

电力系统测控仪表中数据存储方案设计

魏新棒,尹 斌,钱君霞

(河海大学 电气工程学院,江苏 南京 210098)

摘要: 对于故障数据、重要的实时数据以及配置参数等关键数据,常规的保存方法是利用 EEPROM, SRAM+电池或者 NVRAM 等。MSP430F149 单片机内部有 60kB 的 Flash 模块,该模块可以在应用中执行写操作;铁电存储器(FRAM)具有读写无延时、擦写次数多等优点,利用 MSP430F149 单片机内 Flash 模块和 FRAM 存储器的特点,采用缓冲思想,设计了一种应用于电力参数监测仪表中的数据存储方案,并应用到了实际开发的产品中,取得了较好的效果。

关键词: 数据存储; Flash 存储器; 铁电存储器; MSP430F149

中图分类号: TM 93; TP 274+.2

文献标识码: B

文章编号: 1006-6047(2006)04-0072-05

在电力系统测控仪表中,涉及到大量故障数据、实时数据以及一些配置参数等数据掉电保存问题。常规的数据保存方法有以下 3 种。

a. 利用 EEPROM^[1]:但 EEPROM 的写操作时间较长(数十毫秒),在较长的写操作过程中一旦有干扰就会使写操作出错^[2]。

b. SRAM+电池方法^[3]:这增加了硬件设计的复杂性,并且存在着电池耗干、化学液体泄出等安全可靠性问题。

c. 使用 NVRAM^[4]:由于 NVRAM 价格比较昂贵,限制了它的广泛应用。

根据 TI 公司存储芯片 FRAM 和 MSP430F149 单片机内部 Flash 模块的特点,结合开发的电力参数监测仪,本文提供了一种保存这些数据的可行方案。

1 方案设计

电力参数监测仪表中涉及到很多数据的掉电保存问题,如系统配置参数、故障记录以及实时电能等的保存。在这些数据中,系统配置参数,如用于组网的通信参数等,占用的存储空间比较小,每个参数只占用几个字节,每个参数的保存区需要能够擦除更新,更新的频率一般不高;故障记录等一些数据占用的存储空间比较大,一条故障记录一般包括故障类型、故障产生时刻、产生的时间以及故障参数值等类型信息,为了更好地进行信息管理往往都要保存几十条记录甚至上百条记录,这就更需要较大的存储空间,当故障记录数超出系统所能保存的总数时,就要采用滚动策略覆盖以前的历史记录,所以故障记录的保存区也需要能进行擦除更新,这种更新的频率也不高;电能数据的存储空间不大,但是它是一个需要频繁更新的量,它的保存区要能够执行尽可能多的擦写操作。针对这些数据的特征,结合本监测

仪中的一些实际情况,采用了 FRAM+Flash 实现对这些数据的掉电保存。

在本监测仪中,选用了 TI 公司的超低功耗单片机 MSP430F149,它除了具有很多适用于电力参数监测仪设计开发的典型特点外,同时还具有 60 k 的内部 Flash,并且支持用户对该模块进行编程读写^[5-6]。MSP430F149 片内有多达 60k 的 Flash 存储器,它主要用作程序存储器,可经 JTAG 接口下载程序,程序运行时能对其中的 1 段或多段进行擦/写操作,因此兼有数据存储器功能,擦/写次数为 10^5 次,最小擦除单位为 1 段。Flash 模块按段分布:包括主存储器段和信息段,主存储器每段为 512 Byte;信息存储器每段为 128 Byte^[7]。在本监测仪中,由于应用程序占用的 Flash 存储空间不大,目前有 20 k 左右,对于总共有 60 k 的 MSP430F149 而言,还有很多空余空间。每条故障记录主要包含有故障唯一标识符、故障类型、故障发生时刻和故障参数值等信息,目前设计的每条记录占用 20 Byte,若保存 100 条故障记录需要的存储空间为 $20 \times 100 = 2000$,还不到 2k,所以利用 MSP430F149 的内部 Flash 模块就可存储一定量的故障信息。但由于 MSP430F149 中的 Flash 模块每次擦写的最小单位是 1 段,而不能实现一次对 1 Byte 的擦写,所以如果仅仅利用 Flash 模块,当更新一条故障记录时就要首先开辟一个中间段,把不需要更新的记录先转存到中间段,当把最新故障记录写到目的地段后再把中间段的内容复原^[8],在此过程中有很多次 Flash 擦写操作,每次的 Flash 擦除都要关闭所有中断,写期间不能对 Flash 模块进行其他操作,当连续多次擦写 Flash 时缺点表现比较明显,并且本监测仪中还要实时保存电能数据,不停地对电能存储单元进行擦除,如果 1 min 更新 1 次电能数据, $10^5 \div 60 \div 24 = 69$,即只能使用 69 d,Flash 的 10^5 次的擦写次数显然无法满足要求。所以在本监测仪中又扩展了一片 FRAM 存储芯片。

FRAM 的典型特点有:10 亿次以上的擦写次数,写数据无延时等,本监测仪中选择的 FRAM 是 FM24CL16,工作电压范围为 2.7~3.6 V,低功耗,SOIC 封装(此特点与本监测仪中选用的 MSP430F149 单片机的典型特点相近,符合整体设计原则);使用 I²C 协议进行数据传输;可以在硬件上直接替代 EEPROM 等^[9]。采用 FRAM 芯片可以弥补只利用 MSP430F149 内部 Flash 存储模块的不足。在本监测仪中,选用 FRAM+Flash 作为数据存储的载体,其中 FRAM 中存储的数据主要有:通信相关的参数、分时电能的相关参数(时段设置值、具体电能值)、报警上下限、操作密码、控制相关的一些参数以及一个保存故障记录的缓冲区;Flash 中存储从 FRAM 中转存过来的历史故障记录。当有最新故障记录时,不是把它直接存入到 Flash 中,而是先存储在 FRAM 中的缓冲区内,当缓冲区内存满时,再把缓冲区内数据一次全部转存到 Flash 中,这样就避免了每更新 1 次记录就要对 Flash 执行 1 次段擦写操作,缓冲区与 Flash 中当前需要更新的那 1 段建立相应的映射关系,缓冲区的大小与 Flash 中 1 段的大小相同,为 512 Byte。

地址 0xF600~0xF7FF(段 0),0xF800~0xF9FF(段 1),0xFA00~0xFBFF(段 2),0xFC00~0xFDF(段 3)是 Flash 模块中存放故障记录的 4 段地址空间,每段存 25 条记录,每条记录 20 Byte。所有的记录按地址空间顺序存储,地址 0xF600~0xF613 处存放记录标识符为 0 的记录,地址 0xF614~0xF627 处存放记录标识符为 1 的记录……依次类推。为了管理故障记录缓冲区,同时在 FRAM 中建立 1 个缓冲区的头,主要包括的数据有:映射段标识符(MSID),当前已经更新过的记录数(UDC);MSID 代表当前缓冲区与哪个段进行映射,MSID 代表缓冲区内已经有多少条记录被更新了,如果该变量的值为 25,则表示缓冲区内数据已经存满(每条记录占 20 Byte,512 Byte 的空间中最多可以存放 25 条记录),此时可以把缓冲区内数据全部转移至由 MSID 指示的段中,同时把 MSID 指向下一个段,清零 UDC 值。MSID=1,代表目前缓冲区对段 1 进行映射;UDC=3,代表目前缓冲区内有 3 条记录是最新更新过的记录。每发生 1 个故障时就把 UDC 增加 1,同时更新记录,如果 UDC 为 25 就把此时缓冲区内数据全部转存至段 1 中,从而完成段 1 内所有记录的更新,同时置 UDC=0,MSID=0,使缓冲区对段 0 建立映射。

2 FRAM 操作

FM24CL16 与 MSP430F149 的硬件连接图如图 1 所示,FM24CL16 的引脚 SDA 和 SCL 是 FM24CL16 与 MSP430F149 进行数据交换的总线,所有的数据读/写都是通过这 2 根线按照 I²C 协议进行^[10],分别接 MSP430F149 的 P2.3 和 P2.2;WP 是写保护引脚,当该引脚输入高电平时 FM24CL16 处于写保护状

态,在本监测仪中要对 FM24CL16 进行写操作,故该引脚接低电平。

I²C 协议中对信号的时序有严格的要求,在对 FM24CL16 读写操作时,必须满足 I²C 协议中对时序的要求,在实际应用中,不少无法建立连接的原因就是时序的匹配出现了问题。其中,4 种状态的时序规定分别如下。

开始:在 SCL 为高电平期间,当主机(在本监测仪中,MSP430F149 为主机,FM24CL16 为从机)把 SDA 从高电平拉为低电平时,代表主机发出了一个开始信号。在该过程中当 SDA 开始从高电平变为低电平时,SDA 的高电平必须至少已经保持了 4.7 μs,而当 SDA 从高电平变为低电平后,SCL 的高电平还要至少保持 4.0 μs。

停止:在 SCL 为高电平期间,当主机把 SDA 从低电平拉为高电平时,代表主机发出了停止信号。在该过程中当 SDA 开始从低电平变为高电平时,SCL 的高电平必须至少已经保持了 4.0 μs,而当 SDA 从低电平变为高电平后,SDA 的高电平至少还要保持 4.7 μs。

数据/地址:所有数据/地址位的传送都发生在 SCL 为高电平的时候。当主机发送数据/地址位时,主机首先使 SCL 为低电平,然后根据要发的位是 1 或 0,相应地使 SDA 为高电平或低电平,再把 SCL 置为高电平,并保持 SCL 至少有 4.0 μs,最后再把 SCL 拉为低电平,从而完成 1 个数据/地址位的传输。当主机接收 1 个数据位时,要使连接 SDA 的引脚 P2.3 为输入模式,然后把 SCL 置为高电平,读取此时 SDA 的电平状态,完成 1 个位的读取,如果再使 SCL 为低电平,此时,FM24CL16 将会把下一个位传输到 SDA 上,当主机再次把 SCL 置为高电平时就可以从 SDA 上读出下一位。

应答:在任何传送中,应答信号出现在第 8 位数据位被传送之后,在此状态下,发送方应该把与 SDA 相连的引脚置为输入模式,以便接收方驱动 SDA。接收方驱动 SDA 为低电平代表发送一个应答位。

要发送一个数据/地址位或应答位时,必须在 SCL 为低电平期间才可以对 SDA 的状态进行改变。I²C 总线是一种半双工的数据传输模式,其中 SCL 由主机控制,总线的启动与停止均由主机发出。SDA 是双向数据线,每一次的 I²C 总线操作均是由主机发起,启动 I²C 总线后,主机将从高位到低位依次将从机地址以及读写状态发送出去,此时 SDA 的传输方向是由主机到从机,然后,主机将 P2.3 置为输入模式,SCL 置为低电平,同时根据 FM24CL16 的读写操作规定,FM24CL16 将会把应答位发送到 SDA 上,主机通过将 SCL 置为高电平,并至少保持 4.0 μs,读取

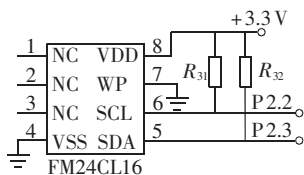


图 1 FM24CL16 的硬件连接
Fig.1 Hardware connection
of FM24CL16

SDA 的状态,完成对应答位的接收,此时 SDA 上的传输方向是由从机到主机。为了防止 I²C 总线因干扰出现错误传输,每次对 FM24CL16 操作完后都由主机置 SCL 为低电平。在本监测仪中,MSP430F149 的主时钟配置为由 DCO 直接提供,DCO 的默认频率约为 800 kHz,故执行 1 个单周期的 _NOP() 指令为 1.25 μ s。为了在模拟 I²C 总线时产生规定的延时,可以在程序中调整 _NOP() 的个数,根据实际调试的情况,采用 4 个 _NOP() 时已经可以满足时序中的延时要求。

MSP430F149 内部没有集成 I²C 接口,所以要采用软件实现 I²C 接口。I²C 总线上的所有操作都是由 SDA 和 SCL 2 个引脚的状态确定,共有开始、停止、数据/地址以及应答 4 个状态。对于这 4 个状态的具体时序规定以及软件模拟实现可以参考文献[11]。对 FM24CL16 芯片的操作有写操作和读操作,写操作有单字节写和多字节写^[9],这 2 个过程基本一样,其中多字节写操作过程如图 2 所示。

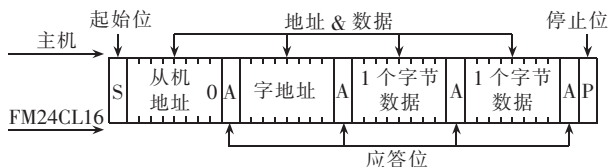


图 2 FM24CL16 的多字节写操作

Fig.2 Multi-byte write of FM24CL16

首先,主设备(本监测仪中主设备为 MSP430-F149)发送一个开始信号(S),并发送出从设备地址,然后等待由从设备(FM24CL16)返回的应答信号,主设备收到应答信号后再发送出字地址,并等待从设备的应答信号,当再次收到了从设备的应答信号后,主设备就可以发送要传输的 1 Byte 的数据,当从设备收到 1 Byte 的数据后会返回一个应答信号,主设备可以再次发送 1 Byte 数据,并继续等待应答,如果数据已全部传送完,则主设备发送 1 个总线停止信号就可以结束本次的数据传输。其中,1 Byte 设备地址中的高 4 位为设备 ID 号,它决定了从设备的器件类型,FM24CL16 的设备 ID 为 1010;最低位代表当前操作类型,写操作时该位为 0,读操作时该位为 1;剩余的 3 位代表所选择的页,FM24CL16 的内部存储空间是按页分类的,每页 256 Byte,共有 8 页。如果对第 1 页(0x00~0xFF)的存储空间进行写操作,则设备地址为 0xA0。字地址是指地址的低 8 位,它将与 3 位的页选择地址合并以选定需要写入的字节地址,完整的 11 位地址将在芯片内部锁存。另外,在多字节写操作过程中,由于读写内存的周期相同,用户无须任何总线延时,所以在 1 个写操作后就可以进行任何其他写操作和读操作,而不需像 EEPROM 那样还要进行状态查询;在多字节写操作时,每写 1 Byte 内容,地址计数器会自动增 1,并且当到最后

1 Byte 时会自动从 0x7FF 翻转到 0x000;如果用户要中止一个写操作而又不变更内存内容,可以在数据的第 8 位被发送前发送总线开始信号或总线停止信号。具体的写操作程序如下。

```
//slaw 为写寻址字节(设备地址),subaddr 为字地址,
number 为字节数,d[] 为 N 个字节数组
void WriteMultiByte(unchar slaw,unchar subaddr,unchar number,unchar d[] )
```

```
{
    unchar i;
    Start(); // 发送开始信号
    WriteByte (slaw); // 写设备地址:B7 B6 B5 B4
    B3 B2 B1 B0=1010 B3 B2 B1 0
    if(AckCheck()) //收到从设备的应答后继续进行
    {
        WriteByte(subaddr); //写入字地址
        if(AckCheck()) //检查应答信号
        {
            i=0;
            do
            {
                WriteByte (d[i]); // 将 1 Byte
                数据按串行方式发送
            }while ( AckCheck ( ) && ++i<number);
            Stop(); //结束写操作
        }
    }
}
```

对 FM24CL16 的读操作有 2 种:当前地址读操作和随机地址读操作。对当前地址进行读操作时,FM24CL16 会使用内部地址锁存器的内容作为操作的低 8 位地址,但在本监测仪中,由于需要对某一指定的地址处进行字节读操作,所以要采用的是随机地址读操作。为了读指定地址处的内容,必须使地址锁存器的内容为指定的地址,采用的方法是首先执行一个写操作,将指定的字地址写入地址锁存器中,然后主设备再发出一个开始信号,这样就中止了写操作,同时将设备地址的最低位设置为 1 以开始一个读操作,这样读操作就变为对当前地址的读操作了。读操作过程如图 3 所示。

其中在第 2 次的开始信号前是一次空的写操作,目的是将地址写入地址锁存器中,执行完这步操作后就可按当前地址读操作的方法进行读操作了,从第 2 次开始信号起到停止信号的操作为一次对当前地址读操作的过程。设备地址与字地址的定义与写操作中的定义一样。具体的读操作程序如下。
//number 为字节数,slar 为读寻址字节,d 为存放返回的 N 个字节的数据

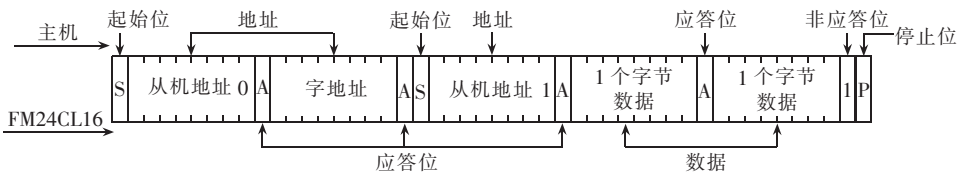


图 3 FM24CL16 的多字节写操作

Fig.3 Multi-byte read of FM24CL16

```
void ReadMultiByte(unchar slar,unchar subaddr,unchar number,unchar d[ ])
{
    unchar i;
    Start(); //发送开始信号
    WriteByte (slar && 0xFE); //写设备地址:B7 B6 B5 B4 B3 B2 B1 B0=1010 B3 B2 B1 0
    if(AckCheck()) //收到从设备的应答后继续进行
    {
        WriteByte(subaddr); //写入字地址
        if(AckCheck()) //检查应答信号
        { //以上过程完成将指定的地址 subaddr 写入地址锁存器中
            //以下将进行对当前地址读操作
            Star();
            WriteByte (slar); // 改为读操作:B7 B6 B5 B4 B3 B2 B1 B0=1010 B3 B2 B1 1
            if(AckCheck())
            {
                i=0;
                do
                {
                    ReadByte(d[i]); //将收到的 8bit 串行数据合并为 1Byte
                } while(AckCheck() && ++i<number);
            }
            SendNotAck();
            Stop(); //结束读操作
        }
    }
}
```

3 MSP430F149 的 Flash 操作

MSP430F149 中的 Flash 模块可多次擦除和写入数据,可在系统写入或在应用写入^[12-13]。写入和擦除的方式可通过 JTAG 接口,也可调用芯片内的驻留软件实现。对 Flash 的操作主要通过对 3 个相关的控制寄存器的设定完成。这 3 个控制寄存器通过地址数据总线与 CPU 相连,而 Flash 存储器阵列通过地址数据锁存器与 CPU 连接,3 个控制寄存器的控制位控制时序发生器,产生擦除与编程所需的时序控制信号,编程电压发生器也是由 3 个控制寄存器中相应的控制位控制从而产生需要的 Flash 编程电压,该电压在编程时供给 Flash 存储器阵列。

允许编程、擦除等操作首先要对 3 个控制寄存器的各位进行定义。这 3 个控制寄存器分别为 FCTL1,FCTL2 及 FCTL3。FCTL1 主要是对 Flash 的擦除和编程操作进行设定。其中各位定义如下。

15	14	13	12	11	10	9	8	7
安全键值:读时为 96 H、写时为 5A H								BLKWRT
6	5	4	3	2	1	0		
WRT				MERAS	ERASE			

第 8~15 位是安全键值,当对 Flash 读时为 96H,写时为 5A H,安全键值主要是防止错误的编程和擦除周期,当口令不正确时将产生非屏蔽中断请求。BLKWRT:段编程位,如果要连续对多段编程可将该位置 1,从而提高编程速度,本监测仪中 1 次只对 1 段操作,故不必置位。WRT:编程位。当对 Flash 编程时要将该位置 1。在本监测仪中,当向 Flash 中转存数据时,要把该位置 1,否则会出现非法访问。MERAS:主存擦除控制位。当要把 Flash 中所有的段擦除时,将该位置 1。ERASE:擦除 1 段控制位。本监测仪中每次转存时都是对 1 段操作的,故要对该位置 1。

FCTL2 中的各位主要是对进入时序发生器的时钟进行定义。同样高字节的 8 位为安全键值,读时为 0x096H,写时为 0x0A5 H,第 6,7 位定义选择的时钟源,低 6 位是分频系数选择位。由第 6,7 位选定的时钟源经过分频后进入 Flash 时序发生器,作为时序发生器的时钟源。FCTL3 寄存器主要是一些标志位,供程序运行期间查询。高 8 位仍为安全键值,经常用的是最低位:BUSY,忙标志位,该位表示 Flash 模块现在的状态,为 1 时代表 Flash 存储器忙,当编程或擦除启动以后,时序发生器将自动设置该位为 1,操作完成后,BUSY 位自动复位。

对 Flash 模块有读、操作和写 3 种操作。其中读操作可使用各种寻址方式,借助指令就可轻松完成,不需要对 3 个控制寄存器进行访问。而擦除和写入则需要按其固有的操作过程,通过控制 Flash 模块的 3 个控制字中的相应位完成。擦除程序如下。

```
void FlashErase(unint *ADDR_Seg) //擦除 Flash 中的一个段
{
    WDTCTL = WDTPW + WDTOLD; //关闭看门狗
    _DINT(); //关闭中断
    FCTL2=FWKEY+FSSEL0; //选择 MCLK
    FCTL3=FWKEY; //LOCK=0 Flash 解锁
```

```
FCTL1=FWKEY+ERASE; //使能擦除操作
*ADDR_Seg=0; //对需要擦除的段内任一地址
执行写入操作即可擦除该段
}
```

要擦除某段时只需将该段内任一地址写入一个数据就可以启动擦除操作。向 Flash 中写入 1 Byte 数据的程序如下。

```
void FlashWriteB (uchar *ADDR_p,uchar DATA)
//向 Flash 中写 1Byte 数据
{
    WDTCTL=WDTPW+WDTHOLD; //关闭内部
看门狗
    _DINT(); //关闭中断
    FCTL2=FWKEY+FSSEL0; //选择 MCLK
    FCTL1=FWKEY+WRT; //写操作
    FCTL3=FWKEY; //LOCK=0 开锁
    *ADDR_p=DATA; //写入具体的数据
    FCTL1=FWKEY; //复位 WRT
    FCTL3=FWKEY+LOCK; //LOCK=1 加锁
}
```

在对 Flash 模块进行擦除或写操作时必须关闭所有的中断和 MSP430F149 内部的看门狗;0xFE00~0xFFFF 内为中断向量字,在对 Flash 操作时必须保证不对该段进行擦除或写操作;由于涉及到直接对地址空间的访问,所以当向 Flash 中或 FRAM 中写入 2Byte 的数据时必须保证地址的偶对齐,即必须保证双字节数据保存到以偶地址开始的地址空间中。

4 结语

在各种仪表的开发设计中,基本上都会涉及到数据掉电保存问题,如何将需要保存的数据快速、安全、完整地保存起来,很多传统的方法结合相应的器件提供了一些实用的方案。随着电子技术的发展,新型的存储芯片也有了进一步的发展,本文根据采用的单片机监测仪 MSP430F149 的特点,配合存储芯片 FM24CL16 提供了一种应用于电力系统参数监测仪中的数据掉电保存方案,并应用到了实际的产品开发设计中,取得了较好的效果。不过,由于对 Flash 模块进行擦除和写操作时需要关闭所有中断,对 Flash 的一段进行数据擦写时过程中将不会响应任何中断,对于实时性要求很高的场合则应该进行验证,或做进一步的改进。

参考文献:

- [1] 于宗光,许居衍,魏同立. EEPROM 失效机理初探[J]. 固体电子学研究进展,1997,17(2):127-133.
- [2] 陈其龙. 一个完美的电表数据存储系统[J]. 今日电子,2002(6):34-35.
- [3] CHEN Qi-long. A perfect storage system of electric meter [J]. **Electronic Products China**,2002(6):34-35.

- [3] 吴国新,朱其祥. 构成大量非易失性 SRAM 方法分析[J]. 电测与仪表,2002,39(2):51-53.
- [4] WU Guo-xin,ZHU Qi-xiang. The making of large-capacity NVSRAM[J]. **Electrical Measurement & Instrumentation**,2002,39(2):51-53.
- [4] 邵德军,尹项根,李彦武,等. 电气设备在线监测数据采集系统中大容量数据存储的实现[J]. 继电器,2004,32(12):68-70,81.
- [5] SHAO De-jun,YIN Xiang-gen,LI Yan-wu,et al. Realization of great capacity data memory in data acquisition system for electrical equipment on-line monitoring [J]. **Relay**,2004,32(12):68-70,81.
- [5] TI Incorporated. MSP430F149 datasheet SLAS272C-July 2000-revised [EB/OL]. [2005-05-12]. <http://focus.ti.com/lit/ds/sl原因272f/sl原因272f.pdf>.
- [6] 魏小龙. MSP430 系列单片机接口技术及系统设计实例 [M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2002.
- [7] 潘卫江,胡大可. MSP430 单片机 Flash 存储器的特性及应用[J]. 单片机与嵌入式系统应用,2001(4):39.
- [8] PAN Wei-jiang,HU Da-ke. Features and application of Flash memory in MSP430 MCU [J]. **Microcontrollers & Embedded Systems**,2001(4):39.
- [8] 钱君霞. 基于 MSP430F149 的电力参数综合监测装置的研究与开发[D]. 南京:河海大学,2005.
- [9] QIAN Jun-xia. Research & development of electric parameter comprehensive monitoring device based on MSP430F149 [D]. Nanjing:Hohai University,2005.
- [9] Ramtron International Corporation.FM24CL16 datasheet, Rev.3.2 [EB/OL]. [2005-05-12]. <http://www.chipdocs.com/datasheets/datasheet-pdf/Ramtron-International-Corp/FM24CL16.html>.
- [10] 赵培宇,李其华. FRAM 铁电存储器的应用[J]. 江汉大学学报:自然科学版,2004,32(3):51-54.
- [11] ZHAO Pei-yu,LI Qi-hua. The application of FRAM ferroelectric non-volatile memory[J]. **Journal of Jiangnan University:Natural Sciences**,2004,32(3):51-54.
- [11] 何立民. PC 总线应用系统设计[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,1995.
- [12] 吕项羽,毛立志,温渤婴. 基于 MSP430 的一种新型电压监测仪的研制[J]. 继电器,2005,33(1):63-67.
- [13] LÜ Xiang-yu,MAO Li-zhi,WEN Bo-ying. Developing an instrument for voltage monitoring based on MSP430 [J]. **Relay**,2005,33(1):63-67.
- [13] 朱海保,刘小河. 基于 MSP430 的电弧炉电弧电压波形产生系统设计[J]. 电测与仪表,2004,41(7):34-37.
- [14] ZHU Hai-bao,LIU Xiao-he. Design for generation arc voltage wave of electric arc furnace based on MSP430 microcontroller[J]. **Electrical Measurement & Instrumentation**,2004,41(7):34-37.

(责任编辑:李育燕)

作者简介:

魏新棒(1980-),男,河南南阳人,硕士研究生,主要研究方向为计算机测量与控制、嵌入式系统研究与开发(E-mail: weixinbang@163.com);

尹斌(1958-),男,江苏南京人,副教授,主要研究方向为计算机测量与控制、电力电子;

钱君霞(1976-),女,江苏盐城人,硕士,主要研究方向为计算机测量与控制。

Design of data storage scheme for measuring & control instrument in power system

WEI Xin-bang, YIN Bin, QIAN Jun-xia

(College of Electrical Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China)

Abstract: The key data, such as fault log, important real-time data and configuration parameters, are usually stored in EEPROM, SRAM (with battery) or NVRAM. The Flash memory in MSP430F149 is up to 60 kB, and can be programmed in-system by CPU. FRAM (Ferroelectric nonvolatile RAM) has many excellent performances, such as no write delay and unlimited write endurance. In accordance with the features of MSP430F149's Flash memory and FRAM, a data storage scheme for measuring & control instrument in power system based on buffering concept is designed. It has been applied in a real product and the good performance is achieved.

Key words: data storage; flash memory; FRAM; MSP430F149