

DOI: 10.13241/j.cnki.pmb.2014.06.042

· 技术与方法 ·

基于 ADS8332 的生理信号采集系统电路设计 *

李大鹏 赵捷[△] 张春游 陈甜甜 尹文枫 张军建 安佰京

(山东师范大学物理与电子科学学院 山东 济南 250014)

摘要:本文介绍了医学生理信号的特点,根据其特点设计出了针对医学生理信号进行采集的电路。该电路设计实现了基于 16 位的高精度 A/D 转换芯片 ADS8332 的医学生理信号采集系统,以基于 Cortex-M3 内核的 32 位微控制器 STM32F103RD 作为采集控制芯片,该系统电路可以实现对最多 16 个通道的模拟医学生理信号进行采集。此电路设计充分利用了 ADS8332 的高精度、低功耗、高采样速率的特点以及片上集成功能,并配合了信号调理电路和相应的抗干扰措施,因此保证了医学生理信号的采集精度和系统的稳定性。

关键词:ADS8332;生理信号采集;STM32;16 位 A/D

中图分类号:R312,TP312 **文献标识码:**A **文章编号:**1673-6273(2014)06-1164-03

Circuit Design of Physiological Signal Acquisition System Based on ADS8332*

LI Da-peng, ZHAO Jie[△], ZHANG Chun-you, CHEN Tian-tian, YIN Wen-feng, ZHANG Jun-jian, AN Bai-jing

(College of Physics and Electronics Shandong Normal University, Jinan, Shandong, 250014, China)

ABSTRACT: In this paper, we introduces the characteristics of medical physiological signal, according to their characteristics, we design acquisition circuit for medical physiological signal. This physiological signal acquisition system circuit was designed and implemented based on the 16-bit high-precision serial A/D conversion chip ADS8332, and used 32-bit Cortex-M3 core-based microcontroller STM32F103RD as the acquisition control chip. This system circuit could achieve up to 16-channels of analog physiological signals acquisition capabilities. This circuit is designed to fully utilize the ADS8332 high-precision, low-power, high sampling rate characteristics as well as on-chip integration features, with a signal conditioning circuit and the corresponding anti-jamming measures to ensure the accuracy of medical physiological signal acquisition and system stability.

Key words: ADS8332; Physiological signal acquisition; STM32; 16 bit A/D

Chinese Library Classification(CLC): R312, TP312 **Document code:** A

Article ID:1673-6273(2014)06-1164-03

前言

疾病是威胁人类生命的最主要因素,而一些疾病与生理信号有非常密切的关系,生理信号可以表征人体的生命指标,因此在医学上,对生理信号进行采集并进行分析和处理,对治疗疾病和医学研究具有非常重要的意义。

由于人体是个复杂的生命体,各种生理信号受到人体内部及外部环境等诸多因素的影响,因而有着一般信号所没有的特点如:(1)信号微弱,从人体直接检测到的生理信号的幅值一般都比较小,所以处理生理信号的时候一般先要配置高性能的放大器。(2)极易受噪声的干扰。(3)频率范围一般比较低。(4)随机性强。因此,在对生理信号进行采集时应充分考虑到这些特点,以取得预期的效果。本系统设计选用德州仪器公司的高精度、低功耗、低噪声的 8 通道(多路复用)16 位无丢失码

(NMC)模数转换器 ADS8332 用于模数转换,可以实现对人体医学生理信号的高保真度的采集。

1 系统的工作原理

本生理信号采集系统主要完成 16 通道 1~1000HZ 的医学生理信号的采集。信号采集系统由信号调理电路、A/D 转换电路模块、STM32 控制模块组成,其原理框图如图 1 所示。在本电路设计中,ADS8332 采取自动扫描工作模式,通过配置 A/D 寄存器来确定选通的通道,由 STM32 控制进行采集。由于 ADS8332 内部集成了输入多路复用器,可以进行 8 通道的信号选择,因此采集 16 路信号需要两片 ADS8332,设计每片 AD 的 0~7 通道采集 8 路模拟生理信号。ADS8332 的寄存器通过 SPI 接口进行配置,每片 A/D 采集 8 路 1~1000HZ 的医学生理信号^[1]。

* 基金项目:山东省自然科学基金项目(ZR2010HM020);济南市自主创新项目(201102005)

作者简介:李大鹏(1988-),男,硕士,主要研究方向:智能数字信号处理与传输

△ 通讯作者:赵捷,电话:13066031690,E-mail:1033590807@qq.com

(收稿日期:2013-05-19 接受日期:2013-06-18)

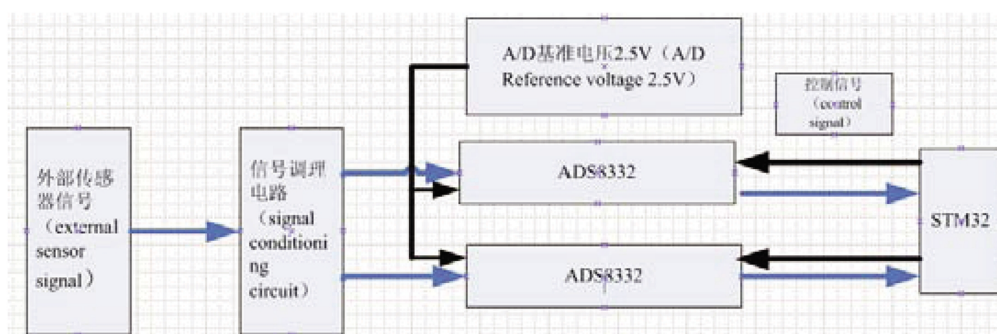


图1 工作原理

Fig.1 Operation principle

2 系统的总体设计

2.1 信号的调理电路

信号的调理电路是信号采集系统必不可少的一个环节,其主要的功能是将所采集的模拟生理信号的变化范围调整到某一预定的电压或电流的范围和对信号进行滤波,本系统要求输入信号的电压范围调整到单极性 $0V \sim 2.5V$ 或双极性 $-1.25V \sim 1.25V$ 。根据生理信号的特点,通过调理电路可以对其进行调制、滤波及线性化处理。

对于模拟的生理信号,为了保证信号的采集精度,本设计采用了 TLV2454 轨对轨运算放大器对信号进行输入阻抗调理,使输入阻抗高于输出阻抗,以实现阻抗匹配,还能起到信号隔离的作用。该运算放大器除了具有高输入阻抗还有低噪声、低漂移、高增益、动态范围大和性能稳定的特点。搭建的滤波电路可以将其余频段的干扰信号滤除或是使其急剧衰减,并且能够提高信噪比^[2]。在信号调理电路中还用到了 ON 半导体公司的 NUP4301MR6T1 芯片,它包含了低电容二极管阵列用以保护因电气瞬变对敏感元器件造成的损害,如 ESD 等。

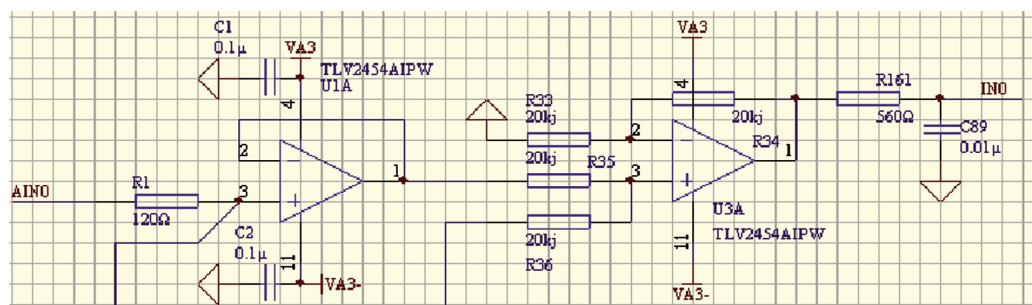


图2 信号的调理电路

Fig.2 Signal conditioning circuit

2.2 A/D 转换电路模块

A/D 转换电路是本电路设计的最关键的地方,其转换精度决定了本系统的采集精度,该设计中采用的 16 位的高速、低功耗,逐次逼近寄存器 (SAR) 式模拟数字转换器 (ADC) ADS8332,最高采样频率达到 500KPS,其架构是基于电荷再分配,内在包含了采样/保持功能。本系统充分利用了 ADS8332 的片上功能,通过多路复用器对模拟通道选择,从而省略了模拟开关电路模块,同时系统还利用了电源滤波电路降低电源干扰,并增加 AD 基准电路,ADS8332 外部参考电压范围为 $1.2V$ 至 $4.2V$ 。低噪声基准电压可以确保良好的转换器的性能。本系统采用 $2.5V$ 的基准电压,为 A/D 转换提供精确的参考基准,提高了系统的采集精度。ADS8332 有一个内部振荡器,可用于作为转换时钟 (CCLK) 源,它的最低采样时间为 3 个 CCLK 时钟周期,而最小转换时间为 18 个 CCLK 时钟周期,本系统 ADS8332 被编程为基于外部串行时钟 (SCLK) 运行转换,此功能实现了系统同步。

ADS8332 提供两个模拟量输入引脚 INX 输入通道和共享

的 COM 引脚。在转换过程中,INX 和 COM 输入端与任何内部功能断开连接,其输入范围都在规定的限度内,这样就保持了转换器的线性度。INX 和 COM 输入驱动源的输出阻抗相匹配的,这样降低了随温度的变化和输入电压变化产生的偏移误差,增益误差和线性误差等^[3]。

2.3 采集控制模块

本系统采用意法半导体公司基于 Cortex-M3 内核的 32 位的 STM32 F103 作为采集系统的核心控制器件,主要实现 A/D 转换的控制、数据的转换发送以及时钟分频等功能。STM32F103 系列微控制器^[4]工作频率高达 72Mhz,工作电压范围在 $2.0 \sim 3.6V$,内部集成了 RAM, USB2.0 设备接口和双通道的 12 位高精度的 D/A 转换模块,两个 16 通道的 12 位逐次逼近型 A/D 转换器,两个 SPI(主/从控制器)等丰富的外设。具有高性能、低功耗和低电压的特点,因为高度的集成性能,电路结构简单,提高了电路的稳定性和可靠性^[5]。对于 ADS8332,STM32 控制芯片作为主机,主机从机之间通过 SPI 进行通信。系统上电时,STM32 通过 SPI 对 ADS8332 的内部寄存器进行配置,选

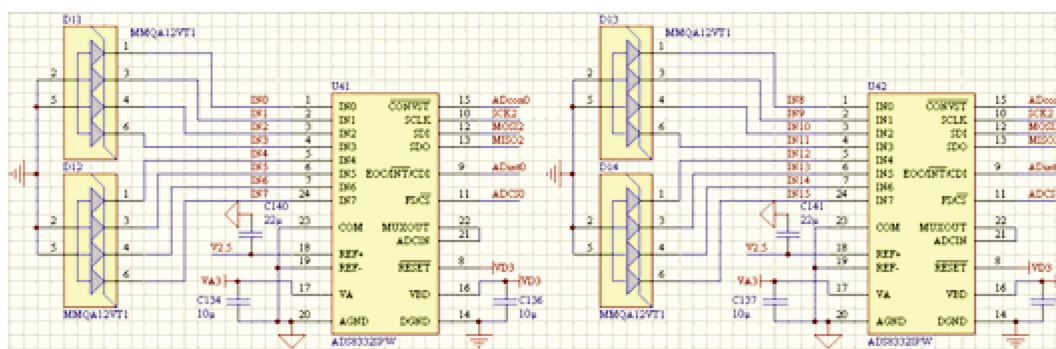


图3 采集部分电路

Fig.3 Acquisition part of the circuit

择采集通道,并根据 ADS8332 的工作要求产生控制 A/D 转换的时序脉冲发送到 ADS8332 芯片上,实现对生理信号的采集转换。

3 电路的布局与布线

想要提高生理信号系统的采集精度,不仅仅是只采用高位数的模数转换器即可实现的,为了提高信号的信噪比,降低干扰,在布局布线的过程中,采取以下一些措施来提高生理信号

ADu0	26	PB0/ADC12_IN8/TIM3_CH3/TIM8_CH2N/TIM1_CH2N
ADu1	27	PB1/ADC12_IN9/TIM3_CH4/TIM8_CH3N/TIM1_CH3N
	28	PB2/BOOT1
CT1DO	33	PB3/TD0/TRACERW05P13_PCK1231_CK2/TIM2_CH2/PI1_PCK
CT1RST	36	PD4/NT1RST/PI1_MISO/TIM2_CH1/PI1_MISO
PCK1	37	PD5/DC1_SMDAUSP13_MOS1233_SD/TIM3_CH2/PI1_MOS1
PDI1	38	PB6/DC1_SCL/TIM4_CH1/USART1_TX
	39	PB7/DC1_SDA/PMC_NADV/TIM4_CH2/USART1_RX
	41	PB8/TIM4_CH3/DC0_D4/DC1_SCL/ANEX
ADC0	62	PD10/DC1_SCL/USART3_TX/TIM2_CH3
ADC1	29	PD11/DC1_SDA/USART3_RX/TIM2_CH4
ADu0	30	PD12/PI2_NSS1232_WS1232_SMDA/USART3_CK/TIM1_BKIN
ADu1	33	PD13/PI2_SCK1232_CK/USART3_CTS/TIM1_CH1N
SCK2	34	PB13/PI2_SCK1232_CK/USART3_CTS/TIM1_CH1N
MISO2	35	PB14/PI2_MISO/TIM1_CH2N/USART3_RTS
MOS12	36	PB15/PI2_MOS1232_SD/TIM1_CH3N

图4 STM32 F103RD 与 ADS8332 的接口

Fig.4 The STM32 F103RD interface with ADS8332

采集系统的精度:(1)在系统 PCB 板布局时,应充分考虑如何放置元器件来抗电磁干扰。因此各种元器件的引线尽可能的减少和缩短。(2)布局时,把模拟信号和数字电路以及地线分离,可以降低干扰。(3)将芯片上没有用到的管脚全部接地。(4)使 A/D 转换芯片 ADS8332 尽可能的靠近采集控制器 STM32,正面与反面包线也尽可能的保持垂直。

4 结语与展望

本文提出的医学生理信号采集系统的电路设计方案,能够实现 16 个通道的 16 位的生理信号采集。该系统电路采用了基于 ARM Cortex-M3 内核,使系统小型化,提供了系统的整体性能。采集电路精度高、漂移小、线性化好、电路的抗干扰能力强,性能稳定。在接下来的工作是通过 keil 软件编写程序,实现采集过程,将采集到的信号形成 dat 数据文件存入 PC 并用 VC++ 编写程序设计显示界面,在 PC 上回放显示采集到的模拟生理信号的波形。

参考文献(References)

- [1] 宋楠,陈箫,李金民,等.基于 ADS1258 的高精度信号采集电路设计[J]. 电源技术, 2011, 35(12): 1566-1571
- [2] 魏厚杰,官金安,方浩. ADS1298 模拟前端的便携式生理信号采集系统[J]. 单片机与嵌入式系统应用, 2012, 12(2): 36-39
- [3] ADS8332 Datasheet.http://www.ti.com/product/ads8332
- [4] STM32F103XX Datasheet.http://www.stmicroelectronics.com.cn/web/cn/catalog/mmc/FM141/SC1169/SS1031/LN1565/PF206936
- [5] 朱晓磊,赵捷.基于 STM32 的 MIT-BIH 心电图数据的 D/A 回放[J]. 现代电子技术, 2011, 34(20): 60-62, 66
- [6] 吕英俊,杨雪.微弱生理信号在多通道数据采集系统中的研究与实现[J]. 微计算机信息, 2005, 21(19): 110-112
- [7] 张金勇,李斌,王磊.生物医学信号采集的多通道模拟前端集成电路[J]. 中国生物医学工程学报, 2010, 29(2): 283-304
- [8] 丁珍红.基于 STM32 高速大容量数据采集存储系统设计 [D]. 上海: 上海交通大学, 2011
- [9] 刘文光,牛荣军,陈扬枝.微小信号采集电路的设计与研究[J]. 现代制造工程, 2005, (7): 101-103

- ternative to simplify care and improve outcomes [J]. J Plast Reconstr Aesthet Surg, 2012, 65(1): 118-121
- [36] Yeong EK, Huang HF, Chen YB, et al. The use of artificial dermis for reconstruction of full thickness scalp burn involving the calvaria[J]. Burns, 2006, 32(3): 375-379
- [37] Jokela TA, Lindgren A, Rilla K, et al. Induction of hyaluronan cables and monocyte adherence in epidermal keratinocytes [J]. Connect Tissue Res, 2008, 49(3): 115-119
- [38] Wang C, Lau TT, Loh WL, et al. Cytocompatibility study of a natural biomaterial crosslinker-Genipin with therapeutic model cells [J]. J Biomed Mater Res B Appl Biomater, 2011, 97(1): 58-65
- [39] Charles E, Hart, Andrea Loewen-Rodriguez, et al. Dermagraft: Use in the Treatment of Chronic Wounds [J]. Advances in Wound Care, 2012, 1(3): 138-141
- [40] Bhatteai SR, Bhatteai N, Yi HK, et al. Novel biodegradable electro-spun membrane: scaffold for tissue engineering [J]. Biomaterials, 2004, 25(13): 2595-2602
- [41] Anne Ouellette, Melissa Diamond, Anna-Lena Makowski. Outcomes of Using Bioengineered Skin Substitute (Apligraf®) for Wound Coverage in Dupuytren's Surgery[M]. 2012, 373-378
- [42] 高学军, 蔡霞, 孙文娟, 等. 应用胶原海绵构建组织工程皮肤的实验研究[J]. 解剖科学进展, 2005, 11(4): 321-323
Gao Xue-jun, Cai Xia, Sun Wen-juan, et al. Experimental Study of the Reconstruction of Tissue-Engineered Skin by Collagen-Sponge[J]. Progress of Anatomical Sciences, 2005, 11(4): 321-323
- [43] 秦瑞峰, 聂鑫, 张勇杰, 等. 组织工程复合皮肤应用于皮肤缺损创面的临床疗效观察[J]. 现代生物医学进展, 2007, 7(12): 1840-1843
Qin Rui-feng, Nie Xin, Zhang Yong-jie, et al. Clinical effect assessment of tissue-engineered composite skin on the donor site defect Wound[J]. Progress in Modern Biomedicine, 2007, 7(12): 1840-1843

(上接第 1166 页)

- [10] 侯俊杰. 深入浅出 MFC 第 2 版. 武汉: 华中科技大学出版社, 1997: 87-165
Hou Jun-jie. Dissecting MFC 2nd Edition. Wu Han: Huazhong University of Science and Technology Press(In Chinese), 1997: 87-165
- [11] 王继奎, 赵捷, 唐文涛, 等. 基于 Visual c++ 的 MIT-BIH 心电数据管理系统的设计[J]. 现代生物医学进展, 2009, 9(10): 1953-1955
Wang Ji-kui, Zhao Jie, Tang Wen-tao, et al. Design of MIT-BIH ECG Data Management System Based on Visual c++ [J]. Progress in Modern Biomedicine, 2009, 9(10): 1953-1955
- [12] 孙书鹰, 陈志佳, 寇超. 新一代嵌入式处理器 STM32F103 开发与应用[J]. 微计算机应用, 2010, (12): 59-63
Sun Shu-ying, Chen Zhi-jia, Kou Chao. The new generation of embedded processors STM32F103 development and application [J]. Microcomputer Applications, 2010, (12): 59-63
- [13] 曾恋, 王元钦, 杨文革. 多路高速信号采集、记录与回放系统设计[J]. 微计算机信息, 2004, (11): 56-57
Zeng Lian, Wang Yuan-qin, Yang wen-ge. Multi-channel high-speed signal acquisition, recording and playback system design [J]. Microcomputer Information, 2004, (11): 56-57
- [14] 钟文华, 王冬霞, 周航慈. 基于 ARM 的微弱生理信号采集系统[J]. 微计算机信息, 2008, (10-2): 138-139
Zhong Wen-hua, Wang Dong-xia, Zhou Hang-ci. The ARM-based weak physiological signal acquisition system [J]. Microcomputer Information, 2008, (10-2): 138-139
- [15] 陈东升, 王啸, 李宗方. 基于 STM32 的数据采集模块的设计及应用[J]. 仪器仪表学报, 2009, (10): 258-262
Chen Dong-sheng, Wang Xiao, Li Zong-fang. The design and application of data acquisition module based on the STM32. Chinese Journal of Scientific Instrument, 2009, (10): 258-262
- [16] 蔡卫明, 韦云隆. 基于嵌入式系统的医学信号采集系统的开发[J]. 电子工程师, 2008, (4): 75-77
Cai Wei-ming, Wei Yun-long. The develop of Medical signal acquisition system based on embedded system [J]. Electronics Engineers, 2008, (4): 75-77
- [17] 李曼. 多通道高速数据采集电路设计[J]. 西安科技学院学报, 2006, (2): 144-147
Li Man. Multi-channel high-speed data acquisition circuit design[J]. Journal of Xi'an Institute of Science and Technology, 2006, (2): 144-147
- [18] 王煜. 适用于嵌入式应用的高速信号采集电路 [J]. 测试技术学报, 2005, (4): 372-376
Wang Yu. High-speed signal acquisition circuit for embedded applications [J]. Journal of Test and Measurement Technology, 2005, (4): 372-376
- [19] 杨耀, 漆婷, 庞小峰. 基于 USB 接口的多通道生理信号采集系统实现[J]. 仪器仪表与检测技术, 2006, (10): 51-53
Yang Yao, Qi Ting, Pang Xiao-feng. Multi-channel physiological signal acquisition system based on USB interface to achieve [J]. Instrumentation and detection technology, 2006, (10): 51-53
- [20] 孙高俊. 生物医学信号数据采集系统研究 [D]. 西安: 西北工业大学, 2003
Sun Gao-jun. Biomedical signal data acquisition system [D]. Xi'an: Northwestern Polytechnical University, 2003