5V，3A 高效率小尺寸降压电源模块

·Data Sheet

GM6503L

产品特性

输入电压：2.5V 至 5.5V
输出电压：0.6V 至 VIN
输出电流：3A
±1%全温度范围输出电压精度
开关频率：1MHz
内部补偿峰值电流模式控制：
  22ns 最小导通时间
  宽带宽、快速动态响应
100%占空比工作模式
电源良好
热限制
结温范围为 T_J=-40°C to +125°C

典型应用

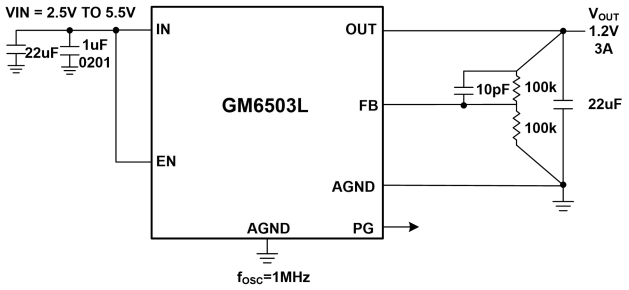


图 1. GM6503L 典型应用

应用

光通信、服务器、电信
汽车、工业、通信
分布式直流供电（POL）
FPGA、ASIC、μP 核心用品
电池供电系统

概述

GM6503L 是一个非常小、高效同步 3A 降压直流/直流电源模块，从 2.5V 到 5.5V 的输入电源运行。该电源模块使用固定开关频率 1MHz 进行内部补偿的峰值电流模式控制，最小开关时间低至 22ns，通过较小的外部组件实现快速瞬态响应。

GM6503L 在低噪声的强制连续模式下运行，非常适合对电源纹波幅度有要求的系统供电。芯片调节输出电压低至 600mV，精度为±1%。其他功能包括电源良好、输出过压保护、短路保护、热关机以及 100%占空比工作。该器件为 14 引脚 2.5mm × 2.5mm × 1.3mm LGA 封装，带有裸露的焊盘，具备低热阻特性。

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
概述 1
目录 2
版本历史 2
功能框图 3
引脚配置及功能描述 4
绝对最大额定值 5
热阻 5
电气特性 6
典型性能参数 7
工作原理 9
电压调节 9
电源良好 9
输出过压保护 9
过热保护 9
输出电压软起动 9
满占空比工作 9
输出短路保护和恢复 9
应用信息 10
应用信息 12
外形尺寸 13
订购指南 14

版本历史

5/26—Rev.0

初稿

功能框图

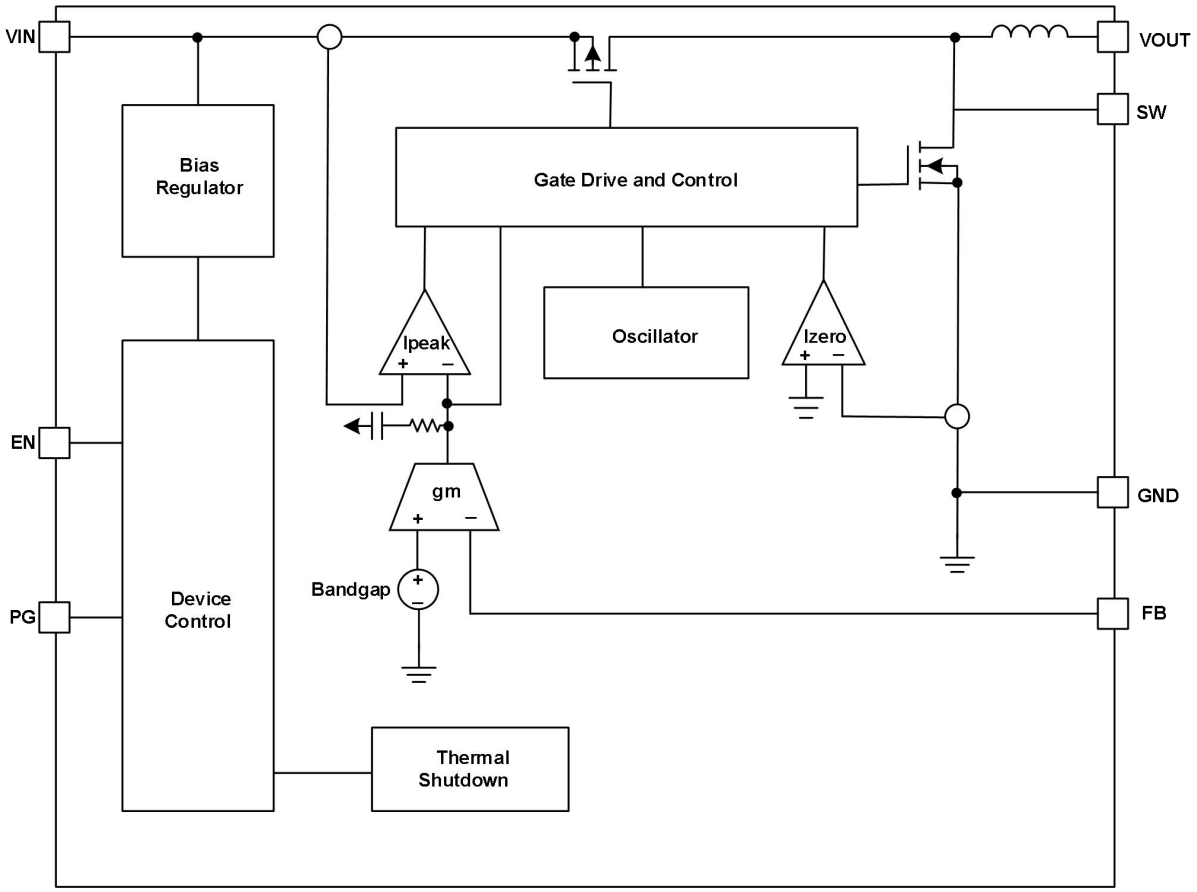


图 2 GM6503L 功能框图

引脚配置及功能描述

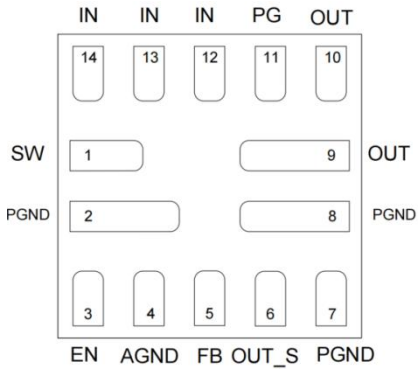


图 3 引脚配置 TOP VIEW

表 1. 引脚功能描述

编号	引脚名称	描述
1	SW	内部开关节点。浮空或者连接至 PCB 板焊盘以降低热阻。
2, 7, 8	PGND	功率地。
3	EN	使能引脚。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。
4	AGND	地。
5	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 VOUT 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 600mV。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。
6	NC	无连接。
11	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。
9, 10	OUT	功率输出引脚。
11	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。
12, 13, 14	VIN	功率输入引脚。采用低 ESR 的电容并将其尽量放置在靠近该引脚和 GND 的位置。

绝对最大额定值

表 2:

参数	额定值
VIN, SW, OUT 至 PGND	−0.3 V to +6 V
EN, PG, FB 至 AGND	−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

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
14 引脚 LGA (2.5mm x 2.5mm)	56.7	°C/W

电气特性

除非另有说明，V_{PVIN} = 3.3V， T_J = −40°C to +125°C （对于最小/最大值规格）， T_A = 25°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
工作电压	V_{PVIN}		2.5		5.5	V
PVIN UVLO 上升阈值	V_{UVLO_RISING}	V_{VIN} 上升		2.33	2.45	V
PVIN UVLO 下降阈值	$V_{UVLO_FALLING}$	V_{VIN} 下降		2.14		V
静态电流	I_{Q_BURST}	低功耗模式，开关不工作		10		µA
	I_{Q_FPWM}	强制开关模式，开关不工作		3		mA
	$I_{SHUTDOWN}$	V_{EN} = 0V，关机模式		1		µA
FB 引脚						
电压精度			0.594	0.6	0.606	V
电源调整率		V_{VIN} = 2.5V 至 5.5V			0.05	%/V
漏电流		V_{FB} = 0.6V			20	nA
内部默认时钟	f_{SW}			1		MHz
功率开关						
最小导通时间	t_{MIN_ON}			25		ns
顶部限流值	I_{HS_LIM}			4.5		A
下管限流值	I_{LS_LIM}			3.5		A
放电阻抗	R_{DIS}	V_{EN} = 0V		20		Ω
漏电流	I_{SW_LEAK}			100		nA
EN 引脚						
高电平阈值	V_{EN_RISING}			0.81		V
迟滞	V_{EN_HYS}			210		mV
漏电流	I_{EN_LEAK}			100		nA
PG 引脚						
PG 下降阈值				93		%
PG 迟滞				2		%
PG 上升阈值				107		%
PG 迟滞				2		%
延时	t_{PG_DLY}			120		µs
漏电流	I_{PG_LEAK}	V_{EN} = 5.5V		10		nA
开漏输出低电平	V_{OL}	1mA 电流		0.2		V
软启时间	t_{SS}			600		µs
热关断温度	T_{SD}	关机阈值，温度上升		165		°C
	T_{SD_HY}	开机阈值，温度下降		15		°C

典型性能参数

除非另有说明，V_{IN} = 3.3V, T_A = 25°C。

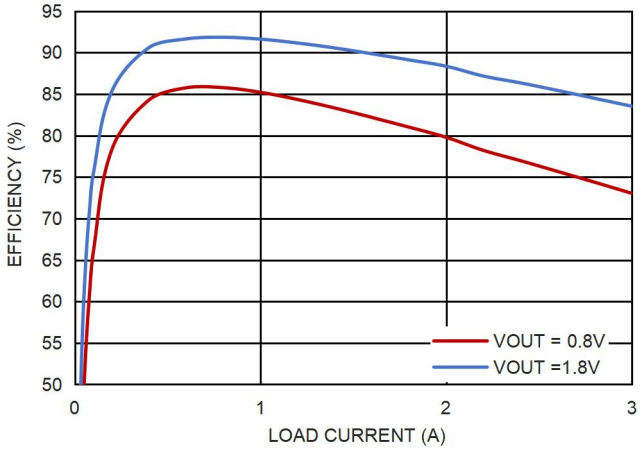


图 4. 效率曲线，V_{IN} = 3.3V

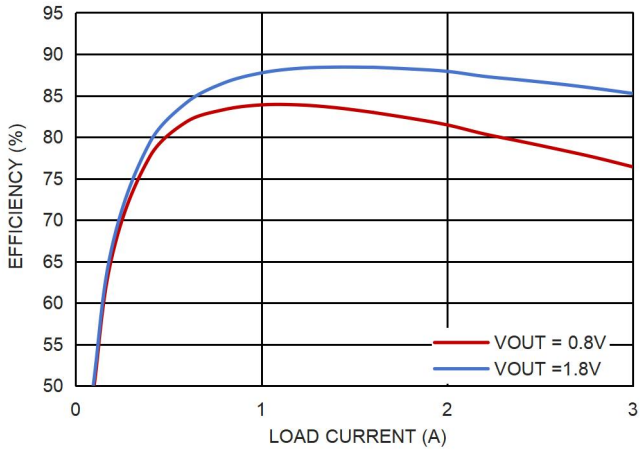


图 5. 效率曲线，V_{IN} = 5V

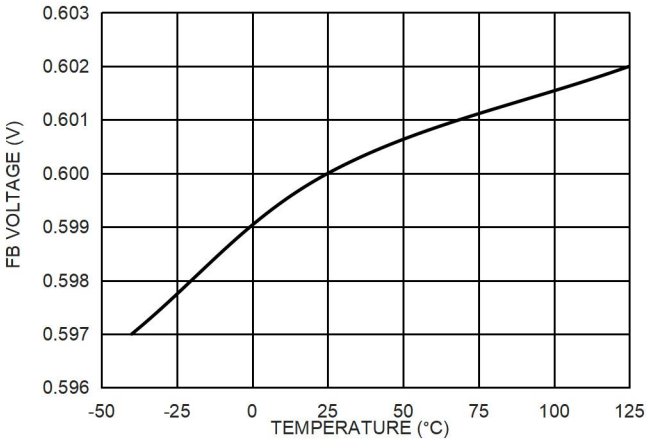


图 6. FB 引脚电压和温度的关系

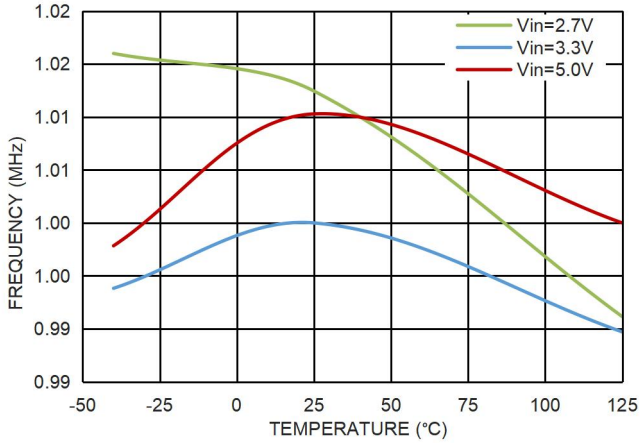


图 7. 频率和输入电压的关系

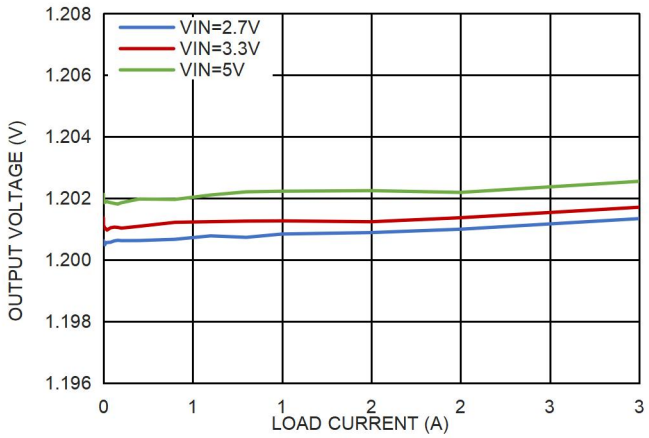


图 8. 输出电压负载调整率，V_{OUT} = 1.2V

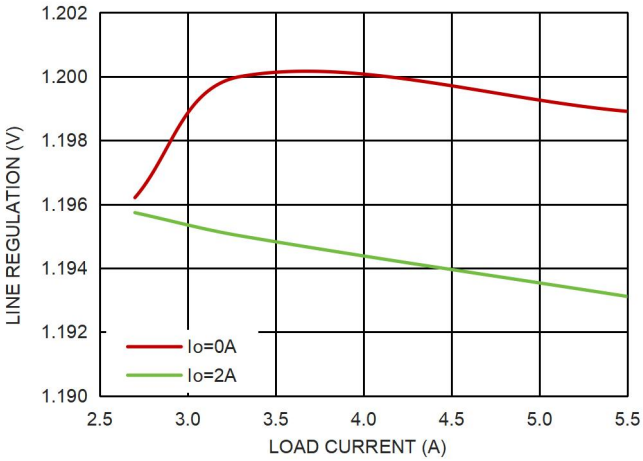


图 9. 输出电压线调整率，V_{OUT} = 1.2V

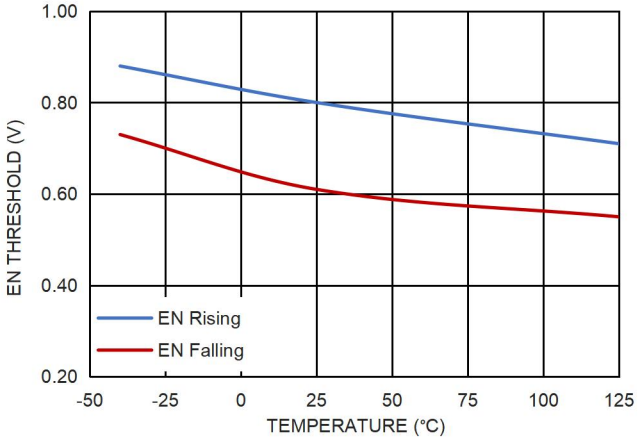


图 10. EN 阈值和温度的关系

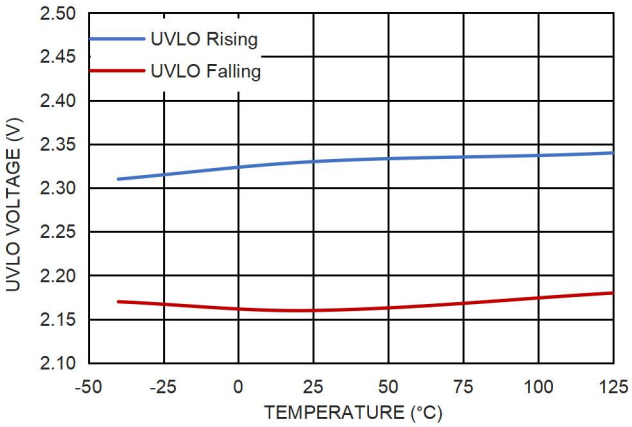


图 11. UVLO 阈值和温度的关系

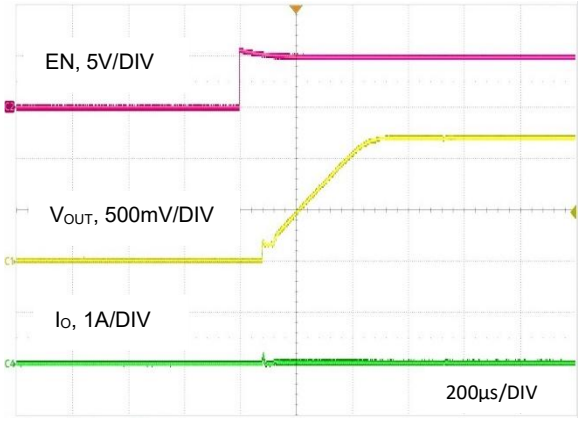


图 12. 启动波形，V_{OUT} = 1.2V, I_O = 10mA

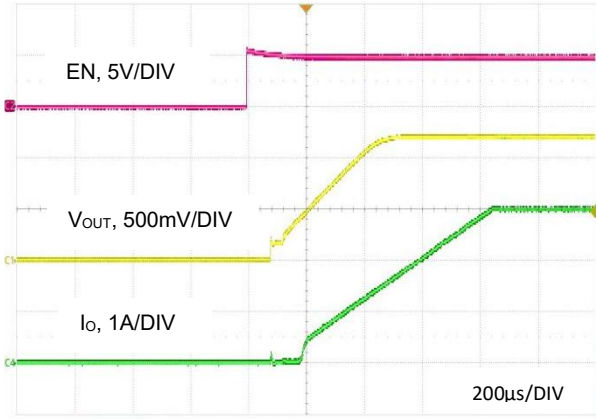


图 13. 启动波形，V_{OUT} = 1.2V, I_O = 3A

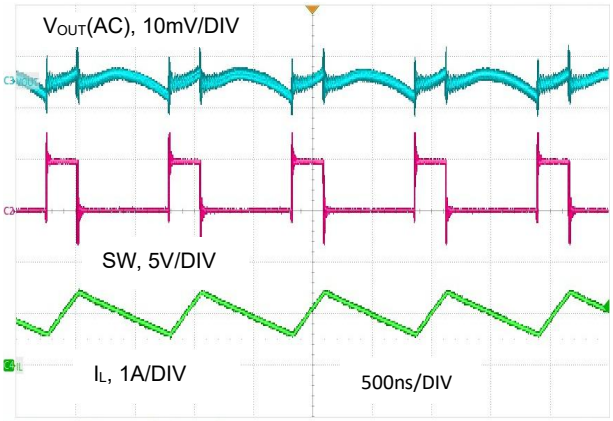


图 15. V_{IN} = 5V, V_{OUT} = 1.2V, I_O = 1A, FPWM

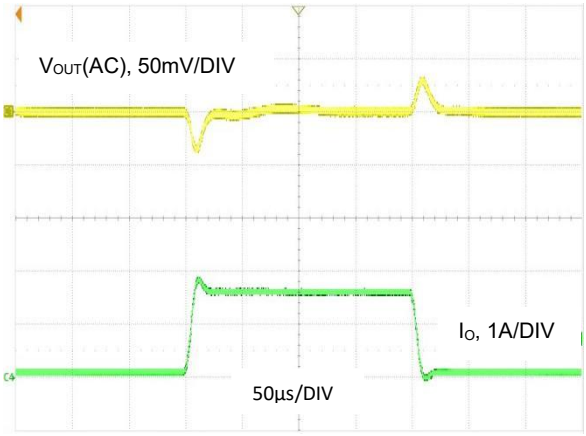


图 15. V_{OUT} = 1.2V, I_O = 0.1A 至 1.6A, FPWM 模式

工作原理

电压调节

GM6503L 是一款 5V, 3A 单片恒频峰值电流模式控制的降压 DC/DC 电源模块。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 600mV 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。

通过将 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。

GM6503L 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。

电源良好

当 GM6503L 的输出电压在标称调节电压的-7% /+7%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，低阈值具有 2%的滞回，高阈值具有 2%的滞回，并且两者都具有内置的延时来指示 PG，通常为 120 μs。

输出过压保护

在输出过电压事件期间，当 FB 引脚电压大于标称的 110%时，GM6503L 顶部功率开关将关闭。如果输出超出 120μs, PG 引脚将被拉低。正常工作条件下不应发生输出过电压事件。

过热保护

为防止热损坏 GM6503L，器件提供了过热保护功能。当结温温度达到 165°C(典型)时，器件停止工作，直到结温温度降 150°C(典型值)。

输出电压软起动

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。

满占空比工作

当输入电源电压接近输出电压时，占空比增加到 100%。进一步降低电源电压迫使主开关保持一个以上的周期，最终达到 100%的占空比。输出电压将由输入电压减去顶部开关导通阻抗和电感的直流压降来决定。

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。GM6503L 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}。

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：

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

如图 16 所示:

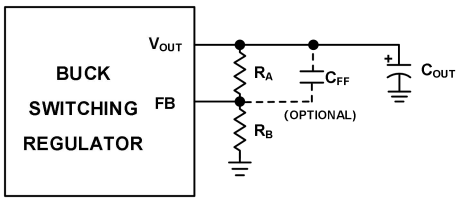


图 16. 反馈电阻网络

R_B 的典型值从 40kΩ到 400kΩ。建议使用 0.1%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。电容值在 2pF 和 22pF 之间可以改善瞬态响应。

输入电容

GM6503L 至少需要在近处放置两个旁路陶瓷电容，从 VIN 到 PGND 各一个，以获得最佳性能。这些电容器的尺寸应该是 0603 或 0805。更小的可选 0201 电容也可以尽可能近的放置在 VIN 和 GND 之间，VIN 和 GND 之间，以获得更好的性能，同时增加最小的尺寸，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 GM6503L 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。GM6503L 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} = 3A 为额定输出电流。

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实际回路的响应。

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。

使能阈值设置

GM6503L 有一个精确使能引脚 EN。当该引脚强制低电平时，器件进入关机模式。

EN 比较器的上升阈值为 0.8V，滞回为 210mV。如果关闭功能不使用，EN 引脚可以接至 V_{IN}。在 V_{IN} 和 EN 之间添加一个电阻分压器，可使 GM6503L 在 V_{IN} 高于期望电压时开始工作。通常，这个阈值 V_{IN}(EN)用于输入电源电流受限的情况下，或具有相对较高的源电阻。这个阈值可以通过设置 R1 和 R2 来调整。或者，从上游稳压器的输出到 GM6503L 的 EN 引脚的电阻分压器提供基于事件的上电顺序，当上游稳压器的输出达到预定水平时(例如 90%的)使能 GM6503L。

高温注意事项

应注意 PCB 的布局，以确保 GM6503L 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 GM6503L 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θ_{JA} = 56.7°C/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}将减少多达 10°C/W，这是一个高达 20%的改进，热通孔的重要性就变得很明显。同样，拥有更多更大、不间断和更高铜重量的地面平面可以改善热阻，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。GM6503L 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

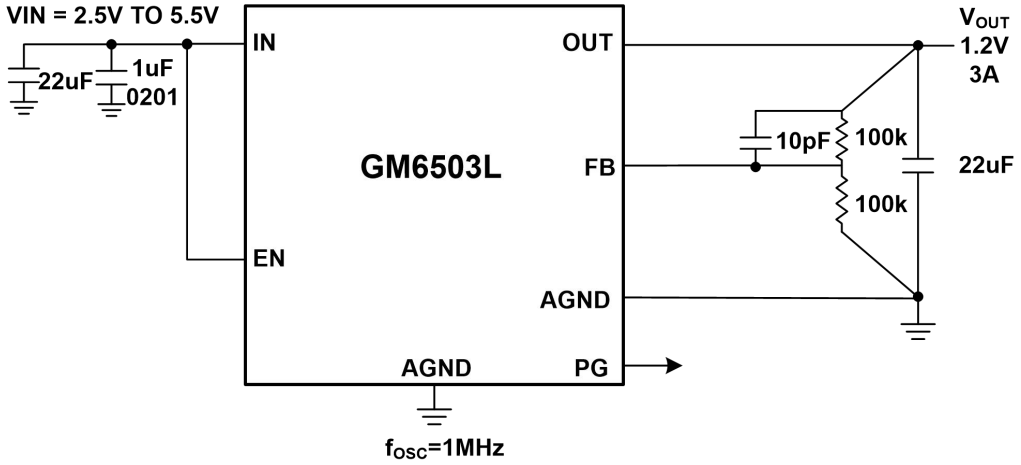
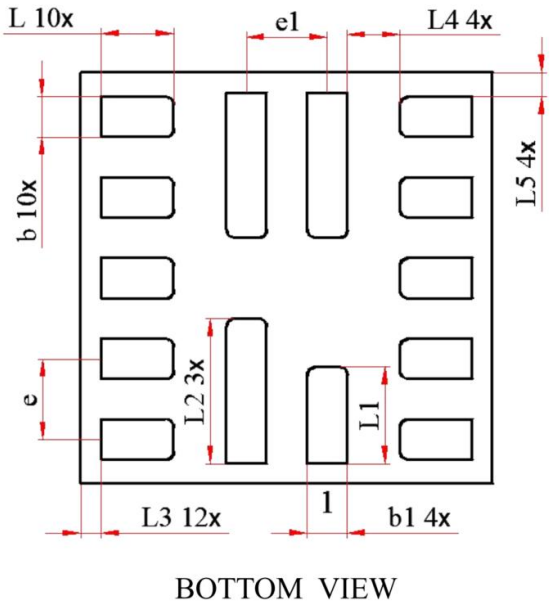
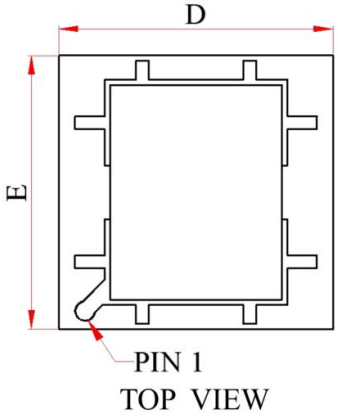
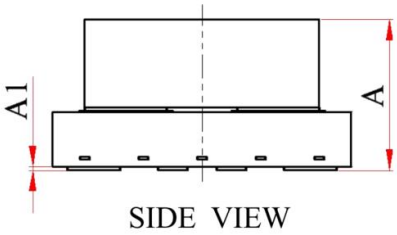


图 17. V_{IN}=3.3V，V_{OUT}=1.2V，I_{LOAD}=3A

外形尺寸







Symbol1	Dimension In Millimeters			Dimension In Inches		
	Normal	Min	Max	Normal	Min	Max
A	--	1.180	1.370	--	0.046	0.054
A1	--	0.007	0.035	--	0.000	0.001
D	2.550	2.500	2.600	0.100	0.098	0.102
E	2.550	2.500	2.600	0.100	0.098	0.102
b	0.250	0.200	0.300	0.010	0.008	0.012
L	0.450	0.400	0.500	0.018	0.016	0.020
b1	0.250	0.200	0.300	0.010	0.008	0.012
L1	0.600	0.550	0.650	0.024	0.022	0.026
L2	0.900	0.800	1.000	0.035	0.031	0.039
L3	0.125	0.075	0.175	0.005	0.003	0.007
L4	0.325	0.275	0.375	0.013	0.011	0.015
L5	0.150 REF			0.006 REF		
e	0.500 BSC			0.020 BSC		
e1	0.500 BSC			0.020 BSC		

图 18. 14 引脚 LGA (2.5mm x 2.5mm)

订购指南

型号[1]	温度范围	封装描述	封装选项
GM6503LAMLZ-R7	−40°C 至 +125°C	LGA-14, 3A, FPWM 模式	ML-14

[1] Z = 符合 RoHS 标准的部件。