

◆ **特点**

- ✦ 高精度，在输入动态工作范围（500:1）内，非线性测量误差小于 0.1%
- ✦ 校表过程中高稳定性，输出频率波动小于 0.1%
- ✦ 精确测量正、负两个方向的有功功率，且以同一方向计算电能
- ✦ 电流通道增益可变，在电流通道输入端可以使用小的分流电阻
- ✦ 慢速输出脉冲能直接驱动电机工作，快速输出脉冲可用于计算机数据处理
- ✦ 防窃电功能，逻辑输出脚 REVP 用于显示反向用电或者错误用电状况
- ✦ 芯片上有电压检测电路，检测掉电状况
- ✦ 具有防潜动功能
- ✦ 芯片上带参考电压源 $2.42V \pm 8\%$ （温度系数典型值 $30\text{ppm}/^\circ\text{C}$ ），也可以使用外部电压源
- ✦ 单工作电源 5V
- ✦ 低功耗 15mW（典型值）
- ✦ 采用 0.35um CMOS 工艺。批量的一致性和产品可靠性得到进一步提高

◆ **概述**

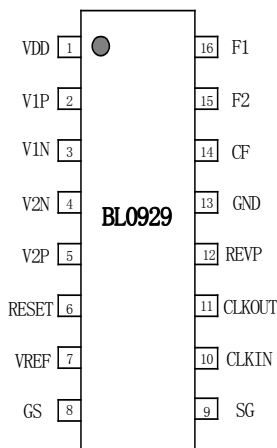
BL0929 集成电路是电子式电度表的核心计量芯片，它在设计上采用了过采样和数字信号处理技术，从而大大地提高了芯片的测量准确度，同时，在 A/D 转换后的数据均由数字电路进行运算和处理，保证了芯片的长期稳定性。基于此芯片设计的电子式电度表具有外围电路简单、精度高、稳定性好等特点，适用于单相两线电力用户的电能计量。

BL0929 对正、反向有功功率均可测量，且可将反向有功功率转换成与正向有功功率方向一致的脉冲输出，同时在芯片引脚（Pin12）上给出了反向用电指示。因此，用 BL0929 制成的电子式电度表具有很强的防窃电能力。

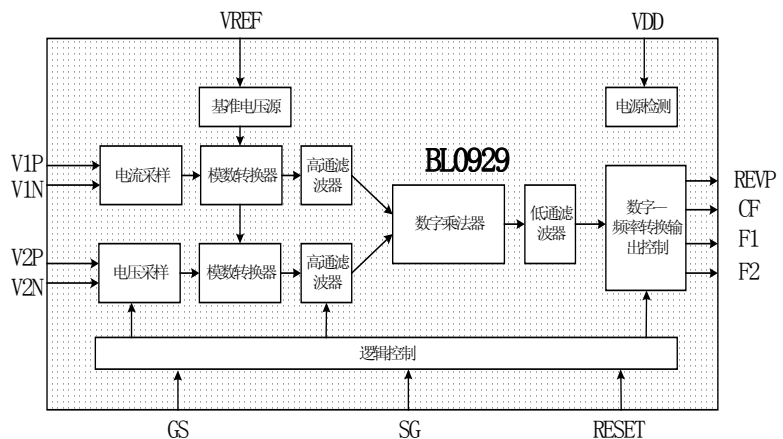
BL0929 具有两种不同频率的脉冲输出。Pin14 输出以较高频率的脉冲，用于校验和计算机数据处理，而 Pin15 和 Pin16 输出一组较低频率的脉冲，用于直接驱动步进电机，以推动计度器进行电量累积。

在 BL0929 中充分考虑到兼顾电度表潜动和起动的性能的不同要求，采用了合理的数字化的防潜动阈值设计，在保证可靠地防止潜动的前提下，使起电电流远低于标准要求。

◆ **管脚与框图**



SOP 16



BL0929 系统框图

◆ 管脚描述

| 管脚号 | 符号 | 说明 |
|-------|---------|------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | VDD | 正电源 (+5V), 提供电源, 正常工作时电源电压应该保持在 $5V \pm 5\%$ 之间。 |
| 2,3 | V1P,V1N | 电流采样信号的正,负输入脚。最大差分输入电压为 $\pm 470mV$ 。 |
| 4,5 | V2N,V2P | 电压采样信号的负,正输入脚。最大差分输入电压为 $\pm 660mV$ 。 |
| 6 | /RESET | 复位引脚, 低电平有效。 |
| 7 | VREF | 参考电压调整端, 片内基准电压标称值在 $2.42 \pm 8\%$, 温度系数典型值为 $30ppm/^{\circ}C$ 。允许使用外部 2.5V 电压输入。 |
| 8 | GS | 内部控制端, 低电平有效。 |
| 9 | SG | 针对不同的电表常数选择不同的输出频率, 为电表设计提供更大的选择范围。 |
| 10 | CLKIN | 外部时钟引入或与 CLKOUT 之间接晶振 |
| 11 | CLKOUT | 时钟驱动脚或与 CLKIN 之间接晶振 |
| 12 | REVP | 负向有功功率指示信号, 当电流通道和电压通道输入信号的相位差大于 90° 时, 该脚输出高电平。 |
| 13 | GND | 内部电路接地点 |
| 14 | CF | 高速校验脉冲输出脚, 输出频率正比与瞬时有功功率的大小。 |
| 16,15 | F1,F2 | 低速逻辑输出脚, 其输出频率正比于平均有功功率的大小, F1,F2 为非交叠输出, 可以驱动机电式计度器或两相步进电机。输出频率见 BL0929 计算公式。 |

◆ 极限范围

(T = 25 °C)

| 项目 | 符号 | 极值 | 单位 |
|---------------|----------------|---------------------------------|----|
| 电源电压 VDD | VDD | -0.3~+7(max) | V |
| 输入电压(相对于 GND) | V _v | $VSS+0.5 \leq V_v \leq VDD-0.5$ | V |
| 输入电压(相对于 GND) | V _i | $VSS+0.5 \leq V_i \leq VDD-0.5$ | V |
| 工作温度 | Topr | -40~+85 | °C |
| 贮藏温度 | Tstr | -55~+150 | °C |
| 功耗 (SOP16) | | 400 | mW |

◆ 电参数

1) 常温电特性

(T=25°C, VDD=5V, CLKIN=3.58MHz)

| 测量项目 | 符号 | 测量条件 | 测量点 | 最小 | 典型 | 最大 | 单位 |
|-----------------------|------------------|--------|---------|----|----|----|----|
| 1 电源电流 | I _{VDD} | | Pin1 | | 4 | | mA |
| 2 逻辑输入脚 SG, /RESET | | | Pin 9,6 | | | | |
| 输入高电平 | V _{IH} | VDD=5V | | 2 | | | V |
| 输入低电平 | V _{IL} | | | | | 1 | V |

| | | | | | | | |
|-------------------------------|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|--------|-----|-------|--------|
| 输入电容 | C_{IN} | | | | | 10 | pF |
| 3 逻辑输出脚 F1,F2 | | | Pin15,16 | | | | |
| 输出高电平 | V_{OH1} | $I_H=10mA$ | | 4.4 | | | V |
| 输出低电平 | V_{OL1} | $I_L=10mA$ | | | | 0.5 | V |
| 输出电流 | I_{O1} | | | | 10 | | mA |
| 4 逻辑输出脚 CF,REVP | | | Pin14,12 | | | | |
| 输出高电平 | V_{OH2} | $I_H=10mA$ | | 4.4 | | | V |
| 输出低电平 | V_{OL2} | $I_L=10mA$ | | | | 0.5 | V |
| 输出电流 | I_{O2} | | | | 10 | | MA |
| 5 基准参考电压 | V_{ref} | $VDD=5V$ | Pin7 | 2.3 | 2.5 | 2.7 | V |
| 温度系数 | | | | | 30 | | ppm/°C |
| 6 模拟输入脚 V1P,V1N V2N,V2P | | | Pin2,3, 4,5 | | | | |
| 最大输入电平 | V_{AIN} | | | | | ±1 | V |
| 直流输入阻抗 | | | | | 330 | | Kohm |
| 输入电容 | | | | 6 | | 10 | pF |
| 7 精度 | | | | | | | |
| 电流通道的非线性 测量误差 | | | | | | | |
| 增益为 1 | ENL1 | 电压通道输入±660mV; 电流通道在 500:1 动态范围内 | Pin14 | | | 0.1 | % |
| 增益为 16 | ENL16 | | Pin14 | | | 0.1 | % |
| 两个通道相位误差 | | | | | | | |
| 电流超前 37°C (PF=0.8 容性) | | | Pin14 | | | 0.1 | 度(°) |
| 电流滞后 60°C (PF=0.5 感性) | | | Pin14 | | | 0.1 | 度(°) |
| 8 防潜阈值 | | $I_b=5A$ $C=3200,$ | Pin2 | 0.0015 | | 0.003 | % |
| 9 负向有功功率测量误差% | ENP | $V_v=\pm 110mV,$ $V(I)=2mV,$ $\cos\phi=\tilde{1}$ $V_v=\pm 110mV,$ $V(I)=2mV,$ $\cos\phi=-1$ | Pin14 | | | 0.1 | % |
| 10 增益误差 | Gain error | | Pin14 | | | ±5 | % |

| | | | | | | | |
|-----------------------|-------------------|--------------------------|-------|-----|---|-----|---|
| 11 增益匹配误差 | | | Pin14 | 0.2 | | 1 | % |
| 12 电源监控电路检测电平(掉电检测电平) | V _{down} | 电源从3.5V~5V变化, 电流电压通道满幅输入 | Pin14 | 3.9 | 4 | 4.1 | V |

指标说明

1)非线性误差%

BL0929 的电压通道输入固定 Pin4,pin5 之间交流电压 V_v 为 110mV,功率因数 $\cos\phi=1$,Pin2 与 Pin3 之间电压 V_i 在对应与 5% I_b ~800% I_b 范围内, 任何一点输出频率相对于 I_b 点的测量非线性误差小于 0.1%

$$eNL\% = [(X \text{ 点误差}\% - I_b \text{ 点误差}\%) / (1 + I_b \text{ 点误差}\%)] * 100\%$$

2)防潜阈值

典型情况下, CF 输出所代表的最小功率为满量程输出的 0.0015%, 对于低于该阈值的功率, 不输出计量脉冲。

3) 正负输入功率

指 Pin4-Pin5 间的电压采样信号 $V(V)$ 与 Pin2-Pin3 间的电流通道输入信号 $V(I)$ 乘积 $V(V)*V(I)*\cos\phi$ 的符号, 大于零为正功,小于零为负功。

4)正、负向有功功率误差%

在相等的有功功率条件下, 在 $V(V)=\pm 110mV$ 、 $V(I)$ 对应 I_b (5A) 点, BL0929 测得的负向有功功率与正向有功功率之间的相对误差:

$$eNP\% = [(eN\% - eP\%) / (1 + eP\%)] * 100\%$$

eP%:正向有功功率误差; eN%:负向有功功率误差。

5) 增益误差

由于工艺偏差造成的芯片与芯片的增益略有不同, 这种偏离相对于标称值的百分比为增益误差。

6) 增益匹配误差

同一芯片中, 不同增益选择条件下, 对于相同输入功率, 输出频率的误差。

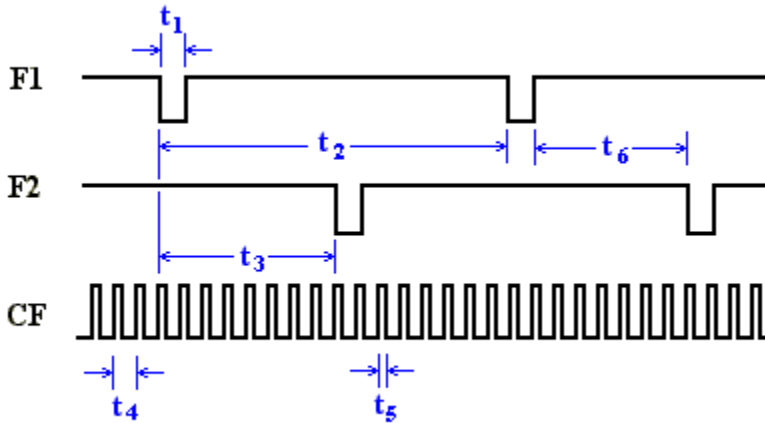
7) 电源监控电路检测电平(掉电检测电平)

片内电源监测电路检测电源变化情况, 当电源电压低于 4 伏左右时, 内部电路被复位。当电源电压超过该值时, 电路恢复工作在正常状态。

◆ 时序特性

(VDD = 5V, GND = 0V, 使用片内基准电压源, CLKIN = 3.58MHz, 温度 -40~+85°C)

| 参数 | 数值 | 说明 |
|----|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| t1 | 275ms | F1 和 F2 的低电平脉宽，在低功率时，F1, F2 输出定脉宽，为 275ms。当计量大功率时，F1, F2 输出周期小于 550ms 时，F1, F2 的脉宽为周期的一半。 |
| t2 | | F1, F2 输出低速脉冲周期，见 BL0929 计算公式。 |
| t3 | t2 周期的一半 | F1 下降沿到 F2 下降沿之间的时间。 |
| t4 | 90ms | 高速输出脉冲 CF 的高电平脉宽，在计量小功率时，CF 定脉宽为 90ms。当计量大功率时，CF 输出周期小于 180ms 时，CF 的脉宽为周期的一半。 当 SCF=0, S1=S0=1 的高频模式时，CF 的脉宽为 20us。 |
| t5 | | CF 输出高速脉冲频率，见 CF 与 F1, F2 之间关系及 BL0929 计算公式。 |
| t6 | CLKIN/4 | F1, F2 之间的最小时间间隔。 |



注意：以上技术指标随以后设计及工艺的改变会有所变化，请随时关注最新的技术规范。

◆ 工作原理

◆ 电能计量原理

电能计量主要把输入的电压和电流信号按照时间相乘，得到功率随着时间变化的信息，假设电流电压信号为余弦函数，并存在相位差 Φ ，功率为：

$$p(t) = V \cos(\omega t) \times I \cos(\omega t + \Phi)$$

令 $\Phi = 0$ 时：

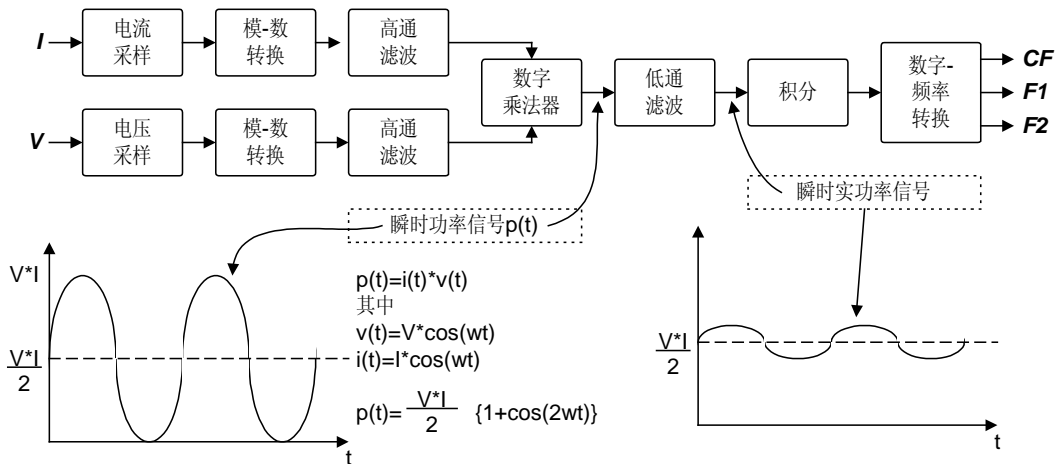
$$p(t) = \frac{VI}{2} (1 + \cos(2\omega t))$$

令 $\Phi \neq 0$ 时：

$$\begin{aligned}
 p(t) &= V \cos(\omega t) \times I \cos(\omega t + \Phi) \\
 &= V \cos(\omega t) \times [I \cos(\omega t) \cos(\Phi) + \sin(\omega t) \sin(\Phi)] \\
 &= \frac{VI}{2} (1 + \cos(2\omega t)) \cos(\Phi) + VI \cos(\omega t) \sin(\omega t) \sin(\Phi) \\
 &= \frac{VI}{2} (1 + \cos(2\omega t)) \cos(\Phi) + \frac{VI}{2} \sin(2\omega t) \sin(\Phi)
 \end{aligned}$$

$p(t)$ 称为即时功率信号，理想的 $p(t)$ 只包括两部分：直流部分和频率为 2ω 的交流部分。前者又称为即时实功率信号。即时实功率是电能表测量的首要对象。

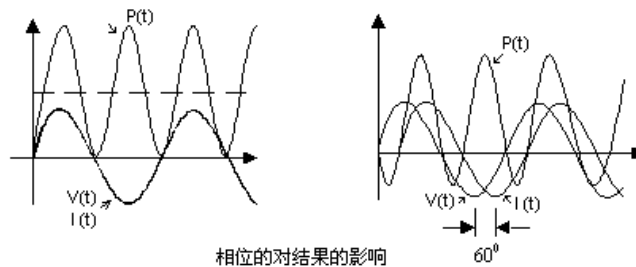
◆ 电能计量信号流



在通过对电流电压信号高精度采样及模数转换后，电流电压信号通过数字乘法器得到瞬态功率信号 $p(t)$ 。让 $p(t)$ 通过一个截至频率很低（如 1Hz）的取直低通滤波器，把即时实功率信号取出来。然后对该实功率信号对时间进行积分，得到能量的信息。如果选择积分时间十分的短，可以认为得到的是即时能量消耗的信息，也可以认为是即时功率消耗的信息，因为前后两者成正比关系。如果选择的较长的积分时间，得到的是平均的能量消耗的信息，同样也可以认为是平均功率消耗的信息。

取直低通滤波器的输出会被送到一个数字-频率转换的模块，在这里即时实功率会根据要求作长时或短时的积分（即累加计数），转换成与周期性的脉冲信号，这就是电子电能表的基本输出信号。输出的脉冲信号的频率与能量消耗的大小成正比。输出脉冲送到片外的计数马达，并最终得到能量消耗的大小的计数值。

可以看出计算出的即时实功率与电压和电流信号的相位差的余弦值 $\cos(\Phi)$ 的有关，该余弦值被称为这两路信号的功率因子。



◆ 输入的直流成分对测量结果的影响

假设电压和电流输入直流成分分别是 V_{os} 和 I_{os} ,且功率因子等于 1 ($\Phi=0$ 度)

$$p(t)=(V\cos(\omega t)+V_{os})*(I\cos(\omega t)+I_{os})$$

$$=V*I/2+V_{os}*I_{os}+V_{os}*I\cos(\omega t)+I_{os}*V\cos(\omega t)+(V*I)/2*\cos(2\omega t)$$

令 $I_{os}=0$

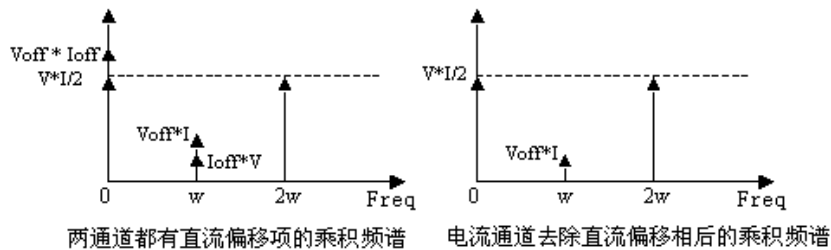
$$p(t)=(V\cos(\omega t)+V_{os})*(I\cos(\omega t)+0)$$

$$=V*I/2+V_{os}*0+V_{os}*I\cos(\omega t)+0*V\cos(\omega t)+(V*I)/2*\cos(2\omega t)$$

$$=V*I/2+V_{os}*I\cos(\omega t)+(V*I)/2*\cos(2\omega t)$$

从上面的计算看到：如果输入的两路信号同时具有直流成分，会给即时实功率，即乘积的直流部分带来 $V_{os}*I_{os}$ 的误差，还有在 ω 频率处出现 $V_{os}*I+I_{os}*V$ 的分量，前者必然引起测量误差，而后者也会当取直低通滤波器的对 ω 抑制不够时影响即时实功率的输出，带来大的波动。

而当电压或电流中的一路经过数字高通滤波器后，如去掉电流采样信号的直流偏移项。这时仅有一路输入有直流成分时，乘法的结果有了很大的改善：没有了直流误差， ω 频率处的分量也减少了。

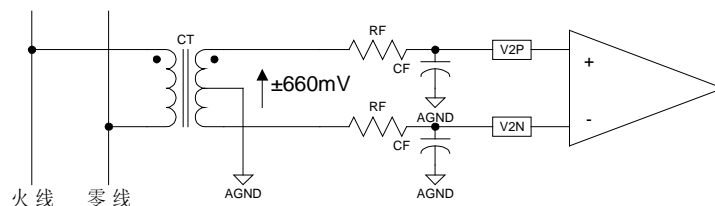


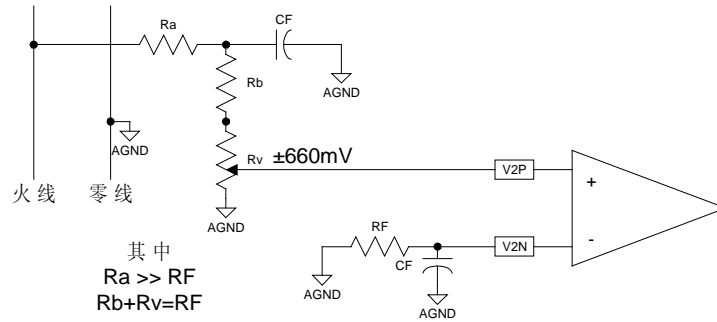
◆ 电压通道输入

电压通道允许最大输入差分电压为 $\pm 660\text{mV}$ ，共模电压 100mV 。然而，共模电压为 0V 时效果最好。



电压通道的典型连接电路如下图所示，其中，第一种是用 PT（电压互感器），第二种是用电阻分压网络提供电压信号。





◆ 电流通道输入

电流通道允许最大输入差分电压为±660mV，共模电压 100mV。然而，共模电压为 0V 时效果最好。

◆ 工作方式

◆ 芯片工作计算公式

BL0929 对输入的电压和电流两个通道的输入电压求乘积，并通过信号处理，把获取的有功功率信息转换成频率。以低电平有效的方式从 F1, F2 脚输出与功率相关的频率信号。

实际功率的输出脉冲 (F1, F2) 计算公式

$$Freq = \frac{8.34 \times V(V) \times V(I) \times gain \times F_z}{V_{REF}^2}$$

Freq——引脚 F1, F2 输出脉冲频率

V(V)——电压通道的输入电压的有效值

V(I)——电流通道的输入电压有效值

Gain——电流通道的系统增益，由 SG 的逻辑输入决定。

Vref——基准电压 (2.5±8%)

Fz——由主时钟分频获得，分频系数由 SG 确定

| SG | Fz(Hz) | 分频关系 |
|----|--------|-----------------------|
| 0 | 1.7 | CLKIN/2 ²¹ |
| 1 | 6.8 | CLKIN/2 ¹⁹ |

◆ 工作模式选择

Pin9 (SG) 是 BL0929 芯片模式选择管脚，可以通过接不同的电压 (+5V, 0V) 来调整芯片的工作模式，Pin14 (CF), Pin16 (F1), Pin15 (F2) 的输出频率与 Pin9 (SG) 输入脚关系如下表所示：

| 模式 | SG | CF 对 F1,F2 的频率比 |
|----|----|-----------------|
| 1 | 0 | 64 |
| 2 | 1 | 16 |

◆ 系统增益选择

通过选择数字输入端 SG 电平 (5V 或 0V), 可以调整电流通道的系统增益, 在增大系统增益的同时, 减小了输入的动态范围, 具体选择见下表:

| SG | 增益 | 最大输入差分电压 |
|----|----|----------|
| 0 | 1 | ±660mV |
| 1 | 16 | ±41mV |

◆ 输入及输出范围

电流通道允许最大输入差分电压为±660mV, 共模电压 100mV。

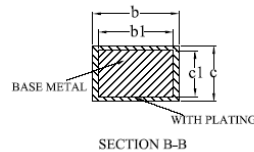
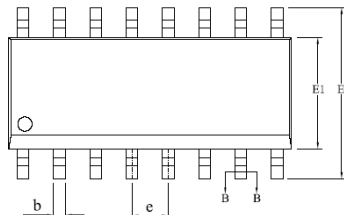
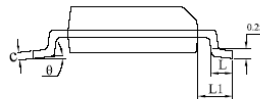
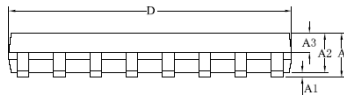
电压通道允许最大输入差分电压为±660mV, 共模电压 100mV。

对应允许 CF, F1, F2 最高输出频率:

| SG | Fz | F1,F2 最高输出频率(Hz) | | CF 最高输出频率(Hz) | |
|----|-----|------------------|------|----------------|----------------|
| | | 直流 | 交流 | 直流 | 交流 |
| 0 | 1.7 | 0.72 | 0.36 | 64×F1,F2=46.08 | 64×F1,F2=23.04 |
| 1 | 6.8 | 2.88 | 1.44 | 16×F1,F2=46.08 | 16×F1,F2=23.04 |

◆ 封装尺寸

SOP16



| SYMBOL | MILLIMETER | | |
|--------|------------|------|-------|
| | MIN | NOM | MAX |
| A | — | — | 1.77 |
| A1 | 0.08 | 0.18 | 0.28 |
| A2 | 1.20 | 1.40 | 1.60 |
| A3 | 0.55 | 0.65 | 0.75 |
| b | 0.39 | — | 0.48 |
| b1 | 0.38 | 0.41 | 0.43 |
| c | 0.21 | — | 0.26 |
| c1 | 0.19 | 0.20 | 0.21 |
| D | 9.70 | 9.90 | 10.10 |
| E | 5.80 | 6.00 | 6.20 |
| E1 | 3.70 | 3.90 | 4.10 |
| e | 1.27BSC | | |
| L | 0.50 | 0.65 | 0.80 |
| L1 | 1.05BSC | | |
| θ | 0 | — | 8° |

注: 由于工艺和设计变化等原因所引起的以上规范的变化, 不另行通知。请随时索取最新版本的产品规范。