

# 基于 DSP 的八臂电成像测井仪控制及通信系统

谭鑫 杜辉 王建民

(大庆钻探工程公司测井公司 大庆 163412)

**摘要:** 研制了一种应用于八臂电成像测井仪的控制及通信系统。该系统以 TMS320F2812 DSP 芯片为核心,主要功能是负责对地面系统下发命令的解码、完成测井仪器各电路模块的通信及控制、辅助数据的采集、数据打包上传等。在系统硬件设计上,充分利用 DSP 芯片的片载串行接口,简化电路结构,使之小型化、工程化,更适合于测井仪器狭小的内部空间;软件设计上充分考虑程序的控制流程和控制时序。现场实际应用结果表明,该系统性能可靠稳定,能够满足电成像测井的实际需求。

**关键词:** 电成像测井仪;控制通信系统;数字信号处理器

**中图分类号:** TP368.1    **文献标识码:** B    **国家标准学科分类代码:** 510.99

## The control and communication system of 8-arm micro-resistivity scanning imaging tool based on DSP TMS320F2812

Tan Xin Du Hui Wang Jianmin

(Logging Company of Daqing Drilling Engineering CO., Daqing 163412, China)

**Abstract:** A control and communication system is designed for the 8-arm Micro-Resistivity Scanning Imaging Tool. Based on DSP TMS320F2812, the system is able to decode the downlink commands from ground, to communicate with the other circuit modules, to control the acquisition of auxiliary data and to package and upload the logging data. The hardware design of the system takes advantage of DSP's serial interfaces to simplify circuit structure and makes the system small enough for the narrow space of the logging tool. Meanwhile, the control processes and procedures are considered. The well logging data show that the system is reliable and could meet the demand of micro-resistivity scanning imaging log.

**Keywords:** resistivity imaging tool; control & communication system; DSP

## 1 引言

微电阻率扫描成像测井具有分辨率高、可视性好、直观性强的特点,其测井资料可为研究砂泥岩保护层储层有效划分、裂缝性油藏的裂缝和储集性分析、复杂岩性油藏的参数评价等提供重要依据<sup>[1-3]</sup>。与常规电阻率测井仪相比,其采集数据量大、时序控制更为复杂。作为整个仪器的中枢模块,控制与通信系统负责接收并解码所有来自地面系统的控制命令,打包并向总线传输测井数据。由于测井仪器需长时间工作在高温高压环境下,且仪器内部空间狭小,因此核心控制芯片的选型要在满足温度、压力、温漂等环境指标的前提下,尽量选择外设接口丰富的芯片,以满足各模块间的通信需求。该系统应能满足八臂电成像测井仪 200 个钮扣电极数据及 16 个辅助信号数据 200 Kb/s 的数据传输

要求。

## 2 总体架构设计

整个系统由辅助信号采集单元、通信与控制单元两个部分组成。辅助信号采集单元主要将井下仪的所有辅助信号进行模数转换,同时将转换后的数据传送给 DSP 供其打包整理。电路采用 DSP 作为核心控制芯片,利用 FPGA 芯片完成数据缓存并实现各种辅助信号采集的逻辑控制。

TMS320F2812 是基于 TMS320C2XX 内核的定点 DSP,其丰富的存储资源和串口通信外设能够满足设计需求。更重要的是,其 175℃ 的耐温指标可以保证测井仪器在井下的高温环境中稳定工作。因此,电路设计选用了 TMS320F2812。控制与通信系统结构如图 1 所示。

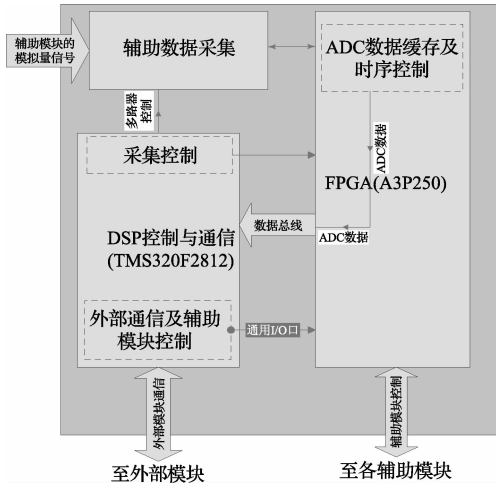


图 1 控制与通信系统结构

### 3 功能模块设计

#### 3.1 辅助信号采集单元

八臂微电阻率扫描成像测井仪采集的辅助信号主要包括井下仪各种工作电源电压、8 个推靠器的井径电位计及行程电位计数据、导航传感器数据、电动机电压、井下仪工作环境温度等<sup>[4]</sup>。这些信号用于在测井过程中实时监控井下仪各模块状态,同时也是地面软件成像显示不可缺少的组成部分。

电路设计中采用一个 16 通道多路复用器将辅助信号依次选入模数转换器供其采集。由 DSP 发命令控制转换的开始, FPGA 芯片提供给 AD 转换器的转换逻辑<sup>[5]</sup>。ADC 采用 ADI 公司的双极性、16 位模数转换器 AD7663。采集单元电路如图 2 所示。

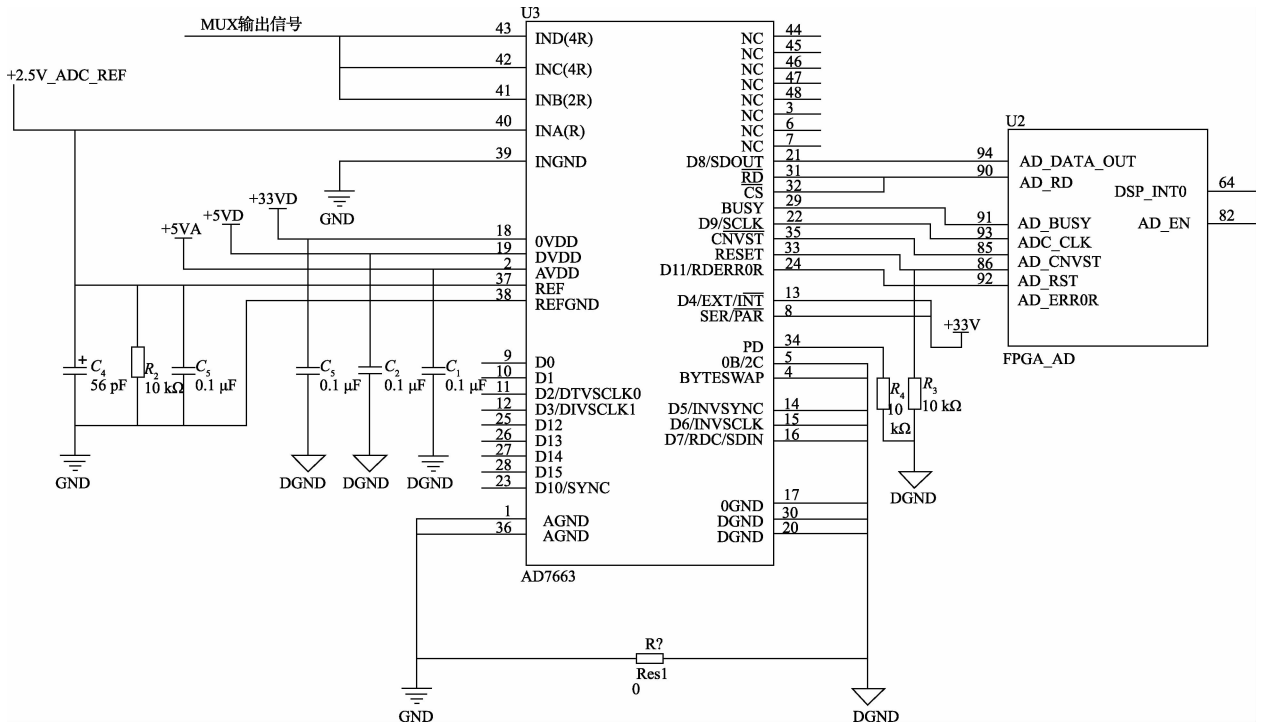


图 2 辅助信号采集单元电路

其采集控制流程如下:首先 FPGA 给 AD7663 一个转换开始信号 CNVST,该信号为一个不小于 5 ns 的低电平脉冲,启动一个 16 位数据字的转换,此时 ADC 输出状态引脚 BUSY 由低电平变为高电平,当 BUSY 由高变低时,表示一个 16 位数据字转换完成,此时,如果 CS 与 RD 引脚为低电平,表示片选 AD7663 芯片和读数据使能有效,这时,给 AD7663 芯片的时钟输入引脚提供 16 个时钟,数据在时钟的上升沿输出。等所有的辅助数据收集完毕,FPGA

中的 ADC 采集模块给 DSP 的 INT0 发送中断请求信号,通知 DSP 到 FPGA 中读取辅助数据<sup>[6-8]</sup>。

#### 3.2 通信与控制单元

利用 TMS320F2812 片载的串行接口,设计了多个接口电路,用于发送控制信号以及接收井下仪各模块的各种状态信息、成像数据等<sup>[9-11]</sup>。DSP 与外部模块通信接口,如图 3 所示。

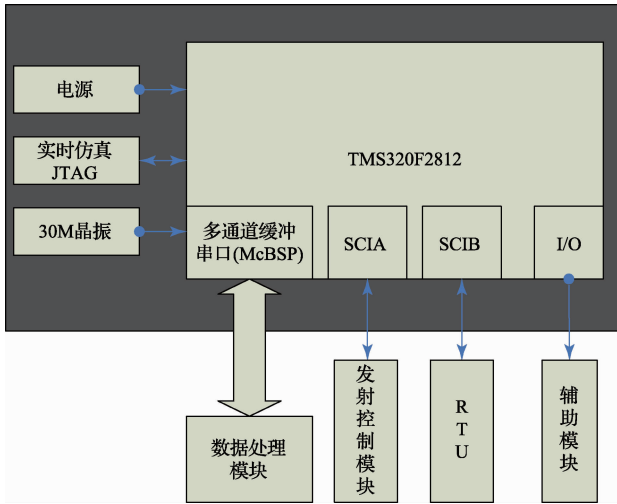


图 3 DSP 与外部模块通信接口

### 3.2.1 数据处理模块通信接口

在八臂微电阻率扫描成像测井仪的控制与通信系统设计中,所有有关数据处理模块的命令和参数都应该及时无误地发送到数据处理模块中,而数据处理模块处理完成后的大量成像数据必须以很快的速度传输到控制与通信系统中封装打包。设计采用 TMS320F2812 的多通道缓冲串口 McBSP 完成上述功能,接口连接如图 4 所示。

如图 4 所示,McBSP 共有 6 根外部信号线,分别是: MCLKXA 发送时钟信号、MSFXA 发送帧同步、MDXA 发送串行数据、MCLKRA 接收时钟信号、MSFRA 接收帧同步、MDRA 接收串行数据。上述 6 个外部信号分为两组,每组都由时钟、帧同步和数据信号组成,一组用来给数据处理模块发送命令和参数;另一组用来接收数据处理模块处理后的成像数据。

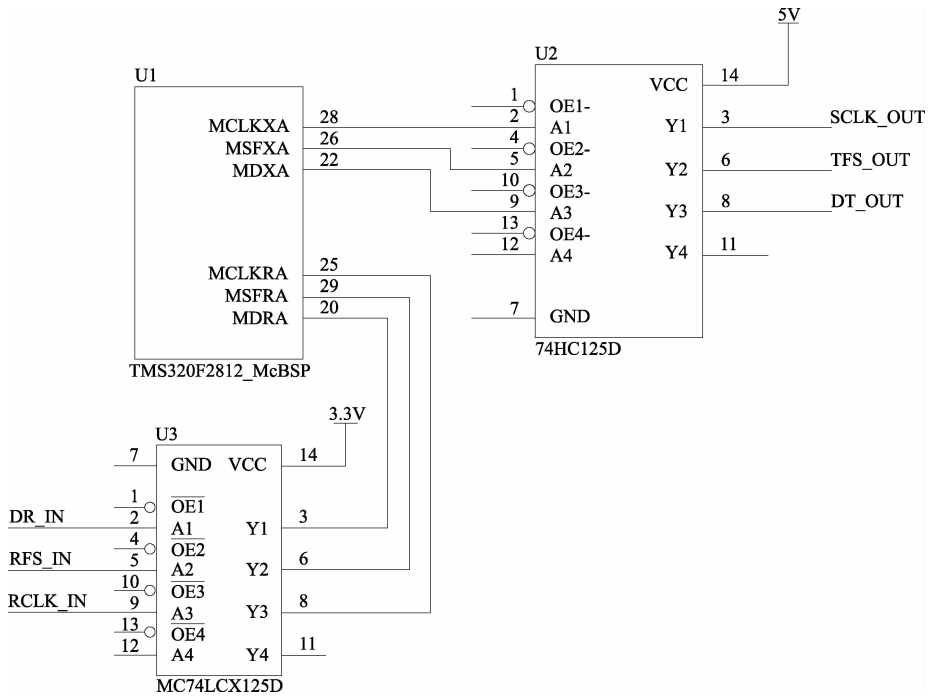


图 4 McBSP 发送接口连接

由于井下仪工作在高温高振动环境下,为了增强信号的抗干扰能力,采用 74HC125D 芯片将 DSP 外围接口发出的 3.3 V 电平信号抬高到 5V 电平信号发送到数据处理模块中去,同时采用 MC74LCX125D 芯片将外部接收到的 5 V 电平信号转换成 3.3 V 电平,以适合 DSP 的接口电平。

### 3.2.2 发射控制模块及 RTU 模块通信接口

设计采用 TMS320F2812 的串行通信接口(SCI)实现与发射控制模块及 RTU 模块通信。

本系统与发射控制模块通信数据量较少,仅在开关发射、调整发射电压时才用到发送接口,当需要发射控制模

块更新信息参数时(如:发射电压、发射电流、发射占空比),通过查询方式通知发射模块回传最新的信息参数。通信速率设置为 32.8125 Kbps。

本系统与 RTU 通信的数据量较大,上传的数据包括全部成像数据和所有辅助信息,采用中断方式进行通信。通信速率设置为 3.125 Mbps。

### 3.2.3 辅助模块通信接口

八臂微电阻率扫描成像测井系统的辅助模块有导航信号采集模块、井径信号采集模块和电动机控制模块。对上述 3 个模块的控制都是由 DSP 发送控制协议,FPGA 对命令译码产生所需要的控制信号。

导航信号采集模块控制状态命令如表 1 所示。

表 1 导航信号采集模块控制状态命令

NAV_RST	NAV_ADV	count	功能描述
H	X	0	MAGX 测量
L	H	1	MAGY 测量
L	H	2	MAGZ 测量
L	H	3	XACC 测量
L	H	4	YACC 测量
L	H	5	ZACC 测量
L	H	6	TEMP 测量
L	H	7	空

井径信号采集模块控制状态命令如表 2 所示。

表 2 井径信号采集模块控制状态命令

CALA <sub>2</sub>	CALA <sub>1</sub>	CALA <sub>0</sub>	功能描述
L	L	L	井径 1,2 测量选择
L	H	H	井径 3,4 测量选择
L	H	L	井径 5,6 测量选择
L	H	H	井径 7,8 测量选择
H	L	L	行程电位计测量选择

电动机控制模块控制状态命令表如 3 所示。

表 3 电动机控制模块控制状态命令

DSP_GP10B0	DSP_GP10B1	功能描述
X	L	推出电动机操作状态
H	H	打开推靠臂
L	H	收拢推靠臂

### 4 软件设计

在本系统中,DSP 是控制的核心芯片,由其完成所有命令的解析、处理以及所有数据的缓存和发送。井下仪采用主从模式进行设计,此控制与通信系统处于主模式,其余模块处于从模式,这些从模块都是在控制与通信系统的控制协调下工作的。系统上电后,程序首先对 DSP 所有要用到的外设及时钟根据系统的需要进行初始化,然后进入系统主循环,等待地面下发命令,当接收到地面命令后,进入命令解析程序,按解析结果进行相应的操作。流程如图 5 所示。

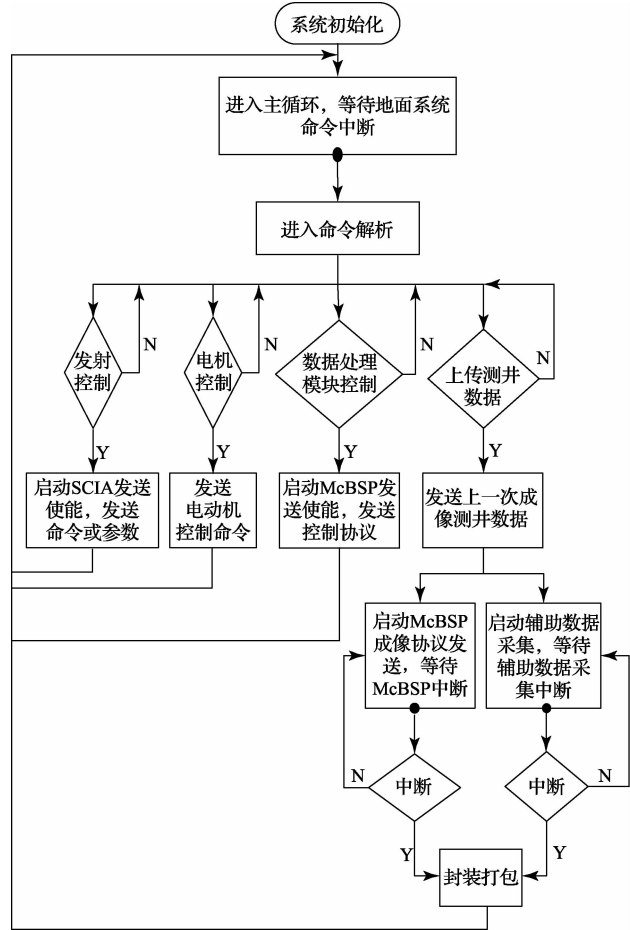


图 5 DSP 软件流程

### 5 现场应用效果

通过现场实际应用,对研制的系统的可靠性及稳定性进行验证。测井过程中,仪器各模块在控制与通信系统的控制下稳定工作。实测资料显示:



图 6 电成像测井资料与岩心对比

1) 裂缝显示与岩心对应性好,说明测井数据被准确、完整打包上传,如图6所示;

明辅助信号采集单元工作正常,各辅助模块通信正常,如图7所示;

2) 井斜方位、井径、电动机电压等数据准确上传,说

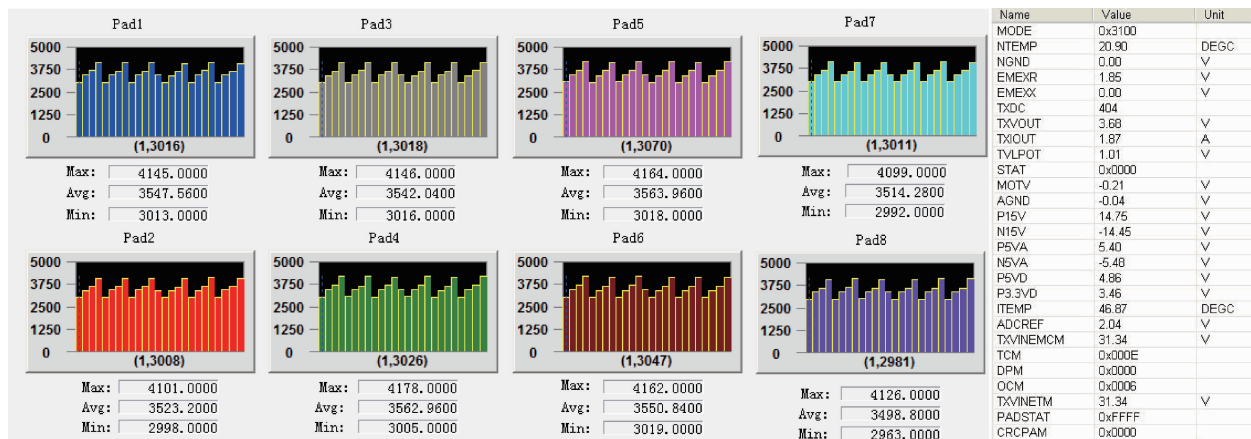


图7 钮扣电极内刻数据显示及辅助数据资料

3) 仪器推靠器可按指令完成推开及收拢操作,说明电动机控制模块工作正常。

## 6 结 论

基于TMS320F2812的控制与通信系统利用芯片内部自带的通信模块,硬件连接简单,软件通信可靠性高,满足新型八臂微电阻率成像测井仪控制与通信功能的需求,现场应用效果好。

## 参考文献

- [1] 张莹,潘保芝.基于FMI的3种火山岩储层裂缝孔隙度求取方法[J].测井技术,2012,36(4):365-369.
- [2] 何小胡,李俊良,李国军,等.成像测井沉积学研究在南海西部油田的应用[J].测井技术,2011,35(4):363-370.
- [3] 何小胡,张迎朝,张道军,等.成像测井技术在重力流沉积研究中的应用[J].测井技术,2013,37(1):103-109.
- [4] 严明明,王志刚,师奕兵.一种井下成像仪器控制及通信电路设计与测试[J].中国测试,2011,37(4):81-84.
- [5] 豆岳龙,刘兴斌,胡金海,等.基于FPGA的双层阵列电导探针持水率计电路设计[J].石油仪器,2011,25(5):74-75.
- [6] 周翟和,汪丽群,沈超,等.基于CPLD的磁致伸缩高精度时间测量系统设计[J].仪器仪表学报,2014,

35(1):103-108.

- [7] 张志文,袁久兴.基于FPGA和AVR单片机的惯组电源板信号检测[J].国外电子测量技术,2014,33(2):78-83.
- [8] 吴文河,鞠晓东,成向阳,等.基于FPGA的测井数据遥传测试板设计及应用[J].测井技术,2010,34(6):580-584.
- [9] 管庆,朱海,王凯,等.基于TMS320DM8168的视频监控跟踪系统[J].数据采集与处理,2013(6):652-657.
- [10] 石岩,侯其立,刘翠,等.基于DSP的直管式科氏质量流量变送器研制[J].电子测量与仪器学报,2014,28(10):1130-1139.
- [11] 张家田,梁亚萍,严正国.基于DSP的三维感应测井数据采集处理系统研究[J].石油仪器,2010,24(2):77-78.

## 作者简介

谭鑫,工学学士,工程师。主要研究方向为成像测井仪的研制。

杜辉,工学硕士。主要研究方向为电法测井仪器的数据采集及处理。

王建民,工学学士,高级工程师。主要研究方向为成像测井仪的研制。

E-mail: du1026@126.com