NB685

26 V，12 A，低静态电流，大电流同步降压变换器带+/- 1 A LDO 和缓冲参考输出

描述

NB685 可为 DDR3、DDR3L、LPDDR3 和 DDR4 存储器应用提供整套高密度电源解决方案。它集成了一个高频同步整流降压开关变换器（VDDQ），具有 1A 的灌/拉电流 LDO（VTT）以及缓冲低噪声参考输出（VTTREF）。

NB685 基于 MPS 独有的开关损耗降低技术和低导通阻抗功率 MOSFET，能在宽输出电流负载范围内高效工作。

自适应恒定导通时间控制模式（COT）提供了快速瞬态响应，并使环路更易稳定。DC 自动调节环路提供了较好的负载和线性调整率。

VTT LDO 提供了 1A 的灌/拉电流能力，输出电容仅需 22μF 的陶瓷电容即可。VTTREF 追踪 VDDQ/2 的值，精度为 1%。

全方位的保护功能包括过流限保护、过压保护、欠压保护、过温关断保护和过温警报功能（OTW）。

该变换器采用 QFN 3mm x 3mm 封装，最大限度地减少了外部元器件的使用数量。

特性

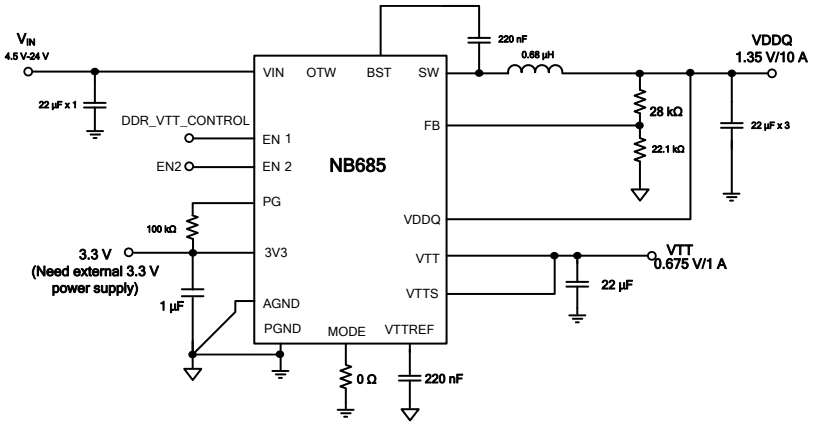
- 4.5V 至 26V 宽输入工作电压范围
- 兼容 IMVP8
- 135μA 低静态电流
- 12 A 连续输出电流
- 13 A 峰值输出电流
- 可选的超音频模式
- 500K/750k 可选开关频率
- 内置 +/- 1A VTTLDO
- 1% 的低噪声 VTTREF 输出
- 用于快速瞬态响应的自适应 COT
- DC 自动调节环路
- 采用 POSCAP 和陶瓷输出电容器可稳定工作
- 过温警报功能（OTW）
- 内部软启动
- 输出放电功能
- OCL, OVP, UVP 和过温关断保护
- 通过 EN 或电源重启锁定复位
- 采用 QFN 3mm x 3mm 封装。

应用

- 笔记本电脑
- 网络系统
- 服务器
- 配电系统

所有 MPS 产品都保证无铅，无卤素，并且遵守 RoHS 规范。如需查询具体芯片环保等级，请访问 MPS 官网之质量保证。“MPS”和“The Future of Analog IC Technology”均为 MPS 注册商标。

典型应用



MPS 专有信息。受专利保护。未经授权，请勿影印及复制。
© 2019 MPS. 版权所有。

订购信息

产品型号*	封装	顶标
NB685GQ	QFN-16 (3mm x 3mm)	*见下文*

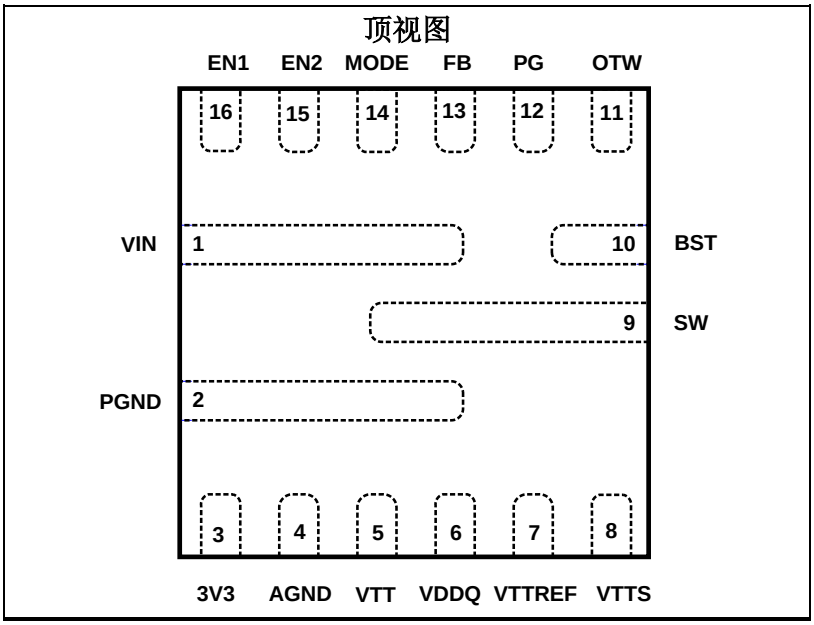
*对于编带和卷盘包装，请添加后缀-Z（例如 NB685GQ – Z）

顶标

AKUY
LLL

AKU：NB685GQ 产品代码
Y：年份代码
LLL：批次号

参考封装



MPS 专有信息。受专利保护。未经授权，请勿影印及复制。
© 2019 MPS. 版权所有。

最大绝对额定值 (1)

供电电压(V_{IN}) .....26 V
V_{SW} ..... -0.3 V 至 V_{IN} + 0.3 V
V_{SW} (25 ns) ..... -3.6 V 至 V_{IN} + 4 V
V_{BST} .....V_{SW} + 4.5 V
I_{EN1},I_{EN2}.....100 µA
所有其他引脚 .....-0.3 V 至 +4.5 V
连续耗散功率(T_A = +25° C)(2)
QFN-16 (3mm x 3mm).....2.3 W
结温 .....150°C
焊接温度.....260°C
存储温度..... -65°C 至 +150°C

推荐工作条件 (3)

供电电压（V_{IN}） .....4.5 V 至 24 V
供电电压 (V_{CC}) .....3.15 V 至 3.5 V
输出电压 (V_{DDQ}) ..... 0.6 V 至 3.3 V(5)
I_{EN1},I_{EN2}..... .... 50 µA
工作结温（T_J）..... -40°C 至 +125°C

热阻 (4)

	θ_{JA}	θ_{JC}	
QFN-16 (3mm x 3mm)	55	13	°C/W

NOTES:
1) 超过这些限定值可能会损坏芯片。
2) 最大可允许耗散功率是最大结温 T_J(MAX)、结温-环境热阻 θ_{JA} 和环境温度 T_A 的函数。任何环境温度下允许的最大连续耗散功率由 P_D (MAX) = (T_J (MAX)-T_A)/ θ_{JA} 计算得出。超过最大允许耗散功率会使芯片温度过高，导致稳压器进入热保护状态。内部热保护电路保护芯片免受永久性损坏。
3) 设备不能保证在其工作条件之外运行。
4) 上述数据是在 JESD51-7（4-层板）上测量所得。
5) 对于 3.3 V < Vout < 5.5 V 的应用，需要特殊设计。请参考应用信息章节。V_{DDQ} 仍要求电压 ≤ 3.3 V。

MPS 专有信息。受专利保护。未经授权，请勿影印及复制。
© 2019 MPS. 版权所有。

电气特性

测试条件为 V_{IN} = 12 V, 3V3 = 3.3 V, T_J = 25°C, R_{MODE} = 0，除非另有说明。

参数	符号	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
输入电流						
正常工作模式下为 3V3 供电电流	I_{3V3}	V_{EN1} = V_{EN2} = 3 V, 空载		185		μA
S3 状态下 3V3 供电电流	I_{3V3_S3}	V_{EN1} = 0 V,V_{EN2} = 3 V, 空载		135		μA
EN 关断状态下 3V3 电流	I_{3V3_SDN}	V_{EN1} = V_{EN2} = 0 V, 空载			1	μA
MOSFET						
上管内阻	HS_{RDS-ON}	T_J = 25°C		19.5		mΩ
下管内阻	LS_{RDS-ON}	T_J = 25°C		6.6		mΩ
开关管漏电流	SW_{LKG}	V_{EN} = 0 V, V_{SW} = 0 V		0	1	μA
限流引脚						
下管谷值电流限	I_{LIMIT}		12	13	14	A
开关频率和最小关断时间						
开关频率	F_S	R_{MODE} = 0		700		kHz
		R_{MODE} =150 k		500		kHz
恒定导通时间	T_{ON}	Vin = 6 V, V_{OUT} = 3 V, R_{MODE} = 150 k	1100	1200	1300	ns
上管最小导通时间(6)	T_{ON_MIN}			70		ns
下管最小导通时间(6)	T_{OFF_MIN}			300		ns
超音频模式						
超音频模式工作周期	T_{USM}	V_{FB} = 0.62 V		32		μs
保护						
OVP 阈值	V_{OVP}		125	130	135	%V_{REF}
UVP-1 阈值	V_{UVP-1}		70%	75%	80%	V_{REF}
UVP-1 折返时间(6)	T_{UVP-1}			30		μs
UVP-2 阈值	V_{UVP-2}		45%	50%	55%	V_{REF}
参考电压和软启动/软关机						
参考电压	V_{REF}		594	600	606	mV
反馈电流	I_{FB}	V_{FB} = 0.62 V		10	50	nA
软启动时间	T_{SStart}	使能信号发出直至电源正常输出指示信号发出时间	1.8	2.2	2.6	ms
软关机时间	T_{SStop}			2		ms

MPS 专有信息。受专利保护。未经授权，请勿影印及复制。
© 2019 MPS. 版权所有。

电气特性 *(续表)*

测试条件为 V_{IN} = 12 V, 3V3 = 3.3 V, T_J = 25°C, R_{MODE} = 0，除非另有说明。

参数	符号	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
使能和欠压锁定保护						
En1 上升阈值	V_{EN1_TH}		0.54	0.59	0.64	V
En1 迟滞	$V_{EN1-HYS}$			125		mV
En2 上升阈值	V_{EN2_TH}		1.12	1.22	1.32	V
En2 迟滞	$V_{EN2-HYS}$			125		mV
使能输入电流	$I_{EN1/2}$	$V_{EN1/2}$ = 2 V			5	μA
		$V_{EN1/2}$ = 0 V			1	
VCC 欠压锁定保护上升阈值	VCC_{Vth}		2.9	3.0	3.1	V
VCC 欠压锁定保护迟滞阈值	VCC_{HYS}			220		mV
输入欠压锁定保护上升阈值	VIN_{VTH}			4.2	4.4	V
输入欠压锁定保护阈值迟滞	VIN_{HYS}			360		mV

MPS 专有信息。受专利保护。未经授权，请勿影印及复制。
© 2019 MPS. 版权所有。

电气特性 *(续表)*

测试条件为 V_{IN} = 12 V, T_J = 25°C，除非另有注明。

参数	符号	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
电源正常输出指示						
当 FB 上升时，PG（正常）	$PG_{_Rising(GOOD)}$	V_{FB} 上升, V_{FB} 的百分比		95		%
当 FB 下降时，PG（故障）	$PG_{_Falling(Fault)}$	V_{FB} 下降, V_{FB} 的百分比		90		
当 FB 上升时，PG（故障）	$PG_{_Rising(Fault)}$	V_{FB} 上升, V_{FB} 的百分比		115		
当 FB 下降时，PG（正常）	$PG_{_Falling(GOOD)}$	V_{FB} 下降, V_{FB} 的百分比		105		
PG 低至高延迟	PG_{Td}			3		μs
EN 拉低至 PG 拉低延迟	$PG_{Td_EN\ low}$				1	μs
电源正常输出指示的灌电流能力	V_{PG}	灌电流 4 mA			0.4	V
VTTREF 输出						
VTTREF 输出电压	V_{TTREF}			$V_{DDQ}/2$		
输出电压与 VDDQ 的容差	V_{TTREF}/V_{DDQ}	I_{VTTREF} < 0.1 mA, 1 V < V_{DDQ} < 1.5 V	49.2%	50%	50.8%	
		I_{VTTREF} < 10 mA, 1 V < V_{DDQ} < 1.5 V	49%	50%	51%	
电流限值	I_{LIMIT_VTTREF}		13	15		mA
VTT LDO						
VTT 输出电压	V_{TT}			$V_{DDQ}/2$		
VTT 与 VTTREF 的容差	V_{TT}-V_{TTREF}	-10 mA < I_{VTT} < 10 mA, V_{DDQ} = [1 V-1.5 V]	-15		15	mV
		-0.6 A < I_{VTT} < 0.6 A, V_{DDQ}= [1 V-1.5 V]	-20		20	mV
		-1A < I_{VTT} < 1 A, V_{DDQ} = [1 V-1.5 V]	-25		25	mV
拉电流限值	I_{LIMIT_SOURCE}		1.2	1.5		A
灌电流限值	I_{LIMIT_SINK}		1.2	1.5		A
OTW#						
过温警报(6)	$T_{OTW\#}$			130		°C
OTW# 迟滞(6)	$T_{OTW\#_HYS}$			25		°C
OTW# 灌电流能力	$V_{OTW\#}$	灌电流为 4 mA			0.4	V
OTW# 漏电流	$I_{OTW\#}$	$V_{OTW\#}$ = 3.3 V			1	μA
OTW# 维持时间(6)	$T_{OTW\#}$			32		ms
过温保护						
过温关断保护(6)	T_{SD}			145		°C
热关断迟滞	T_{SD_HYS}			25		°C

注：

6) 由设计保证。

MPS 专有信息。受专利保护。未经授权，请勿影印及复制。
© 2019 MPS. 版权所有。

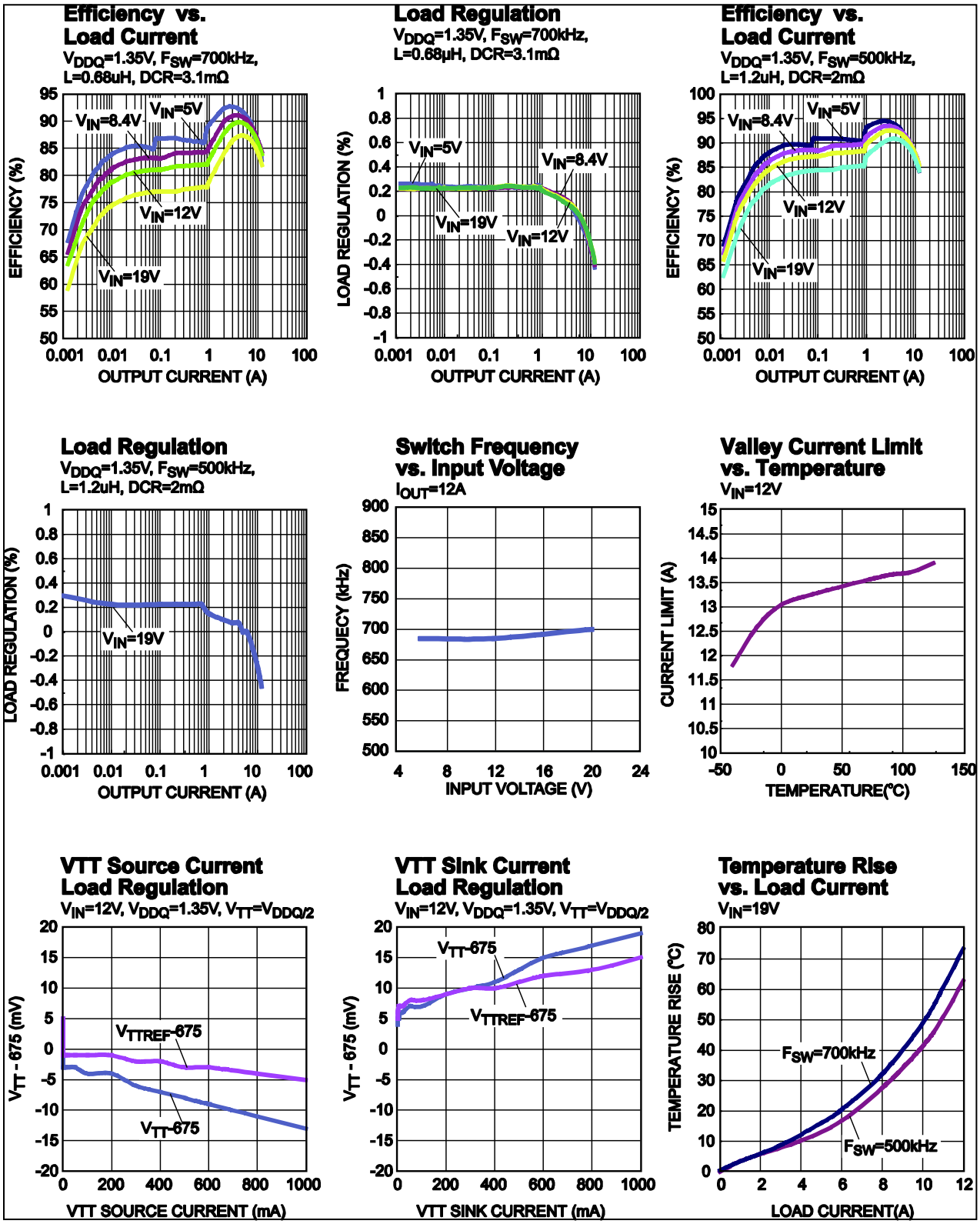
引脚功能

PIN #	名称	描述
1	VIN	供电电压输入引脚。VIN 脚为内部 MOSFET 和调节器供电。NB685 的输入电压范围为 +4.5 V 至 +26 V。需要一个输入电容来解耦输入电源轨。使用宽 PCB 走线和多个过孔连接。
2	PGND	功率地。使用宽 PCB 走线和多个过孔连接。
3	3V3	用于控制和驱动的外部 3V3 VCC 输入引脚。靠近 3V3 和 AGND 引脚放置一个 1μF 的去耦电容。建议使用 RC 滤波器。
4	AGND	模拟地。AGND 为内部参考地。将 FB 电阻分压器的 GND 引脚连接至 AGND 引脚，以便获得更好的负载调整率。
5	VTT	**VTT LDO 输出引脚。**尽可能靠近 VTT 引脚使用一颗最小 22 μF 的陶瓷电容，用来去耦。建议使用 X7R 或 X5R 电介质陶瓷电容，因为它们具有稳定的温度特性。
6	VDDQ	**VTTLDO 的输入引脚，同时用于 VDDQ 输出电压采样。**使用一根宽的走线（>100 mil）将 VDDQ 引脚直接连接至调节器的输出电容。不得浮空 VDDQ 引脚。
7	VTTREF	**VTT 参考输出引脚。** 尽可能靠近 VTTREF 引脚使用一个最小为 0.22 μF 的陶瓷电容用来去耦。建议使用 X7R 或 X5R 电介质陶瓷电容，因为它们具有稳定的温度特性。
8	VTTS	**VTT 输出采样引脚。**将 VTTS 引脚直接连接至 VTT 稳压器的输出电容。
9	SW	**开关输出引脚。**将 SW 引脚连接至电感和自举电容。当上管导通时，SW 引脚被连接至 VIN 引脚；当下管导通时，SW 引脚被连接至 PGND 引脚。使用宽而短的 PCB 走线连接。SW 是噪声源，因此敏感信号线需远离此结点。
10	BST	**自举引脚。**在 SW 和 BST 引脚之间接入一个电容，给内部上管开关驱动供电。
11	OTW#	**过温告警状态。**OTW# 表示芯片接近过温保护。一旦结温超过过温警报点，OTW#立即拉低。若未使用此功能，OTW# 引脚可浮空。
12	PG	**电源（输出）正常指示引脚。**PG 为一个开漏信号。如果输出电压在适当的范围内，PG 置高。
13	FB	**反馈引脚。**由输出与 GND 引脚之间的外部电阻分压器（连接至 FB 引脚）来设置输出电压。电阻分压器尽可能靠近 FB 引脚。FB 走线上不得有过孔。
14	MODE	**MODE 引脚用来选择开关频率和超音频模式。**需要精度为 1%的下拉电阻设置。
15/16	EN2/EN1	**使能引脚。**EN1 和 EN2 为数字输入引脚，用于使能或禁用内部调节器。一旦 EN1 = EN2 = 1, VDDQ 调节器, VTT LDO 和 VTTREF 输出会开启，当 EN1 = 0 且 EN2 = 1 时，除了VTT LDO 之外，所有的调节器均开启；当 EN2 = 0 或者 EN1 = EN2 = 0 时，所有的调节器均关断。 任何时候都不得浮空 EN1。如果未使用 VTT LDO 功能，将 EN1 连接至 GND。

MPS 专有信息。受专利保护。未经授权，请勿影印及复制。
© 2019 MPS. 版权所有。

典型性能特性

测试条件为 V_{IN} = 20 V, V_{DDQ} = 1.35 V, L = 0.68 μH/3.1 mΩ, F_{SW} = 700 kHz，除非另有注明。

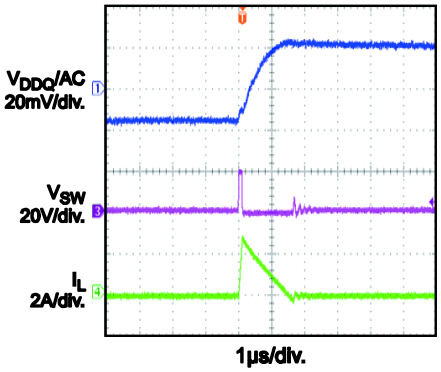


MPS 专有信息。受专利保护。未经授权，请勿影印及复制。
© 2019 MPS. 版权所有。

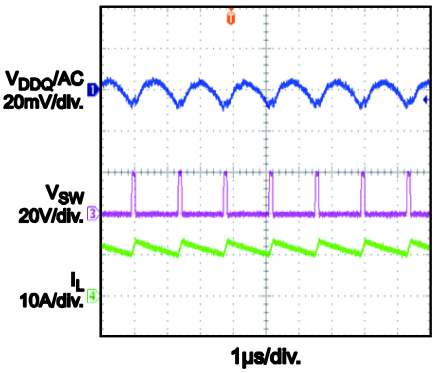
典型性能特性

测试条件为 V_{IN} = 20 V, V_{DDQ} = 1.35 V, L = 0.68 μH/3.1 mΩ, F_{SW} = 700 kHz，除非另有注明。

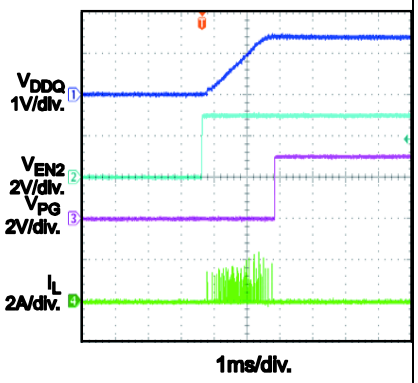
Output Voltage Ripple
I_{OUT} = 0 A



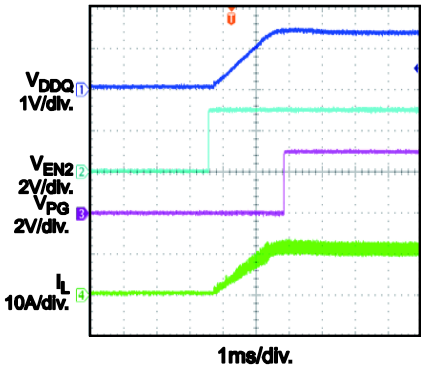
Output Voltage Ripple
I_{OUT} = 12 A



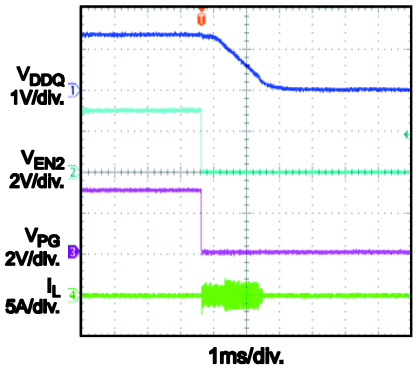
Start-Up through EN2
I_{OUT} = 0 A



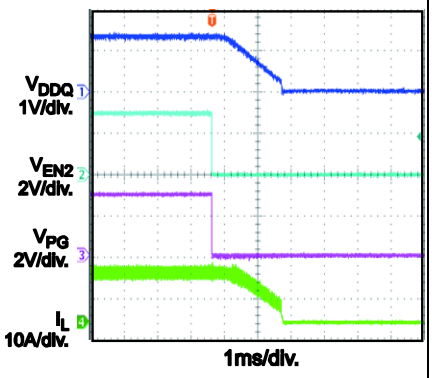
Start-Up through EN2
I_{OUT} = 12 A



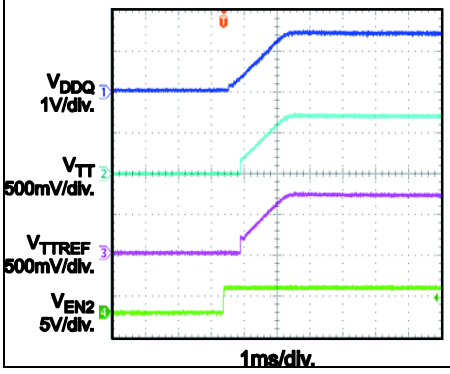
Shutdown through EN2
I_{OUT} = 0 A



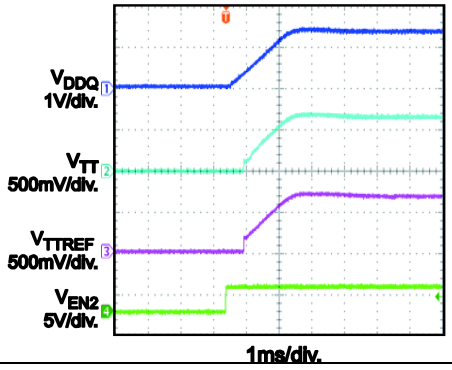
Shutdown through EN2
I_{OUT} = 12 A



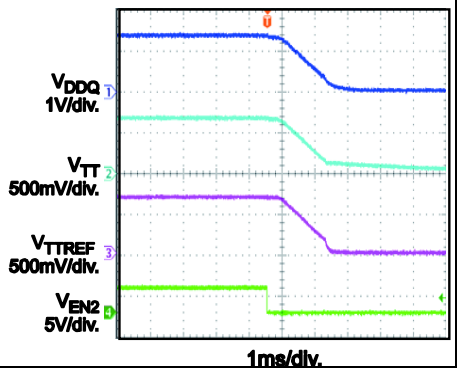
VTT Start-Up through EN2
I_{VDDQ}=I_{VTT}=I_{VTTREF}=0 A



VTT Start-Up through EN2
I_{VDDQ}=12A, I_{VTT}=1A, I_{VTTREF} = 0mA



VTT Shutdown through EN2
I_{VDDQ}=I_{VTT}=I_{VTTREF} = 0A

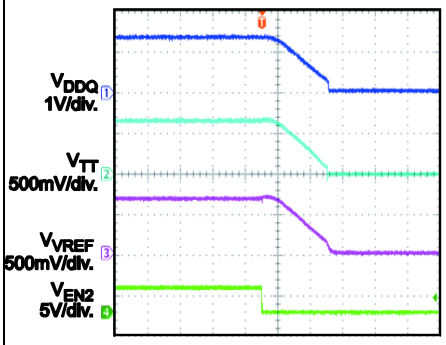


MPS 专有信息。受专利保护。未经授权，请勿影印及复制。
© 2019 MPS. 版权所有。

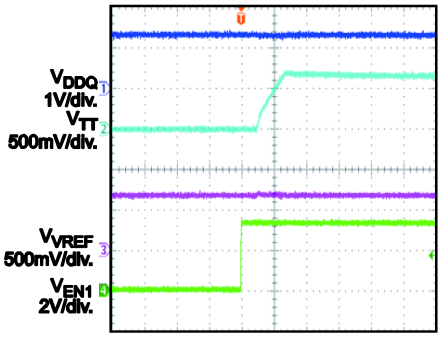
典型性能特性

测试条件为 V_{IN} = 20 V, V_{DDQ} = 1.35 V, L = 0.68 μH/3.1 mΩ, F_{SW} = 700 kHz，除非另有注明。

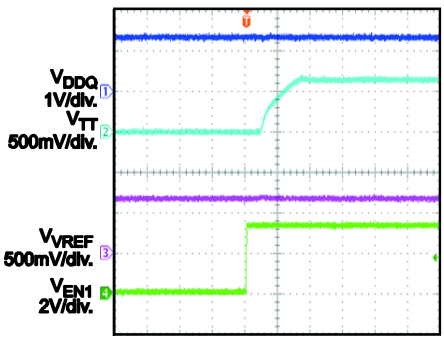
VTT Shutdown through EN2
I_{VDDQ}=12A, I_{VTT}=1A, I_{VTTREF}=0 mA



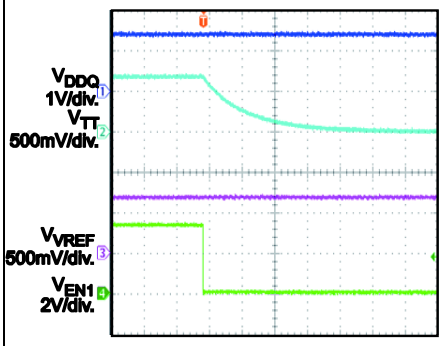
VTT Start-Up through EN1
I_{VDDQ}=I_{VTT}=I_{VTTREF}=0A



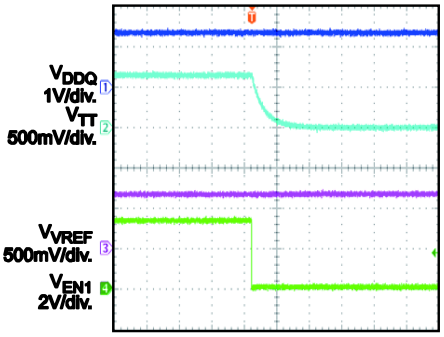
VTT Start-Up through EN1
I_{VDDQ}=12A, I_{VTT}=1A, I_{VTTREF}=0mA



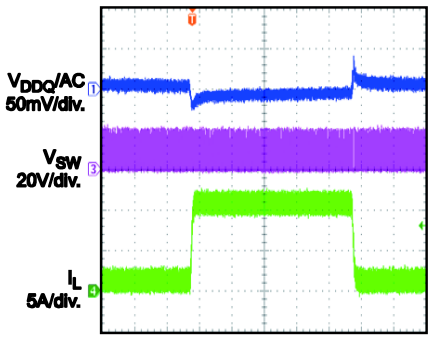
VTT Shutdown through EN1
I_{VDDQ}=I_{VTT}=I_{VTTREF}=0A



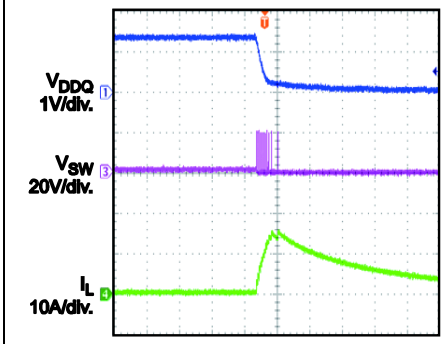
VTT Shutdown through EN1
I_{VDDQ}=12A, I_{VTT}=1A, I_{VTTREF}=0mA



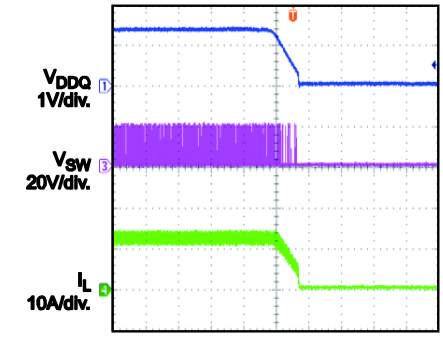
Transient
I_{OUT}=1.2-10.8A@1.6A/μs, F_{SW}=700kHz,C_{OUT}=66μF



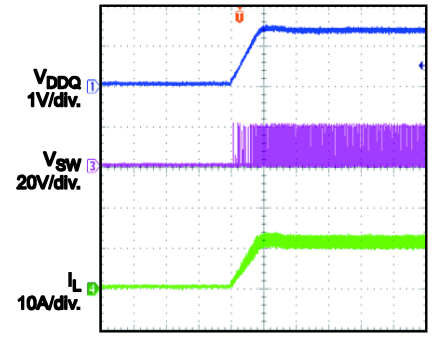
Short-Circuit Protection
I_{OUT} = 0 A



Thermal Shutdown
I_{OUT} = 12A in Temp Chamber



Thermal Recovery
I_{OUT} = 12A in Temp Chamber



MPS 专有信息。受专利保护。未经授权，请勿影印及复制。
© 2019 MPS. 版权所有。

功能框图

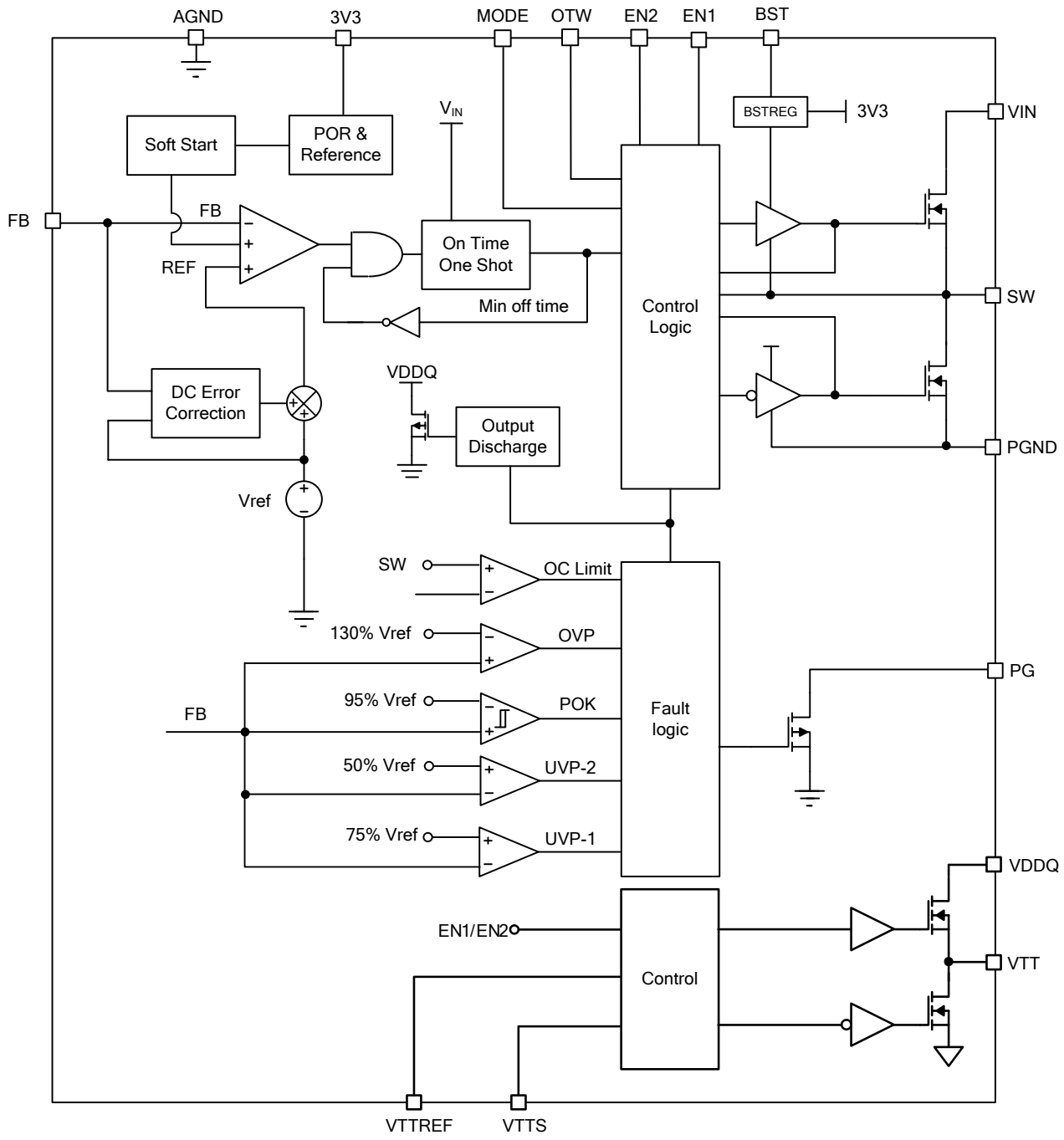


图 1—功能框图

MPS 专有信息。受专利保护。未经授权，请勿影印及复制。
© 2019 MPS. 版权所有。

工作原理

PWM 工作模式

NB685 是一款具有+/-1A LDO 电流的全集成同步整流降压开关变换器。恒定导通时间控制模式（COT）提供了快速瞬态响应，并使环路更易稳定。在每个周期初始时，一旦反馈电压(V_{FB})下降到参考电压(V_{REF})以下，则上管导通。导通时长由输出电压和输入电压共同决定，以确保在全输入电压范围内开关频率都相当恒定。

当导通时间结束后，上管关断直至下一个周期开始。当 V_{FB} 降至低于 V_{REF}，则上管再次导通。变换器通过重复此操作来调节输出电压。只有在上管关断时，集成下管(LS-FET)才会导通，这样可以最大限度地降低导通损耗。如果上下管同时导通，则会在输入和 GND 之间形成短路。为避免直通，需在上管关断、下管导通时或者下管关断、上管导通时，内部生成一个死区时间（DT）。

即使采用陶瓷输出电容，带内部斜坡补偿功能的 COT 控制模式也能提供更稳定的工作。此种内部补偿模式可以改善频率抖动，而且不会影响线性和负载调整率。

CCM 工作模式

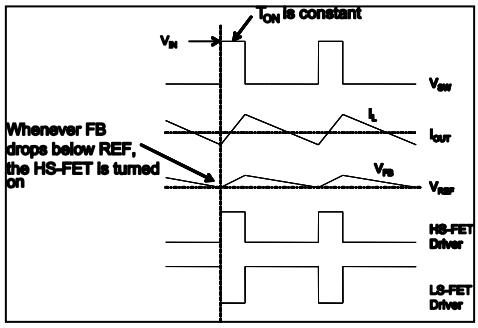


图 2—CCM 工作模式

在输出电流较大且电感电流始终高于零安培时，进入连续导通模式（CCM）（见图 2）。

当 V_{FB} 低于 V_{REF} 时，上管导通固定的时间，时间由内部导通定时器决定。当上管关断时，下管导通直至下一个周期开始。

在 CCM 模式下，开关频率相当恒定（PWM 工作模式）。

DCM 工作模式

当负载下降时，电感电流也会随之下降。一旦电感电流降至零安培，芯片会从 CCM 模式切换到断续导通模式（DCM）。

图 3 显示了 DCM 工作模式。当 V_{FB} 低于 V_{REF} 时，上管导通时间由内部导通定时器决定。当上管关断时，下管导通直至电感电流置零。在 DCM 工作模式下，当电感电流置零时，V_{FB} 尚未降至 V_{REF}，下管驱动进入三态（高阻态）。电流调制器控制下管，并将电感电流限制在-1mA 以下。因此，输出电容可以通过下管缓慢放电至 GND。这样轻载时效率会大大提高。上管在轻载时不会像在重载时那样频繁导通。

在轻载或空载时，输出电压下降得非常慢，NB685 可以自然降低开关频率以实现轻载下的高效率。

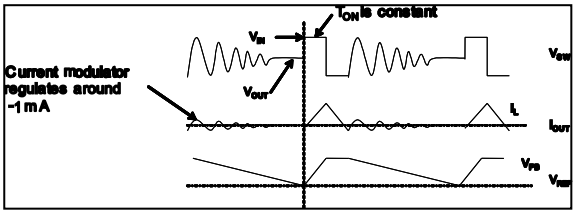


图 3—DCM 工作模式

MPS 专有信息。受专利保护。未经授权，请勿影印及复制。
© 2019 MPS. 版权所有。

随着轻载下输出电流的不断增大，电流调制器的调节周期也会越来越短。上管会更加频繁地导通，开关频率也会相应增加。当电流调制时间为零时，输出电流达到临界值。输出电流的临界值可以根据公式（1）确定:

$$I_{OUT_Critical} = \frac{(V_{IN} - V_{OUT}) \times V_{OUT}}{2 \times L \times F_S \times V_{IN}} \quad (1)$$

当输出电流超过临界值后，芯片进入 PWM 模式。之后，开关频率在输出电流范围内保持相当恒定。

抖频和FB斜坡

当 V_{FB} 中的纹波噪声传递给上管驱动发生延迟时，无论是 PWM 模式还是跳频模式，均会发生抖频（见图 4 和图 5）。抖频对系统抗扰度的影响与 V_{FB} 下斜坡的陡度成正比，因此 DCM 的抖频系数通常大于 CCM。然而，V_{FB} 纹波不会直接影响其抗扰度。

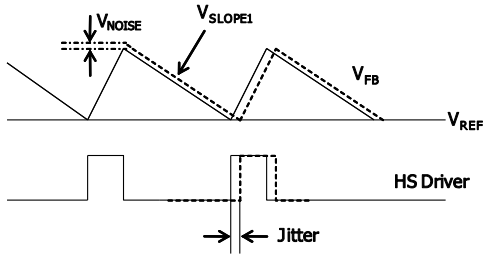


图 4—PWM 模式中的抖频

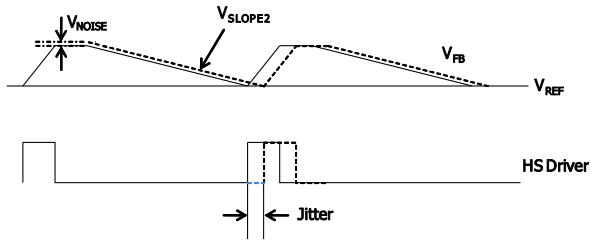


图 5—跳频模式中的抖频

工作原理—无外部斜坡补偿功能

如果输出电容的 ESR 不足以充当一个有效的电流采样电阻，则传统的恒定导通时间控制方式本身就不稳定。

通常，陶瓷电容不能直接用作输出电容。

NB685 内置了内部斜坡补偿功能，即使没有输出电容的 ESR 协助，也能确保系统稳定。因此，可以采用纯陶瓷电容解决方案。纯陶瓷电容解决方案显著地减少了输出纹波，降低了总 BOM 成本和占板面积。

图 6 显示了 PWM 模式下无外部斜坡电路的典型输出电路图。无外部补偿功能的设计步骤，请参考应用信息章节。

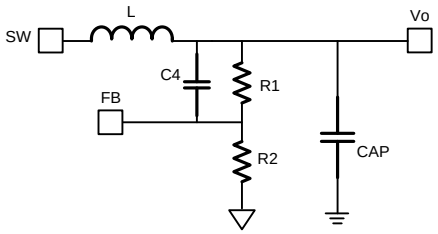


图 6—简化后的输出电路

当输出端使用大电容时（比如 OSCON），需并联接一个大于 10 μF 的陶瓷电容，以便最大限度地减小 ESL 的影响。

工作原理—带有外部斜坡补偿功能

通常，NB685 支持没有外部斜坡功能的陶瓷输出电容。然而，有时内部斜坡不足以稳定系统，或者抖频太大，会需要外部斜坡补偿。带有外部斜坡补偿功能的设计步骤，请参考应用信息章节。

VTT 和 VTTREF

NB685 集成了高性能、低压差线性调节器（VTT和VTTREF），提供了完整的DDR3/DDR3L电源解决方案。VTTREF具有10mA的灌/拉电流能力，可使用集成驱动器输出电压时刻追踪VDDQ/2，精度可达+/-1%。在靠近VTTREF引脚端必须放置一颗最小为0.22μF的陶瓷电容以保证稳定工作。所有情况下，VTT都能迅速响应以+/-30mV精度追踪VTTREF。灌/拉模式下，VTT调节器的电流能力都可达1A。

MPS 专有信息。受专利保护。未经授权，请勿影印及复制。
© 2019 MPS. 版权所有。

在靠近VTT引脚必须放置一颗最小为22μF的陶瓷电容以稳定工作。VTTS应该连接至VTT远端输出电容的正输出节点，作为VTT大电流路径以外的单独馈线。

配置 EN 控制

NB685 具有2个使能引脚，用于控制内部调节器的开启/关断状态。VDDQ、VTTREF和VTT在S0状态下（EN1 = EN2 = 高电平）导通。在 S3状态下（EN1 = 低电平, EN2 = 高电平）时，VDDQ 和 VTTREF 保持工作，VTT 关断且处于高阻抗状态时(Hi-Z)。 VTT输出浮空，此状态下没有灌/拉电流。在 S4/S5 (EN1 = EN2 = 低电平)时，所有的调节器均保持关闭并通过软关断放电至GND。EN1/EN2 逻辑信息请见表1。

表1—EN1/EN2 控制

状态	EN1	EN2	VDDQ	VTTREF	VTT
S0	高电平	高电平	工作	工作	工作
S3	低电平	高电平	工作	工作	关断（高阻态）
S4/S5	低电平	低电平	关断	关断	关断
其他	高电平	低电平	关断	关断	关断

超音频模式（USM）

在轻载或空载时，超音频模式(USM)可将开关频率控制在音频区间以上。一旦芯片检测到上管和下管均关断（大约 32μs），芯片会强制脉宽调制器使上管导通产生 Ton。此时开关频率超出可闻范围。为了避免 Vout 太高，NB685 随后会缩小 Ton 以控制 Vout。如果将 Ton 值缩小到最小后，芯片的 FB 电压仍然很高，则会启用输出放电功能，用来将 Vout 保持在合理范围内。使用 MODE 引脚来选择 USM 模式。

MODE 选择

为满足多种应用，NB685采用MODE引脚来选择USM和开关频率。USM和开关频率可以通过MODE引脚的不同电阻来选择。通过设置不同的外部电阻，有4种常用模式可供选择（见表2）；电阻建议使用1%精度。

表 2—模式选择

状态	USM	Fs	接地电阻
M1	否	700 KHz	0
M2	是	700 KHz	90 K
M3	否	500 KHz	150 K
M4	是	500 KHz	>230K或者浮空

VDDQ 电源正常输出指示（PG）

NB685 具有电源正常输出指示（PG），用来指示VDDQ调节器的输出电压是否准备就绪。PG也是开漏MOSFET结构。PG应该通过电阻（比如，100kΩ）连接至V_{CC}或其他电压源。该MOSFET在施加输入电压后被导通，以便 PG 能在 SS 动作之前被拉至 GND。在FB电压达到REF电压的95%以后，PG被拉高（延迟不到10 μs）。当FB电压降至REF的90%时，PG被拉低。

软启动（SS）

NB685采用软启动（SS）功能可以确保稳定的上电输出电压。当EN置高时，内部参考电压逐渐上升；输出电压也会逐渐上升。一旦参考电压达到目标值，软启动结束，此时芯片进入稳态工作。

图7为启动时序图。

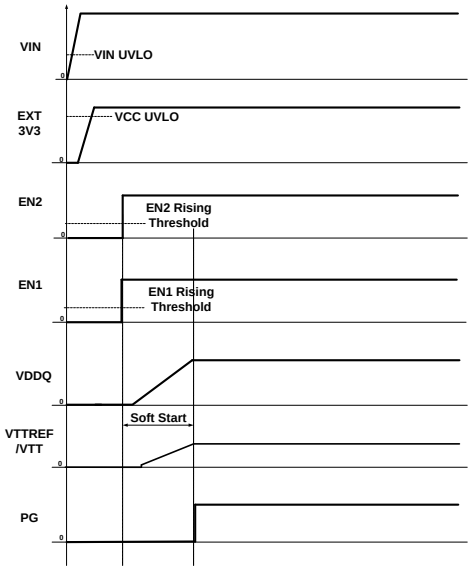


图7—启动上电时序

MPS 专有信息。受专利保护。未经授权，请勿影印及复制。
© 2019 MPS. 版权所有。

如果启动时输出预先偏置了一个固定电压， FB 节点的采样输出电压之前，上管和下管降不会有开关动作。

软关断

NB685 采用软关断功能来确保 VTTREF 和 VTT 精确为 VDDQ 值的一半。当 EN2 置低时，内部参考电压逐渐下降，因此输出电压也随之线性下降。图 8 显示了软关断时序。

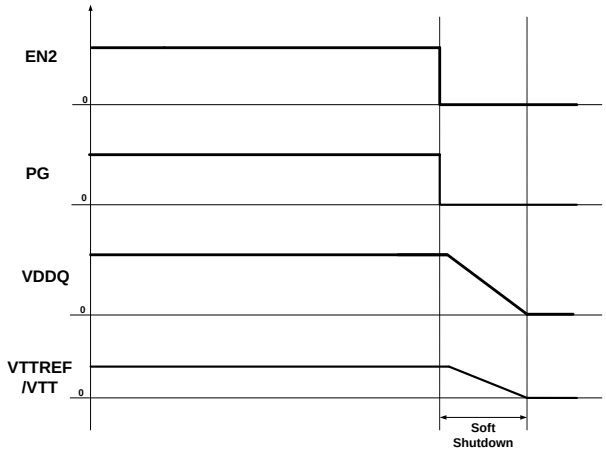


图 8—软关断时序

VDDQ 过流限阈值（OCL）

NB685 具有逐周期过流限制功能。限流电路采用“谷值”电流采样算法。此芯片使用下管导通阻抗作为电流采样元素。如果电流采样信号的量级高于限流阈值，即使此时FB电压低于REF，PWM也不得产生一个新的开关周期。图9显示了详细的谷值电流限值原理。

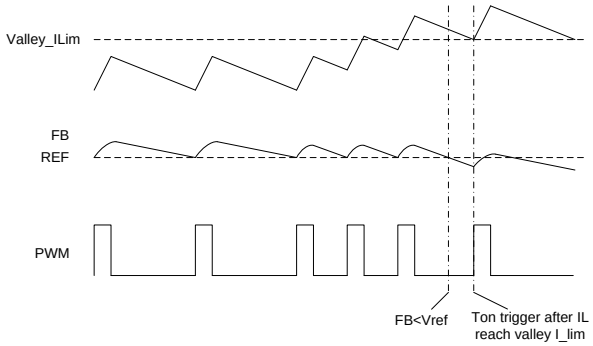


图9—谷值电流限控制

由于是在下管LS-FET 导通的状态下进行的对比，所以过流点决定了电感电流的谷值点。过流阈值（Ioc）的最大负载电流可以通过公式（2）计算得出：

$$I_{OC} = I_limit + \frac{\Delta I_{inductor}}{2} \qquad (2)$$

OCL限制了电感电流，但芯片不会被关断。在过流情况下，流入负载的电流会超过流入输出电容的电流；因此，输出电压会下降。最后，通过欠压锁定保护（UVP）关断芯片。故障锁定保护可以通过EN置低或VIN的电源重启复位。

VTT/VTTREF 过流保护（OCP）功能

在灌/拉工作模式下，VTT LDO均具有1.5A的内部非锁定固定电流限制，一旦达到限流值，该功能可以通过调节灌/拉MOSFET的栅极来限制电流的大小。同样，VTTREF也具有15 mA的内部非锁定电流限值。

VDDQ 过/欠压保护

NB685 通过监控电阻分压反馈电压来检测过/欠压电压。当反馈电压高于目标电压的130%时，OVP比较器输出置高，电路锁定，上管关断，下管导通充当一个-2A的电流源。

3.6V的Vout绝对过压阈值可以保护芯片免受损害。一旦Vout达到3.6V，芯片也会关断。下管的行为与电压达到130%时的OVP的行为一致。

当反馈电压降至低于Vref的75%但高于它的50%时，UVP-1比较器输出置高，如果FB电压在此范围内维持了30μs，则芯片锁定（锁定关断上管，导通下管）。下管保持导通直至电感电流置零。在这期间，谷值电流限值有助于控制电感电流。

当反馈电压降至低于Vref的50%时，UVP-2比较器输出置高，在比较器和逻辑延迟后，芯片直接关断（锁定关断上管，导通下管）。下管

MPS 专有信息。受专利保护。未经授权，请勿影印及复制。
© 2019 MPS. 版权所有。

保持导通直至电感电流置零。故障锁定保护可以通过EN置低或VIN的电源重启复位。

欠压锁定保护

NB685具有2种欠压锁定（UVLO）保护阈值：3V VCC UVLO和4.2V Vin UVLO。此芯片仅在VCC和Vin均超出其UVLO阈值时启动。当VCC电压低于UVLO下降阈值电压（通常为2.8V）或者VIN低于3.9V Vin 下降阈值时，芯片关断。两种欠压锁定均为非锁定保护。

如果应用要求更高的UVLO阈值，则需通过外加2个外部电阻，来使用EN2引脚调节输入电压欠压锁定阈值（请见图10）。

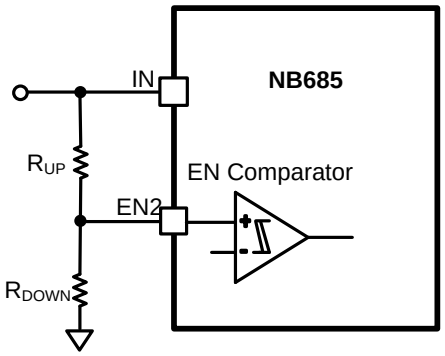


图 10—可调的 UVLO

过温警报功能(OTW)

NB685含有一个过温警报功能（OTW）引脚，用来充当预过温指示。当IC检测到芯片接近其过温阈值时，OTW拉低并保持至少10ms。当芯片温度降至温度迟滞以下时，OTW再次被拉高。OTW不会触发任何保护模式。

过温关断保护

NB685采用过温关断保护功能。由内部监测芯片结温。如果结温超过上限阈值（通常为145°C），则芯片关断。此保护为非锁定保护。大约有25ºC的迟滞。一旦结温降至大约为120ºC，芯片启动一个SS。

输出放电功能

当控制器通过UVP、OCP、OVP、UVLO和过温关断保护被关断时，NB685将所有的输出包括VDDQ、VTTREF和VTT放电。VDDQ上的放电电阻通常为3Ω。注意，在软关断期间输出放电不会被激活。

MPS 专有信息。受专利保护。未经授权，请勿影印及复制。
© 2019 MPS. 版权所有。

应用信息

设置输出电压—无外部斜坡

当POSCAP或陶瓷电容被设为输出电容时（当Vin超过6V），NB685不需要斜坡补偿，因此无需外部补偿功能。因此输出电压由反馈电阻R1和R2设置（见图11）。

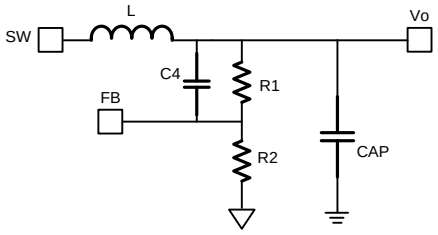


图 11—无需外部斜坡的简化电路

首先，选择 R2 值。应合理选择 R2 值，因为 R2 过小会引起相当大的静态电流损耗，而 R2 过大会引起 FB 噪音敏感。因此建议R2值选用5kΩ-50kΩ之间。当Vo较低时，选择相对较大的阻值，当Vo较大时，选择相对较小的阻值。考虑到输出纹波，R1值可以根据公式（3）来估算：

$$R_1 = \frac{V_{OUT} - V_{REF}}{V_{REF}} \cdot R_2 \quad (3)$$

C4可以作为前馈电容来提高瞬态，其值可以设在0pF-1000pF之间。较大的C4值可以获得更好的瞬态，但也会带来更大的噪声。如图12所示，可预留噪声滤波电阻（R9）的空间。该数值可使用公式（5）计算。

设置输出电压—有外部斜坡

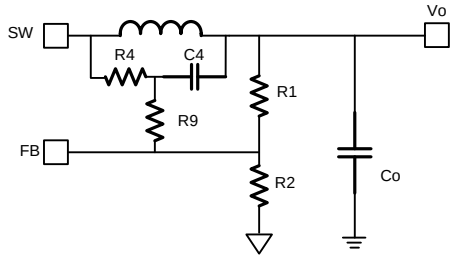


图 12—带外部斜坡功能的简化电路

当输出使用陶瓷电容时（比如使用陶瓷电容且 Vin 为 5V 或更低），系统不够稳定或抖动过多，则应该通过电阻 R4 和电容 C4 在 FB 引脚上添加外部斜坡补偿功能。因为系统已经添加了内部斜坡功能，所以 1Mohm(R4)，220 pF (C4) 的斜坡足以。

除了 R1 & R2 分压器，输出电压还会受到R4的影响（见图12）。应合理选择 R2值，因为 R2 过小会造成相当大的静态电流损耗，而 R2 过大会引起 FB 噪音敏感。因此建议R2值选用5 kΩ-50 kΩ之间。当Vo较低时，选择相对较大的阻值，当Vo较大时，选择相对较小的阻值。使用公式（4）可以计算出R1的值：

$$R_1 = \frac{1}{\frac{V_{REF}}{V_{OUT} - V_{REF}} - \frac{R2}{R4}} \cdot R_2 \quad (4)$$

通常，会根据公式（5）计算出R9值来获得一个极点，从而实现更好的噪声抗扰度：

$$R_9 = \frac{1}{2\pi \times C_4 \times 2F_{SW}} \quad (5)$$

建议（但不是必须）设置R9选在100Ω至1kΩ之间，以减少其对斜坡的影响。

输入电容

由于降压变换器的输入电流为不连续电流，因此需要一个输入电容，在保持直流输入电压的同时，还能为降压变换器提供交流电流。建议使用陶瓷电容以获得最好的性能，且电容尽可能靠近V_{IN}引脚放置。

建议使用 X5R 和 X7R 陶瓷电介质电容，因为其温度特性相对稳定。

电容的额定纹波电流还必须大于变换器的最大输入纹波电流。输入纹波电流可以根据以下公式（6）和公式（7）来估算：

MPS 专有信息。受专利保护。未经授权，请勿影印及复制。
© 2019 MPS. 版权所有。

$$I_{CIN} = I_{OUT} \times \sqrt{\frac{V_{OUT}}{V_{IN}} \times (1 - \frac{V_{OUT}}{V_{IN}})} \quad (6)$$

最差情况为 $V_{IN} = 2V_{OUT}$，如公式（7）显示：

$$I_{CIN} = \frac{I_{OUT}}{2} \quad (7)$$

为简单起见，请选择额定RMS电流超过最大负载电流一半的输入电容器。

输入电容值决定了变换器的输入电压纹波。如果系统中存在输入电压纹波要求，请选择符合规格的输入电容。

输入电压纹波可以根据公式（8）和（9）来估算：

$$\Delta V_{IN} = \frac{I_{OUT}}{F_{SW} \times C_{IN}} \times \frac{V_{OUT}}{V_{IN}} \times (1 - \frac{V_{OUT}}{V_{IN}}) \quad (8)$$

最差情况为 $V_{IN} = 2V_{OUT}$，其中：

$$\Delta V_{IN} = \frac{1}{4} \times \frac{I_{OUT}}{F_{SW} \times C_{IN}} \quad (9)$$

输出电容

输出电容用来维持直流输出电压。推荐使用陶瓷或 POSCAP 电容。输出电压纹波可以根据公式（10）来估算：

$$\Delta V_{OUT} = \frac{V_{OUT}}{F_{SW} \times L} \times (1 - \frac{V_{OUT}}{V_{IN}}) \times (R_{ESR} + \frac{1}{8 \times F_{SW} \times C_{OUT}}) \quad (10)$$

如果使用陶瓷电容，开关频率处的阻抗主要由电容值决定。输出电压纹波主要由电容引起。为简单起见，输出电压纹波可以使用公式（11）估算：

$$\Delta V_{OUT} = \frac{V_{OUT}}{8 \times F_{SW}^{2} \times L \times C_{OUT}} \times (1 - \frac{V_{OUT}}{V_{IN}}) \quad (11)$$

由 ESR 引起的输出电压纹波非常小。因此，需要外部斜坡来稳定系统。可以由电阻R4和电容C4生成外部斜坡。

使用POSCAP电容时，开关频率处的阻抗主要是ESR。由ESR产生的斜坡电压决定了输出纹波值。输出纹波可以根据以下公式（12）来估算：

$$\Delta V_{OUT} = \frac{V_{OUT}}{F_{SW} \times L} \times (1 - \frac{V_{OUT}}{V_{IN}}) \times R_{ESR} \quad (12)$$

设计应用中应考虑到最大输出电容限值。NB685软启动时间大约为1.6ms。如果输出电容值过高，那么软启动时间内的输出电压则不能达到设计值，因此也无法调节。最大输出电容值（C_{o_max}）可以根据公式（13）估算出来：

$$C_{O_MAX} = (I_{LIM_AVG} - I_{OUT}) \times T_{ss} / V_{OUT} \quad (13)$$

其中 I_{LIM_AVG} 为软启动期间的平均启动电流（等于电流限值），T_{ss} 为软启动时间。

电感

电感在开关输入电压的驱动下向负载提供恒定的电流。电感值较大会降低纹波电流，从而降低输出电压纹波。然而，较大的电感值也具有更大的物理尺寸、更高的串联电阻和/或更低的饱和电流。为得到较好的电感值，可以选择将电感峰-峰值纹波电流设计为最大输出电流的30-50％且电感峰值电流小于最大开关电流限值。电感值可以根据以下公式（14）计算得出：

$$L = \frac{V_{OUT}}{F_{SW} \times \Delta I_L} \times (1 - \frac{V_{OUT}}{V_{IN}}) \quad (14)$$

其中ΔI_L为峰-峰电感纹波电流。

选择一款在最大电感峰值电流（包括短路电流）下不会饱和的电感，所以建议选用Isat > 13A。

MPS 专有信息。受专利保护。未经授权请勿影印及复制。初步规格如有更改，恕不另行通知 ©2019 MPS.版权所有。

推荐PCB布局

PCB 布局指南

高效的 PCB 布局对于 IC 最佳性能至关重要。为获得最佳效果，请参考图 13 并遵循以下指南：更多信息，请参考 **AN087**。

1. VDDQ走线宽度应>100 mil，以避免VTTLDO的输入上的电压下降。
2. 确保大电流走线（GND, IN, 和 SW）短而直且宽，应非常靠近设备。**芯片下方应优先放置宽PGND走线。**
3. 将输入陶瓷电容尽可能靠近IN和GND引脚，与芯片放在同一层上。
4. 确保去耦电容尽可能靠近VCC和AGND。开关节点（SW）保持短的走线，且远离反馈网络。
5. 将外部反馈电阻紧挨着 FB 放置。确保FB走线上没有过孔。
6. 保持BST电压走线（BST、C3和SW）尽可能短。
7. 保持IN和GND焊盘与大面积的铜箔连接，以实现更好的散热性能。靠近IN和GND焊盘添加几个10 mil 钻孔/18 mil 铺铜宽度的过孔。
8. 为获得更好的散热性能，强烈建议4层板。

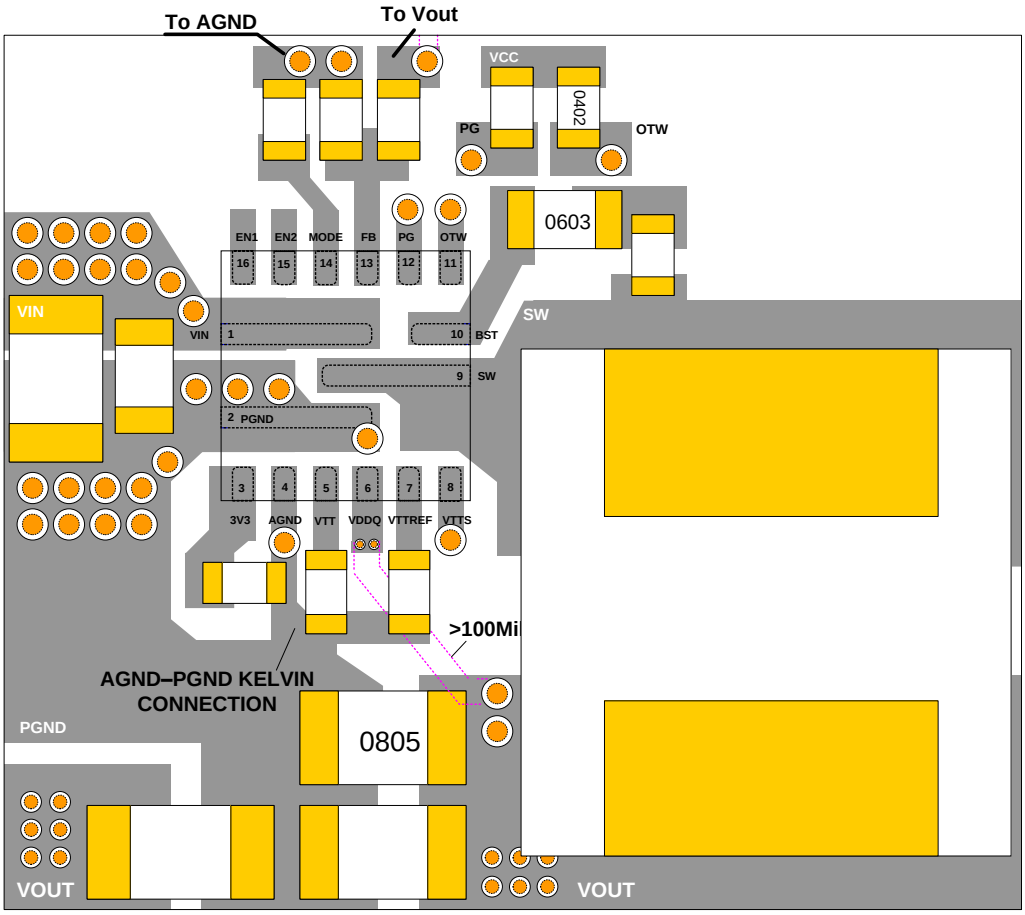


图13—推荐PCB布局

MPS 专有信息。受专利保护。未经授权，请勿影印及复制。
© 2019 MPS. 版权所有。

推荐设计实例

对于电流需求大于10A的应用，建议使用500Khz的开关频率，以实现更好的热性能和效率（见表3.1）。另外，700kHz开关频率工作可以使系统尺寸更紧凑，瞬态更快。

外部3.3V电源与3V3引脚之间使用了一个电阻来充当3.3V电源的纹波噪声滤波器。根据噪声等级，建议电阻值选在0Ω-5.1Ω之间。如果3.3V电压上升时间>100μs，0402大小的电阻也可以满足。否则，应需要更大尺寸的电阻（比如：0603/0805）。

对于输入电压为5V或更低的应用，建议采用具有合适外部斜坡的原理图，如图15所示。

NB685还支持外部元器件极少的非-DDR应用（请见图16）。

表3.1和3.2为采用陶瓷电容应用的设计实例。

表3.1—500 kHz Fsw 设计实例

V_{OUT} (V)	Cout (F)	L (μH)	R_{Mode} (Ω)	C4 (pF)	R1 (kΩ)	R2 (kΩ)
1.0	22 μx 4	1.0	150 K	220	13.3	20
1.2	22 μ x 4	1.0	150 K	220	20	20
1.35	22 μ x 4	1.0	150 K	220	28	22.1
1.5	22 μ x 4	1.2	150 K	220	30.1	20
1.8	22 μ x 4	1.5	150 K	220	40.2	20

表3.2—700 KHz Fsw 设计示例

V_{OUT} (V)	Cout (F)	L (μH)	R_{Mode} (Ω)	C4 (pF)	R1 (kΩ)	R2 (kΩ)
1	22 μ x 3	0.68	0	220	13.3	20
1.2	22 μ x 3	0.68	0	220	20	20
1.35	22 μ x 3	0.68	0	220	28	22.1
1.5	22 μ x 3	0.68	0	220	30.1	20
1.8	22 μ x 3	0.68	0	220	40.2	20

其他更高Vout应用设计实例

NB685 支持 Vout 在 3.3V 至 5.5V 范围内的应用设计。图 17 显示了带有合适外部设置的 5V 输出 SCH 应用设计实例。请注意标红色的元件，并且此应用不允许使用 USM。

MPS 专有信息。受专利保护。未经授权，请勿影印及复制。
© 2019 MPS. 版权所有。

典型应用

Vin >6V 的 DDR 应用

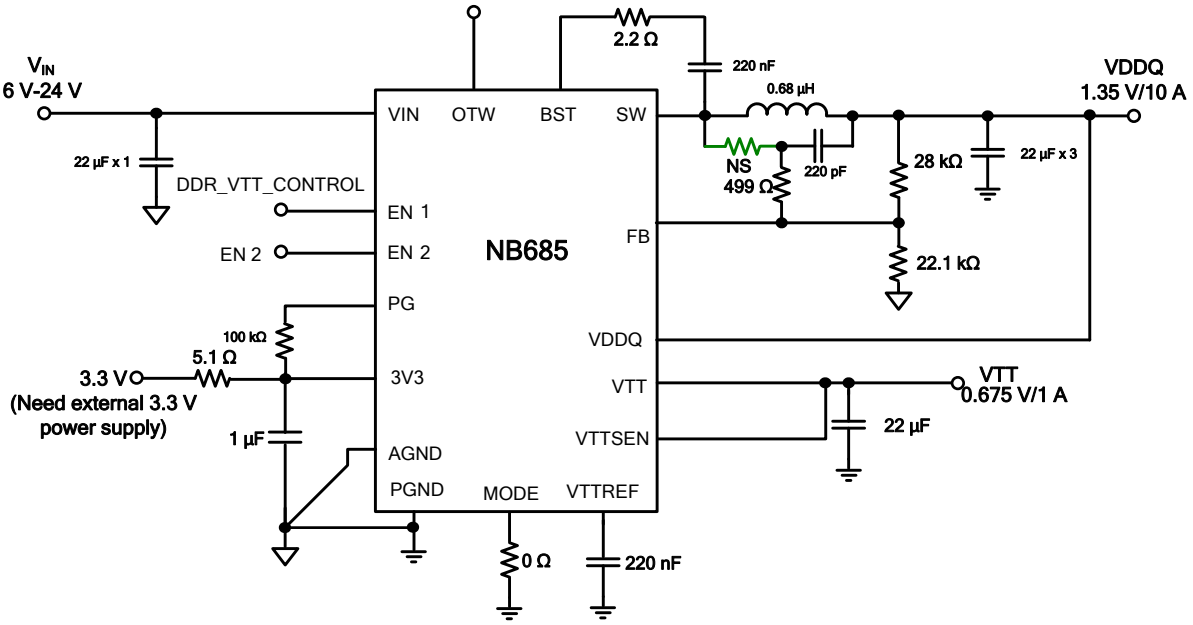


图 14—典型 DDR 应用电路，V_{IN} = 6 V-24 V, V_{OUT} = 1.35 V, I_{OUT} = 10 A, 带有 VTT Fs = 700 KHz

覆盖 5V 输入的 DDR 应用

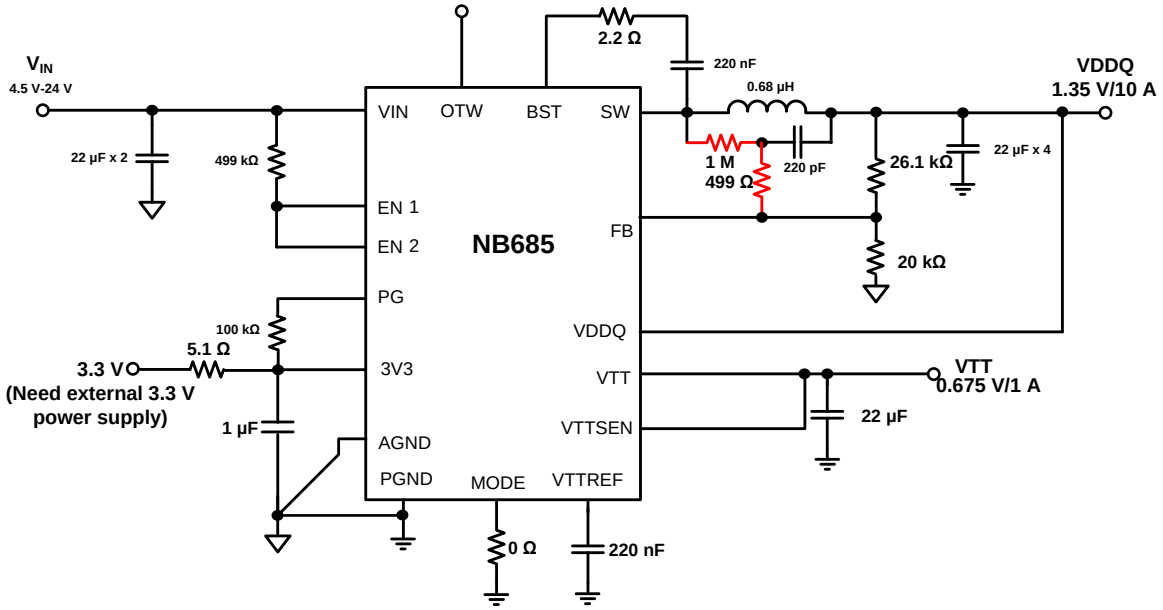


图 15—典型 DDR 应用电路，V_{IN} = 4.5 V-24 V, V_{OUT} = 1.35 V, I_{OUT} = 10 A, 带有 VTT Fs = 700 KHz

MPS 专有信息。受专利保护。未经授权，请勿影印及复制。
© 2019 MPS. 版权所有。

非 **DDR** 应用

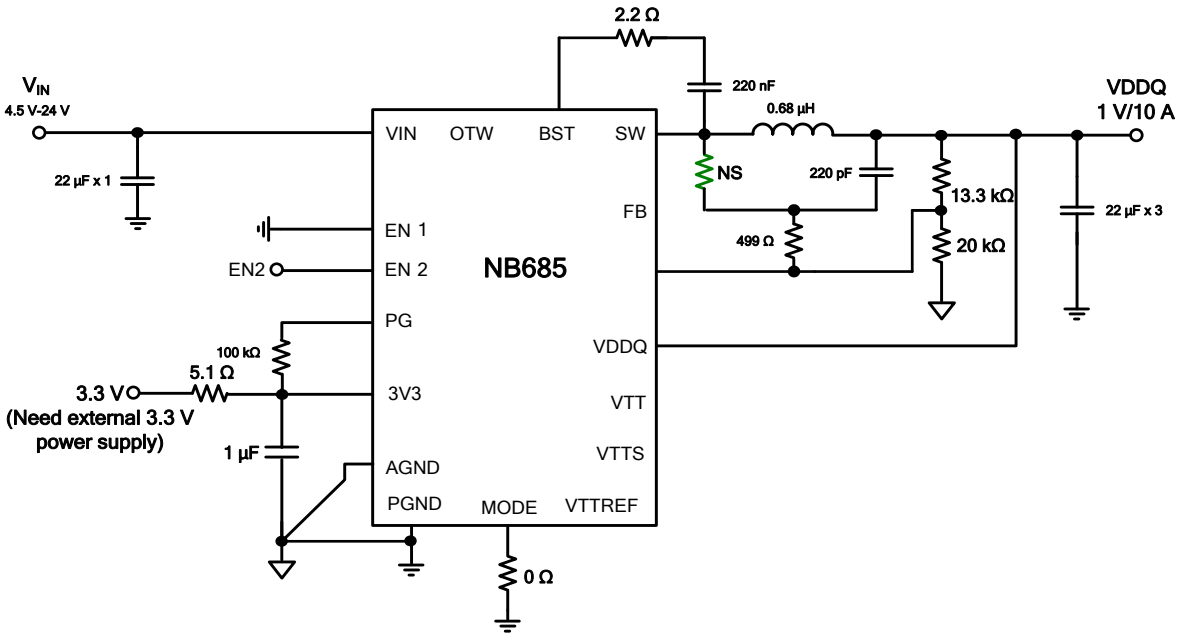
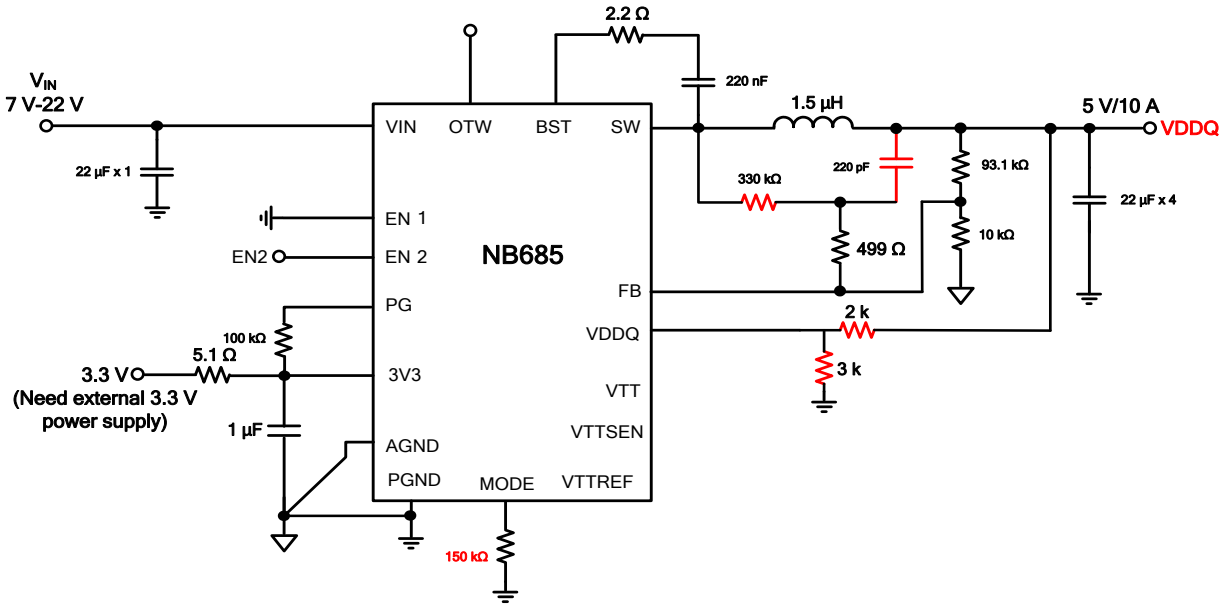


图 **16**—正常单路 **Buck** 降压电路，V_{IN} **= 4.5 V-24 V,** V_{OUT} **= 1 V,** I_{OUT} **= 10 A,** 不带 **VTT Fs = 700 KHz**。

特殊应用—**3.3 V < VOUT < 5.5 V**



NOTE1: 如果采用此种 SCH，超音频模式无效。

NOTE 2: 此应用中的最大负载为 10 A。Fs 是在配置在 500 kHz 模式，但实际上是工作频率是 700 kHz。

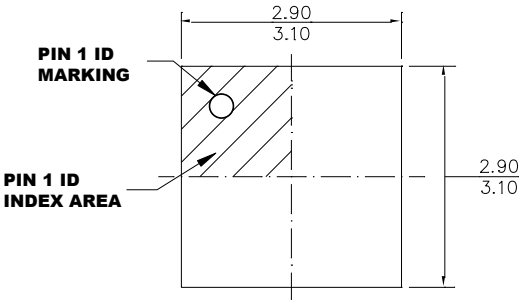
NOTE 3: 建议使用外部电阻设置，避免 VDDQ 电压超过 3.3 V。

图 **17**—特殊应用电路， V_{IN} **= 7 V-22 V,** V_{OUT} **= 5 V,** I_{OUT} **= 10 A, Fs = 700 KHz**。

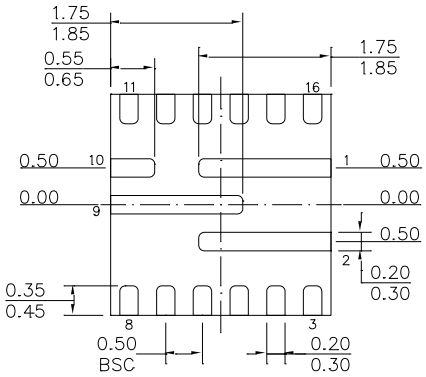
MPS 专有信息。受专利保护。未经授权，请勿影印及复制。
© 2019 MPS. 版权所有。

封装信息

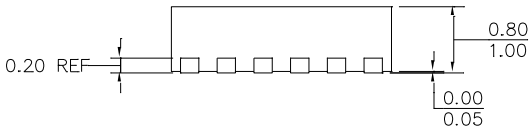
QFN-16 (3mm x 3mm)



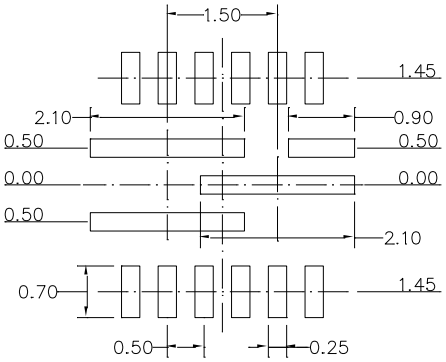
TOP VIEW



BOTTOM VIEW



SIDE VIEW



RECOMMENDED LAND PATTERN

NOTE:

1) ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS.
2) EXPOSED PADDLE SIZE DOES NOT INCLUDE MOLD FLASH.
3) LEAD COPLANARITY SHALL BE 0.10 MILLIMETERS MAX.
4) JEDEC REFERENCE IS MO-220.
5) DRAWING IS NOT TO SCALE.

注：本文中信息如有变更，不另通知。用户应确保其对 MPS 产品的具体应用不侵犯他人知识产权。MPS 不对此类应用承担任何法律责任。

MPS 专有信息。受专利保护。未经授权，请勿影印及复制。
© 2019 MPS. 版权所有。