

产品特性

输入电压：2.5V 至 5.5V

4 路 2A Buck 输出电压：0.6V 可调至 VIN，1.8V 和 3.3V 固

定输出

±1%全温度范围 FB 电压精度（不含负载调整率）

±1.5%输出电压精度（包含负载调整率，不含反馈电阻精

度）

纹波小于 2.5%

静态电流：40uA

开关频率：1MHz

内部补偿峰值电流模式控制：

55ns 最小导通时间

高带宽、快速动态响应

热限制

结温范围为 $T_J = -40^{\circ}\text{C}$ to $+125^{\circ}\text{C}$

应用

便携式设备

存储设备

红外设备

典型应用

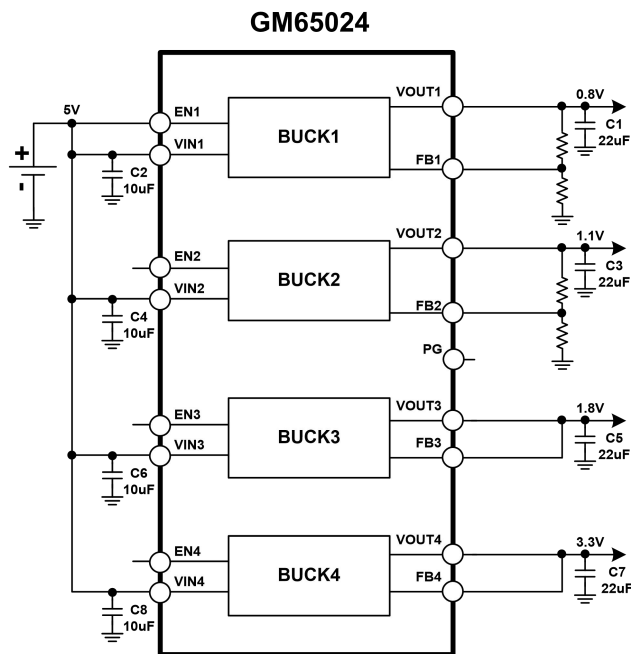


图 1. GM65024 1MHz 典型应用

概述

GM65024 集成功率电感的四路 2A 降压直流/直流电源。输入电源电压从 2.5V 到 5.5V，直流降压电源采用固定开关频率 1MHz 运行和内部补偿的峰值电流模式控制方法，最小开关时间低至 55ns，通过较小的外部组件实现快速瞬态响应。

直流降压电源在低功耗轻载跳频模式下运行，非常适合轻载高效率应用。芯片调节输出电压精度为 ±1%。其他功能包含输出过压保护、短路保护、以及热关机。该器件封装为 LGA-22，尺寸为 4.25mm x 3.05mm x 1.5mm。

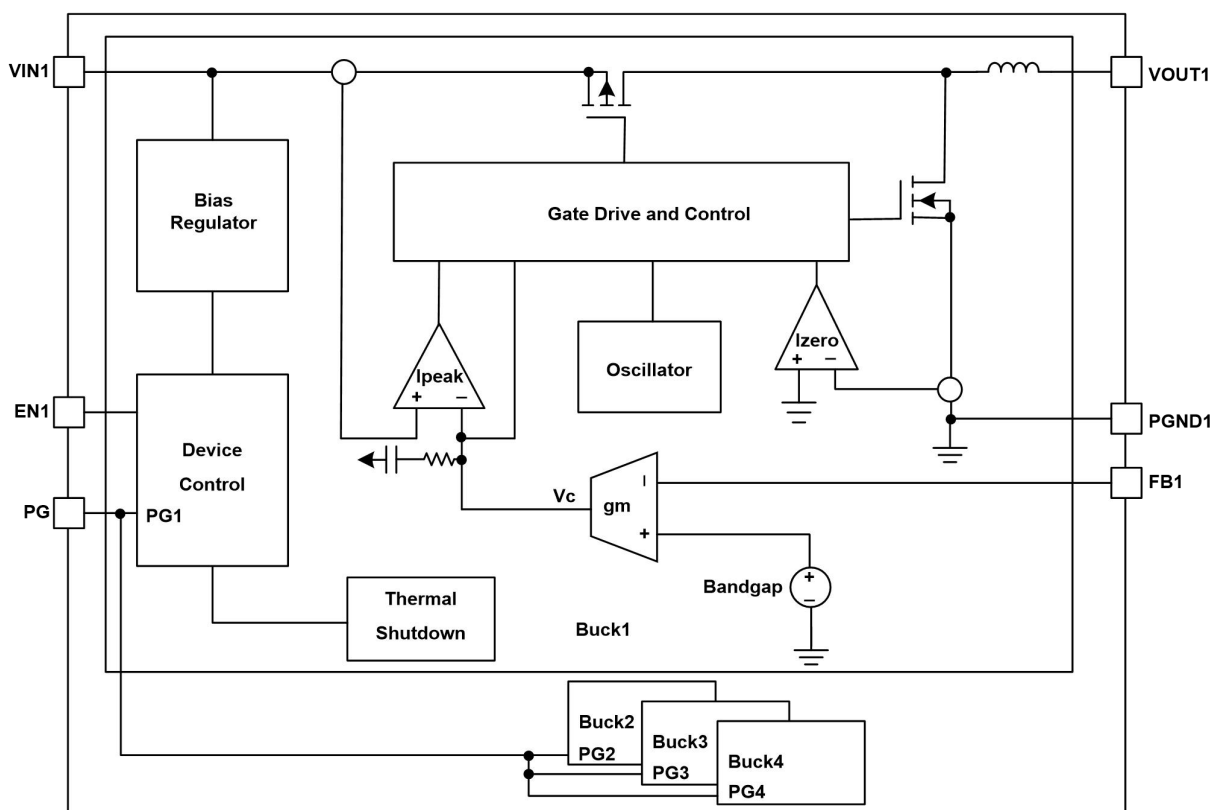
目录

产品特性	1	典型性能参数	7
应用	1	工作原理	10
概述	1	降压电源输出电压调节	10
目录	2	输出电压软起动	10
版本历史	2	输出短路保护和恢复	10
功能框图	3	电源良好	10
引脚配置及功能描述	4	过热保护	10
绝对最大额定值	5	典型应用	12
热阻	5	外形尺寸	13
电气特性	6	订购指南	14

版本历史

5/26—Rev. 0
初稿

功能框图



引脚配置及功能描述

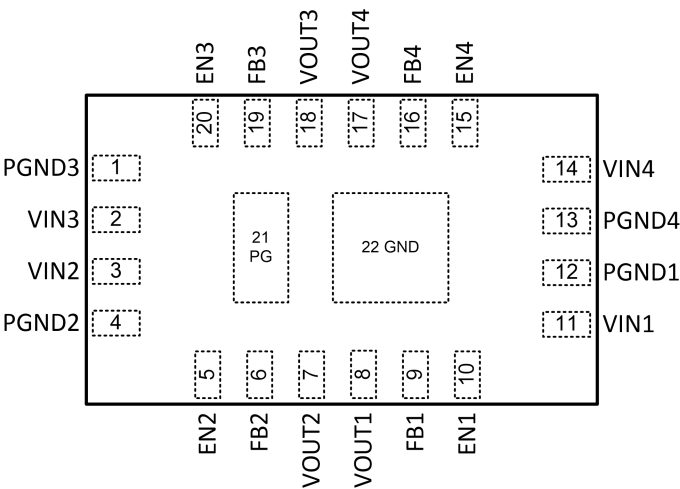


图 2. 引脚配置（顶视图）

表 1. 引脚功能描述

引脚名称	描述
VIN1-4	Buck 输入引脚。采用低 ESR 的 10uF 电容并将其尽量放置在靠近该引脚和 PGND 的位置。各 VIN 在器件内部相互独立。
VOUT1-4	Buck 输出引脚。采用低 ESR 的 22uF 电容并将其尽量放置在靠近该引脚和 PGND 的位置。
PGND1-4	Buck 功率地。
FB1-4	Buck 反馈电压检测引脚。连接至输出电容处。
EN1-4	Buck 使能引脚。当该引脚电压高于使能阈值，Buck 开始工作；当该引脚电压低于使能阈值，Buck 停止工作。不要浮空此引脚。
PG	电源良好引脚。内部电源良好比较器的开漏输出。当任意一路 Buck 输出电压低于 90%时，该引脚被拉低。当 VIN 引脚电压低于 UVLO 时，该引脚也被拉低。
GND	地。各 PGND 引脚和 GND 在器件内部相互连接。

绝对最大额定值

表 2:

参数	额定值
VIN1-4, VOUT1-4 至 PGND	-0.3 V to +6 V
EN1-4, PG, FB1-4 至 GND	-0.3 V to +6 V
存储温度范围	-65°C to +150°C
工作温度范围	-40°C to +125°C
焊接条件	JEDEC J-STD-020
ESD HBM	3kV
ESD CDM	1kV

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}	θ_{JC}	θ_{JB}	单位
22 引脚 LGA	40	5	10	°C/W

电气特性

除非另有说明， $V_{VIN} = 5V$ ， $T_J = -40^{\circ}C$ 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
VIN1-4 工作电压	V_{VIN}		2.5		5.5	V
VIN1-4 UVLO 上升阈值	V_{UVLO_RISING}	V_{VIN} 上升		2.3	2.45	V
VIN1-4 UVLO 下降阈值	$V_{UVLO_FALLING}$	V_{VIN} 下降		2.2		V
每路 BUCK 静态电流	I_{Q_BURST}	低功耗模式，开关不工作， $V_{FB}=V_{REF}*105\%$		40		μA
	$I_{SHUTDOWN}$	$V_{EN} = 0V$ ，关机模式		2		μA
FB1-4 引脚						
电压精度		$2.7V \leq V_{IN} \leq 5.5V$ ，可调输出	0.594	0.6	0.606	V
电压精度		$2.7V \leq V_{IN} \leq 5.5V$ ，固定输出	-1		+1	%
每路漏电流	I_{FB}	$V_{FB} = 0.6V, 1.8V, 3.3V$			100	nA
内部默认时钟	f_{SW}			1		MHz
Buck 内部开关						
最小导通时间	t_{MIN_ON}			55		ns
顶部限流值	I_{HS_LIM}			3		A
放电阻抗	R_{DIS_BUCK}	$V_{ENx} = 0V$		200		Ω
每路漏电流	I_{SW_LEAK}			100		nA
EN1-4 引脚						
高电平阈值	V_{EN_H}			0.95	1.2	V
低电平阈值	V_{EN_L}		0.4	0.70		V
每路漏电流	I_{EN_LEAK}	$V_{EN} = 1.2V$			20	nA
PG 引脚						
PG 上升阈值	$V_{PG_UV_RISING}$			95		%
PG 下降阈值	$V_{PG_UV_FALLING}$			90		%
过压上升阈值	$V_{PG_OV_RISING}$			110		%
过压下降阈值	$V_{PG_OV_FALLING}$			107		%
延时	t_{PG_DELAY}			15		μs
漏电流	I_{PG_LEAK}			10		nA
开漏输出低电平	V_{OL}	1mA 电流		0.2		V
Buck 启动时间	t_{SS_BUCK}	输出电压达到预设值的 95%		0.6		ms
热关断温度	T_{SD}	关机阈值，温度上升		150		$^{\circ}C$
	T_{SD_HYS}	开机阈值，温度下降		15		$^{\circ}C$

典型性能参数

除非另有说明， $V_{IN} = 3.3V$, $T_A = 25^{\circ}C$ 。

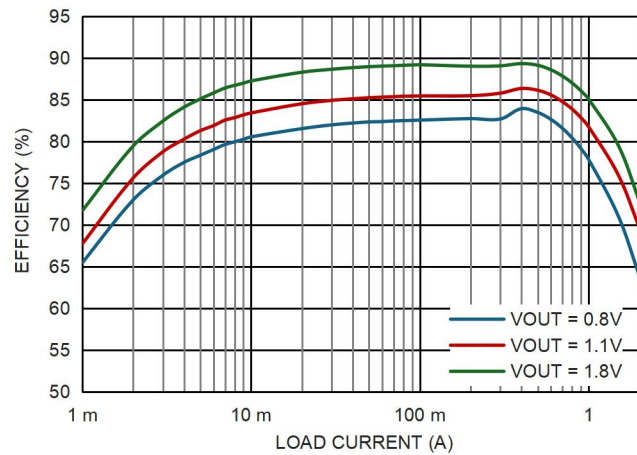


图 3. 效率曲线， $V_{IN} = 3.3V$

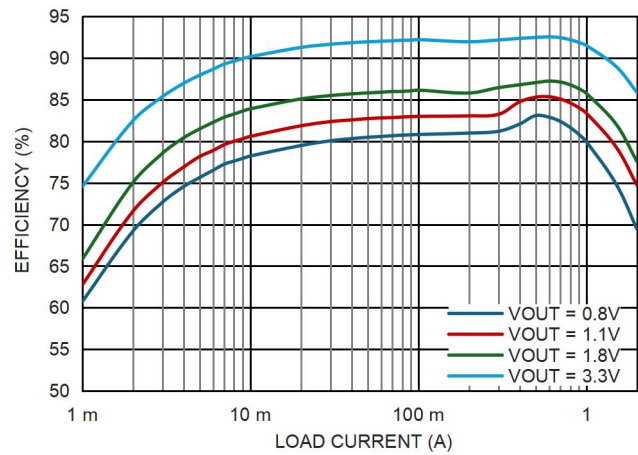


图 4. 效率曲线， $V_{IN} = 5V$

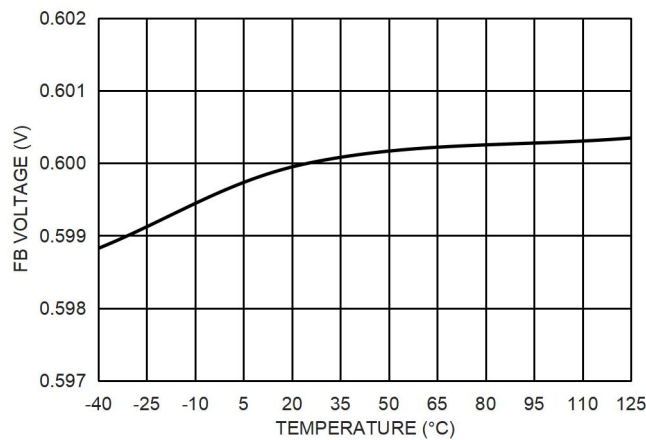


图 5. FB1/2 引脚电压和温度的关系

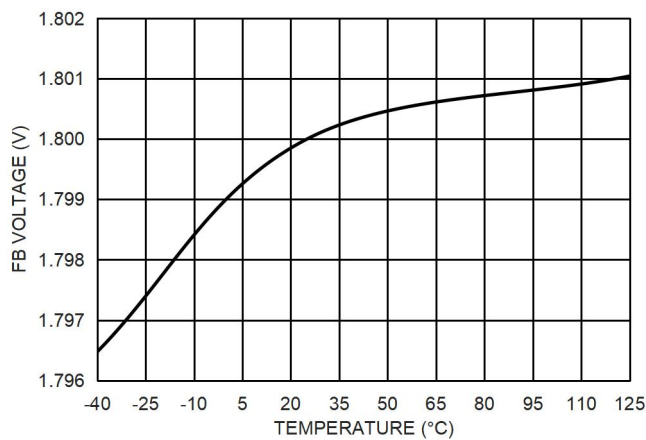


图 6. FB3 引脚电压和温度的关系

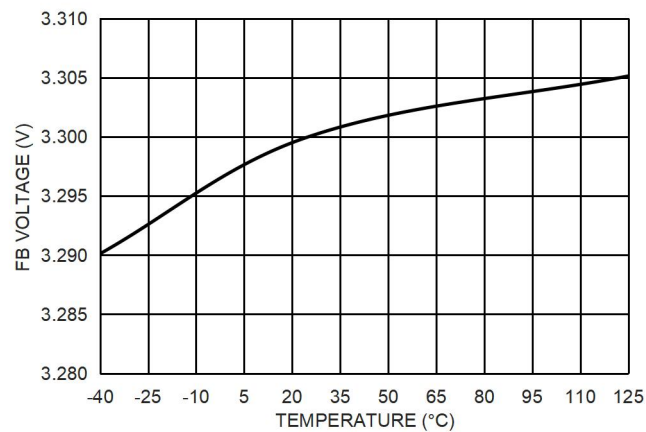


图 7. FB4 引脚电压和温度的关系

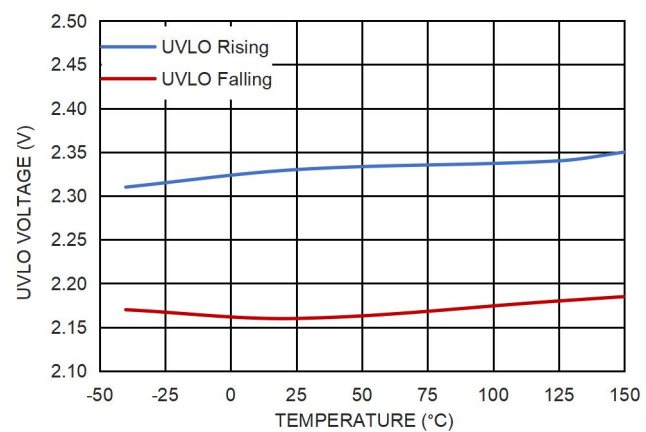


图 8. UVLO 阈值和温度的关系

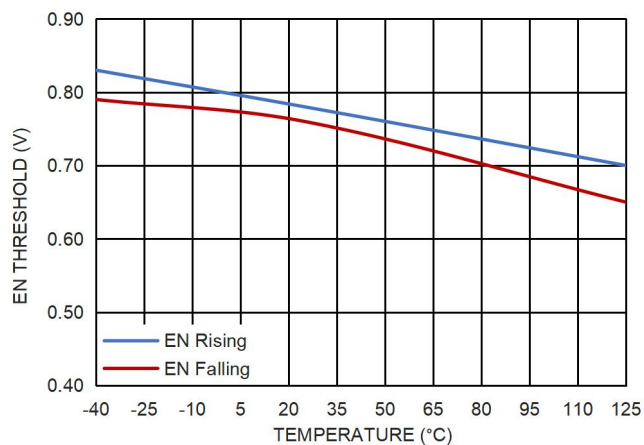


图 9. EN 阈值和温度的关系

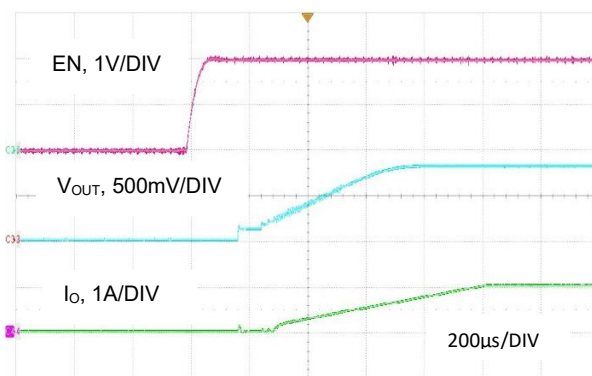


图 10. 启动波形, $V_{OUT} = 0.8V$, $I_O = 1A$

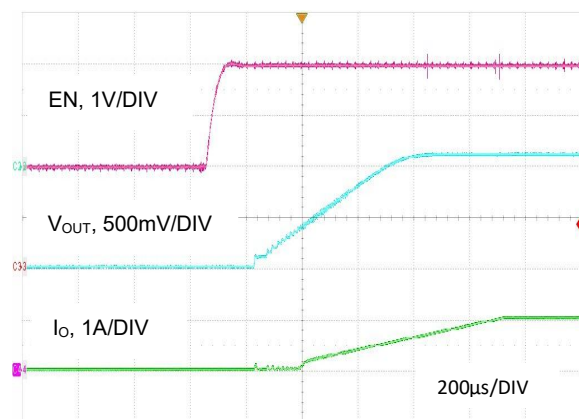


图 11. 启动波形, $V_{OUT} = 1.1V$, $I_O = 1A$

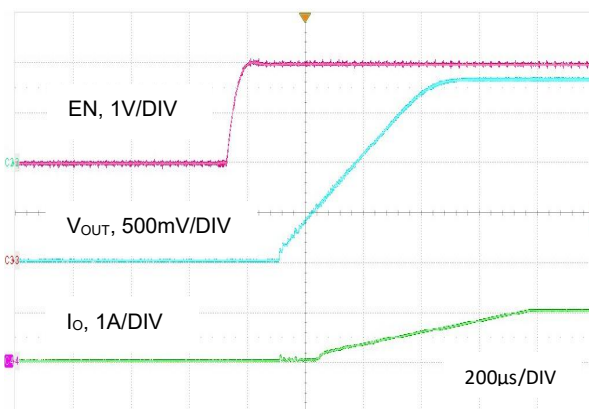


图 12. 启动波形, $V_{OUT} = 1.2V$, $I_O = 3A$

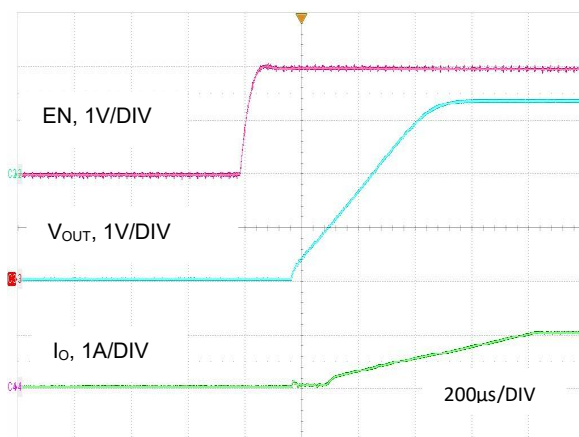


图 13. 启动波形, $V_{OUT} = 1.2V$, $I_O = 10mA$

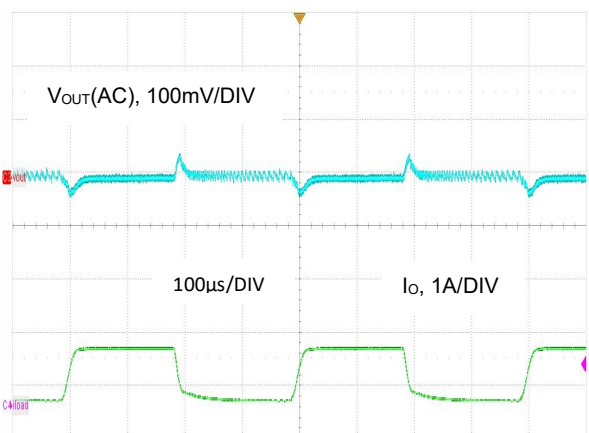


图 14. $V_{OUT} = 0.8V$, $I_O = 0A$ 至 $1A$

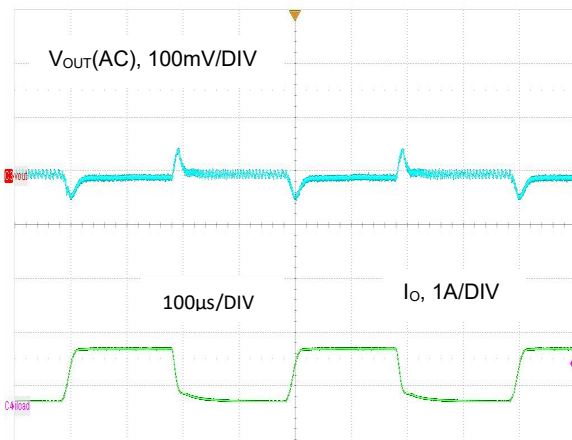


图 15. $V_{OUT} = 1.1V$, $I_O = 0A$ 至 $1A$

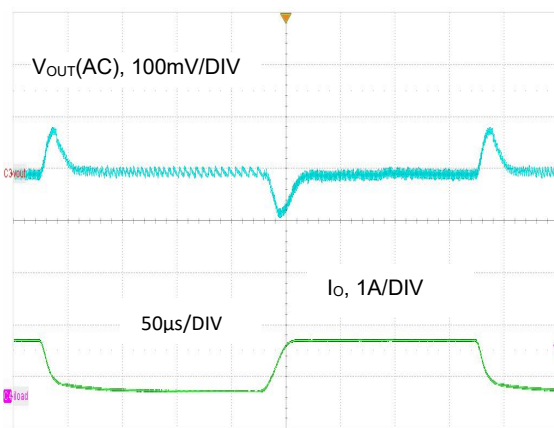


图 16. $V_{OUT} = 1.8V$, $I_O = 0A$ 至 $1A$

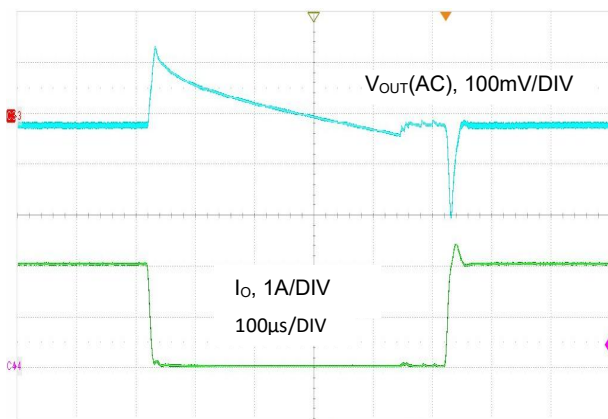


图 17. $V_{OUT} = 3.3V$, $I_O = 0A$ 至 $1A$

工作原理

GM65024 集成电感的四路 5V、2A 降压直流/直流电源，开关频率为 1MHz，适合小尺寸应用。

降压电源输出电压调节

GM65024 的降压直流电源采用恒频峰值电流模式控制。该同步降压开关稳压器采用内部补偿，只需外部反馈电阻来设置输出电压。内部振荡器在每个时钟周期开始时打开内部顶部开关。电感中的电流上升，直到顶部开关电流比较器翻转并关闭顶部功率开关。顶部开关关闭时的电感电流峰值由内部误差放大器 V_c 电压控制。误差放大器通过比较 FB 引脚上的电压与内部参考来调节 V_c 。当反馈电压低于基准电压时，误差放大器提高 V_c 电压，直到平均电感电流匹配新的负载电流。当顶部功率开关关闭时，同步功率开关打开，并在剩余的时钟周期中降低电感电流，或者，如果在脉冲跳变或低功耗模式中，电感电流降为零。如果过载状态导致通过底部开关的电流过大，则下一个时钟周期将跳过，直到开关电流返回到安全水平。

在轻负载条件工作下，输出电容被充电到略高于其调节点的电压。然后，稳压器进入睡眠状态，在此期间，输出电容器提供负载电流。在睡眠状态下，稳压器的大部分电路都断电，有助于节省输入功率。当输出电压降至其预设值以下时，电路会通电，并开始另一个工作循环。睡眠时间随着负载电流的增加而减少。在低功耗模式工作中，稳压器将在轻负载下突发工作，而在高负载下，它将在恒定频率 PWM 模式下运行。

通过电阻分压器将 EN 引脚连接到前级电源的输出，以提供基于事件触发的电源顺序。如果 EN 引脚为低，器件关闭并处于低静态电流状态。当 EN 引脚高于其阈值时，开关稳压器将被启动。

GM65024 具有正反向电感电流限制、短路保护、输出过电压保护和软启动，以限制启动上升或从短路恢复期间的涌流。

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：

$$R_A = R_B \left(\frac{V_{OUT}}{600mV} - 1 \right)$$

如图 18 所示：

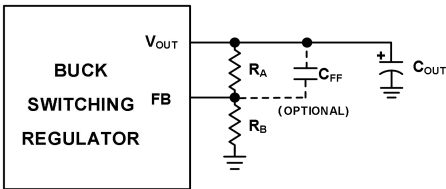


图 18. 反馈电阻网络

R_A 的典型值从 50kΩ 到 200kΩ。建议使用 0.1% 的电阻，以保持输出电压精度。Buck 变换器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。电容值在 2pF 和 22pF 之间可以改善瞬态响应。

输出电压软启动

软启动输出防止输入电源上的电流浪涌和/或输出电压超调。在软启动期间，输出电压将按比例跟踪内部参考电压。在故障情况下，主动下拉电路放电该内部节点。故障清除后，参考电压将重新启动。引发软启动参考电压的故障条件是 EN 引脚拉低、VIN 电压过低或热停机。

从 EN 引脚拉高至 VOUT 电压启动完成的时间为 0.6ms。

输出短路保护和恢复

电流比较器关闭顶部功率开关时的电感电流峰值由内部 V_c 电压控制。当输出电流增大时，误差放大器提高 V_c 直到平均电感电流匹配负载电流。GM65024 箝位最大 V_c 电压，从而限制峰值电感电流。

当输出短路到地时，当底部功率开关打开时，电感电流衰减很慢，因为电感电压很低。为了保持对电感电流的控制，在电感电流的临界值上施加了一个二次限制。如果通过底部功率开关测量的电感电流在周期结束时仍然大于 I_{VALLEY_MAX} ，则顶部功率开关将保持关闭。随后的开关周期将跳过，直到电感电流低于 I_{VALLEY_MAX} 。

电源良好

当输出电压在标称调节电压的 95% 窗口内时，认为输出良好，开路漏极 PG 引脚具有高阻抗，通常由外部电阻高拉。否则，内部下拉会将 PG 引脚拉低。在以下故障情况下，PG 引脚也拉低：EN 引脚低，VIN 太低或热关机。为了滤除噪声和短时间的输出电压瞬变，该阈值具有 5% 的滞回，并且两者都具有内置的延时来指示 PG，通常为 15 μs。

表 5. PG 输出逻辑

Device Conditions		Logic Status	
		HI-Z	Low
Enable	EN = High, $V_{FB} \geq V_{PG_UV_RISING}$	√	
	EN = High, $V_{FB} < V_{PG_UV_FALLING}$		√
Shutdown	EN = Low		√
UVLO	$1.4V < VIN < V_{UVLO_FALLING}$		√
TSD	$T_J > T_{SD}$		√
Power Supply Removal	$VIN \leq 1.4V$	√	

过热保护

为防止热损坏 GM65024，器件提供了过热保护功能。当结温温度达到 150°C(典型)时，器件停止工作，直到结温温度降 135°C(典型值)。

输入电容

GM65024 至少需要在近处放置一个旁路陶瓷电容，从 VIN 到 GND 引脚近处放一个 0805 的 10uF 电容，以获得最佳性能。额外可选用更小的 0603 或 0402 的 1uF 电容尽可能近的放置在 VIN 引脚和 GND 引脚之间，以获得更好的性能，更多细节请参阅布局部分。推荐使用 X7R 或 X5R 电容，以获得在温度和输入电压变化下的最佳性能。注意，当使用较低的开关频率时，需要较大的输入电容。如果输入电源具有高阻抗，或由于电线或电缆较长而有较大的电感，则可能需要额外的大容量电容，这可以配备一个电解电容器。

输出电容，输出纹波和瞬态响应

输出电容有两个基本功能。它与电感一起，对 GM65024 在 SW 引脚产生的方波进行滤波，产生直流输出，它决定了输出纹波。因此，开关频率处的低阻抗很重要。

第二个功能是储存能量以满足瞬态负载跳变和控制回路的稳定。GM65024 采用内部补偿，设计在高带宽下工作，提供快速瞬态响应能力。C_{OUT} 的选择影响系统带宽，但瞬态响应也受到 V_{OUT}、V_{IN} 和 f_{SW} 等因素的影响。输出电容值可近似为：

$$C_{OUT} = 20 \cdot \frac{I_{MAX}}{f_{SW}} \sqrt{\frac{0.6}{V_{OUT}}}$$

其中 C_{OUT} 是推荐的输出电容值，单位为 μF，f_{SW} 是开关频率，单位为 MHz，I_{MAX} = 2A 为额定输出电流。

推荐选用 0805 尺寸的电容，较小的输出电容可以节省空间和成本，但瞬态性能会受到影响，并且环路稳定性必须得到验证。

陶瓷电容器具有非常低的等效串联电阻(ESR)，并提供最佳的输出纹波和瞬态性能。推荐使用 X5R 或 X7R 陶瓷电容。使用低 ESL 反向几何形状或三端陶瓷电容可以实现更好的输出纹波和瞬态性能。

当负载跳变时，输出电容必须立即供应电流支持负载，直到反馈回路增加开关电流以足够支持负载。反馈回路响应所需的时间取决于补偿元件和输出电容的大小，通常是 3 到 4 个周期响应负载跳变，但只有在第一个周期输出线性下降。虽然受 V_{OUT}、V_{IN}、f_{SW}、t_{ON(MIN)}、等效串联电感(ESL)等因素的影响，输出压降 V_{DROOP} 通常是第一个周期线性压降的 3 倍左右：

$$V_{DROOP} = \frac{3 \cdot \Delta I_{OUT}}{C_{OUT} f_{SW}}$$

其中，ΔI_{OUT} 是负载变化幅度。

通过增加 C_{OUT} 和/或在 V_{OUT} 和 FB 之间增加一个前馈电容 C_{FF} 来改善瞬态性能和控制环路稳定性。电容 C_{FF} 通过产生高频零点来提供相位超前补偿，从而提高相位裕度和高频响应。

通过实验验证系统的瞬态性能和控制回路的稳定性，优化 C_{FF} 和 C_{OUT} 有两种方法，一是通过施加负载瞬态跳变并监测系统的响应，二是通过网络分析仪测量回路的响应。

当使用负载瞬态响应方法进行稳定性分析时，通过施加一个 20% 到 100% 的满载电流的输出电流脉冲，且具有非常快的上升时间，这将在输出电压上产生瞬态变化。监控 V_{OUT} 的超调或振铃，可以表明稳定性问题。

典型应用

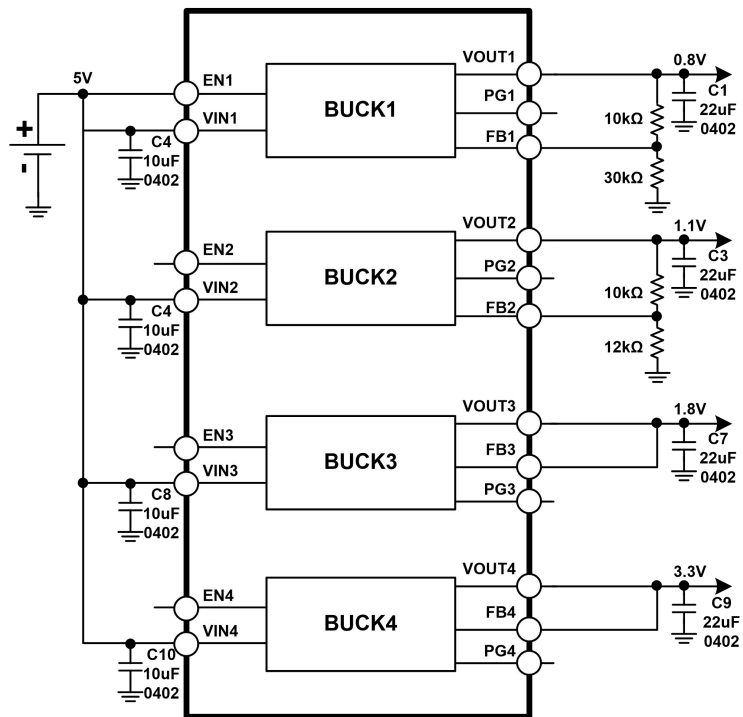


图 19. 四通道紧凑型设计

外形尺寸

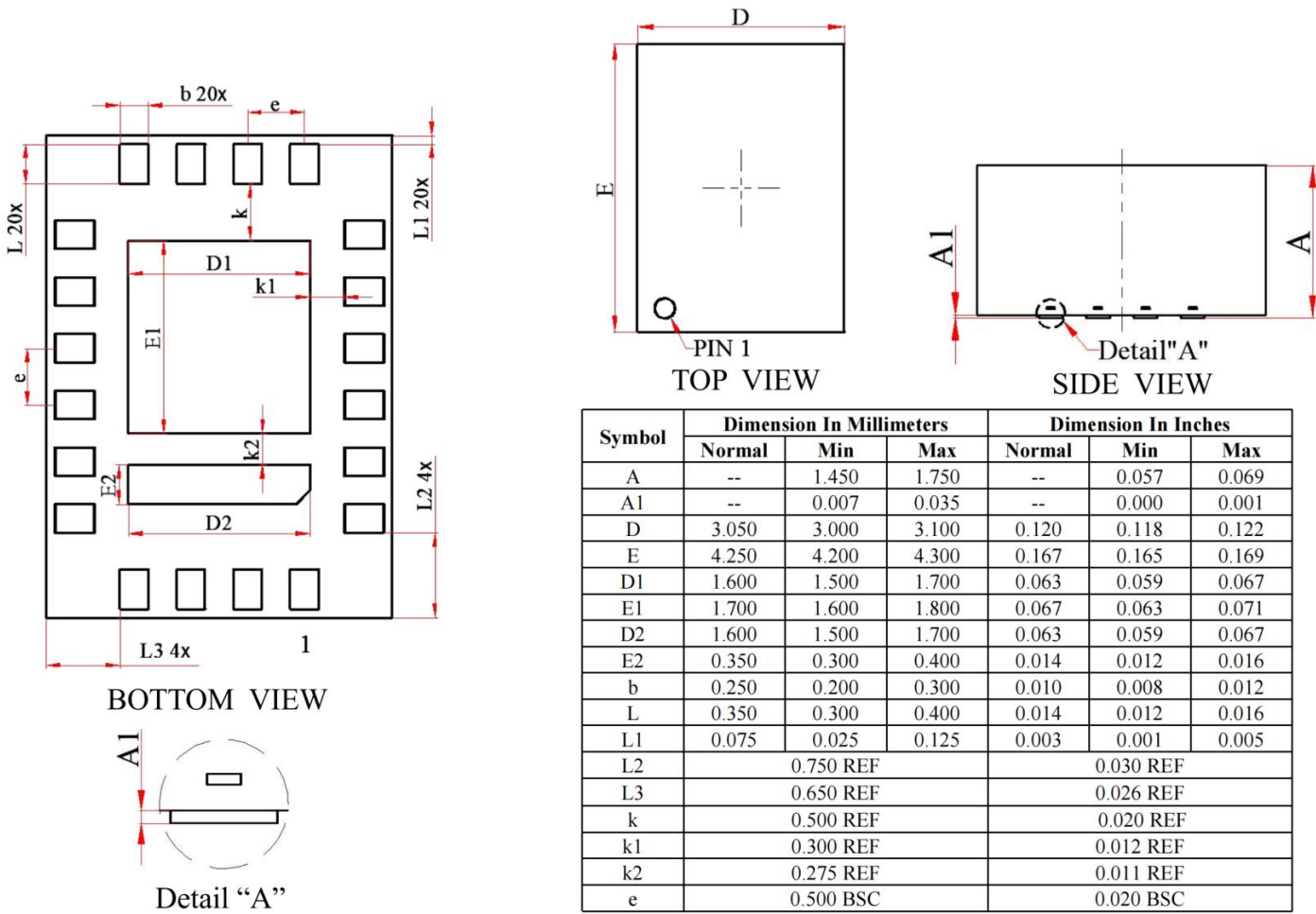


图 20.22 引脚 LGA

订购指南

型号 ¹	温度范围	封装描述	封装选项
GM65024AMLZ-R7	-40°C 至 +125°C	22 引脚 LGA	LGA-22

¹ Z = 符合 RoHS 和 HF 标准的部件。