40V、3ppm/℃ 低噪声、高精度基准电压源

·数据手册

GM7401

产品特性

- 低漂移 1.5ppm/℃（典型值），3ppm/℃（最大值）
- 低噪声 2ppmV_{P-P}（0.1Hz 至 10Hz）
- 初始精度±0.04%
- 0.1μF 外部电容
- 宽电源电压范围（3.5V 至 40V）
- 输出电流 +/−10mA
- 输入调整率：15ppm/V
- 负载调整率：5ppm/mA
- 提供输出电压选项：4.096V、3.3V、2.048V 和 1.25V
- 温度范围： −55℃ 至 125℃

应用

- 高分辨率数据采集
- 仪器仪表与过程控制
- 医疗设备
- 汽车电池监控

引脚配置

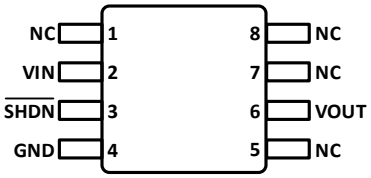


图 1. 8 引脚 MSOP

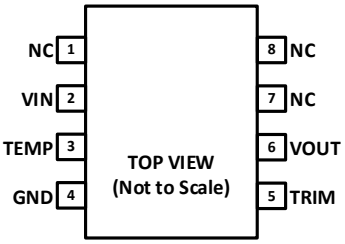


图 2. 8 引脚 SOIC

概述

GM7401 是一款精密基准电压源，该器件兼具稳健的工作特性和极低的漂移与低噪声。利用先进的曲率补偿，该带隙基准电压源可实现 3ppm/℃ 的漂移和可预知的温度特性，以及±0.04% 的初始电压准确度。它还提供了 2ppmV_{P-P} 的噪声和非常低的温度循环迟滞。

GM7401 缓冲输出支持±10mA 的输出驱动（在低输出阻抗条件下）和精准的负载调节性能，并且内置了输出短路电流保护。TEMP pin 可以用来检测器件温度。同时，TRIM pin 用来微调输出电压值。

GM7401 的额定温度范围为 －55° C 至 125° C。该器件采用 8 引脚 MSOP 和 8 引脚 SO 封装。

共模半导体技术（苏州）有限公司
江苏省苏州市苏州工业园区国际科技园四期 A1605.
技术支持及文档反馈: tech@gongmosemi.com, gongmosemi.com

目录

产品特性 1
应用 1
引脚配置 1
概述 1
目录 2
版本历史 2
引脚配置 3
绝对最大额定值 4
热阻 4
电气特性 5
典型性能参数 6
工作原理 9
输入和输出电容 9
输出电压调节 9
应用信息 10
线路和负载调节 10
旁路电容和负载电容 10
启动时间 10
灌电流压差 10
外形尺寸 12
订购指南 14

版本历史

4/24—Rev.0

初稿

10/24—Rev.A

更新电气特性和 SO-8 封装外形尺寸

3/25—Rev.B
更新电气特性
5/25—Rev.C
更新引脚配置

引脚配置

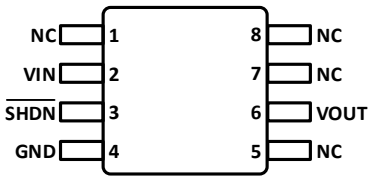


图 3. MSOP-8 引脚配置(顶视图)

表 1 功能

引脚号	引脚名	描述
1, 5, 7, 8	NC	无内部连接。实际应用中浮空或者接至地。
2	V_{IN}	电源输入。
3	$\overline{SHDN}$	关机。将此引脚拉至高电平可以使能器件。 将此引脚拉至低电平可禁用该器件。如果不需要使能功能，则必须将此引脚连接到 IN。
4	GND	地。
6	V_{OUT}	参考电压输出。

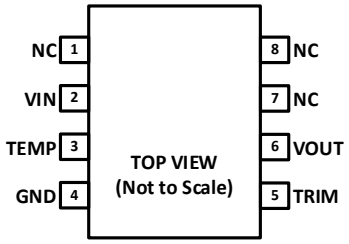


图 4. SOIC-8 引脚配置(顶视图)

表 2 功能

引脚号	引脚名	描述
1, 7, 8	NC	无内部连接。实际应用中浮空。
2	V_{IN}	电源输入。
3	TEMP	温度监控引脚。
4	GND	地。
5	TRIM	输出电压微调。
6	V_{OUT}	参考电压输出。

绝对最大额定值

表 3:

参数	额定值
输入电压	+45 V
存储温度范围	−65°C to +150°C
工作温度	
SOIC 和 MSOP	−55°C to +125°C
结温	−65°C to +150°C
引脚温度，焊接 60 秒	300°C

注意，超出上述最大额定值可能会导致产品永久性损坏。产品正常工作范围不应超出技术规范章节中所示的规格。长期在超出最大额定值条件下工作会影响产品的可靠性。

热阻

θ_{JA} 针对最差条件，即器件焊接在电路板上以实现表贴封装。

表 4：

封装类型	θ_{JA}	θ_{JC}	单位
8 引脚 MSOP	210	45	°C/W
8 引脚 SOIC	130	43	°C/W

电气特性

除非另有说明，V_{IN} = MAX((V_{OUT} + 1V), 3.5V), I_{OUT}=0mA,T_J = -55°C 至+125°C（对于最小值/最大值规格），T_A=25°C（对于典型规格）。

表 5：

Parameter	Symbol	Test Conditions/Comments	Min	Typ	Max	Unit
输出电压精度	V_O	Grade A	−0.04		+0.04	%
		Grade B	-0.1		+0.1	%
温度系数	TCV_O					
Grade A, M		8 引脚 SOIC, −40°C < T_A < +125°C, 0°C < T_A < +70°C		1.5	3	
Grade B				4	8	ppm/°C
Grade M		8 引脚 SOIC, −55°C < T_A < +125°C,		2	4	
Grade A		8 引脚 MSOP, −55°C < T_A < +125°C		4	8	
最小输入和输出压差	V_{DO}	VOUT = 3.3V, 4.096V		0.2		V
线调整率	$\Delta V_O/\Delta V_{IN}$	V_{IN} = 4.0 V to 50 V, −40°C < T_A < +125°C		15	25	ppm/V
		V_{IN} = 4.0 V to 50 V, −55°C < T_A < +125°C		15	30	ppm/V
负载调整率	$\Delta V_O/\Delta I_{LOAD}$	I_{LOAD} = 0 mA to 10 mA, −40°C < T_A < +125°C, V_{IN} = 10.0 V		15	45	ppm/mA
		I_{LOAD} = 0 mA to 10 mA, −55°C < T_A < +125°C, V_{IN} = 10.0 V		15	50	ppm/mA
静态电流	I_{IN}	空载, −55°C < T_A < +125°C		1.2		mA
输出电压噪声	$e_{N\ p-p}$	0.1 Hz to 10.0 Hz		2		ppm p-p
输出电压噪声密度	e_N	1 kHz				
		V_{OUT} = 1.25V		69.3		
		V_{OUT} = 2.048V		110		nV/√Hz
		V_{OUT} = 3.3V		187		
		V_{OUT} = 4.096V		232		
开启建立时间	t_R			800		µs
长期稳定性	ΔV_{OUT_LTD}	1000 小时		60		ppm
输出电压滞回	ΔV_{OUT_HYS}			50		ppm
		25°C < T_A < +125°C		50		ppm
纹波抑制比	PSRR	f_{IN} = 10 kHz		−75		dB
短路电流	I_{SC}			30		mA
输出调节范围	ΔV_{TRIM}	POT = 10 kΩ	±3	±6		%
温度传感器						
TEMP 引脚输出电压	V_{TEMP}			657		mV
温度敏感度	TCV_{TEMP}			2.2		mV/°C

典型性能参数

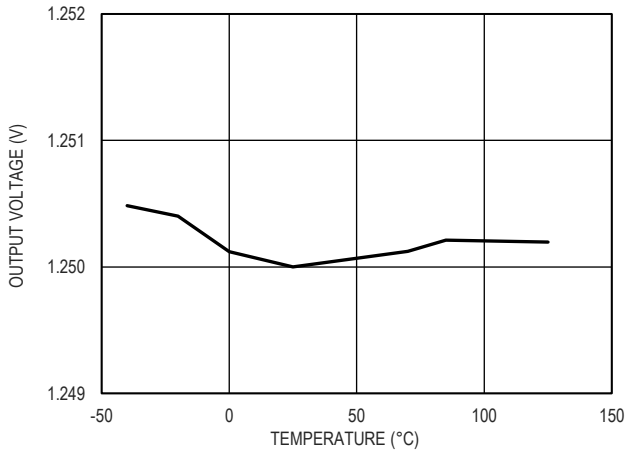


图 5. 1.25V 输出电压和温度的关系

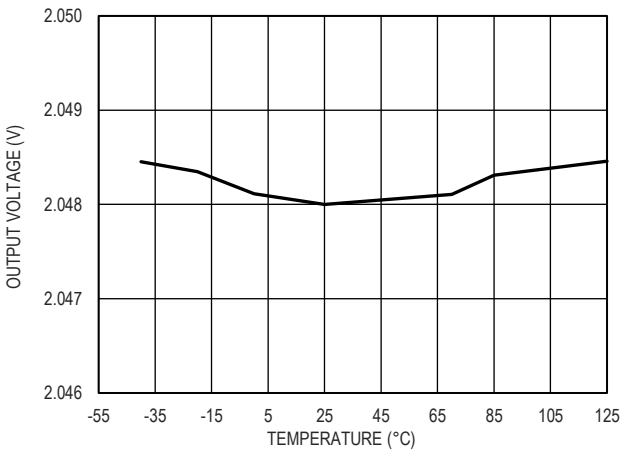


图 6. 2.048V 输出电压和温度的关系

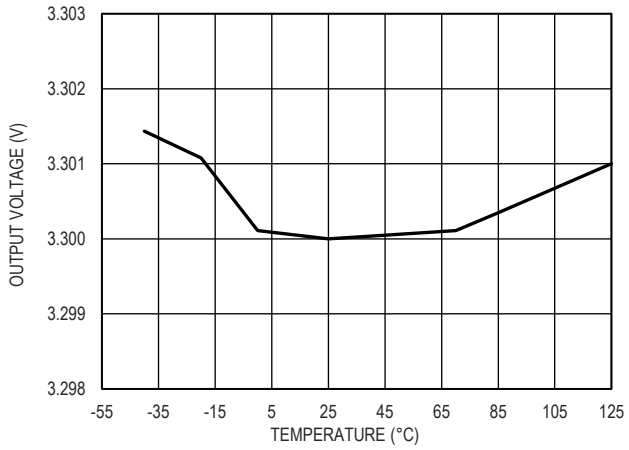


图 7. 3.3V 输出电压和温度的关系

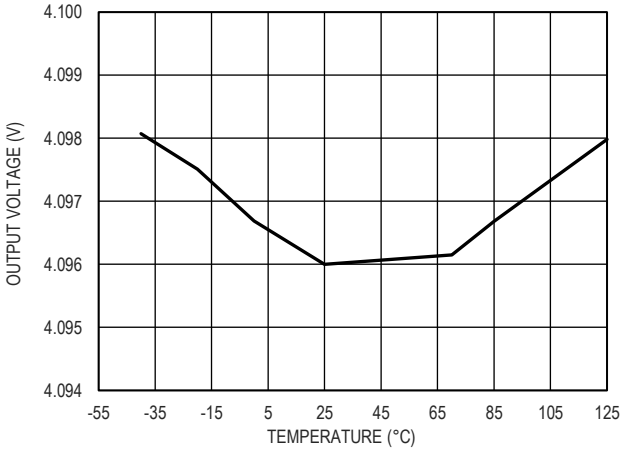


图 8. 4.096V 输出电压和温度的关系

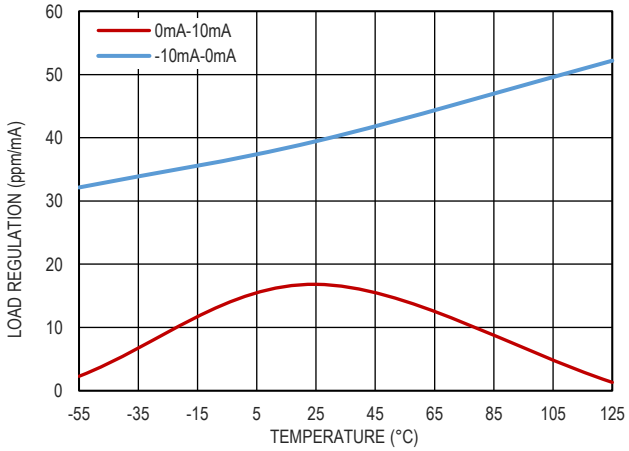


图 9. 负载调整率和温度的关系，V_{OUT}=1.25V

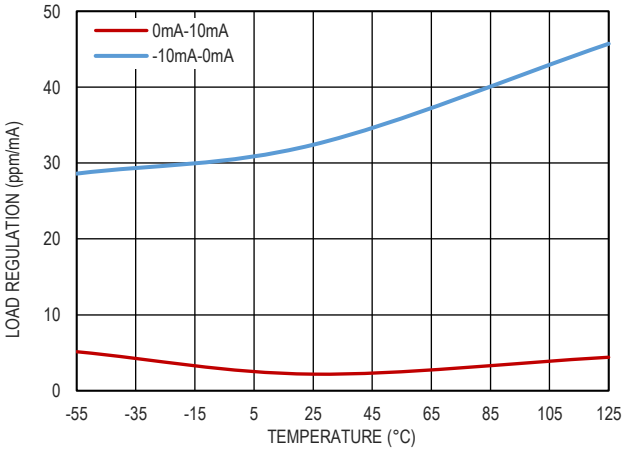


图 10. 负载调整率和温度的关系，V_{OUT}=2.048V

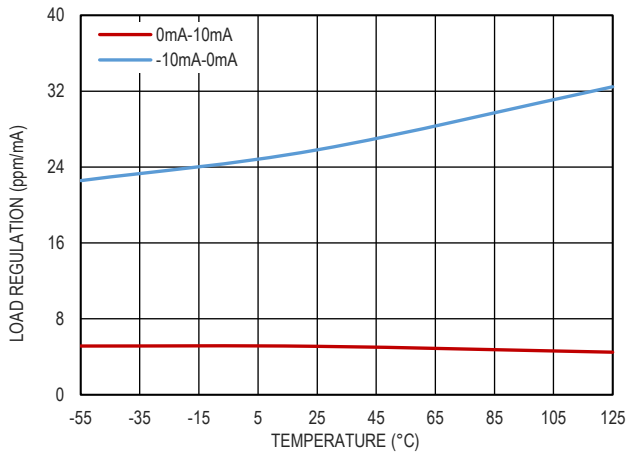


图 11. 负载调整率和温度的关系，V_{OUT}=3.3V

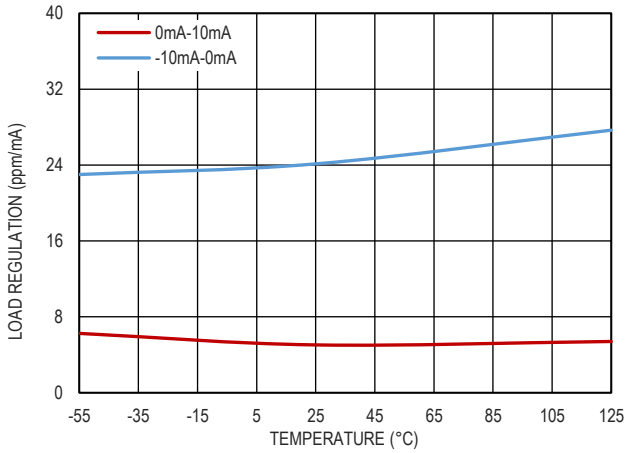


图 12. 负载调整率和温度的关系，V_{OUT}=4.096V

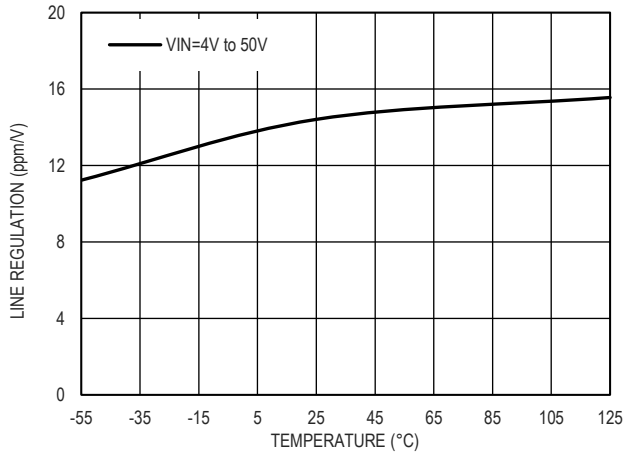


图 13. 输入调整率和温度的关系，V_{OUT}=1.25V

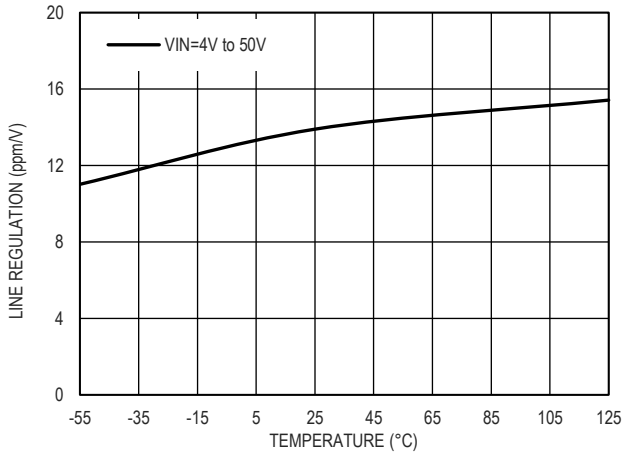


图 14. 输入调整率和温度的关系，V_{OUT}=2.048V

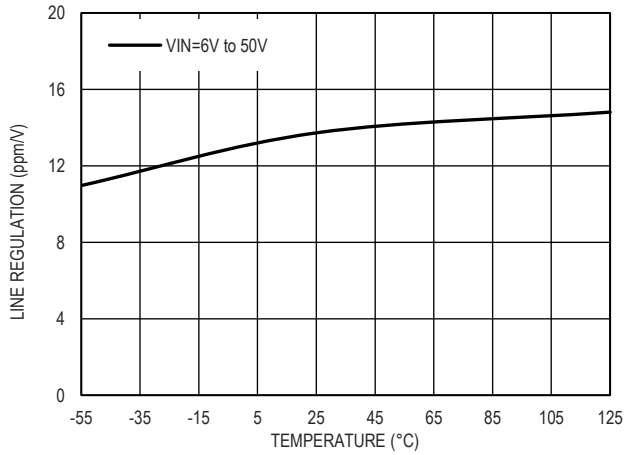


图 15. 输入调整率和温度的关系，V_{OUT}=3.3V

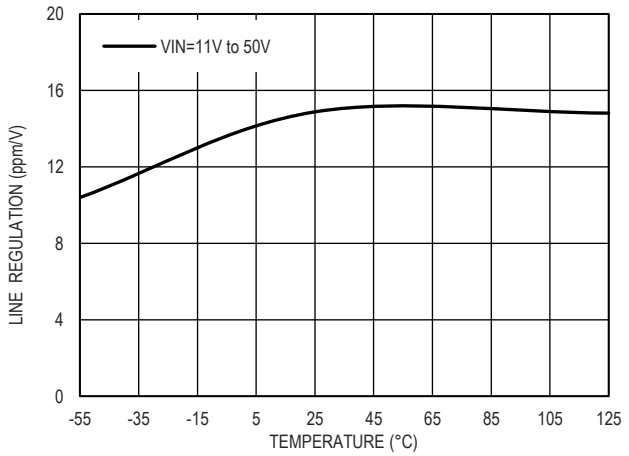


图 16. 输入调整率和温度的关系，V_{OUT}=4.096V

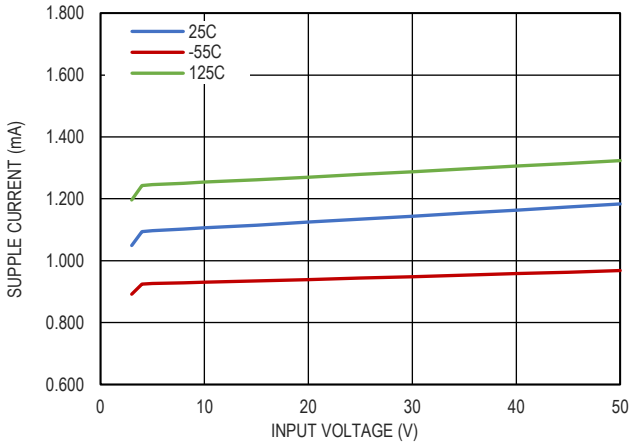


图 17. 输入电流和输入电压的关系，V_{OUT}=1.25V

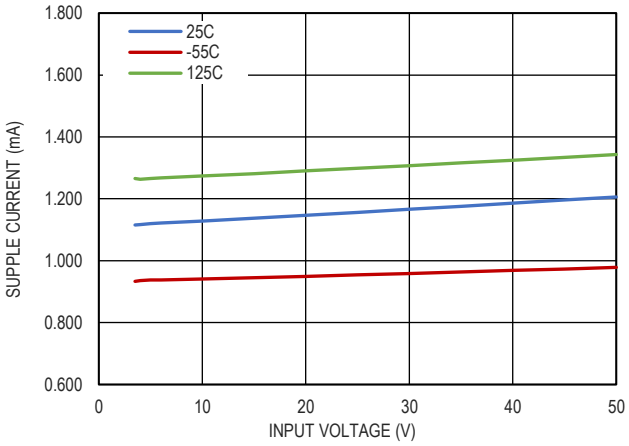


图 18. 输入电流和输入电压的关系，V_{OUT}=2.048V

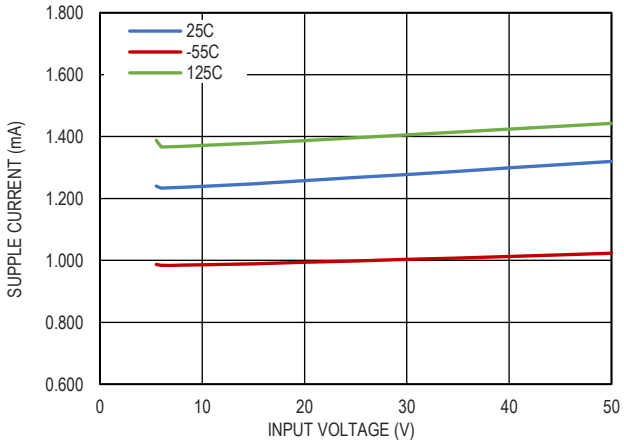


图 19. 输入电流和输入电压的关系，V_{OUT}=3.3V

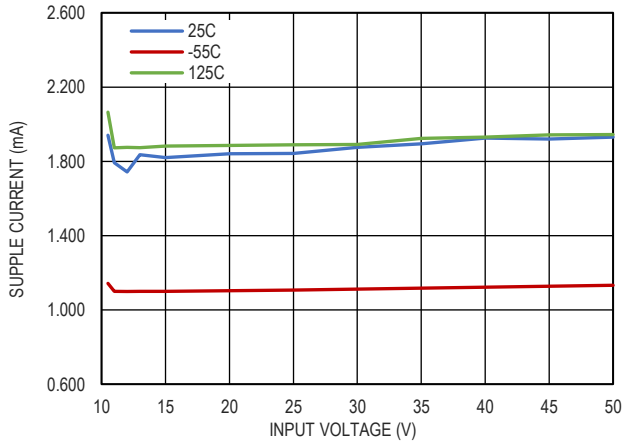


图 20. 输入电流和输入电压的关系，V_{OUT}=4.096V

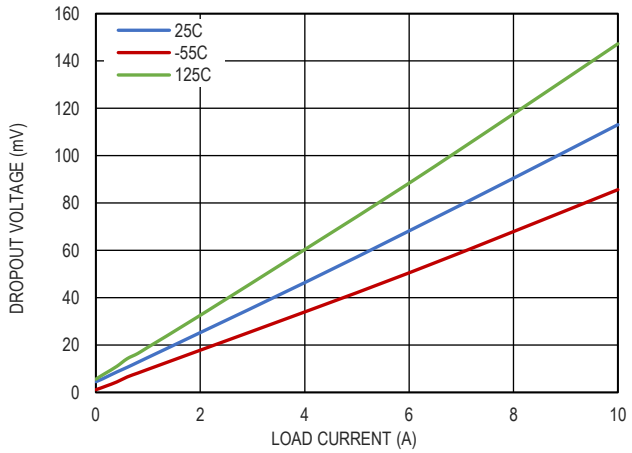


图 21.最小输入电压和输出电压的关系，V_{OUT}=3.3V

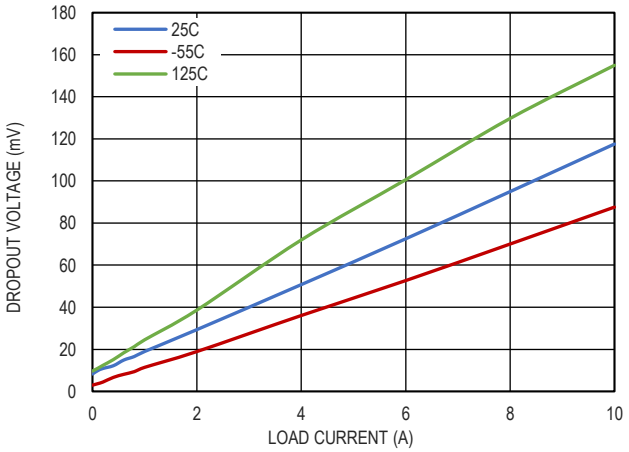


图 22.最小输入电压和输出电压的关系，V_{OUT}=4.096V

工作原理

GM7401 是高精度、低漂移 4.096 V、3.3 V 、2.048 V 和 1.25 V 电压参考，可提供多种封装。这些器件是基于标准带隙参考电压。带隙单元产生带隙电压，该电压随温度几乎保持不变。

通过内部运算放大器和反馈网络，V_{OUT} 可精确设置为 4.096 V、3.3 V 、2.048 V 和 1.25 V。电阻器的精密微调和其他专有电路技术用于进一步提高器件的初始精度、温度曲线和漂移性能。

PTAT 电压不经过缓冲，直接由带隙电压提供在 TEMP pin。由于此电压输出具有稳定的 2.2 mV/° C 温度系数，用户只需监控该引脚的电压变化即可估计器件的温度变化。

输入和输出电容

图 23 为 GM7401 系列参考电压有输入输出电容的应用电路.

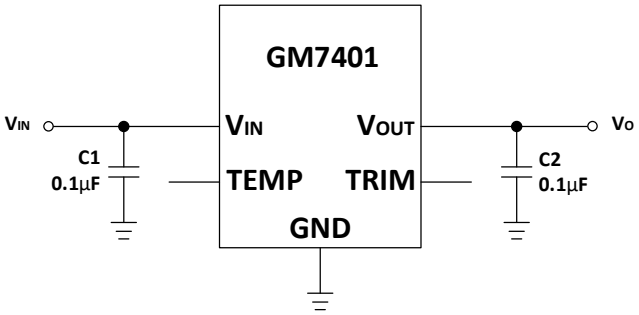


图 23. 有电容的应用电路

虽然 GM7401 系列参考电压被设计为无需任何外部组件就能稳定工作，但仍强烈建议在输出连接 0.1µF 陶瓷电容器，以提高稳定性并过滤掉低电压噪声。可并行添加额外的 1 µF 至 10 µF 电解、钽或陶瓷电容器，以改善瞬态性能，响应负载电流的突然变化；但是这样会增加器件的启动时间。1µF 至 10µF 电解、钽或陶瓷电容器也可以连接到输入，以改善电源电压可能波动的应用中的瞬态响应。应并行连接额外的 0.1µF 陶瓷电容器，以减少供电噪音。输入和输出电容器应尽可能靠近器件引脚。

输出电压调节

由于电源和负载条件变化、热迟滞、回流焊或者其他因素，常常可能导致输出电压偏移。GM7401 可以通过 TRIM 引脚向上或向下微调输出电压，从而允许系统设计者微调系统误差。图 24 为输出电压微调电路配置图.

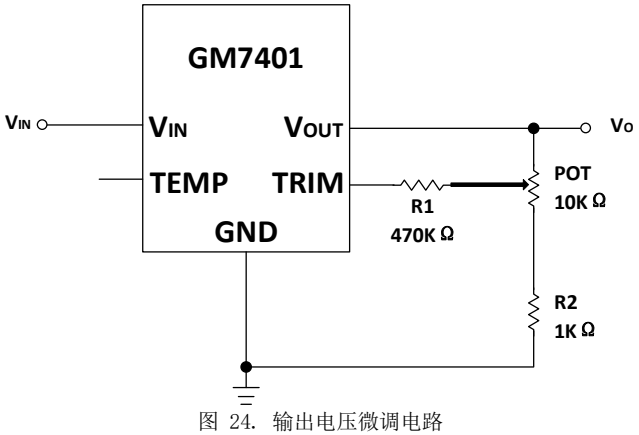


图 24. 输出电压微调电路

输出的调整不会显著影响参考电压本身的温度性能，前提是所使用的电阻器的温度系数较低。

应用信息

线路和负载调节

GM7401 的线路稳压通常远低于 15ppm/V。输入电压的 4.096V 变化导致典型的输出变化仅为 2ppm，负载调节也小于 5ppm/mA。负载电流 5mA 的变化只会使输出电压变化 25ppm。这些电气特性是用低占空比脉冲测量的。

为了实现优异的负载调节，需要最小化 VOUT 和 GND 线上的 IR 压降。一盎司铜箔印刷电路板有 0.5 mΩ/方块。仅仅增加 1 mΩ 的走线电阻，每通过 1mA，就会引入 1μV 的误差。这将在 1.23.3V 基准下为负载调节增加 0.4ppm/ mA。这些外部产生的误差与 GM7401 的典型负载调节值具有相同的数量级。最大限度地减少导线电阻并为负载使用单独的接地回路将保持出色的负载调节。当输入电流时，接地连接引脚可用作开尔文感应，以改善输出调节。

由于芯片温度变化引起的额外输出变化必须单独考虑。这些额外的影响可以通过以下方式估计:

$$\text{Line_Reg(in ppm)} = (I_{IN} + I_{OUT}) \cdot \theta_{JA} \cdot TC \cdot V_{IN}$$

$$\text{Load_Reg(in ppm)} = (V_{IN} + V_{OUT}) \cdot \theta_{JA} \cdot TC \cdot I_{OUT}$$

其中电压单位为 V，电流单位为 mA，封装热阻 θ_{JA} 单位为°C/mW，温度系数 TC 单位为 ppm/C。例如，典型静态电流 I_{IN} = 1.2mA, I_{OUT} = 1mA, V_{IN} -V_{OUT} = 1V 时，对于 TC 为 1ppm/°C、热阻为 θ_{JA} = 0.2°C /mW 的 MSOP-8 封装，增加的线路调节通常为 0.68 ppm/V，增加的负载调节通常为 0.5ppm/mA。

旁路电容和负载电容

GM7401 电压基准要求将 0.1μF 或更大的输入电容放置在靠近部件的位置，以提高电源抑制。具有大串联电感的长输入导线会对大负载瞬态产生振铃响应。

输出需要在 GM7401 附近放置 1μF 或更高的电容。频率稳定性、启动时间和建立行为直接受到输出电容的值和类型的影响。与输出电容串联的等效电阻(ESR)会在输出缓冲传递函数中引入一个零点，并可能导致不稳定。建议将 ESR 保持在 0.5Ω 以下，以保持足够的相位裕度。电容和 ESR 都与频率有关。在较高的频率下，电容下降，ESR 增加。为了保证 100kHz 以上的稳定性，输出电容也必须具有 100kHz 以上的合适特性。以下介绍具有合适性能的电容器。

对于需要大输出电容器的应用，与钽电容器并联的低 ESR 陶瓷电容器可提供最佳阻尼响应。例如，ESR 较大的 47μF 钽电容器与 ESR 小于 0.5Ω 的 10μF 陶瓷电容器并联可以改善瞬态响应并增加相位裕度。

要额外考虑 X7R 型等陶瓷电容器的使用。这些电容器体积小，值合适，在很宽的温度范围内相对稳定。然而，对于低噪声要求，X7R 电容器可能不合适，因为它们可能会表现出压电效应。机械振动会导致陶瓷电介质中的电荷位移，由此产生的扰动会以噪声的形式出现。

对于噪声非常低的应用，应考虑薄膜电容器，因为它们缺乏压电效应。聚酯、聚碳酸酯和聚丙烯等薄膜电容器具有良好的温度稳定性。必须格外小心，因为聚丙烯的温度上限为 85℃至 105℃。在这些温度以上，通常需要根据制造商的规格降低工作电压。另一种薄膜电容器是聚苯硫醚(PPS)。这些电容器在很宽的温度范围内工作稳定，并且在 1μF 以上具有较大的电容值。

在电压参考应用中，薄膜电容器的寿命受到温度和外加电压的影响。在高温下，在接近或超过额定电压的情况下，电容器的寿命会因交流纹波或这些因素的某种组合而降低。大多数电压参考应用仅在瞬态事件期间出现交流纹波。

启动时间

启动时间由短路电流、输出电容和输出电压值决定，如公式:

$$t_{ON} = V_{OUT} \cdot \frac{C_{OUT}}{I_{SC}}$$

以 1.25V 输出电压为例，具有 1μF 输出电容和典型的 30mA 电流限制，启动时间为:

$$t_{ON} = 1.25V \cdot \frac{1\mu F}{30mA} = 83\mu s$$

灌电流压差

GM7401 输出级可以输出和输入等量级的电流。当输出电流时，它充当传统的低差调节装置。当输入电流时，它可以保持输入电压等于、大于或略小于输出电压的稳压输出。灌电流时的压差规格表示为 V_{IN} -V_{OUT} 的负电压值，输出电压维持的同时，输入电压低于输出电压 120mV)。这允许并联参考应用，其中输出和输入可以绑在一起，并将电流从输出灌到地。

正或负分流模式操作

除了串联模式操作外，GM7401 还可以在并联模式下操作。在这种模式下，基准线作为双端电路布线，既可以用作正电压基准，也可以用作负电压基准，如图 25 和图 26 所示。

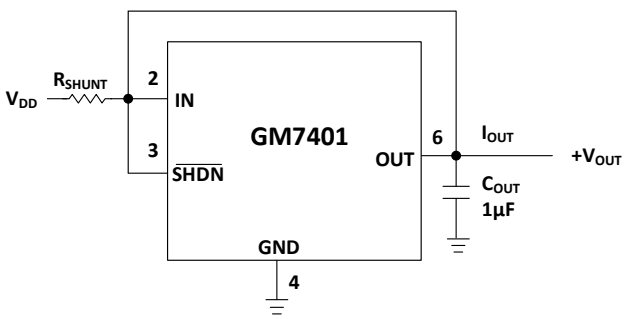


图 25. 正压并联方式

R_{SHUNT}的选择使用以下公式:

其中:I_{SHUNT_MAX} = 2.5mA + I_{OUT_MAX}

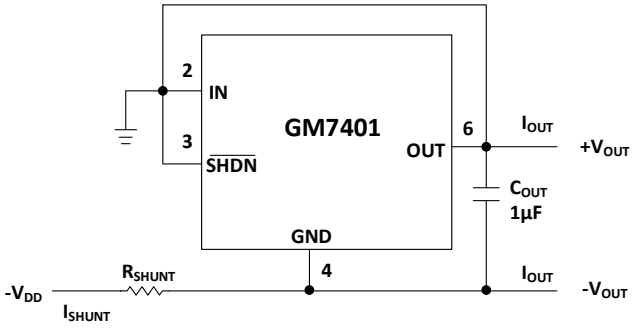


图 26. 负压并联方式

I_{SHUNT}电流必须运行在 2.5mA 以上，才能获得与串联模式操作相同的性能。在并联模式下， I_{OUT_MAX}小于或等于 8.5mA。为了稳定，输出需要 1µF 或更高的输出电容。

关机模式

当$\overline{SHDN}$引脚相对于地被拉到 0.8V 以下时， GM7401 进入低功耗状态并关闭输出。静态电流一般为 2µA。如果$\overline{SHDN}$设置为小于 0.4V，则静态电流降至 10nA。$\overline{SHDN}$引脚启动阈值为 1.26V，其关断阈值具有约 150mV 的滞后。如果未使用，将$\overline{SHDN}$输入引脚连接到 VIN。

功耗

GM7401 的功耗取决于 VIN、负载电流和封装类型。虽然最高结温为 125°C，但为了获得最佳性能，建议尽可能限制结温的变化。

噪声性能及规格

GM7401 为带隙参考提供了非常低的噪声，在 0.1Hz 至 10Hz 带宽范围内仅为 $0.5ppm_{P-P}$。系统噪声性能可能由系统设计和物理布局决定。将输入电容和负载电容放置在靠近零件的位置。通过并联几个 GM7401，可以进一步提高噪声性能。通过这种技术，噪声降低了 √N，其中 N 是使用的 GM7401 的数量。

热迟滞

热迟滞是对温度循环导致的输出电压变化。GM7401 专有的设计技术最大限度地减少了热迟滞。GM7401 有可能够消耗相对较高的功率。以 1.25V 输出为例，在 GM7401 上施加 40V 输入电压和 5mA 源负载电流的情况下，功耗为 PD = 40V• 1.2mA + (40V-1.25V)•5mA = 241.75mW，这会导致 MSOP-8 封装中芯片温度升高 51°C。这可能会使结温提高到 125°C 以上，并且可能导致每次器件上电时由于热滞后而导致输出偏移。

长期漂移

GM7401 漂移数据是在焊接到 PC 板上的器件上获取的，类似于实际的应用。然后将电路板放入 T_A = 35℃的恒温烘箱中，定期扫描其输出，并用 8.5 位数字万用表进行测量。

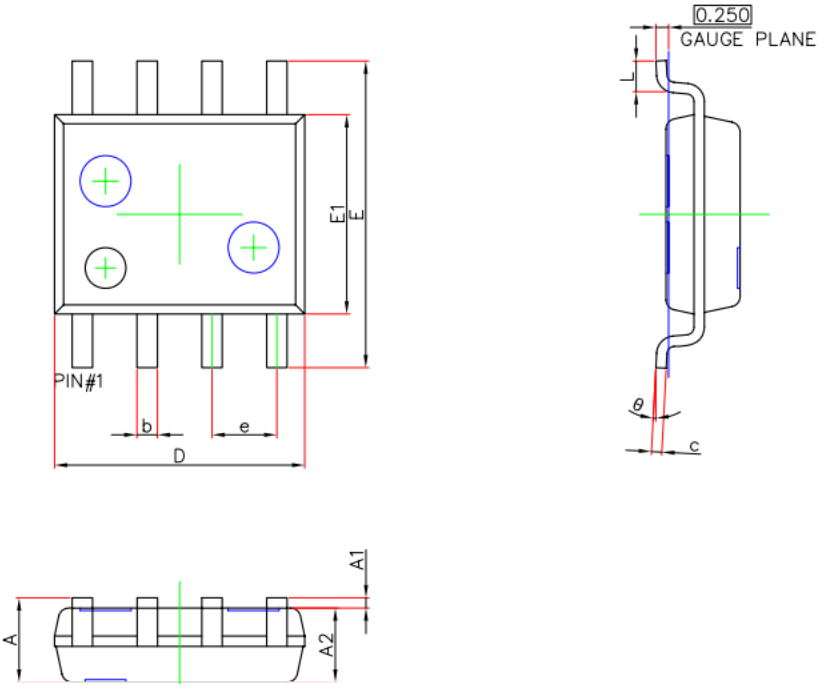
PC 板布局应力

GM7401 输出电压在全温度范围内非常稳定，误差小于 5ppm/°C。将器件焊接到印刷电路板上所产生的机械应力可能会导致输出电压偏移和器件温度系数发生变化。PCB 板会影响稳定性的各个方面，包括长期稳定性、热滞性和湿度稳定性。

回流焊偏移

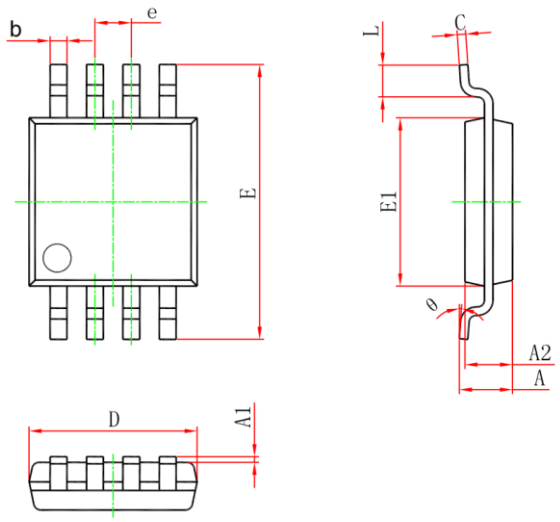
将器件焊接到电路板上的机械应力会导致输出电压偏移。此外，回流焊或对流焊炉的热量也会导致输出电压发生偏移。构成半导体器件及其封装的材料具有不同的膨胀和收缩系数。在一个部件经历无铅回流曲线的极端高温后，输出电压会发生位移。在器件膨胀之后，然后收缩，器件上的应力会发送变化。这种位变化类似于热迟滞，但比热迟滞更大。

外形尺寸



Symbol	Dimensions In Millimeters		Dimensions In Inches	
	Min.	Max.	Min.	Max.
A	1.450	1.750	0.057	0.069
A1	0.100	0.250	0.004	0.010
A2	1.350	1.550	0.053	0.061
b	0.330	0.510	0.013	0.020
c	0.170	0.250	0.007	0.010
D	4.700	5.100	0.185	0.201
E	5.800	6.200	0.228	0.244
E1	3.800	4.000	0.150	0.157
e	1.270(BSC)		0.050(BSC)	
L	0.400	1.270	0.016	0.050
θ	0°	8°	0°	8°

图 27. 8 引脚 SO-8



Symbol	Dimensions In Millimeters		Dimensions In Inches	
	Min	**Max**	**Min**	**Max**
A	---	1.100	---	0.043
A1	0.020	0.150	0.001	0.006
A2	0.750	0.950	0.030	0.037
b	0.250	0.380	0.010	0.015
c	0.090	0.230	0.004	0.009
D	2.900	3.100	0.114	0.122
e	0.650（BSC）		0.026（BSC）	
E	4.750	5.050	0.187	0.199
E1	2.900	3.100	0.114	0.122
L	0.400	0.800	0.016	0.031
θ	0°	6°	0°	6°

图 28. 8 引脚 MSOP-8

订购指南

型号	温度范围	封装描述	封装选项
GM7401ARZ-1.25-R7	−40°C 至 +125°C	8 引脚 SO, 1.25V, 3 ppm/°C	R-8
GM7401ARZ-2.048-R7	−40°C 至 +125°C	8 引脚 SO, 2.048V, 3 ppm/°C	R-8
GM7401ARZ-3.3-R7	−40°C 至 +125°C	8 引脚 SO, 3.3V, 3 ppm/°C	R-8
GM7401ARZ-4.096-R7	−40°C 至 +125°C	8 引脚 SO, 4.096V, 3 ppm/°C	R-8
GM7401BRZ-1.25-R7	−40°C 至 +125°C	8 引脚 SO, 1.25V, 8 ppm/°C	R-8
GM7401BRZ-2.048-R7	−40°C 至 +125°C	8 引脚 SO, 2.048V, 8 ppm/°C	R-8
GM7401BRZ-3.3-R7	−40°C 至 +125°C	8 引脚 SO, 3.3V, 8 ppm/°C	R-8
GM7401BRZ-4.096-R7	−40°C 至 +125°C	8 引脚 SO, 4.096V, 8 ppm/°C	R-8
GM7401MRZ-1.25-R7	−55°C 至 +125°C	8 引脚 SO, 1.25V, 3 ppm/°C	R-8
GM7401MRZ-2.048-R7	−55°C 至 +125°C	8 引脚 SO, 2.048V, 3 ppm/°C	R-8
GM7401MRZ-3.3-R7	−55°C 至 +125°C	8 引脚 SO, 3.3V, 3 ppm/°C	R-8
GM7401MRZ-4.096-R7	−55°C 至 +125°C	8 引脚 SO, 4.096V, 3 ppm/°C	R-8
GM7401ARMZ-1.25-R7	−40°C 至 +125°C	8 引脚 MSOP, 1.25V, 8 ppm/°C	RM-8
GM7401ARMZ-2.048-R7	−40°C 至 +125°C	8 引脚 MSOP, 2.048V, 8 ppm/°C	RM-8
GM7401ARMZ-3.3-R7	−40°C 至 +125°C	8 引脚 MSOP, 3.3V, 8 ppm/°C	RM-8
GM7401ARMZ-4.096-R7	−40°C 至 +125°C	8 引脚 MSOP, 4.096V, 8 ppm/°C	RM-8

Z = RoHS Compliant Part

@2023