

### 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

### 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

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

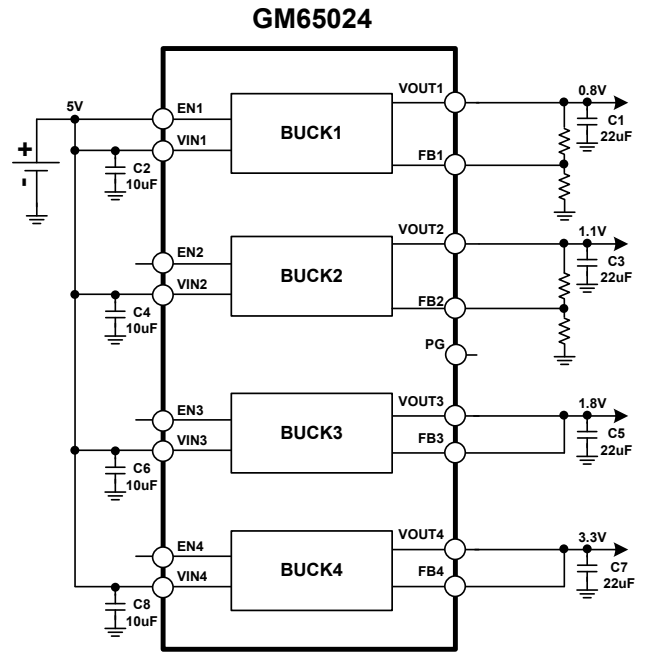


图 1. GM65024 1MHz 典型应用

### 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 3.05 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



## 引脚配置及功能描述

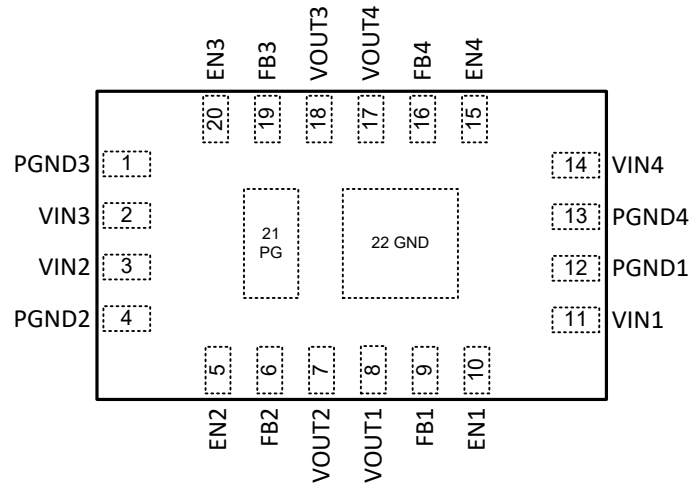


图 2. 引脚配置（顶视图）

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

$\theta_{JA}$  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	$\theta_{JA}$	$\theta_{JC}$	$\theta_{JB}$	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		$\mu A$
	$I_{SHUTDOWN}$	$V_{EN} = 0V$ ，关机模式		2		$\mu A$
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		$\Omega$
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		$\mu s$
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,  $V_{IN} = 3.3V$ ,  $T_A = 25^{\circ}C$ 。

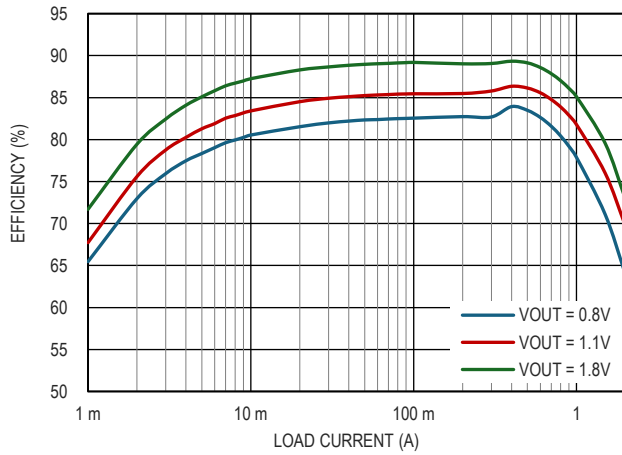


图 3. 效率曲线,  $V_{IN} = 3.3V$

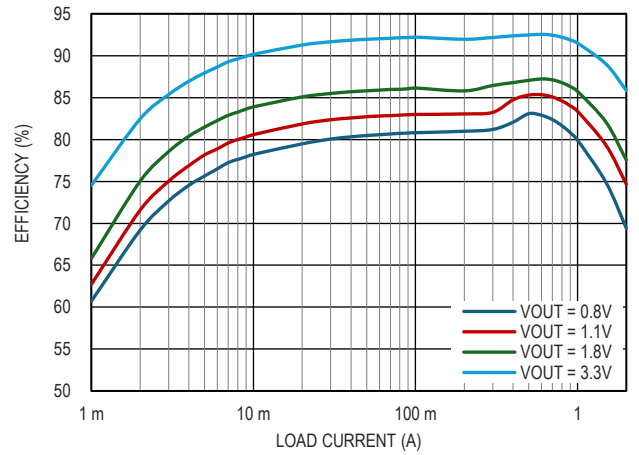


图 4. 效率曲线,  $V_{IN} = 5V$

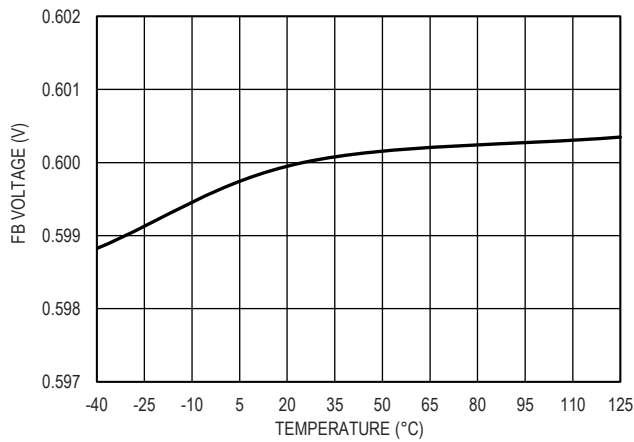


图 5. FB1/2 引脚电压和温度的关系

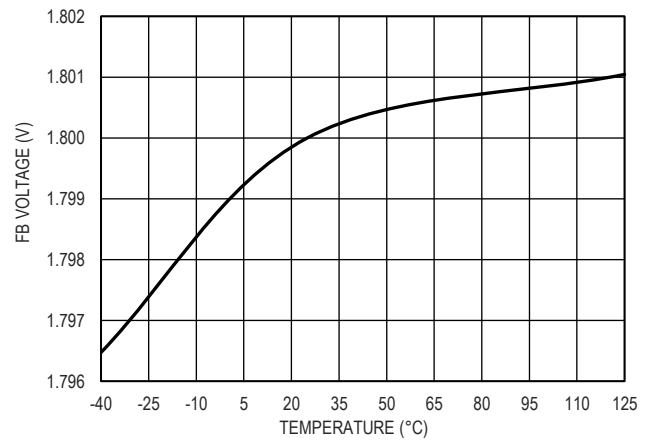


图 6. FB3 引脚电压和温度的关系

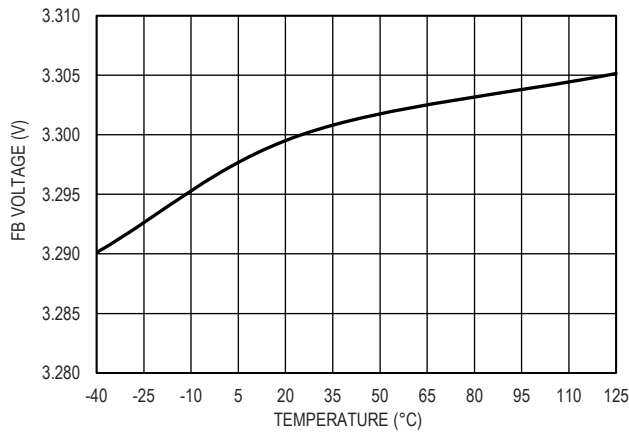


图 7. FB4 引脚电压和温度的关系

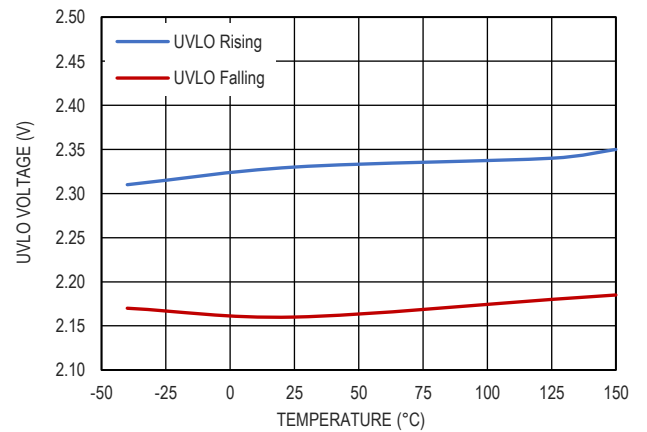


图 8. UVLO 阈值和温度的关系

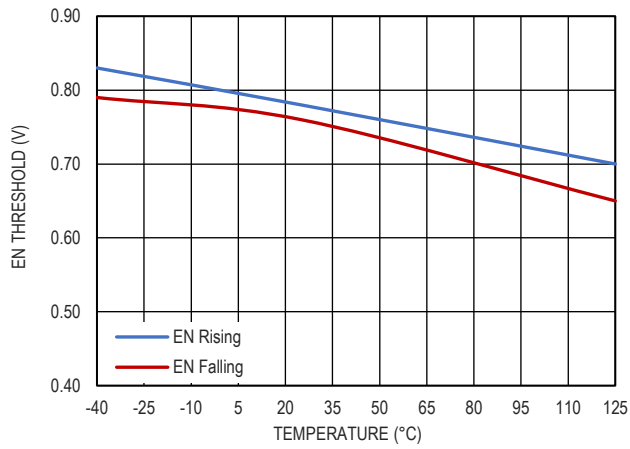


图 9. EN 阈值和温度的关系

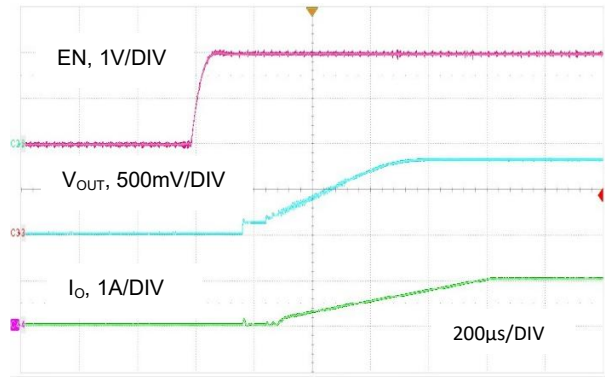


图 10. 启动波形,  $V_{OUT} = 0.8V$ ,  $I_O = 1A$

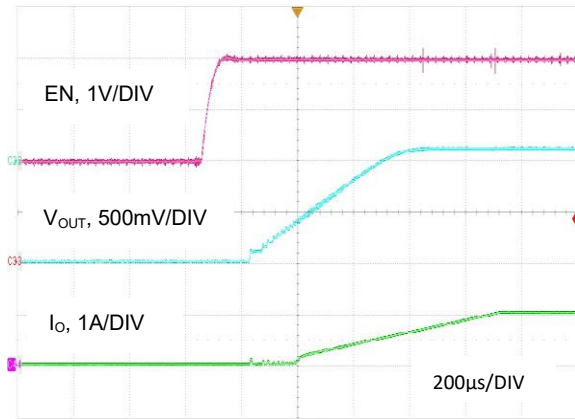


图 11. 启动波形,  $V_{OUT} = 1.1V$ ,  $I_O = 1A$

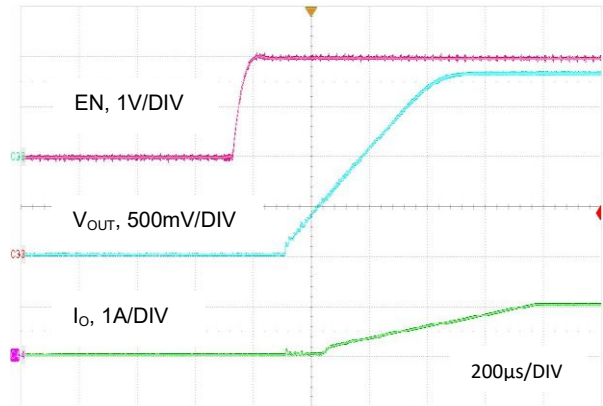


图 12. 启动波形,  $V_{OUT} = 1.2V$ ,  $I_O = 3A$

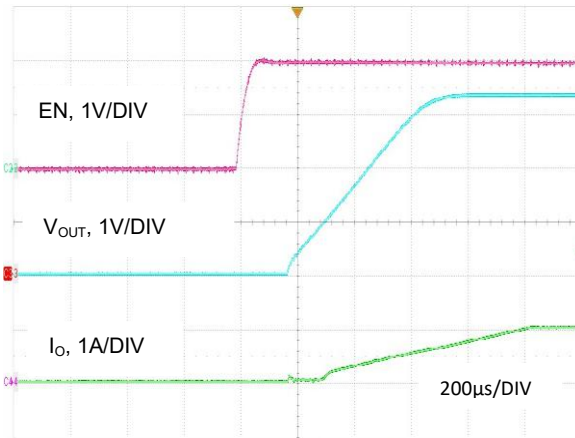


图 13. 启动波形,  $V_{OUT} = 1.2V$ ,  $I_O = 10mA$

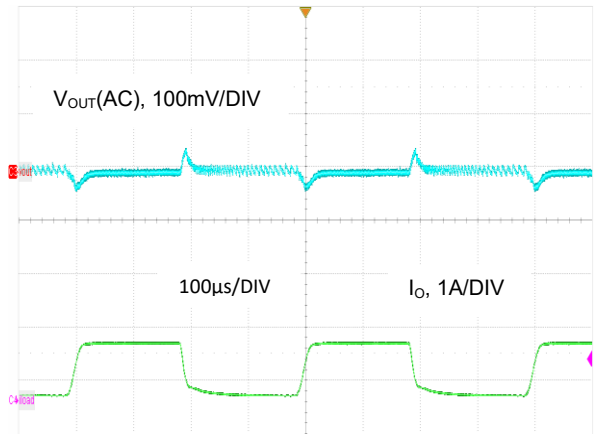


图 14.  $V_{OUT} = 0.8V$ ,  $I_O = 0A$  至  $1A$

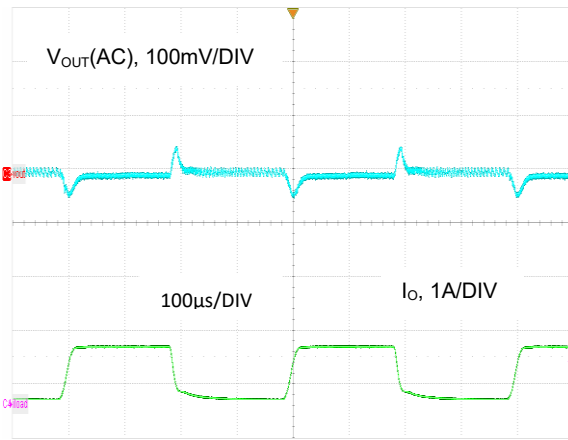


图 15.  $V_{OUT} = 1.1V$ ,  $I_O = 0A$  至  $1A$

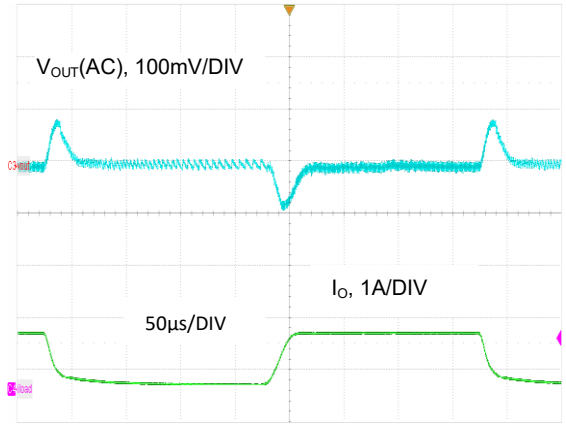


图 16.  $V_{OUT} = 1.8V$ ,  $I_O = 0A$  至  $1A$

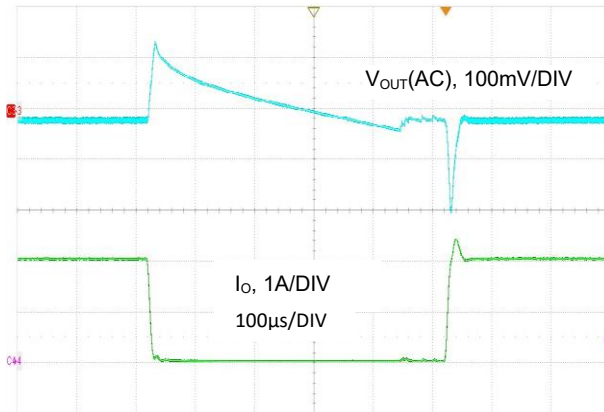


图 17.  $V_{OUT} = 3.3V$ ,  $I_O = 0A$  至  $1A$

# 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：

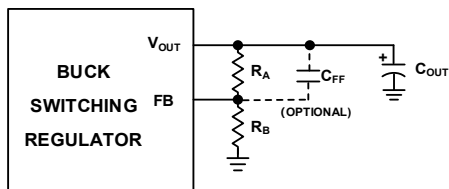


图 18. 反馈电阻网络

$R_A$  的典型值从 50k $\Omega$  到 200k $\Omega$ 。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  $\mu$ s。

表 5. PG 输出逻辑

Device Conditions		Logic Status	
		HI-Z	Low
Enable	EN = High, $V_{FB} \geq V_{PG\_UV\_RISING}$	$\checkmark$	
	EN = High, $V_{FB} < V_{PG\_UV\_FALLING}$		$\checkmark$
Shutdown	EN = Low		$\checkmark$
UVLO	$1.4V < V_{IN} < V_{UVLO\_FALLING}$		$\checkmark$
TSD	$T_J > T_{SD}$		$\checkmark$
Power Supply Removal	$V_{IN} \leq 1.4V$	$\checkmark$	

## 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<sub>OUT</sub> 的选择影响系统带宽，但瞬态响应也受到 V<sub>OUT</sub>、V<sub>IN</sub> 和 f<sub>sw</sub> 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<sub>OUT</sub> 是推荐的输出电容值，单位为 μF，f<sub>sw</sub> 是开关频率，单位为 MHz，I<sub>MAX</sub> = 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<sub>OUT</sub>、V<sub>IN</sub>、f<sub>sw</sub>、t<sub>ON(MIN)</sub>、等效串联电感(ESL)等因素的影响，输出压降 V<sub>DROOP</sub> 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<sub>OUT</sub> 是负载变化幅度。

通过增加 C<sub>OUT</sub> 和/或在 V<sub>OUT</sub> 和 FB 之间增加一个前馈电容 C<sub>FF</sub> 来改善瞬态性能和控制环路稳定性。电容 C<sub>FF</sub> 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<sub>FF</sub> 和 C<sub>OUT</sub> 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<sub>OUT</sub> 的超调或振铃，可以表明稳定性问题。

# 典型应用

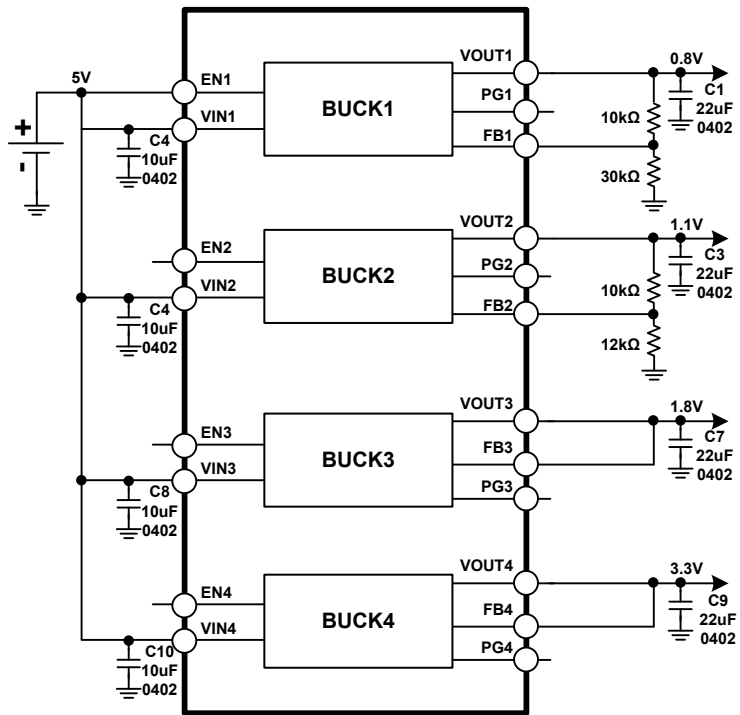
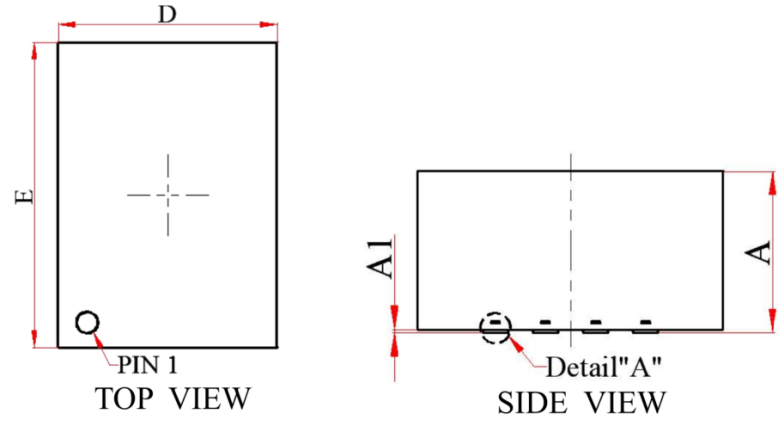
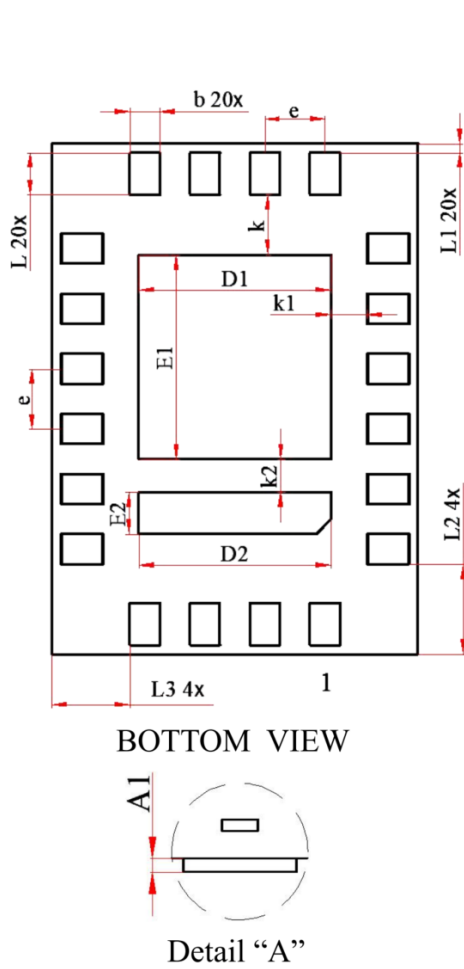


图 19. 四通道紧凑型设计

# 外形尺寸



Symbol	Dimension In Millimeters			Dimension In Inches		
	Normal	Min	Max	Normal	Min	Max
A	--	1.450	1.750	--	0.057	0.069
A1	--	0.007	0.035	--	0.000	0.001
D	3.050	3.000	3.100	0.120	0.118	0.122
E	4.250	4.200	4.300	0.167	0.165	0.169
D1	1.600	1.500	1.700	0.063	0.059	0.067
E1	1.700	1.600	1.800	0.067	0.063	0.071
D2	1.600	1.500	1.700	0.063	0.059	0.067
E2	0.350	0.300	0.400	0.014	0.012	0.016
b	0.250	0.200	0.300	0.010	0.008	0.012
L	0.350	0.300	0.400	0.014	0.012	0.016
L1	0.075	0.025	0.125	0.003	0.001	0.005
L2	0.750 REF			0.030 REF		
L3	0.650 REF			0.026 REF		
k	0.500 REF			0.020 REF		
k1	0.300 REF			0.012 REF		
k2	0.275 REF			0.011 REF		
e	0.500 BSC			0.020 BSC		

图 20.22 引脚 LGA

# 订购指南

型号 <sup>1</sup>	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

<sup>1</sup> Z = 符合 RoHS 和 HF 标准的部件。