

# 基于超低功耗单片机 MSP430F168 的家用动态心电记录器

梁 航,王剑钢(吉林大学电子科学与工程学院生物医学工程系,吉林省长春市 130012)

**摘要:**针对家用动态心电记录器的特点和要求,应用 TI 公司推出的超低功耗单片机 MSP430F169 为核心控制器设计了一款结构简单、功能适当、功耗低并且价格低廉适合于家庭保健用的动态心电记录器。

**关键词:**动态心电记录器;超低功耗;MSP430;SD 卡

梁航,王剑钢.基于超低功耗单片机 MSP430F168 的家用动态心电记录器[J].中国组织工程研究与临床康复,2007,11(1):184-185

[www.zglckf.com/zglckf/ejournal/upfiles/07-1/1k-184(ps).pdf]

## 0 引言

动态心电图机从 1961 年投入临床至今,经过 40 余年的不断发展,技术日臻成熟,应用范围非常广泛。国内外都先后开发出了以 12 导联为主的第 3 代产品,各种技术规范也相继出台,使动态心电图的发展更加迅速<sup>[1]</sup>。家庭保健用的简易心电监测设备应用方兴未艾。本实验旨在设计一款适合家庭应用的动态心电记录设备。

家庭保健中的心电监测设备与医院临床中使用的 Holter 系统有较大差别:首先,家庭用户普遍没有相关的医疗专业知识背景,不能自行分析心电数据。因此,要求设备能有一定的数据处理和分析能力,而且数据可以方便快捷地传输到监护中心;其次,家庭用户未受到专门的复杂设备的使用培训,因此设备的使用应尽量简单,人机界面应清晰明了。最后,普通家庭的经济条件有限。本实验针对以上特点,设计了一款功能适当、价格合适的家庭动态心电记录器。

## 1 系统结构设计

家庭用心电检测设备需要采集的心电信号幅值范围是  $40 \mu\text{V}$ ~ $5 \text{mV}$ ,频率范围是  $0.5$ ~ $100 \text{Hz}$ 。由于心电信号在从体表经电极到放大器输入口的过程中会引入干扰,如高频干扰、体表与电极间的极化电压、 $50 \text{Hz}$  工频干扰和肌电干扰等<sup>[2]</sup>。所以在采集过程中要进行滤波、陷波等相应的处理。心电信号放大部分通常使用两级放大:第 1 级放大的放大倍数不能过高,以免干扰信号被放大阻塞第 2 级放大器,通常在 10~20 倍;第 2 级放大的放大倍数在 30 倍左右。而且放大后的信号要调整到 A/D 的输入范围内<sup>[3]</sup>。

为方便用户使用而且不干扰使用者日常生活,选择三导联方式<sup>[4]</sup>。操作界面清晰明了,操作步骤简单,重要事件有声光提示。由于针对家庭用户是假设没有心血管医疗相关专业背景的因此不必提供心电的实时现实,只显示必要的心电参数和提示信息。为减少功耗,显示模块可以单独关闭。存储设备选用 SD 卡,容量任选(4 G 以下)。采样率为  $200 \text{Hz}$ ,采样位数 8 位,测量精度约为  $15 \mu\text{V}$ ,不采用压缩存储。主控芯片使用 TI 公司的超低功耗 MSP430F169 单片机。显示模块采用 LCM12232ZK 带中文字库的图形液晶。心电放大部分选用 Burr-Brown 公司的高精度、低功耗仪表放大器 INA118P,并提供导联脱落检测功能。

记录器系统结构框见图 1。

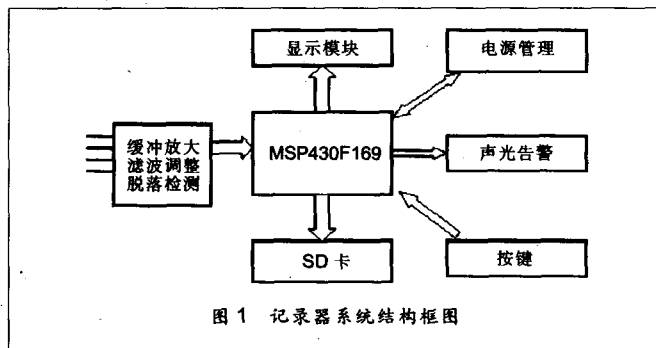


图 1 记录器系统结构框图

## 2 前置放大部分介绍

INA118P 是 Burr-Brown 公司出品的一款高精度、低功耗仪表放大器,共模抑制比为  $110 \text{dB}$ (增益为 1 000),可在  $\pm(1.35$ ~ $18)\text{V}$  的电压范围内工作。见图 2。

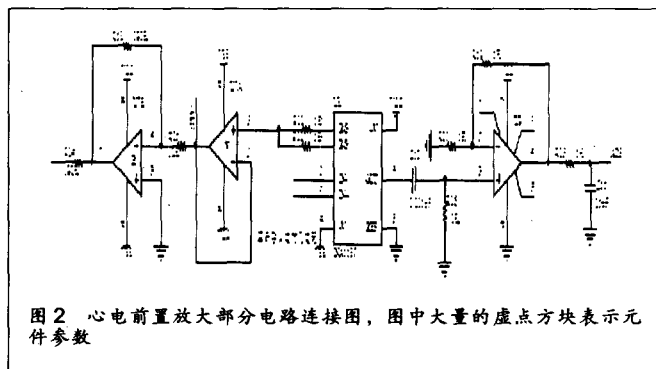


图 2 心电前置放大部分电路连接图,图中大量的虚点方块表示元件参数

## 3 MSP430F169 单片机介绍

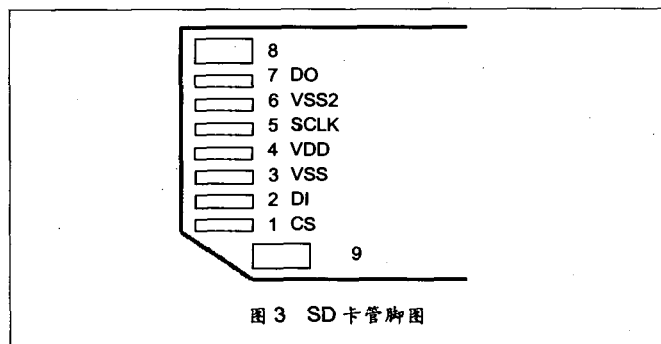
MSP430FXXX 系列是由 TI 公司推出的超低功耗 Flash 型 16 位 RISC 单片机,下面介绍 MSP430F169 与本设计相关的结构特点。

MSP430F169 的工作电压范围为  $1.8$ ~ $3.6 \text{V}$ ,在活动模式下电流仅为  $300 \mu\text{A}$ ( $1 \text{MHz}$ ,  $2.2 \text{V}$ ),待机模式为  $1.1 \mu\text{A}$ ,掉电模式(RAM 数据保持)为  $0.1 \mu\text{A}$ 。超低功耗是其主要的特色,非常适合作为便携设备的核心控制器。片上的 8 路 12 位 A/D 转换器,带有采样保持功能和内部参考源,同时有自动扫描特性,适合于数据采集应用。设计中要求 8 位采样精度,所以不需要外接 A/D 转换器<sup>[5]</sup>。片上集成  $16^*16$  的硬件乘法器和硬件乘加功能使 MSP430F169 具有一定的数据实时处理分析能力。内置三通道 DMA 控制器,在不占用 CPU 的情况下可进行 A/D 转换,并将 RAM 中的转换数据通过 SPI 接口传输到 SD 卡进行存储。MSP430F169 提供  $48\text{K}+256\text{B}$  的 Flash 存储器和  $2\text{K}$  RAM 并支持 JTAG 调试,使开发和调试非常方便。

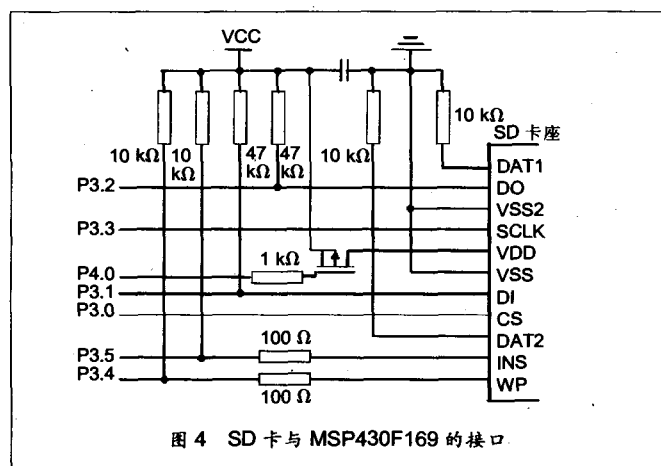
## 4 SD 卡存储器

SD 卡(Secure Digital Memory Card)是一种基于 Flash 技术的存储卡,SD 卡的特点是容量大(最大容量为 4 G,现在已

有 1 GB 的产品),性价比很高(高于 1 MB/元),体积小(32 mm × 24 mm × 2.1 mm),重量只有几克而且功耗低、接口简单。SD 卡支持 SD 模式和 SPI 模式,其中 SPI 模式中使用的 SPI 接口在单片机系统中应用非常广泛,本设计中就采用 SPI 模式接口与 MSP430F169 连接。SPI 模式下 SD 卡管脚使用见图 3。



通常 SD 卡卡座上会有写保护检测和插入检测电路,SD 卡与 MSP430F169 的接口见图 4。



### 5 LCM12232ZK 液晶显示

LCM12232ZK 液晶模块自带中文字库,其字型 ROM 中固化了 8 192 个 16\*16 点中文字型和 128 个 16\*8 点半宽字母符号字型;另外提供 64\*256 点的绘图区域 GDRAM 用于显示图画;而且内含 CGRAM 提供 4 组软件可编程的 16\*16 点阵造字功能。低功耗设计可满足系统省电要求。同时 LCM12232ZK 提供灵活的接口方式(并行 8 位/4 位和串行 3 线/2 线)。本设计中选择串行 2 线方式,为独立关闭显示模块使用 P4.4 控制显示器的是否供电。接口方式见图 5。

### 6 软件结构

本设计的软件主要用 C 语言编写,可移植性强易于维护和

升级<sup>[6]</sup>。在结构上分成几个模块,见图 6(电源管理模块未在图中表现)。

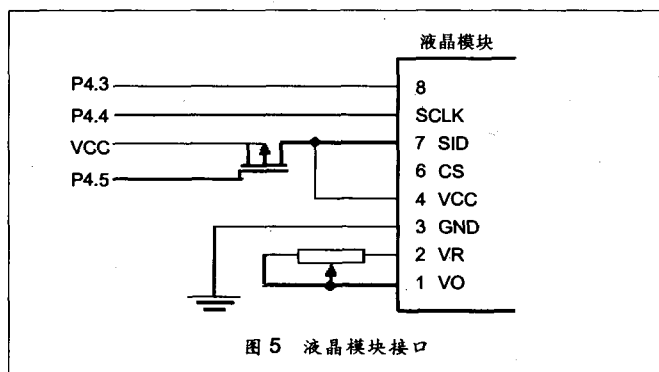


图 5 液晶模块接口

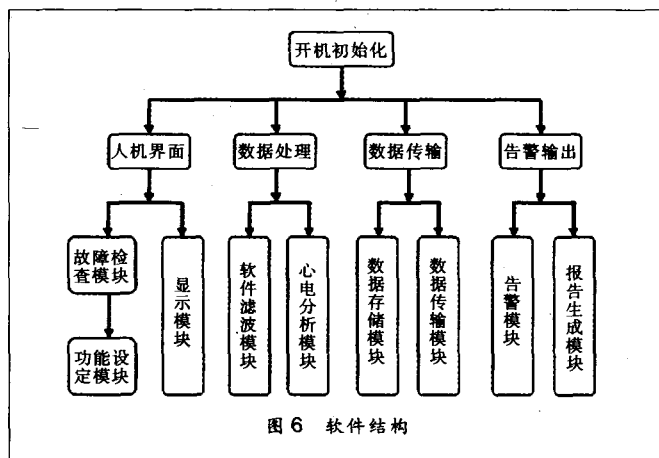


图 6 软件结构

### 7 小结

本设计从家用动态心电图记录器的特点出发,应用 TI 公司的超低功耗单片机 MSP430F169 作为核心控制器设计了一款功能适当、功耗低并且价格低廉适合于家庭保健用的动态心电图记录器。该设备的结构简单、可扩展性强,可以通过多种接口方式与其他家用医疗保健器材连接,从而充分利用了 MSP430F169 单片机的强大功能及其超低功耗特性。

### 8 参考文献

- 1 郭继鸿,张海澄.动态心电图最新进展[M].北京:北京大学医学出版社,2005:20-46
- 2 王保华.生物医学测量与仪器[M].上海:复旦大学出版社,2003:166-215
- 3 Paul JS,Reddy MR,Kumar VJ. A QRS estimator using linear prediction approach. Signal Processing 1999;72:15-22
- 4 Dale D,李立志,史大卓.快速准确解读十二导联心电图[M].北京:科学技术文献出版社,2004:3-30
- 5 沈建华,杨艳琴,翟晓曦.MSP430 系列 16 位超低功耗单片机原理与应用[M].北京:清华大学出版社,2004:73-170
- 6 张晔,王德银,张晨. MSP430 系列单片机实用 C 语言程序设计[M].北京:人民邮电出版社,2005:100-210