

BL6523B 应用指南

目录

BL6523B 特点	2
BL6523B 典型应用原理图	3
BL6523B SPI 数据通信	4
SPI 端口操作注意事项	4
SPI 读写的典型时序图	4
SPI 读写例程	5
BL6523B 校表流程	9
特殊寄存器	9
有功功率校准	11
采用 BL6523B 设计电能表示例	14

V1.1 修改内容:

P4: 修改复位初始化时间;

修订有功防潜动阈值寄存器、工作模式寄存器描述;

注: BL6523B 的性能指标详见 BL6523B 数据手册;

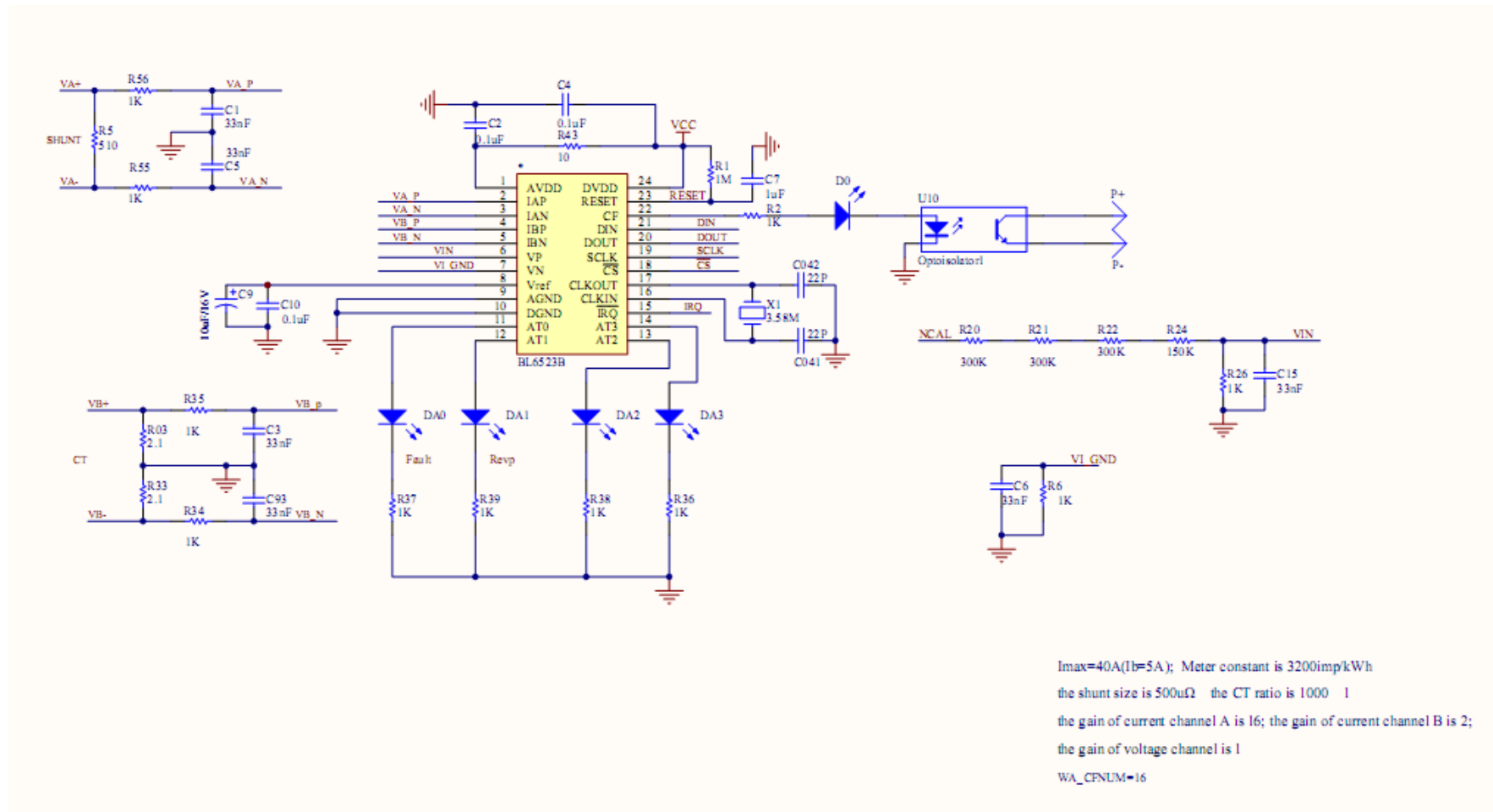
V1.2 修改内容:

P13: 修改线电压频率寄存器 FREQ 计算系数标定;

BL6523B 特点



- ✿ 高精度，在输入动态工作范围（5000:1）内，非线性测量误差小于 0.1%
- ✿ 高稳定性，输出频率波动小于 0.1%
- ✿ 芯片可精确测量正负两个方向的有功功率，输出快速输出脉冲（CF）
- ✿ 芯片有两个电流采样端，采样火线和零线电流
- ✿ 芯片给出电压和双电流的有效值，可测量测量范围（1500:1）
- ✿ 芯片具有电压失压和断相检测功能
- ✿ 芯片上有电源电压监测电路，检测掉电状况
- ✿ 芯片具有防潜动功能，可编程防潜阈值设置
- ✿ 芯片具有可编程调整脉冲输出的频率
- ✿ 芯片具有可编程增益调整和相位补偿
- ✿ 芯片给出功率因子（PF）
- ✿ 芯片可按需要给出中断请求信号（/IRQ）
- ✿ 芯片具有一个 SPI 通信接口，用于数据传输
- ✿ 芯片带参考电压源 2.5V，也可使用外部 2.5V 电压
- ✿ 芯片外接晶振 3.58MHz
- ✿ 芯片单工作电源 5V，低功耗 25mW（典型值）

BL6523B 典型应用原理图



BL6523B SPI 数据通信

SPI 端口操作注意事项

1. BL6523B 复位初始化时间：5V 工作电源时，RESET 管脚拉低 2mS，再拉高 2mS 后即可对 BL6523B 进行操作
2. BL6523B 的 SPI 端口由 /CS、SCLK、DIN、DOUT 四根信号线组成，/CS 的下降沿使 SPI 端口复位，使 BL6523 处于通信模式，（在整个数据传送期间，/CS 保持低电平。在数据传送期间使 /CS 变为高电平将停止数据传送，并使串行总线处于高阻状态）串行时钟（SCLK）由 MCU 产生，所有的数据传送操作均由 SCLK 进行同步，在 SCLK 的上升沿  从 DIN 数据管脚移入 BL6523B；在 SCLK 的上升沿  数据从 DOUT 数据管脚移出 BL6523B。

3. 在通信模式下，BL6523B 的通信寄存器被写入。写入到通信寄存器内的数据决定下一个数据传送操作是读出或写入，同时还决定访问哪一个寄存器。因此，芯片的所有数据传送操作，都必须从写入通信寄存器开始。通信寄存器是一个 8 位寄存器。最高两位决定下一个数据操作是读出还是写入。（最高两位为 00，表示读操作，01，表示写操作），最低有效位(LSB)开始的 6 位数据决定访问寄存器的地址（请参见 BL6523 寄存器列表）。下图分别示出读出和写入操作的数据传送顺序。当被访问的目标寄存器的最低有效位被读出或写入时，便完成了数据传送。一旦完成数据传送，BL6523 重新进入通信模式。每次读/写操作所需的 SCLK 的脉冲个数均为 32 个。

SPI 读写操作时所有的读写指令均为 32Bit，命令字节（8Bit）+数据（24Bit）；如寄存器数据位数不足 24Bit，则前面补 0；凑足 24Bit。如果数据为补码形式，则在补码前填充 0 扩展到 24 位。

读操作时，命令字节：

0	R/W=0	D5	D4	D3	D2	D1	D0
---	-------	----	----	----	----	----	----

D5~D0 为对应的寄存器地址；

写操作时，命令字节为对应的寄存器地址 |

0	R/W=1	D5	D4	D3	D2	D1	D0
---	-------	----	----	----	----	----	----

D5~D0 为对应的寄存器地址；

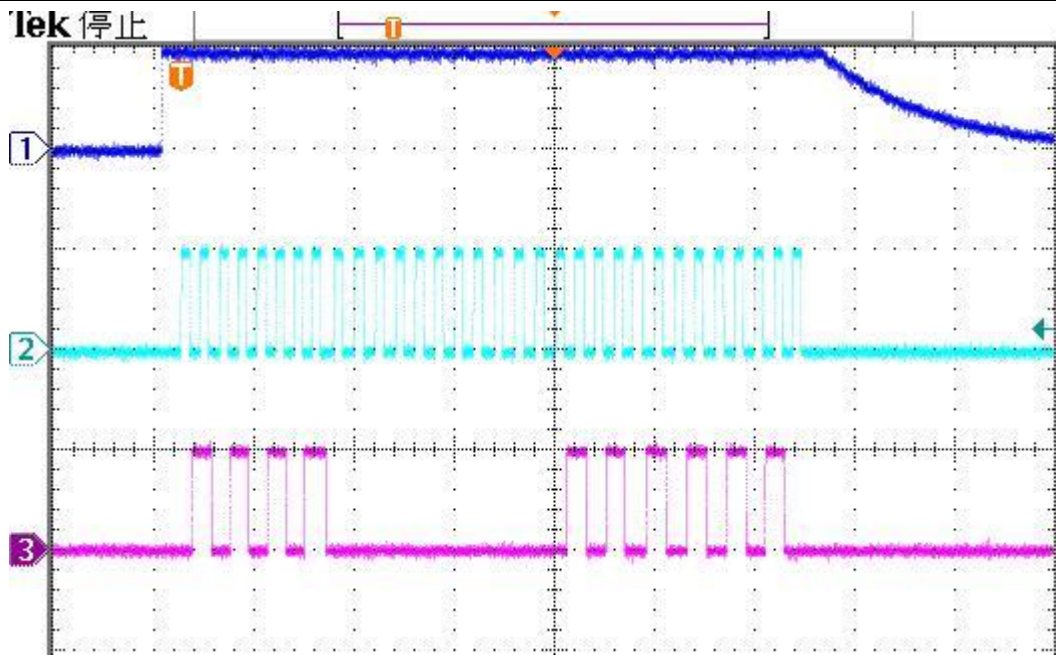
数据（24Bit）格式（高字节在前，低字节在后）

高字节（8Bit）	中间字节（8Bit）	低字节（8Bit）
-----------	------------	-----------

4. 在 /CS 片选信号拉低开始操作 SPI 端口之前，请确保 SCLK、DIN 为低电平；
5. SPI 软复位功能：通过连续向 BL6523B 写入 8 个字节的 FFH，SPI 通信模块可复位；

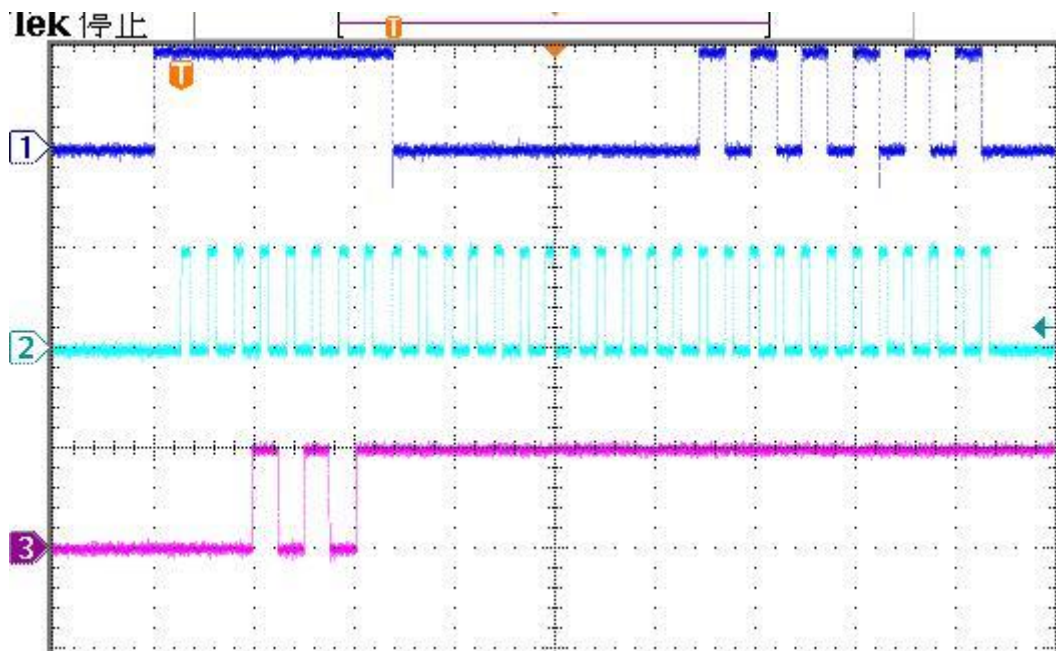
SPI 读写的典型时序图

例：写 15H 寄存器 写入值 AAAH



波形 1 为 DOUT，波形 2 为 SCLK。波形 3 为 DIN；

例：读 15H 寄存器 读出值 AAAH



波形 1 为 DOUT，波形 2 为 SCLK。波形 3 为 DIN；

SPI 读写例程

```
void SPI_Read(u8 Cmd)
    //SPI Read data
{
    s8 n, m;
```

```

GPIO_WriteHigh(SPI_PORT, SPI_CS); //CS 片选为高电平
Delay(2);
GPIO_WriteLow(SPI_PORT, SPI_SCLK); //SCLK 为低电平
Delay(2);
GPIO_WriteLow(SPI_PORT, SPI_CS); //CS 片选为低电平, 开启
SPI 端口
Delay(2);
//发送命令字节
for(n=7;n>=0;n--)
{
    GPIO_WriteLow(SPI_PORT, SPI_SCLK); //SCLK=0
    Delay(2);
    if(ValBit(Cmd, n)==0) //MCU 从命令字的最高
位开始发送数据到 DIN 管脚
        GPIO_WriteLow(SPI_PORT, SPI_DIN);
    else
        GPIO_WriteHigh(SPI_PORT, SPI_DIN);
    Delay(2);
    GPIO_WriteHigh(SPI_PORT, SPI_SCLK); //SCLK=1;在 SCLK 的上
升沿 DIN 上的数据被移入 BL6523B
    Delay(2);
}
GPIO_WriteLow(SPI_PORT, SPI_SCLK); //SCLK=0
Delay(18);
//BL6523B 从 DOUT 管脚输出 3 个字节的数据
for(m=2;m>=0;m--)
{
    for(n=7;n>=0;n--)
    {
        GPIO_WriteHigh(SPI_PORT, SPI_SCLK); //SCLK=1
        Delay(2);
        GPIO_WriteLow(SPI_PORT, SPI_SCLK); //SCLK=0
        Delay(2);
        //MCU 从 DOUT 管脚接收数据
        BL6523B_Data_Read[m]=BL6523B_Data_Read[m]<<1;
        if(GPIO_ReadInputPin(SPI_PORT, SPI_DOUT))
            BL6523B_Data_Read[m]=BL6523B_Data_Read[m]+1;
        Delay(2);
    }
}
GPIO_WriteHigh(SPI_PORT, SPI_CS); //CS=0, 结束 SPI 通信
Delay(2);
GPIO_WriteLow(SPI_PORT, SPI_SCLK); //SCLK=0

```

```

}

void SPI_Write(u8 Cmd)
{
    s8 n, m;
    Cmd=Cmd|0x40; //写入数据时 Cmd 的最高
    两位应为 01;
    GPIO_WriteHigh(SPI_PORT, SPI_CS); //CS=1
    Delay(2);
    GPIO_WriteLow(SPI_PORT, SPI_SCLK); //SCLK=0
    Delay(2);
    GPIO_WriteLow(SPI_PORT, SPI_CS); //CS=0
    Delay(2);
    for(n=7;n>=0;n--)
    {
        GPIO_WriteLow(SPI_PORT, SPI_SCLK); //SCLK=0
        if(ValBit(Cmd, n)==0) //MCU 从命令字节的最高
        位开始发送数据到 DIN 管脚
            GPIO_WriteLow(SPI_PORT, SPI_DIN);
        else
            GPIO_WriteHigh(SPI_PORT, SPI_DIN);
        Delay(2);
        GPIO_WriteHigh(SPI_PORT, SPI_SCLK); //SCLK=1 在 SCLK 的上升
        沿 DIN 上的数据被移入 BL6523B
        Delay(2);
    }
    GPIO_WriteLow(SPI_PORT, SPI_SCLK); //SCLK=0
    for(m=2;m>=0;m--)
    {
        for(n=7;n>=0;n--)
        {
            GPIO_WriteLow(SPI_PORT, SPI_SCLK); //SCLK=0
            if((BL6523B_Data_Write[m]&((u8)1<<n))==0) //MCU 发送数据字节 (从
            高到低)
                GPIO_WriteLow(SPI_PORT, SPI_DIN);
            else
                GPIO_WriteHigh(SPI_PORT, SPI_DIN);
            Delay(2);
            GPIO_WriteHigh(SPI_PORT, SPI_SCLK); //SCLK=1 在 SCLK 的上升
            沿 DIN 上的数据被移入 BL6523B
            Delay(2);
        }
    }
}
    
```

```
GPIO_WriteLow(SPI_PORT, SPI_SCLK);           //SCLK=0
Delay(18);
GPIO_WriteHigh(SPI_PORT, SPI_CS);            //CS=1, 结束 SPI 通信
}
```

BL6523B 校表流程

BL6523B校表流程



特殊寄存器

BL6523B 内置有写保护设置寄存器 3EH (WRPROT)，写保护设置寄存器的默认值为 00H，禁止写入；如需要对校表寄存器进行写操作，需要先向写保护设置寄存器写入 55H，打开写保护，才能写入数据成功。否则无法写入。完成校表寄存器设置后，向写保护设置寄存器写入除 55H 外的任意值，即关闭写操作，所有数据禁止写入 BL6523B。

读出数据寄存器 3BH(READ)，存放上一次 SPI 通信读出的数据；写入数据寄存器 3CH(WRITE)，存放上一次 SPI 通信写入的数据；用户可通过编程进行 SPI 通信的冗余配置，确保 SPI 通信的可靠性；

检验寄存器 3DH (CHKSUM)，对所有可写的校表寄存器求和，累加校表寄存器 14H~39H 的数值；24 位寄存器，该寄存器固定时间更新，用户可通过查询该寄存器的值是否改变来判断是否出错；（注意，3AH 寄存器是输出寄存器，不能写入）

以下寄存器操作将按 BL6523B 校表流程的顺序进行详细说明；

有功功率 CF 缩小比例寄存器 WA_CFDIV 19H

D11	D10	D9	D8	……	D3	D2	D1	D0
-----	-----	----	----	----	----	----	----	----

12 位寄存器，用于降低校表脉冲 CF 的输出频率；缺省值为 010H，最大的输出频率大约为 0.5kHz。当设置 WA_CFDIV[x] 为 1 时，其的缩放比例为 $(2^{(x-4)})$ 。

根据设计的电表参数，写入 CF 的分频比例；（具体配置说明见后面 BL6523B 设计举例）

工作模式寄存器 MODE 14H

D11	D10	D9	D8	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
-----	-----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

D0 0，以 A 通道的电流进行能量计量；1，以 B 通道的电流进行能量计量；

D1 保留；

D4~D2 高通滤波器选择，默认为 0，开启高通滤波器；D2=0，电流 A 通道的高通滤波器开启，D2=1，电流 A 通道的高通滤波器关闭；D3=0，电流 B 通道的高通滤波器开启，D3=1，电流 B 通道的高通滤波器关闭；D4=0，电压通道的高通滤波器开启，D4=1，电压通道的高通滤波器关闭；

D7 默认为 0，**测量时需要将 D7 置为 1；**

D9~D8 能量累加模式选择，默认为 00，采用绝对值累加；01，表示采用正功率进行累加；10，表示采用代数和累加；11，表示采用负功率进行累加；

D11~D10 电流不平衡阈值设置，默认为 00；MODE[11:10]=2'b11 时，表示阈值=10.1%；MODE[11:10]=2'b10 时，表示阈值=3.125%；MODE[11:10]=2'b01 时，表示阈值=6.25%；MODE[11:10]=2'b00 时，表示阈值=12.5%。

通常设计电表需要滤除直流偏置，开启高通滤波器，正常脉冲输出模式，电流不平衡阈值如选择 12.5%，则采用电流 A 通道测量时，该寄存器写入 080H；采用电流 B 通道测量时，该寄存器写入 081H。

增益寄存器 GAIN 15H

电压通道增益调整				B 通道增益调整				A 通道增益调整			
保留	D10	D9	D8	保留	D6	D5	D4	保留	D2	D1	D0

每个模拟输入通道的增益可设置，增益可设置为 1，2，4，8，16，24，32 倍；

以 A 通道为例：

- x000 = 1 倍
- x001 = 2 倍
- x010 = 4 倍
- x011 = 8 倍
- x100 = 16 倍
- x101 = 24 倍
- x110 = 32 倍
- x111 = 32 倍

如电压采用 1 倍增益，电流 A、B 均采用 16 倍增益，则该寄存器写入 044H。

有功防潜动阈值寄存器 WA_CREEP 17H

D23	D22	D21	D20	...	D3	D2	D1	D0
-----	-----	-----	-----	-----	----	----	----	----

24 位寄存器，无符号数，BIT[11:0] 设定一个潜动阈值，当输入有功功率信号绝对值小于这个阈值时，输出有功功率设为零。这可以在无负载情况下，即使有小的噪声信号，输出到有功功率寄存器中的值为 0。有功防潜动阈值寄存器*2*1.3655 与有功寄存器对齐；如在 Ib, Un 情况下，有功功率寄存器 0AH 的值为 249F0H (150000)，要求 0.4%Ib 能正常启动，则可将防潜动阈值设为 0.2%Ib 对应的有功功率，即 12CH (300)；有功防潜动阈值寄存器 BIT[11:0] 设定值为 300/(2*1.3655)=110 (6EH)；BIT[23:12] 设定定时防潜时间，1LSB=4.6 秒，建议设置为启动时间的 2.2 倍左右，

反向指示阈值寄存器 WA_REVP 18H

D11	D10	D9	D8	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
-----	-----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

12 位寄存器以无符号数的形式来设定一个阈值。当输入有功功率信号为负功并且绝对值小于这个阈值时，反向指示 REVP 功能不工作。这可以在无负载情况下，即使有小的噪声信号，反向指示 REVP 不会误判；反向指示阈值寄存器*32*1.3655 与有功寄存器对齐；如在 Ib, Un 情况下，有功功率寄存器 0AH 的值为 249F0H (150000)，要求 0.4%Ib 以上电流能检测是否存在反向，则可将反向指示阈值设为 0.4%Ib 对应的有功功率，即 249F0H*0.4%=258H (600)；反向指示阈值寄存器设定值为 600/(32*1.3655)=14 (0EH)

电流不平衡屏蔽阈值寄存器 FAULTLVL (16H)

D11	D10	D9	D8	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
-----	-----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

功能：12 位寄存器以无符号数的形式来设定一个阈值，BL6523B 有 A、B 两电流通道的电流不平衡检测功能，该寄存器用来设定电流有效值寄存器码小于这个阈值时，关闭电流不平衡检测功能；(在电流很小或无负载的情况下判断是否存在 A、B 两电流不平衡可能会出现误判)

如：要求电流有效值寄存器码小于 2710H (10000) 时关闭电流不平衡检测功能，则电流不平衡屏蔽阈值寄存器设定值为 10000/256=39(027H)

备注：如果设计的电表不要求检测是否存在两通道电流不平衡或不需要进行 A、B 两路电流通道的切换，该寄存器可以不设置；

有功功率校准

1. 有功误差调整

在 100%Un, 标准电流 Ib 1.0 下测试，由校表台获得误差 Err，

$$\text{如 Err 为负值, 则 } WATTGN = 2^{12} \times \frac{-Err}{1 + Err}$$

$$\text{如 Err 为正值, 则 } WATTGN = 2^{12} + 2^{12} \times \frac{-Err}{1 + Err}$$

2EH 电流 A 通道增益调整寄存器 IA_CHGN;

2FH 电流 B 通道增益调整寄存器 IB_CHGN;

12 位寄存器，补码形式，增益调整范围±50%；对应于有功功率初始误差范围：-33.3%~+99.9%

2. 相位调整

相位补偿的原理是将一个小的时间延时或超前引入信号处理电路以对小的相位误差进行补偿，

使能位	调整位						
D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0

D7 为使能位，=1 时开启相位补偿；=0 时关闭相位补偿；

D6…D0 为延时或超前时间，1.1us/1LSB。相应的分辨率为 $360^\circ \times (1/900\text{KHz}) \times 50\text{Hz} = 0.02^\circ$ ，最大可调 5.08° 。

在 100%Un，标准电流 Ib 0.5L 下测试，测得误差 Err，

$$\theta \approx \arcsin\left(\frac{|Err|}{1.732}\right)$$

寄存器值 = (int ($\theta / 0.02 - 1$)) | 0x80; int 为取整操作；(建议采用小数部分四舍五入，提高调整精度)

如果 Err 为正值，改动电流通道相位寄存器 IAPHCAL、IBPHCAL；

如果 Err 为负值，改动电压通道相位寄存器 VPHCAL；

1EH 电流 A 相位校正寄存器 IA_PHCAL； 最大输入为 255，FFH； 2.04°

1FH 电流 B 相位校正寄存器 IB_PHCAL；

20H 电压相位校准寄存器 V_PHCAL；

寄存器的值每变化 1，误差变换约 0.0605%；

3. 有功功率偏置校准

小电流 1.0 情况下，如果小信号精度偏差较大，可通过调整有功功率偏置校准寄存器来修正小信号偏差。(补码)，

1AH A 通道有功功率偏置校准寄存器 A_WATTOS，仅影响 A 通道有功功率测量；

1BH B 通道有功功率偏置校准寄存器 B_WATTOS，仅影响 B 通道有功功率测量；

均为 12 位寄存器，补码形式，可调整范围+2047~ -2047；

如小信号情况下，有功功率寄存器 WATT (0AH) 的数据为 WATT_Data，有功功率误差为 Err，则有功功率偏置校准寄存器的值为：int (WATT_Data * (-Err) / 1.3655)；(int 为取整)；由于在小信号情况下，校表台的输出电流比较小，可能会有一些波动，建议多读几次有功功率寄存器的数据，取平均值。

举例如下：

如在 5%Ib 信号点的有功功率误差为-0.45%，有功功率寄存器 WATT (0AH) 的数据为 10000，则有功功率偏置校准寄存器的值为：10000*0.0045/1.3655=33；

4. 电流有效值调整

在 100%Un，标准电流 Ib 1.0 情况下得到 IARMS、IBRMS 寄存器的值，电流有效值系数

$$IkA = \frac{IARMS}{Ib}; \quad IkB = \frac{IBRMS}{Ib}$$

而后用户可以根据读取的 IARMS、IBRMS 寄存器的值除以 IkA、IkB，获得实际的电流显示值。

05h 电流 A 有效值寄存器 IARMS；

06h 电流 B 有效值寄存器 IBRMS；

FAULT 功能判断窃电时是比较两个通道的电流有效值，在同样的电流输入的情况下，电流 A 通道和电流 B 通道的有效值寄存器的值应该相等，通过调整 IA_RMSGN、IB_RMSGN；

5. 电压有效值调整

在 100%Un 电压的情况下得到 VRMS 寄存器的值，电压有效值系数 $U_k = \frac{VRMS}{U_n}$

07h 电压有效值寄存器 V_RMS；

(电压有效值增益调整寄存器会影响视在功率，功率因子)

6. 线电压频率寄存器 FREQ (09H) 24 位寄存器

在 50Hz 情况下得到 FREQ 寄存器的值 FREQ_50；得到基准系数 $K_f = 50 * FREQ_50$ ；

在频率变化时得到 FREQ 寄存器的值 FREQ，对应的频率为

$$f = \frac{K_f}{FREQ}$$

09H 线电压频率、周期寄存器 FREQ

测量的频率也可采用经验公式： $f = \frac{87.3906 * f_{osc}}{FREQ}$ ；fosc 为晶振频率；

7. 功率因子寄存器 PF (08H)

24 位寄存器

D23	D22	D21	...	D3	D2	D1	D0
-----	-----	-----	-----	----	----	----	----

D23 为符号位，0 代表正值，1 代表负值

$$PF = 2^{-1} * D22 + 2^{-2} * D21 + 2^{-3} * D20 + \dots + 2^{-21} * D2 + 2^{-22} * D1 + 2^{-23} * D0$$

功率因数=有功功率/（电流有效值*电压有效值）；

8. 有功功率寄存器 WATT (0AH A_WATT 电流 A 通道计量的平均有功功率寄存器；13H B_WATT 电流 B 通道计量的平均有功功率寄存器)

24 位寄存器，二进制补码形式，最高位为符号位；

如果输入额定有功功率 P 时对应的该寄存器的数据为 WATT_Data；则有功率转换系数 Watt_K 为：

$$Watt_K = P / WATT_Data \quad ; \text{若 } WATT_Data < 2^{23} \text{ 时}$$

$$Watt_K = P / (WATT_Data - 2^{24}) \quad ; \text{若 } WATT_Data \geq 2^{23} \text{ 时}$$

9. 视在功率寄存器 VA (0BH)

24 位寄存器，二进制补码形式，最高位为符号位；

如果输入额定视在功率 S 时对应的该寄存器的数据为 VA_Data；则视在功率转换系数 VA_K 为：

$$VA_K = P / VA_Data \quad ; \text{若 } VA_Data < 2^{23} \text{ 时}$$

$$VA_K = P / (VA_Data - 2^{24}) \quad ; \text{若 } VA_Data \geq 2^{23} \text{ 时}$$

10. 有功能量寄存器 WATTHR (0CH)，视在能量寄存器 VAHR (10H)，正功能量寄存器 PWAHR (12H)，负功能量寄存器 NWATHR (13H)

采用 BL6523B 设计电能表示例

为便于客户更便捷的使用 BL6523B，举例如下：

设计表的量程为 10 (60A)，电表常数 1600imp/kWh；

BL6523B 的电压、电流输入通道允许输入的最大信号为±660mV 峰峰值（即 467mV rms），

1. 电压通道考虑需要满足 130%Un 的过压，以及信号冗余，可通过电阻匹配将 220V AC 电压降至 280mV 左右，作为电压通道输入；
2. 电流通道考虑锰铜的发热，10 (60A) 表可采用 200~250 微欧锰铜，假设采用 250 微欧锰铜，在 Imax 电流时，电流输入通道的采样信号为 60A*250 微欧=15mV rms；根据电流通道的最大允许输入信号，电流通道可采用 16 倍增益；

电流通道增益	最大输入信号（峰峰值）	最大输入信号（有效值）
1	±660mV	467mV
2	±330mV	233mV
...
16	±41.3mV	29.2mV
24	±27.5mV	19.45mV
32	±20.63mV	14.6mV

3. 计算 WA_CFDIV 系数

电流电压通道±660mV 峰峰值（467mV rms）输入时				
WA_CFDIV	CF 频率 (Hz)	有功功率	IA_RMS	V_RMS
1 (0x01)	1.95	6500000	5650000	5650000
2 (0x02)	3.91			
4 (0x04)	7.81			
8 (0x08)	15.63			
16 (0x10)	31.25			
32 (0x20)	62.50			
64 (0x40)	125.00			
128 (0x80)	250.00			
256 (0x100)	500.00			

电表常数为 1600imp/kWh；可知在 Imax 时对应的 CF 输出频率为 $(220*60*1600)/(3600*1000)=5.87\text{Hz}$ ；此时电压通道输入信号为 280mV rms，1 倍增益；电流通道输入信号为 15mV rms，16 倍增益；对应到满幅信号输入时的 CF 输出频率为 $5.87*467*467/(280*15*16)=18.05\text{Hz}$ 。

从上表中可知，WA_CFDIV 可以选择 8。

4. 有功防潜动阈值设置
参见校准算法公式说明；
5. 误差校准
参见校准算法公式说明；

备注：如需采用线周期累积有功能量寄存器进行快速校表，具体设置说明详见“BL6523B 采用线周期累积有功能量寄存器进行精度校准.pdf”