

# 便携式脑电无线采集系统的设计\*

胡叶容,成志明

(东莞职业技术学院 电子工程系,广东 东莞 523808)

**摘要:** 设计了一种基于单片机、无线芯片 nRF24L01 和 TFT 液晶显示屏的便携式脑电无线采集系统,系统控制器采用 STC12C5A60S2 单片机。发送端的单片机对预处理后的脑电信号进行采集和存储,通过 nRF24L01 芯片进行无线传输,接收端单片机再将信号波形送至液晶显示屏显示并进行进一步的分析。该系统不需要采用 PC 机,因此具有体积小、轻便、功耗低等特点。

**关键词:** 脑电信号;单片机;无线传输;TFT 液晶显示

中图分类号: TN911-33

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2015)07-0036-03

## Design of portable acquisition system for EEG signal

Hu Yerong, Cheng Zhiming

(Department of Electronic Engineering, Dongguan Polytechnic, Dongguan 523808, China)

**Abstract:** The design of portable wireless acquisition system for EEG signal is introduced. The single chip microcomputer STC12C5A60S2 was used to acquire the amplified and filtered EEG signal. The acquired EEG signal data was transmitted by nRF24L01, the data was received and send to the TFT LCD for display, and analyzed by the receiver. PC machine do not be need any more in this system, so the system has the characteristic of low power consumption and is small and portable.

**Key words:** EEG signal; single chip microcomputer; wireless transmission; TFT LCD

### 0 引言

脑电信号 EEG (Electroencephalogram) 是一种微弱的低频生理信号。它由脑部神经活动产生的自发性电位活动,含有非常丰富的大脑活动信息,通过对脑电信号进行记录,可为脑疾病的诊断提供数据分析和依据。癫痫是由大脑异常放电引起的,是一种慢性疾病和综合病症,以脑部神经元过度放电所致的突然出现和短暂的中枢神经系统功能失常为特征<sup>[1]</sup>。目前通过脑电图检查发现的痫样放电,仍是癫痫病诊断和癫痫灶定位的主要客观依据。

由于受条件的限制,人体癫痫脑电数据的样本收集比较困难,而且数据易受外界环境和患者运动的干扰。目前一些便携式脑电采集仪的思路大多是采集的脑电信号经过前置放大,通过无线模块传输传递给 PC 机,在 PC 机中进行处理与存储等工作,而 PC 机端多采用台式机在 Windows 系统下运行。这种系统处理数据能力好、性能稳定、可长时间记录。但是整个系统一般都需要外接电源,体积比较庞大,一般是放置在专业机构和医院

中使用,没有真正实现便携使用,相对一些医疗资源不足的贫困山区,这种难以便携移动的医疗设备导致这些地区的基本医疗需求无法得到满足。

因此,怎样使脑电采集仪在使用时更加灵活和方便,开始得到了广泛关注。设计一款体积小、功耗低、能够真正便携使用的脑电信号采集仪具有重要的实际意义和应用价值。

### 1 便携式脑电无线采集系统总体结构

本文提出基于 STC12C5A60S2 单片机、无线芯片 nRF24L01、真彩液晶显示器 TFT6448BS-5.7 的脑电信号无线采集系统。其中发送端的 STC12C5A60S2 单片机负责数据采集与预处理,nRF24L01 模块负责数据收发传输,接收端 STC12C5A60S2 单片机将接收到的数据通过液晶显示器 TFT6448BS-5.7 进行波形显示。具体系统组成如图 1 所示。根据便携式脑电采集系统的应用特点要求尽量地减少其体积和重量,实现真正的便携。

#### 1.1 脑电信号的前端采集

由于人体脑电信号的主要频率范围为 0.05~100 Hz,

《微型机与应用》2015 年第 34 卷第 7 期

\* 基金项目:东莞职业技术学院院级专项项目(2013b01)

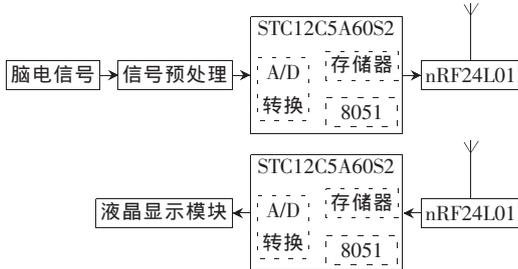


图1 系统功能框图

幅度约为 10~200  $\mu\text{V}$ , 信号十分微弱。同时脑电信号中通常混杂有其他生物电信号, 再加上 50 Hz 的工频干扰, 使得脑电信号的测量条件非常复杂。传统采集前端通常通过模拟抗混滤波器、多级放大电路和陷波电路等来提高信号的信噪比, 这会导致系统体积较大、操作不便和功耗高等缺点<sup>[2]</sup>。为了精确地监测出有临床意义的脑电信号, 本文采用参考文献[3]中的方法, 其前端采集模块选用 TI 公司的 ADC1299 芯片。

### 1.2 单片机控制模块

本系统的单片机控制模块包括发送端的单片机和接收端单片机。发送端单片机须具有片内集成 A/D 转换器, 接收端的单片机须外接 LCD。因此均选用功能强大的 STC12C5A60S2 单片机<sup>[4]</sup>。该单片机是宏晶科技新一代的 8051 单片机, 采用宏晶最新第六代加密技术的 STC12C5A60S2 系列单片机无法解密, 具有很强的抗干扰能力, 内部集成有 8 路 10 位 A/D 转换器, 该系统中用到了 A/D 转换功能, 使系统不需外加 A/D 转换芯片, 同时, 该单片机速度快, 精度高。

STC12C5A60S2 的 ADC 是逐次比较型 ADC, 通电后, 脑电信号通过 8 导电极采集后经过电子开关控制进入发送端的单片机, 保证一个时刻只有一导信号进入。ADC 输入通道与 P1 口复用, 上电复位后 P1 口为弱上拉型 I/O 口, 不作为 ADC 使用的口可继续作为 I/O 口使用。单片机通过 ADC 将模拟信号转换为数字信号, 同时控制无线模块将脑电的数字信号发送给接收端的无线模块, 进入到接收端的单片机实现信号的实时显示及存储。

### 1.3 无线模块

本系统采用 2.4 GHz 无线单片收发芯片 nRF24L01, 采用 FSK 调制, 可以实现点对点或 1 对 6 的无线通信。无线通信速度可以达到 2 Mb/s。它体积小, 功耗低, 外设少, 速率高, 非常适合于无线传输应用系统。nRF24L01 可以由 SPI 接口与微处理器连接, 通过这个接口完成设置和收发数据工作<sup>[5]</sup>。STC12C5A60S2 单片机集成了 SPI 控制器, 可以非常方便地通过软件设置, 只收到本机地址时才会输出数据, 编程很方便。nRF24L01 与单片机的连接图如图 2 所示。

### 1.4 显示部分

显示部分选用视域对角线为 5.7 英寸、分辨率为 640×480 的真彩液晶显示器 TFT6448BS-5.7, 此显示屏工

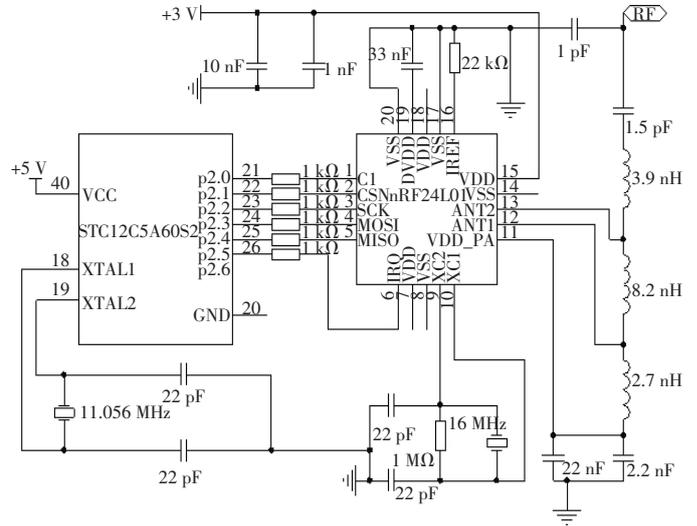


图2 STC12C5A60S2 与 nRF24L01 的连接图

作电压为 3.3/5 V, 支持 256 色<sup>[6]</sup>。由于是专门针对单片机用户设计的, 提供一个简单的高速 8 位总线与单片机连接。此显示屏低功耗, 设计轻薄亦能满足便携式要求。该系统的程序设计包括单片机程序、液晶显示屏驱动程序。发送端通过单片机进行 A/D 变换和无线传输, 接收端由单片机通过 nRF24L01 接收数据, 送至液晶显示器进行显示。

接收端单片机接收到脑电数据之后传送到液晶显示器进行显示, 显示屏中每个点影射显示存储器中的一个字节, 显示屏上的 X、Y 坐标与显示存储器的地址一一对应。因此, 只需输入 X、Y 坐标便可直接读写相应点数据, 不用计算像素点在显示存储器中的地址。写入数据后 X 坐标自动加 1, 写满一行后自动换行, 也可实现 Y 坐标自动加 1。单片机与液晶显示屏的连接如图 3 所示。

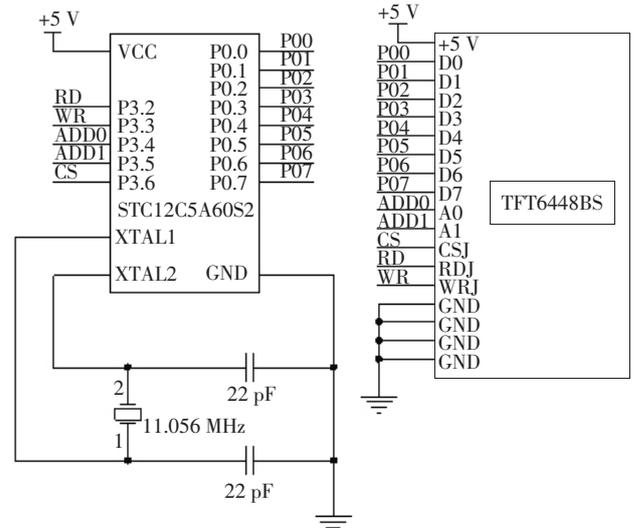


图3 单片机与 TFT 液晶显示屏连接图

## 2 系统软件设计

本系统由 STC12C5A60S2 单片机与 nRF24L01 无线收发芯片构成的发送端和接收端组成。发送端通过单片机进行 A/D 变换和无线传输, 接收端通过 nRF24L01 接收

数据,再送至 STC12C5A60S2 单片机进行显示与分析。无线模块 nRF24L01 所有配置工作都是通过 SPI 完成,共有 30 B 的配置字。一般采用 Enhanced Shock Burst TM 收发模式,这种工作模式下,系统的程序编制会更加简单,并且稳定性也会更高。Enhanced Shock Burst TM 的配置字使 nRF24L01 能够处理射频协议,配置完成后,在 nRF24L01 工作的过程中,只需改变其最低一个字节中的内容就可以实现接收模式和发送模式之间的切换。数据流程如图 4 所示。

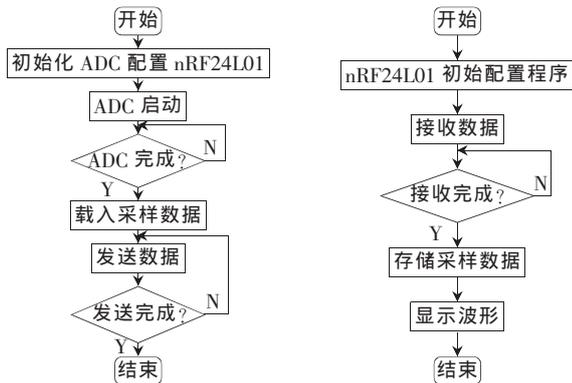


图 4 单片机程序流程图

### 3 结论

本文设计了一种基于单片机的体积小、轻便、功耗低的脑电信号采集与无线传输系统。选用 STC12C5A60S2 单片机作为主控制器,利用其自身的 2 个 SPI 模块分别对 nRF24L01、TFT6448BS-5.7 进行控(上接第 35 页)

表 1 负载调整率测试结果

测试项目	测试记录						
负载/ $\Omega$	200(空载)	17	11.5	9	6.3	3.5	2.5
输出电流/A	0.0403	0.482	0.684	0.894	1.289	2.315	3.245
输出电压/V	8.05	8.1	7.9	8.05	8.13	8.05	8.1

将电源输入电压保持在 $-48\text{ V}$ ,将负载从 $200\ \Omega$ 减小到 $2.5\ \Omega$ 时,可得表 1 的测试结果。根据表 1 中记录计算可得,当负载在 $2.5\sim 200\ \Omega$ 之间变化时,负载调整率为 $\pm 2\%$ 。其中,此电路的转化效率在输出电流为 $2.315\text{ A}$ 时达到 $79\%$ 。

表 2 电压调整率测试结果

项目	测试数据								
输入电压/V	-36	-38	-40	-42	-45	-48	-50	-53	-56
输出电压/V	7.97	7.97	7.99	8.03	7.97	8.03	8.01	8.01	8.03

将电源的电压输出端接 $4\ \Omega$ 、 $50\text{ W}$ 的固定负载电阻,输入端接到可调稳压电源输出端。调整输入稳压电源在 $36\text{ V}\sim 54\text{ V}$ 之间变化时,测量输出端电压,可得表 2 所示的测试结果。由表 2 中记录结果,根据电压调整率的公式,可计算出电路的电压调整率为 $0.7\%$ 。当输入电压变为 $20\text{ V}$ 时,输出电压有 $0.06\text{ V}$ 的变化,可看出输出电压波动不大。

### 4 结论

本文基于单端反激式隔离型 DC/DC 转换器,采用凌

制,实现脑电信号的 WiFi 无线传输和波形显示。本系统不需要采用 PC 机,控制和显示都用单片机来完成,由于容易携带、高集成度的特点,能为医疗资源不足的贫困山区的脑电疾病的诊断提供一套可行方案。

### 参考文献

- [1] 王春梅, 癫痫脑电信号特征提取与自动检测方法研究[D]. 上海: 华东理工大学, 2010.
- [2] LIN C T. Development of wireless brain computer interface with embedded multitask scheduling and its application on real-time drivers drowsiness detection and warning[J]. IEEE Transactions on Biomedical Engineering, 2008, 55(5): 1582-1591.
- [3] 谢宏, 李亚男, 夏冰, 等. 基于 ADS1299 的可穿戴式脑电信号采集系统前端[J]. 电子技术应用, 2014, 40(3): 86-89.
- [4] 谢宏, 葛棋棋, 姚楠, 等. 脑电信号无线采集系统设计[J]. 现代电子技术, 2010, 18(329): 21-24.
- [5] 李才光, 裴正宪, 蒋洪波. 基于 nRF24L01 的无线心音遥测系统研究与实现[J]. 计算机科学, 2013, 40(8): 59-62.
- [6] 张志霞, 苑璐, 郭帅. 基于单片机控制的液晶彩屏 TF 显示原理及应用[J]. 计算机应用, 2013, 33(9): 33-37.

(收稿日期: 2014-12-03)

### 作者简介:

胡叶容(1981-), 女, 硕士, 讲师, 主要研究方向: 信号处理。

成志明(1973-), 女, 硕士, 副教授, 主要研究方向: 自动控制。

力尔特公司 2010 年推出的隔离反激式 DC/DC 变换器芯片 LT3748, 并结合开关变压器、功率开关管等部分电路, 设计了一种应用于通信机射频前端的通信用二次电源的部分电路。该电源转换电路将 $-48\text{ V}$ 的输入电源转化为 $8\text{ V}/2\text{ A}$ 的输出电源, 具有输出电流大、稳压精度较高、体积小的特点, 并且工作稳定、性能可靠, 对设计其他单端反激式隔离型开关电源具有参考价值。

### 参考文献

- [1] 宋清亮. 应用在通信二次电源中的 LLC 串联谐振变换器的研究[J]. 通信电源技术, 2009, 26(2): 6-9.
- [2] Bruce Haug. 无需光耦合器的反激式 DC/DC 控制器[Z]. 2011.
- [3] 王水平, 贾静, 方海燕, 等. 开关稳压电源原理与设计[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2008.
- [4] 王艳荣, 吴兰君. 基于 LT3573 隔离型反激式 DC-DC 开关电源的设计[J]. 电源世界, 2009(5): 42-44.

(收稿日期: 2014-12-04)

### 作者简介:

程桂仙(1986-), 通信作者, 女, 硕士, 讲师, 主要研究方向: 射频与电源研究。E-mail: chgx86@126.com。

肖文君(1985-), 男, 博士, 副教授, 主要研究方向: 嵌入式系统。

刘万松(1968-), 男, 硕士, 副教授, 主要研究方向: 电子技术应用。