

Data Sheet
GM6403
产品特性

宽输入电压: 3.4V 至 36V
 输出电压: 低至 1V, 高至 20V
 连续输出电流: 3A
 效率高达 95%
 电感集成
 可调开关频率: 400kHz 至 2.2MHz
 支持与外部时钟同步
 电源良好功能
 19 引脚 9mm x 7mm x 4mm QFN 封装

应用

工业领域
 医疗领域
 智能电网与能源
 工厂和楼宇自动化
 国防

概述

GM6403 是一个非常小且高效的同步 3A 降压直流/直流电源模块, 内部集成了开关管、电感以及无源器件。在 3.4V 至 36V 的宽输入电压条件下, 仍能达到很好的输入电压调整率和负载调整率。

该电源模块使用 400kHz 的默认固定开关频率(可配置为最高 2.2MHz 的开关频率), 进行内部补偿的峰值电流模式控制, 实现了快速的瞬态响应。高度集成的模组, 降低了客户的设计和制造风险, 并缩短了客户产品研发的周期。

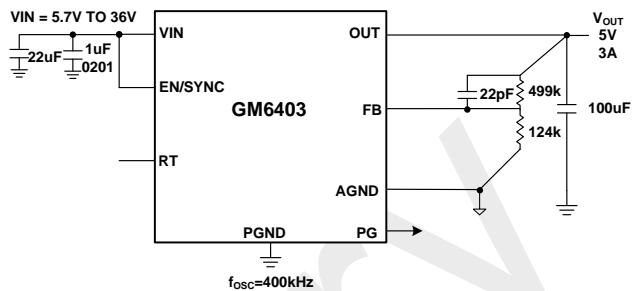
典型应用


图 1. GM6403 典型应用

准确的使能门限可采用 EN 引脚设定。其他功能包括外部时钟同步、电源良好、输出过压保护、短路保护、热关机等。

该电源模块采用 9mm × 7mm × 4mm 19 引脚 QFN 封装, 可轻松焊接到印刷电路板上, 并可实现紧凑的低厚度负载点设计, 是给各种应用供电的绝佳器件。

目录

产品特性.....	1	热阻.....	5
应用.....	1	电气特性.....	6
概述.....	1	典型性能参数.....	7
目录.....	2	工作原理.....	9
版本历史.....	2	应用信息.....	10
功能框图.....	3	应用信息.....	13
引脚配置及功能描述.....	4	外形尺寸.....	14
绝对最大额定值.....	5	订购指南.....	15

版本历史

07/25—PrA

初稿

1/26——PrB

修改型号描述错误

功能框图

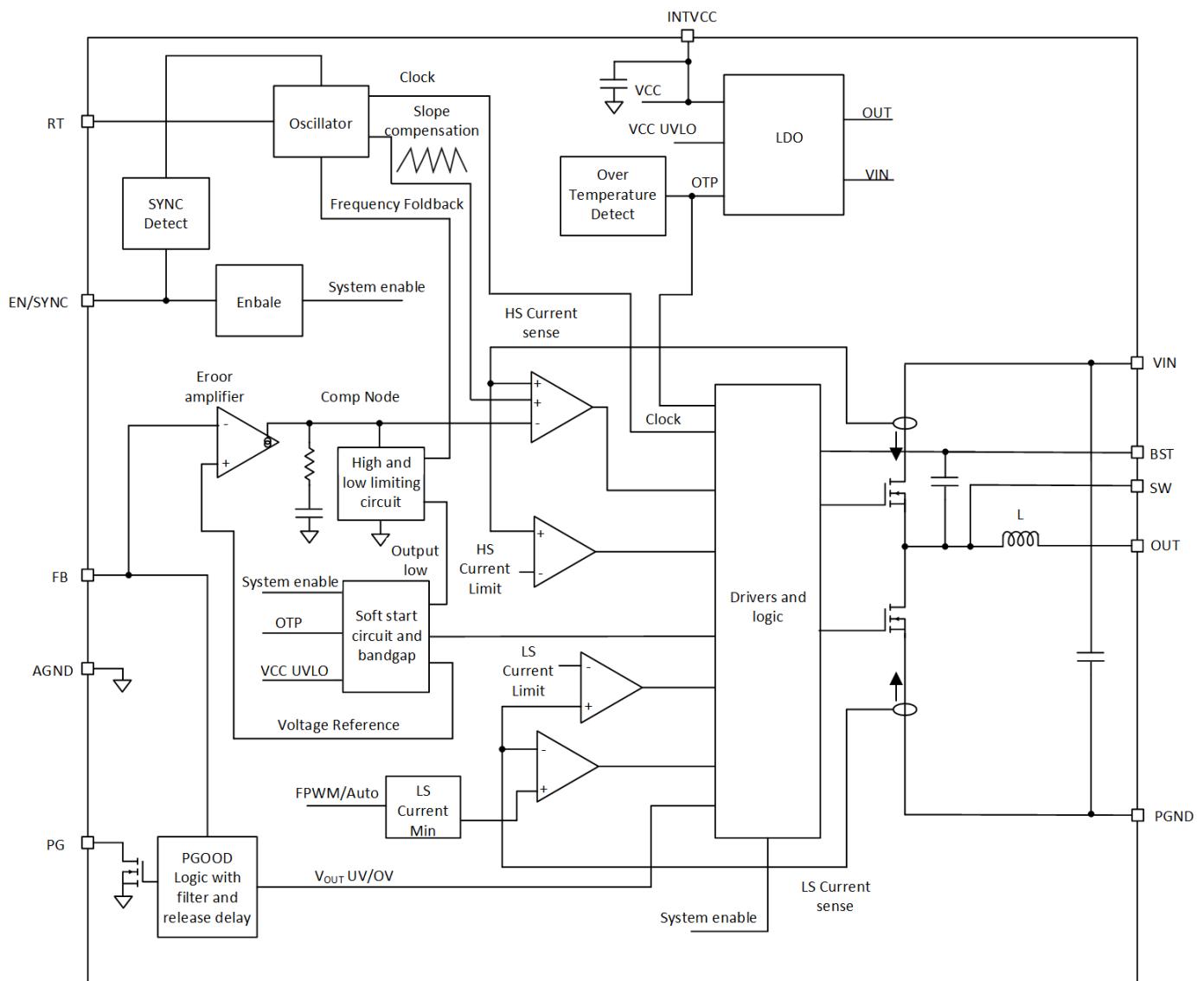


图 2 GM6403 功能框图

引脚配置及功能描述

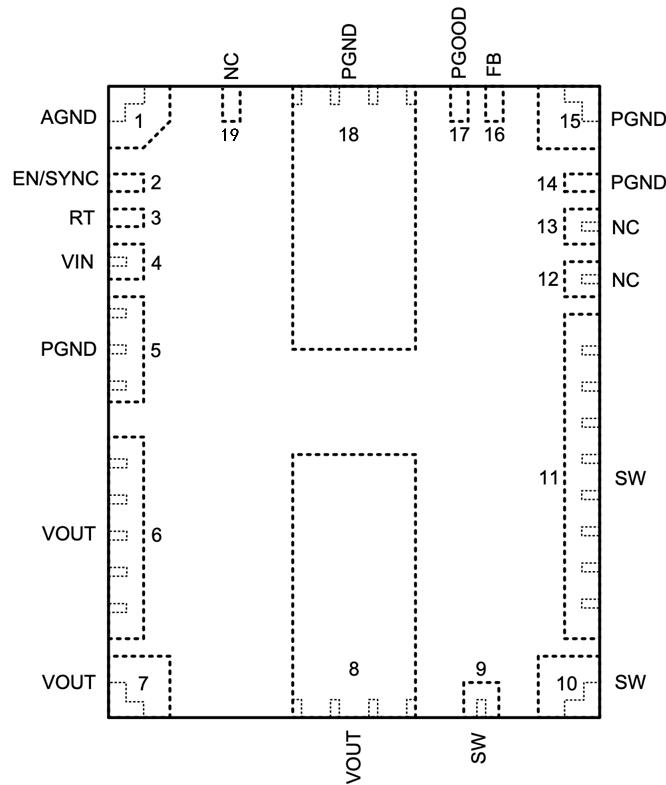


图 3 引脚配置 TOP VIEW

表 1. 引脚功能描述

编号	引脚名称	描述
1	AGND	模拟地。内部电路的参考地。内部已连接至 PGND。
2	EN/SYNC	使能引脚。该引脚有一个精确使能功能。当该引脚电压高于使能阈值，芯片开始工作；当该引脚电压低于使能阈值，芯片停止工作。不要浮空此引脚。
3	RT	同步引脚。使用时钟源驱动该引脚，可将芯片同步到外部频率。
4	VIN	电源输入引脚。采用低 ESR 的电容并将其尽量放置在靠近该引脚和 PGND 的位置。
5, 14, 15, 18	PGND	电源地。内部功率器件的参考地。需要与 PCB 保证良好接地。
6, 7, 8	OUT	电源输出。将负载连接至 OUT。在 OUT 和 GND 之间放置输出电容。
9, 10, 11	SW	内部功率开关的输出。不需要连接至其他网络。推荐将这些引脚接到 PCB 上一块大的铜，用来改善散热。
12, 13, 19	NC	保持引脚浮空。
16	FB	反馈引脚。此引脚用来设定输出电压。将此引脚连接至位于 OUT 和 AGND 之间的反馈电阻网络的中间节点。该引脚电压典型值为 1V。在 FB 和 VOUT 之间并联一个相位超前电容，有助于改善动态响应。
17	PG	电源良好引脚。内部电源良好比较器的开漏输出。当输出电压低于 PG 阈值或高于过压保护阈值时，该引脚被拉低。当 VIN 引脚电压低于 UVLO 时，芯片被关闭，此引脚也被拉低。

绝对最大额定值

表 2:

参数	额定值
VIN, EN/SYNC 至 PGND	42V
RT, FB 至 GND	6V
OUT, PG 至 GND	20V
存储温度范围	-65°C to +150°C
工作结温范围	-40°C to +125°C
焊接条件	JEDEC J-STD-020

达到或者高于最大额定值下的应用可能会对产品造成永久性损坏。上表只是一个参考额定压力等级。不建议产品在上表所示条

件, 或高于上表所示条件的运行, 长时间超过最大运行条件的运行可能会影响产品的可靠性。

热阻

θ_{JA} 适用于最坏情况, 即器件焊接在电路板上以实现表贴封装。

表 3:

封装类型	θ_{JA}	单位
19 引脚 QFN (9mm x 7mm x 4mm)	19	°C/W

电气特性

除非另有说明, $V_{IN} = 12V$, $T_J = -40^{\circ}C$ to $+125^{\circ}C$ (对于最小/最大值规格), $T_A = 25^{\circ}C$ (对于典型规格)。

表 4.

参数	符号	测试条件/注释	最小值	典型值	最大值	单位
最小输入电压	V_{IN}		2.9			V
V_{IN} 关机电流	$I_{SHUTDOWN}$	$V_{EN} = 0V$	2			μA
V_{IN} 静态电流	I_{Q_LPM} I_{Q_FCM}	$V_{EN} = 2V$, 未执行开关工作 $V_{EN} = 2V$, 未执行开关工作	4 0.6			μA mA
FB 引脚						
反馈基准电压	V_{FB}	$V_{IN} = 6V$, $I_{LOAD} = 0.5A$	1			V
反馈电压的输入调整率		$V_{IN} = 4.0V$ 至 $24V$, $I_{LOAD} = 0.5A$	0.01			%/V
反馈引脚输入电流	I_{FB}	$V_{FB} = 1V$	-20	20		nA
SW 引脚						
最小导通时间	t_{MIN_ON}	$I_{LOAD} = 1A$	45			ns
最小关断时间	t_{MIN_OFF}		80			ns
顶端功率 NMOS 导通电阻	$R_{DS_ON_HS}$	$I_{SW} = 1A$	60			$m\Omega$
顶端功率 NMOS 电流限值	I_{HS_LIM}		6	7	8	A
底端功率 NMOS 导通电阻	$R_{DS_ON_LS}$	$I_{SW} = 1A$	24			$m\Omega$
漏电流	I_{SW_LEAK}	$V_{IN} = 24V$, $V_{SW} = 0V$	-15	16		μA
振荡器频率	f_{sw}	RT 悬空 RT 接地	400 2.2			kHz MHz
EN 引脚						
EN 引脚门限	V_{EN_RISING}	EN 逐渐上升	0.94	1	1.06	V
EN 引脚迟滞	V_{EN_HYS}		40			mV
EN 引脚电流	I_{EN_LEAK}	$V_{EN} = 2V$	-20	20		nA
PG 引脚						
PG 上门限偏移(从 V_{FB})	V_{PG_RISING}	V_{FB} 逐渐下降	6	8	10	%
PG 下门限偏移(从 V_{FB})	$V_{PG_FALLING}$	V_{FB} 逐渐上升	-6	-8	-10	%
PG 迟滞	V_{PG_HYS}		0.5			%
PG 延迟时间	t_{PG_DLY}		120			μs
PG 漏电流	I_{PG_LEAK}	$V_{PG} = 3.3V$	-40	40		nA
PG 下拉电阻	R_{PG}	$V_{PG} = 0.1V$	700	2000		Ω
软启时间	t_{SS}		6			ms
用于停用强制连续模式的相 对于反馈基准电压的 V_{FB} 偏 移		V_{FB} 逐渐上升	7	9.5	12	%
热关断温度	T_{SD} T_{SD_HYS}	关机阈值, 温度上升 开机阈值, 温度下降	165 10			$^{\circ}C$ $^{\circ}C$

典型性能参数

除非另有说明, $V_{IN} = 12V$, $V_{OUT} = 3.3V$, $C_{OUT} = 22\mu F \times 2$, $T_A = 25^\circ C$ 。

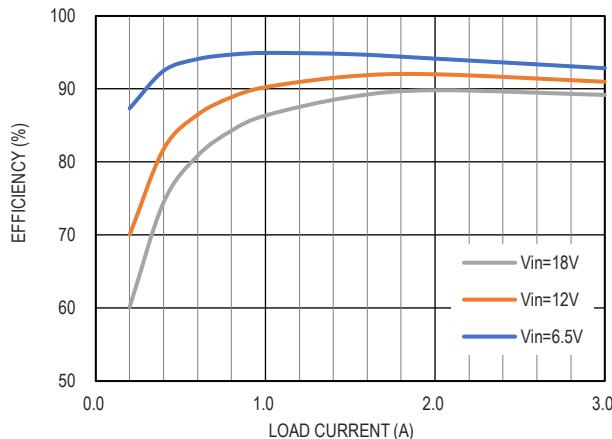


图 4. 效率曲线, $V_{OUT} = 5V$, 强制连续模式

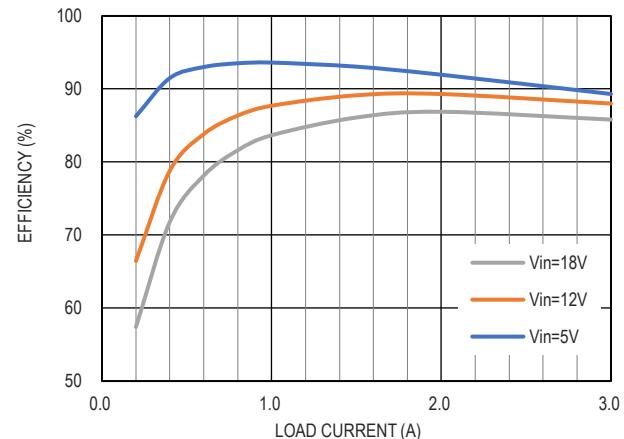


图 5. 效率曲线, $V_{OUT} = 3.3V$, 强制连续模式

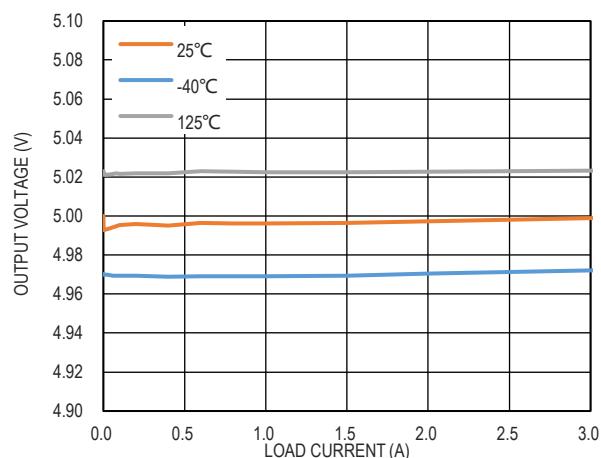


图 6. 输出电压负载调整率, $V_{OUT} = 5V$

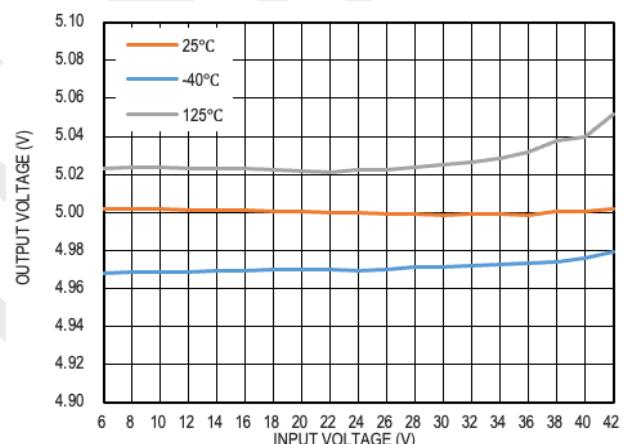


图 7. 输出电压线调整率, $V_{OUT} = 5V$, 1A

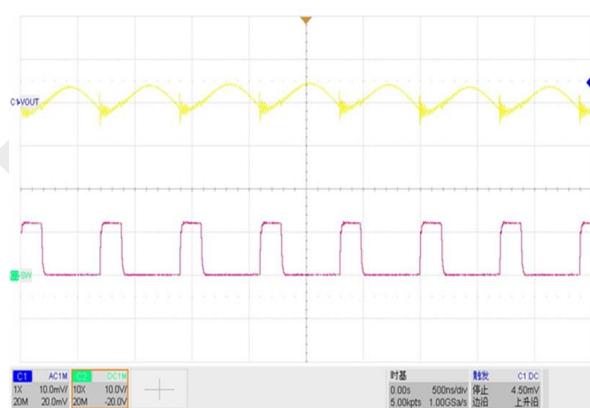
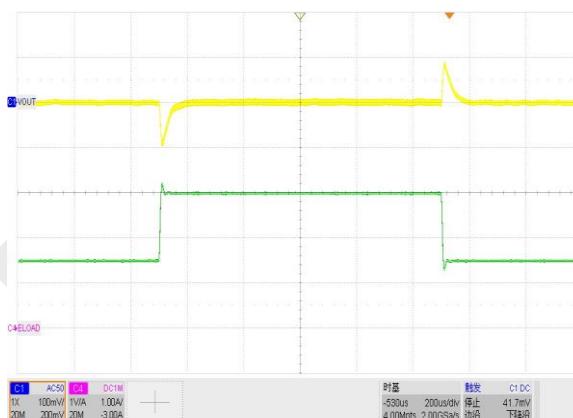
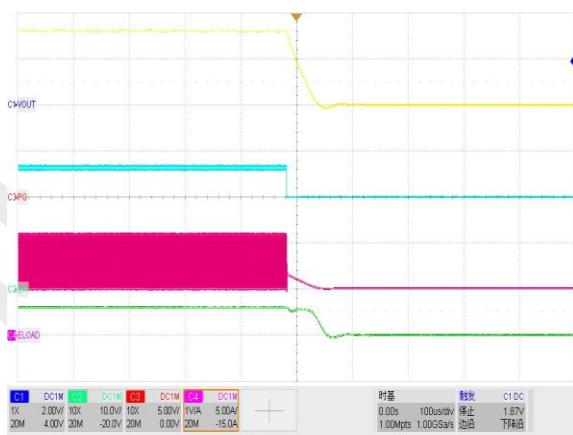
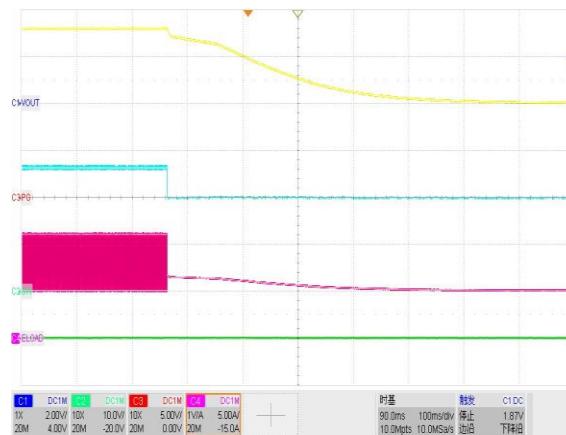
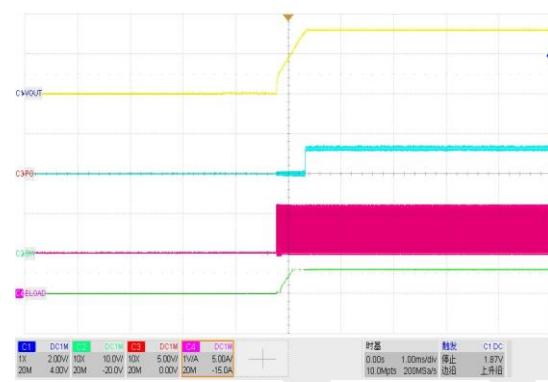
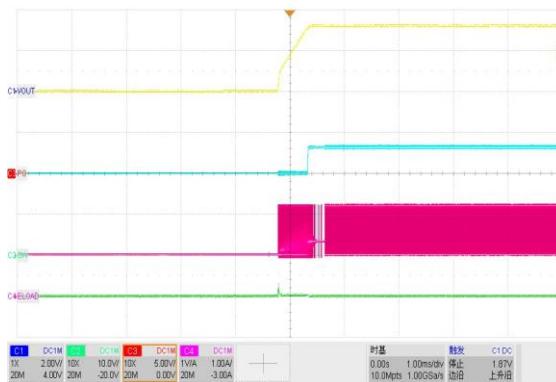


图 8. 输出纹波 $V_{OUT} = 3.3V$, $I_o = 0A$, FPWM



图 9. 输出纹波 $V_{OUT} = 3.3V$, $I_o = 3A$, FPWM



工作原理

GM6403 是一款 36V, 3A 单片式恒频峰值电流模式控制的降压 DC/DC 电源模块。内部振荡器在每个时钟周期的起点导通内部顶端功率开关。电感器中的电流随后将增加，直到顶端开关电流比较器跳变并断开顶端功率开关为止。顶端开关断开时的峰值电感器电流受控于内部 V_c 节点上的电压。误差放大器通过比较 **FB** 引脚上的电压与一个内部 1V 的基准来维持 V_c 节点电平。当负载电流增加时，它将引起反馈电压下降 (相对于基准)，从而导致误差放大器提升 V_c 电压，直到平均电感器电流与新的负载电流匹配为止。当顶端功率开关断开时，同步功率开关导通，直到下一个时钟周期开始或者电感器电流降至零为止。如果过载条件导致流过底端开关的电流大于 5A，则下一个时钟周期将被延迟，直到开关电流恢复至一个安全的水平为止。

如果 **EN** 引脚为低电平，则 GM6403 停机并从输入吸收 $2\mu A$ 的电流。当 **EN** 引脚电压高于 1V 时，开关稳压器将变至运行状态。

GM6403 可通过工厂设定，工作于低功耗模式或强制连续模式 (FCM)。为了优化轻负载时的效率，GM6403-1 在轻负载情况下工作于低功耗模式。在两个脉冲之间，所有与控制输出开关相关联的电路均被关断，从而把输入电源电流减小至 $1.7\mu A$ 。在典型应用中，当在无负载条件下进行调节时，将从输入电源消耗 $2.5\mu A$ 电流。

GM6403 也能工作在强制连续模式 (FCM) 以在宽负载范围内实现快速瞬态响应并执行全频率工作。当器件处于 FCM 时，振荡器连续工作并使正 **SW** 转换对准时钟。

如果输出电压的变化幅度超出了设定点的 $\pm 8\%$ (典型值) 范围，或者存在某种故障情况，那么负责监视 **FB** 引脚电压的比较器将把 **PG** 引脚拉至低电平。

应用信息

输出电压和反馈网络

输出电压由输出端和 **FB** 引脚之间的电阻分压器配置。根据以下要求选择电阻值：

$$R_A = R_B \left(\frac{V_{OUT}}{1V} - 1 \right)$$

如图 15 所示：

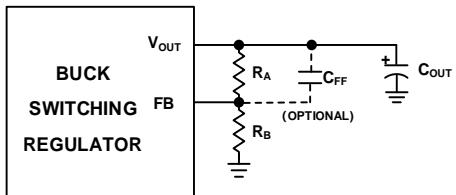


图 15. 反馈电阻网络

R_A 的典型值推荐 499k Ω 。建议使用精度达到或超过 1% 的电阻，以保持输出电压精度。Buck 电源模块的瞬态响应可以通过可选的相位超前电容 C_{FF} 来改善， C_{FF} 有助于消除反馈电阻和 **FB** 引脚的输入电容产生的极点。电容值推荐 22pF，可以改善瞬态响应。反馈网络及最小输出电容的典型推荐值如下表 5 所示。

表 5.

V_{OUT}/V	$R_A/k\Omega$	$R_B/k\Omega$	C_{FF}/pF	f_{sw}/kHz	C_{OUT}/uF
5	499	124	22	400	4x22
5	499	124	22	2200	2x22

输入电容

应采用至少一个陶瓷电容器对 GM6403 电路的 **VIN** 进行旁路以实现最佳的性能。在靠近 **VIN** 之处安放较大的陶瓷电容器 (22 μ F 或更大)。更多详情请见布局部分。为了在整个温度和输入电压变化范围内获得最佳性能，建议采用 X7R 或 X5R 型电容器。

输出电容，输出纹波和瞬态响应

输出电容器具有两项基本功能。它可与电感器一道滤除 GM6403 生成的方波以产生 DC 输出。在该作用中，它决定了输出纹波，因而在开关频率条件下具有低阻抗是很重要的。第二项功能是储存能量，以满足瞬态负载要求并稳定 GM6403 的控制环路。陶瓷电容器具有非常低的等效串联电阻 (ESR)，并可提供最佳的纹波性能。如需了解上佳的起始值，请见表 5。

应采用 X5R 或 X7R 型电容器。这种选择将提供低输出纹波和优良的瞬态响应。利用一个数值较高的输出电容器并在 **VOUT** 和 **FB** 之间增设一个前馈电容器能够改善瞬态性能。另外，增加输出电容也将减小输出电压纹波。可采用一个数值较低的输出电容器以节省空间和成本，但瞬态性

能将受损，而且有可能引起环路的不稳定性。见本产品手册的请见表 5 以了解建议的电容值。

当选择电容器时，应特别仔细地阅读其产品手册，以计算相关工作条件下 (电压偏置和温度) 的实际电容是多少。有可能需要采用一个体积较大或具有较高额定电压的电容器。

陶瓷电容

陶瓷电容小巧、坚固，并且具有非常低的 ESR。然而，由于其压电特性的原因，陶瓷电容也会引发问题。在低功耗模式工作中，GM6403 的开关频率取决于负载电流，而当负载非常轻的时候，GM6403 会在音频条件下激励陶瓷电容，从而产生音频噪声。倘若不能接受这种噪声水平，则可在输出端上采用高性能钽电容或电解电容。另外，也可以使用低噪声的陶瓷电容器。

与陶瓷电容器有关的最后一个注意事项涉及到 GM6403 的最大额定输入电压。如前文所述，一个陶瓷输入电容器与走线或电缆电感组合起来，形成了一个高质量 (欠阻尼) 的谐振电路。如果 GM6403 电路被插入一个通电电源，则输入电压会产生高达其标称值两倍的振铃，有可能超过 GM6403 的额定电压。

使能引脚

当 **EN/SYNC** 引脚为低电平时 GM6403 停机，而当该引脚为高电平时则 GM6403 运行。EN 比较器的上升门限为 1.0V，并具有 40mV 的迟滞。EN 引脚可以连接至 **VIN** (如果不使用停机功能) 或连接至一个逻辑电平 (假如需要停机控制)。

在 **VIN** 和 **EN** 之间增设一个电阻分压器可将 GM6403 设置为仅在 **VIN** 高于某个期望电压时调节输出 (见“功能框图”)。通常，该门限 $V_{IN(EN)}$ 在输入电源其电流受限或者具有一个相对较高的源电阻之场合中使用。开关稳压器从电源吸取恒定的功率，因此当电源电压下降时电源电流增加。这对于电源而言看似一个负电阻负载，并会导致电源在低电源电压条件下对电流进行限制或者闭锁于低电平。

$V_{IN(EN)}$ 门限可防止稳压器在有可能出现问题的电源电压条件下工作。可通过设定合适的 R_{TOP} 和 R_{BOTTOM} 阻值以满足下式来调节该门限：

$$V_{IN(EN)} = \left(\frac{R_{TOP}}{R_{BOTTOM}} + 1 \right) \cdot 1.0V$$

此时，GM6403 将保持关断状态直到 **VIN** 高于 $V_{IN(EN)}$ 为止。由于比较器迟滞的原因，开关工作将在输入降至略低于 $V_{IN(EN)}$ 时才会停止。

当在轻负载电流条件下运行于低功耗模式时，流过 $V_{IN(EN)}$ 电阻器网络的电流很容易地就会大于 GM6403-1 所消耗的电源电流。因此， $V_{IN(EN)}$ 电阻器值应该很大以尽量减轻其在低负载时对于效率的影响。

时钟同步

若要把 GM6403 的振荡器同步至一个外部频率，则一种方式是连接一个方波 (具有 20 % 至 80 % 的占空比) 至 EN/SYNC 引脚。该方波的峰峰值应高于 1.2V，低于 5V，且方波等效平均值应大于 1.2V；另一种方式如图 16 所示， R_{ENT} 和 R_{ENB} 的值按照使引脚 R_{TOP} 和 R_{BOTTOM} 的阻值设置要求进行设置，且保证时钟源的占空比介于 20~80%，峰峰值介于 1.2~5V，且峰峰值的一半小于等于 EN/SYNC 上的直流值。

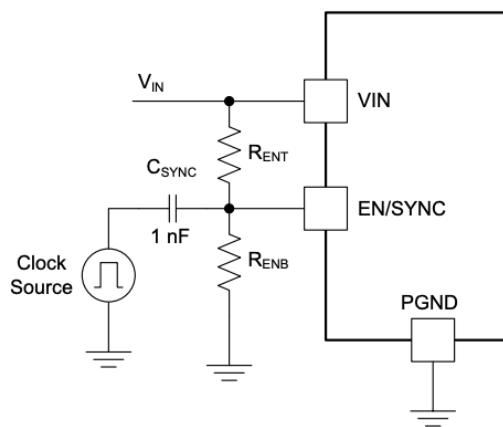


图 16. AC 耦合时钟同步

当同步至一个外部时钟时，GM6403-1 在低输出负载下将不会进入低功耗模式工作，而是运行强制连续模式以维持调节作用。

开关频率设置

GM6403 采用一种恒定频率 PWM 架构，其开关频率可采用一个连接在 RT 引脚和地之间的电阻器设置在 400kHz 至 2.2MHz 的范围内。表 6 给出了期望开关频率与所需 RT 阻值的对应表。

针对某一期望开关频率所需的 RT 电阻器可采用下式计算：

$$\frac{R_T \times 36.57}{R_T + 36.57} = \frac{14.8}{f_{SW}} - 0.43$$

式中的 R_T 其单位为 $k\Omega$ ， f_{SW} 为期望的开关频率 (单位：MHz)。

表 6：SW 频率与 RT 阻值的对应关系

SW (MHz)	RT ($k\Omega$)
0.4	NC
0.5	143
0.6	71.5
0.7	47.5
0.8	35.7
1.0	23.7

1.2	17.4
1.4	14
1.6	11.5
1.8	10
2.0	8.66
2.2	0

实现超低静态电流(低功耗模式，仅限 GM6403-1)

为了提高轻负载条件下的效率，GM6403-1 可以工作于低功耗(Burst)模式，以使输出电容器被充电至一个期望的输出电压，同时最大限度地减小输入静态电流和输出电压纹波。在低功耗模式工作中，GM6403-1 向输出电容器提供单一的小电流脉冲，跟随其后的是若干个由输出电容器提供输出功率的睡眠周期。在睡眠模式中 GM6403-1 的电流消耗为 $1.7\mu A$ 。

当输出负载减小时，单电流脉冲的频率降低，GM6403-1 处于睡眠模式的占空比增加，从而轻负载效率相比于传统稳压器有了大幅度的提高。对于典型应用而言，转换器的静态电流在无输出负载时可接近 $2.5\mu A$ 。需注意的是，为了优化轻负载下的静态电流性能，必须最大限度地减小反馈电阻分压器中的电流，因为它在输出看来就好像负载电流一样。因此对于表 5 中的推荐反馈电阻和前馈电容，在保证 $R_A \times C_{FF}$ 不变的情况下，进行替换。

为了实现较高的轻负载效率，在低功耗模式工作中单一小脉冲期间必须向输出提供更多的能量，以使 GM6403-1 能够在脉冲之间的时间里更加长久地处于睡眠模式。

而在低功耗模式工作中，顶端开关的电流限值约为 900mA，因而产生了低输出电压纹波。增加输出电容将成比例地减小输出纹波。当负载增大时，开关频率将增加，但最高只会升至 RT 设定开关频率。

强制连续模式(仅限 GM6403)

GM6403 能工作于强制连续模式 (FCM) 以在宽负载范围内实现快速响应并执行全频率工作。当器件处于 FCM 时，振荡器连续工作并使正 SW 开关对准时钟。电感负电流在轻负载或大瞬变条件下是允许的。GM6403 可从输出吸收电流并在此模式中把电荷回馈至输入，从而改善负载阶跃瞬态响应。在轻负载条件下，FCM 工作的效率低于低功耗模式工作或脉冲跳跃模式，但在那些必需使开关谐波远离信号频带的应用中则可能是合乎需要的。如果要求输出吸收电流，则必须使用 FCM。

在软启动期间 FCM 也被停用，直到软启动电容器满充电为止。当停用 FCM 时，则不允许负电感器电流。

输出电源良好

当 GM6403 的输出电压处于调节点的 $\pm 8\%$ 窗口之内时，则输出电压被认为处于良好状态，而且漏极开路 PG 引脚变至高阻抗，并通常利用一个外部电阻器拉至高电平。否

则，内部下拉器件将把 PG 引脚拉至低电平。为防止出现毛刺干扰，上门限和下门限均包括 0.5% 的迟滞。

另外，在几种故障条件下 PG 引脚还将被主动拉至低电平：EN 引脚转换至低电平、VIN 过低、或者热停机。

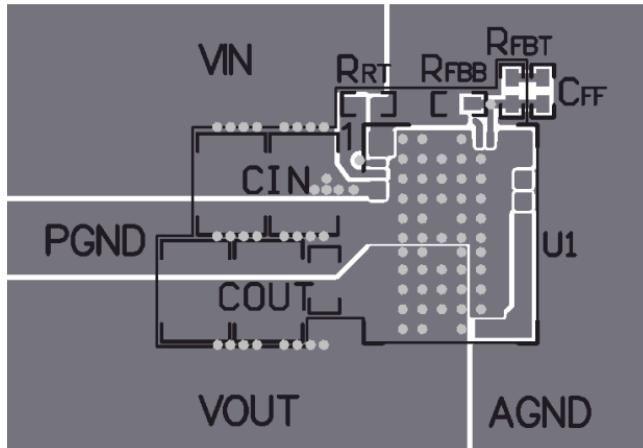
短路保护

GM6403 容许输出短路，并在输出短路和欠压情况下提供保护。对底端开关电流进行监视，以便在电感器电流超出安全水平时延迟顶端开关的切换，直到电感器电流降至安全水平时为止。

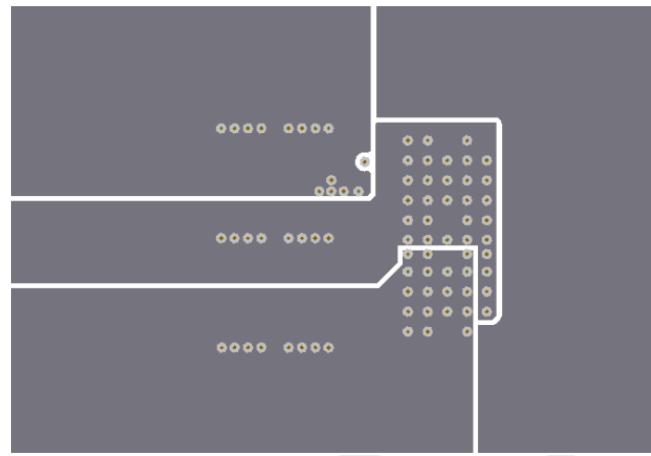
PCB 布局

要实现稳定运行，PCB 布局设计至关重要，特别是输入电容的布局。请参考图 16 并遵循以下设计准则：

1. 高电流路径(GND 和 VIN)应尽量靠近器件放置，采用短而直且较宽的走线
2. 使用大面积地平面直接连接 PGND。若底层为地平面，需在 PGND 附近添加过孔
3. 陶瓷输入电容应紧邻 VIN 和 PGND 引脚，其与 IN 的连接走线应尽可能短而宽
4. 外部反馈电阻需就近放置在 FB 引脚旁
5. 反馈网络应远离开关节点



顶层



底层

图 17. 推荐 PCB 布局

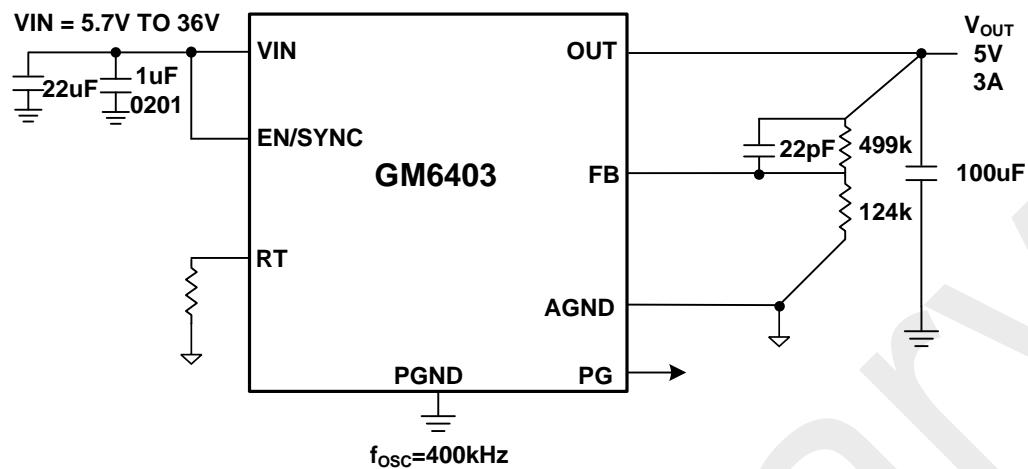
高温注意事项

应注意 PCB 的布局，以确保 GM6403 的良好散热。将封装底部的 SW 引脚连接到最靠近表面层的应用电路下的一个大的铜平面上。尽可能多地放置通孔以减少热阻抗和电阻抗。将地线引脚直接焊接到顶层的接地平面上。通过多个散热通孔将顶层接地平面与下层接地平面连接起来。这些层将传导由 GM6403 散发的热量。结温 T_J 由环境温度 T_A 计算得到：

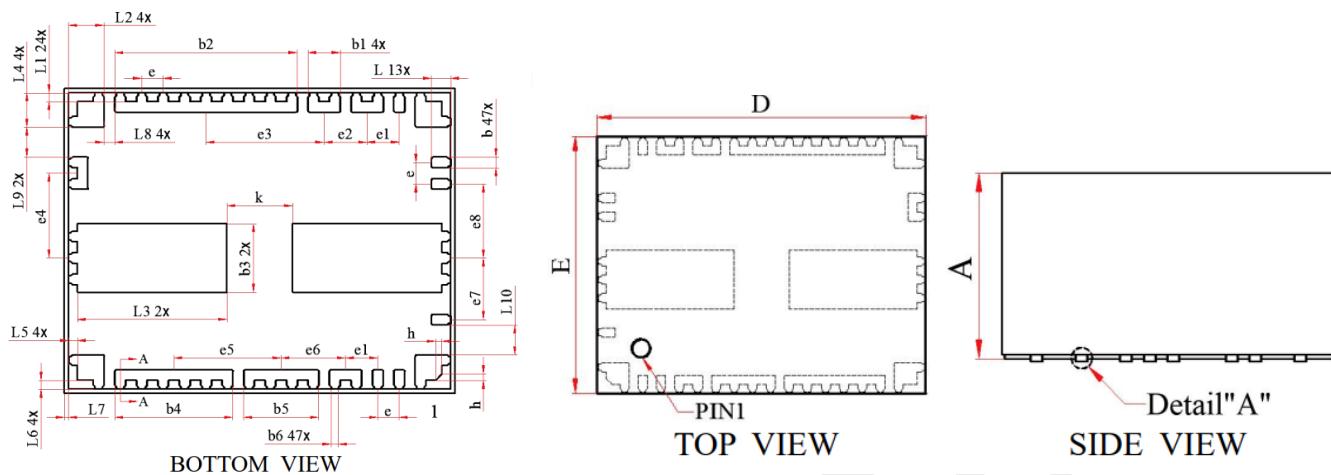
$$T_J = T_A + P_D \cdot \theta_{JA}$$

在引脚配置部分提到的 $\theta_{JA} = 19^{\circ}\text{C}/\text{W}$ 的值是按照 JEDEC 标准 2S2P 测试的 PCB，该 PCB 没有很好的热通孔。如果测试的 PCB 有低热阻通孔， θ_{JA} 将显著减少。同样，拥有更多更大、不间断和更高铜重量的地平面可以改善热阻，这对 θ_{JA} 同样具有主导作用。当环境温度接近最大结温额定值时，最大负载电流应降额。GM6403 内部的功耗是通过计算效率测量的总功耗并减去电感损耗来估计的。

应用信息

图 18. $V_{IN}=12\text{V}$, $V_{OUT}=5\text{V}$, $I_{LOAD}=3\text{A}$, $FB=1\text{V}$

外形尺寸



Symbol	Dimension In Millimeters			Dimension In Inches		
	Normal	Min	Max	Normal	Min	Max
L8	0.250 REF			0.010 REF		
L9	0.696 REF			0.027 REF		
L10	0.696 REF			0.027 REF		
h	0.150	0.100	0.200	0.006	0.004	0.008
k	1.530 REF			0.060 REF		
e	0.500 BSC			0.020 BSC		
e1	0.750 BSC			0.030 BSC		
e2	1.000 BSC			0.040 BSC		
e3	2.750 BSC			0.108 BSC		
e4	1.975 BSC			0.078 BSC		
e5	2.500 BSC			0.098 BSC		
e6	1.500 BSC			0.059 BSC		
e7	1.435 BSC			0.056 BSC		
e8	1.725 BSC			0.068 BSC		

图 19.19 引脚 QFN (9mm x 7mm)

订购指南

型号 ¹	温度范围	工作模式	封装描述	封装选项
GM6403AMLZ-R7	-40°C 至 +125°C	FPWM	QFN-20, 3A	ML-19
GM6403AMLZ-1-R7	-40°C 至 +125°C	BURST	QFN-20, 3A	ML-19

¹ Z = 符合 RoHS 标准的部件。

Preliminary