



合力为科技
HLW TECHNOLOGY®

HLW8012 参数 P、V、I、E、PF 计算说明

REV 1.0

通讯地址：深圳市福田区八卦四路中厨大厦 6 号楼 412

邮 编：518028

公司网址：www.hiliwi.com

公司电话：0755-29650970

公司传真：0755-86968790

目录

历史修改记录..... 1

1 芯片工作原理简介..... 2

2 各参数的计算..... 3

2.1 有功功率值 P 与 CF 脉冲频率（或周期）的对应关系 3

2.2 电流有效值 I 与 CF1 脉冲频率（或周期）的对应关系 4

2.3 电压有效值 V 与 CF1 脉冲频率（或周期）的对应关系 5

2.4 电量 E 计算方法..... 5

2.5 功率因素 PF 计算方法..... 6

3 脉冲频率（周期）的测量..... 6

3.1 脉冲频率的范围..... 6

3.2 脉冲周期的测量..... 7

历史修改记录

时间	修改记录	版本
2013-1-2	初始版本	REV 1.0

1 芯片工作原理简介

HLW8012 为单相多功能计量芯片，可以测量有功功率，电压、电流有效值，计算有功电量。芯片采用 SOP8 封装。

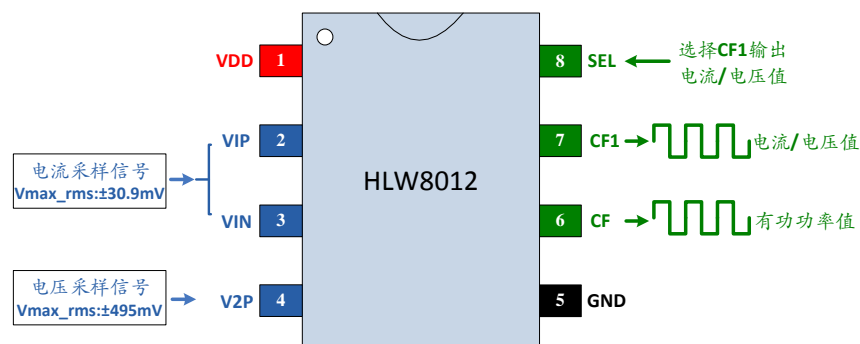


图1 芯片引脚图

● 信号输入及范围

(1) V1P, V1N 输入电流采样信号：峰峰值 V_{p-p} ： $\pm 43.75\text{mV}$ ，最大有效值： $\pm 30.9\text{mV}$ 。

(2) V2P 输入电压采样信号：峰峰值 V_{p-p} ： $\pm 700\text{mV}$ ，最大有效值： $\pm 495\text{mV}$ 。

● 测量输出

(1) 高频脉冲 CF：指示功率，计算电能；在 1000:1 范围内达到 $\pm 0.3\%$ 的精度。

(2) 高频脉冲 CF1：指示电流或电压有效值，使用 SEL 选择；在 500:1 范围内达到 $\pm 0.5\%$ 的精度。

● 工作原理

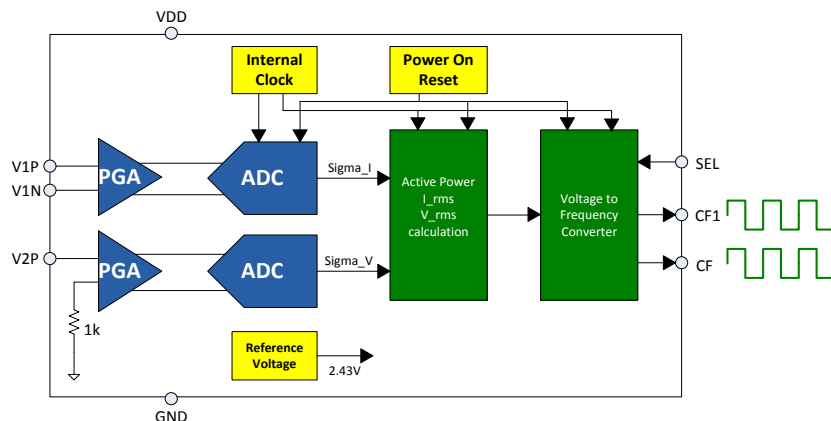


图2 芯片内部框图

HLW8012 内部带有 2 路 PGA 及 ADC，通过对电流、电压采样信号进行模数转换得到数字信号，

HLW8012 参数 P、V、I、E、PF 计算说明

芯片内部计算有功功率值、电流有效值、电压有效值，经过频率转换模块，HLW8012 将有功率值、电流有效值、电压有效值转换为方波脉冲输出（占空比 50%），脉冲频率的大小与各数值的大小成正比，脉冲周期的大小与各数值的大小成反比。

2 各参数的计算

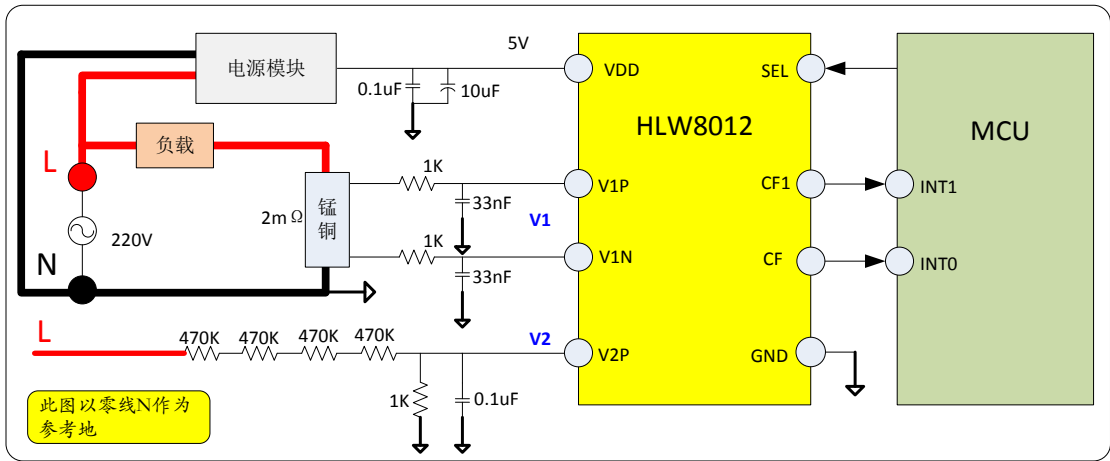


图3 HLW8012 典型应用

如图 3 所示，是 HLW8012 的典型应用，以零线 N 作为参考地，使用锰铜对负载的电流信号进行采样（V1），使用电阻网络对火线 L 电压值进行采样（V2），芯片内部计算得到有功功率值、电流有效值、电压有效值，以方波脉冲的方式从 CF、CF1 输出，MCU 通过测量脉冲的周期，计算有功功率值、电流有效值、电压有效值。MCU 通过对 CF 脉冲个数进行计数，计算有功电量。

2.1 有功功率值 P 与 CF 脉冲频率（或周期）的对应关系

（1）有功功率频率理论值：

$$F = \frac{V1 \times V2 \times 48}{V_{REF}^2} \times \frac{f_{osc}}{128} \dots\dots\dots \text{公式 1}$$

V1: 电流通道引脚上的电压信号

F: 有功功率值对应的脉冲频率值

V2: 电压通道引脚上的电压信号

f_{osc} : 内置晶振，典型频率约为 3.579MHz

V_{REF} : 内置基准源，典型电压为 2.43V

如图 3 所示，若电网电压为 220V，负载工作电流为 1A，则功率值是 220W，那么：

HLW8012 参数 P、V、I、E、PF 计算说明

A、火线 L 对零线 N 的电压为 220V，电压采样信号 $V2 = 220V * (1/1881) = 0.117V$;

B、负载的电流为 1A，电流采样信号 $V1 = 1A * 2m\Omega = 0.002V$;

通过“公式 1”可以计算，功率值为 220W 时对应的脉冲频率为：53.18Hz。由于外围采样器件如锰铜电阻、电压采样电阻存在较大的误差，导致实际测量到的频率与理论频率误差比较大，所以需要频率进行校准。

(2) 通过 CF 频率（周期）计算有功功率值：

由于有功功率值与频率成正比关系，所以可以得到有功功率的计算公式：

$$\frac{F_{Cal}}{F} = \frac{P_{Cal}}{P} \Rightarrow \frac{T}{T_{Cal}} = \frac{P_{Cal}}{P} \Rightarrow P = \frac{P_{Cal} * T_{Cal}}{T} \dots\dots\dots \text{公式 2}$$

P_{cal} : 校准功率值

P : 未知有功功率值

F_{cal} : 校准功率值实测到的频率值

F : 未知有功功率值实测到的频率值

T_{cal} : 校准功率值实测到的周期值

T : 未知有功功率值实测到的周期值

校准时，在加载校准功率 P_{cal} 之后，MCU 测量到脉冲的周期 T_{cal} ，记录此 2 个数值，在后面的测量中，加载未知功率 P ，MCU 测量到脉冲的周期是 T ，通过“公式 2”计算出未知功率值 P 。

2.2 电流有效值 I 与 CF1 脉冲频率（或周期）的对应关系

(1) 电流有效值频率理论值：

$$F = \frac{V1 \times 24}{V_{REF}} \times \frac{f_{osc}}{512} \dots\dots\dots \text{公式 3}$$

$V1$: 电流通道引脚上的电压信号

F : 电流有效值对应的脉冲频率值

V_{REF} : 内置基准源，典型电压为 2.43V

f_{osc} : 内置晶振，典型频率约为 3.579MHz

如图 3 所示，若负载的电流为 1A，电流采样信号 $V1 = 1A * 2m\Omega = 0.002V$;

通过“公式 3”可以计算，电流有效值为 1A 时对应的脉冲频率为：138.06Hz。由于锰铜电阻存在较大的误差，导致实际测量到的频率与理论频率误差比较大，所以需要频率进行校准。

(2) 通过 CF1 频率（周期）计算电流有效值：

由于电流有效值与频率成正比关系，所以可以得到电流有效值的计算公式：

HLW8012 参数 P、V、I、E、PF 计算说明

$$\frac{F_{Cal}}{F} = \frac{I_{Cal}}{I} \Rightarrow \frac{T}{T_{Cal}} = \frac{I_{Cal}}{I} \Rightarrow I = \frac{I_{Cal} * T_{Cal}}{T} \dots\dots\dots \text{公式 4}$$

I_{cal}: 校准电流有效值

I: 未知电流有效值

F_{cal}: 校准电流有效值实测到的频率值

F: 未知电流有效值实测到的频率值

T_{cal}: 校准电流有效值实测到的周期值

T: 未知电流有效值实测到的周期值

校准时，在加载校准电流 I_{cal} 之后，MCU 测量到脉冲的周期 T_{cal}，记录此 2 个数值，在后面的测量中，加载未知电流 I，MCU 读取到脉冲的周期是 T，通过“公式 4”计算出未知电流值 I。

2.3 电压有效值 V 与 CF1 脉冲频率（或周期）的对应关系

(1) 电压有效值频率理论值：

$$F = \frac{V2 \times 2}{V_{REF}} \times \frac{f_{osc}}{512} \dots\dots\dots \text{公式 5}$$

V2: 电压通道引脚上的电压信号

F: 电压有效值对应的脉冲频率值

V_{REF}: 内置基准源，典型电压为 2.43V

f_{osc}: 内置晶振，典型频率约为 3.579MHz

如图 3 所示，火线 L 对零线 N 的电压为 220V，电压采样信号 V2 = 220V * (1/1881) = 0.117V；

通过“公式 5”可以计算，电压有效值为 1A 时对应的脉冲频率为：673Hz。由于电压采样电阻存在较大的误差，导致实际测量到的频率与理论频率误差比较大，所以需要对频率进行校准。

(2) 通过 CF1 频率（周期）计算电压有效值：

由于电压有效值与频率成正比关系，所以可以得到电压有效值的计算公式：

$$\frac{F_{Cal}}{F} = \frac{V_{Cal}}{V} \Rightarrow \frac{T}{T_{Cal}} = \frac{V_{Cal}}{V} \Rightarrow V = \frac{V_{Cal} * T_{Cal}}{T} \dots\dots\dots \text{公式 6}$$

V_{cal}: 校准电压有效值

V: 未知电压有效值

F_{cal}: 校准电压有效值实测到的频率值

F: 未知电压有效值实测到的频率值

T_{cal}: 校准电压有效值实测到的周期值

T: 未知电压有效值实测到的周期值

校准时，在加载校准电压 V_{cal} 之后，MCU 测量到脉冲的周期 T_{cal}，记录此 2 个数值，在后面的测量中，加载未知电压 V，MCU 读取到脉冲的周期是 T，通过“公式 6”计算出未知电压值 V。

2.4 电量 E 计算方法

由公式 2 知道： $\frac{T}{T_{Cal}} = \frac{P_{Cal}}{P}$ ，公式可以变换为：P * T = P_{Cal} * T_{Cal}，P * T 就是电量（瓦时），1 个 CF 脉

HLW8012 参数 P、V、I、E、PF 计算说明

冲的所包含的电量。从变化公式可以看出，**无论有功功率值大小如何，1 个 CF 脉冲所表示电量（P*T）的多少是相同的。**所以只要知道 1 个 CF 脉冲所表示的电量，就可以**通过对 CF 脉冲计数的方式，统计电量。**

如在 2.1 中计算 220W 对应的功率频率是 53.18Hz，那么 1 个脉冲的电量值为：

$E_{CF} = \left(\frac{220}{1000}\right)kW * \left(\frac{1}{53.18} * \frac{1}{3600}\right)h = 1 * 10^{-6}kwh$ ，即 0.000001 度电。**1 个脉冲表示的电量是 mwh 级别。**所以在实际的测量中，都是采用以某数量个脉冲表示最小电量计数单位（一般是 0.001kwh）的方式进行电量累加。可以根据精度要求更改最小电量计数单位。**由于信号采样电路使用的参数不同以及存在误差，最小电量计数单位对应多少个脉冲需要校准，在校表的流程中完成。**比如最小电量计数单位为 0.001kwh，若校表功率为 1000W，MCU 计数 36 秒内 CF 脉冲的个数 N，N 个脉冲表示的电量就是 0.001kwh。

2.5 功率因素 PF 计算方法

功率分有功功率，视在功率。

视在功率：电流有效值与电压有效值的乘积， $P_{\text{视在}} = V_{\text{rms}} * I_{\text{rms}}$ 。

功率因素=有功功率/视在功率，所以功率因素为：

$$PF = \frac{P_{\text{有功}}}{P_{\text{视在}}} = \frac{P}{V_{\text{rms}} * I_{\text{rms}}}$$

P：从公式 2 计算得到的有功功率值；

I_{rms}：从公式 4 计算得到的电流有效值；

V_{rms}：从公式 6 计算得到的电压有效值；

3 脉冲频率（周期）的测量

3.1 脉冲频率的范围

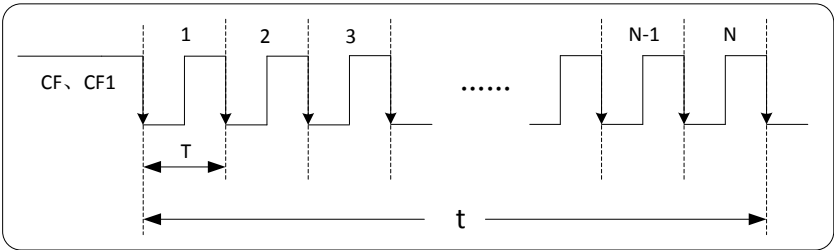
HLW8012 的脉冲输出方波都是占空比 1:1 的波形。将信号最大输入范围代入公式 1，可以算出 CF 频率的最大理论值为 3.476KHz；从公式 3 可以算出指示电流时 CF1 频率的最大理论值为 2.133KHz；从公式 5 可以算出指示电压时 CF1 频率的最大理论值为 2.847KHz，几种脉冲的最小周期 T 是：0.28ms（1/3476）。周期范围：0.28ms~无穷大。由公式 1 可以算出，0.1W 对应 CF

HLW8012 参数 P、V、I、E、PF 计算说明

脉冲周期大约是 42 秒。0.5W 对应 CF 脉冲周期大约是 10 秒。

3.2 脉冲周期的测量

HLW8012 的脉冲输出图如下：



(1) 测量脉冲的原理

测量 1 个脉冲周期的长短，就是测量相邻 2 个下降沿(或上升沿)的时间间隔 T 。为了提高测量精度，CF、CF1 与 MCU 外部中断 IO 相连（下降沿触发中断），MCU 通过定时器来测量相邻 2 次外部中断的时间间隔。

(2) 软件测量方法

设置定时器 1ms，一直运行，定时中断服务子程序中，各个计时器（RAM，在测量开始的第 1 个外部中断清零）加 1。为了提高测量精度与速度，针对脉冲周期在不同段，测量方法不同：

- A、若相邻 2 个外部中断的时间长度 $\geq 100\text{ms}$ ，则此时间长度即为脉冲周期 T 。测量误差 $<1\%$ 。
- B、若相邻 2 个外部中断的时间长度 $<100\text{ms}$ ，在采到第 N 个完整脉冲，且时间 $>1\text{s}$ 时完成一次测量。 t 是指第 1 个到第 N 个脉冲的时间。那么脉冲周期 $T = t / N$ 。 t 的误差是 1ms，且 $t > 1\text{s}$ ，所以此方法测量误差 $<0.1\%$ 。

(3) MCU 资源要求。

由以上可知要测量各个参数，对 MCU 的资源要求是：

序	测量参数	资源
1	功率，电量	1 个外部中断+1 个定时器
2	功率，电量 + 电流	2 个外部中断+1 个定时器
3	功率，电量 + 电压	2 个外部中断+1 个定时器
4	功率，电量 + 电流 + 电压	2 个外部中断+1 个定时器+1 个 GPIO