

Application Brief

PMBus® 直流/直流降压转换器 TPS544B28、TPS544E27、TPS546E25 和 TPS546D24S 的命令集比较

Elise Enriquez

简介

电源管理总线 (PMBus) 提供了一个标准化数字接口，用于配置、控制和监控电源管理器件。凭借对可编程运行参数、遥测报告和故障处理的支持，PMBus 与传统的仅模拟解决方案相比，可实现更高的系统可见性和灵活性。本应用简报探讨并比较了四个降压转换器器件的 PMBus 命令集。虽然这些器件共用一个通用的 PMBus 基础，但在命令支持、遥测功能和高级特性实现方面有所不同。了解这些差异有助于简化系统集成，并有助于为特定应用选择更合适的器件。

器件功能概述

表 1 汇总了每个器件的主要参数性能规格，对电气、产品尺寸和功能集规格进行了基线比较。

表 1. 器件规格比较

参数	TPS544B28	TPS544E27	TPS546E25	TPS546D24S
输入电压	2.7-16V	2.7-18V	2.7-18V	2.95-18V
输出电压	0.4 至 5.5V	0.25 至 5.5V	0.4 至 5.5V	0.25 至 5.5V
输出电流	20A	40A	50A	40A
控制架构	D-CAP4	D-CAP+	D-CAP4	平均电流模式控制
反馈精度 (-40°C < TJ < 125°C)	+/- 1.25%	+/- 1%	+/- 0.85%	+/- 1%
封装	3mm × 3mm, 19 引脚 QFN	5mm × 6mm, 37 引脚 QFN	6mm × 5mm, 37 引脚 QFN	7mm x 5mm x 1.5mm, 40 引脚 QFN
结温	-40°C - 150°C	-40°C - 125°C	-40°C - 125°C	-40°C - 150°C
开关频率	500kHz 至 1.4MHz	400kHz 至 2MHz	400kHz 至 2MHz	225kHz 至 1.5MHz
MOSFET 导通电阻	8.4mΩ/3.3mΩ	2.6mΩ/1mΩ	2.6mΩ/1mΩ	4.5mΩ/0.9mΩ
外部 VCC 偏置支持	3.1 至 4.3V	4.7 至 5.5V	4.7 至 5.3V	3.9 至 5.3V
是否可堆叠？	否	否	是，4x	是，4x
M(Iout) 遥测精度 (满负载)	+/- 7.5% (10A - 20A)	+/- 6% (30A - 50A)	+/- 8% (30A - 50A)	+/- 4A (40A)
M(Vout) 遥测精度	+/- 2% (400mV - 5.5V)	+/- 1.4% (>= 1.2V) +/- 2% (< 750mV)	+/- 2% (500mV - 3.3V)	+/- 2% (250mV - 6V)
M(Tsns) 遥测精度	+/- 4°C	+/- 4°C	+/- 4°C	+/- 3°C
备选版本	TPS544A28 (12A)、 TPS544628 (6A)	TPS544C27 (35A)、 TPS544B27 (20A)	TPS546C25 (35A)、 TPS546B25 (25A)	TPS546B24S (20A)、 TPS546A24S (10A)

压缩的 PMBus 命令集比较

本简报中评估的四个降压转换器系列各自目标是在占用空间、效率、电流能力和数字接口完整性之间实现不同的平衡，这反映在其 PMBus 命令集的范围中。每个器件系列都包含具有不同电流额定值或封装尺寸的型号（例如 E27 系列的 TPS544B27 版本），但它们保持相同的 PMBus 命令集，因此在此比较中不会单独详细介绍。

为了简化对数字接口复杂性的评估，PMBus 命令会分为多个功能类别，例如配置、监控、故障管理和控制。表 2 对不同器件的命令组可用性进行了简要比较。根据每个功能类别中实现的命令范围，支持显示为 +（基本）、++（扩展）和 +++（最全面）。安全特性根据标准 PMBus 安全规范（0 级 - 2 级）单独评分。

表 2. PMBus 命令类别比较

命令类别	TPS544B28	TPS544E27	TPS546E25	TPS546D24S
Vout 配置	+	++	++	+++
可堆叠配置	X	X	++	+++
校准	X	++	++	+++
Vout 故障/警告	+	+++	+++	+++
Iout 故障/警告	+	++	++	+++
温度故障/警告	X	+++	+++	+++
Vin 故障/警告	X	++	++	+++
模拟故障	X	X	X	+++
时序配置	+	++	++	+++
电源警告	X	+++	X	X
安全特性	0 级*	2 级	0 级	0 级
状态寄存器	+	+++	+++	+++
遥测	+	+++	+++	+++
器件/MFR 信息	+	++	++	+++
VR13 和 VR14.Cloud 寄存器	X	+++	X	X
运行和可配置性	+	++	++	+++

备注

* 标有星号的寄存器采用特定于制造商的实现方式，并且其行为可能因器件而异。有关详细信息，请参阅数据表。

关键配置命令

在系统设计和优化过程中，某些配置命令发挥着特别重要的作用。表 3 比较了这四款器件中关键运行参数的 PMBus 可编程性和分辨率，包括输出电压、开关频率和电流限制。

表 3. 关键参数对比

参数	TPS544B28	TPS544E27	TPS546E25	TPS546D24S
VOUT_COMMAND	0.35V 至 5.5V 0.976mV 分辨率	0.25V 至 5.5V 1.953mV 分辨率	0.25V 至 5.5V 1.953mV 分辨率	0.25V 至 5.5V 1.95mV 分辨率
FREQUENCY_SWITCH	500kHz、600kHz、 800kHz、1000kHz、 1200kHz、1400 kHz	500kHz、600kHz、 800kHz、1000kHz、 1200kHz、1500kHz、 1800kHz、2000kHz	400kHz、600kHz、 800kHz、1000kHz、 1200kHz、1400kHz、 1800kHz、2000kHz	225kHz、275kHz、 325kHz、375kHz、 450kHz、550kHz、 650kHz、750kHz、 900kHz、1100kHz、 1300kHz、1500kHz

表 3. 关键参数对比 (续)

参数	TPS544B28	TPS544E27	TPS546E25	TPS546D24S
IOUT_OC_FAULT_LIMIT	4A、7A、10A、13A、 15A、18A、21A	10A、12A、15A、18A、 20A、25A、30A、31A、 37A、40A、43A、50A	12.5A、15A、18.75A、 23.75A、26.25A、30A、 35A、37.5A、40A、 48.75A、50A、55A、60A	8A 至 62A，阶跃为 2A

器件 PMBus 功能概述

尽管与本简报中评估的其他器件相比，TPS544B28 提供的 PMBus 命令集较小，但其精简的功能集非常适合许多通用电源应用，在这些应用中，电路板空间、效率和设计简洁性是关键考量因素。作为一款 3mm x 3mm、20A 器件，TPS544B28 特别适合低电流、高密度设计，可提供必要的数字电源管理功能，但又不会像功能更丰富的解决方案那样复杂。

在实际应用中，最重要的 PMBus 功能是遥测、故障报告和可配置性。集成式遥测功能可监测输出电压、输出电流和器件温度等关键运行参数，而无需额外的外部检测元件。针对过流和过热事件等情况的内置故障报告功能可简化系统诊断，并显著缩短开发和现场操作期间的调试时间。此外，对内部补偿调整的支持可在更广泛的应用和 BOM 选择中提供灵活性，使设计人员能够优化性能，同时适应多个供应商的元件。能够快速配置输出电压等参数，从而进一步简化系统启动和设计重用。总之，这些功能可提供大多数客户需要的功能，同时保持紧凑、高效的解决方案，重点提高功率密度和整体系统效率。

TPS544E27 器件通过支持更高的输出电流、更大的封装尺寸以及增强的 PMBus 功能，扩展了较低电流解决方案的能力。一个关键差异化特性是它支持 PMBus 1.5 安全功能，因此非常适合需要安全通信和改进系统完整性的应用，同时还能保持直接的实现方式。

除了输出遥测和故障报告之外，该器件还提供对输入电压、输入电流和输入功率的遥测功能，并为输入电压提供故障监控。通过扩展遥测和故障管理 PMBus 命令，可以更好地了解整体电源系统性能，实现更快的故障诊断和更有效的系统管理。该器件还支持 SVID 通信，这进一步提高了其在需要动态电压控制的处理器供电系统中的灵活性。TPS544E27 器件的另一个独特功能是其直流负载线路功能。直流负载线路补偿可根据负载电流自动调节输出电压，从而提高瞬态条件下的电压稳定性。该器件兼具更高的电流能力、增强的遥测功能、内置 PMBus 安全性和 SVID 通信能力，因此非常适合需要更强大功能而不需要全功能数字电源解决方案复杂性的应用。

TPS546E25 器件可将电流能力提高至 50A，并针对多达四个交错器件引入可堆叠运行模式，适用于更高功率的应用。该器件为需要可扩展电源解决方案的系统提供了平衡解决方案，同时保持熟悉的 PMBus 接口。它保留了客户所依赖的遥测、故障报告和配置特性，同时增加了更大的配置灵活性和增强的保护特性，包括专用的低电压过流故障检测，以改善短路处理。这些功能使其非常适合高电流、以性能为导向的应用。

TPS546D24S 是一款 40A 电流控制模式器件，最多可由四个交错式器件堆叠运行，可实现可扩展的电力输送。它是本简报所涵盖器件中 PMBus 实现功能最全面的产品，提供了最丰富的配置、故障及警告寄存器组合，使其成为中等功率系统的理想选择——特别是那些需要可扩展电力输送能力以及全面故障管理与诊断功能的系统。

各个器件的 PMBus 命令/功能的完整列表

表 4 对各个器件支持的 PMBus 命令进行了全面比较。此详细视图突出显示了遥测深度、可配置性和功能支持方面的差异。

表 4. 完整命令集比较

命令类别	PMBus 命令	TPS544B28	TPS544E27	TPS546E25	TPS546D24S
Vout 配置	VOUT_MODE	✓	✓	✓	✓ ^N
	VOUT_COMMAND	✓	✓	✓	✓ ^N
	VOUT_TRIM		✓ ^N	✓ ^N	✓ ^N
	VOUT_MAX		✓	✓ ^N	✓ ^N
	VOUT_MARGIN_HIGH	✓	✓ ^N	✓ ^N	✓ ^N
	VOUT_MARGIN_LOW	✓		✓ ^N	✓ ^N
	VOUT_TRANSITION_RATE	✓	✓ ^N	✓ ^N	✓ ^N
	VOUT_DROOP		✓		
	VOUT_SCALE_LOOP	✓	✓ ^N	✓ ^N	✓ ^N
	VOUT_SCALE_MONITOR			✓ ^N	
	VOUT_MIN			✓ ^N	✓ ^N
	VBOOT*	✓ ^N			
	VBOOT_OFFSET_1*		✓ ^N	✓ ^N	
	VBOOT_DCLL*		✓ ^N		
可堆叠配置	INTERLEAVE				✓ ^N
	PHASE			✓	✓
	P2_PLUS_WRITE			✓	
	P2_PLUS_READ			✓	
	STACK_CONFIG			✓	
校准	IOUT_CAL_GAIN				✓ ^N
	IOUT_CAL_OFFSET			✓ ^N	✓ ^N
	IIN_CAL*		✓ ^N		
	IMON_CAL*		✓ ^N	✓ ^N	
	MFR_SPECIFIC_00 (遥测配置)				✓ ^N
Vout 故障/警告	VOUT_OV_FAULT_LIMIT		✓ ^N	✓ ^N	✓ ^N
	VOUT_OV_FAULT_RESPONSE	✓ ^N	✓ ^N	✓ ^N	✓ ^N
	VOUT_OV_WARN_LIMIT		✓ ^N	✓ ^N	✓ ^N
	VOUT_UV_WARN_LIMIT		✓ ^N	✓ ^N	✓ ^N
	VOUT_UV_FAULT_LIMIT		✓ ^N	✓ ^N	✓ ^N
	VOUT_UV_FAULT_RESPONSE	✓ ^N	✓ ^N	✓ ^N	✓ ^N
Iout 故障/警告	IOUT_OC_FAULT_LIMIT	✓ ^N	✓ ^N	✓ ^N	✓ ^N
	IOUT_OC_FAULT_RESPONSE		✓		✓ ^N
	IOUT_OC_LV_FAULT_LIMIT			✓	
	IOUT_OC_LV_FAULT_RESPONSE			✓	
	IOUT_OC_WARN_LIMIT		✓ ^N	✓ ^N	✓ ^N
温度故障/警告	OT_FAULT_LIMIT		✓ ^N	✓ ^N	✓ ^N
	OT_FAULT_RESPONSE		✓ ^N	✓ ^N	✓ ^N
	OT_WARN_LIMIT		✓ ^N	✓ ^N	✓ ^N
Vin 故障/警告	VIN_OV_FAULT_LIMIT		✓ ^N	✓ ^N	✓ ^N
	VIN_OV_FAULT_RESPONSE				✓ ^N
	VIN_UV_WARN_LIMIT				✓ ^N
	VIN_ON		✓ ^N	✓ ^N	✓ ^N
	VIN_OFF		✓ ^N	✓ ^N	✓ ^N
模拟故障	MFR_SPECIFIC_33 (模拟故障)				✓

表 4. 完整命令集比较 (续)

命令类别	PMBus 命令	TPS544B28	TPS544E27	TPS546E25	TPS546D24S
时序配置	TON_DELAY	✓ ^N	✓ ^N	✓ ^N	✓ ^N
	TON_RISE	✓ ^N	✓ ^N	✓ ^N	✓ ^N
	TON_MAX_FAULT_LIMIT				✓ ^N
	TON_MAX_FAULT_LIMIT				✓ ^N
	TOFF_DELAY	✓ ^N	✓ ^N	✓ ^N	✓ ^N
	TOFF_FALL	✓	✓ ^N	✓ ^N	✓ ^N
电源警告	PIN_OP_WARN_LIMIT		✓ ^N		
安全特性	WRITE_PROTECT	✓ ^N	✓ ^N	✓ ^N	✓ ^N
	EXTENDED_WRITE_PROTECT*		✓ ^N	✓ ^N	✓ ^N
	PASSKEY	✓ ^{N*}	✓ ^N	✓ ^N	✓ ^N
	SECURITY_BYTE		✓ ^N		
	SECURITY_BLOCK		✓ ^N		
	SECURITY_AUTO_INCREMENT		✓ ^N		
状态寄存器	CLEAR_FAULTS	✓	✓	✓	✓
	SMBALERT_MASK		✓ ^N	✓ ^N	✓ ^N
	STATUS_BYTE	✓	✓	✓	✓
	STATUS_WORD	✓	✓	✓	✓
	STATUS_VOUT		✓	✓	✓
	STATUS_IOUT		✓	✓	✓
	STATUS_INPUT		✓	✓	✓
	STATUS_TEMPERATURE		✓	✓	✓
	STATUS_CML	✓	✓	✓	✓
	STATUS_OTHER		✓	✓	✓
	STATUS_MFR_SPECIFIC	✓	✓	✓	✓
	STATUS_PULSE_CATCHER*		✓		
	MFR_SPECIFIC_12 (STATUS_PHASE)				✓
	STATUS_ALL*			✓	✓
遥测	READ_VIN		✓	✓	✓
	READ_IIN		✓		
	READ_VOUT	✓	✓	✓	✓
	READ_IOUT	✓	✓	✓	✓
	READ_TEMP1	✓	✓	✓	✓
	READ_PIN		✓		
	READ_TELEMETRY*			✓	✓
器件/MFR 信息	CAPABILITY	✓	✓	✓	✓
	PMBUS_REVISION	✓	✓	✓	✓
	MFR_ID	✓	✓	✓	✓ ^N
	MFR_MODEL	✓	✓ ^N	✓ ^N	✓ ^N
	MFR_REVISION	✓ ^N	✓ ^N	✓ ^N	✓ ^N
	MFR_SERIAL				✓ ^N
	IC_DEVICE_ID	✓	✓	✓	✓
	IC_DEVICE_REV	✓	✓	✓	✓
	DIE_ID*		✓ ^N		
	FUSION_ID0*	✓	✓	✓	✓
	FUSION_ID1*	✓	✓	✓	✓

表 4. 完整命令集比较 (续)

命令类别	PMBus 命令	TPS544B28	TPS544E27	TPS546E25	TPS546D24S
VR13 和 VR14.Cloud 寄存器	SVID_IMAX*		✓ ^N		
	SVID_EXT_CAPABILITY_VIDOMAX*		✓ ^N		
	SVID_ADDR_CFG_USER*		✓ ^N		
	SVID_STATUS_1_2*		✓		
	CAPABILITY_SVID*		✓		
	VID_SETTING*		✓		
	NVM_PATCH_SPACE*		✓ ^N		
	ADV_TEL_BYTE*		✓ ^N		
	VENDOR_ID*		✓		
	CLOUD_OPTIONS*		✓ ^N		
操作和配置	OPERATION	✓	✓	✓	✓
	ON_OFF_CONFIG	✓ ^N	✓ ^N	✓ ^N	✓ ^N
	STORE_USER_ALL	✓	✓	✓	✓
	RESTORE_USER_ALL	✓	✓	✓	✓
	SYS_CFG_USER1*	✓ ^N	✓ ^N	✓ ^N	
	PMBUS_ADDR*		✓ ^N	✓ ^N	✓ ^N
	PIN_DETECT_OVERRIDE*			✓ ^N	✓ ^N
	COMP*	✓ ^N	✓ ^N	✓ ^N	✓ ^N
	NVM_CHECKSUM	✓		✓	✓
	FREQUENCY_SWITCH	✓ ^N	✓ ^N	✓ ^N	✓ ^N
	USER_DATA_05 (POWER_STAGE_CONFIG)				✓ ^N
	MFR_SPECIFIC_19 (PGOOD_CONFIG)				✓ ^N
	MFR_SPECIFIC_20 (SYNC_CONFIG)				✓ ^N
	MFR_SPECIFIC_28 (STACK_CONFIG)				✓ ^N
	MFR_SPECIFIC_29 (MISC_OPTIONS)				✓ ^N

备注

- * 标有星号的寄存器采用特定于制造商的实现方式，并且其行为可能因器件而异。有关详细信息，请参阅数据表。
- ^N 表示 NVM 可配置性。

结语

器件选择应优先考虑目标应用的具体要求。虽然 PMBus 命令集有共同的基础，但每个器件都经过相应优化，在电流能力、监控、可配置性、安全性和可扩展性之间实现了不同的平衡。对于高电流、对安全性要求高或需要丰富诊断功能的系统，TPS544E27 或 TPS546D24S 提供的扩展 PMBus 功能集是理想之选。TPS544B28 的简化方法对紧凑、成本敏感的设计都有益。了解这些功能差异后，设计人员能够选择更适合其应用需求的器件，同时避免不必要的复杂性。

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

重要通知和免责声明

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、与某特定用途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安全、安保法规或其他要求。

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 产品的相关应用。严禁以其他方式对这些资源进行复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。对于因您对这些资源的使用而对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，您将全额赔偿，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 销售条款](#)、[TI 通用质量指南](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款或 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。除非德州仪器 (TI) 明确将某产品指定为定制产品或客户特定产品，否则其产品均为按确定价格收入目录的标准通用器件。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

版权所有 © 2026，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月