

基于 C8051F060 的脉冲中子-热中子采集电路设计

韦成海

(大庆油田有限责任公司 测试技术服务分公司, 黑龙江 大庆 163453)

摘要: 针对脉冲中子综合测井仪的需求, 设计了基于 C8051F060 型单片机的脉冲中子-热中子采集电路, 用于测量地层中热中子数量随时间的变化趋势。采用集成模块化设计, 使电路成本降低, 体积缩小。现场试验表明, 电路工作正常, 达到了设计要求。

关键词: 脉冲中子; 热中子; 脉冲中子综合测井仪; 电路设计

中图分类号: TL816; TL822 文献标志码: A 文章编号: 1000-7512(2008)03-0184-05

Design of a Data Acquisition Circuit Based on C8051F060 for Pulsed Neutron Thermal Neutron Logging Signal

WEI Cheng-hai

(Logging & Testing Services Company of Daqing Oilfield Co. Ltd., Daqing 163453, China)

Abstract: A data acquisition circuit was designed based on C8051060, for the requirement of the pulsed neutron synthesized logging tool. It could be used to measure the thermal neutron count changing with time in the formation. The results showed that the circuit can decrease the cost and reduce the volume, the circuit works well in the field test and can meet the requirement of the design.

Key words: pulsed neutron; thermal neutron; pulsed neutron synthesized logging tool; circuit design

脉冲中子-热中子采集电路是脉冲中子综合测井仪的一部分。在不改变脉冲中子综合测井仪长度的条件下增加了热中子测量功能。该仪器有多种工作模式: 非弹模式、俘获模式和活化模式。选择非弹模式时, 可测量碳氧比、中子寿命等; 选择俘获模式时, 利用伽马探测器及采集电路可测量伽马能谱和时间谱, 同时利用³He 探测器及采集电路测量热中子幅度谱和时间谱。

幅度谱可以监测采集信号是否准确, 时间谱用来计算地层宏观俘获截面和含水饱和度, 它们可用于油田开发及剩余油评价。C8051F060 是高速混合信号单片机, 内部集成有 ADC(模/数转换器)和 DAC(数/模转换器)以及 RAM(随机存储器), 这样可以利用它们替代外部的 ADC 和 DAC 以及 RAM 器件。为实现在俘获模式下同时完成热中子测量功能, 本工作拟设计基于

C8051F060 的脉冲中子-热中子的幅度谱和时间谱的采集电路,使得采集电路体积小,适用于组合测井仪设计要求。

1 脉冲中子综合测井仪的工作模式^[1]

脉冲中子综合测井仪有多种工作模式,不同的工作模式产生的中子爆发时序及测量时序不同。测量中子寿命时需选择俘获模式,中子爆发时序示于图 1。一个周期为 1 000 μs ,中子爆发 80 μs ,停歇 920 μs ,测量³He 的幅度谱及时间谱。幅度谱(横坐标)是 256 道,每道 10 mV;时间谱(横坐标)是 100 道,每道 10 μs 。



图 1 中子爆发时序图

2 采集系统的设计与构成^[2]

传统的采集系统主要包括以下部分:前置放大器,主放大器,峰值检测及采样保持,单片机内 ADC 转换器,幅度谱、时间谱计数,软累加及控制,通讯电路等。

传统的井下谱仪采用分立元器件设计,电路板占用空间大。本研究利用单片机(C8051F060)内部集成模块完成数据采集,把前置放大器、主放大器、峰值检测及采样保持等电路制成模块,缩小了电路板尺寸,适应组合仪器的要求。系统结构框图示于图 2。

2.1 前置放大器模块

由于³He 探测器输出的信号只有几毫伏,前置放大器模块采用两极高灵敏电荷放大器,将几毫伏脉冲信号放大到 2 V。放大倍数较高,为防止干扰,采用金属屏蔽壳体,而且尽量靠近探测器,信号线用屏蔽线,减少电磁干扰。探头部分焊接点要牢固、圆滑。³He 管的输出端完全屏蔽在金属壳内。

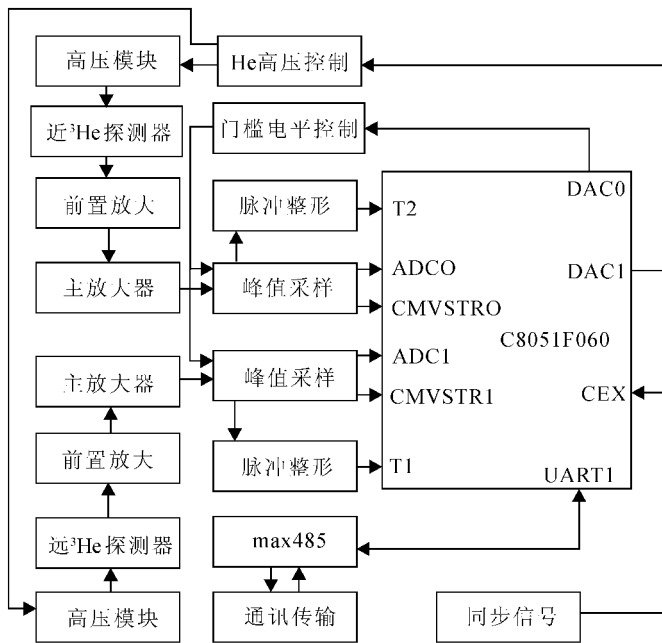


图 2 系统结构框图

2.2 主放大器

主放大器模块主要由两级放大器及基线恢复电路组成,以保证输出脉冲信号幅度满足 ADC 转换器的要求,基线恢复电路保证基线不会随脉冲变化而漂移。处理过的正脉冲信号传送到采样保持电路。

2.3 峰值采样

峰值采样原理框图示于图 3。当脉冲幅度高于阈值电平时,脉冲信号分成两路,其中一路输出给放大器,经放大后送给峰值检测、采样和脉冲整形电路单元。脉冲峰值到达前,采样、保持电路跟踪脉冲的幅度变化;脉冲峰值到来后,

峰值检测电路输出,触发采样控制,使采样保持电路处于保持状态;采样控制同时启动 ADC,转换结束时,ADC 使采样保持电路回到跟踪状态,等待下一脉冲到来。另一路经脉冲整形电路整形后送到计数器 T1(或 T2)用于时间采集。

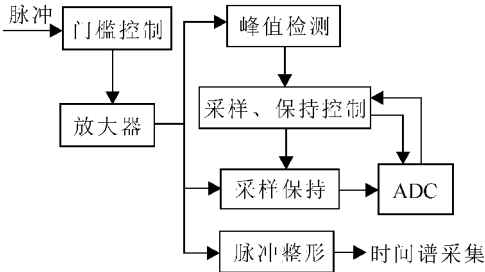


图 3 峰值采样原理框图

3 C8051F060 型单片机微控制处理器 (MCU)^[3]

C8051F060 型单片机结构图示于图 4。

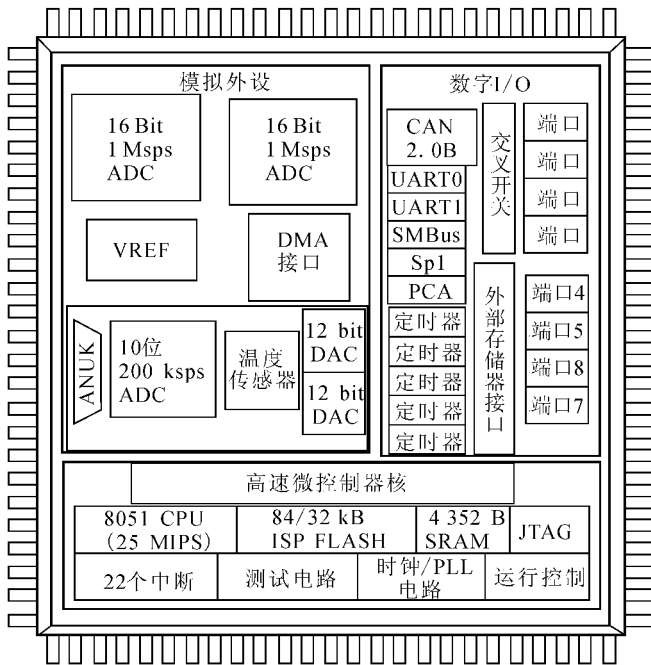


图 4 C8051F060 型单片机结构图

3.2 DAC 转换器

DAC 转换器用于时间谱采集。中子爆发时序作为计数器的启动和清零信号,幅度高于阈值电平的脉冲送给脉冲整形电路,整形后的脉冲送到计数器 T1(或 T2)用于记录脉冲到达时间,把

C8051F060 型单片机是一种集成程度高、功能强大的单片机芯片,适合于快速采集数据,且数据的可靠性高。C8051F060 型单片机器件内集成了 ADC 转换器和 DAC 转换器、UART(通用异步接收器/发送器)。

3.1 ADC 转换器

ADC 转换器用于幅度谱采集。单片机内含两个 16 位分辨率 ADC 转换器,转换速率最大为 1 Mbps,设置为单端输入,只用其中的 8 位,选用内部参考电压为 2.5 V,ADC 转换启动方式设置为外部信号输入触发转换。两个 ADC 独立工作,转换结束由一个状态位指示,并产生中断。经过主放大器放大之后信号直接输入到 16 位 ADC 转换器的输入端,进行模数转换。转换完成后,8 位转换结果数据字被锁存到两个特殊功能寄存器中,用软累加,通过中断从 ADC 读取转换结果,将存储器对应地址单元数据计数加 1,再将数据存储到内部 RAM 相应地址单元,完成幅度谱计数。

它作为时间谱地址,用软累加方法将对应地址计数加 1,再将计数存回原存储单元。

3.3 UART 通讯

用 C8051F060 型单片机中的串行通信接口 UART1(通用异步接收器/发送器)经 max485

进行通讯,传输数据和命令。

3.4 采集同步信号

C8051F060 型单片机内部有 DAC0(数/模转换器 0)、ADC1(数/模转换器 1)。C8051F060 与 DAC 之间的数据和控制接口通过特殊功能寄存器实现。DAC 转换器为电压输出方式,有灵活的软件更新输出机制,对于 C8051F060, DAC0、DAC1 的电压基准由专用的 VREFD 输入引脚提供,通过软件分别控制单片机内部的 DAC0、DAC1 输出,从而控制³He 高压控制,门槛电平控制。

同步信号:测井仪工作在俘获方式时,综合时序发生器产生的 1 kHz 脉冲信号作为同步信号,经 CEX 启动采集时序,按同步信号周期采集数据。

4 控制软件设计^[4]

控制软件主要完成以下功能:各参数初始化;按测井命令修改井下参数;向地面发送采集的数据。

控制软件的流程框图示于图 5。程序包括下列模块:初始化模块、命令接收模块、测井数据上传模块。初始化模块复位堆栈指针,定义 P1、P3 端口,设置低门槛,完成井下参数的初始化。命令接收模块解释各种命令并作相应处理。上传数据模块完成测井数据上传。

5 现场应用

5.1 实测热中子谱

大庆油田测井录取的远探测器采集的脉冲中子-热中子谱示于图 6。

从图 6a 可以看出热中子的衰减规律,在 100 μs 以后热中子快速减少,到 600 μs 时已经被俘获。从图 6b 可以监视热中子谱采集是否正确。调整门槛参数可以消除阳极脉冲等交流辐射干扰,确保热中子谱采集的准确。

由时间谱可以清晰地看到热中子随时间的变化,据此可以选择适当的时间间隔,通过数据处理计算地层的宏观俘获截面,计算公式为:

$$\Sigma_f = \frac{1.05 \times 10^4 (\ln N_1 - \ln N_2)}{t_2 - t_1} \quad (1)$$

Σ_f 为介质的宏观俘获截面, N_1 、 N_2 为不同时刻对应的计数值, t_1 、 t_2 为不同的时刻。

在含有盐水、油或其它物质的储层岩石中,

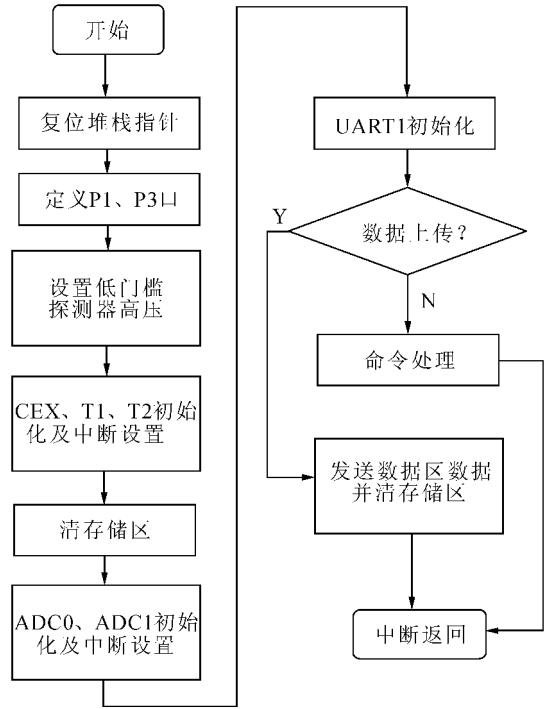


图 5 控制软件流程框图

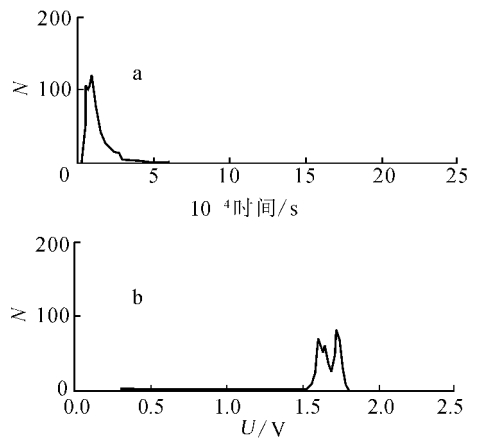


图 6 采集的脉冲中子-热中子谱
a——时间谱;b——幅度谱

其俘获截面是各种成分的俘获截面与其体积分数的总和,由所求得的地层宏观俘获截面可以求地层的含水饱和度^[5]:

$$\Sigma_f = \Sigma_{ma}(1 - \Phi - V_{sh}) + \Sigma_w S_w \Phi + \Sigma_h(1 - S_w) \Phi + \Sigma_{sh} V_{sh}, \text{ 而 } S_w = [\Sigma_f - \Sigma_{ma}(1 - \Phi - V_{sh}) - \Sigma_h \Phi - \Sigma_{sh} V_{sh}] / [\Phi(\Sigma_w - \Sigma_h)]$$

(2)式中, Σ_f 为介质的宏观俘获截面, Σ_{ma} 为骨架的宏观俘获截面常数, Σ_h 为烃的宏观俘获截面常数, Σ_{sh} 为泥质的宏观俘获截面常数, Σ_w

为地层水的宏观俘获截面常数, V_{sh} 为泥质体积含量, ϕ 为孔隙度。

5.2 实测的测井曲线

将本设计应用于大庆油田, 得到一组测井曲线, 其中一个典型曲线示于图 7。图 7 中第 3 轨

是用俘获伽马时间谱计算得到的宏观俘获截面 Σ_{GR} ; 第 4 轨是用热中子时间谱计算得到的宏观俘获截面 Σ_{PNN} 。从图 7 可以看出, Σ_{GR} 、 Σ_{PNN} 有很好的—致性。

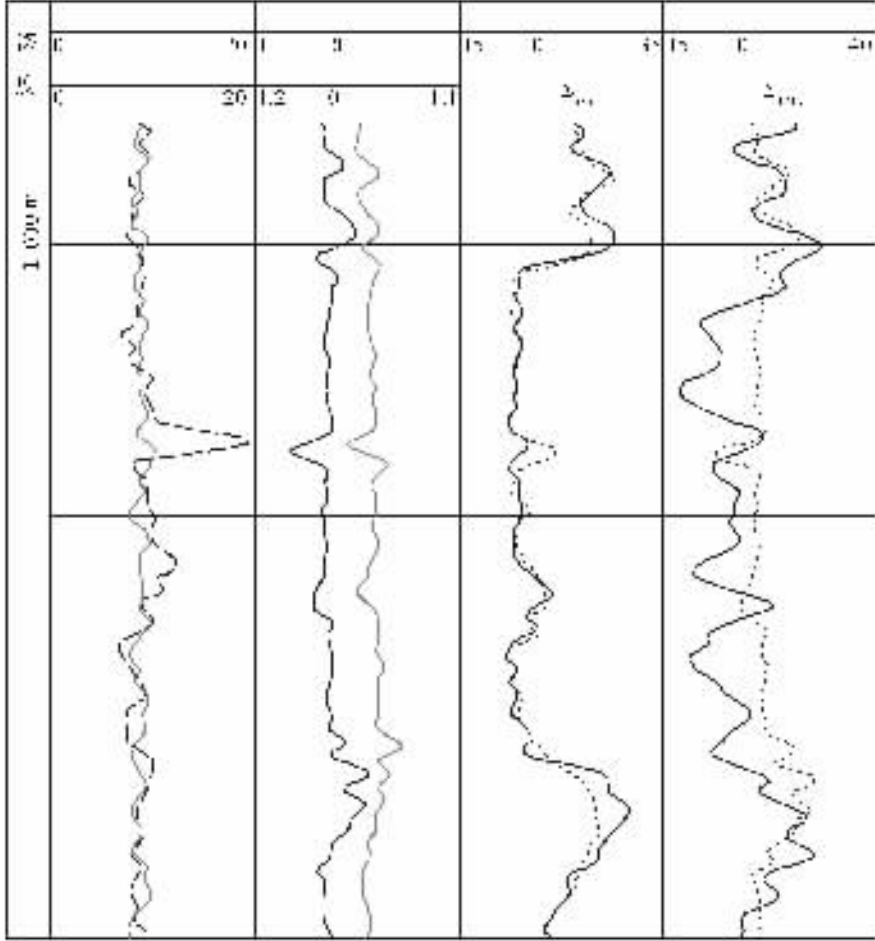


图 7 Σ_{GR} 、 Σ_{PNN} 测井曲线

6 结束语

基于 C8051F060 设计的脉冲中子-热中子采集电路, 不使用外部 ADC、DAC 及 RAM, 结构简单, 电路板小, 成本低, 适合脉冲中子综合测井仪器设计要求。经试验录取资料表明, 分别用俘获伽马和热中子时间谱数据计算得到的宏观俘获截面 Σ_{GR} 和 Σ_{PNN} 变化趋势一致。该电路设计合理、性能稳定, 可靠性高。

参考文献:

- [1] 韩东庆, 董建华. 脉冲中子测井仪综合时序发生器的设计[J]. 同位素, 2006, 19(4): 199-203.
- [2] 郑华, 刘宪伟, 董建华. 双源距碳氧比技术研究与应用[J]. 测井技术, 2005, 29(2): 159-163.
- [3] 潘琢金译. C8051F060/1/2/3/4/5/6/7 混合信号 ISP FLASH 微控制器数据手册[Z]. 新华龙电子有限公司, 2004.
- [4] 董建华, 刘宪伟, 王晶. DDCO-2 型双源距碳氧比能谱测井仪[J]. 石油仪器, 2002, 16(6): 21-23.
- [5] 赵国海, 王志敏, 董社霞. 脉冲中子-中子 (PNN) 测井技术[J]. 石油机械, 2005, 33(8): 75-78.