



Miranda Gu, Andrew Xiong, Yuchang Zhang, Lishuang Zhao

摘要

德州仪器 (TI) 拥有适用于电源管理设计的各种产品。对于中档输入电压 (1.6V - 28V)、6A 输出降压直流/直流应用，TI 提供了许多出色的明星产品。为了帮助用户更好地做出决策并选择适合其应用的器件，本应用手册介绍了 TI 降压转换器的先进特性，然后比较了 TI 的最新器件规格。

内容

1 引言.....	2
2 特性说明.....	2
2.1 轻负载运行.....	2
2.2 大占空比运行.....	2
2.3 集成 BST 电容器.....	2
2.4 电压识别控制.....	2
2.5 输出电压跟踪.....	2
3 控制模式说明.....	2
3.1 PCM/ACM.....	3
3.2 D-CAP2™/D-CAP3™.....	3
3.3 控制模式比较.....	3
4 规格比较.....	4
5 参考文献.....	8

表格清单

表 2-1. PSM、OOA 和 FCCM 模式之间的比较.....	2
表 3-1. 控制模式比较.....	3
表 4-1. 1.6V ≤ Vin ≤ 20V、6A 降压转换器比较.....	4
表 4-2. 3V < Vin ≤ 28V 6A 降压转换器比较.....	7

商标

ULQ™, D-CAP2™, and D-CAP3™ are trademarks of Texas Instruments.

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 引言

中档输入电压 (1.6V - 28V) 电源轨常见于工业、汽车通信、个人电子产品和企业市场。此降压设计可将中档输入电压转换为 5V_{out}/3.3V_{out}/1.8V_{out} 等较低输出电压，广泛用于电气应用。

本文比较了 TI 的新款中档 Vin 6A 降压器件。每个器件都有各自的优点，在特殊应用中可以成为比其他器件更好的选择。当用户选择中档 Vin 6A 降压转换器时，本文提供了可帮助他们做出决策的指导。

2 特性说明

本节介绍了 TI 降压转换器的一些高级特性。

2.1 轻负载运行

本应用手册中介绍了三种轻负载运行模式。

省电模式 (PSM) 可降低器件开关频率，从而提高轻负载下的效率。

Out-of-Audio (OOA) 模式是一种独特的控制功能，可将开关频率保持在可闻频率 (20Hz-20KHz) 以上，同时几乎不会降低效率，从而防止输出电容器和电感器产生可闻噪声。[了解 OOA™ 工作原理](#) 应用手册介绍了 OOA 详细信息。

强制连续导通模式 (FCCM) 允许电感器电流在轻负载时变为负值，并保持开关频率，在轻负载时实现小纹波。

[表 2-1](#) 列出了 PSM、OOA 和 FCCM 模式之间的比较。

表 2-1. PSM、OOA 和 FCCM 模式之间的比较

轻负载模式	PSM	OOA	FCCM
fsw	低	中	高
输出电压纹波	大	中	小
轻负载效率	高	中	低
适用应用	需要在轻负载条件下实现高效率	在轻负载条件下无需可闻噪声即可实现高效率	在整个负载范围内需要几乎固定的 fsw 和较小的输出电压纹波

此外，还有超低静态电流 (ULQ™) 模式，可在极轻负载时提高 PSM 模式的效率。ULQ™ 模式可在系统待机模式下延长电池寿命。

2.2 大占空比运行

在 V_{out} 接近 V_{in} 的应用中，需要大占空比来支持正常调节。由于最短关断时间限制，如果开关频率不变，则最大占空比是固定的。大占空比运行可延长高侧 FET 导通时间，从而降低开关频率并保持大占空比。[实现 TPS568230 的大占空比运行](#) 应用手册介绍了详细信息。

一些器件支持 100% 占空比模式，只要 BOOT 电容器电压高于预设的 UVLO 阈值，高侧 FET 就会持续开启。

2.3 集成 BST 电容器

TPS56624x 集成了 BST 电容器，可帮助用户节省一个 BST 电容器元件，同时还可简化布局并提高热性能。[TPS56X242/7 优化 SOT563 封装引脚排列](#) 应用简报介绍了详细信息。

2.4 电压识别控制

表中的某些器件 (例如 TPS566250、TPS5137x) 应用电压识别控制 (VID) 控制，使用逻辑引脚输入或 I2C 接口来实现动态输出变化并满足处理器的自适应电压要求。

2.5 输出电压跟踪

对于 TPS54J06x，SS/REFIN 引脚可用作模拟输入以接受外部基准。当一个外部电压信号施加到 SS/REFIN 引脚时将用作基准电压，因此 FB 电压会跟随这个外部电压信号。[TPS54J06x](#) 数据表介绍了详细信息。

3 控制模式说明

对于器件选型，控制模式是决定负载瞬态性能、开关频率精度和输出精度的一个重要方面。

在 TI 的 6A 转换器产品系列中，控制模式可简单分为两类：PCM/ACM 和 D-CAP2™/D-CAP3™。

3.1 PCM/ACM

峰值电流模式 (PCM) 和内部补偿高级电流模式 (ACM) 是 TI 固定频率降压稳压器产品系列中两种常用的控制模式。

固定频率控制模式可提供更好的开关频率精度，通过真正的固定频率提供低 EMI/噪声，但与采用自适应恒定导通时间 (COT) 控制方法的 D-CAP™ 控制模式相比，瞬态响应速度较慢。

采用固定频率调制器的峰值电流模式控制需要 II 类补偿电路来实现可接受的带宽和相位裕度，从而实现稳定性，这增加了设计复杂性、尺寸和成本。

内部补偿高级电流模式 (ACM) 是 TI 根据 PCM 控制方案提出的控制拓扑。它解决了 PCM 的一项主要挑战，尤其是在高频运行中，即正确检测电流信息以克服大噪声（与检测到的小信号相比）所需的最短导通时间。此外，它可以实现更大的信噪比以实现多兆赫开关频率，并可通过内部补偿提供更好的负载瞬态性能。

3.2 D-CAP2™/D-CAP3™

术语 D-CAP 表示电流信息是通过直接连接到输出电容器来获取的。TI 的第一款 D-CAP™ 控制器 TPS51116 是通过将控制器与恒定导通时间调制器相结合而实现的。目前，TI 拥有一系列具有各种调制器和下一代形式原创 D-CAP™ 控制的产品。

第一代 D-CAP™ 需要在输出大容量电容器上使用较大的 ESR 来稳定环路。D-CAP2™ 不具有此要求，它支持具有内部相位补偿的输出陶瓷电容器。内部电感器纹波电流“仿真器”电路用于为 D-CAP2™ 控制生成足够的斜坡，以比较输出电压与基准电压，确定是否打开 PWM。

D-CAP3™ 还支持具有内部相位补偿的输出陶瓷电容器。D-CAP3™ 模式通过实现专用电路来消除半周期斜坡幅度，从而提高输出电压设定点精度。

3.3 控制模式比较

表 3-1 简单比较了控制模式。

表 3-1. 控制模式比较

	ACM	PCM	D-CAP2™	D-CAP3™
直流精度	最好	最好	½ 纹波直流偏移量	好
补偿	内部	外部/内部	内部	内部
频率精度	最好	最好	稳态时良好	稳态时良好
可预测的 EMI 频率	最好	最好	好	好
瞬态	好	好	最好	最好
可堆叠	是	是	不适用	不适用
同步方法	边沿触发	边沿触发	否	否
噪声敏感性 (抖动)	最好	好	好	好

4 规格比较

表 4-1 显示了 $1.6V \leq V_{in} \leq 20V$ 、6A 降压转换器的主要特性比较。

表 4-1. $1.6V \leq V_{in} \leq 20V$ 、6A 降压转换器比较

器件型号	Vin 范围	ABS Vin	Vref (在整个温度范围内)	Vout 范围	HS/LS FET Rds_on	Fsw	PG/SS 引脚	轻负载运行	OC 限值	UV/OV 恢复	控制模式	封装	其他特性
TPS54J060	2.7-16V (带偏置) ; 4-16V (无偏置)	18V	0.9V±1%	0.9-5.5 V	22/8.5mΩ	600k , 1.1M , 2.2MHz	是	PSM、FCCM	可调电流,最高为 9.5A	锁存	D-CAP3™	QFN-14, 2x3	输出电压跟踪;
TPS54J061	2.7-16V (带偏置) ; 4-16V (无偏置)	18V	0.6V±1%	0.6-5.5 V	22/8.5mΩ	600k , 1.1M , 2.2MHz	是	PSM、FCCM	可调电流,最高为 9.5A	非锁存	D-CAP3™	QFN-14, 2x3	输出电压跟踪;
TPS566231	3-18V	20V	0.6V±1.5%	0.6-7V	20.8/10.6mΩ	600kHz	无 PG	PSM	7.4A	非锁存	D-CAP3™	QFN-9 , 1.5x2	ULQ™ 模式;大占空比运行;
TPS566231P	3-18V	20V	0.6V±1.5%	0.6-7V	20.8/10.6mΩ	600kHz	无 SS	PSM	7.4A	非锁存	D-CAP3™	QFN-9 , 1.5x2	ULQ™ 模式;大占空比运行;
TPS566238	3-18V	20V	0.6V±1.5%	0.6-7V	20.8/10.6mΩ	600kHz	无 PG	FCCM	7.4A	非锁存	D-CAP3™	QFN-9 , 1.5x2	大占空比运行;
TPS566238P	3-18V	20V	0.6V±1.5%	0.6-7V	20.8/10.6mΩ	600kHz	无 SS	FCCM	7.4A	非锁存	D-CAP3™	QFN-9 , 1.5x2	大占空比运行;
TPS566242 新增	3-16V	18V	0.6V±1.5%	0.6-7V	27.7/14.8mΩ	600kHz	无 PG 和 SS	PSM	7.4A	非锁存	D-CAP3™	SOT563-6 , 1.6x1.6	集成 BST 电容器;大占空比运行;
TPS566247 新增	3-16 V	18V	0.6V±1.5%	0.6-7V	27.7/14.8mΩ	600kHz	无 PG 和 SS	FCCM	7.4A	非锁存	D-CAP3™	SOT563-6 , 1.6x1.6	集成 BST 电容器;大占空比运行;
TPS566235	4.5-18V	20V	0.6V±1.5%	0.6-7V	25/12mΩ	600kHz	无 SS	PSM、 OOA、FCCM	7.6A	非锁存	D-CAP3™	QFN-13, 3*2	ULQ™ 模式;
TPS543620 新增	4-18V	20V	0.5V±0.5%	0.5-7V	25/6.5mΩ	500k、 750k、1M、 1.5M、 2.2MHz	可选 SS 时间	FCCM	4.2/7.3A	非锁存	ACM	QFN-14 , 2.5x3	与外部时钟同步;

表 4-1. 1.6V ≤ Vin ≤ 20V、6A 降压转换器比较 (continued)

器件型号	Vin 范围	ABS Vin	Vref (在整个温度范围内)	Vout 范围	HS/LS FET Rds_on	Fsw	PG/SS 引脚	轻负载运行	OC 限值	UV/OV 恢复	控制模式	封装	其他特性
TPS54620	1.6-17V (带偏置); 4.5-17V (无偏置)	20V	0.8V±1%	0.8-15V	26/19mΩ	200k-1.6MHz	是	FCCM	10A	非锁存	PCM	QFN-14, 3.5x3.5	与外部时钟同步;
TPS54622	1.6-17V (带偏置); 4.5-17V (无偏置)	20V	0.6V±1%	0.6-15V	26/19mΩ	200k-1.6MHz	是	FCCM	10A	非锁存	PCM	QFN-14, 3.5x3.5	与外部时钟同步;
TPS54622-EP	1.6-17V (带偏置); 4.5-17V (无偏置)	20V	0.6V±1%	0.6-15V	26/19mΩ	200k-1.6MHz	是	FCCM	10A	非锁存	PCM	QFN-14, 3.5x3.5	与外部时钟同步;支持国防、航天和医疗应用
TPS54623	1.6-17V (带偏置); 4.5-17V (无偏置)	20V	0.6V±1%	0.6-15V	26/19mΩ	200k-1.6MHz	是	PSM	10A	非锁存	PCM	QFN-14, 3.5x3.5	与外部时钟同步;
TPS62184	4-17V	20V	0.8V±1%	0.9-1.8V	27/21mΩ	取决于 Vin 和 Vout	是	PSM	4.2A (每相)	非锁存	PCM	BGA-24, 2.1x3.1	低 IQ; 双相; 100% 占空比运行
TPS62180	4-15V	17V	0.8V±1%	0.9-6V	27/21mΩ	取决于 Vin 和 Vout	是	PSM	4.7A (每相)	非锁存	PCM	BGA-24, 2.1x3.1	低 IQ; 双相; 100% 占空比运行
TPS62182	4-15V	17V	±1%	3.3V	27/21mΩ	取决于 Vin 和 Vout	是	PSM	4.7A (每相)	非锁存	PCM	BGA-24, 2.1x3.1	低 IQ; 双相; 100% 占空比运行
TPS54628	4.5-18V	20V	0.765V±1.8%	0.76-5.5V	36/28mΩ	650kHz	无 PG	PSM	7.3A	非锁存	D-CAP2™	HSOP-8, 4.9x3.9	
TPS54627	4.5-18V	20V	0.765V±1.8%	0.76-5.5V	36/28mΩ	650kHz	无 PG	FCCM	7.3A	非锁存	D-CAP2™	HSOP-8, 4.9x3.9	
TPS56628	4.5-18V	20V	0.765V±1.8%	0.76-5.5V	36/28mΩ	650kHz	无 SS	PSM	7.3A	非锁存	D-CAP2™	HSOP-8, 4.9x3.9	
TPS566250	4.5-17V	19V	0.6V±1.6%	0.6-1.87V	44/23mΩ	650kHz	否	PSM	9.5A	非锁存	D-CAP2™	HSOP-8, 4.9x3.9	通过 I2C 进行 VID 控制;
TPS54625 (6.5A)	4.5-18V	20V	0.765V±1.8%	0.76-5.5V	36/28mΩ	650kHz	是	FCCM	8.2A	锁存	D-CAP2™	HTSSOP-14, 5x6.4	

表 4-1. $1.6V \leq V_{in} \leq 20V$ 、6A 降压转换器比较 (continued)

器件型号	Vin 范围	ABS Vin	Vref (在整个温度范围内)	Vout 范围	HS/LS FET Rds_on	Fsw	PG/SS 引脚	轻负载运行	OC 限值	UV/OV 恢复	控制模式	封装	其他特性
TPS54626 (6.5A)	4.5-18V	20V	0.765V±1.8%	0.76-5.5V	36/28mΩ	650kHz	是	PSM	8.2A	锁存	D-CAP2™	HTSSOP-14, 5x6.4	

表 4-2 显示了 $3V \leq V_{in} \leq 28V$ 、6A 降压转换器的主要特性比较。

表 4-2. $3V < V_{in} \leq 28V$ 6A 降压转换器比较

器件型号	Vin 范围	ABS Vin	Vref (在整个温度范围内)	Vout 范围	HS/LS FET Rds_on	Fsw	PG/SS 引脚	轻负载运行	OC 限值	UV/OV 恢复	控制模式	封装	其他特性
TPS566335*	4.5-23V	25V	0.6V±1.5%	0.6-7V	25/12mΩ	600kHz	无 SS	PSM、OOA、FCCM	7.6 A	非锁存	D-CAP3™	QFN-13, 3x2	
TPS51371* (6.5A)	3V-24V (带偏置)	26V	±1.5%	0.7-1.05 V	27/12mΩ	600kHz	无 SS	PSM	7.6 A	锁存	D-CAP3™	QFN-13, 3x2	2 位 VID 控制；ULQ™ 模式
TPS51372* (6.5A)	3V-24V (带偏置)	26V	±1.5%	0.7-1.8 V	27/12mΩ	600kHz	无 SS	PSM	7.6 A	锁存	D-CAP3™	QFN-13, 3x2	2 位 VID 控制；ULQ™ 模式
TPS56637	4.5V-28V	32 V	0.6V±1.5%	0.6V-13V	26/12mΩ	500kHz	无 SS	PSM、FCCM	7.5 A	非锁存	D-CAP3™	QFN-10, 3x3	

PG：电源正常指示。

SS：软启动。

OC：过流。

UV：欠压。

OV：过压。

*：有关器件的更多信息，请联系 TI 当地销售团队。

5 参考文献

- 德州仪器 (TI), [TPS56X242/7 优化 SOT563 封装引脚排列](#) 应用简介。
- 德州仪器 (TI), [实现 TPS568230 的大占空比运行](#) 应用手册。
- 德州仪器 (TI), [了解 OOA™ 工作原理](#) 应用手册。

重要声明和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、某特定用途方面的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他功能安全、信息安全、监管或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 的销售条款](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款/TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

邮寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265

Copyright © 2023，德州仪器 (TI) 公司