

## 目 录

图 形 .....	3
表 格 .....	3
1 主要特点 .....	4
2 功能概述 .....	4
3 原理框图 .....	5
4 管脚定义及功能描述 .....	5
4.1 管脚排列 .....	5
4.2 管脚定义及功能描述 .....	6
5 性能指标与实测结果 .....	6
5.1 CS7005B 性能指标 .....	6
5.2 CS7005B 实际测试结果 .....	7
5.2.1 测量准确度 .....	7
5.2.2 参考电压温度特性 .....	10
6 芯片工作原理 .....	11
6.1 信号流 .....	11
6.2 功率因子影响 .....	12
6.3 非正弦电压电流输入 .....	12
7 模拟输入 .....	13
7.1 电流通道 .....	13
7.1.1 电压输入范围 .....	13
7.1.2 电流传感信号接入方法 .....	13
7.2 电压通道 .....	14
7.2.1 信号输入范围 .....	15
7.2.2 信号接入方法 .....	15
8 电源电压的检测 .....	15
9 高通滤波与失调电压影响 .....	16
10 功率到频率转换 .....	17
11 输出频率与输入信号的关系 .....	17
11.1 FO1、FO2 输出频率与输入信号的关系 .....	17
11.2 CFO 输出频率与 FO1、FO2 输出频率的关系 .....	18
12 电表应用时的参数设置 .....	18
12.1 锰铜采样电阻的选择 .....	18
12.2 输出频率与量程的关系 .....	19
12.3 SF0, SF1, SCF 的设置 .....	19
12.3.1 SF0, SF1 的设置 .....	19
12.3.2 SCF 的设置 .....	20
13 FO1, FO2, CFO 输出时序 .....	20
14 启动阈值电流 .....	22
15 极限工作条件 .....	22
16 CS7005B 封装 .....	22
17 附录 1：电表设计时的参数设置 .....	23

17.1	第 1 步：首先计算电流通道最大输入电压 $V_{P1p}$ .....	23
17.2	第 2 步：计算最大输出频率.....	24
17.3	第 3 步：计算电压通道的输入电压.....	24
18	附录 2：CS7005B 应用电路.....	26

## 图 形

图 1.	CS7005B 功能框图.....	5
图 2.	CS7005B 管脚图.....	5
图 3.	CS7005B 精度测试电路.....	8
图 4.	CS7005B 在增益为 1 时测量精度.....	8
图 5.	CS7005B 测量精度 (PGA = 16).....	9
图 6.	CS7005B 变频测试结果 1 (G = 16, PF = 1).....	9
图 7.	CS7005B 变频测试结果 2 (G = 16, PF = 0.8C).....	10
图 8.	CS7005B 变频测试结果 3 (G = 16, PF = 0.5L).....	10
图 9.	CS7005B 基准电压随温度变化图.....	11
图 10.	CS7005B 信号流程.....	12
图 11.	电流通道接入方法一(电阻采样).....	14
图 12.	电流通道接入方法二 (电流互感 CT).....	14
图 13.	电压通道接入方法一 (电阻分压).....	15
图 14.	电压通道接入方法二.....	15
图 15.	电源电压检测信号波形.....	16
图 16.	通道失调对有功功率计算的影响图.....	16
图 17.	CS7005B 数字 - 频率转换框图.....	17
图 18.	FO1, FO2, CFO 输出时序图.....	21
图 19.	CS7005B 封装轮廓图.....	23
图 20.	CS7005B 应用电路图.....	26
图 21.	校正电阻网络.....	26

## 表 格

表 1:	CS7005B 管脚描述.....	6
表 2:	CS7005B 性能指标 (环境温度 25°C, DVDD/AVDD = 5.0V).....	6
表 3:	电流通道的最大输入范围与 PGA 增益的关系.....	13
表 4:	$F_b$ 与 SF0、SF1 管脚电平的关系.....	18
表 5:	CFO 输出频率与 FO1、FO2 输出频率的关系.....	18
表 6:	锰铜电阻 ( $R_s$ ) 的参考取值 (PGA 增益设为 16 倍).....	19
表 7:	FO1, FO2 输出频率与输入电流关系表.....	19
表 8:	FO1/FO2 最大频率表.....	20
表 9:	CS7005B 时序参数表.....	21
表 10	CS7005B 极限工作条件.....	22

## CS7005B 用户手册

### 1 主要特点

- 精度高，满足 50 / 60Hz IEC687 / 1036 标准的准确度要求，在 1000 : 1 的动态范围内，误差小于 0.1%；
- 数字脉冲输出，平均有功功率直接以数字脉冲输出，能直接驱动步进电机，实时有功功率以数字脉冲形式输出，方便仪表校验；
- 多增益选择，电流通道具有 1/2/8/16 四种增益选择，以便灵活选用不同大小的采样电阻；
- 低阈值启动，启动电流小于 0.4%  $I_b$ ；
- 片内集成防潜动功能；
- 负功率或错线指示；
- 宽模拟信号输入范围，可以输入峰峰值  $\pm 1V$  模拟信号；
- 片内集成电源电压检测功能，当电源电压降低到 4V 时，芯片复位，停止工作；
- 片内集成高精度、高稳定 2.5V 基准电压源，绝对偏差小于  $\pm 5\%$ ，温度系数小于  $\pm 25\text{ppm}/^\circ\text{C}$ ；
- 低功耗，5V 单电源工作，工作时功耗小于 30mW；
- 宽工作温度范围，满足工业标准 - 40 ~ 85 $^\circ\text{C}$ ；
- SSOP - 24 封装

### 2 功能概述

CS7005B 是用于电能计量的高精度、高性能集成电路，它将平均有功功率以频率的形式直接输出，并且可以直接驱动步进电机。

平均有功功率由电流、电压乘积后经低通滤波得到，再经电压 - 频率转换，以频率的形式从 F01、F02 管脚输出，同时实时有功功率从 DCF0 管脚输出高频信号，用于仪表校验。

CS7005B 采用高精度 ADC 和 DSP 相结合的技术，片内集成高稳定的基准电压，对温度、纹波等外界干扰的敏感度很低，在很恶劣的外界条件下也能维持高的计量准确度及稳定性。

CS7005B 片内设计有抗混叠滤波器，最大程度地减小了片外滤波器的要求，使得片外一阶 R - C 滤波器的 - 3dB 转折频率可以扩展到 100KHz，这样不仅减小了滤波器中电阻、电容值，同时也大大减小了电阻、电容的精度要求。

电流通道的可编程放大器 (PGA) 可提供 1/2/8/16 倍 4 种不同的增益，适合于不同的采样电阻的应用场合，方便选择较小电阻的应用。

CS7005B 电流、电压通道电路一致，本身引起相位误差忽略不计。

片内有电源电压检测电路，当电源电压降低到 4V 时，芯片自动复位，检测电路的检测阈值设计有约 0.5V 的滞回电压区间，避免了电源电压上的起伏噪声而引起的误复位。

CS7005B 采用，5V CMOS 工艺设计，24 - PIN，SSOP 封装，有效降低成本、面积。

### 3 原理框图

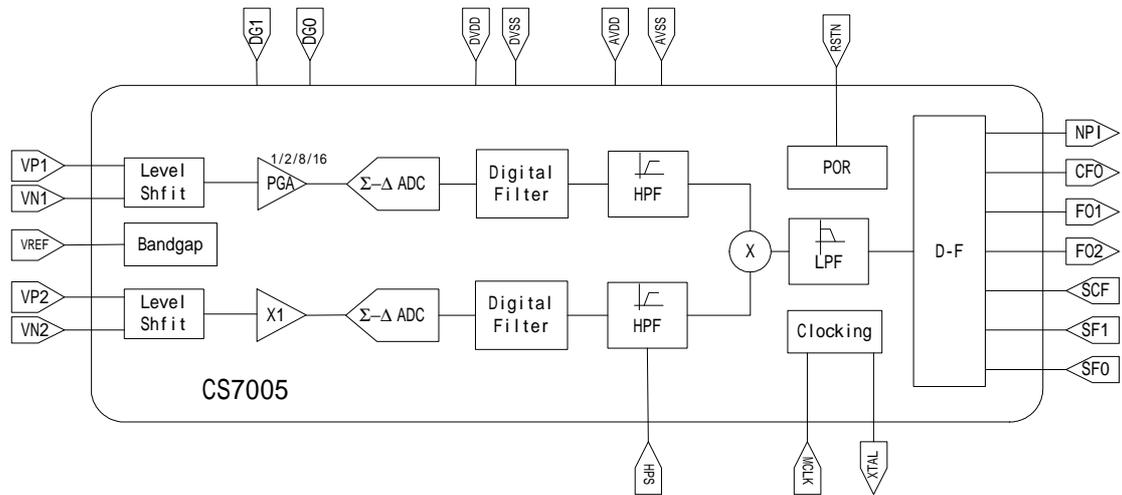


图1. CS7005B 功能框图

### 4 管脚定义及功能描述

#### 4.1 管脚排列

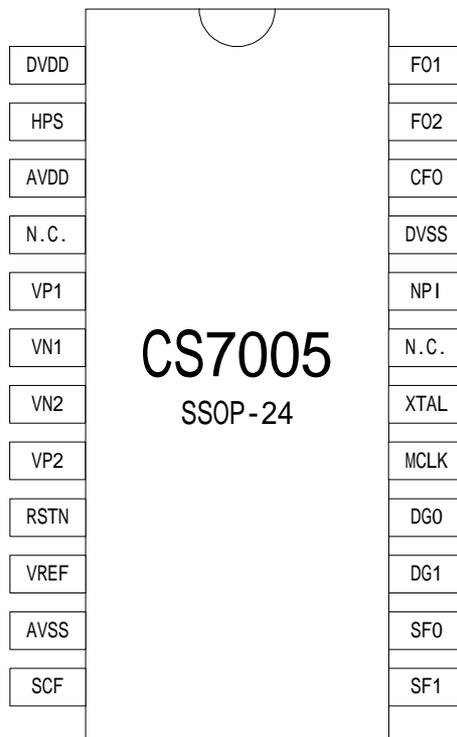


图2. CS7005B 管脚图

## 4.2 管脚定义及功能描述

表 1：CS7005B 管脚描述

序号	符号	类型	功能描述															
1	DVDD	数字电源	+ 5V 数字电源															
2	HPS	数字输入	片内高通滤波器的使能信号，高电平有效															
3	AVDD	模拟电源	+ 5V 模拟电源															
4	NC	-	悬空															
5	VP1	模拟输入	电流通道模拟信号输入，最大输入电压范围 $\pm 1V_p - p$ ，VP1 与 VN1 构成差分信号															
6	VN1	模拟输入																
7	VN2	模拟输入	电压通道模拟信号输入，最大输入电压范围 $\pm 1V_{pp}$ ，VP2 与 VN2 构成差分信号															
8	VP2	模拟输入																
9	RSTN	复位输入	复位信号，低电平复位芯片															
10	VREF	基准电压	2.5V 基准电压输出/入，该管脚需要接至少 1uF 的电容到 AVSS，当用外部参考电压源时，直接从该管脚输入。															
11	AVSS	模拟地	模拟地															
12	SCF	数字输入	CF0 校正频率选择															
13	SF01	数字输入	SF0、SF01 一起控制 F01，F02 的输出频率，以适合于不同的参比电流 $I_b$ ，具体控制方法，参考后文内容															
14	SF0	数字输入																
15	DG1	数字输入	DG1、DG0 一起控制电流通道编程增益放大器（PGA）的增益。 <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <thead> <tr> <th>DG1</th> <th>DG0</th> <th>PGA 增益</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>16</td> </tr> </tbody> </table>	DG1	DG0	PGA 增益	0	0	1	0	1	2	1	0	8	1	1	16
DG1	DG0	PGA 增益																
0	0	1																
0	1	2																
1	0	8																
1	1	16																
16	DG0	数字输入																
17	MCLK	时钟输入	外部晶体并联在 MCLK 与 XTAL 之间构成本地振荡器为芯片提供时钟，时钟频率为 3.79545MHz，晶体的电容负载为 22~33pF；当使用外接时钟时，直接从该管脚输入															
18	XTAL	时钟输出																
19	N.C.	-	该管脚悬空															
20	NPI	数字输出	负功率显示，当检测到负功率时，该管脚输出为高电平，REVP 与 DCFO 的上升沿同步，无锁存，当再次检测到正功率时，REVP 恢复到低电平。															
21	DVSS	数字地	数字地															
22	CF0	数字输出	校正频率输出，该输出包含有瞬时有功功率的信息，DCFO 与 F01，F02 的频率关系，参考后文															
23	F02	数字输出	平均有功功率的频率形式输出，可直接驱动两相步进电机															
24	F01	数字输出	平均有功功率的频率形式输出，可直接驱动两相步进电机															

## 5 性能指标与实测结果

### 5.1 CS7005B 性能指标

表 2：CS7005B 性能指标（环境温度 25°C，DVDD/AVDD = 5.0V）

## 单相有功功率计量芯片 CS7005B

参数名	符号	最小	典型	最大	单位	测试条件
<b>精度指标</b>						
测量误差				0.1	%	电流通道 PGA 增益分别为 1, 2, 8, 16, 电压通道输入为交流 $\pm 500\text{mV}$ , 电流通道 PGA 输出信号为 $1\text{mV} \sim 1\text{V}$ (1000:1 动态范围)
通道间相位误差	$\Delta P$	-0.005		0.005	度	电流通道 PGA 增益为 1/2/8/16, 频率为 100Hz 通道间相位匹配误差与电流电压信号的相位无关
直流增益误差	$\Delta G_{DC}$	-2		2	%	不考虑参考电压的误差
电源电压抑制比	PSRR+	60			dB	
<b>模拟输入端口指标</b>						
最大输入范围	$V_{I_{max}}$	-1.0		+1.0	V	VP1, VN1, VP2, VN2 管脚输入电压范围
直流输入电阻	$R_{I_{DC}}$	1000			K $\Omega$	
片内参考电压源误差	$\Delta V_{REF}$	-100		+100	mV	
参考电压输出电阻	$R_{O_{ref}}$	2.0			K $\Omega$	
输入主时钟频率	$F_{MCLK}$		3.5795 45		MHz	可使用本地晶体, 也可外接时钟
<b>数字端口接口电平</b>						
输入高电平电压	$V_{IH}$	2.4			V	
输入低电平电压	$V_{IL}$			0.8	V	
输出高电平电压	$V_{OH}$	4.0			V	
输出低电平电压	$V_{OL}$			0.5	V	
输出驱动电流 1	I <sub>O1</sub>	10			mA	F01、F02 管脚
输出驱动电流 2	I <sub>O2</sub>	5			mA	CF0、REVP 管脚
<b>电源与功耗指标</b>						
模拟电源电压	AVDD	4.75	5.00	5.25	V	
数字电源电压	DVDD	4.75	5.00	5.25	V	
模拟电路功耗	PA			15	mW	
数字电路功耗	PD			15	mW	

## 5.2 CS7005B 实际测试结果

### 5.2.1 测量准确度

#### 5.2.1.1 测试电路

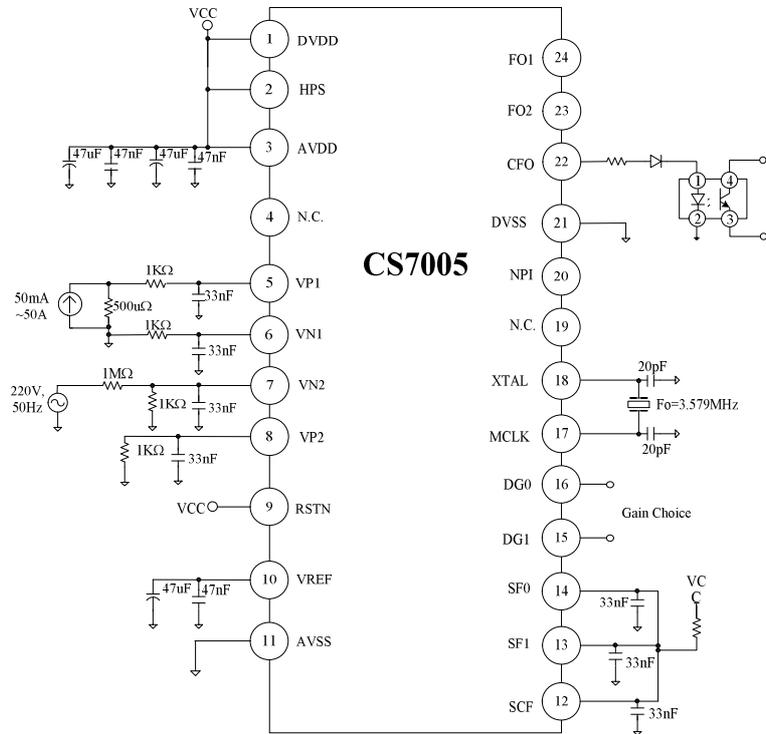


图3. CS7005B 精度测试电路

5.2.1.2 增益变化测试结果

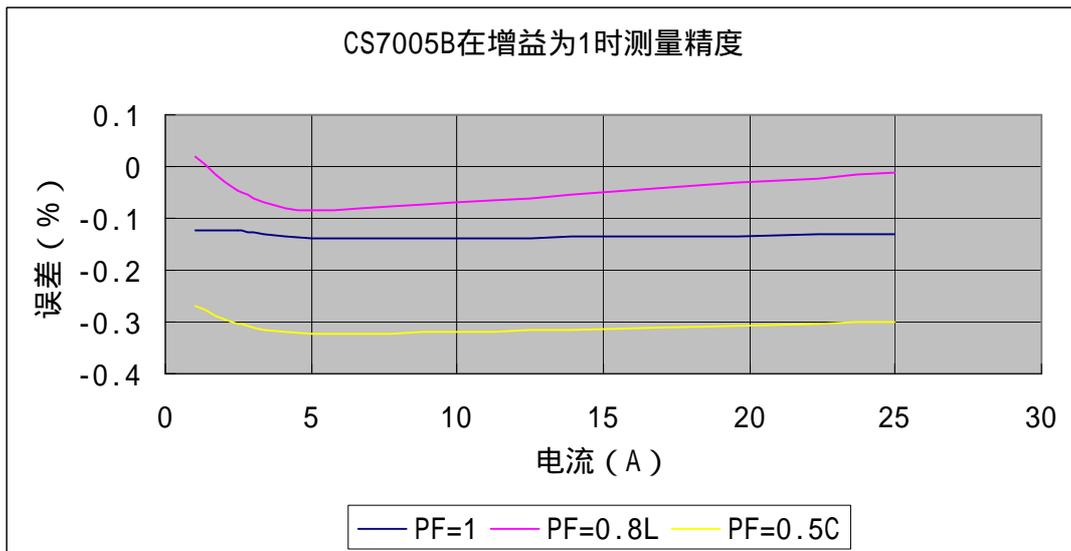


图4. CS7005B 在增益为 1 时测量精度

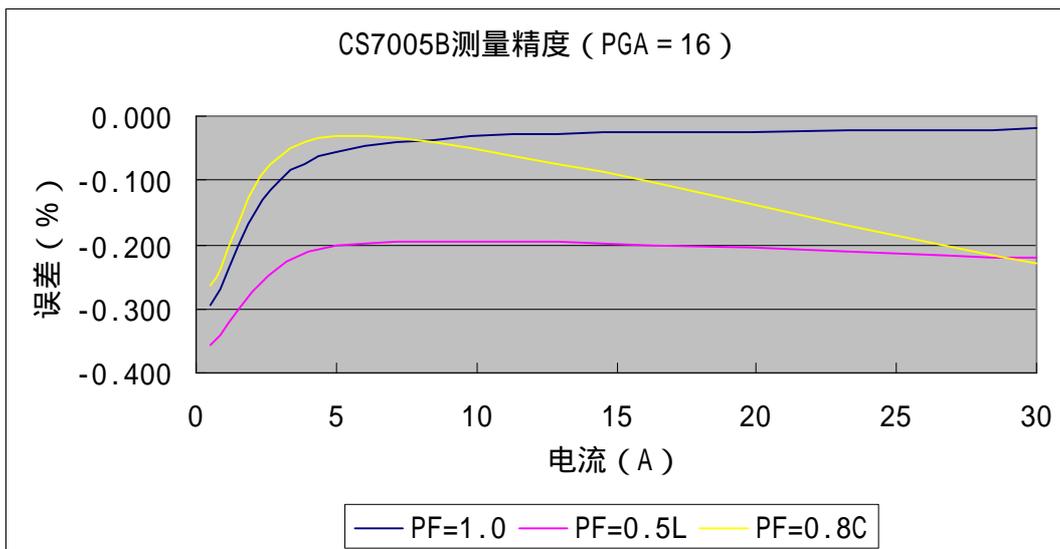


图5. CS7005B 测量精度 (PGA = 16)

5.2.1.3 频率变化测试结果

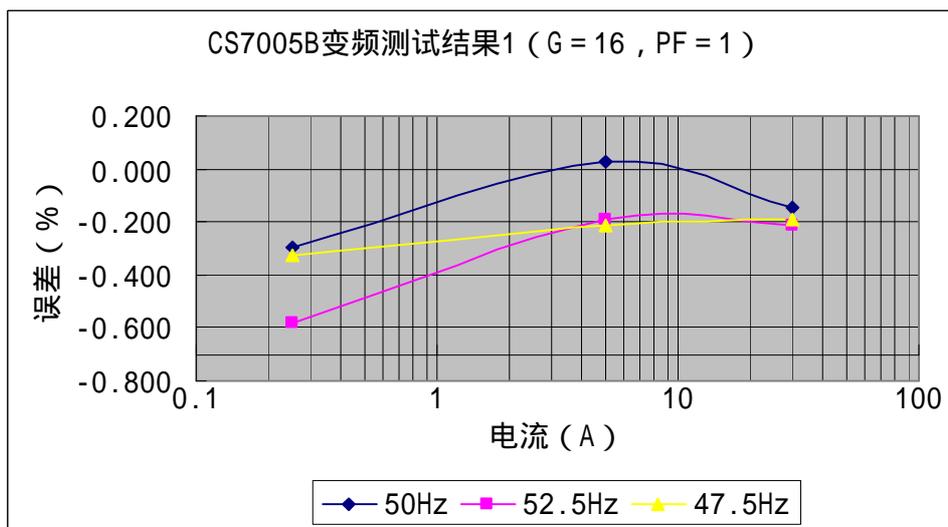


图6. CS7005B 变频测试结果 1 (G = 16 , PF = 1)

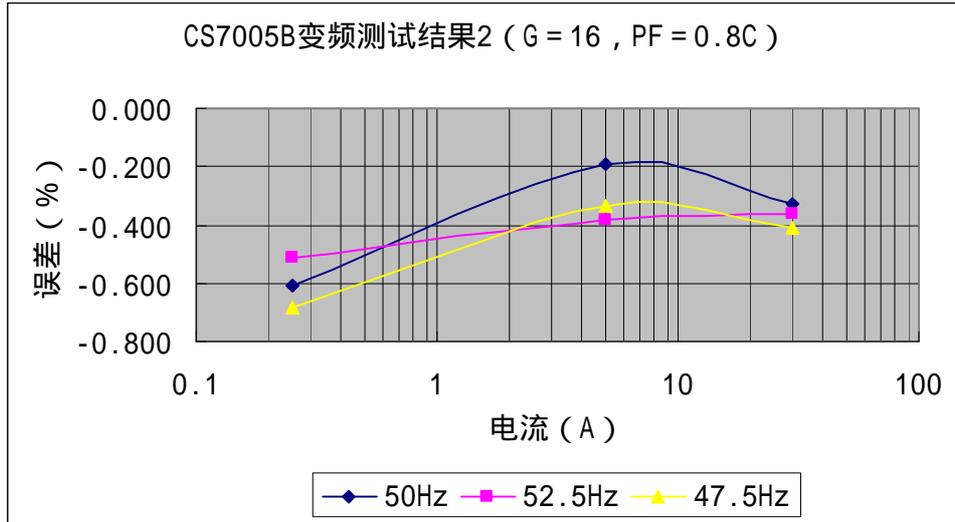


图7. CS7005B 变频测试结果 2 (G = 16, PF = 0.8C)

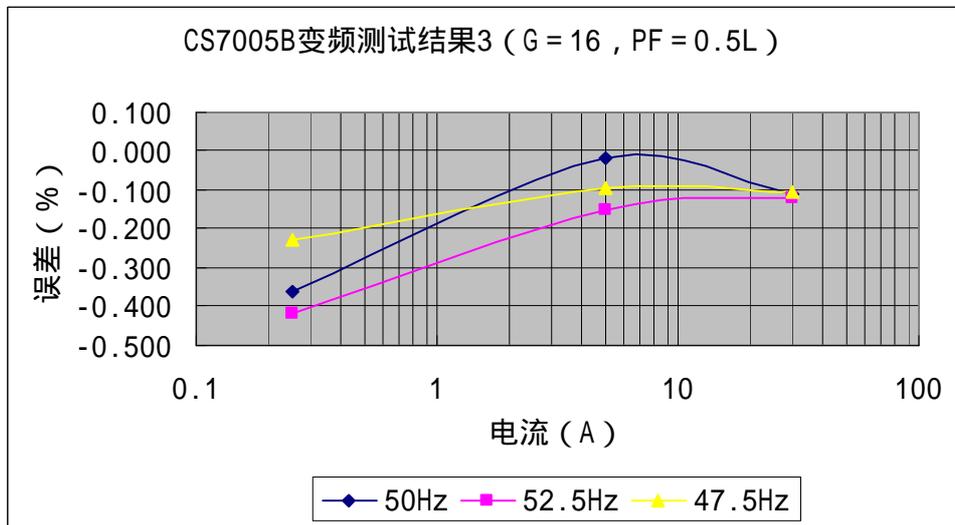


图8. CS7005B 变频测试结果 3 (G = 16, PF = 0.5L)

#### 5.2.1.4 潜动测试

根据 IEC1036 标准的规定，电表的启动电流必须不大于 0.4%I<sub>b</sub>。根据不同的参比电流，CS7005B 的启动电流测试结果：

- 1) 当 I<sub>b</sub> 10A 时，启动电流 I<sub>start</sub> 8mA，(假定线电压为 220V)
- 2) 当 I<sub>b</sub> 20A 时，启动电流 I<sub>start</sub> 16mA，(假定线电压为 220V)

#### 5.2.2 参考电压温度特性

在 - 45 ~ 85 范围内，CS7005B 的温度系数小于 30ppm/。结果如下图：

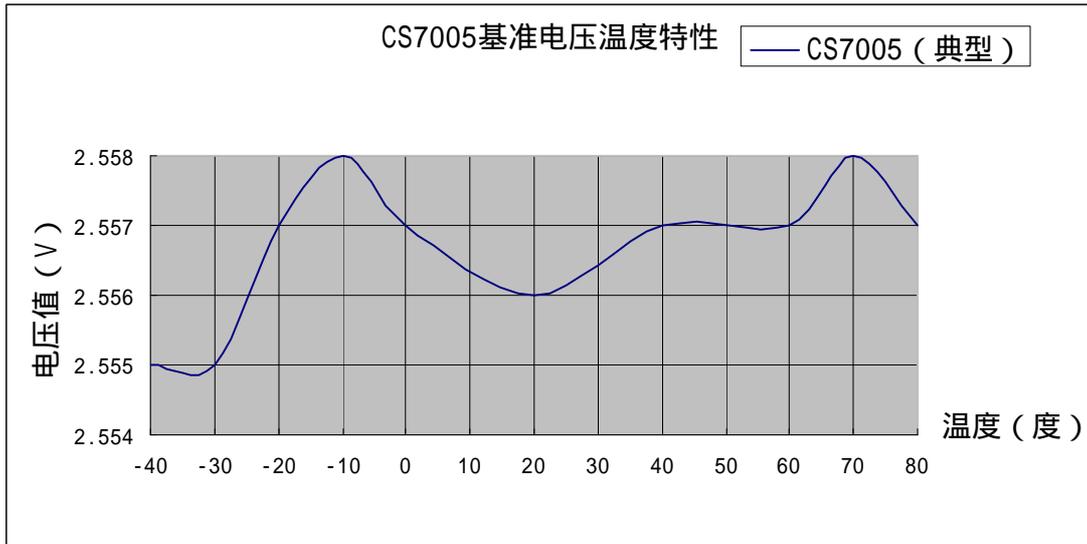


图9. CS7005B 基准电压随温度变化图

## 6 芯片工作原理

### 6.1 信号流

CS7005B 将电压通道、电流通道的信号经过 $\Sigma\Delta$  ADC 转换并经过高通滤波，然后相乘，相乘的信号再经过低通滤波、数字到频率转换后，通过 CFO、FO1、FO2 管脚输出数字脉冲，其信号流框图如下图所示。

设  $I(t) = I \times \cos(\omega \cdot t)$  ,  $V(t) = U \times \cos(\omega \cdot t)$  , 则功率为 :

$$P(t) = I(t) \cdot V(t) = \frac{1}{2} \times I \times U \times (1 + \cos(2 \cdot \omega \cdot t))$$

该  $P(t)$  经过低通滤波后，即为有功功率，然后再经数字 - 频率转换后直接输出。

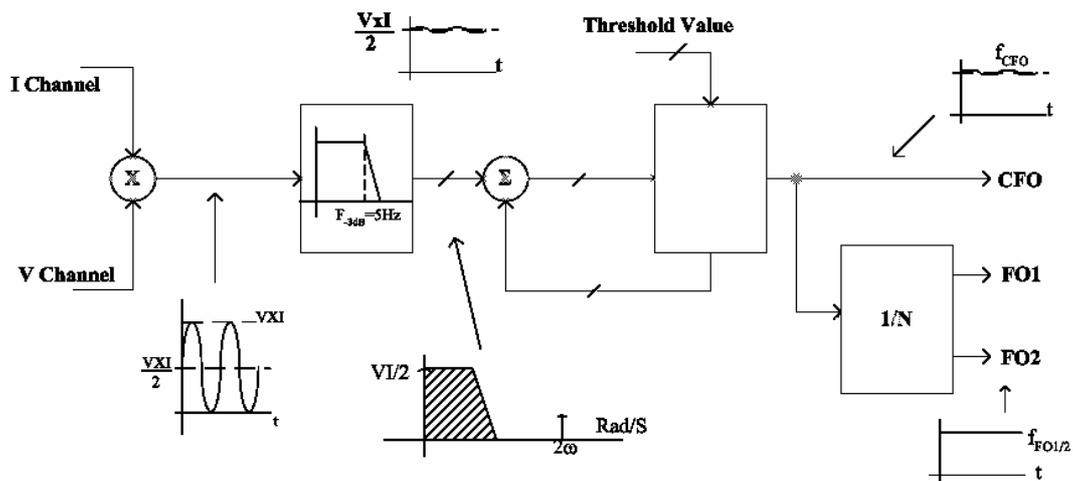


图10. CS7005B 信号流程

## 6.2 功率因子影响

以上是基于电压、电流同步时的计算，单电压、电流有相位差时，同样有效。假设相差60度，即  $I(t) = I \times \cos(\omega \cdot t)$ ， $V(t) = U \times \cos(\omega \cdot t + \frac{\pi}{3})$ ，则功率

$$P(t) = I(t) \cdot V(t) = \frac{1}{2} \times I \times U \times (\frac{1}{2} + \cos(2 \cdot \omega \cdot t))$$

该功率信号经过低通滤波后，同样得到正确的有功功率值  $P_{\text{active}} = \frac{1}{2} \times I \times U \times \frac{1}{2}$

## 6.3 非正弦电压电流输入

本芯片的有功功率计算，同样适合非正弦输入的有功功率计算，根据傅立叶分解，设定电压为：

$$V(t) = V_0 + \sum_{N \neq 0}^{\infty} V_N \times \sin(N \cdot \omega \cdot t + \alpha \cdot N)$$

其中：

$V(t)$ ——为瞬时电压值

$V_0$ ——电压的直流分量

$V_N$ ——为 N 次电压谐波幅度

$\alpha N$ ——为 N 次电压谐波的相位

电流为：

$$I(t) = I_0 + \sum_{N \neq 0}^{\infty} I_N \times \sin(N \cdot \omega \cdot t + \beta \cdot N)$$

其中：其中：

$I(t)$ ——为瞬时电流值

$I_0$ ——电流的直流分量

$I_N$ ——为 N 次电流谐波幅度

$\beta N$ ——为 N 次电流谐波的相位

有功功率为基波有功功率与所有谐波有功功率的和，即

$$P = P_1 + \sum_{N=2}^{\infty} P_N$$

其中：

$$P_1 = V_1 \times I_1 \times \cos q_1 \quad (q_1 = a_1 - b_1)$$

$$P_N = V_N \times I_N \times \cos q_N \quad (q_N = a_N - b_N)$$

由上式可知：电压、电流中包含的各次谐波功率因素及有功功率都已经计算在内，因此芯片的对非正弦输入的有功功率计算也正确。

## 7 模拟输入

### 7.1 电流通道

电流通过电流传感器转换为电压从电流通道（即 CS7005B 的第 1 通道）VP1、VN1（即第 5、6 管脚）管脚输入芯片内部进行功率计算，其为全差分输入，差分峰峰值最大可达 1V，共模电压可以达 ±0.2V。

#### 7.1.1 电压输入范围

在进行电能表设计时，为有效的防止电流通道和电压通道的信号过载，当 PGA = 1 时，应使输入信号的最大峰峰值不超过最大输入范围的一半（即 ±500mV），PGA = A 时，不超过 ±1/A。下表列出了电流通道的最大输入范围与 PGA 增益的关系：

表 3：电流通道的最大输入范围与 PGA 增益的关系

DG1	DG0	PGA 增益	最大输入差分峰峰值
0	0	1	±1V
0	1	2	±500mV
1	0	8	±125mV
1	1	16	±62.5mV

#### 7.1.2 电流传感信号接入方法

方法一：电阻采样

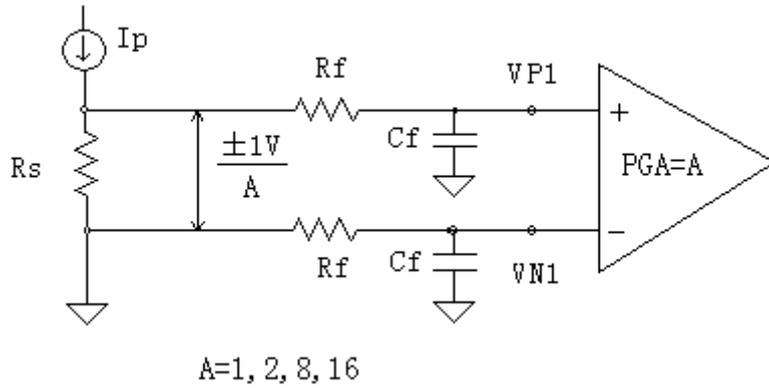


图11. 电流通道接入方法一(电阻采样)

图中： $R_s$  为电流采样电阻，一般为  $300 \sim 500\mu\Omega$  的锰铜电阻， $R_f$  与  $C_f$  组成一阶低通滤波器，用以滤除高频干扰信号，增强电表的抗高频干扰能力，同时，也可防止过大的高频信号导致模拟信号输入过载。

低通滤波器的 -3dB 转折频率为： $1/(2 \times \pi \times R_f \times C_f)$ ，设计时应使转折频率小于 100KHz ( $R_f$  可取值  $100 \sim 1000$ ， $C_f$  可取值  $1nF \sim 33nF$ )

注：RC 滤波器的转折频率越低，对  $R_f$ 、 $C_f$  的精度要求越高，否则会带来通道间的相位匹配误差，影响功率测量准确度。当 RC 滤波器转折频率小于 10KHz 时， $R_f$  的精度要保证在 1% 以内， $C_f$  的精度要在 10% 以内。当 RC 滤波器转折频率等于 100KHz 时， $R_f$  的精度要保证在 10% 以内， $C_f$  的精度要在 10% 以内。因此电表设计时，建议尽量采用高精度电阻、电容。

方法二：电流互感器 (CT)

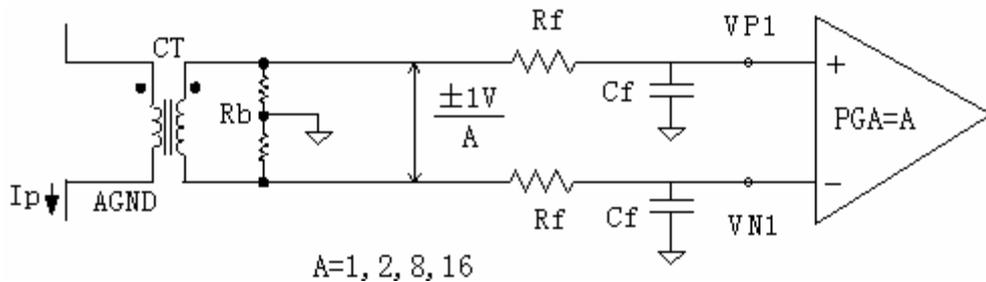


图12. 电流通道接入方法二 (电流互感 CT)

使用电流互感器采样电流时注意 CT 变比与负载电阻  $R_b$  的选择，必须保证最大负载条件下，电流通道 (即通道 1) 的差分峰峰电压不超过  $1/A$  ( $A$  为 PGA 的增益)。

## 7.2 电压通道

电压通道即 CS7005B 的第 2 通道， $VN_2$ 、 $VP_2$  (为第 7、8 管脚)，计量功率时从电压通道采样输入电网电压。

### 7.2.1 信号输入范围

CS7005B 电压通道的最大输入差分信号范围为 $\pm 1V$ ，电表设计时，为有效防止信号过载，并为电表的校正留下空间，应使输入信号的最大峰峰不超过最大输入范围的一半（即 $\pm 500mV$ ）。

### 7.2.2 信号接入方法

方法一：电阻分压

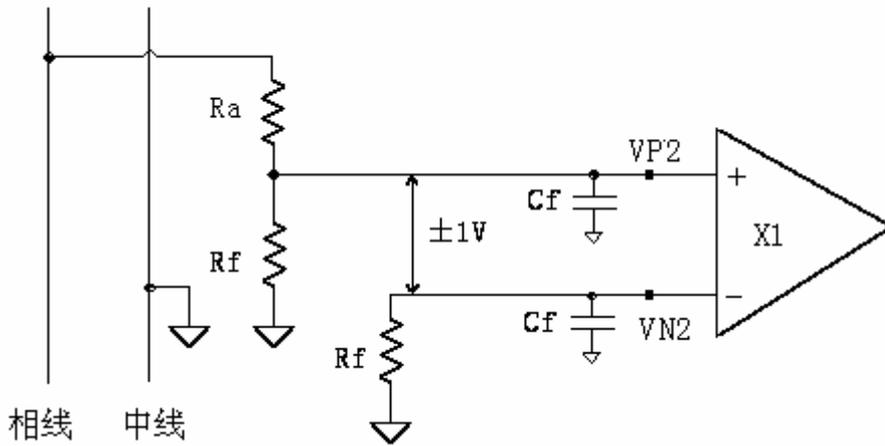


图13. 电压通道接入方法一（电阻分压）

上图中， $R_a$  为可调电阻网络，可方便电表输出频率的校正。图中所示的电压值为最大值。 $R_f$ ， $C_f$  的取值与电流通道相同。

方法二：变压器感应

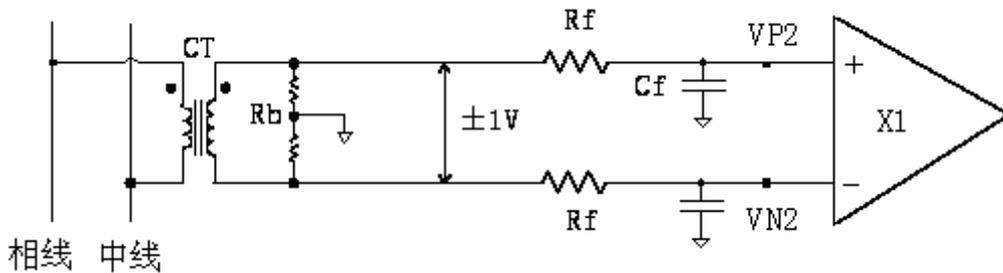


图14. 电压通道接入方法二

上图中  $R_f$ ， $C_f$  与第 1 通道相同。

## 8 电源电压的检测

CS7005B 片内设计有电源电压检测电路，当电源电压下降到  $0.8 \times V_{dd}$  时，芯片会自动复

位。检测电路的检测阈值设计有 0.1V 的滞回电压区间，避免了电源电压上的起伏噪声而引起的反复复位。

电源电压检测示意图如下：

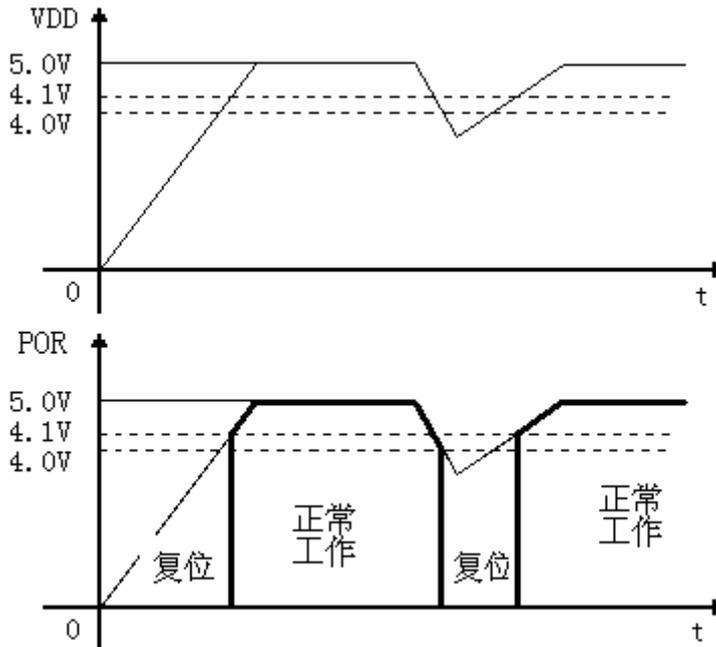


图15. 电源电压检测信号波形

## 9 高通滤波与失调电压影响

假设电压、电流通道分别有失调  $V_{os}$ 、 $I_{os}$ ，则在输入信号进行有功功率时出现误差相，具体如下公式、下图所示：

$$\begin{aligned}
 & [V \cdot \cos(\omega \cdot t) + V_{os}] \times [I \cdot \cos(\omega \cdot t) + I_{os}] \\
 & = V \times I / 2 + V_{os} \times I \times \cos(\omega \cdot t) + I_{os} \times V \times \cos(\omega \cdot t) + V_{os} \cdot I_{os} + V \times I \times \cos(2 \cdot \omega \cdot t) / 2
 \end{aligned}$$

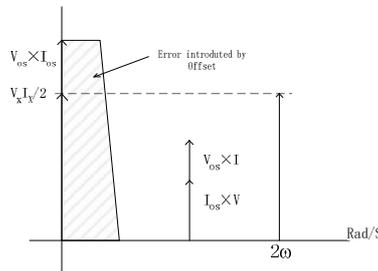


图16. 通道失调对有功功率计算的影响图

因此必须对电压、电流通道的输入数据进行高通处理，消除失调电压对有功功率计算的影响，CS7005B 的通道差异很小，通道相位误差远小于 0.05 度，保证在低功率因子时对功率计算的准确。

## 10 功率到频率转换

CS7005B 的两个通道信号结果相乘、低通滤波后，仍然包含经衰减后的谐波信号，特别是 2 次谐波。CS7005B 的低通滤波转折频率约为 5Hz，对于 100Hz 的信号衰减约 27dB，相对 0.1% 的精度要求，显然不够。

CS7005B 设计为直接输出数字脉冲驱动马达，因此需要将功率数值转换为对应频率的周期信号，用于周期驱动计数器，进行有功功率计量。

考虑以上要求，选择合适的数字到频率的转换，既对计量值中的瞬时信息进行有效衰减，同时输出准确周期信号。

CS7005B 的数字 - 频率转换采用独特的积分技术，将功率数值的瞬时信息平均，并且可以方便设置输出脉冲的阈值，方便设计重用。

其功能框图如下：

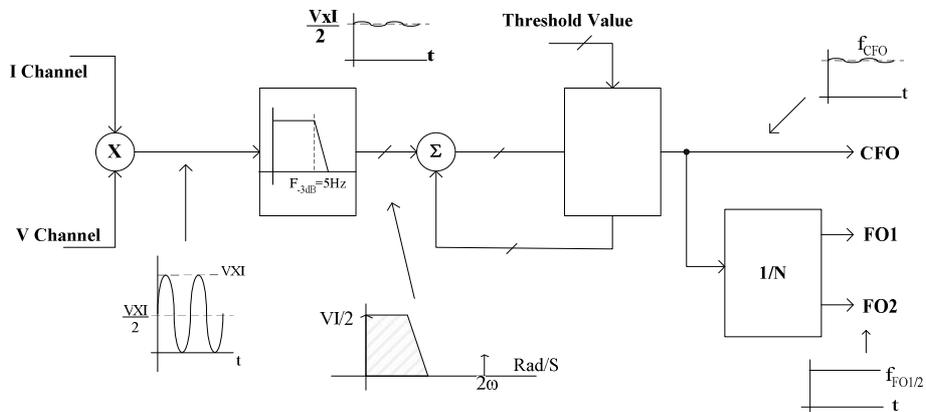


图17. CS7005B 数字 - 频率转换框图

CFO 是高频实时有功功率频率输出，最高可为 FO1、FO2 的 2048 倍，方便在电能表生产时较表，FO1、FO2 以非常低的频率输出，有效滤除高频成分，实现几乎无纹波输出，准确驱动计数器计数。

## 11 输出频率与输入信号的关系

### 11.1 FO1、FO2 输出频率与输入信号的关系

FO1、FO2 输出频率与电流、电压通道输入信号的关系如下：

$$F_o = \frac{8.06 \times V_{1,rms} \times V_{2,rms} \times A \times F_b}{V_{ref}^2}$$

其中：

F<sub>o</sub>——FO1、FO2 输出频率

V<sub>1,rms</sub>——电流通道输入信号的有效值 (RMS),  $V_{1,rms} = (VP1 - VN1)_{rms}$

$V_{2,rms}$ ——电压通道输入信号的有效值 (RMS),  $V_{2,rms} = (VP2 - VN2)_{rms}$

A——电流通道的 PGA 增益, 由 G0、G1 设置

$F_b$ ——参考频率, 由 SF0、SF1、SCF 设置

$F_b$  与 SF0、SF1 管脚电平的关系如下表:

表 4:  $F_b$  与 SF0、SF1 管脚电平的关系

SF1	SF0	$F_b$ (Hz)
0	0	1.7
0	1	3.4
1	0	6.8
1	1	13.6

## 11.2 CFO 输出频率与 FO1、FO2 输出频率的关系

CFO 输出频率与 FO1、FO2 输出频率的关系如下表:

表 5: CFO 输出频率与 FO1、FO2 输出频率的关系

SCF	SF1	SF0	CFO
1	0	0	$128 \times FO1, FO2$
0	0	0	$64 \times FO1, FO2$
1	0	1	$64 \times FO1, FO2$
0	0	1	$32 \times FO1, FO2$
1	1	0	$32 \times FO1, FO2$
0	1	0	$16 \times FO1, FO2$
1	1	1	$16 \times FO1, FO2$
0	1	1	$2048 \times FO1, FO2$ (高频模式)

## 12 电表应用时的参数设置

### 12.1 锰铜采样电阻的选择

针对不同的参比电流  $I_b$  (basic current), 应分别选用不同大小的锰铜采样电阻 ( $R_s$ ), 锰铜采样电阻的选择应考虑以下几种因素:

- 1) 功耗, IEC1036 标准规定电表的总功耗应不超过 2W。
- 2) 精度, 对 CS7005B 而言, 电流通道的输入信号越大, 测量准确度越高, 而 CS7005B 能够保证在电流通道的 PGA 输出在  $1mV \sim 0.6V$  的范围内 (即 1000:1 的动态范围), 输出频率都能达到 0.1% 的准确度。由于最终电表的测量准确度不仅与 CS7005B 相关, 还与片外的器件精度有关, 所以, 在功耗允许的情况下, 建议尽量使电流通道的输入信号落在 1000:1 动态范围的偏上部分, 以便在轻载的情况下, 也能保证测量准确度。
- 3) 散热, 锰铜采样电阻选取得过大, 会导致该电阻上的功耗过大, 会使电表的工作温度过高, 影响测量准确度。

采样电阻的取值应均衡考虑以上因素, 下表列出不同参比电流下, 锰铜电阻 ( $R_s$ ) 的参考取值 (PGA 增益设为 16 倍):

表 6：锰铜电阻 (Rs) 的参考取值 (PGA 增益设为 16 倍)

参比电流 (Ib , A)	最大电流( Imax ,A )	采样电阻值 ( Rs , u? )
2.5	10	1000 ~ 2000
5	20	500 ~ 1000
10	40	350 ~ 500
—	60	325
20	80	200
—	>100A	125 ~ 175

注：Imax 为最大电流，一般 Imax 6Ib

由于电流通道的 PGA 可分别设置为 1, 2, 8, 16 倍，这也为锰铜采样电阻的取值增加了很大的灵活性。如：对相同的参比电流，PGA 的增益提高一倍，则锰铜采样电阻的值可以减小一倍，从这一点说，应尽量将 PGA 的增益设置到 16 倍上，这样可以选用更小的采样电阻，而另一方面，输入信号越小，测量准确度便越差，虽然 CS7005B 能够保证 PGA 输出电压在 1000 : 1 的动态范围内达到 0.1% 的精度，但测量准确度还与片外的器件精度相关，所以在轻载情况下，适当增大锰铜采样电阻，使输入信号的幅度增加，可以更好地保证测量准确度。

## 12.2 输出频率与量程的关系

以 100imp/KWh 的计数器为例，当功率为 1KWh 时，F01、F02 的输出频率为：

$$100/3600 = 0.0278\text{Hz}$$

下表列出了不同大小的电流，计数器为 100imp/KWh 的电表对应的 F01、F02 输出频率（假设线电压为 220V）：

表 7：FO1，FO2 输出频率与输入电流关系表

电流 (A)	FO1，FO2 频率 (Hz)
10	0.061
20	0.122
40	0.244
60	0.366
80	0.488
100	0.61
120	0.732

## 12.3 SF0，SF1，SCF 的设置

### 12.3.1 SF0，SF1 的设置

电表设计时，应使电流通道和电压通道的输入信号不超过最大值得一半（参考 6.1.1、6.2.1），这样可以使电流、电压通道的信号在极端情况下不至于过载，对电压通道而言，也能留下校正的空间。

下表给出了对应不同电流范围的 SF0、SF1 的电平设置方法，以及 CS7005B 在对应条件下

所能输出的最大频率，供电表设计者参考。（电压通道为半满幅交流输入，即输入信号峰峰值为  $\pm 500\text{mVpp}$ ）

表 8：FO1/FO2 最大频率表

Imax( A )	Rs(u?)	增益	PGA 输出 ( mVpp )	SF1	SF0	Fb ( Hz )	FO1, FO2 最大输出频率 ( Hz )
10	1000	16	$\pm 226$	0	0	1.7	0.124
20	500	16	$\pm 226$	0	1	3.4	0.248
40	350	16	$\pm 317$	0	1	3.4	0.347
60	325	16	$\pm 441$	0	1	3.4	0.486
80	200	16	$\pm 361$	1	0	6.8	0.794
100	125	16	—	1	1	13.6	1.24

注：上表中的 FO1、FO2 最大输出频率均按交流输入信号计算得出。

从上表中可以看出，在最大电流较小时，PGA 的输出电压较小，距离半满幅（ $\pm 500\text{mVpp}$ ）的距离较远，此时，可以适当增加 Rs 电阻，以便更好地保证轻载时的测量准确度。

在大电流情况下，如果 PGA 的输出电压接近或超过半满幅度，设计者可以在 PGA 的增益与 Fb 之间进行灵活选择，如：将 PGA 增益减小一倍，而将 Fb 增大一倍，设计者可根据实际需要，灵活安排。

### 12.3.2 SCF 的设置

在完成 SF0, SF1 的设置后，SCF 可以根据电表常数来确定，对于计数器为 100imp/KWh，电表常数为 3200imp/KWh 的电表，FO1、FO2 的输出频率与 CF0 的输出频率的关系是 100/3200，从（表 5）中可以直接查到 SCF 的电平设置。

对于电表参数为其它值的电表，SCF 的设置方法类似，如：电表参数为 6400imp/KWh 时，FO1、FO2 的输出频率与 CF0 的输出频率的关系是 100/6400。

## 13 FO1, FO2, CFO 输出时序

输出时序图如下：

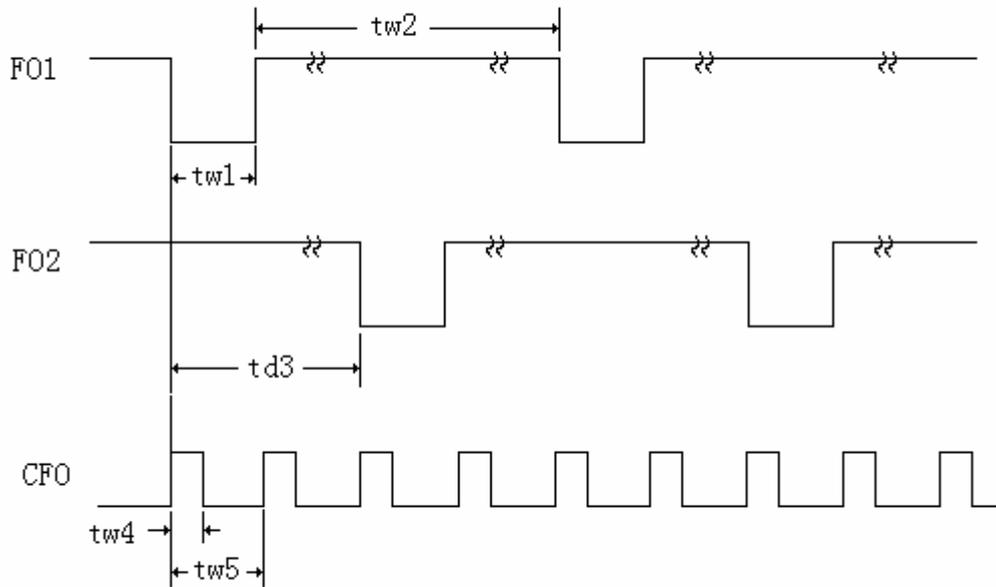


图18. F01 , F02 , CFO 输出时序图

时序参数见下表：

表 9：CS7005B 时序参数表

参数	符号	最小	典型	最大	单位
当 F01、F02 的输出频率小于 1.81Hz ( 550ms ) 时					
F01 , F02 脉宽	$tw1$	275			ms
F01 , F02 周期	$tw2$	T			s
F02 与 F01 的延时	$td3$	T/2			s
当 F01、F02 的输出频率大于 1.81Hz ( 周期小于 550ms ) 时					
F01 , F02 脉宽	$tw1$	T/2			s
F01 , F02 周期	$tw2$	T			s
F02 与 F01 的延时	$td3$	T/2			s
当 CFO 的输出频率小于 5.56Hz ( 周期大于 180ms ) 时					
CFO 脉宽	$tw4$	90			ms
CFO 周期	$tw5$	TCFO			s
当 CFO 的输出频率大于 5.56Hz ( 周期小于 180ms ) 时					
CFO 脉宽	$tw4$	TCFO/2			s
CFO 周期	$tw5$	TCFO			s
CFO 频率为高频模式 ( 见表 5 )					
CFO 脉宽	$tw4$	18			us
CFO 周期	$tw5$	TCFO			s
说明： TCFO : CFO 输出脉冲的周期					

参数	符号	最小	典型	最大	单位
T : F01 , F02 输出脉冲的周期					
测试条件 :					
AVDD = DVDD = 5V + /-5% , 参考时钟为 3.579MHz , 温度范围为 - 40 ~ 85 度					

## 14 启动阈值电流

根据 IEC1036 标准的规定，电表的启动电流必须不大于 0.4%I<sub>b</sub>。根据不同的参比电流，CS7005B 内部分别设计有不同的启动电流：

- 3) 当 I<sub>b</sub> 10A 时，启动电流 I<sub>start</sub> 8mA ,( 假定线电压为 220V )
- 4) 当 I<sub>b</sub> 20A 时，启动电流 I<sub>start</sub> 16mA ,( 假定线电压为 220V )

## 15 极限工作条件

表10 CS7005B 极限工作条件

参数	最小	典型	最大	单位
AVDD 相对于 AVSS 电压	- 0.4		7.0	V
DVDD 相对于 DVSS 电压	- 0.4		7.0	V
AVDD 相对于 DVDD 电压	- 0.4		0.4	V
VN1 , VP1 , VN2 , VP2 端口相对于 AGND 电压	- 1		1	V
其余端口相对于 VDD 电压	- 0.4		VDD + 0.4	V
存储温度范围	- 65		150	
最大工作温度范围	- 40		85	
结温	—		150	
焊接温度 ( 10 秒 )		260		
ESD ( HBM )	3.5	4		KV
管脚 Latch-up 电流	150	200		mA

## 16 CS7005B封装

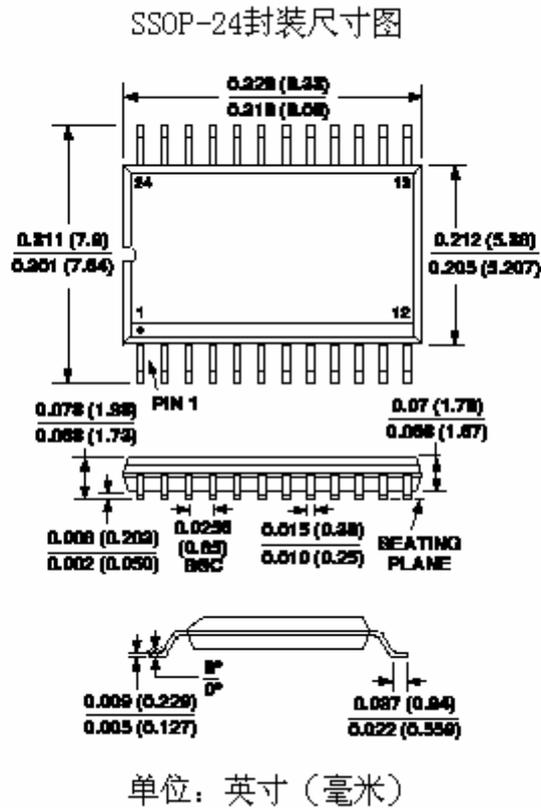


图19. CS7005B 封装轮廓图

## 17 附录 1：电表设计时的参数设置

举例说明电表设计时的参数设置。

假设相关输入参数如下：

线电压：220V

参比电流：10A

最大电流：40A

电表计数器：100imp/KWh

电表常数：3200imp/KWh

锰铜采样电阻：350u?

按照以下步骤设计：

### 17.1 第 1 步：首先计算电流通道最大输入电压 VP1p

$$V_{1, rms} = 40A \times 350 \text{ u?} = 14mV$$

$$VP1p = 1.414 \times V_{1, rms} = 19.8mV$$

很显然，PGA 的增益要设为 16 倍，以便合理利用 1000 : 1 动态范围

PGA 的输出电压为：19.8 × 16 = 317mV

由表 8 可查出，Fb = 3.4Hz

### 17.2 第 2 步：计算最大输出频率

$$F_{O1/2_{max}} = 40A \times 220V \times (100 \text{ imp/KWh}) / 31000 = 0.2444444\text{Hz}$$

### 17.3 第 3 步：计算电压通道的输入电压

根据输出频率表达式：
$$F_o = \frac{8.06 \times V_{1,rms} \times V_{2,rms} \times A \times F_b}{V_{ref}^2}$$

得到：

$$0.2444444\text{Hz} = 8.06 \times 14\text{mV} \times V_{2,rms} \times 16 \times 3.4\text{Hz} / 2.5^2$$

计算出  $V_{2,rms} = 248.885\text{mV}$ ，因此得到 VP2p 为

$$VP2p = 1.414 \times 248.885\text{mV} = 351.92\text{mV}$$

所以，只要调整电压通道的校正电阻网络，使得电压通道的输入电压 VP2p 为 351.92mV 即可。

## 18 附录 2：CS7005 应用电路BOM清单

标识	标称值	类型	描述
M1	0		
C7	0.1uF	电容	10%，16V
C3	0.1uF	电容	10%，50V
C2	0.1uF	电容	10%，16V
C8	0.1uF	电容	10%，16V
CR1	0.1uF	电容	10%，50V
C1	0.1uF	电容	10%，16V
C18	0.1uF	电容	10%，16V
C13	0.33uF	电容	275V
RW1	350uΩ	锰铜电阻片	
R2	1K Ω	电阻	5%，1/8W
R14	1K Ω	电阻	5%，1/16W
R5	1K Ω	电阻	5%，1/8W
R3	1K Ω	电阻	5%，1/8W
R4	1K Ω	电阻	5%，1/8W
D1	1N4007	二极管	
Z1	1N4734A	Schottky Diode	
Z2	1N4744A	Schottky Diode	

## 单相有功功率计量芯片 CS7005B

标识	标称值	类型	描述
R13	2.2K $\Omega$		5% , 1/16W
Q1	2SC1623-L6	NPN 三极管	
CRY1		石英晶体	3.579545MHz
R12	4.7K $\Omega$	电阻	5% , 1/16W
R11	9.1K $\Omega$	电阻	5% , 1/16W
R1	10K $\Omega$	电阻	5% , 1/8W
R26	10K $\Omega$	电阻	5% , 1/8W
R28	10K $\Omega$	电阻	5% , 1/8W
R17	10M $\Omega$	电阻	5% , , 1/8W
R10	18K $\Omega$	电阻	5% , 1/16W
R23	20 $\Omega$	电阻	5% , 1/8W
R24	20 $\Omega$	电阻	5% , 1/8W
C10	22pF	电容	5% , 50V
C11	22pF	电容	5% , 50V
R16	24K $\Omega$	电阻	5% , 1/8W
R21	24K $\Omega$	电阻	5% , 1/8W
C9	33nF	电容	10% , 50V
C6	33nF	电容	10% , 50V
C4	33nF	电容	10% , 50V
C12	33nF	电容	10% , 50V
R9	39K $\Omega$	电阻	5% , 1/16W
R8	75K $\Omega$	电阻	5% , 1/8W
R15	100 $\Omega$	电阻	5% , 1/8W
R27	100 $\Omega$	电阻	5% , 1/8W
R7	100K $\Omega$	电阻	5% , 1/2W
C17	100uF	电容	16V
R30	150K $\Omega$	电阻	5% , 1/2W
R31	150K $\Omega$	电阻	5% , 1/2W
R6	150K $\Omega$	电阻	5% , 1/2W
VA	220V		*
C14	470uF	Capacitor	35V
R25	471 $\Omega$	电阻	5% , 1W
R22	510 $\Omega$	电阻	5% , 1/16W
R20	621 $\Omega$	电阻	5% , 1/8W
RV1	680K $\Omega$	Metal Oxide Varistors	Vrms=275V;VDC=350V
U1	CS7005	芯海科技的 CS7005 芯片	*
1.6	JUMPER	跳线	*
0.8	JUMPER		*
0.4	JUMPER		
12.8	JUMPER		
6.4	JUMPER		

标识	标称值	类型	描述
3.2	JUMPER		
S0	JUMPER		
S1	JUMPER		
0.2	JUMPER		
0.1	JUMPER		
L1	LED	发光二极管	
E1	NEC2501	光电耦合芯片	

## 19 附录 3 : CS7005B应用电路

图20. CS7005B 应用电路图

图21. 校正电阻网络