

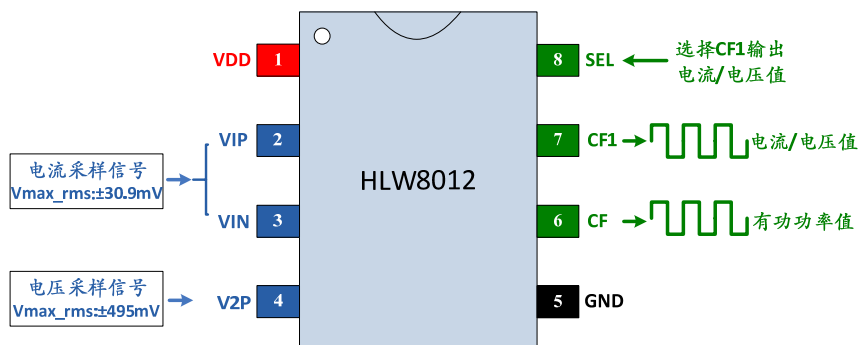
## 软件设计之一: 如何测量 CF 的脉冲周期

解决您的疑问

- 1、HLW8012 数据输出方式
- 2、如何测量 CF 的脉冲周期;
- 3、为什么不采用数据手册中的公式进行计算

### 一、HLW8012 的数据输出方式

HLW8012 的数据输出是以脉冲方式输出, 如下图所示:



HLW8012 的数据输出有以下几个特点:

- 1、输出波形是方波;
- 2、占空比 1:1;
- 3、根据输入功率大小不同, CF 和 CF1 的输出的频率不同, 但它们是成**等比变化**的;  
**即比如输入 1000W 负载, CF 输出频率是 220Hz, 如果改成输入 2000W 负载, CF 的输出频率则是 440Hz;**
- 4、功率范围 0-3000W  
CF 的输出频率是在 0-1kHz  
CF1 的输出频率是在 0-2KHz

### 二、测量 CF 的脉冲周期

需要的硬件资源

- 1、中断口
- 2、1mS 定时器

#### HLW8012 输入输出频率对照表

按照 HLW8012 的参考电路进行设计, CF 的输出频率和输入功率大小的关系如下图:

功率	电压	电流	CF 输出频率	电流输出频率	电压输出频率
3600W	220V	16.36A	870Hz	2260Hz	673Hz
1000W	220V	4.55A	242Hz	628Hz	673Hz
8W	220V	36mA	1.9Hz	5Hz	673Hz
2W	220V	91mA	0.48Hz	1.25Hz	673Hz
0.8W	220V	3.6mA	0.19Hz	-- (2-3Hz 噪声)	673Hz
0.5W	220V	2.2mA	0.12Hz	-- (2-3Hz 噪声)	673Hz

注: 1. 采样电阻选用 2mR;

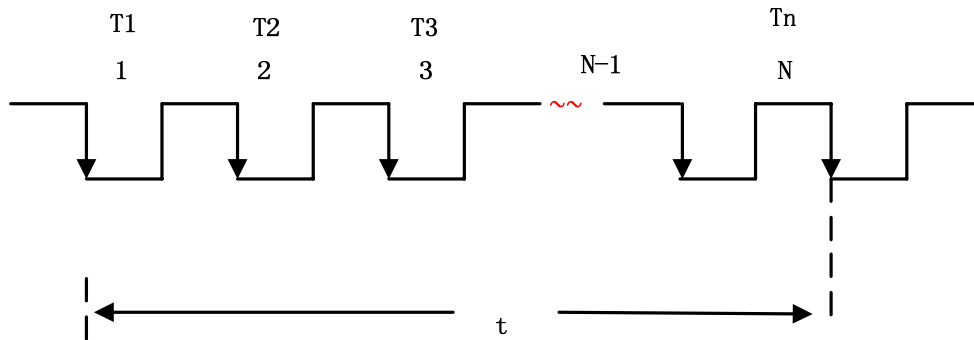
2. HLW8012 的 CF1 输出通道因为没有做滤波处理, 所以只能测量到 3Hz 以上的方波, 最

小测量电流是 25mA 左右，图中 “—” 表示的是错误的输出数据，电流只能测 25mA 以上。

3. 图表中的数据仅供参考, 详见 EXCEL 表《HLW8012 输出频率参考值》。

## 测量方法

从上图可以看出, 小功率负载的输出频率低, 测量时间较长; 大功率负载的输出频率高, 测量时间较短。为了**缩短测量时间**和提高测量精度, 采用下面的方法进行周期(频率)测量。



以周期为 100ms 划分条件测量脉冲周期 T:

1、周期  $\leq 100\text{ms}$

假设  $T_1$ 、 $T_2$ 、……、 $T_n$ , 每一个方波周期小于或等于 100ms, 则采用测量多个周期取平均值的方法进行测量。

$$t = N * T \Rightarrow T = t/N;$$

参数说明:

$T$  : 被测信号脉冲周期

$N$  :  $t$  时间内出现的脉冲个数, 取整数个

$t$  : 第一个脉冲到第  $N$  个脉冲的时间

软件算法的引起的误差:

$t$  取大于或等于 1S 时间, 测量  $N$  个完整的脉冲周期, 则  $T = t/N$ ;

误差全部来源于  $t/N$  的除法误差 (除不尽, 有余数), 可忽略不计。

2、周期  $> 100\text{ms}$

假设  $T_1$  的周期大于 100ms, 则采用单周期测量的方法, 缩短测量时间。

$$T = T_1;$$

软件算法的引起的误差:

$T_1$  的误差受定时器 time 的影响, 因为 time 的时间是 1ms, 所以最大误差是 1ms。

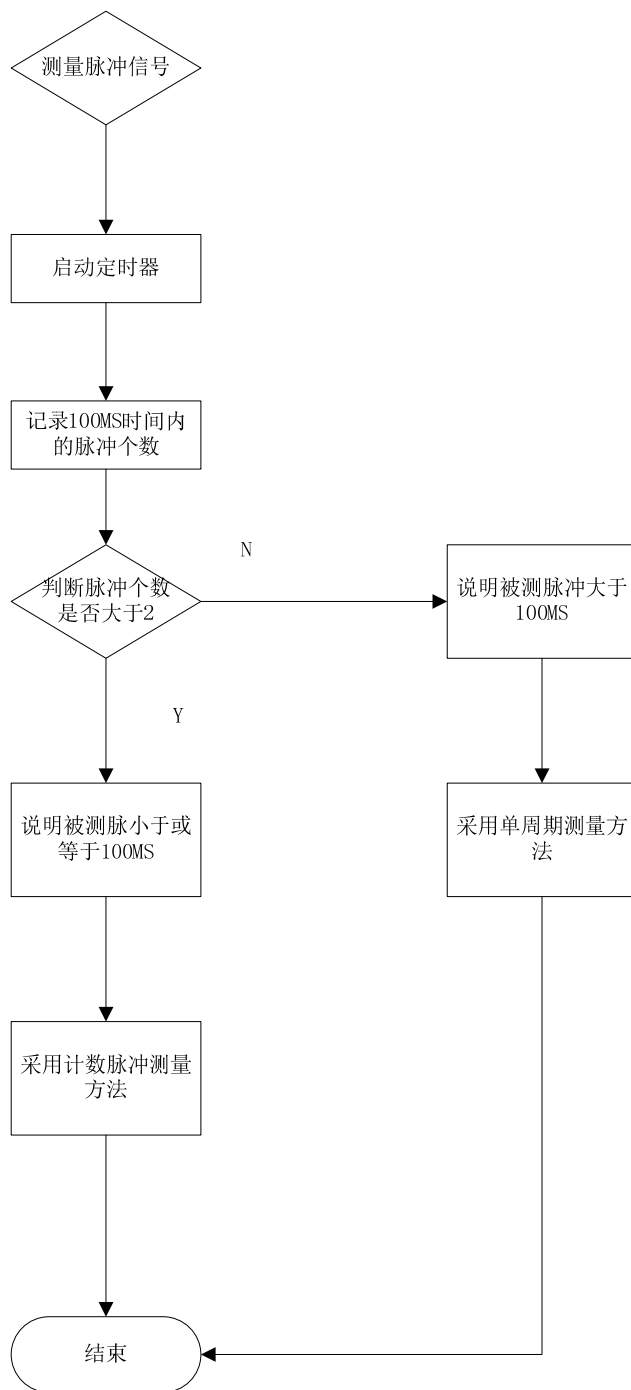
误差百分比是  $(1\text{ms}/T_1) * 100\%$ , 最大误差是 1%。如果要将最大误差减小, 可以提高单周期测量值到 200ms(功率值约 22W), 则最大误差是 0.5%;

3、周期  $> 5\text{S}$

如上表格所示, 周期大于 5S 的功率值为 0.8W 左右; 这时需要对最小测量值和测量时间进行评估, 假设 0.8W 以下不需要测量, 可以把大于 5S 的脉冲周期默认设置成 0 功率; 如果需要测量到 0.5W, 脉冲周期是 8S 时间。建议设置成 5S。

#### 4、流程图

下图是判断周期是否大于 100mS 的程序流程图



### 三、为什么不采用数据手册中的公式进行计算

HLW8012 数据手册内的计算公式如下：

$$(1) \text{ 有功功率计算公式: } F_{CF} = \frac{V1 \times V2 \times 48}{V_{REF}^2} \times \frac{f_{osc}}{128}$$

$$(2) \text{ 电流有效值计算公式: } F_{CFI} = \frac{V1 \times 24}{V_{REF}} \times \frac{f_{osc}}{512}$$

$$(3) \text{ 电压有效值计算公式: } F_{CFU} = \frac{V2 \times 2}{V_{REF}} \times \frac{f_{osc}}{512}$$

V1: 电流通道引脚上的电压信号

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

计算公式是设计芯片的原理, 是理想状态下的数据表现形式, 如果通过公式计算, 有以下几方面的误差来源:

#### 1、芯片内部

- a) 振荡器  $f_{osc}$
- b) 参考电压  $V_{ref}$
- c) 内部运放的放大倍数

以上三个参数受芯片晶圆厂工艺参数影响;

#### 2、外围采样电路

- a) 电压采样电路的分压电阻
- b) 电流采样电路的采样电阻
- c) 因为采样电阻阻值很小, 采样电阻两端的焊锡也会影响采样电阻两端的阻值

这也是为什么电表都需要进行校表的原因, 基于以上原因, 所以我们 HLW8012 的测量不采用理论公式进行计算, 而是采用测量 CF 脉冲周期的方法。

### 四、功率, 用电量等的计算方法

#### 功率、电压和电流的计算

CF 脚输出的脉冲频率的周期表示功率值 P, 功率越大, CF 脚输出的脉冲频率越大, 成比例变化。即符合等比公式:  $\frac{P_{ref}}{f_{ref}} = \frac{P}{F}$ ;

参数说明:  $P_{ref}$  : 参考负载功率  
 $f_{ref}$  : 参考负载的脉冲频率  
P : 负载  
F : 负载对应 CF1 脚输出的脉冲频率

同理, 电压和和电流的计算也符合等比公式。

#### 功率因素的计算

功率因素等于有功功率值除以有效电压与电流的乘积, 即  $\cos = \frac{P}{V_{rms} \times I_{rms}}$ ;

参数说明: P : 当前负载功率  
 $V_{rms}$ : 当前负载的电压有效值  
 $I_{rms}$  : 当前负载的电流有效值

## 用电量的计算

HLW8012 的 CF 脚输出的脉冲数表示电量值。以输入 1000W 额定功率的负载为例，工作 1 小时消耗 1 度电，1 小时（3600 秒）内 CF 脚输出的脉冲个数的总和则表示 1 度电，36S 内输出的脉冲个数则表示 0.01 度电。

我们都知道，功率乘以时间等于用电量，即  $P * T = \text{用电量}$ ；

以 1000W 为例，1000W 的负载，工作 1 小时消耗 1 度电；那么，任意负载消耗 1 度电所花费的时间就是： $T = (1000W/P) * 1h$ ；

那么上面的公式可以转换为：

$$P * [(1000W/P) * 1h] = 1 \text{ 度电}；$$

以  $P_{cf}$  表示 1 个脉冲代表的电量，我们将上面的公式再转换成脉冲个数的表示方式；

$$P_{cf} * f * [(1000W/P) * 1h] = 1 \text{ 度电}；，f \text{ 表示输出频率}；$$

$$\text{那么 } P_{cf} = [P / (1000W * 3600S * f)] * (1 \text{ 度电}) ；$$

前面我们讲到，功率和频率是成正比的，所以上式中的  $P/f$  的值是不变的，所以**每个 CF 代表的用电量是不变的**。

$$1 \text{ 个脉冲表示的用电量 } P_{cf} = [P / (1000W * 3600S * f)] * (1 \text{ 度电})；$$

假设输入 1000W，CF 的输出频率是 220HZ，那么 1 个脉冲数表示的用电量是： $1000 / (1000 * 3600 * 220)$  度电；

假设输入 500W，CF 的输出频率是 110HZ，那么 1 个脉冲数表示的用电量是： $500 / (1000 * 3600 * 110)$  度电。

那么，我们以负载 1000W 去校正插座，那么 0.01 度表示的脉冲个数  $N = 220 * 36S = 7920$  个；

我们以负载 500W 去校正插座，那么 0.01 度电表示的脉冲个数  $N = 110 * 72S = 7920$  个，也还是 7920 个脉冲表示 1 度电，因此，MCU 计数到 7920 个脉冲就代表 0.01 度电；