

## 版本信息

| 更改时间       | 更改人    | 内容        |
|------------|--------|-----------|
| 2021-07-09 | HCJ、LK | 初始版本 V1.0 |
|            |        |           |
|            |        |           |
|            |        |           |
|            |        |           |

## 特点

- ✦ 高精度，在输入动态工作范围 2500:1 内，非线性测量误差小于±0.5%
- ✦ 大信号稳定性，采样电流 300mA 点，CF 输出跳动小于±0.2%
- ✦ 小信号稳定性，采样电流 50mA 点 CF 跳动小于±0.3%
- ✦ 芯片给出电压和电流的有效值，电流测量范围 (4mA~30A) @1mohm
- ✦ 芯片具有防潜动设计，确保无电流时噪声功率切除。
- ✦ 芯片上有电源电压监测电路，检测掉电状况，工作电压低于 2.6V 时，芯片进入复位状态
- ✦ 芯片内置 1.1V 参考电压源(典型值)
- ✦ 芯片内置振荡电路，无需外接晶振
- ✦ 芯片单工作电源 3.3V，低功耗 8mW (典型值)
- ✦ SOP8 封装

## 概述

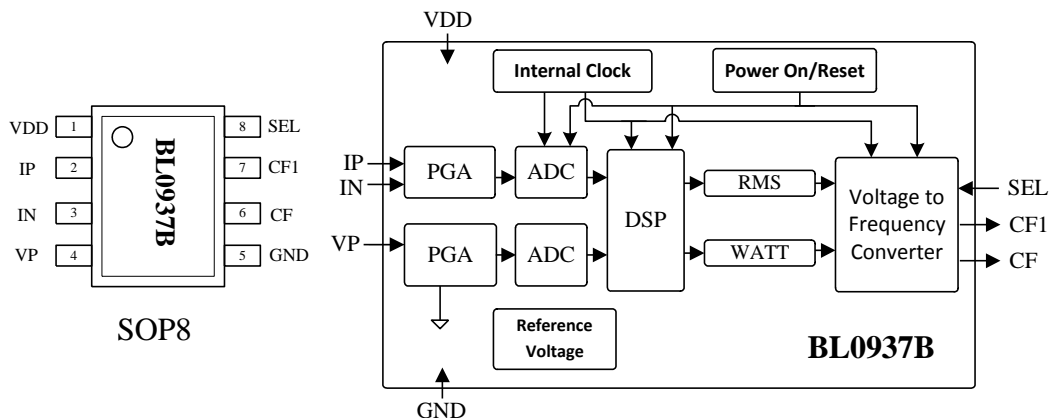
BL0937B 是一颗宽量程单相多功能电能计量芯片，适用于单相插座表、单相插排、智能家电控制电路等应用，具有较高的性价比。

BL0937B 集成了 2 路高精度 Sigma-Delta ADC，参考电压，电源管理等模拟电路模块，以及处理有功功率、电流电压有效值等电参数的数字信号处理电路。提供高频 CF1 用于指示电流/电压有效值，高频 CF 用于电能计量。

BL0937B 能够测量单相有功能量、有功功率、电流电压有效值等参数；能够充分满足插座表、单相插排、智能家电等领域的需要。

BL0937B 具有专利防潜动设计，配合合理的外部硬件设计，

## 1 管脚与系统框图

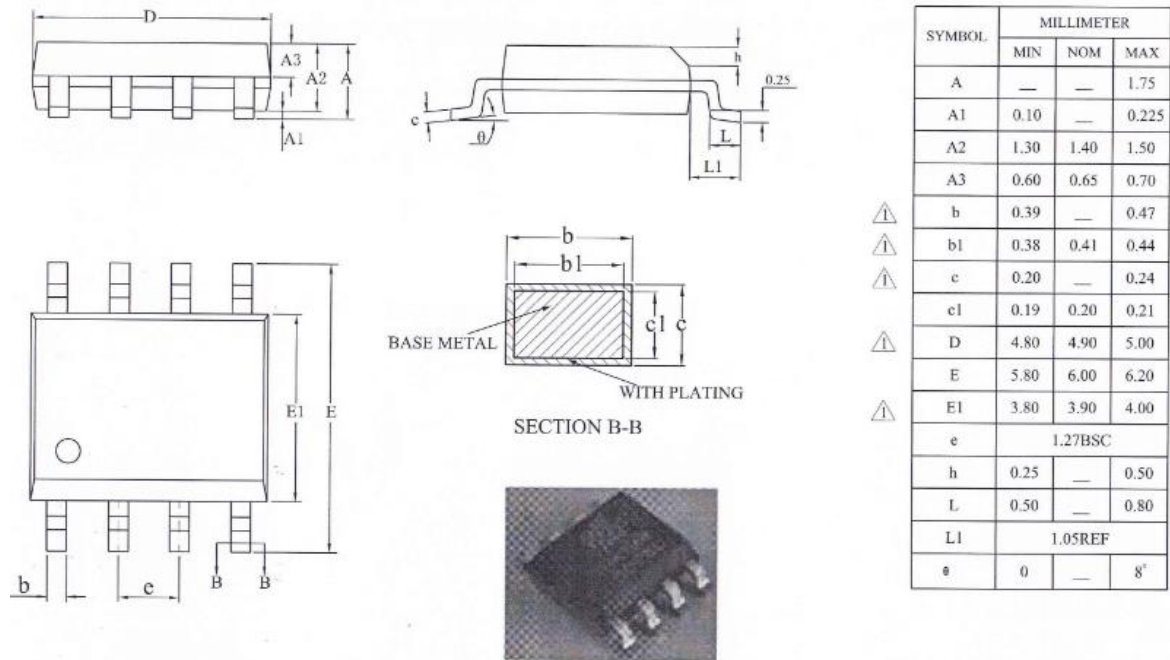


## 2 引脚定义

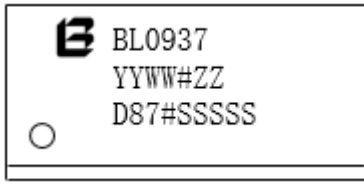
| 管脚号  | 符号     | 说明   |
|------|--------|--|
| 1    | VDD    | 芯片电源 (+3.3V)，正常工作时电压应保持在+3.0V~3.6V 之间。   |
| 2, 3 | IP, IN | 电流通道的模拟输入，管脚的最大差分电压 $\pm 50\text{mV}$ ( $35\text{mV rms}$ )。   |
| 4    | VP     | 电压信号正输入端，最大差分电压 $\pm 200\text{mV}$ ( $140\text{mV rms}$ )。   |
| 5    | GND    | 芯片地。   |
| 6    | CF     | 1) 有功功率高频脉冲输出，输出脉宽固定为 $36\mu\text{S}$ ，频率与功率值成正比<br>2) 过流指示脚。当过流时，输出 $7.8\text{KHz}$ 的脉冲                 |
| 7    | CF1    | SEL=0 时,输出电流有效值,输出脉宽固定为 $36\mu\text{S}$ ,频率与电流值成正比<br>SEL=1 时,输出电压有效值,输出脉宽固定为 $36\mu\text{S}$ ,频率与电压值成正比 |
| 8    | SEL    | 配置有效值输出引脚,带下拉。   |

## 3 封装尺寸

### SOP8 封装



#### 4 丝印说明



其中:

“YY”代表封装年的最后两位字符

“WW”代表封装周, 01-52周

“SSSSS”代表卡号的第4至8位字母或数字

#### 5 极限范围

(T = 25 °C)

| 项目               | 符号       | 极值             | 单位 |
|------------------|----------|----------------|----|
| 电源电压 VDD         | VDD      | -0.3 ~ +4      | V  |
| 模拟输入电压 (相对于 GND) | IP、IN、VP | -4 ~ +4        | V  |
| 数字输入电压 (相对于 GND) | SEL      | -0.3 ~ VDD+0.3 | V  |
| 数字输出电压 (相对于 GND) | CF、CF1   | -0.3 ~ VDD+0.3 | V  |
| 工作温度             | Topr     | -40 ~ +85      | °C |
| 贮藏温度             | Tstr     | -55 ~ +150     | °C |

#### 6 电参数

(VDD = 3.3V, GND = 0V, 片上基准电压源, 2MHz 晶振, 常温, 高频输出降频后测量)

| 测量项目                   | 符号                       | 测量条件                              | 测量点 | 最小  | 典型   | 最大  | 单位 |
|------------------------|--------------------------|-----------------------------------|-----|-----|------|-----|----|
| 电源 VDD                 | VDD                      |                                   |     | 3.0 |      | 3.6 | V  |
| 功耗                     | Iop                      | VDD=3.3V                          |     |     | 2.4  |     | mA |
| 有功功率测量<br>误差<br>(绝对误差) | WATTerr                  | 2500:1 输入动态范围                     | CF  |     | 0.3  | 0.5 | %  |
| 有功功率测量<br>跳动<br>(大信号)  | $\Delta$<br>@6%Ib, Ib=5A | 300mA 输入@<br>1mohm 采样电阻, 测试 2 圈平均 | CF  |     | 0.1  | 0.2 | %  |
| 有功功率测量<br>跳动<br>(小信号)  | $\Delta$ @1%Ib,<br>Ib=5A | 50mA 输入@<br>1mohm 采样电阻, 测试 1 圈    | CF  |     | 0.15 | 0.3 | %  |
| 通道间相角引起测量误差<br>(容性)    | PF08err                  | 相位超前 37<br>(PF=0.8)               |     |     |      | 0.5 | %  |

|                    |         |                          |          |         |  |      |     |
|--------------------|---------|--------------------------|----------|---------|--|------|-----|
| 通道间相角引起测量误差 (感性)   | PF05err | 相位滞后 60 (PF=0.5)         |          |         |  | 0.5  | %   |
| AC 电源抑制 (输出频率幅度变化) | ACPSRR  | IP/N=100mV               |          |         |  | 0.1  | %   |
| DC 电源抑制 (输出频率幅度变化) | DCPSRR  | VP/N=100mV               |          |         |  | 0.1  | %   |
| 电压有效值测量精度 (相对误差)   | VRMSerr |                          | CF1      |         |  | 0.3  | %   |
| 电流有效值测量精度 (相对误差)   | IRMSerr | Ib                       | CF1      |         |  | 0.3  | %   |
| 模拟输入电平 (电流)        |         | 电流差分输入 (峰值)              |          |         |  | 50   | mV  |
| 模拟输入电平 (电压)        |         | 电压差分输入 (峰值)              |          |         |  | 200  | mV  |
| 模拟输入阻抗             |         |                          | VP/IP/IN |         |  | 370  | kΩ  |
| SEL 下拉电阻           |         | SEL (下拉)                 |          |         |  | 57   | kΩ  |
| 模拟输入带宽             |         | (-3dB)                   |          |         |  | 3.5  | kHz |
| 内部电压基准             | Vref    |                          | VREF     |         |  | 1.10 | V   |
| 逻辑输入高电平            |         | VDD=3.3V ± 5%            |          | 2.6     |  |      | V   |
| 逻辑输入低电平            |         | VDD=3.3V ± 5%            |          |         |  | 0.8  | V   |
| 逻辑输出高电平            |         | VDD=3.3V ± 5%<br>IOH=5mA |          | VDD-0.5 |  |      | V   |
| 逻辑输出低电平            |         | VDD=3.3V ± 5%<br>IOL=5mA |          |         |  | 0.5  | V   |
| 过流阈值               |         | 1mΩ 电流采样电阻               |          |         |  | 36   | A   |
| 过流指示频率 CF          |         |                          |          |         |  | 7.8  | KHz |
| 过流响应时间             |         |                          |          |         |  | 200  | ms  |

## 7 工作原理

### 7.1 有功计算原理

电能计量主要把输入的电压和电流信号按照时间相乘，得到功率随着时间变化的信息，假设电流电压信号为余弦函数，并存在相位差 $\Phi$ ，功率为：

$$p(t) = V \cos(\omega t) \times I \cos(\omega t + \Phi)$$

令 $\Phi = 0$ 时：

$$p(t) = \frac{VI}{2} (1 + \cos 2\omega t)$$

令 $\Phi \neq 0$ 时：

$$\begin{aligned} p(t) &= V \cos(\omega t) \times I \cos(\omega t + \Phi) \\ &= V \cos(\omega t) \times [I \cos(\omega t) \cos(\Phi) + \sin(\omega t) \sin(\Phi)] \\ &= \frac{VI}{2} (1 + \cos(2\omega t)) \cos(\Phi) + VI \cos(\omega t) \sin(\omega t) \sin(\Phi) \\ &= \frac{VI}{2} (1 + \cos(2\omega t)) \cos(\Phi) + \frac{VI}{2} \sin(2\omega t) \sin(\Phi) \end{aligned}$$

$p(t)$ 称为瞬时功率信号，理想的 $p(t)$ 只包括两部分：直流部分和频率为 $2\omega$ 的交流部分。前者又称为瞬时实功率信号，瞬时实功率是电能表测量的首要对象。

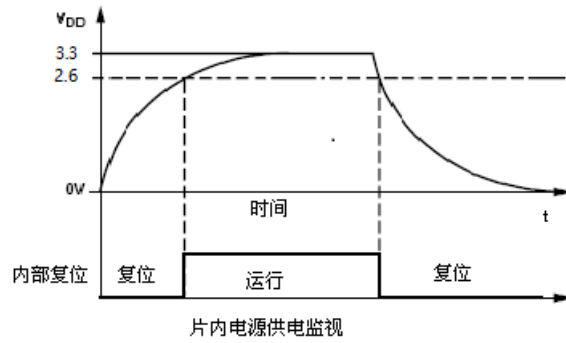
在通过对电流电压信号高精度采样及模数转换后，电流电压信号通过数字乘法器得到瞬态功率信号 $p(t)$ 。让 $p(t)$ 通过一个截至频率很低（如1Hz）的取直低通滤波器，把即时实功率信号取出来。然后对该实功率信号对时间进行积分，得到能量的信息。如果选择积分时间十分的短，可以认为得到的是即时能量消耗的信息，也可以认为是即时功率消耗的信息，因为前后两者成正比关系。如果选择的较长的积分时间，得到的是平均的能量消耗的信息，同样也可以认为是平均功率消耗的信息。

取直低通滤波器的输出会被送到一个数字-频率转换的模块，在这里即时实功率会根据要求作长时或短时的积分（即累加计数），转换成与周期性的脉冲信号。输出的脉冲信号频率与能量消耗的大小成正比。

同样，电压和电流有效值计算出来后也会被送到数字-频率转换模块，转换成一定频率的脉冲信号，频率与电压电流有效值的大小成正比。

### 7.2 电源供电监视

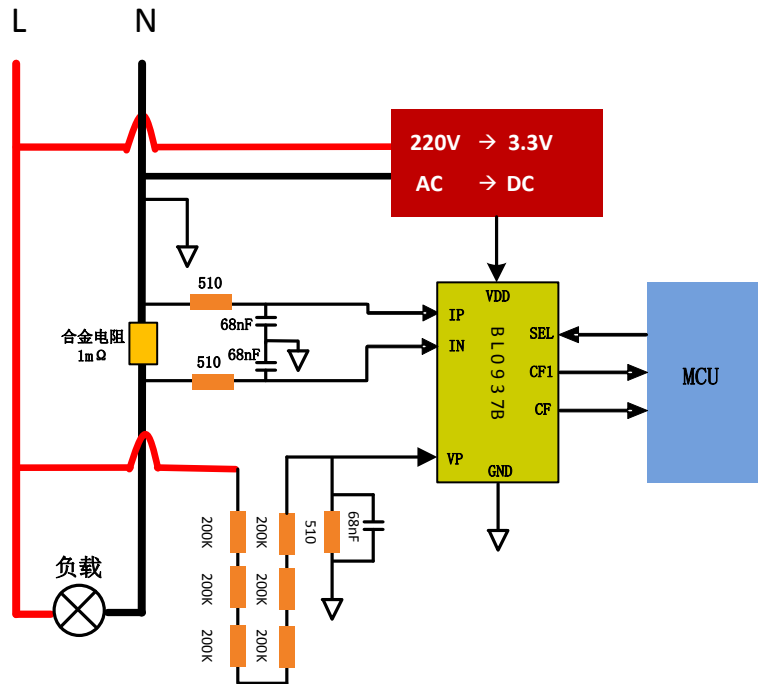
芯片包含一块片上电源监视电路，能够连续检测电源（VDD）。如果电源电压小于 $2.6V \pm 5\%$ ，则芯片不工作，即当电源电压小于 $2.6V$ 时，不进行能量累加。这种做法可以保证设备在电源上电掉电时保持正确的操作。此电源监视电路有滞后及滤波机制，能够在很大程度上消除由于噪声引起的错误触发。一般情况下，电源供电的去耦部分应该保证在VDD上的波纹不超过 $3.3V \pm 5\%$ 。



## 8 芯片应用

### 8.1 BL0937B典型应用

BL0937B 典型应用框图如下所示。采用 3.3V 供电。电流信号通过合金电阻采样后接入 BL0937B 的 IP 和 IN 管脚，电压信号则通过电阻分压网络后输入到 BL0937B 的 VP 管脚。CF、CF1、SEL 直接接入到 MCU 的管脚，通过计算 CF、CF1 的脉冲周期来计算功率值、电流有效值和电压有效值的大小。



### 8.2 CF、CF1的频率

BL0937B对输入的电压和电流两个通道的输入电压求乘积，并通过信号处理，把获取的有功功率信息转换成频率；在这个过程中，同时通过运算计算出电压有效值和电流有效值并转换成频率。有功功率、电压和电流有效值分别以高电平有效的方式从CF、CF1输出相关的频率信号。

(1) 有功功率的输出脉冲频率计算公式：

$$F_{CF} = 1721506 * \frac{V(V) * V(I)}{V_{ref}^2}$$

(2) 电压有效值输出脉冲计算公式：

$$F_{CFU} = 15397 * \frac{V(V)}{V_{ref}}$$

(3) 电流有效值输出脉冲计算公式:

$$F_{CFI} = 94638 * \frac{V(I)}{V_{ref}}$$

V(V)——电压通道管脚的输入电压有效值

V(I)——电流通道管脚的输入电压有效值

Vref——基准电压 (1.1V 典型值)

**备注: 以上为典型值公式,**

### 8.3 防潜动

BL0937B 具有专利防潜动设计, 配合合理的外部硬件设计, 可确保在无电流时噪声功率不被计入电能脉冲。防潜动阈值为满量程输入信号对应有功功率的十万分之 3.5

### 8.4 过流检测

BL0937B 内部有快速过流检测功能, 能在 200mS 内检测电流过载, 同时在 CF 管脚输出过流指示信号。便于设计过流保护电路。

### 8.5 电流/电压有效值输出

BL0937B 的电流/电压有效值通过 SEL 选择从 CF1 管脚输出, SEL=0 时 CF1 管脚输出电流有效值对应的高频脉冲, SEL=1 时 CF1 管脚输出电压有效值对应的高频脉冲。内部电流、电压有效值计算模块独立, SEL 切换等待时间<10uS。