

# 基于功率计量芯片 HLW8012 计量插座方案

## 【摘要】

计量插座是一种插座转换装置，可以显示电量、功率、电压、电流、时钟等参数，是针对于家用电器节能要求而设计。

本文主要讲述计量插座的主要功能、硬件原理图等。该计量插座可以对单相交流用电的电器进行电量、功率、电压及电流等参数的测量。此方案采用 HLW7031 作为控制 MCU，以专用功率计量芯片 HLW8012 为电量采集器件，HT1621 为 LCD 驱动芯片，DS1302 作为时钟记录芯片。

## 【关键词】

计量插座，功率计量，功率计量，节能插座，智能插座，HLW8012，智能家电

## 【正文】

## 一、计量插座原理

计量插座需要测量功率、电量、电流和电压等参数，同时计量插座产品内部空间小，本次设计使用功率计量芯片 HLW8012 作为各个电参数的测量器件。因为 HLW8012 可以测量功率、电量、电流和电压值，内置晶振、参考源，SOP8 封装，外围电路简单，在满足性能要求的同时，可以做到体积更小。

### ● 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

### ● HLW8012 输入输出

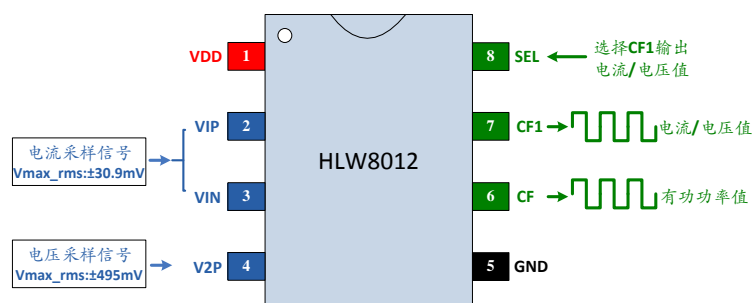


图 1 HLW8012 芯片引脚图

- (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： $\pm 495\text{mV}$ 。
- (3) 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。
- (4) 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。

计量插座实际上是一个插座转接设置，电器通过计量插座之后再连接到电网。MCU 从功率计量模块获取用电器的电量、功率、电压、电流等参数，从时钟模块获取当前时钟，MCU 将这些数据通过 LCD 驱动芯片显示在 LCD 屏上。MCU 可以打开或关闭插座孔的电源，通过按键直接操作或设置定时自动操作，电源的打开与关闭是通过 MCU 控制继电器的闭合与切断实现。

时钟设置是通过按键进行设置，可以设置日期、小时、分、秒，自动设置星期。可以设置一星期内哪几天定时打开或关闭插座孔的电源，实现无人自动控制插座孔的电源。一般在出厂前会设置好时间。计量插座结构框图如图 2 所示。

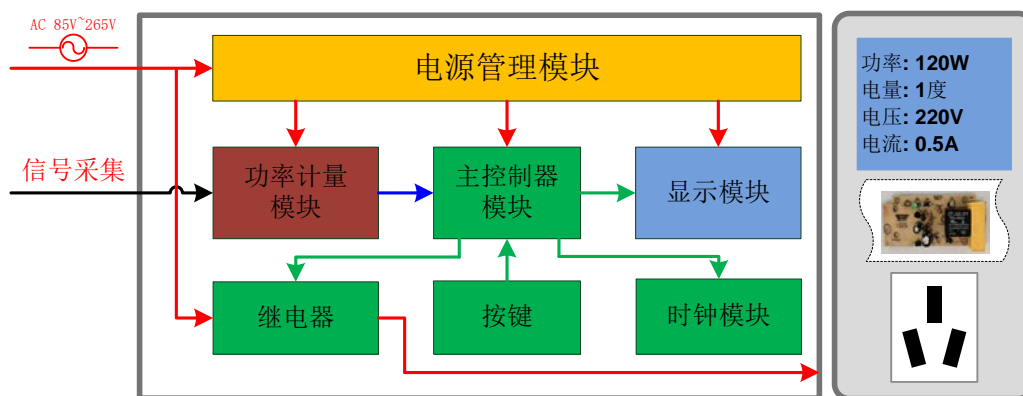


图 2 计量插座方案结构框图

## 二、计量插座硬件设计

计量插座硬件设计相对应于结构框图，有 6 部分模块电路：电源管理电路、功率计量电路、显示模块电路、继电器控制电路、时钟电路及按键。

所有功率计量测量，电压、电流通道的采样方式有 2 种：互感器采样方式（隔离采样）、电阻采样方式（非隔离采样）。互感器采样方式成本高，本设计使用电阻采样方式。

### 1、电源管理电路

使用 LNK304 设计的 AC-DC 非隔离电源，L 与 N 分别是交流火线与零线，以零线作为地线。此电路无需变压器，稳压 5V，可以提供 150mA 左右的电流，能够保证在 AC85V~265V 的交流范围内，实现稳定的电压输出，纹波也很小，在 50mV 左右。此电源为所有模块提供工作电压。

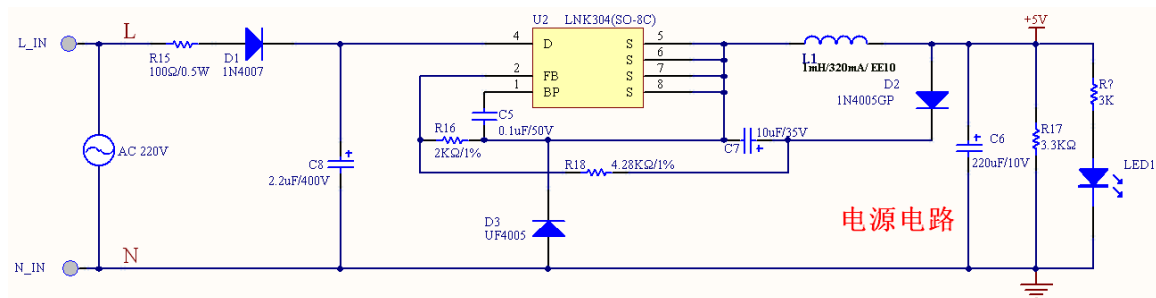


图3 AC-DC 非隔离电源

## 2、功率计量电路

功率计量电路使用 HLW8012 实现，功率、电压、电流等数据通过 CF、CF1 引脚以脉冲的方式输出。CF 脚输出的脉冲频率大小即表示有功功率值，CF 输出的脉冲个数表示的是用电量的信息。当 SEL 为高电平时，CF1 输出的脉冲频率表示电压有效值，当 SEL 为低电平时，CF1 输出的是电流有效值。HLW8012 集成内置振荡器、参考电源，外围简单，包括电流、电压的采样。

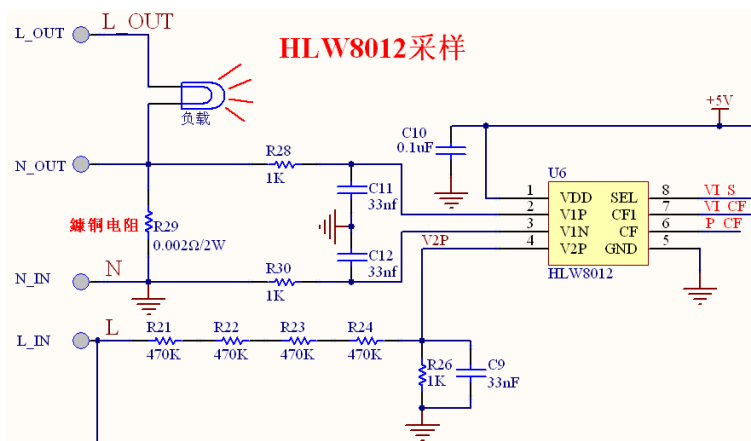


图4 功率计量电路

电流信号是通过锰铜电阻（R29， $2\text{m}\Omega$ ）对负载的电流进行采样，信号量小于  $30.9\text{mV}$ ；电压信号是通过电阻网络（R21, R22, R23, R24, R26）对交流电压进行分压采样，信号量小于  $495\text{mV}$ 。锰铜电阻的接法：一端与 GND 连接，另一端与负载连接。

MCU 使用 HLW7031，CF、CF1 引脚连接 HLW7031 外部中断引脚，SEL 引脚连接普通 IO 口。CF 引脚用于测量功率，电量值，CF1 引脚配合 SEL 引脚用于测量电压、电流有效值。MCU 通过测量 CF、CF1 引脚的脉冲周期，计算功率、电压、电流、电量等参数。

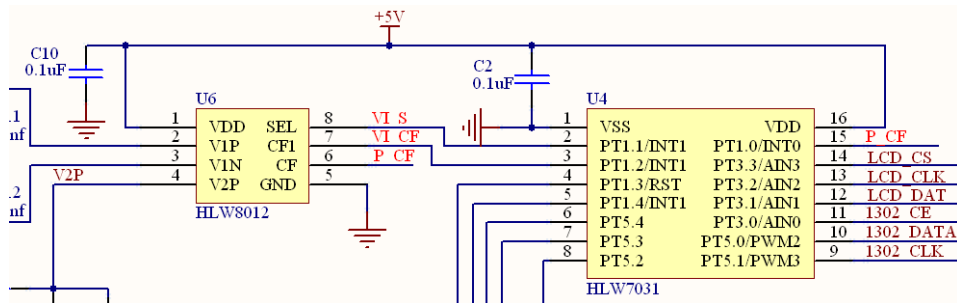


图 5 MCU 与功率计量芯片连接

### 3、显示模块电路

显示模块使用 HT1621 作为显示驱动，HT1621 可以驱动 4\*32 段，工作电压为 5V，可以满足不同屏的要求，同时 HT1621 可以驱动无源蜂鸣器，用于提示按键或者警告。MCU 将需要显示的数据发送到 HT1621 完成显示。

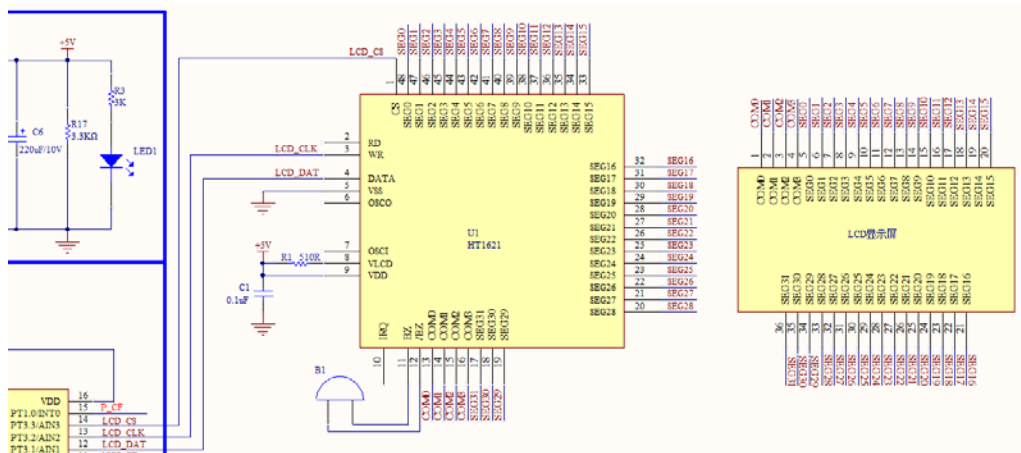


图 6 显示驱动电路

### 4、时钟模块电路

时钟模块选用实时时钟芯片 DS1302，一种高性能、低功耗、带 RAM 的电路，它可以对年、月、日、周日、时、分、秒进行计时，具有闰年补偿功能。采用三线接口与 CPU 进行同步通信。使用 5V 供电，DS1302 的 VCC1 端接 3V 锂电池，在断电时也能正确记录时间。

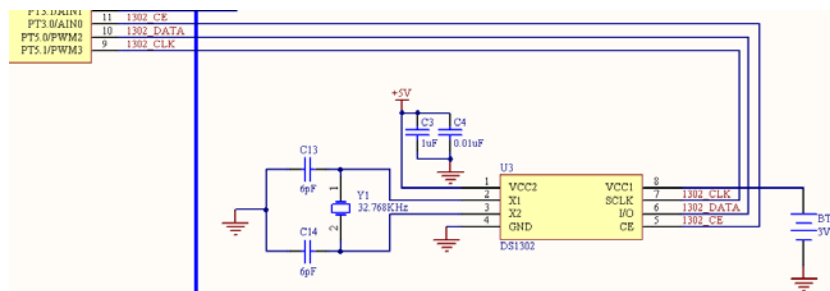


图 7 实时时钟电路

## 5、继电器控制电路

为了方便电源电路的设计，选用 5V 的继电器，控制负载的火线闭合与关断。继电器的闭合与关断通过 MCU 控制三极管来实现。二极管 D4 防止继电器反向电动势对三极管 Q1 的损坏。

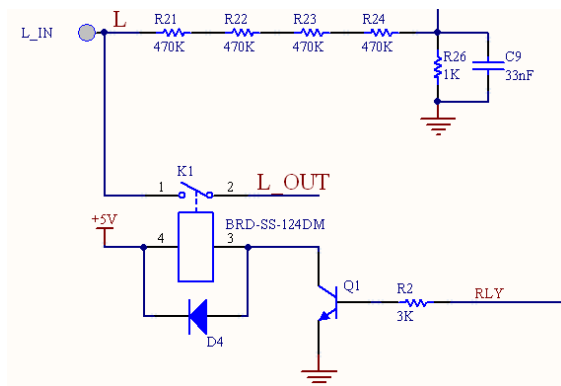


图 8 继电器控制电路

## 6、按键电路

按键电路部分一共有 3 个按键：开/关键，向上，向下键。开/关键可以控制继电器的闭合与关断；向上，向下键主要用于设置日期、小时、分、秒，设置定时时间。

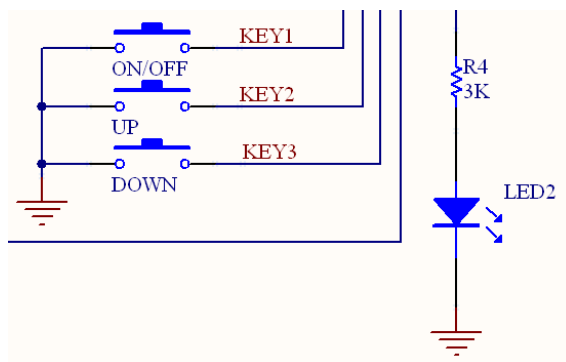


图 9 按键电路

## 7、PCB Layout 注意事项

- (1) 芯片电源引脚处的去耦电容尽量靠近芯片的引脚。
- (2) 电压通道电阻分压网络，应呈阶梯式分布，逐渐降压，从输入端高压直至计量芯片的取样电压，注意电阻之间的爬电距离。
- (3) 电流采样电阻的地线应和其它地线分开布线，以最短路径走线到主板参考地线输入端（如零线），减少对采样信号的干扰。
- (4) 采样信号线走线要平行且靠近，尽量缩短布线，减小对采样信号的干扰。
- (5) 芯片的地线要能够快速回到电源输入端压敏电阻的地上，减小地线对计量芯片的干扰。
- (6) 电源走线不要走成环形，环形的电源走线容易受外界的电磁场干扰。

(7) 电压取样布线要和锰铜取样布线隔一定距离，以免相互干扰。

(8) 所有引线不宜太长，尤其是 PCB 装配固定后，所有引线不能直接接触计量芯片及其它外围电路。确实无法避免时，所有导线应分组加黄蜡套管，提高绝缘度。

### 三、计量插座软件设计

#### 1、计量插座主流程图

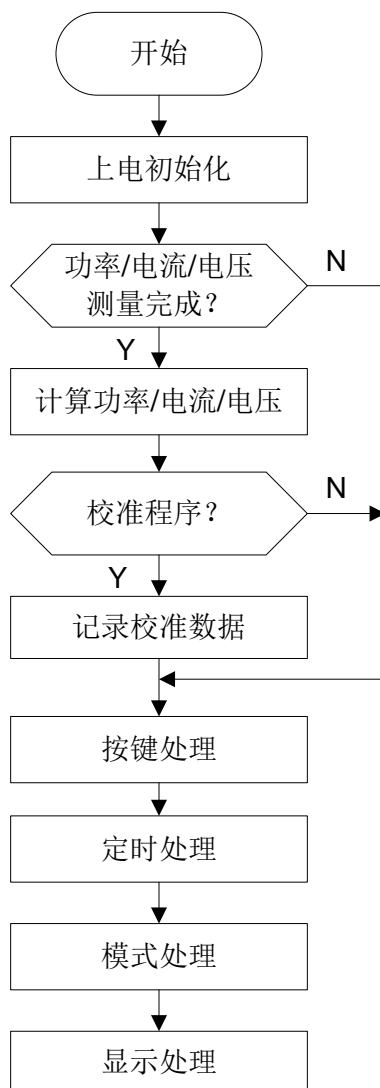


图 10 基于 HLW8012 的计量插座主流程图

上电初始化之后，开始功率、电流、电压脉冲的周期测量，如果测量完成之后，进行功率、电流、电压计算；如果是正在校准，需要将校准数据保存到 EEPROM；按键处理主要包括开或关电源，设置定时自动操作时间；定时处理在定时到设置时间时自动操作；显示处理在 LCD 屏上显示功率、电量、电流、电压、时钟等数据。

2、中断服务子程序流程图：测量脉冲周期的程序。

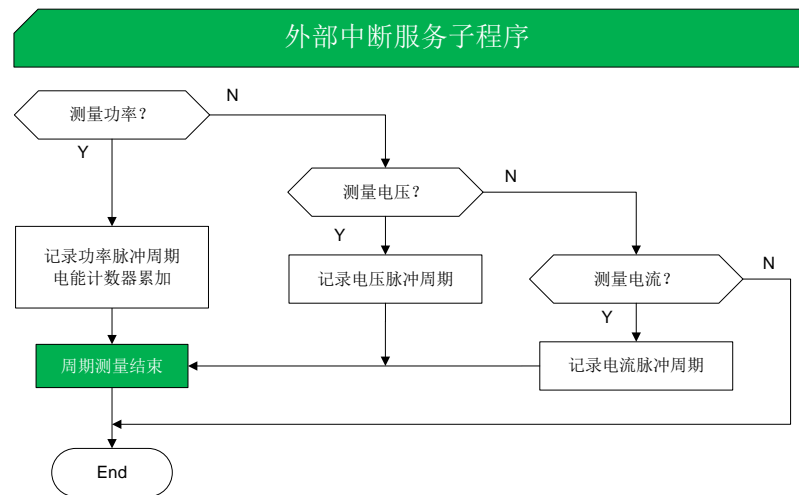


图 11 外部中断服务子程序

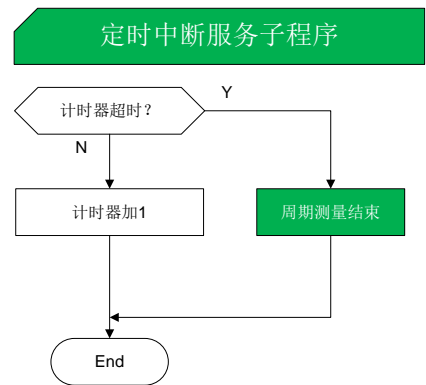


图 12 定时中断服务子程序

以上是中断服务子程序中运行的内容，多脉冲测量的周期计算、功率值、电压值、电流值等都在大循环程序中运行。

四、结束语

计量插座设计可以在提高电器使用方便性的同时，减少了电器的待机功率，实现节能目的。随后出现的 WIFI 智能插座、433 无线插座、蓝牙智能插座、Zigbee 智能插座等都是在此计量插座的基础上衍变而来，随着智能硬件的发展，计量插座衍变出来的产品将会更多。