

功率计量芯片 HLW8012 介绍与应用

一、引言

HLW8012 是深圳市合力为科技推出的单相电能计量芯片，可以测量有功功率、电量、电压有效值、电流有效值；SOP8 封装，体积小，广泛应用于智能家电、节能插座，智能路灯、智能 LED 灯等应用场合。本文主要内容：1、HLW8012 介绍；2、HLW8012 应用硬件电路；3、HLW8012 脉冲软件测量；4、HLW8012 应用场合及展望。

二、HLW8012 介绍

1、HLW8012 主要特性

- (1) 高频脉冲 CF，指示有功功率，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
- (3) 内置晶振、2.43V 电压参考源及电源监控电路
- (4) 5V 单电源供电，工作电流小于 3mA

2、HLW8012 引脚图

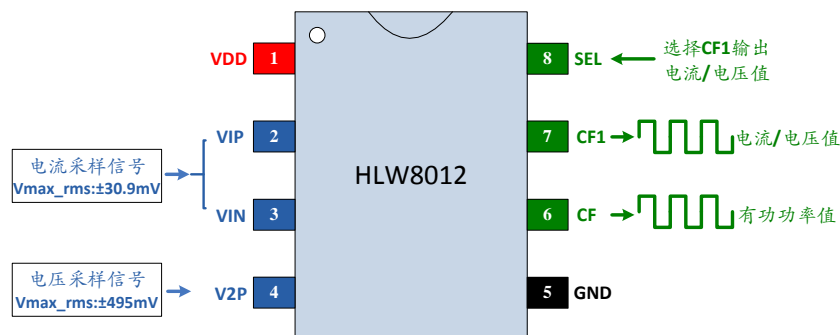


图 1 芯片引脚图

引脚序号	引脚名称	输入/输出	说明
1	VDD	芯片电源	芯片电源
2, 3	V1P, V1N	输入	电流差分信号输入端，最大差分输入信号为 $\pm 43.75\text{mV}$
4	V2P	输入	电压信号正输入端。最大输入信号 $\pm 700\text{mV}$
5	GND	芯片地	芯片地
6	CF	输出	输出有功高频脉冲，占空比 50%
7,	CF1	输出	SEL=0，输出电流有效值，占空比 50%； SEL=1，输出电压有效值，占空比 50%；
8	SEL	输入	配置有效值输出引脚，带下拉

● 模拟信号输入

(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： $\pm 495\text{mV}$ 。

● 数字信号输出

(1) 高频脉冲 CF (PIN6)：指示功率，计算电能；输出占空比为 1:1 的方波。

(2) 高频脉冲 CF1 (PIN7)：指示电流或电压有效值，SEL 选择；输出占空比为 1:1 的方波。

注：MCU 与 HLW8012 的接口不是使用协议进行读取，而是通过测量 CF、CF1 引脚输出高频脉冲的周期来计算功率、电流、电压值。

3、芯片内部框图

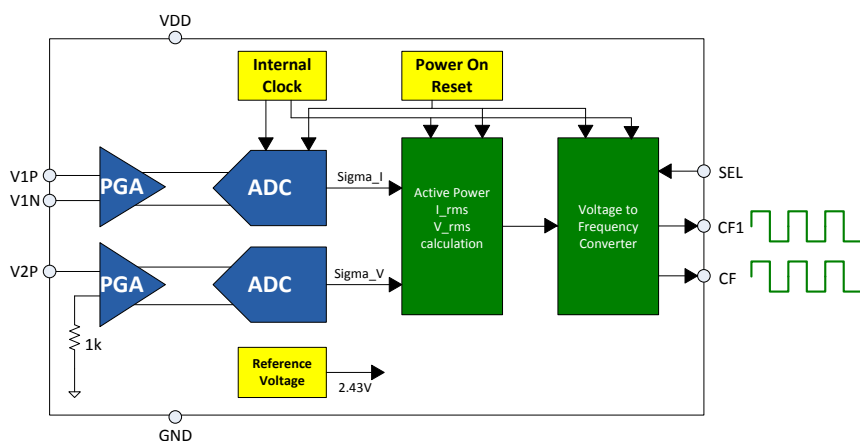


图 2 芯片内部框图

HLW8012 内部带有 2 路 PGA 及 ADC，对电流、电压采样信号进行模数转换，得到数字信号，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 1:1），各数值的大小与频率的大小成正比，与周期的大小成反比。

三、HLW8012 应用硬件设计

所有电能计量测量，电压、电流通道的采样方式有 2 种：互感器采样方式、电阻采样方式。互感器采样方式成本高，本文只介绍电阻采样方式。外围硬件主要包含几部分：电源电路、功率计量电路、MCU 接口。

1、电源电路

为了配合电阻采样方式（即从电网直接采样，非隔离），电源电路必须为非隔离电源，非隔离电源有 2 种方式：AC-DC 非隔离电源、阻容降压电源。两者的比较如下：

序	项目	AC-DC 非隔离电源	阻容降压电源
1	驱动电流（5V 时）	最大可达到 150mA	约 35mA（电容为 0.68uF 时）
2	体积	小	大
3	成本	高	低
4	可靠性	高	低
5	输入电压影响驱动能力	基本不影响	电压下降，驱动能力下降
6	零负载功耗	基本为零	与驱动电流一致

用户可根据产品的不同要求，选用不同的电源电路。

(1) AC-DC 非隔离电源

下图是其中一种 AC-DC 非隔离电源，L 与 N 分别是交流电压的火线与零线，以零线作为地线。此设计得到电压为 5V，驱动电流大约在 50mA，可以根据产品需求增加一些元器以提高驱动能力。

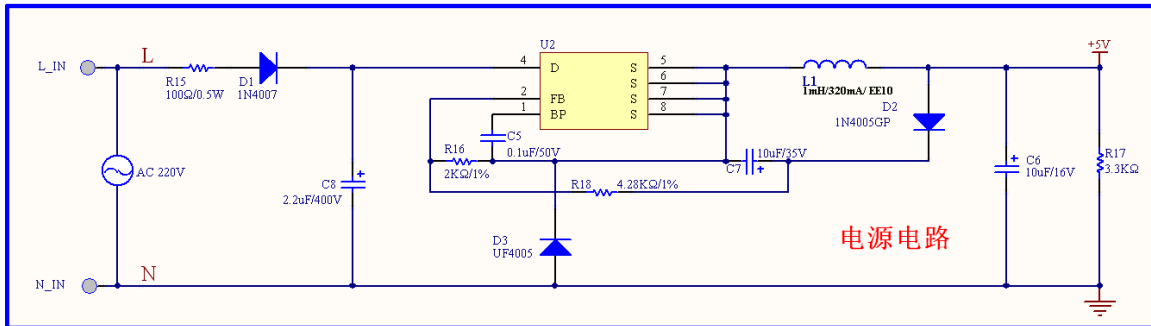


图 3 AC-DC 非隔离电源

(2) 阻容降压电源

下图是低成本的阻容降压电源，以零线作为地线：

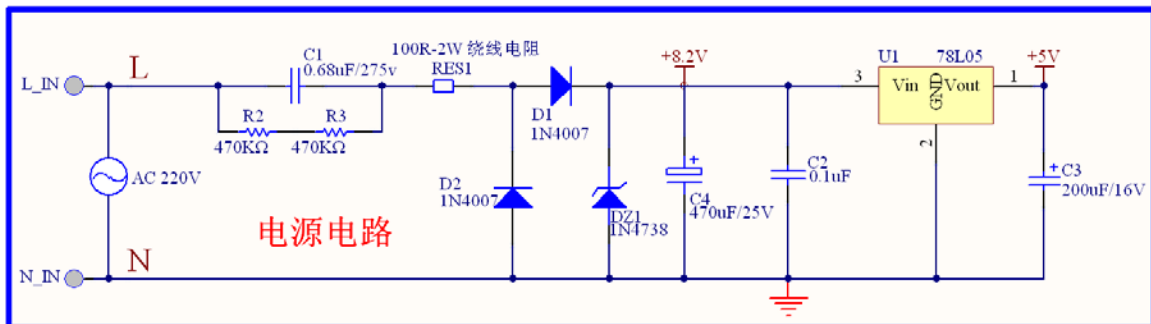


图 4 阻容降压电路

经安规电容 C1 降压，二极管整流后，采用 1N4738 将电源降压至 8.2V，再经过稳压芯片 78L05 将输出电压稳定在 5V，给 HLW8012 提供电源。选用 0.68uF 的安规电容，电源电路大约可以提供 20mA-30mA 的驱动电流；如果需要设计更小体积的系统，可以选用 0.47uF 的小体积的安规

电容，驱动电流约在 15mA。如果需要驱动继电器，建议使用更大的电容，比如 1uF。

2、功率计量电路

HLW8012 集成内置振荡器、参考电源，外围电路非常简单，主要包括电流、电压的采样。电流信号是通过康铜电阻对负载的工作电流进行采样，电压信号是通过电阻网络分压采样。

须注意康铜电阻的接法：一端与 GND 连接，另一端再与负载连接。

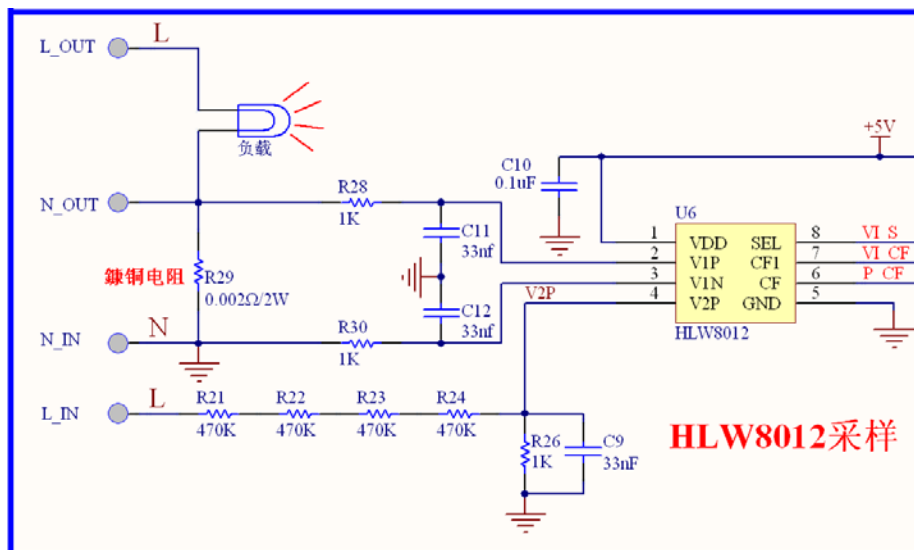


图 5 电能计量电路

3、MCU 与 HLW8012 的接口

MCU 与 HLW8012 的接口有 2 种情况：MCU 与 HLW8012 直连、MCU 通过光耦与 HLW8012 连接

(1) MCU 与 HLW8012 直连

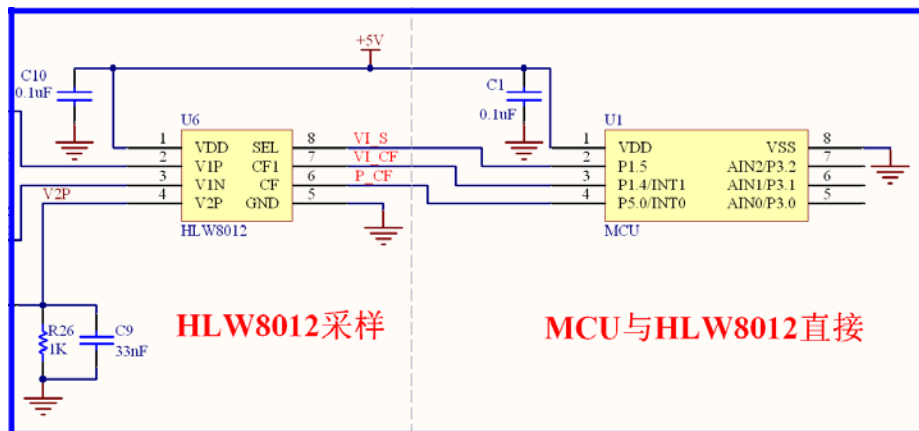


图 6 MCU 与 HLW8012 直连

若 MCU 与 HLW8012 的工作电源为同一个，且 MCU 其它控制不需要隔离措施，那么 MCU 可以与 HLW8012 的接口直连。HLW8012 高频脉冲引脚连接 MCU 的外部中断，SEL 连接普通 IO

口。接口资源如下表：

序	测量参数	MCU 与 HLW8012 连接
1	功率，电量	1 个 IO 口（1 个外部中断）
2	功率，电量 + 电流/电压	2 个 IO 口（2 个外部中断）
3	功率，电量 + 电流 + 电压	3 个 IO 口（2 个外部中断,1 个 GPIO）

(2) MCU 通过光耦与 HLW8012 连接

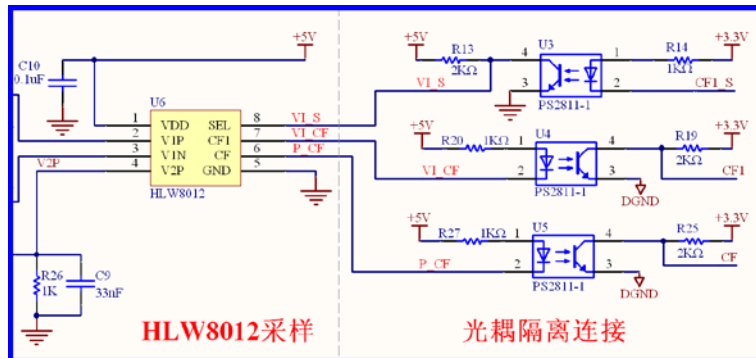


图 7 MCU 通过光耦与 HLW8012 连接

若 MCU 工作电源为隔离电源，则与 HLW8012 的连接必须通过光耦隔离，MCU 的接口资源需要如上表。

四、HLW8012 脉冲软件测量

HLW8012 的脉冲输出图如下：

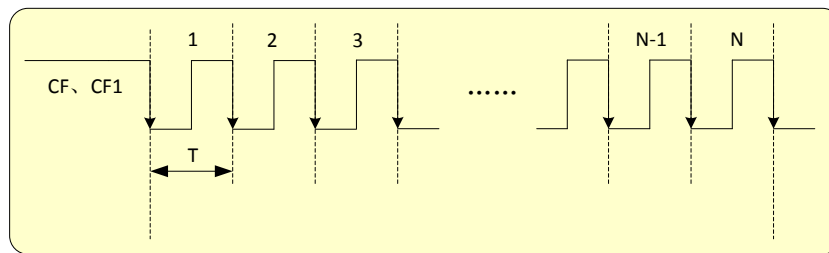


图 8 HLW8012 脉冲

1、脉冲测量原理

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 。测量到周期之后就可以根据比例关系计算功率值、电压值、电流值。

2、脉冲测量方法

为了提高测量精度，CF、CF1 与 MCU 外部中断 IO 相连，外部中断模式设置为下降沿触发中断，使用 MCU 外部中断来确定 2 次中断间隔，使用 MCU 定时器来测量相邻 2 次外部中断的时间间隔。

3、软件流程图

脉冲测量的程序主要是在中断服务子程序中运行，相关流程图如下：

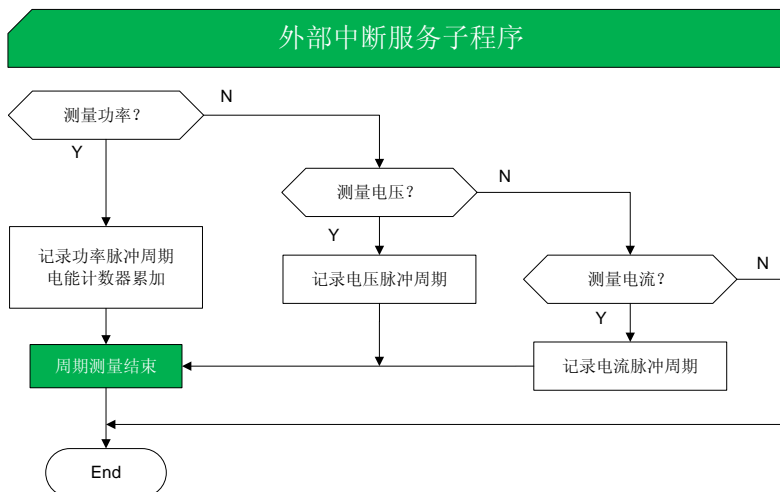


图 9 外部中断服务子程序

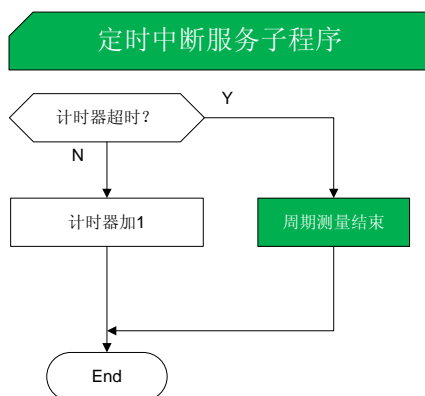


图 10 定时中断服务子程序

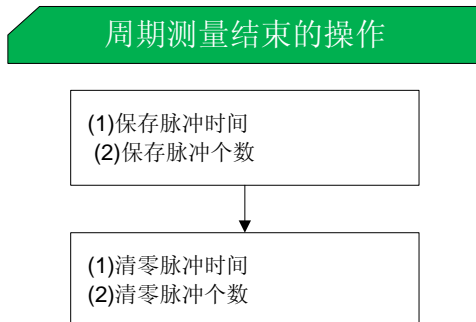


图 11 周期测量结束的操作

按照以上流程图，得到功率、电压、电流的脉冲周期之后，功率值、电压值、电流值计算都在大循环程序中运行。

五、HLW8012 应用展望

HLW8012 可以测量有功功率、电量、电压有效值、电流有效值，外围元器件少，SOP8 封装，适合于许多电能测量场合，尤其是体积要求小的产品。插座类如：计量插座、WIFI 智能插座、电视智能节能插座、电脑智能节能插座等；智能采集器如：智能路灯采集终端。

随着智能家电的发展，内部集成的传感器越来越多，电能计量模块将会是最基本的“传感器”之一，它可以“感知”家电的真实状态：若没有功率，表示家电确认关闭，若有功率，表示家电仍在工作。电能计量模块可以统计耗电量，检测当前电压、电流是否正常，若出现异常状态，执行相应的处理措施。所以随着智能家电的发展，家电越来越智慧，电能计量的应用将会更加广泛。