

基于MSP430的动态心电图记录系统研究

张宁¹ 王言章²

(1.中国矿业大学机电工程学院 徐州市 221008;2.吉林大学朝阳校区电子学院 长春市 130026)

摘要 介绍了一种使用MSP430单片机设计的动态心电图记录系统。利用了MSP430超低功耗以及高集成度的优点,采集的心电图数据存储于CF卡上。该系统具有低功耗、便携式的特点,非常适合用于电池供电的场合。

关键词 MSP430;动态心电图;记录系统

中图分类号:TH772+.2 文献标识码:A 文章编号:1003-8868(2005)06-0009-02

Study on dynamic electrocardiogram record system based on MSP430

ZHANG Ning¹, WANG Yan-zhang²

(1 College of Mechanical and Electrical Engineering, China University of Mining and Technology, Xuzhou, Jiangsu Province 221008;2 Electric College, Chaoyang Part, Jilin University, Changchun 130026)

Abstract A dynamic electrocardiogram record system based on MSP430 SCM is developed in this paper. MSP430 SCM has ultra-low power consumption and a high integration level. The gathered ECG data are stored on a CF card. With low power consumption and being portable, the system is especially suitable for the occasion with the battery as power supply.

Keywords MSP430; dynamic electrocardiogram; record system

1 前言

心血管疾病是一种较为普遍的疾病。心电图机是诊断心血管疾病的重要仪器之一,通常的心电图机多为短程心电信号的分析。但许多心血管疾病都是偶发的,检测1min的心电图只能检出10%的心律失常,因此,延长记录时间是非常必要的。表1说明了随着监护时间的延长,VPB(室性早搏)病人发现率将大大提高。

表1 监护时间和VPB病人发现率的关系

监护时间	1min	3min	1h	6h	12h	24h
病人发现率	10%	15%	42%	62%	62%	85%~90%

长时间心电信号的记录,不但能使心电变化的检出率发生量的飞跃,还能使那些在仰卧状态下不会出现的心电变化揭示出来,并能了解这些变化与心率、日常生活、症状、体位等其他心电活动变化之间的关系,使心电图的临床应用提高到一个新的阶段。

目前应用最为广泛的是Holter系统,它是一种用于心脏监护的新技术,由记录器和回放系统组成。记录器记录心电信号,24h后取下经回放系统进行分析。此类系统多为欧美产品,价格昂贵。国内的研究尚处于起步阶段。

Holter系统提供长时间的心电图记录,对心律失常的检出、早期心血管疾病的诊断、抗心律失常治疗的评价以及心律失常和生理关系的研究具有重要意义。我国研究的同类产品未能得到普及,究其原因有:(1)记录的心电信息有限,由于种种原因

导致大量重要信息丢失,使得医生难以得到患者全面的心电信息,从而降低了医生对疾病诊断的正确率;(2)回放系统尚不完善,只能识别小部分的心律失常,大量分析工作还需由专门的人员完成;(3)费用较为昂贵,动辄上千元乃至上万元,一般患者难以承受;(4)实时性、体积、功耗、

作者简介:张宁,硕士研究生,主要从事测试技术与智能仪器方面的研究;王言章,硕士研究生。

重量等都不尽如人意,给患者造成许多不便。

因此,研制一种能够记录24h全程心电图的低功耗、便携式心电图记录系统是十分有必要的。

2 系统结构和工作原理

MSP430是TI公司推出的一种新型的单片机,采用了TI最新的低功耗技术。工作电压为1.8~3.6V,具有丰富的时钟模块,有正常工作模式和5种低功耗模式。MSP430也具有非常高的集成度,集成了多通道的A/D转换、看门狗定时器、大量的I/O端口以及大容量的片内存储器。人体心电信号经过低噪声、高输入阻抗、高增益、高共模抑制比的生物信号前置放大器放大、滤波,即可通过MSP430F448自带的12位A/D转换器进行A/D转换,然后进行数字滤波,处理好的数据以文件的形式存储在CF卡上,通过读卡器送至计算机进行数据处理及病情分析。整个系统的硬件结构框图如图1。

心电信号的幅值在1mV左右,可低至几十微伏,频率分布在0.05~100Hz。检测中存在的干扰主要是50Hz工频干扰、电极板与人之间的极化电压以及仪器内的噪声和周围的电磁场干扰等。要采集这样的心电信号,首先必须进行放大处理,以提高信号的分辨率。心电放大器设计成两级放大,前置放大设计为三运放高共模抑制比放大电路,采用IN-A128为核心元件,放大后经高通、低通滤波以及带阻滤波处理,进而进入后级放大,后级放大设计为同相比例放大。电路

图见图2。

对于各种心电监护仪来说,导联脱落检测及报警电路都是必要的。如果不能及时检测出导联脱落,就可能做出错误的判断,比如造成原本心脏正常病人的心电波形失真或者干脆得不到心电信号,造成人力、财力上不必要的浪费。导联脱落检测电路选用LM358为核心元件,LM358有一种特性,即在单

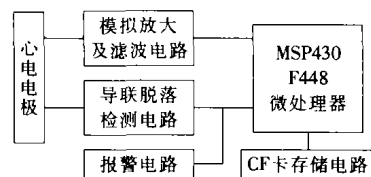


图1 系统硬件结构框图



转换过后的结果要对其进行滤波处理。然后将所获得的数据直接存储于CF卡上。

CF卡完全符合PCMCIA - ATA 接口规范,支持多种接口访问模式,如Memory Mapped模式、I/O Card模式和True IDE模式。

这里选择工作于True IDE模式,数据存储为文件格式,这种模式支持8位和16位的数据传输方式,但是考虑到使用的是12位A/D转换,使用16位的数据传输方式相对简单些(如图4所示)。存储于CF卡的数据可以直接通过读卡器将数据传送到计算机进行分析处理。

4 结论

MSP430系列Flash单片机具有超低功耗的特点,尤其适用于于电池供电的场合实践证明,基

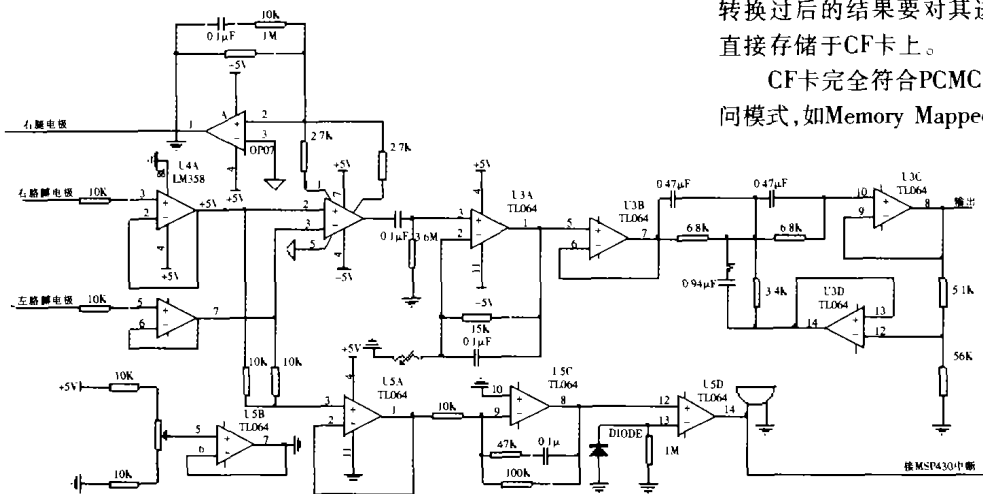


图2 放大、滤波以及导联脱落检测电路

电源供电时,若接成电压跟随器,当其同相端处于悬空状态时,其输出为稳定的高电平。放大、滤波以及导联脱落检测电路如下,观测到的原始心电图信号见图3。



图3 原始心电图信号

心电信号频率分布在0.05~100Hz,根据采样定理的要求,取心电信号的采样频率为200Hz。使用MSP430F448自带的12位A/D转换模块,该模块具有高速和通用的特点,最高采样速度可达200kbps,内置采样保持电路、内部参考电压源、配有8路外部通道和4路内部通道,完全可以满足采样的需要。要连续采集患者24h的心电数据,每个采样数据为1.5个字节,如果导联采用的为3个通道,则3个通道数据需要的存储空间为:

$$200 \times 1.5 \times 24 \times 60 \times 60 \times 3 / (1024 \times 1024) = 74.15M$$

考虑到数据量比较大,因此选择现在比较流行的闪烁存储卡(Compact Flash Card)作为存储媒介。CF卡是一种容量大、体积小、质量轻、功耗低且可靠性高的可移动数字信息存储产品。采用CF卡存储,无需对数据进行压缩,因此避免了压缩过程中有用数据的丢失。CF卡由芯片控制器和存储模块2部分组成,存储模块用来存储数字信息,芯片控制器用来实现与主机的接口及控制数据在存储模块中的传输。接口电路如图4所示。

系统采用3.6V的锂电池供电,因为锂电池的容量比较大,而且在其寿命的90%范围内具有比较稳定的加载电压特性。电路中主要元件为max731和max860,使用max731完成3.6V到5V的转换,使用MAX860实现+5V到-5V电压的转换。电路图如图5所示。

3 软件系统

软件系统使用C语言编写,主要由采集模块和CF卡存储模块2部分组成。首先对MSP430F448进行初始化,包括设置看门狗、A/D中断、检测CF卡是否插入等等。然后进行数据采集,使用MSP430中模数转换器需要注意以下几个方面:采样时序选择、参考电平的设置、判断A/D转换是否结束以及A/D转换结果的处理等等。判断转换结束主要有2种方法:使用ADC12CTL1的BUSY位或者ADC12IFG标志位查询的方法。对于单通道单次模式,选择使用ADC12CTL1的BUSY位来判断的方法,对于重复序列模式选择ADC12IFG标志位查询的方法。

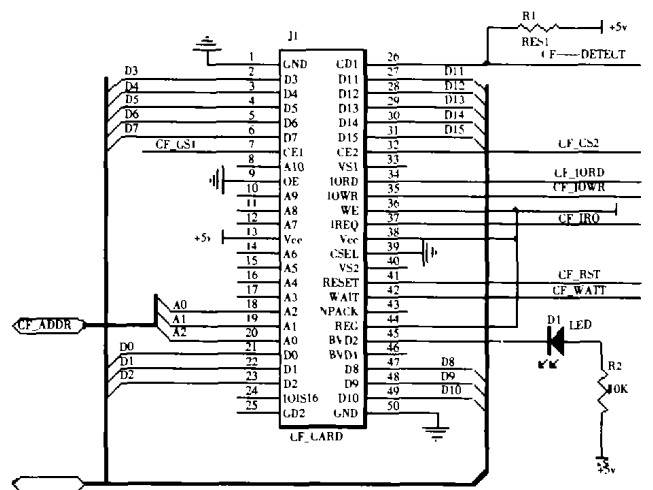


图4 CF卡与MSP430接口电路

于MSP430设计的便携式系统,其电池的使用寿命要比基于一般单片机系统的延长好几倍。MSP430F448自带段式液晶驱动器,驱动液晶能力可达160段,而且很容易完成图形点阵液晶显示模块的扩展。如果要

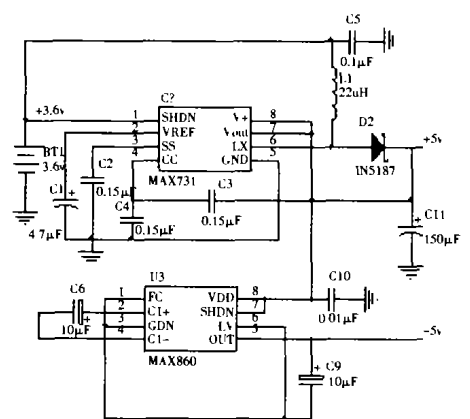


图5 电源电路

对心电图数据进一步分析显示,也很容易实现。

参考文献

- 1 蔡建新,张唯真.生物医学电子学.北京:北京大学出版社,2002
- 2 魏小龙.MSP430系列单片机接口技术及系统设计实例.北京:航空航天大学出版社,2002

(2004-10-18 收稿)