

3-1/2 位模数转换器

特性:

- 低温漂的内部参考电压:
 - TC7106/TC7107: 80 ppm/°C (典型值)
 - TC7106A/TC7107A: 20 ppm/°C (典型值)
- 直接驱动 LCD (TC7106) 或 LED (TC7107) 显示屏
- 输入为零时读数为零
- 噪声低, 显示稳定
- 自动调零周期免除了调零需要
- 用于精密零检测应用的真正极性指示
- 方便的 9V 电池操作 (TC7106A)
- 高阻抗 CMOS 差分输入: $10^{12}\Omega$
- 差分参考输入简化比例测量
- 低功耗运行: 10 mW

应用:

- 温度测量
- 桥式读数: 应变计、负载传感器和零值检波器
- 数字电表: 电压 / 电流 / 电阻 / 功率以及 pH
- 数字秤和进程监视器
- 便携式装置

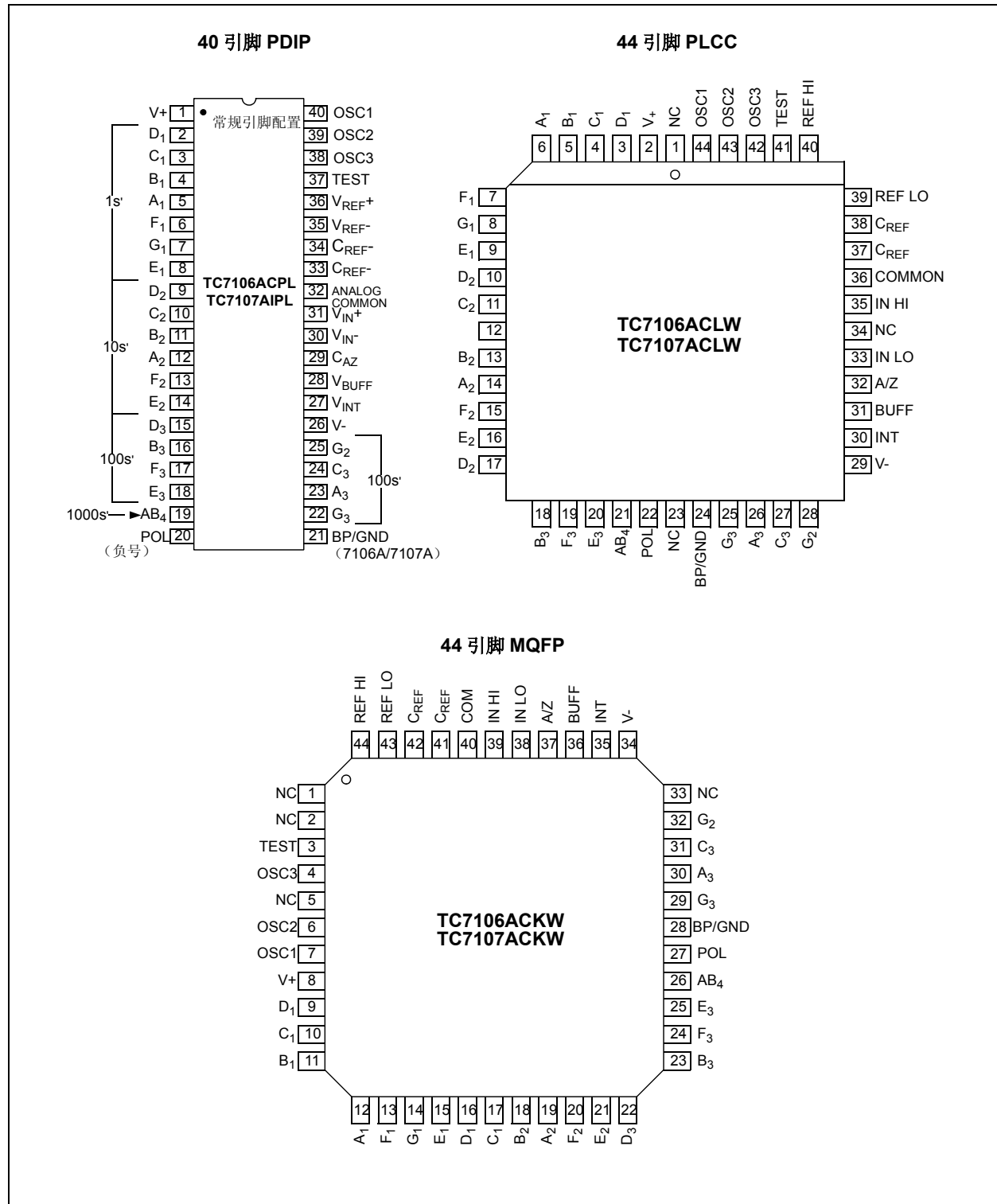
概述:

TC7106A 和 TC7107A 3-1/2 位直接显示驱动模数转换器允许升级基于 TC7106/TC7107 的现有系统。每个器件都有最大温度系数为 20 ppm/°C 的精密参考电压。这表示在类似 3-1/2 位转换器上有 4 至 7 倍的提高。无需更改外部无源组件值就可以升级基于 TC7106 和 TC7107 的现有系统。TC7107A 使用每段 8 mA 的电流直接驱动共阳极发光二极管 (Light Emitting Diode, LED) 显示屏。低成本、高分辨率的指示电表只需要 1 个显示屏、4 个电阻和 4 个电容。TC7106A 的低功耗和 9V 电池操作的特性使其非常适合于便携式应用。

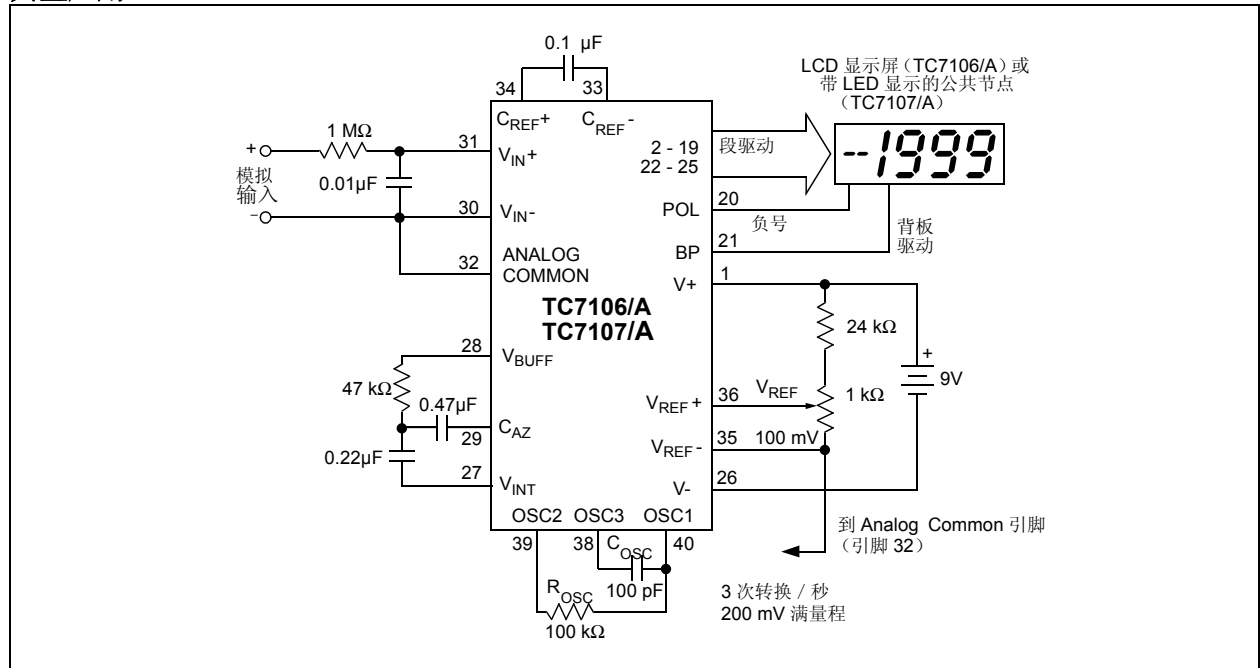
TC7106A/TC7107A 可降低线性误差, 使其小于 1 个计数。翻转误差——等幅值与极性相反的漏电流输入信号读数之间的差值小于 ± 1 个计数。高阻抗差分输入可提供 1 pA 的漏电流和 $10^{12}\Omega$ 的输入阻抗。差分参考输入允许进行电阻比例测量或桥式传感器测量。15 μV_{P-P} 的噪声性能确保读数非常稳定。自动调零周期确保了输入电压为零时显示屏读数也为零。

TC7106/A/TC7107/A

封装类型



典型应用



TC7106/A/TC7107/A

1.0 电气特性

绝对最大值 †

TC7106A

供电电压 (V+ 至 V-) 15V
模拟输入电压 (任一输入端) (注 1) V+ 至 V-
参考输入电压 (任一输入端) V+ 至 V-
时钟输入 Test 至 V+
封装功耗 ($T_A \leq 70^\circ\text{C}$) (注 2):

40 引脚 PDIP 1.23W
44 引脚 PLCC 1.23W
44 引脚 MQFP 1.00W

工作温度范围:

C (商业) 器件 0°C 至 $+70^\circ\text{C}$
I (工业) 器件 -25°C 至 $+85^\circ\text{C}$

储存温度范围 -65°C 至 $+150^\circ\text{C}$

TC7107A

供电电压 (V+) +6V
供电电压 (V-) -9V
模拟输入电压 (任一输入端) (注 1) V+ 至 V-
参考输入电压 (任一输入端) V+ 至 V-
时钟输入 GND 至 V+
封装功耗 ($T_A \leq 70^\circ\text{C}$) (注 2):

40 引脚 PDIP 1.23W
44 引脚 PLCC 1.23W
44 引脚 MQFP 1.00W

工作温度范围:

C (商业) 器件 0°C 至 $+70^\circ\text{C}$
I (工业) 器件 -25°C 至 $+85^\circ\text{C}$

储存温度范围 -65°C 至 $+150^\circ\text{C}$

† 注: 如果器件工作条件超过上述“绝对最大值”, 可能会对器件造成永久性损坏。上述值仅为运行条件极大值, 我们建议不要使器件在该规范规定的范围之外运行。器件长时间工作在最大额定值条件下, 其稳定性会受到影响。

TC7106/A 和 TC7107/A 的电气规范

电气特性: 除非另外声明, 否则所有参数均可在 $T_A = +25^\circ\text{C}$ 且 $f_{\text{CLOCK}} = 48 \text{ kHz}$ 的条件下应用于 TC7106/TC7106A 和 TC7107/TC7107A。器件均经过典型工作电路的测试。						
参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	测试条件
输入为零时的读数	Z_{IR}	-000.0	± 000.0	+000.0	数字 读数	$V_{\text{IN}} = 0.0\text{V}$ 满量程 = 200.0 mV
比例读数		999	999/1000	1000	数字 读数	$V_{\text{IN}} = V_{\text{REF}}$ $V_{\text{REF}} = 100 \text{ mV}$
翻转误差 (极性相反、数值相等且接近满量程的两个读数之间的差值)	R/O	-1	± 0.2	+1	计数	$V_{\text{IN}} = +V_{\text{IN}} \cong 200 \text{ mV}$
线性度 (最佳直线拟合的最大偏差)		-1	± 0.2	+1	计数	满量程 = 200 mV 或 满量程 = 2.000V
共模抑制比 (注 3)	CMRR	—	50	—	$\mu\text{V/V}$	$V_{\text{CM}} = \pm 1\text{V}$, $V_{\text{IN}} = 0\text{V}$, 满量程 = 200.0 mV
噪声 (峰峰值之间不超过时间周期的 95%)	e_{N}	—	15	—	μV	$V_{\text{IN}} = 0\text{V}$ 满量程 = 200.0 mV
输入端的漏电流	I_{L}	—	1	10	pA	$V_{\text{IN}} = 0\text{V}$
输入为零时的读数漂移		—	0.2	1	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$	$V_{\text{IN}} = 0\text{V}$ “C” 器件 = 0°C 至 $+70^\circ\text{C}$
		—	1.0	2	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$	$V_{\text{IN}} = 0\text{V}$ “I” 器件 = -25°C 至 $+85^\circ\text{C}$
温度系数比例因子	TC_{SF}	—	1	5	ppm/ $^\circ\text{C}$	$V_{\text{IN}} = 199.0 \text{ mV}$, “C” 器件 = 0°C 至 $+70^\circ\text{C}$ (外部参考 = 0 ppm/ $^\circ\text{C}$)
		—	—	20	ppm/ $^\circ\text{C}$	$V_{\text{IN}} = 199.0 \text{ mV}$ “I” 器件 = -25°C 至 $+85^\circ\text{C}$
供电电流 (对于 TC7107/A, 不包括 LED 电流)	I_{DD}	—	0.8	1.8	mA	$V_{\text{IN}} = 0.8$
模拟公共端电压 (相对于正供电电压)	V_{C}	2.7	3.05	3.35	V	模拟公共端与正供电电压之间连接 25 k Ω 的电阻

- 注 1: 输入电流限制为 $\pm 100 \mu\text{A}$ 时, 输入电压可以超过供电电压。
2: 额定功耗是在假设器件的所有引脚焊接到印制电路板上时测得的值。
3: 请参见“差分输入”部分。
4: 背板驱动与“关闭”段的段驱动同相, 与“导通”段的相位差为 180° 。频率是转换速率的 20 倍。平均直流分量小于 50 mV。

TC7106/A 和 TC7107/A 的电气规范（续）

电气特性：除非另外声明，否则所有参数均可在 $T_A = +25^\circ\text{C}$ 且 $f_{\text{CLOCK}} = 48\text{ kHz}$ 的条件下应用于 TC7106/TC7106A 和 TC7107/TC7107A。器件均经过典型工作电路的测试。

参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	测试条件
模拟公共端的温度系数（相对于正供电电压）	V_{CTC}	—	—	—	—	模拟公共端与正供电电压之间连接 $25\text{ k}\Omega$ 的电阻
		7106/7/A 7106/7	20 80	50 —	ppm/ $^\circ\text{C}$ ppm/ $^\circ\text{C}$	$0^\circ\text{C} \leq T_A \leq +70^\circ\text{C}$ （“C” 商业设备温度范围）
模拟公共端的温度系数（相对于正供电电压）	V_{CTC}	—	—	75	ppm/ $^\circ\text{C}$	$0^\circ\text{C} \leq T_A \leq +70^\circ\text{C}$ （“I” 工业设备温度范围）
峰峰段驱动电压 （仅 TC7106A）	V_{SD}	4	5	6	V	$V_+ \text{ 至 } V_- = 9\text{V}$ （注 4）
峰峰背板驱动电压 （仅 TC7106A）	V_{BD}	4	5	6	V	$V_+ \text{ 至 } V_- = 9\text{V}$ （注 4）
段灌电流（引脚 19 除外）（仅 TC7107A）		5	8.0	—	mA	$V_+ = 5.0\text{V}$ 段电压 = 3V
段灌电流（引脚 19）（仅 TC7107A）		10	16	—	mA	$V_+ = 5.0\text{V}$ 段电压 = 3V

- 注**
- 1: 输入电流限制为 $\pm 100\text{ }\mu\text{A}$ 时，输入电压可以超过供电电压。
 - 2: 额定功耗是在假设器件的所有引脚焊接到印制电路板上时测得的值。
 - 3: 请参见“差分输入”部分。
 - 4: 背板驱动与“关闭”段的段驱动同相，与“导通”段的相位差为 180° 。频率是转换速率的 20 倍。平均直流分量小于 50 mV 。

TC7106/A/TC7107/A

2.0 引脚说明

引脚说明请参见表 2-1。

表 2-1: 引脚功能表

引脚号 (40 引脚 PDIP) 正常	引脚号 (40 引脚 PDIP) 反向	符号	说明
1	(40)	V+	正供电电压。
2	(39)	D ₁	激活个位显示的 D 部分。
3	(38)	C ₁	激活个位显示的 C 部分。
4	(37)	B ₁	激活个位显示的 B 部分。
5	(36)	A ₁	激活个位显示的 A 部分。
6	(35)	F ₁	激活个位显示的 F 部分。
7	(34)	G ₁	激活个位显示的 G 部分。
8	(33)	E ₁	激活个位显示的 E 部分。
9	(32)	D ₂	激活十位显示的 D 部分。
10	(31)	C ₂	激活十位显示的 C 部分。
11	(30)	B ₂	激活十位显示的 B 部分。
12	(29)	A ₂	激活十位显示的 A 部分。
13	(28)	F ₂	激活十位显示的 F 部分。
14	(27)	E ₂	激活十位显示的 E 部分。
15	(26)	D ₃	激活百位显示的 D 部分。
16	(25)	B ₃	激活百位显示的 B 部分。
17	(24)	F ₃	激活百位显示的 F 部分。
18	(23)	E ₃	激活百位显示的 E 部分。
19	(22)	AB ₄	激活千位显示 1 的上下两部分。
20	(21)	POL	激活负极性显示。
21	(20)	BP/GND	LCD 背板驱动输出 (TC7106A)。数字接地端 (TC7107A)。
22	(19)	G ₃	激活百位显示的 G 部分。
23	(18)	A ₃	激活百位显示的 A 部分。
24	(17)	C ₃	激活百位显示的 C 部分。
25	(16)	G ₂	激活十位显示的 G 部分。
26	(15)	V-	负供电电压。
27	(14)	V _{INT}	积分器输出。积分电容的连接点。更多详细信息见“积分电容”部分。
28	(13)	V _{BUFF}	连接积分电阻。满量程范围为 200 mV 时, 使用 47 k Ω 电阻, 满量程范围为 2V 时, 使用 470 k Ω 电阻。
29	(12)	C _{AZ}	自动调零电容的容量对系统噪声会有影响。满量程为 200 mV 时, 使用 0.47 μ F 电容, 满量程为 2V 时, 使用 0.047 μ F 电容。更多关于自动调零电容的详细信息参见第 7.1 节“自动调零电容 (CAZ)”。
30	(11)	V _{IN-}	此引脚连接模拟低电平输入信号。
31	(10)	V _{IN+}	此引脚连接模拟高电平输入信号。
32	(9)	ANALOG COMMON	此引脚主要用来设置模拟共模电压, 用于电池操作或那些输入信号以电源为基准的系统。它还可充当参考电压源。关于 ANALOG COMMON 的更多详细信息参见第 8.3 节“模拟公共端 (引脚 32)”。
33	(8)	C _{REF-}	见引脚 34。
34	(7)	C _{REF+}	大部分应用中使用 0.1 μ F 的电容。如果存在大共模电压 (例如, V _{IN-} 引脚位不与模拟公共端相连) 且使用了 200 mV 的量程, 推荐使用 1 μ F 的电容, 这样会将翻转误差保持为 0.5 个计数。
35	(6)	V _{REF-}	见引脚 36。

表 2-1: 引脚功能表 (续)

引脚号 (40 引脚 PDIP) 正常	引脚号 (40 引脚 PDIP) 反向	符号	说明
36	(5)	V_{REF+}	需要此模拟输入引脚以生成满量程输出 (1999 个计数)。在引脚 35 和 36 之间放置 100 mV 电压, 其满量程为 199.9 mV。在引脚 35 和 36 之间放置 1V 电压, 其满量程为 2V。请参见“参考电压”中的段落。
37	(4)	TEST	灯测试。拉高 (至 V+) 时, 所有段将导通, 显示屏读数为 -1888。也可用作外部生成小数点的负供电电压。更多信息参见“TEST”中的段落。
38	(3)	OSC3	见引脚 40。
39	(2)	OSC2	见引脚 40。
40	(1)	OSC1	引脚 38、39 和 40 组成振荡器部分。对于 48 kHz 时钟 (每部分三个读数), 引脚 40 同时连接 100 k Ω 电阻和 100 pF 电容。100 k Ω 电阻的另一端连接到引脚 39, 而 100 pF 电容的另一端连接到引脚 38。

TC7106/A/TC7107/A

3.0 详细说明

(所有引脚参见 40 引脚 PDIP 封装的器件。)

3.1 双积分转换原理

TC7106A 和 TC7107A 是双积分型的积分模数转换器。理解双积分转换技术有助于理解详细的操作理论。

传统的双积分型转换器测量周期分为两个阶段：

- 输入信号积分
- 参考电压积分（反积分）

在固定时间周期（ T_{SI} ）内对正在转换的输入信号进行积分。通过计数时钟脉冲信号来测量时间。然后对负参考电压常数进行积分，直到积分器输出电压回零。参考积分时间与输入信号（ T_{RI} ）成正比。请参见图 3-1。

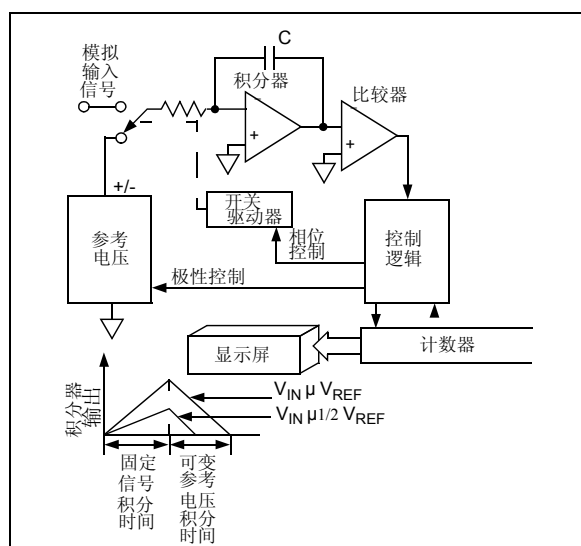


图 3-1: 基本双积分型转换器

在简单的双积分型转换器中，一个完整的转换需要积分器完成一个从“上升”到“下降”的输出过程。这个简单的算术公式是输入信号、参考电压和积分时间的函数。

公式 3-1:

$$\frac{1}{RC} \int_0^{T_{SI}} V_{IN}(t) dt = \frac{V_R T_{RI}}{RC}$$

其中:

- V_R = 参考电压
- T_{SI} = 信号积分时间（固定）
- T_{RI} = 参考电压积分时间（可变）。

如果 V_{IN} 为常数:

公式 3-2:

$$V_{IN} = V_R \frac{T_{RI}}{T_{SI}}$$

只要积分电阻和积分电容的值在测量周期内保持稳定，双积分型转换器的精度就与它们无关。抗噪是它的一个固有优点。在积分周期中，噪声峰值通过积分或平均变为零。积分型 ADC 可避免工作在高噪声环境下的逐次逼近型转换器容易产生的大量转换错误。频率元件对积分信号的干扰经过多个求平均值周期后将会削弱。积分型 ADC 常常工作在信号积分周期设置为 50/60Hz 电源线周期倍数的条件下（见图 3-2）。

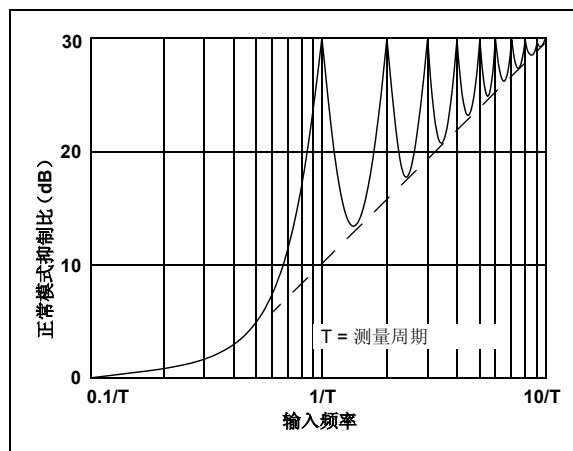


图 3-2: 双积分型转换器的正常模式抑制比

$$C_{INT} = \frac{(4000) \left(\frac{1}{F_{OSC}} \right) \left(\frac{V_{FS}}{R_{INT}} \right)}{V_{INT}}$$

其中:

- F_{OSC} = 引脚 38 上的时钟频率
- V_{FS} = 满量程输入电压
- R_{INT} = 积分电阻
- V_{INT} = 希望的满量程积分器输出摆幅

4.0 模拟部分

除了所讨论的基本信号积分和反积分周期之外，该电路还集成了自动调零周期。此周期去除了转换过程中的缓冲放大器、积分器和比较器失调电压误差部分。无需调整外部电位计就可以生成真正的数字零读数。完整转换包括三个周期：自动调零、信号积分和参考电压积分周期。

4.1 自动调零周期

在自动调零周期期间，差分输入信号通过打开内部模拟门断开与电路的连接。内部节点对模拟公共端（接地）短路，以建立零输入条件。其他模拟门关闭积分器和比较器周围的反馈环路。此环路允许进行比较器失调电压误差补偿。在 C_{AZ} 上建立的电压电平可补偿器件失调电压。相对于输入端的失调误差小于 $10\ \mu V$ 。

自动调零周期长度为 1000 至 3000 个计数。

4.2 信号积分周期

进入自动调零环路，将内部差分输入引脚与 V_{IN+} 和 V_{IN-} 连接。在固定周期内对差分输入信号进行积分。TC7106/TC7106A 的信号积分周期为 1000 个时钟周期或计数。在内部计数器计时之前，将外部设置的时钟频率进行四分频。

积分时间周期为：

公式 4-1：

$$T_{SI} = \frac{4}{F_{OSC}} \times 1000$$

其中：

$$F_{OSC} = \text{外部设置的时钟频率}$$

当转换器和测量系统共用同一电源公共端（接地）时，差分输入电压必须在器件共模电压范围内。如果转换器和测量系统未共用同一电源公共端，应将 V_{IN-} 连接到模拟公共端。

极性在信号积分阶段结束时确定。符号位是真实的极性指示，这样才能正确分辨小于 1 LSB 的信号，从而使得精密零检测只受器件噪声和自动调零残留失调的限制。

4.3 参考电压积分阶段

第三个阶段为参考电压积分阶段或反积分阶段。 V_{IN-} 在内部连接至模拟公共端， V_{IN+} 引脚跨接至之前已充电的参考电容。片内电路可确保电容连接至正确的极性以使积分器输出回零。

输出回零所需的时间与输入信号成比例，在 0 至 2000 个计数之间。

显示的数字读数为：

公式 4-2：

$$1000 = \frac{V_{IN}}{V_{REF}}$$

5.0 数字部分（TC7106A）

TC7106A（图 5-2）包含了直接驱动 3-1/2 位液晶显示屏（Liquid Crystal Display, LCD）所需的所有段驱动器，包括 LCD 背板驱动器。背板频率是外部时钟频率的 800 分频。如果每秒进行 3 次转换，则背板频率为 60 Hz，标称幅值为 5V。当段驱动器与背板信号同相时，该段“关闭”。段驱动信号反相使得该段“导通”或可见。这种交流驱动配置使得每个 LCD 段上的直流电压可忽略不计。这可确保 LCD 显示屏具有较长的使用寿命。对于负模拟输入，该极性段驱动器“导通”。如果 V_{IN+} 和 V_{IN-} 反接，指示也会相反。

当 TC7106A 上的 TEST 引脚连接到 V+ 时，所有段都“导通”，显示屏读数为 -1888。在此模式下，LCD 段被施加了恒定的直流电压。请勿使显示屏处于此模式超过几分钟！如果 LCD 显示屏在直流电平下运行超时，可能会被烧毁。

显示屏字体和段驱动分配如图 5-1 所示。



图 5-1: 显示屏字体和段分配

在 TC7106A 中，内部数字地由一个 6V 的齐纳二极管和一个大的 P 沟道源极跟随器生成。这样设计的目的是在切换背板电压时汲取较大的电容电流。

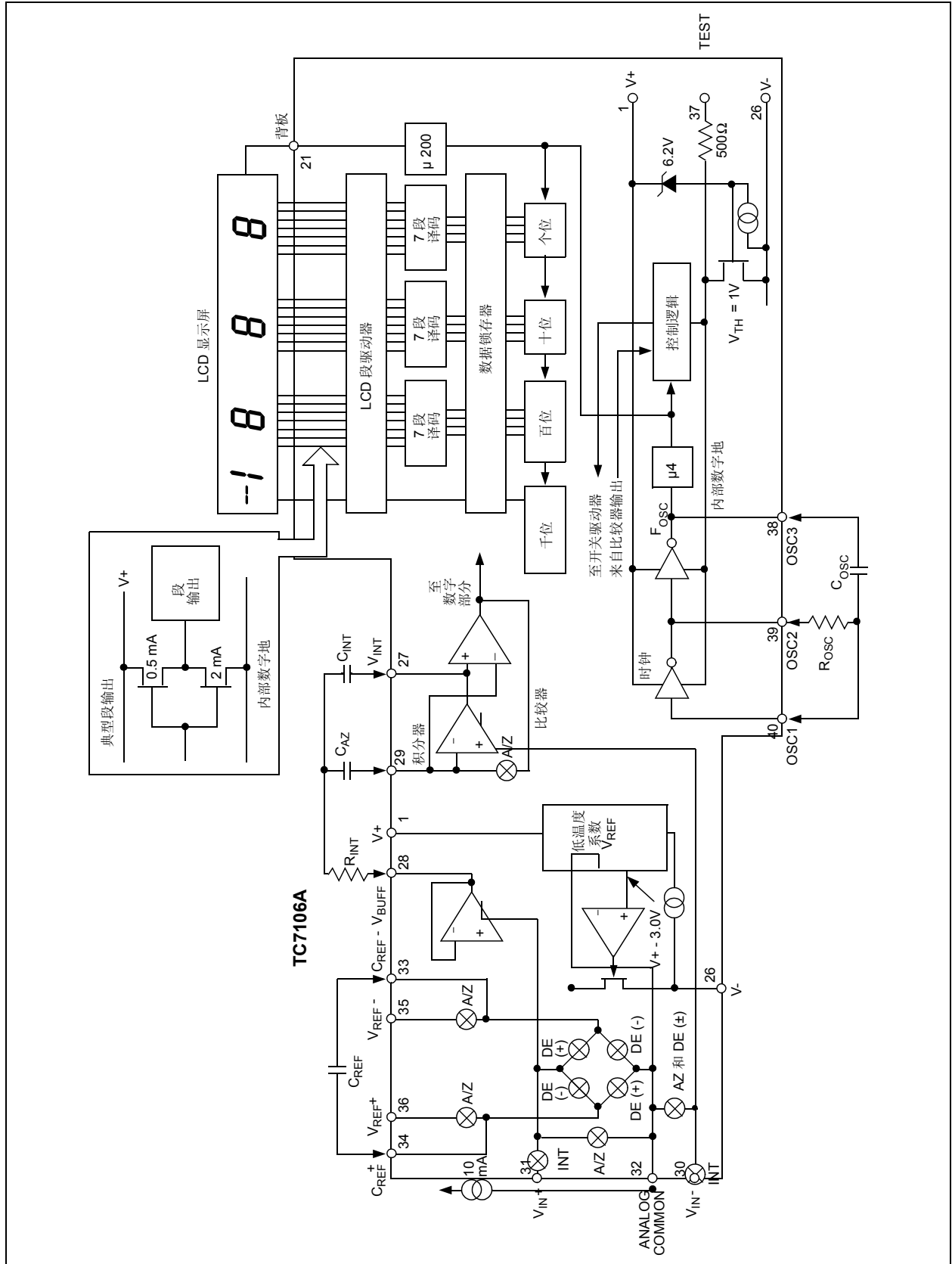


图 5-2: TC7106A 框图

TC7106/A/TC7107/A

6.0 数字部分 (TC7107A)

图 6-2 显示了 TC7107A 框图。它为驱动共阳极 LED 而设计。它与 TC7106A 相同，但是少了稳压功能和背板驱动功能且段驱动通常为 8 mA。1000's 输出（引脚 19）从两个 LED 段汲取电流，并具有 16 mA 的驱动能力。

在这两个器件中，对于负模拟输入，极性指示都为“导通”。如果 V_{IN-} 和 V_{IN+} 反接（在需要时），此指示也是相反的。

显示屏字体与 TC7106A 相同。

6.1 系统时序

在内部十进制计数器计时之前，先将振荡器频率 4 分频。4 阶段测量周期总共需要 4000 个计数或者 16,000 个时钟脉冲。4000 计数周期与输入信号幅值无关。

每阶段测量周期的长度如下：

1. 自动调零阶段：1000 至 3000 个计数（4000 至 12000 个时钟脉冲）

如果信号不是满量程的，则分配自动调零阶段为未使用的参考积分时间周期：

2. 信号积分阶段：1000 个计数（4000 个时钟脉冲）。

该时间周期是固定的。积分周期为：

公式 6-1：

$$T_{SI} = \frac{4}{F_{OSC}} \times 1000$$

其中：

F_{OSC} = 外部设置的时钟频率

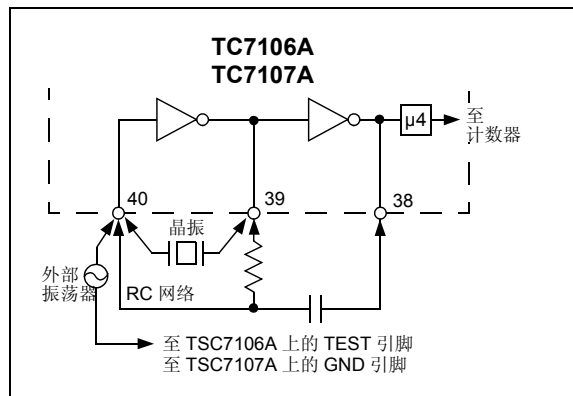
3. 参考电压积分阶段：0 至 2000 个计数（0 至 8000 个时钟脉冲）。

TC7106A/TC7107A 是 TC7106/TC7107 器件的简易替换器件。受益于低温漂的内部参考电压，无需对外部元件值进行修改。

6.2 时钟电路

可以使用三种计时方法（见图 6-1）：

1. 将外部振荡器与引脚 40 相连。
2. 在引脚 39 和引脚 40 之间连接一个晶振。
3. 使用所有这三个引脚形成一个 RC 振荡器。



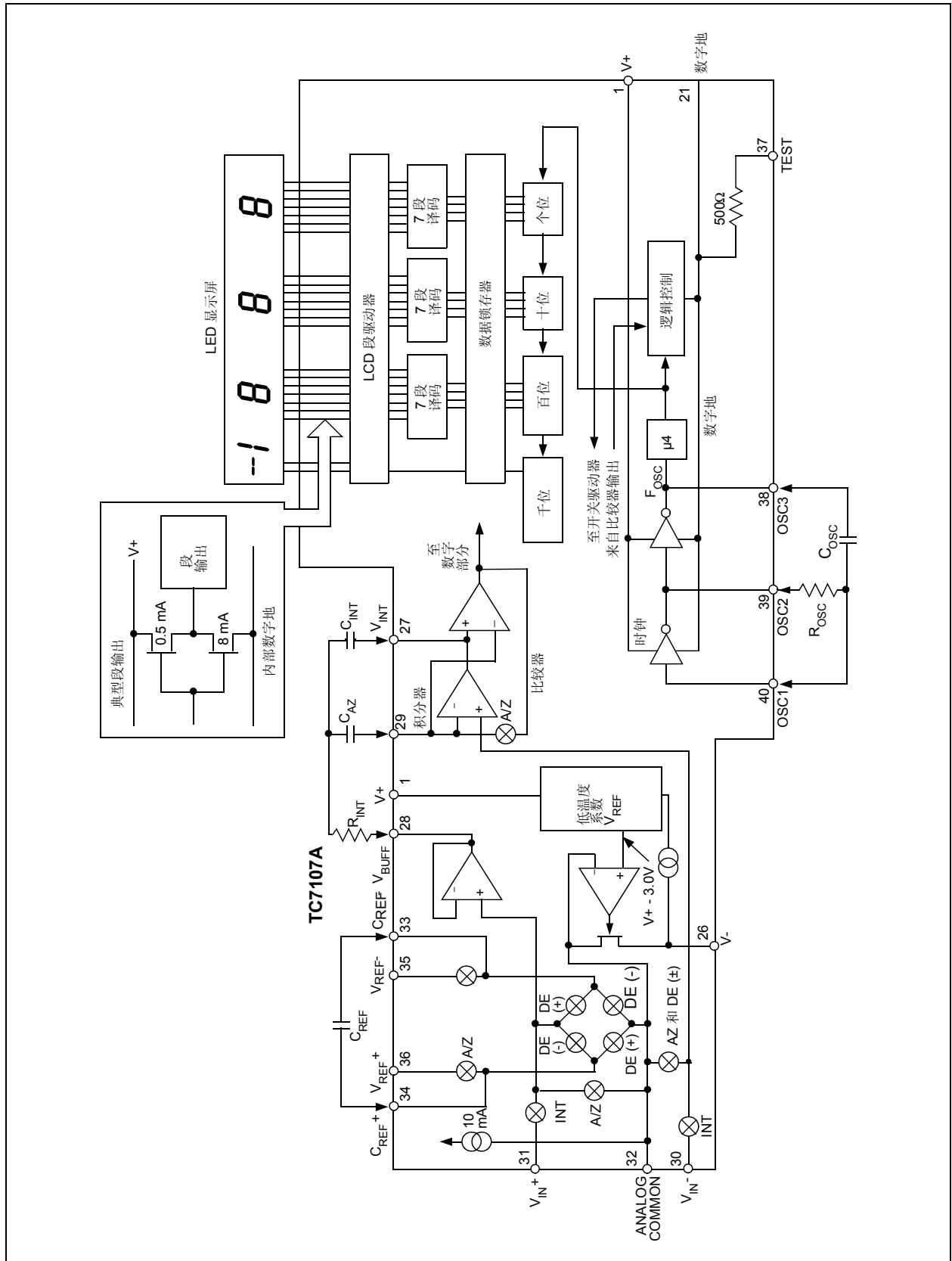


图 6-2: TC7107A 框图

TC7106/A/TC7107/A

7.0 元件值选择

7.1 自动调零电容 (C_{AZ})

C_{AZ} 电容大小对系统噪声有一些影响。对于 1LSB 为 100 μV 的 200 mV 满量程应用，推荐使用 0.47 μF 电容。0.047 μF 的电容适合于 2.0V 满量程应用。选用聚酯薄膜型介质电容即可。

7.2 参考电压电容 (C_{REF})

用于在参考电压积分周期期间使积分器输出电压返回到零的参考电压存储在 C_{REF} 上。当 V_{IN-} 连接到模拟公共端时，可使用 0.1 μF 的电容。如果存在一个大的共模电压 (V_{REF-} 与模拟公共端相连) 且应用需要 200 mV 的满量程，可将 C_{REF} 增加至 1.0 μF 。翻转误差将保持在半个计数以内。选用聚酯薄膜型介质电容即可。

7.3 积分电容 (C_{INT})

应选择适当的 C_{INT} 值以在不导致输出饱和的情况下使积分器输出的电压摆幅最大。根据 TC7106A/TC7107A 超高温系数规范，模拟公共端通常会提供差分参考电压。这种情况下， $\pm 2V$ 的满量程积分器输出摆幅已足够。对于 3 个读数 / 秒的速度 ($F_{OSC} = 48$ kHz)，推荐的电容值为 0.22 μF 。如果使用差分振荡器频率，必须反比例更改 C_{INT} ，以保持标称 $\pm 2V$ 积分器摆幅。

C_{INT} 的具体表达式为：

公式 7-1:

$$C_{INT} = \frac{(4000) \left(\frac{I}{F_{OSC}} \right) \left(\frac{V_{FS}}{R_{INT}} \right)}{V_{INT}}$$

其中：

- F_{OSC} = 引脚 38 上的时钟频率
- V_{FS} = 满量程输入范围
- R_{INT} = 积分电阻
- V_{INT} = 希望的满量程积分器输出摆幅

C_{INT} 必须保持较低的介质吸收率，以最小化翻转误差。推荐使用聚丙烯薄膜电容。

7.4 积分电阻 (R_{INT})

输入缓冲放大器和积分器设计与 A 类输出级一起使用。输出级空闲电流为 100 μA 。积分器和缓冲器可提供 20 μA 驱动电流，线性误差可忽略不计。 R_{INT} 的选择应维持在输出级线性驱动区域内，且该值不能太大，以避免印制电路板漏电流而引入误差。对于 200 mV 的满量程， R_{INT} 为 47 k Ω 。2.0V 的满量程需要 470 k Ω 的电阻。

表 7-1: 元件值和标称满量程电压

元件值	标称满量程电压	
	200.0 mV	2.000V
C_{AZ}	0.47 μF	0.047 μF
R_{INT}	47 k Ω	470 k Ω
C_{INT}	0.22 μF	0.22 μF

注： $F_{OSC} = 48$ kHz（每秒 3 个读数）。

7.5 振荡器元件

R_{OSC} （引脚 40 至引脚 39）应该为 100 k Ω 。使用下列公式选择 C_{OSC} ：

公式 7-2:

$$F_{OSC} = \frac{0.45}{RC}$$

其中：

- $F_{OSC} = 48$ kHz
- $C_{OSC} = 100$ pF

注意，需将 F_{OSC} 四分频，才能生成 TC7106A 内部控制时钟。背板驱动信号源于 F_{OSC} 的 800 分频。

要达到最大 60 Hz 的噪声拾波抑制，信号积分周期应为 60 Hz 的倍数，应该选择振荡器频率为 240 kHz、120 kHz、80 kHz、60 kHz、48 kHz 和 40 kHz 等。对于 50 Hz 的噪声抑制，比较适合振荡器频率为 200 kHz、100 kHz、66-2/3 kHz、50 kHz 和 40 kHz 等。注意，40 kHz（2.5 个读数 / 秒）的振荡器频率可以抑制 50 Hz 和 60 Hz 的噪声。

7.6 参考电压选择

满量程读数（2000 个计数）需要输入信号的电压为参考电压的两倍。

需要的满量程电压 *	V_{REF}
200.0 mV	100.0 mV
2.000V	1.000V

* $V_{FS} = 2V_{REF}$

一些应用中的传感器输出电压和需要的数字读数之间可能存在一个比例因子而非完全一致。例如，假设对于 2000 lb/in^2 的压力传感器，输出为 400 mV ，并不是将输入电压减半，而应将参考电压设置为 200 mV 。这允许直接使用传感器输入。

当 V_{IN} 不等于零但需要数字零读数时，也可使用差分参考电压。这在温度测量装置中很常见。可在模拟公共端和 $V_{\text{IN-}}$ 之间施加补偿失调电压。将传感器输出连接在 $V_{\text{IN+}}$ 引脚和模拟公共端之间。

通常使用模拟公共端上的内部参考电压来提供转换器参考电压。当供电电压大于约 7V 时，这种电压非常稳定。对于需要在外部生成参考电压的应用，请参见图 7-1。

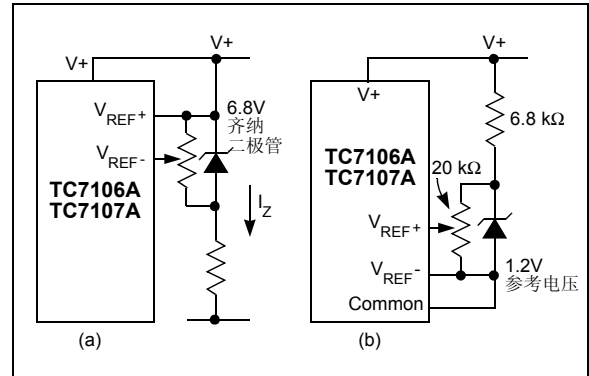


图 7-1: 外部参考电压

8.0 器件引脚功能说明

8.1 差分信号输入

V_{IN+} (引脚 31) 和 V_{IN-} (引脚 30)

TC7106A/TC7107A 设计为使用真正的差分输入并接受在输入级共模电压范围 (V_{CM}) 内的输入信号。典型范围为 $V_{+} - 1.0$ 至 $V_{+} + 1V$ 。当 TC7106A/TC7107A 的工作电压来源于电池或悬浮式电源 (与测量系统隔离) 且 V_{IN-} 连接到模拟公共端 (V_{COM}) 时, 系统中不存在共模电压 (见图 8-2)。

在存在共模电压的系统中, 86 dB 的共模抑制比可使误差最小。然而, 共模电压确实对积分器输出级有影响。因此, 必须防止积分器输出饱和。最坏的条件是: 同时存在大的正向 V_{CM} 和满量程的负向差分信号。此负信号将积分器的输出端与 V_{CM} 一起为正向驱动 (见图 8-1)。对于这种应用, 应降低积分器输出摆幅, 使其低于推荐的 2.0V 满量程摆幅。积分器输出将在 0.3V 的 V_{+} 或 V_{-} 范围内摆动, 且不会增加线性误差。

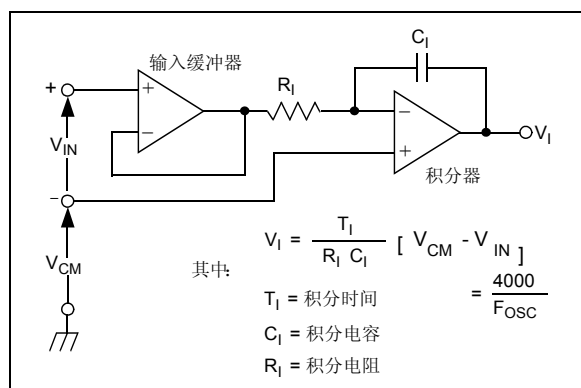


图 8-1: 共模电压降低了积分器摆幅
 ($V_{COM} \neq V_{IN-}$)

8.2 差分参考电压

V_{REF+} (引脚 36) 和 V_{REF-} (引脚 35)

生成的参考电压在 V_{+} 至 V_{-} 的供电电压范围内。

为了防止由大共模电压产生的翻转类型的误差, C_{REF} 应大于寄生节点电容。

TC7106A/TC7107A 电路具有相对较低的模拟公共端温度系数。这提供了一个非常稳定的电压, 适合用作参考电压。模拟公共端的典型温度系数为 20 ppm/°C。

8.3 模拟公共端 (引脚 32)

模拟公共端引脚设置为约比 V_{+} 小 3.0V 的电压。其电压比 V_{+} 小 2.7V 至 3.35V。模拟公共端引脚在内部连接到灌电流为 20 mA 的 N 沟道 FET。此 FET 将保持公共线为 3.0V, 尝试由外部负载将此公共线拉至 V_{+} 。模拟公共端源电流限制为 10 μA 。因此, 模拟公共端容易被拉至一个更低的电压 (即, 小于 $V_{+} - 3.0V$)。

在自动调零期间, TC7106A 将内部 V_{IN+} 和 V_{IN-} 输入连接到模拟公共端。在参考电压积分阶段, V_{IN-} 连接到模拟公共端。如果 V_{IN-} 未在外连接到模拟公共端, 则存在共模电压。这会受到转换器的 86 dB 的共模抑制比的抑制。在电池操作中, 模拟公共端引脚通常与 V_{IN-} 相连接, 不会产生共模电压。在 V_{-} 连接到电源接地端或给定电压的系统中, 模拟公共端引脚应连接到 V_{IN-} 。

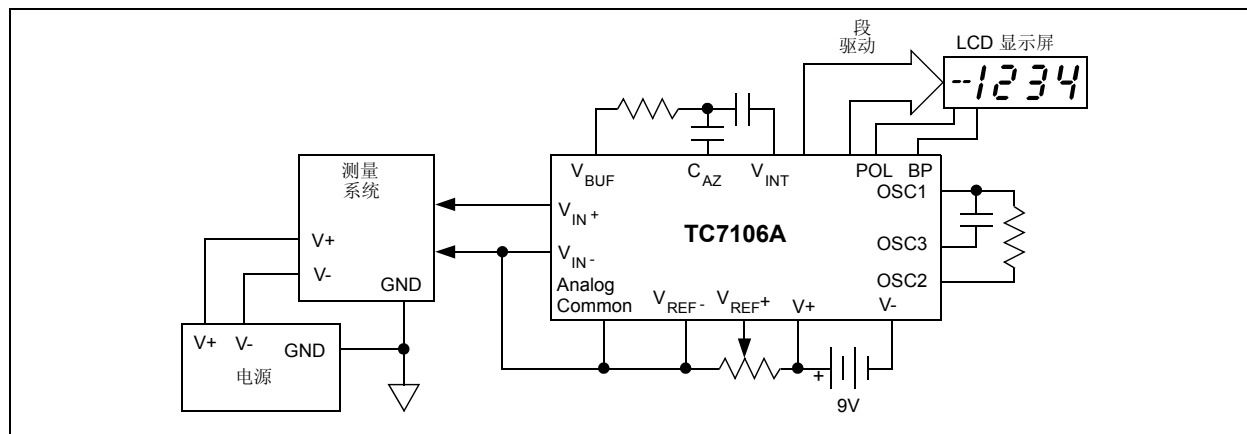


图 8-2: 在电池操作中，当 V_{IN-} = 模拟公共端时，没有共模电压

模拟公共端引脚用于设置模拟段参考电压或公共点。TC7106A 为电池操作或在输入信号相对于 TC7106A 电源未连接（悬空）的任何测量系统的操作而专门设计。 $V+ - 3.0V$ 的模拟公共端电压可提供 6V 的电池寿命终止电压。公共端电压的电压系数为 0.001%，输出阻抗为 15Ω。

由于总供电电压足够高 ($V+ - V- > 7.0V$)，故模拟公共端电压非常稳定，且温度稳定性极好，通常为 20 ppm/°C。该电压可用于生成参考电压。由于外部参考电压的最大温度系数为 50 ppm/°C，因此在大部分情况下不是必需的。请参见第 8.5 节“内部参考电压”。

8.4 TEST（引脚 37）

TEST 引脚电压比 $V+$ 小 5V。TEST 可用作外部 CMOS 逻辑的负电源连接。在 TC7106A 中，TEST 引脚与内部生成的负逻辑电源（内部逻辑接地端）通过 500Ω 的电阻相连。TEST 引脚负载应不大于 1 mA。

如果 TEST 引脚被拉至 $V+$ ，将会激活所有段以及负号。不要使 TC7106A 在此模式下工作超过几分钟。当 $TEST = V+$ 时，LCD 段被施加了直流电压，这会损坏 LCD。

TEST 引脚在拉至 $V+$ 时具有大约 10 mA 的灌电流能力。

8.5 内部参考电压

模拟公共端电压的温度稳定性得到明显提高（图 8-3）。“A”版本工业标准电路允许用户升级旧系统和设计不

带外部参考电压的新系统。无需更改外部 R 和 C 值。图 8-4 所示为模拟公共端为 TC7106A/TC7107A 提供了必需的参考电压。

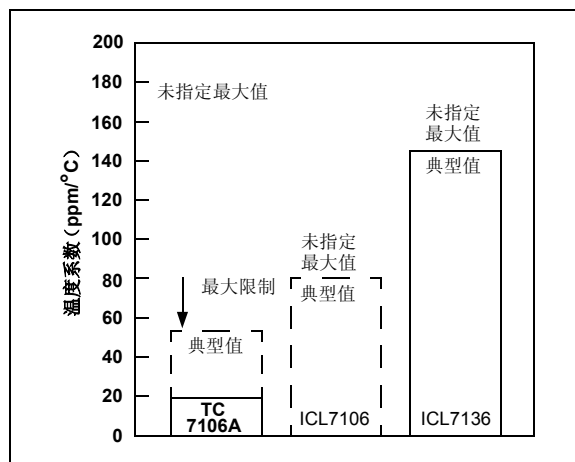


图 8-3: 模拟公共端温度系数

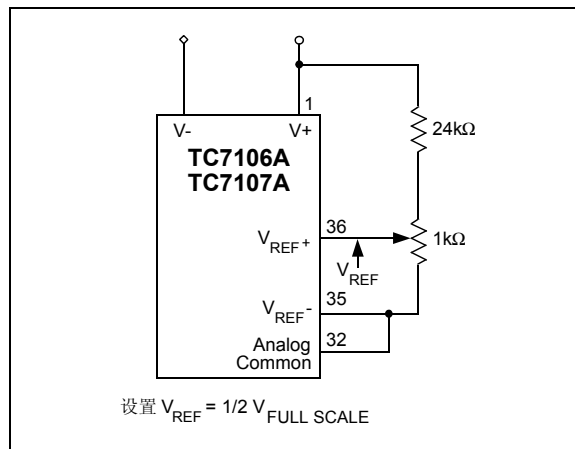


图 8-4: 内部参考电压连接

TC7106/A/TC7107/A

9.0 电源

TC7107A 设计使用 $\pm 5\text{V}$ 的工作电压。然而，如果不能提供负电压，可通过带有两个二极管、两个电容和一个廉价 IC（图 9-1）的时钟输出生成。

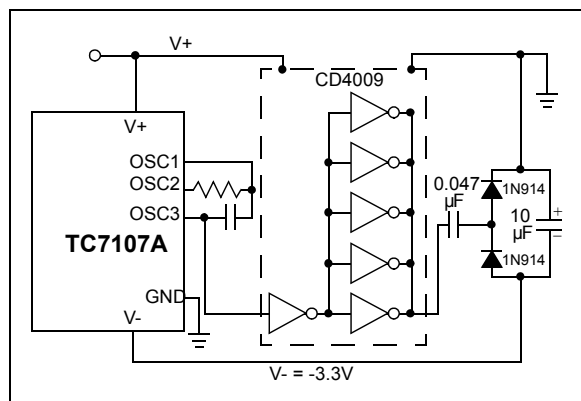


图 9-1: 从 +5V 电压生成负供电电压

在一些选择应用中，无需负供电电压。使用一个 +5V 供电电压的条件是：

- 输入信号以转换器共模电压范围的中心值为基准。
- 信号小于 $\pm 1.5\text{V}$ 。
- 使用外部参考电压。

可以使用 TC7660 直流—直流转换转换器从 +5V 生成 -5V（图 9-2）。

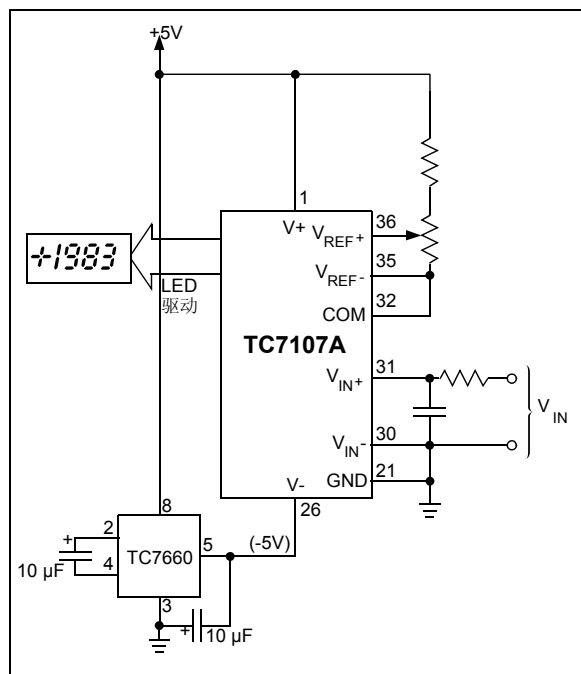


图 9-2: 使用 TC7660 生成负供电电压

9.1 降低 TC7107 功耗

TC7107A 为 LED 显示屏提供灌电流，这会导致 IC 封装发热。如果使用内部参考电压，芯片温度的变化可导致显示屏的读数发生变化。通过减少 LED 共阳极电压，可降低 TC7107A 的封装功耗。

图 9-3 曲线轨迹图显示了典型 TC7107CPL 中输出电流和输出电压之间的关系。因为典型 LED 在电流为 7 mA 时电压为 1.8V，且其共阳极连接 +5V 电压，故 TC7107A 输出电压为 3.2V（图 9-3 中的 A 点）。最大功耗为 $8.1\text{ mA} \times 3.2\text{V} \times 24\text{ 段} = 622\text{ mW}$ 。

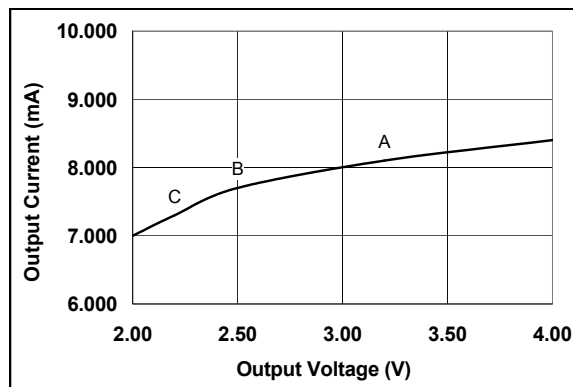


图 9-3: TC7107 输出电流—输出电压关系图

但是，请注意一旦 TC7107A 输出电压超过 2V，LED 电流随着输出电压的增加基本上保持不变。将输出电压降低 0.7V（图 9-3 中的 B 点）可导致 LED 电流为 7.7 mA，仅降低 5%。最大功耗仅为 $7.7\text{ mA} \times 2.5\text{V} \times 24 = 462\text{ mW}$ ，减少了 26%。输出电压降低 1V（C 点）会使 LED 电流降低 10%（7.3 mA），而功耗降低 38%（ $7.3\text{ mA} \times 2.2\text{V} \times 24 = 385\text{ mW}$ ）。

要想降低功耗，非常容易。图 9-4 给出两种方法：将 5.1Ω 、1/4W 的电阻或 1A 的二极管与 LED 显示屏串联（不是与 TC7107A 串联）。当所有 24 段都“导通”时，电阻会将 TC7107A 的输出电压降至图 9-3 上的“C”点。当段关闭时，输出电压将增加。而另一方面，二极管会在“B”点处生成相对较稳定的输出电压。

除了限制最大功耗之外，电阻还可降低随显示屏变化而变化的功耗量。这个是因为“导通”的段越少，每个“导通”输出的电压和电流下降就越大。从六个段的最佳情况（“111”显示）到最差情况（“1888”显示），带电阻的电路功耗变化 230 mW，而不带电阻的电路功耗变化 470 mW。因此，电阻会将显示屏功耗对参考电压漂移的影响削减 50%。

由于关闭了较多的段，因电阻引起的 LED 亮度的变化几乎可以忽略。如果显示屏亮度保持稳定对设计者来说很重要，可以使用二极管代替电阻。

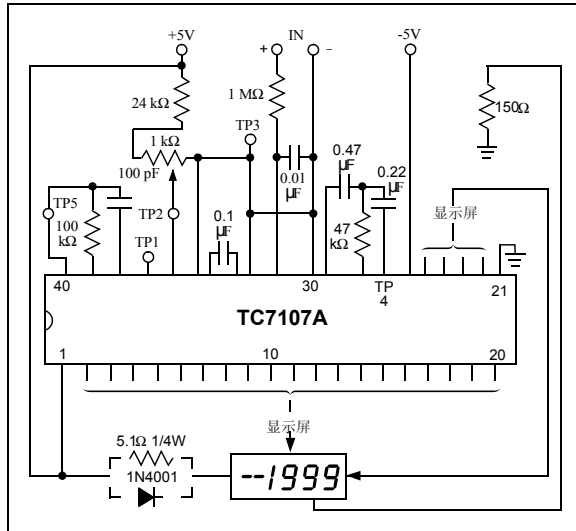


图 9-4: 二极管或电阻限制封装功耗

TC7106/A/TC7107/A

10.0 典型应用

10.1 小数点和报警器驱动

TEST 引脚通过 500Ω 电阻与内部生成的数字逻辑电源接地端连接。TEST 引脚可以用作外部 CMOS 栅极段驱动器的负电源引脚。无需加大供电电压，即可添加用于小数点、电池低压指示或功能指示的 LCD 显示屏报警器。TEST 引脚应提供小于等于 1 mA 的电流；其电压约比 V+ 小 5V（见图 10-1）。

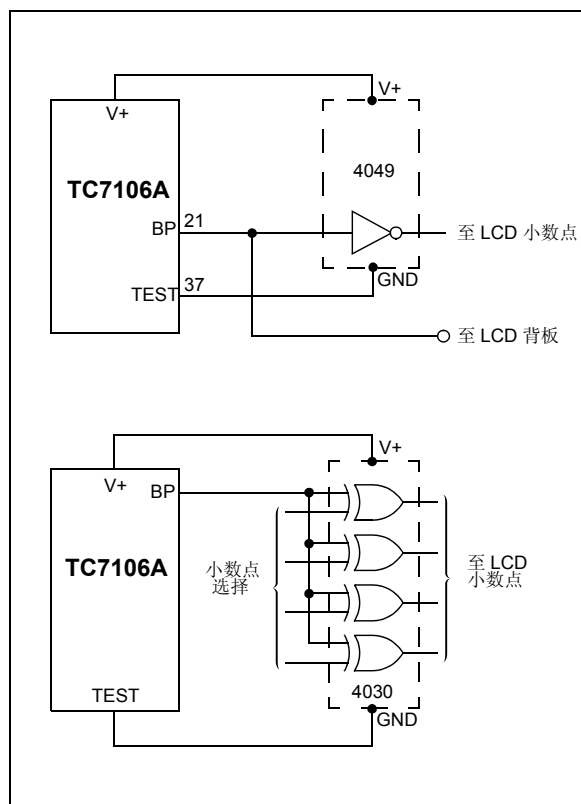


图 10-1: 将 Test 引脚用作逻辑地的小数点驱动

10.2 比例电阻测量

真正差分输入和差分参考电压可实现比例读数。通常在比例操作中，测量未知电阻相对于已知标准电阻的值。无需精确定义的参考电压。

将未知电阻与已知标准电阻串联并让电流通过这两个电阻。将未知电阻的电压施加到输入端，而将标准电阻

的电压施加到参考输入端。如果未知电阻等于标准电阻，则显示的读数为 1000。

可通过下列表达式确定显示的读数：

公式 10-1:

$$\text{显示的读数} = \frac{R_{\text{UNKNOWN}}}{R_{\text{STANDARD}}} \times 1000$$

下列情况下显示屏将超出频率范围：

$$R_{\text{UNKNOWN}} \geq 2 \times R_{\text{STANDARD}}$$

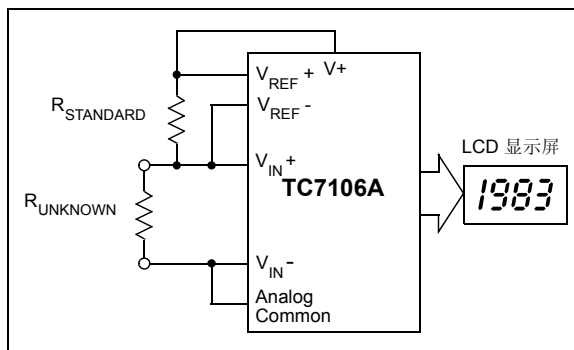


图 10-2: 部件数少的比例电阻测量

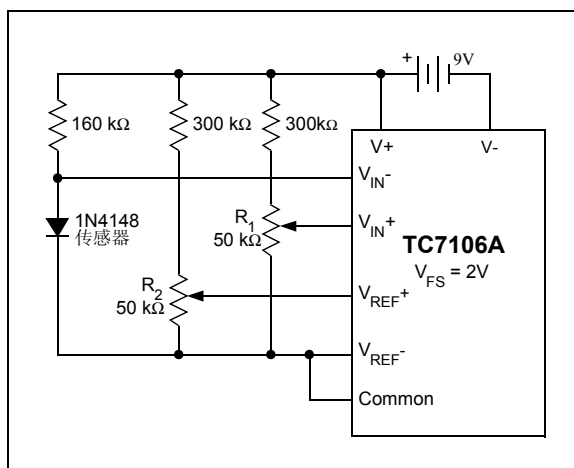


图 10-3: 温度传感器

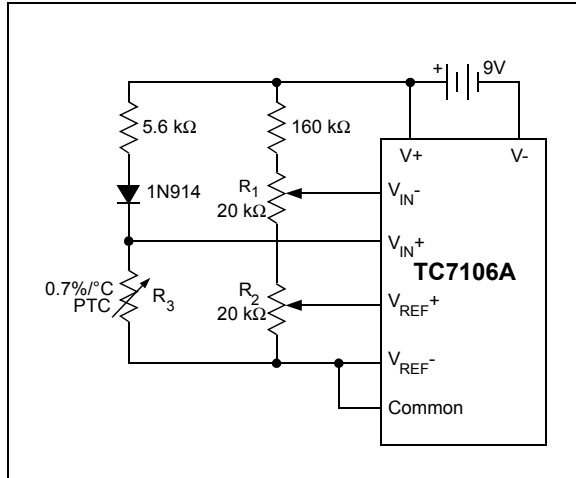


图 10-4: 正温度系数电阻温度传感器

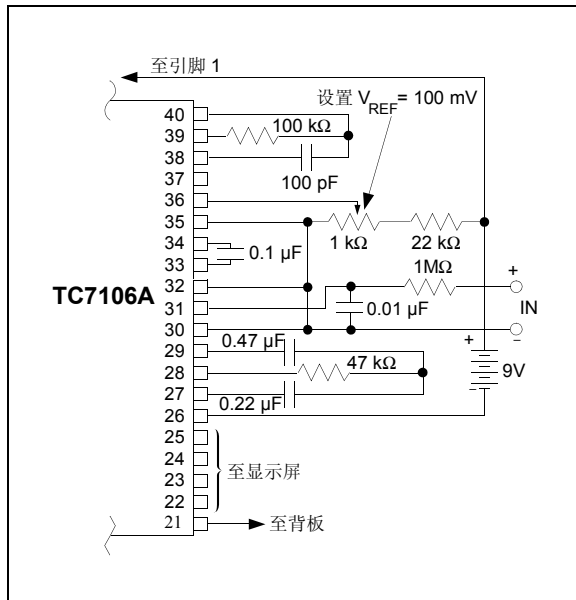


图 10-5: TC7106A, 使用内部参考电压: 200 mV 满量程, 3 个读数/秒 (Readings-Per-Second, RPS)

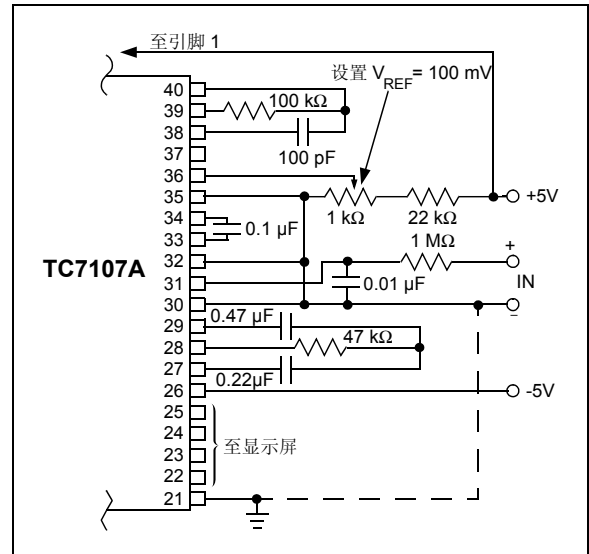


图 10-6: TC7107 内部参考电压: 200 mV 满量程、3RPS 且 V_{IN-} 与 GND 引脚相连以实现单端输入

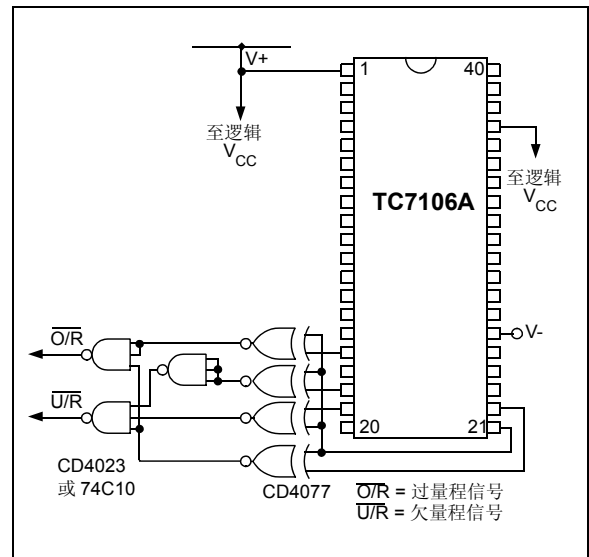


图 10-7: 用于开发来自 TC7106A 输出的过量程信号和欠量程信号的电路

TC7106/A/TC7107/A

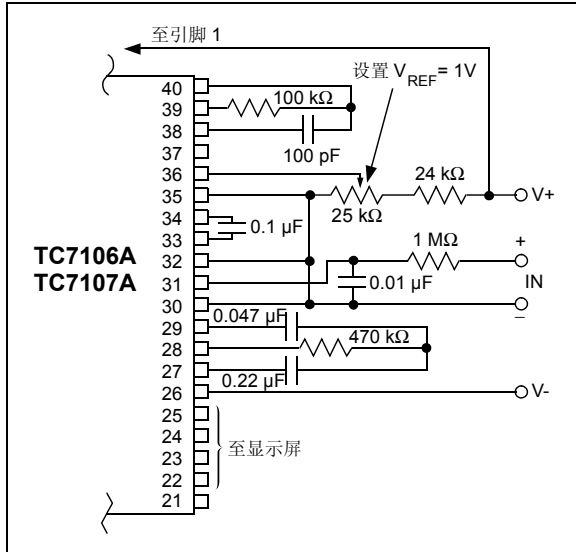


图 10-8: TC7106/TC7107: 用于 2.00V 满量程的推荐元件值

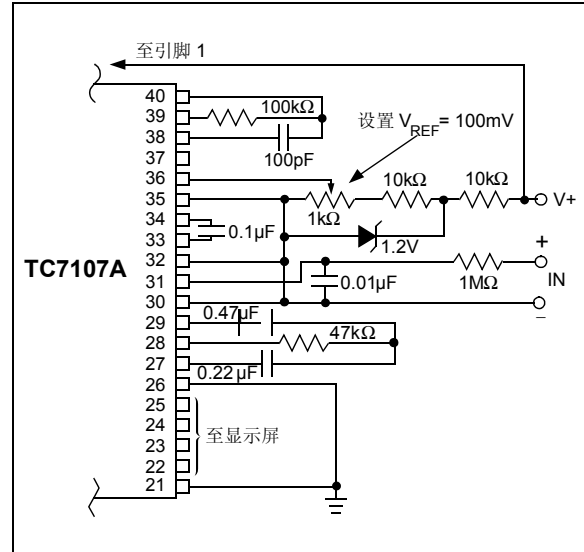


图 10-9: TC7107 采用单端 +5V 电压工作

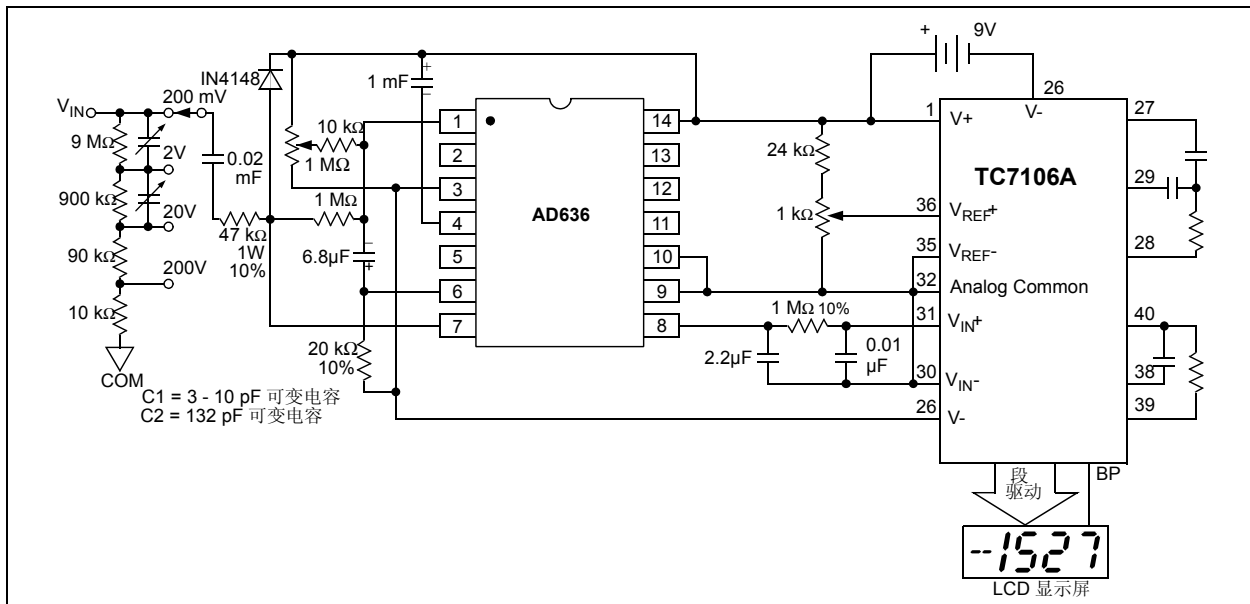


图 10-10: 3-1/2 位真 RMS 交流 DMM

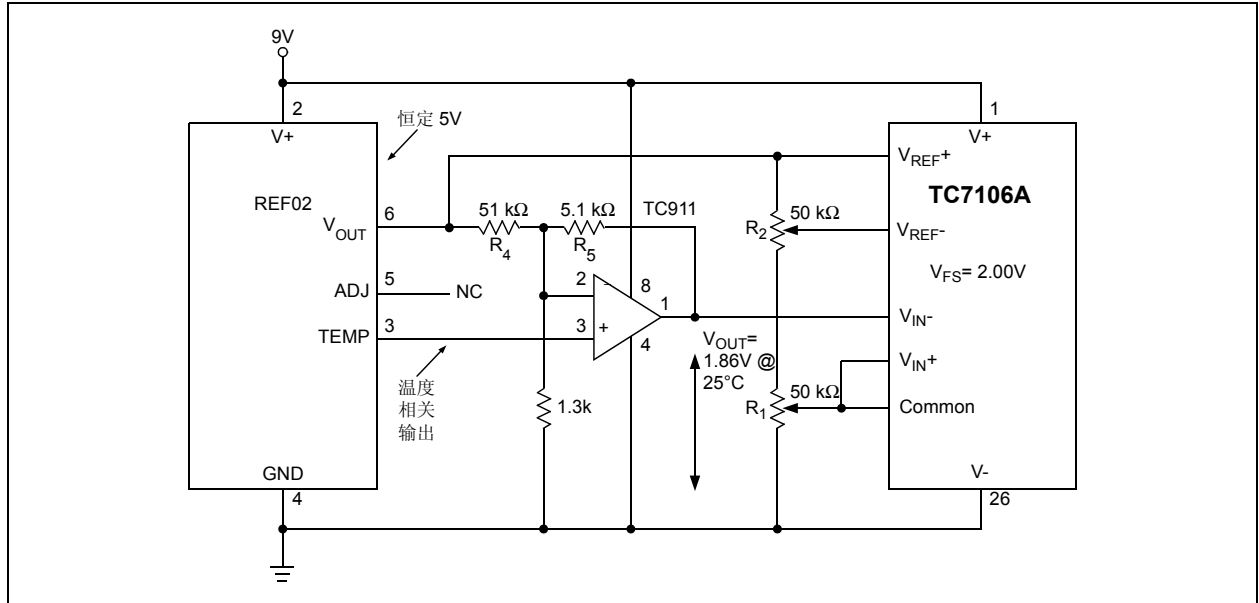


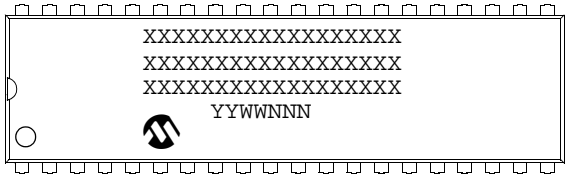
图 10-11: 集成电路温度传感器

TC7106/A/TC7107/A

11.0 封装信息

11.1 封装标识信息

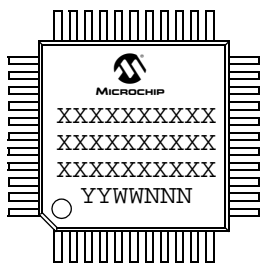
40 引脚 PDIP



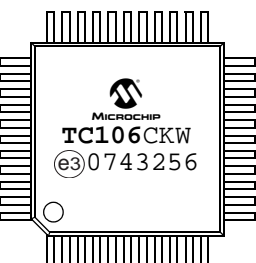
示例:



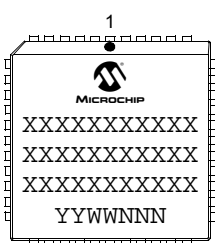
44 引脚 MQFP



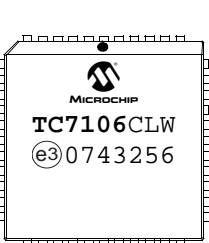
示例:



44 引脚 PLCC



示例:



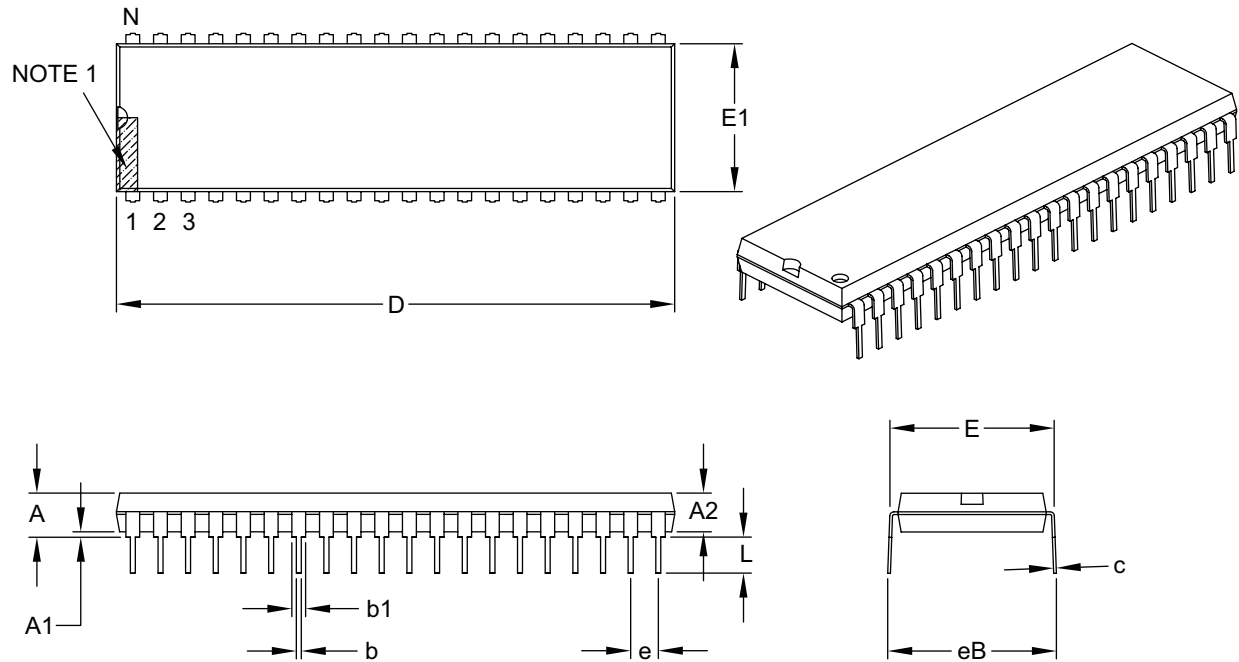
图注:	XX...X	客户信息
	Y	年份代码（日历年的最后一位数字）
	YY	年份代码（日历年的最后两位数字）
	WW	星期代码（一月一日的星期代码为“01”）
	NNN	以字母数字排序的追踪代码
	(e3)	雾锡（Matte Tin, Sn）的 JEDEC 无铅标志
	*	表示无铅封装。JEDEC 无铅标志 (e3) 标示于此种封装的外包装上。

注: Microchip 元器件编号如果无法在同一行内完整标注, 将换行标出, 因此会限制表示客户信息的字符数。

TC7106/A/TC7107/A

40 引脚塑封双列直插式封装 (PL) —— 600 mil 主体 [PDIP]

注： 最新封装图请至 <http://www.microchip.com/packaging> 查看 Microchip 封装规范。



	Units	INCHES		
		MIN	NOM	MAX
Number of Pins	N	40		
Pitch	e	.100 BSC		
Top to Seating Plane	A	—	—	.250
Molded Package Thickness	A2	.125	—	.195
Base to Seating Plane	A1	.015	—	—
Shoulder to Shoulder Width	E	.590	—	.625
Molded Package Width	E1	.485	—	.580
Overall Length	D	1.980	—	2.095
Tip to Seating Plane	L	.115	—	.200
Lead Thickness	c	.008	—	.015
Upper Lead Width	b1	.030	—	.070
Lower Lead Width	b	.014	—	.023
Overall Row Spacing §	eB	—	—	.700

Notes:

- Pin 1 visual index feature may vary, but must be located within the hatched area.
- § Significant Characteristic.
- Dimensions D and E1 do not include mold flash or protrusions. Mold flash or protrusions shall not exceed .010" per side.
- Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.

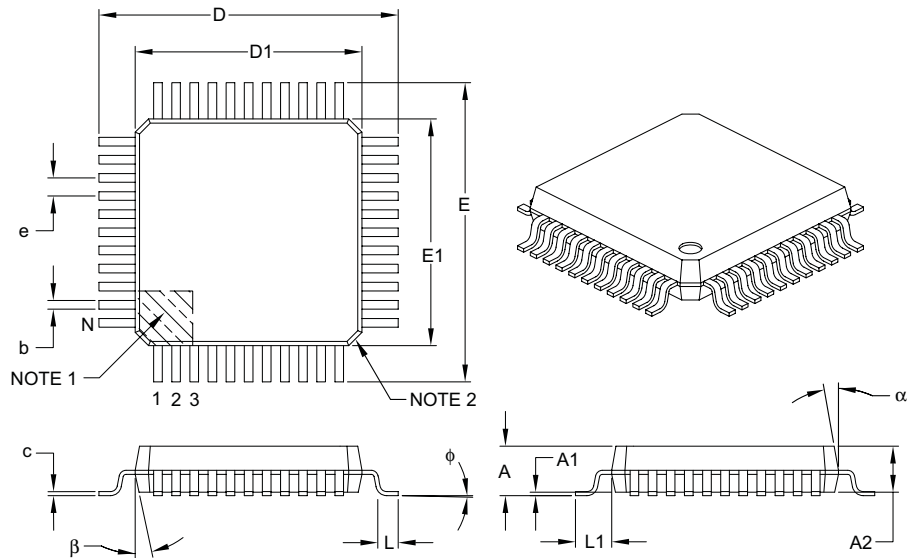
BSC: Basic Dimension. Theoretically exact value shown without tolerances.

Microchip Technology Drawing C04-016B

TC7106/A/TC7107/A

44 引脚塑封公制四方扁平封装（KW）—— 10x20x2 mm 主体， 3.20 mm[MQFP]

注： 最新封装图请至 <http://www.microchip.com/packaging> 查看 Microchip 封装规范。



Units		MILLIMETERS		
Dimension Limits		MIN	NOM	MAX
Number of Leads	N	44		
Lead Pitch	e	0.80 BSC		
Overall Height	A	—	—	2.45
Molded Package Thickness	A2	1.80	2.00	2.20
Standoff §	A1	0.00	—	0.25
Foot Length	L	0.73	0.88	1.03
Footprint	L1	1.60 REF		
Foot Angle	φ	0°	—	7°
Overall Width	E	13.20 BSC		
Overall Length	D	13.20 BSC		
Molded Package Width	E1	10.00 BSC		
Molded Package Length	D1	10.00 BSC		
Lead Thickness	c	0.11	—	0.23
Lead Width	b	0.29	—	0.45
Mold Draft Angle Top	α	5°	—	16°
Mold Draft Angle Bottom	β	5°	—	16°

Notes:

- Pin 1 visual index feature may vary, but must be located within the hatched area.
- Chamfers at corners are optional; size may vary.
- Dimensions D1 and E1 do not include mold flash or protrusions. Mold flash or protrusions shall not exceed 0.25 mm per side.
- Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.

BSC: Basic Dimension. Theoretically exact value shown without tolerances.

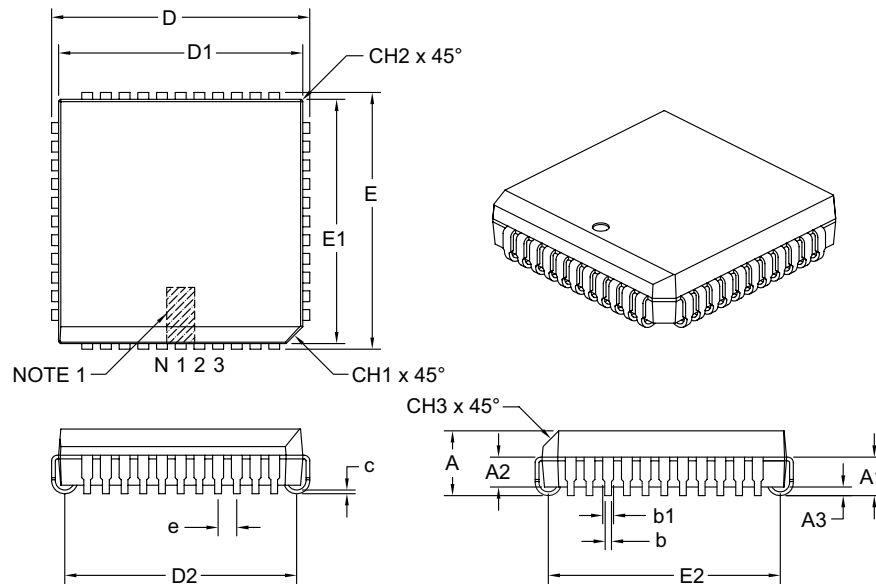
REF: Reference Dimension, usually without tolerance, for information purposes only.

- § Significant Characteristic.

Microchip Technology Drawing C04-071B

44 引脚有引线塑封芯片载体 (LW) —— 方形 [PLCC]

注： 最新封装图请至 <http://www.microchip.com/packaging> 查看 Microchip 封装规范。



		Units	INCHES		
Dimension Limits			MIN	NOM	MAX
Number of Pins	N			44	
Pitch	e			.050	
Overall Height	A		.165	.172	.180
Contact Height	A1		.090	.105	.120
Molded Package to Contact	A2		.062	—	.083
Standoff §	A3		.020	—	—
Corner Chamfer	CH1		.042	—	.048
Chamfers	CH2		—	—	.020
Side Chamfer	CH3		.042	—	.056
Overall Width	E		.685	.690	.695
Overall Length	D		.685	.690	.695
Molded Package Width	E1		.650	.653	.656
Molded Package Length	D1		.650	.653	.656
Footprint Width	E2		.582	.610	.638
Footprint Length	D2		.582	.610	.638
Lead Thickness	c		.0075	—	.0125
Upper Lead Width	b1		.026	—	.032
Lower Lead Width	b		.013	—	.021

Notes:

- Pin 1 visual index feature may vary, but must be located within the hatched area.
- § Significant Characteristic.
- Dimensions D1 and E1 do not include mold flash or protrusions. Mold flash or protrusions shall not exceed .010" per side.
- Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.

Microchip Technology Drawing C04-048E

注:

附录 A: 版本历史

版本 D (2008 年 2 月)

以下为修改列表。

1. 更新了第 11.0 节“封装信息”。
2. 添加了附录 A。
3. 更新了产品标识体系页。

版本 C (2006 年 4 月)

以下为修改列表：

- 未记录修改。

版本 B (2002 年 5 月)

以下为修改列表：

- 未记录修改。

版本 A (2002 年 4 月)

- 本文档的初始发行版。

注:

产品标识体系

欲订货或获取价格、交货等信息，请与我公司生产厂或销售办事处联系。

部件编号	X	XX	XXX
器件	温度范围	封装	卷带式
<p>器件： TC7106: 带频率计数器和探针的 3-1/2 位 A/D TC7106A: 带频率计数器和探针的 3-1/2 位 A/D TC7106: 带频率计数器和探针的 3-1/2 位 A/D TC7107A: 带频率计数器和探针的 3-1/2 位 A/D</p> <p>温度范围： C = 0°C 至 +70°C I = -25°C 至 +85°C</p> <p>封装： LW = 44 引脚有引线塑封芯片载体 (PLCC) PL = 40 引脚塑封 DIP (主体 600 mil) KW = 44 引脚塑封公制正方扁平封装 (MQFP)</p> <p>卷带式： 713 = 卷带式</p>			
<p>示例：</p> <p>a) TC7106CLW: 3-1/2 A/D 转换器，44LD PLCC 封装。</p> <p>b) TC7106CPL: 3-1/2 A/D 转换器，40LD PDIP 封装。</p> <p>c) TC7106CKW713: 3-1/2 A/D 转换器，44LD MQFP 封装，卷带式。</p> <p>a) TC7106ACLW: 3-1/2 A/D 转换器，44LD PLCC 封装。</p> <p>b) TC7106ACPL: 3-1/2 A/D 转换器，40LD PDIP 封装。</p> <p>c) TC7106ACKW713: 3-1/2 A/D 转换器，44LD MQFP 封装，卷带式。</p> <p>a) TC7107CLW, 3-1/2 A/D 转换器，44LD PLCC 封装。</p> <p>b) TC7107CLP: 3-1/2 A/D 转换器，40LD PDIP 封装。</p> <p>c) TC7107CKW713: 3-1/2 A/D 转换器，44LD MQFP 封装，卷带式。</p> <p>a) TC7107ACLW: 3-1/2 A/D 转换器，44LD PLCC 封装。</p> <p>b) TC7107ACPL: 3-1/2 A/D 转换器，40LD PDIP 封装。</p> <p>c) TC7107ACKW: 3-1/2 A/D 转换器，44LD MQFP 封装。</p>			

注:

请注意以下有关 Microchip 器件代码保护功能的要点：

- Microchip 的产品均达到 Microchip 数据手册中所述的技术指标。
- Microchip 确信：在正常使用的情况下，Microchip 系列产品是当今市场上同类产品中最安全的产品之一。
- 目前，仍存在着恶意、甚至是非法破坏代码保护功能的行为。就我们所知，所有这些行为都不是以 Microchip 数据手册中规定的操作规范来使用 Microchip 产品的。这样做的人极可能侵犯了知识产权。
- Microchip 愿与那些注重代码完整性的客户合作。
- Microchip 或任何其他半导体厂商均无法保证其代码的安全性。代码保护并不意味着我们保证产品是“牢不可破”的。

代码保护功能处于持续发展中。Microchip 承诺将不断改进产品的代码保护功能。任何试图破坏 Microchip 代码保护功能的行为均可视为违反了《数字器件千年版权法案 (Digital Millennium Copyright Act)》。如果这种行为导致他人在未经授权的情况下，能访问您的软件或其他受版权保护的成果，您有权依据该法案提起诉讼，从而制止这种行为。

提供本文档的中文版本仅为了便于理解。请勿忽视文档中包含的英文部分，因为其中提供了有关 Microchip 产品性能和使用情况的有用信息。Microchip Technology Inc. 及其分公司和相关公司、各级主管与员工及事务代理机构对译文中可能存在的任何差错不承担任何责任。建议参考 Microchip Technology Inc. 的英文原版文档。

本出版物中所述的器件应用信息及其他类似内容仅为您提供便利，它们可能由更新之信息所替代。确保应用符合技术规范，是您自身应负的责任。Microchip 对这些信息不作任何明示或暗示、书面或口头、法定或其他形式的声明或担保，包括但不限于针对其使用情况、质量、性能、适销性或特定用途的适用性的声明或担保。Microchip 对因这些信息及使用这些信息而引起的后果不承担任何责任。如果将 Microchip 器件用于生命维持和 / 或生命安全应用，一切风险由买方自负。买方同意在由此引发任何一切伤害、索赔、诉讼或费用时，会维护和保障 Microchip 免于承担法律责任，并加以赔偿。在 Microchip 知识产权保护下，不得暗中以其他方式转让任何许可证。

商标

Microchip 的名称和徽标组合、Microchip 徽标、Accuron、dsPIC、KEELOQ、KEELOQ 徽标、MPLAB、PIC、PICmicro、PICSTART、rfPIC、SmartShun 和 UNI/O 均为 Microchip Technology Inc. 在美国和其他国家或地区的注册商标。

FilterLab、Linear Active Thermistor、MXDEV、MXLAB、SEEEVAL、SmartSensor 和 The Embedded Control Solutions Company 均为 Microchip Technology Inc. 在美国的注册商标。

Analog-for-the-Digital Age、Application Maestro、CodeGuard、dsPICDEM、dsPICDEM.net、dsPICworks、dsSPEAK、ECAN、ECONOMONITOR、FanSense、In-Circuit Serial Programming、ICSP、ICEPIC、Mindi、MiWi、MPASM、MPLAB Certified 徽标、MPLIB、MPLINK、mTouch、PICkit、PICDEM、PICDEM.net、PICtail、PIC³² 徽标、PowerCal、PowerInfo、PowerMate、PowerTool、REAL ICE、rfLAB、Select Mode、Total Endurance、WiperLock 和 ZENA 均为 Microchip Technology Inc. 在美国和其他国家或地区的商标。

SQTP 是 Microchip Technology Inc. 在美国的服务标记。

在此提及的所有其他商标均为各持有公司所有。

© 2008, Microchip Technology Inc. 版权所有。

QUALITY MANAGEMENT SYSTEM
CERTIFIED BY DNV
== ISO/TS 16949:2002 ==

Microchip 位于美国亚利桑那州 Chandler 和 Tempe 与位于俄勒冈州 Gresham 的全球总部、设计和晶圆生产厂及位于美国加利福尼亚州和印度的设计中心均通过了 ISO/TS-16949:2002 认证。公司在 PIC[®] MCU 与 dsPIC[®] DSC、KEELOQ[®] 跳码器件、串行 EEPROM、单片机外设、非易失性存储器和模拟产品方面的质量体系流程均符合 ISO/TS-16949:2002。此外，Microchip 在开发系统的设计和生产方面的质量体系也已通过了 ISO 9001:2000 认证。



MICROCHIP

全球销售及服务中心

美洲

公司总部 **Corporate Office**
2355 West Chandler Blvd.
Chandler, AZ 85224-6199
Tel: 1-480-792-7200
Fax: 1-480-792-7277

技术支持:
<http://support.microchip.com>
网址: www.microchip.com

亚特兰大 Atlanta
Duluth, GA

Tel: 678-957-9614
Fax: 678-957-1455

波士顿 Boston
Westborough, MA
Tel: 1-774-760-0087
Fax: 1-774-760-0088

芝加哥 Chicago
Itasca, IL
Tel: 1-630-285-0071
Fax: 1-630-285-0075

达拉斯 Dallas
Addison, TX
Tel: 1-972-818-7423
Fax: 1-972-818-2924

底特律 Detroit
Farmington Hills, MI
Tel: 1-248-538-2250
Fax: 1-248-538-2260

科科莫 Kokomo
Kokomo, IN
Tel: 1-765-864-8360
Fax: 1-765-864-8387

洛杉矶 Los Angeles
Mission Viejo, CA
Tel: 1-949-462-9523
Fax: 1-949-462-9608

圣克拉拉 Santa Clara
Santa Clara, CA
Tel: 408-961-6444
Fax: 408-961-6445

加拿大多伦多 Toronto
Mississauga, Ontario,
Canada
Tel: 1-905-673-0699
Fax: 1-905-673-6509

亚太地区

亚太总部 **Asia Pacific Office**
Suites 3707-14, 37th Floor
Tower 6, The Gateway
Harbour City, Kowloon
Hong Kong
Tel: 852-2401-1200
Fax: 852-2401-3431

中国 - 北京
Tel: 86-10-8528-2100
Fax: 86-10-8528-2104

中国 - 成都
Tel: 86-28-8665-5511
Fax: 86-28-8665-7889

中国 - 香港特别行政区
Tel: 852-2401-1200
Fax: 852-2401-3431

中国 - 南京
Tel: 86-25-8473-2460
Fax: 86-25-8473-2470

中国 - 青岛
Tel: 86-532-8502-7355
Fax: 86-532-8502-7205

中国 - 上海
Tel: 86-21-5407-5533
Fax: 86-21-5407-5066

中国 - 沈阳
Tel: 86-24-2334-2829
Fax: 86-24-2334-2393

中国 - 深圳
Tel: 86-755-8203-2660
Fax: 86-755-8203-1760

中国 - 武汉
Tel: 86-27-5980-5300
Fax: 86-27-5980-5118

中国 - 厦门
Tel: 86-592-238-8138
Fax: 86-592-238-8130

中国 - 西安
Tel: 86-29-8833-7252
Fax: 86-29-8833-7256

中国 - 珠海
Tel: 86-756-321-0040
Fax: 86-756-321-0049

台湾地区 - 高雄
Tel: 886-7-536-4818
Fax: 886-7-536-4803

台湾地区 - 台北
Tel: 886-2-2500-6610
Fax: 886-2-2508-0102

台湾地区 - 新竹
Tel: 886-3-572-9526
Fax: 886-3-572-6459

亚太地区

澳大利亚 Australia - Sydney
Tel: 61-2-9868-6733
Fax: 61-2-9868-6755

印度 India - Bangalore
Tel: 91-80-4182-8400
Fax: 91-80-4182-8422

印度 India - New Delhi
Tel: 91-11-4160-8631
Fax: 91-11-4160-8632

印度 India - Pune
Tel: 91-20-2566-1512
Fax: 91-20-2566-1513

日本 Japan - Yokohama
Tel: 81-45-471- 6166
Fax: 81-45-471-6122

韩国 Korea - Daegu
Tel: 82-53-744-4301
Fax: 82-53-744-4302

韩国 Korea - Seoul
Tel: 82-2-554-7200
Fax: 82-2-558-5932 或
82-2-558-5934

马来西亚 Malaysia - Kuala Lumpur
Tel: 60-3-6201-9857
Fax: 60-3-6201-9859

马来西亚 Malaysia - Penang
Tel: 60-4-227-8870
Fax: 60-4-227-4068

菲律宾 Philippines - Manila
Tel: 63-2-634-9065
Fax: 63-2-634-9069

新加坡 Singapore
Tel: 65-6334-8870
Fax: 65-6334-8850

泰国 Thailand - Bangkok
Tel: 66-2-694-1351
Fax: 66-2-694-1350

欧洲

奥地利 Austria - Wels
Tel: 43-7242-2244-39
Fax: 43-7242-2244-393

丹麦 Denmark-Copenhagen
Tel: 45-4450-2828
Fax: 45-4485-2829

法国 France - Paris
Tel: 33-1-69-53-63-20
Fax: 33-1-69-30-90-79

德国 Germany - Munich
Tel: 49-89-627-144-0
Fax: 49-89-627-144-44

意大利 Italy - Milan
Tel: 39-0331-742611
Fax: 39-0331-466781

荷兰 Netherlands - Drunen
Tel: 31-416-690399
Fax: 31-416-690340

西班牙 Spain - Madrid
Tel: 34-91-708-08-90
Fax: 34-91-708-08-91

英国 UK - Wokingham
Tel: 44-118-921-5869
Fax: 44-118-921-5820

01/02/08