 所示：

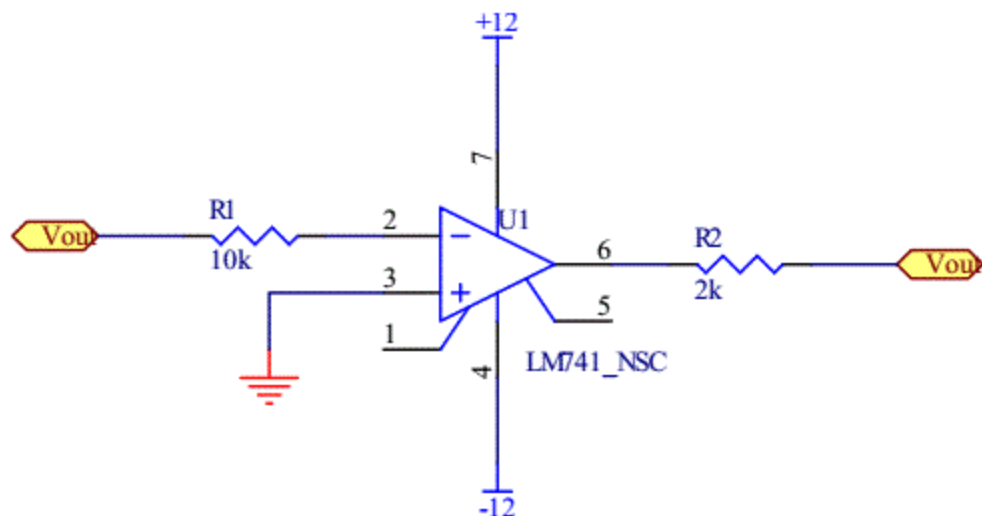


图 3-5 整形电路图

在整形电路中用到了 LM741，LM741 是一种应用非常广泛的通用型运算放大器。由于采用了有源负载，所以只要两级放大器就可以达到很高的电压增益和很宽的共模及差模输入电压范围。

仿真电路图为如图 3-5.1 所示：

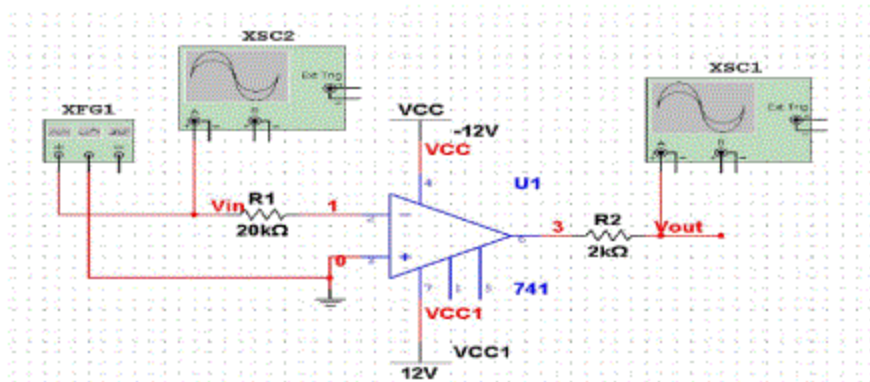


图 3-5.1 过零比较器仿真电路图

图 3-5.1 中，XFG1 为信号发生器可以产生正弦波，XSC2 为示波器，用来测量和显示输入信号波形，XSC1 也为示波器，用来测量和显示输出信号的波形。

仿真效果如图 3-5.2 所示。图 3-5.2 为输入信号的波形。

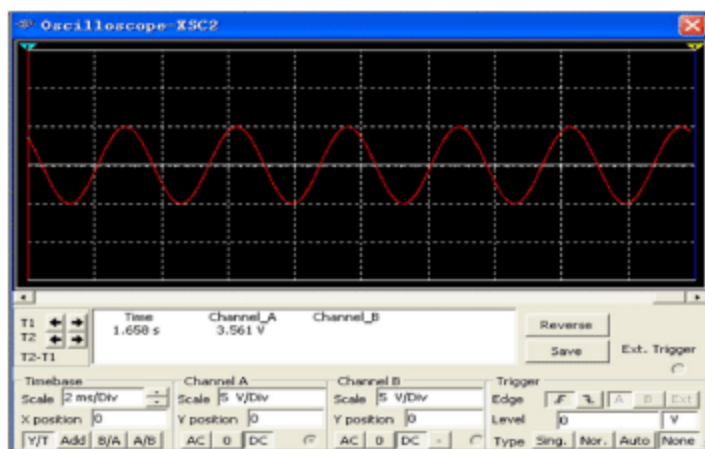


图 3-5.2 过零比较器输入信号波形仿真图

过零比较器输出信号波形仿真如图 3-5.3 所示：

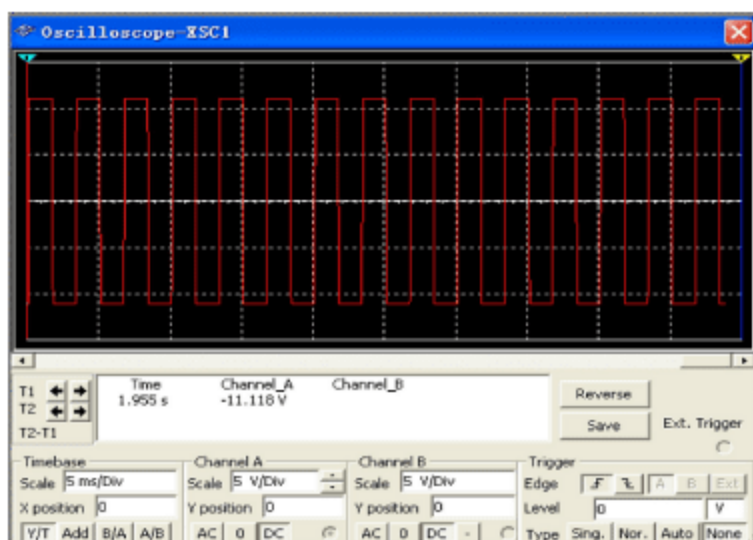


图 3-5.3 过零比较器输出波形仿真图

从上图中可看出，极性转换电路把输入信号转换成了矩形波，这样可以很方便的通过矩形波测量输入信号的频率。

3.6 显示控制电路

该部分电路是 ARM9 控制的 LCD，LCD 个引脚与 ARM9 控制器的连接如图 3-6 所示：

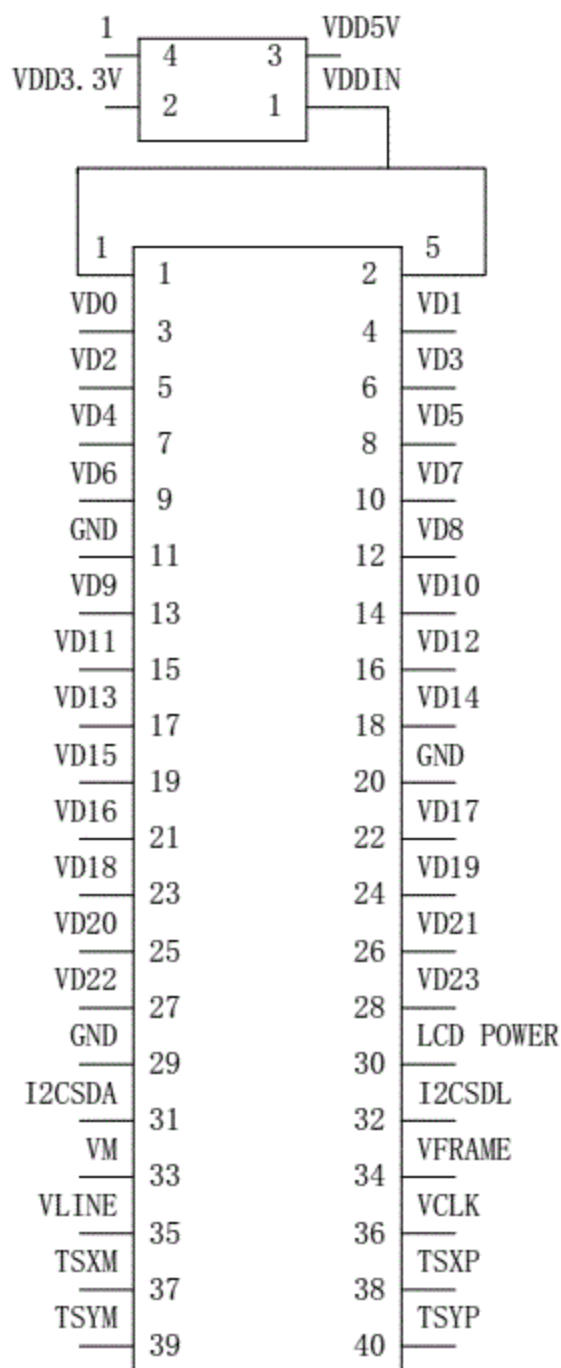


图 3-6 LCD 控制电路

第4章 软件设计

该示波器采用一个 ARM 芯片控制，通过键盘选择波形放大和缩小。并在 LCD 上显示，同时显示频率和峰峰值。以下是根据整个系统进行 软件设计，软件设计环境为 ADS.

4.1 软件设计总体框图

系统总体框图如图 4-1 所示：

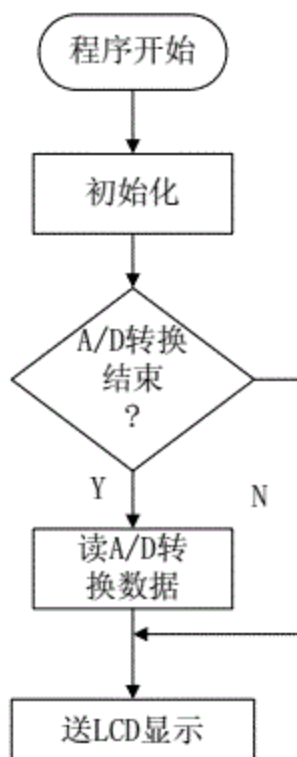


图 4-1 系统总体框图

4.2 键盘控制程序

利用 4 个按键 K1,K2,K3,K4 来选择波形的放大和缩小，按键采用外部中断方式，其中 K1 产生外部中断 EINT1，减少一个周期内采样点数，达到控制水平扫

描速度，即让原来在相同时间内显示两个周期的波形显示四个或者更多。K2 产生外部中断 EINT4，其作用正好和 K1 相反，增加一个周期内采样点数，拉长波形，按一下波形拉长原来的两倍。K3 产生外部中断 EINT2，控制幅度的放大，按一下幅度扩大到原来的两倍。K4 产生外部中断 EINT0，其作用和 K3 相反，缩小波形幅度，按一下波形缩小为原来的两倍。按键中断程序流程图如下图所示 [8]。

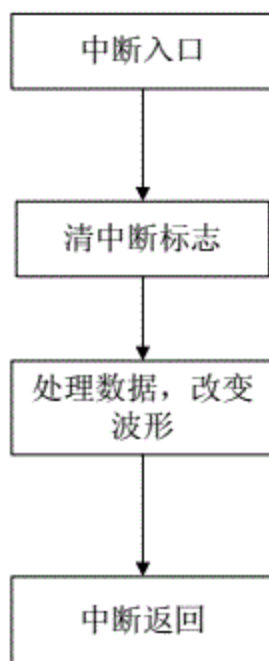


图 4-2 按键中断流程图

按键中断主要程序为：

```

void key_interrupt_init()
{
    rGPFCON=rGPFCON&~((3<<4)|(3<<0)|(3<<8)|(3<<2)))
    ((2<<4)|(2<<0)|(2<<8)|(2<<2));
    rEXTINT0 &= ~(7|(7<<4)|(7<<8)|(7<<16));
    rEXTINT0 |= (2|(2<<4)|(2<<8)|(2<<16));
    rEINTPEND |= (1<<4);
    //clear eint 4;
    rEINTMASK &= ~(1<<4);
    }
    
```

```

ClearPending(BIT_EINT0|BIT_EINT1|BIT_EINT2|BIT_EINT4_7);
EnableIrq(BIT_EINT0|BIT_EINT1|BIT_EINT2|BIT_EINT4_7);
pISR_EINT0 = pISR_EINT1 = pISR_EINT2 = pISR_EINT4_7 =(U32)
Key_interrupt;
}
void __irq Key_interrupt(void)
{
if(rINTPND==BIT_EINT4_7){
ClearPending(BIT_EINT4_7);
if(k>0)
k--;
rEINTPEND |= 1<<4;
}
if(rINTPND==BIT_EINT1){
ClearPending(BIT_EINT1);
k++;
rEINTPEND |= 1<<1;
}
if(rINTPND==BIT_EINT2){
ClearPending(BIT_EINT2);
if(l>2)
l--;
rEINTPEND |= 1<<2;
}
if(rINTPND==BIT_EINT0){
ClearPending(BIT_EINT0);
l++;
rEINTPEND |= 1<<0;
}
}
}

```

4.3 频率测量程序设计

从程控放大器出来的信号进入整形电路，信号变换成矩形波，打开定时器，定时一秒，计数一秒内矩形波高电平的次数，从而得到原来信号的频率。频率测量程序流程框图如下图所示^[9]。

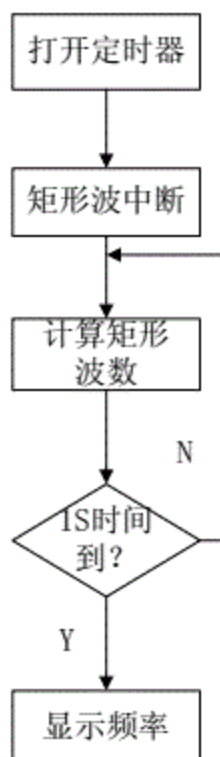


图 4-3 频率测量程序设计框图

4.4 LCD 显示程序设计

本设计所使用的是 4.3 寸 480×272 图形点阵 LCD，该部分程序主要有 LCD 初始化，AD 转换过来的数据转换成显示数据。有两种显示方式：一种是 AD 转换结束，就读取数据并在 LCD 上显示一个点，这样实时显示波形；另一种是，AD 转换结束后，读取数据并保存，一直到存满一屏就刷屏显示，这样一屏一屏的显示，但是这样速度有点慢，不能实时显示波形的变化，本设计采用第一种。LCD 显示主要程序为：

```
void Main(void)
```

```

{
    char *mode;
    int x,y,ys,yss;
    U8 key;
    U32 mpll_val = 0 ;
Port_Init();
    Isr_Init();

    Lcd_TFT_Init() ;    // LCD initial
    download_run=1; //The default menu is the Download & Run mode.
y=0;
x=0;
    key_interrupt_init();
    while(1)
    {
        //Lcd_ClearScr( 0);
        preScaler = ADC_FREQ;
        preScaler = 50000000/ADC_FREQ -1;
        for(ys=0;ys<480;ys++){
            if(k<0)k=0;
            for(i=0;i<k;i++)
                Uart_Printf("\n");
            ysize[ys]=ReadAdc(3);
            LCD_BUFFER[ysize[ys]/1][x++]=c;
        }
        if (x>=480) {
            Lcd_ClearScr( 0) ;
            fhz();
            display(nums,2);
            x=0;
        }
    }
}

```

```

        ys=0;
    }
}
}
AD 中断的主要程序为;
int ReadAdc(int ch)
{
    int i;
    static int prevCh=-1;
    rADCCON = (1<<14)|(preScaler<<6)|(ch<<3);    if(prevCh!=ch)
    {
        rADCCON = (1<<14)|(preScaler<<6)|(ch<<3);
for(i=0;i<LOOP;i++);
        prevCh=ch;
    }
    rADCCON|=0x1;
    while(rADCCON & 0x1);
    while(!(rADCCON & 0x8000));
    return ( (int)rADCDA0 & 0x3ff );
}

```

结论

本设计是基于 ARM 开发板设计的, 利用了其内部自带的 AD, 和 LCD 控制器来控制外围的 LCD, 这部分用实物实现, 并调试成功, 能显示和控制波形, 并能测量显示被测信号的频率和峰峰值。其他部分是理论设计, 通过查阅相关资料, 画出硬件电路图, 而且仿真成功。在本次设计中遇见很多问题, 采取了各种解决方法, 例如, 设计中采用了 ARM 内部自带的 AD, 刚开始想使用 AD 中断方式, 等 AD 转换结束产生中断, 再来读取转换的数据, 但是由于是内部自带的 AD 的中断是专为触摸屏设计的, 把它当成普通 AD 只能用轮询方式, 因此就采取了扫描方式, 即读取数据就送 LCD 显示, 等波形显示满屏后就清除上一屏的波形, 开始显示下一屏的波形, 这样达到实时显示波形的效果。尽管如此由于知识和时间有限, 有不少地方需要改进, 例如显示在 LCD 上的波形一个一个孤立的点, 当一个周期内采样点数比较少是, 就很明显, 不能很好的表示波形, 这也是遗留的一个问题, 以后会学习并寻找更好的解决办法。

通过本次设计, 学习并掌握了 ARM 的硬件结构, 编程方式和技巧, 为以后使用打下了坚实的基础, 同时也体会到了学以致用意义, 对嵌入式产生了更加浓厚的兴趣。同时也体会到, 合理的设计方案, 正确的设计方法和良好的思维习惯对设计的帮助和益处, 平时积累和对基础知识掌握和应用的重要性。对网路资源的充分利用, 和合理筛选也让我受益匪浅。网络中有各种详尽的资料对论文的设计帮助不小, 但是也正是因为资料各种各样, 需要仔细查找自己需要的反而不容易。同时要吸收掌握巧妙的设计技巧。

这次设计也得到了老师的很大帮助, 在这里表示衷心的感谢。

谢 辞

在这次论文设计中，遇到了很多问题，虽然查阅很多资料但还是不尽如意，幸好有老师的及时的帮助，特别是论文格式，老师总是在百忙之中抽出时间仔细查看，细心纠正。本论文前后经过多次查错，纠正，修改以及在老师的大力帮助下最终完成了毕业论文。也体会到一个合格的论文设计要注意很多事项，符合标准要求，同时为以后的需要做了很好的基础准备。在这里，特别感谢姚惠林老师和其他，感谢他们一直以来的指导和纠正。

参考文献

- [1] 潘祥. 基于 ARM9 的数字存储示波器—数字采集系统的研究与开发. 无锡: 江南大学, 2008
- [2] 张洪润等. 单片机应用设计 200 例上册. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2006
- [3] 范圣一. ARM 原理与嵌入式系统实战. 北京: 机械工业出版社, 2007
- [4] 徐宝文. C 程序设计语言. 北京: 机械工业出版社, 2000
- [5] Anfrew N.Sloss. ARM 嵌入式系统开发. 北京: 航空航天大学出版社, 2011
- [6] 刘振兴, 李宗福. ARM 嵌入式技术实践教程. 北京: 航空航天大学出版社, 2005
- [7] 周立功, ARM 嵌入式系统软件开发实例(一). 北京: 北京航空航天大学出版社, 2004.
- [8] 周立功. ARM 嵌入式系统基础教程. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2005
- [9] 何永琪. 嵌入式 Linux 系统使用开发. 北京: 电子工业出版社, 2010
- [10] 严吉国. 基于嵌入式 Linux 的 200MHZ 数字存储示波器的设计与实现. 南京: 东南大学, 2009
- [11] MiniGUI 用户手册, 北京飞漫软件技术有限公司, 2006
- [12] 潘新民, 王燕芳. 微型计算机控制技术. 北京: 人民邮电出版社, 1999
- [13] 潘新民, 王燕芳. 微型计算机控制技术使用教程. 北京: 电子工业出版社, 2006
- [14] 汪世明. 基于 PRODEUS 的单片机应用技术. 北京: 电子工业出版社, 2005
- [15] 王志达等. 嵌入式系统基础设计实验与实践教程. 北京: 清华大学出版社, 2008
- [16] 清华大学电子学教研组编. 杨素行主编. 模拟电子技术基础简明教程. 3 版. 北京: 高等教育出版社, 2006

- [17] 冯民昌主编.模拟集成电路系统.2 版.北京：中国铁道出版社，1998
- [18] 清华大学电子学教研组编.与孟尝主编.数字电子技术基础简明教程
3 版本.北京：高等教育出版社，2010
- [19] 童诗白，于振英.现代电子学及应用.北京：高等教育出版社，1999
- [20] 黄正谨.在系统编程技术及应用.南京：东南大学出版社，1997

附 录

频率计算程序

```

void __irq cal_fre()
{
    ClearPending(BIT_EINT3);
    fre++;
    //Uart_Printf("fre=%d\n",fre);
}

void cal_fre_init()
{
    rGPFCON &= ~(3<<6);
    rGPFCON |= (10<<6);
    rEXTINT0 &= ~(7<<12);
    rEXTINT0 |= (4<<12);
    ClearPending(BIT_EINT3);
    EnableIrq(BIT_EINT3);
    pISR_EINT3 = (U32)cal_fre;
}

void __irq time_interrupt()
{
    //Uart_Printf("freq=%d ,fre  =%d\n",freq,fre);
    ClearPending(BIT_TIMER4);
    if(cou>381){

```

```

        cou = 0;
        freq = fre;

        fre = 0;
    }else {
        cou++;
    }
}

void time_int_init()
{
    ClearPending(BIT_TIMER4);
    EnableIrq(BIT_TIMER4);
    //rINTMSK &= ~(1<<14);

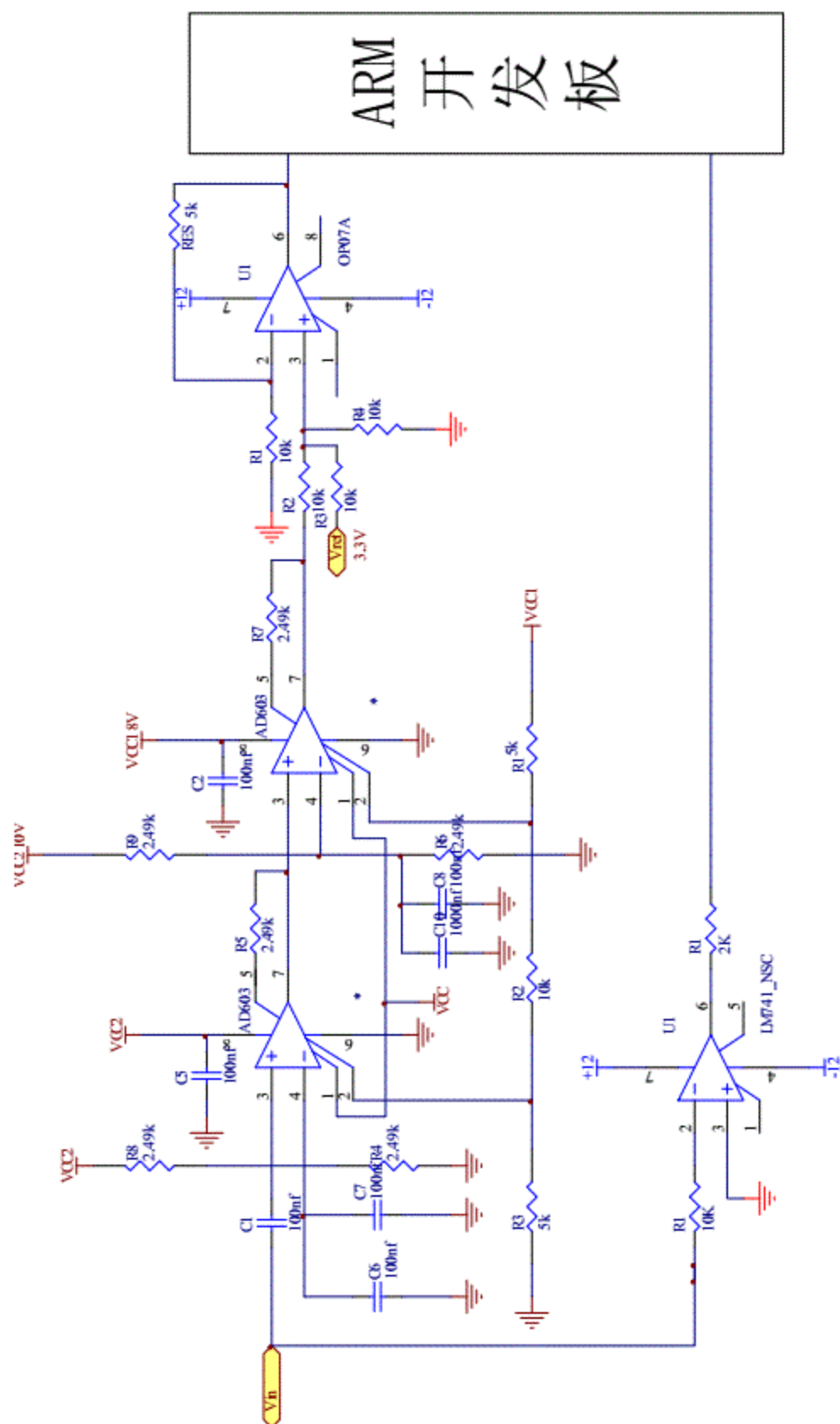
    rTCFG0 = 0;//(5<<8);//(200 <<8 );
    rTCFG1 = 0;//(0 << 8);
    rTCNTB4 = 65535;

    rTCON &= ~(7 << 20);
    rTCON |= (1 << 22) | (1 << 21) | (1 << 20);

    rTCON &= ~(1 << 21);
    pISR_TIMER4 = (U32)time_interrupt;
}

```

示波器硬件总体电路图



外文资料翻译

The 10-bit CMOS ADC (Analog to Digital Converter) is a recycling type device with 8-channel analog inputs. It converts the analog input signal into 10-bit binary codes at a maximum conversion rate of 500KSPS with 205MHZ A/D converter clock. A/D converter operates with on-chip sample-and-hold function and power down mode is supported.

The LCD controller in the S3C2440 consists of the logic for transferring LCD image data from a video buffer located in system memory to an external LCD driver.

The LCD controller supports monochrome, 2-bit per pixel (4-level gray scale) or 4-bit per pixel (16-level gray scale) mode on a monochrome LCD, using a time-based dithering algorithm and Frame Rate Control (FRC) method and it can be interfaced with a color LCD panel at 8-bit per pixel (256-level color) and 12-bit per pixel (4096-level color) for interfacing with STN LCD.

The LCD controller can be programmed to support different requirements on the screen related to the number of horizontal and vertical pixels, data line width for the data interface, interface timing and refresh rate.

FEATURES

TFT LCD Displays:

Supports 1, 2, 4 or 8-bpp (bit per pixel) palletized color displays for TFT

Supports 16, 24-bpp non-palletized true-color displays for color TFT

Supports maximum 16M color TFT at 24bit per pixel mode

Supports multiple screen size

Typical actual screen size: 640 * 480, 320 * 240, 160 * 160, and others

Maximum virtual screen size is 4Mbytes

Maximum virtual screen size in 64K color mode: 2048*1024 and others

A/D converter classification:

1. The integral type (such as TLC7135)

Integral type AD work principle is the input voltage will convert time (pulse width signal) or frequency (pulse frequency), and then by the timer/counter get digital value. Its advantage is to use a simple circuit can get high resolution, but shortcomings due to a conversion precision dependent on integral time, so the conversion rate is extremely low. At the early stage of the monolithic AD converter is used mostly integral type, now compare successive type has gradually become the mainstream.

2. Compare two successive type (such as TLC0831)

Successive type AD by a comparison is used and DA converter through successive more logical structure, from the MSB began, in order to every will input voltage and built-in DA converter output carries on the comparison, the n times comparison and the numerical value of output. The circuit of the scale to belong to medium. Its advantage is high speed, low power consumption, low resolution (< 12 a) cheap, but high precision (> twelve) price is very high.

3. Parallel comparison of type/parallel comparison type (such as TLC5510)

Parallel comparison with multiple comparator type AD, only for a comparison of the conversion, also called flash (fast) type. Due to the conversion rate is extremely high, n a conversion to need 2 n-a comparator and, therefore, the size of a circuit, the price is high, only applies to the video AD converter, particularly high speed of the field. String of parallel comparison between parallel structure type AD on the type and successive comparison between type, the most typical is by 2 n/two parallel type AD converter with DA converter component, with two times the better implement conversion, so called Half flash (Half a fast) type. And into three steps or more steps called AD transform realize classification (Multistep/Subranging) type AD, and from a conversion timing Angle can also be called as the assembly line (Pipelined) type AD and modern classification type in AD joining in the many transformations number operations and fixed the characteristics of the function. This kind of AD faster than successive type is high, circuit scale than parallel type small.

4. Σ - Δ modulated (such as AD7705)

Σ - Δ type AD by integrator, comparator, a DA converter and digital filters etc. In principle similar to integral type, the input voltage conversion to time (pulse width)

signal, a digital filter to get digital value after the treatment. The digital circuit of the single chip basically easily, so easy to do high resolution. Mainly used for audio and measurement. 5. Capacitance array is successive type

Capacitance array type compare successive AD develops in the built-in DA converter capacitance matrix < <http://baike.baidu.com/view/10337.htm> > way, can also be called charge FenPeiXing again. The general resistor DA converters most resistance value must be consistent, in a single chip generate high precision of the resistor is not easy. If use capacitance array replace resistor, can be made with low cost high precision monolithic AD converter. Recent successive type AD converter is mostly for the capacitance array type.

Pressure frequency conversion type (such as AD650)

Pressure Frequency conversion model (Voltage-Frequency Converter) is through the indirect conversion way realization of conversion module. Its principle is first the input analog signal conversion into frequency, then use the counter will frequency converted into digital quantity. In theory this AD resolution can be almost unlimited increase, as long as the sampling time can meet the requirements of the output pulse frequency resolution cumulative number of width. Its advantage is high resolution, low power consumption, low price, but need to external counts circuit to complete the AD transform.

ARM9E-S as an example to introduce the main ARM9 processor structure and characteristics. Its main characteristics as follows: (1) 32 bit fixed-point RISC processors, improved ARM/Thumb code interweave, enhance sexual on time-multiplier design. Support real-time (real-time) commissioning; (2) in the SRAM of instructions and data, and instructions and data storage capacity of adjustable; (3) in high speed of instructions and data buffers (cache) from 4 K bytes capacity to 1 M bytes); (4) set protection unit (protection unit), very suitable for embedded application segment and memory protection; (5) the AMBA AHB bus interface for peripherals to provide a uniform address and data bus; (6) support external coprocessor, instructions and data bus have simple handshake signaling support; (7) support standard basic logic unit "http://baike.baidu.com/view/1520672.htm > scanning test methodology, and support

BIST (built-in-self-test); (8) support embedded tracking macro unit, support real-time tracking instructions and data.

中文资料翻译

10 位 CMOS ADC（模数转换器）是一个 8 通道模拟输入的再循环类型设备。器转换模拟输入信号为 10 位二进制数字编码，最大转换率为 2.5MHz A/D 转换器时钟下的 500KSPS。A/D 转换器支持片上采样保持功能和掉电模式的操作。

S3C2440 中的 LCD 控制器由从位于系统存储器的视频帧缓冲区到外部 LCD 驱动器的转移 LCD 图像数据逻辑组成。LCD 控制器支持单色 LCD 的单色。2 位每像素（4 阶灰度）或 4 位每像素（16 阶灰度）模式，通过使用基于时间的抖动算法和帧频控制（FRC）方法，其可以连接到 8 位每像素（256 色）的彩色 LCD 面板和连接到 12 位每像素（4096 色）的 STN LCD。

可以编程 LCD 控制器来支持不同涉及屏幕水平和垂直像素数，数据接口的数据线宽度，接口时序和刷新频率的需要。

TFT LCD 显示：

支持 TFT 的 1、2、4、8bpp(位每像素)调色显示

支持彩色 TFT 的 16、24bpp 无调色显示

支持 24 位每像素模式下最大 16M 色 TFT

支持多种屏幕尺寸

典型实际屏幕尺寸:640*480、320*240、160*160 等

最大虚拟屏幕尺寸为 4M 字节

64K 色模式最大虚拟 屏幕尺寸： 2048*1024 等

A/D 转换器的分类：

1. 积分型（如 TLC7135）

积分型 AD 工作原理是将输入电压转换成时间(脉冲宽度信号)或频率(脉冲频率)，然后由定时器/计数器获得数字值。其优点是用简单电路就能获得高分辨率，但缺点是由于转换精度依赖于积分时间，因此转换速率极低。初期的单片 AD 转换器大多采用积分型，现在逐次比较型已逐步成为主流。

2. 逐次比较型（如 TLC0831）

逐次比较型 AD 由一个比较器和 DA 转换器通过逐次比较逻辑构成，从 MSB 开始，顺序地对每一位将输入电压与内置 DA 转换器输出进行比较，经 n 次比较而输出数字值。其电路规模属于中等。其优点是速度较高、功耗低，在低分辨率（<12 位）时价格便宜，但高精度（>12 位）时价格很高。

3. 并行比较型/串并行比较型（如 TLC5510）

并行比较型 AD 采用多个比较器，仅作一次比较而实行转换，又称 flash(快速)型。由于转换速率极高，n 位的转换需要 $2^n - 1$ 个比较器，因此电路规模也极大，价格也高，只适用于视频 AD 转换器等速度特别高的领域。串并行比较型 AD

结构上介于并行型和逐次比较型之间,最典型的是由 2 个 $n/2$ 位的并行型 AD 转换器配合 DA 转换器组成,用两次比较实行转换,所以称为 Half flash(半快速)型。还有分成三步或多步实现 AD 转换的叫做分级 (Multistep/Subranging) 型 AD,而从转换时序角度又可称为流水线 (Pipelined) 型 AD,现代的分级型 AD 中还加入了对多次转换结果作数字运算而修正特性等功能。这类 AD 速度比逐次比较型高,电路规模比并行型小。

4. $\Sigma-\Delta$ 调制型 (如 AD7705)

$\Sigma-\Delta$ 型 AD 由积分器、比较器、1 位 DA 转换器和数字滤波器等组成。原理上近似于积分型,将输入电压转换成时间(脉冲宽度)信号,用数字滤波器处理后得到数字值。电路的数字部分基本上容易单片化,因此容易做到高分辨率。主要用于音频和测量。

5. 电容阵列逐次比较型

电容阵列逐次比较型 AD 在内置 DA 转换器中采用电容矩阵方式,也可称为电荷再分配型。一般的电阻阵列 DA 转换器中多数电阻的值必须一致,在单芯片上生成高精度的电阻并不容易。如果用电容阵列取代电阻阵列,可以用低廉成本制成高精度单片 AD 转换器。最近的逐次比较型 AD 转换器大多为电容阵列式的。

压频变换型 (如 AD650)

压频变换型 (Voltage-Frequency Converter) 是通过间接转换方式实现模数转换的。其原理是首先将输入的模拟信号转换成频率,然后用计数器将频率转换成数字量。从理论上讲这种 AD 的分辨率几乎可以无限增加,只要采样的时间能够满足输出频率分辨率要求的累积脉冲个数的宽度。其优点是分辨率高、功耗低、价格低,但是需要外部计数电路共同完成 AD 转换。

以 ARM9E-S 为例介绍 ARM9 处理器的主要结构及其特点。其主要特点如下: (1) 32bit 定点 RISC 处理器,改进型 ARM/Thumb 代码交织,增强性乘法器设计。支持实时(real-time)调试; (2) 片内指令和数据 SRAM,而且指令和数据的存储器容量可调; (3) 片内指令和数据高速缓冲器(cache)容量从 4K 字节到 1M 字节; (4) 设置保护单元(protection unit),非常适合嵌入式应用中对存储器进行分段和保护; (5) 采用 AMBA AHB 总线接口,为外设提供统一的地址和数据总线; (6) 支持外部协处理器,指令和数据总线有简单的握手信令支持; (7) 支持标准基本逻辑单元扫描测试方法学,而且支持 BIST(built-in-self-test); (8) 支持嵌入式跟

踪宏单元，支持实时跟踪指令和数据。