



摘要

TPS546C23EVM2-746 评估模块 (EVM) 是一款带有两个 TPS546C23 器件的两相降压转换器。TPS546C23 器件是一款具有 PMBus 接口的可堆叠同步降压器件，可由标称电压为 4.5V 至 18V 的电源供电。该器件可通过 PMBus 接口进行编程和监控。

两个 TPS546C23 器件出厂默认配置为两相降压转换器。这两个器件均分输出电流；正负输出端子均各自连接在一起。

内容

1 说明	3
1.1 准备工作	3
1.2 典型应用	3
1.3 特性	3
2 电气性能规格	4
3 原理图	5
4 测试设置	6
4.1 测试和配置软件	6
4.2 测试设备	6
4.3 建议使用的测试设置	6
4.4 测试点、跳线和连接器列表	8
5 采用 Fusion GUI 配置 EVM	10
5.1 配置步骤	10
6 测试步骤	12
6.1 线路和负载调节以及效率测量步骤	12
6.2 控制环路增益和相位测量步骤	12
6.3 效率测量	13
7 性能数据和典型特性曲线	14
7.1 效率	14
7.2 负载调节	14
7.3 线路调节	15
7.4 瞬态响应	15
7.5 输出纹波	16
7.6 控制开启	17
7.7 控制关闭	18
7.8 两相之间的电流共享	19
7.9 控制环路波特图	19
7.10 热像图	21
8 EVM 装配图和 PCB 布局	22
9 物料清单	31
10 截图	33
10.1 Fusion GUI 屏幕截图	33
11 修订历史记录	44

插图清单

图 3-1. TPS546C23EVM2-746 原理图	5
图 4-1. TPS546C23EVM2-746 建议使用的 EVM 测试设置	7

图 4-2. “尖头与桶”测量.....	7
图 7-1. 在 输出下的效率与线路/负载间的关系.....	14
图 7-2. 在 输出下的负载调节.....	14
图 7-3. 在 1.2V 输出下的线路调节 (不同电路板)	15
图 7-4. 在 1.2V 输出下且 V_{IN} 为 12 时的瞬态响应, 瞬态电流为 10A 至 60A, 0.2A/ μ s.....	15
图 7-5. 在 1.2V 输出下且 V_{IN} 为 12、输出为 0A 时的输出纹波和开关节点.....	16
图 7-6. 在 1.2V 输出下且 V_{IN} 为 12、输出为 70A 时的输出纹波和开关节点.....	16
图 7-7. 通过控制实现启动, 在 1.2V 输出下且 V_{IN} 为 12、输出为 0A (将 TON_RISE 修改为 5ms)	17
图 7-8. 通过控制实现启动, 在 1.2V 输出下且 V_{IN} 为 12、输出为 70A (将 TON_RISE 修改为 5ms)	17
图 7-9. 通过控制实现软停止, 在 1.2V 输出下且 V_{IN} 为 12、输出为 0A (将 TON_RISE 修改为 5ms)	18
图 7-10. 通过控制实现软停止, 在 1.2V 输出下且 V_{IN} 为 12、输出为 70A (将 TON_RISE 修改为 5ms)	18
图 7-11. 电感器电流和开关节点波形, 在 1.2V 输出下且 V_{IN} 为 12、输出为 70A.....	19
图 7-12. 在 1.2V 输出下且 V_{IN} 为 12、输出为 0A 时的波特图.....	19
图 7-13. 在 1.2V 输出下且 V_{IN} 为 12、输出为 70A 时的波特图.....	20
图 7-14. 热像图.....	21
图 8-1. TPS546C23EVM2-746 EVM 3D (顶视图)	22
图 8-2. TPS546C23EVM2-746 EVM 顶层装配图 (顶视图)	23
图 8-3. TPS546C23EVM2-746 EVM 底层装配图 (底视图)	24
图 8-4. TPS546C23EVM2-746 EVM 顶层铜 (顶视图)	25
图 8-5. TPS546C23EVM2-746 EVM 内层 1 (顶视图)	26
图 8-6. TPS546C23EVM2-746 EVM 内层 2 (顶视图)	27
图 8-7. TPS546C23EVM2-746 EVM 内层 3 (顶视图)	28
图 8-8. TPS546C23EVM2-746 EVM 内层 4 (顶视图)	29
图 8-9. TPS546C23EVM2-746 EVM 底层铜 (顶视图)	30
图 10-1. 选择器件扫描模式.....	33
图 10-2. 配置 - 的限制和开/关.....	34
图 10-3. “ON/OFF Control” 弹出窗口.....	36
图 10-4. 配置 - Advanced.....	37
图 10-5. 配置 - SMBALERT # Mask.....	38
图 10-6. 配置 - Device Info.....	39
图 10-7. 配置 - All Config.....	40
图 10-8. 总负载为 10A 时的“Monitor”屏幕.....	41
图 10-9. “Status” 屏幕.....	43

表格清单

表 2-1. TPS546C23EVM2-746 电气性能规格.....	4
表 4-1. 测试点功能.....	8
表 4-2. 跳线.....	9
表 4-3. 连接器功能.....	9
表 5-1. 关键出厂配置参数.....	10
表 6-1. 环路响应测量的测试点列表.....	12
表 6-2. 改善效率测量的测试点.....	13
表 9-1. TPS546C23EVM2-746 元件列表.....	31

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 说明

TPS546C23EVM2-746 是一款带有两个堆叠式 TPS546C23 器件的两相降压转换器。它使用标称电压为 12V 的总线，可在高达 70A 的负载电流下产生的稳压输出。TPS546C23EVM2-746 旨在演示 TPS546C23 在两相低输出电压应用中的堆叠运行情况，同时提供许多测试点来评估器件的性能。通过更改组装的元件，可以将 TPS546C23EVM2-746 改装为两个单独的单相降压转换器。请参阅数据表，详细了解单相配置。

1.1 准备工作

为确保使用 TPS546C23EVM2-746 或在其附近工作的所有人的安全，请注意以下警告和注意事项。请遵循所有安全防护措施。



警告

TPS546C23EVM2-746 电路模块在运行期间会因散热而变烫。切勿接触电路板。请遵守适用于相关实验室的所有安全规程。



注意

请勿在无人照看的情况下使该 EVM 通电。

WARNING

电路模块的板底上有信号迹线、元件和元件引线。这会导致电压、高温表面或尖锐的边缘暴露在外部。操作过程中请勿触摸电路板的底部。

CAUTION

电路模块会因过热而损坏。为避免损坏，请在评估期间监控温度并根据需要将系统环境冷却。

CAUTION

某些电源会因施加外部电压而损坏。如果使用多个电源，请检查设备要求并根据需要使用阻断二极管或其他隔离技术，以防止设备损坏。

CAUTION

EVM 上的通信接口未进行隔离。请确保计算机和 EVM 之间不存在接地电位。此外，请注意计算机以 EVM 的电池电位为基准。

1.2 典型应用

- 高密度电源解决方案
- 无线基础设施
- 转换开关
- 路由器网络
- 服务器
- 存储
- 智能电源系统

1.3 特性

- 1.2V 的稳压输出且具有高达 70A 的直流稳定输出电流
- 输出电压留出了一定的裕量，可通过 PMBus 接口进行调整。
 - 可编程 UVLO、软启动，可通过 PMBus 接口启用
 - 可编程过流警告和故障限制，可通过 PMBus 接口编程对故障的响应

- 可编程过压和欠压警告与故障限制，可通过 PMBus 接口编程对故障的响应
- 可编程的导通和关断延迟
- 便捷的测试点，用于探测关键波形

2 电气性能规格

表 2-1 列出了 25°C 室温下的电气性能规格。

表 2-1. TPS546C23EVM2-746 电气性能规格

参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
输入特性					
电压范围	V_{IN}	5	12	18	V
最大输入电流	$V_{IN} = 12V, I_O = 70 A$		8.5		A
空载输入电流	$V_{IN} = 12V, I_O = 0 A$		120		mA
输出特性					
输出电压, V_{OUT}			1.2		V
输出负载电流, $I_{OUT}^{(1)}$		0		70	A
输出电压调节	线路调节: 输入电压 = 5V 至 18V		1%		
	负载调节: 输出电流 = 0A 至 70A		1%		
输出电压纹波, V_{OUT}	$V_{IN} = 12V, I_{OUT} = 70 A$		10		mVpp
输出过流保护阈值	负载电流 I_{OUT1} , U1 的默认设置		42		A
	负载电流 I_{OUT2} , U2 的默认设置		42		A
系统特性					
开关频率	$V_{IN} = 12V$		500		kHz
满载效率, $V_{OUT}^{(2)}$	$V_{IN} = 12V, I_{OUT} = 70 A$		86%		
工作温度	$T_{ambient}$		25		°C
PMBUS 接口和引脚搭接					
U1 PMBUS 地址	通过 R ₃₃ 和 R ₃₅ 进行编程		27		十进制
U2 PMBUS 地址	通过 R ₃₇ 和 R ₃₆ 进行编程		36		
U1 电压基准	VOUT_COMMAND 的默认设置		600		mV
U2 电压基准	VOUT_COMMAND 的默认设置		600		
U1 软启动时间 (TON_RISE)	TON_RISE 的默认设置		3		ms
U2 软启动时间 (TON_RISE)	TON_RISE 的默认设置		3		

(1) 如果将输出过流限值 (IOUT_OC_FAULT_LIMIT) 设为 45A，输出电流 I_{OUT} 可高达 80A。

(2) 效率是根据图 4-1 和测试设置测量的，其中包括电路板覆铜迹线产生的功率损耗。

3 原理图

图 3-1 展示了 TPS546C23EVM2-746 EVM 原理图。

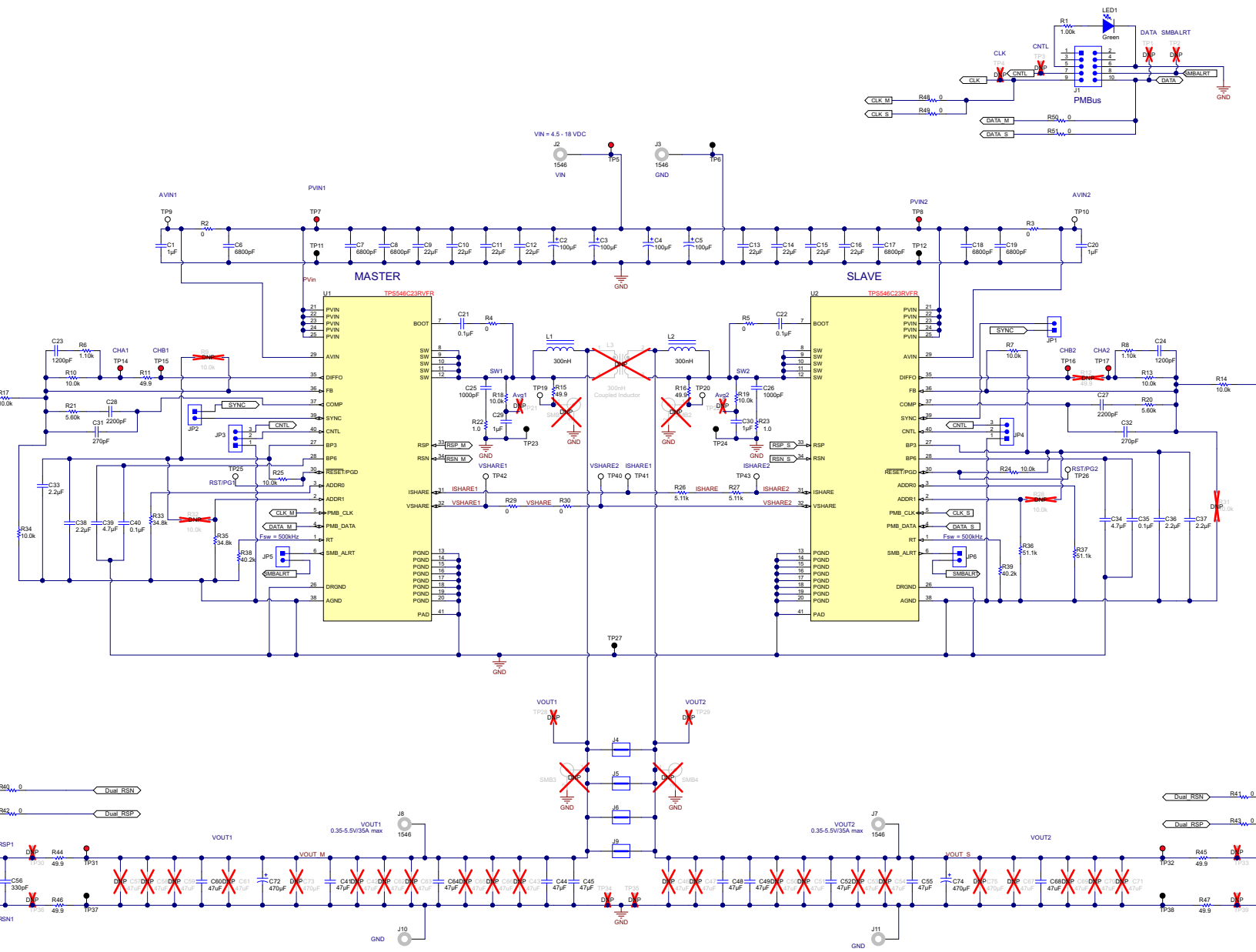


图 3-1. TPS546C23EVM2-746 原理图

4 测试设置

4.1 测试和配置软件

若要更改 EVM 上的任何默认配置参数，必须获取 TI Fusion Digital Power Designer 软件。

4.1.1 说明

Fusion Digital Power Designer 是图形用户界面 (GUI)，用于配置和监控安装在此评估模块上的德州仪器 (TI) TPS546C23 电源转换器。此应用使用 PMBus 协议，通过 TI USB 适配器经由串行总线与控制器进行通信。这种适配器可通过 <http://www.ti.com.cn/tool/cn/usb-to-gpio> 购买。

4.1.2 特性

可以使用 GUI 执行的一些任务包括：

- 通过硬件控制线路或 PMBus 操作命令打开或关闭电源输出。
- 监控实时数据，例如输出电压、输出电流、内核温度、警告和故障，这些数据由 GUI 持续监控并显示。
- 配置常见的工作特性，例如 V_{OUT} 修整和裕度、UVLO、软启动时间、警告和故障阈值、故障响应以及开/关模式。

此软件可通过 http://www.ti.com.cn/tool/cn/fusion_digital_power_designer 下载。

4.2 测试设备

4.2.1 电压源

输入电压源 V_{IN} 应是能够提供 $20A_{DC}$ 的 0V 至 20V 可变直流电源。将输入 V_{IN} 和 GND 连接到 J2 和 J3，如图 4-1 中所示。

4.2.2 万用表

建议使用两个独立的万用表，如图 4-1 中所示：一个用于测量 V_{IN} ，另一个用于测量 V_{OUT} 。

4.2.3 输出负载

建议针对测试设置使用可变电子负载，如图 4-1 所示。负载应能够达到 80A。

4.2.4 示波器

建议使用示波器测量输出噪声和波纹。可以使用尖头与梳法或更好的方法来测量输出波纹，如图 4-2 所示。

4.2.5 风扇

在高负载下长时间运行期间，需要通过一个针对 EVM 的小风扇实现强制空气冷却。EVM 上器件的温度应保持在 105°C 以下。

4.2.6 USB 转 GPIO 接口适配器

EVM 和主计算机之间需要用到通信适配器此 EVM 专为使用德州仪器 (TI) USB 转 GPIO 适配器而设计。这种适配器可通过 <http://www.ti.com.cn/tool/cn/usb-to-gpio> 购买。

4.2.7 建议使用的线规

- 将输入 V_{IN} 和 GND 连接到 J2 和 J3 (GND) (12V 输入) - 建议使用的线规是 AWG #12，导线总长度不到 2 英尺 (1 英尺用于输入，1 英尺用于返回)。
- 输出 J8/J7 和 GND J10/J11 (0.9V 输出) - 建议使用的最小线规是 AWG #10，导线总长度不到 2 英尺 (1 英尺用于输出，1 英尺用于返回)。

4.3 建议使用的测试设置

图 4-1 展示了建议使用的测试设置。

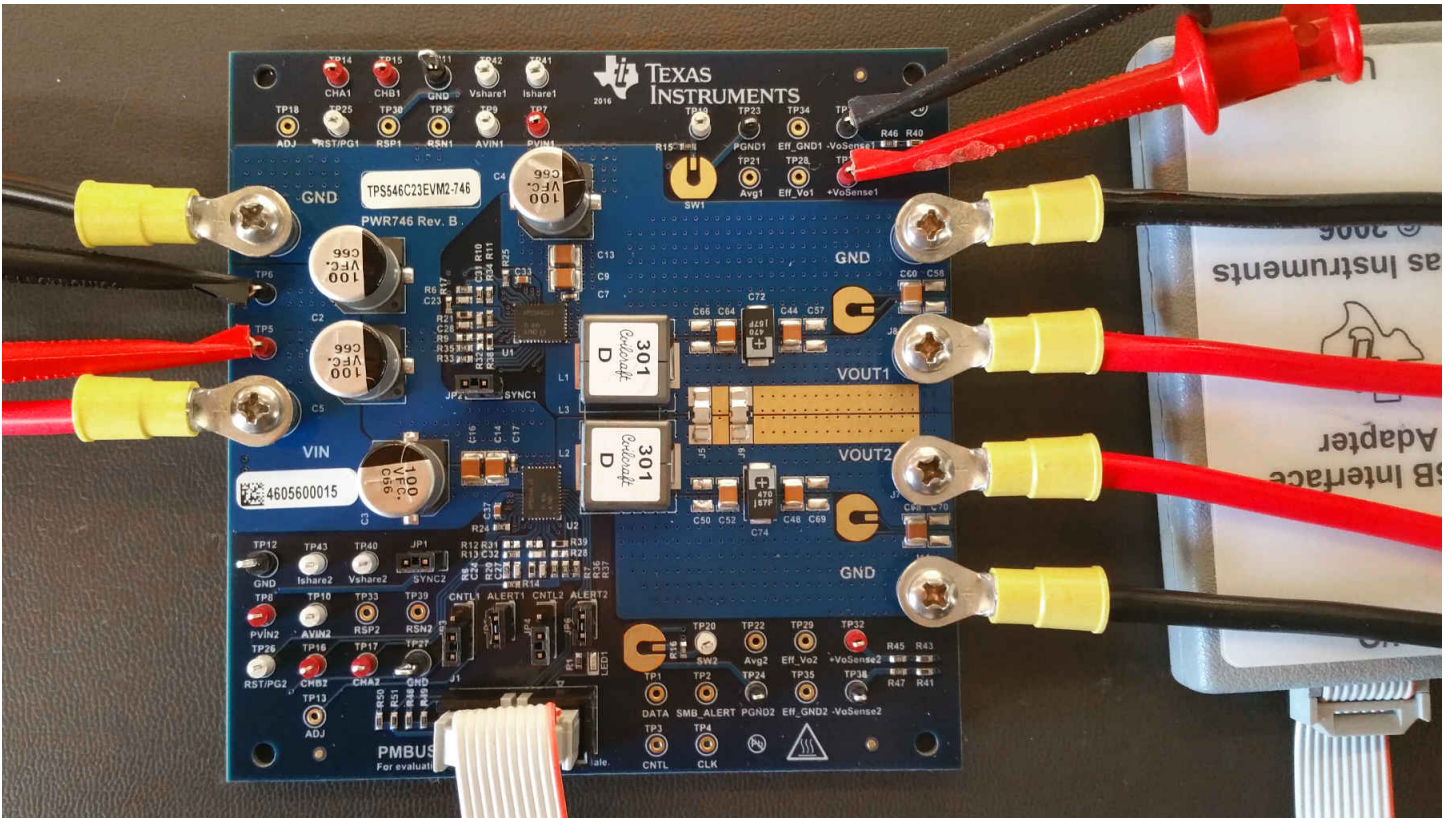


图 4-1. TPS546C23EVM2-746 建议使用的 EVM 测试设置

图 4-2 展示了对 TP19 和 TP23 或者 TP20 和 TP24 上开关节点波形进行的“尖头与桶”测量。

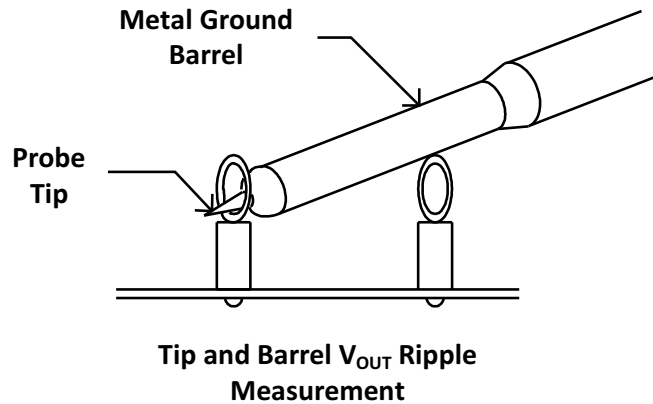


图 4-2. “尖头与桶”测量

4.4 测试点、跳线和连接器列表

表 4-1 列出了测试点功能。

表 4-1. 测试点功能

测试点	类型	名称	说明
TP1	未组装	数据	J1 插座上的 DATA 信号
TP2	未组装	SMB_ALERT	J1 插座上的 SMBALERT 信号
TP3	未组装	CNTL	J1 插座上的 CNTL 信号
TP4	未组装	CLK	J1 插座上的 CLK 信号
TP5	T-H 环路	VIN	V _{IN+} 测量点
TP6	T-H 环路	GND	V _{IN-} 测量点
TP7	T-H 环路	PVIN1	U1 器件测量点的 PVIN 引脚电压
TP8	T-H 环路	PVIN2	U2 器件测量点的 PVIN 引脚电压
TP9	T-H 环路	AVIN1	U1 器件测量点的 AVIN 引脚电压
TP10	T-H 环路	AVIN2	U2 器件测量点的 AVIN 引脚电压
TP11	T-H 环路	GND	GND 基准
TP12	T-H 环路	GND	GND 基准
TP13	未组装	ADJ	用于调整轨 2 输出电压的模拟输入
TP14	T-H 环路	CHA1	输出轨 1 的微小信号环路增益测量的输入 (B/A 设置)
TP15	T-H 环路	CHB1	输出轨 1 的微小信号环路增益测量的输出 (B/A 设置)
TP16	T-H 环路	CHB2	输出轨 2 的微小信号环路增益测量的输出 (B/A 设置)
TP17	T-H 环路	CHA2	输出轨 2 的微小信号环路增益测量的输入 (B/A 设置)
TP18	未组装	ADJ	用于调整轨 1 输出电压的模拟输入
TP19	T-H 环路	SW1	输出轨 1 测量点的开关节点, 以 TP23 为基准
TP20	T-H 环路	SW2	输出轨 2 测量点的开关节点, 以 TP24 为基准
TP21	未组装	AVG1	轨 1 开关节点平均电压测量点, 以 TP23 为基准
TP22	未组装	AVG2	轨 2 开关节点平均电压测量点, 以 TP24 为基准
TP23	T-H 环路	PGND1	开关节点测量的 GND 基准
TP24	T-H 环路	PGND2	开关节点测量的 GND 基准
TP25	T-H 环路	RST/RG1	输出 1 的 PGOOD 信号
TP26	T-H 环路	RST/PG2	输出 2 的 PGOOD 信号
TP27	T-H 环路	GND	GND 基准
TP28	未组装	EFF_VO1	针对效率的 U1 输出电压测量点, 以 TP34 为基准
TP29	未组装	EFF_VO2	针对效率的 U2 输出电压测量点, 以 TP35 为基准
TP30	未组装	RSP1	输出 1 遥感 + 电压点
TP31	T-H 环路	+VOSENSE1	V _{OUT1+} 测量点
TP32	T-H 环路	+VOSENSE2	V _{OUT2+} 测量点
TP33	未组装	RSP2	输出 2 遥感 + 电压点
TP34	未组装	EFF_GND1	用于效率测量的轨 1 输出电压基准 GND
TP35	未组装	EFF_GND2	用于效率测量的轨 1 输出电压基准 GND
TP36	未组装	RSN1	输出 1 遥感 - 电压点
TP37	T-H 环路	-VOSENSE1	V _{OUT1-} 测量点
TP38	T-H 环路	-VOSENSE2	V _{OUT2-} 测量点
TP39	未组装	RSN2	输出 2 遥感 - 电压点
TP40	T-H 环路	Vshare2	U2 测量点的 VSHARE。敏感信号
TP41	T-H 环路	Ishare1	U1 测量点的 ISHARE。敏感信号

表 4-1. 测试点功能 (continued)

测试点	类型	名称	说明
TP42	T-H 环路	Vshare1	U1 测量点的 VSHARE。敏感信号
TP43	T-H 环路	Ishare2	U2 测量点的 ISHARE。敏感信号

表 4-2 列出了 EVM 跳线。

表 4-2. 跳线

跳线	类型	名称	说明
JP1	接头, 100mil, 2×1	Sync2	U1 和 U2 之间的同步连接。跳线默认插入。
JP2	接头, 100mil, 2×1	Sync1	U1 和 U2 之间的同步连接。跳线默认插入。
JP3	接头, 100mil, 3×1	CNTL1	连接 U1 和插座 J1 或 GND 的 PMBUS CNTL 连接选项。连接 U1 和 J1 的跳线默认插入。
JP4	接头, 100mil, 3×1	CNTL2	连接 U2 和插座 J1 或 GND 的 PMBUS CNTL 连接选项。连接 U2 和 J1 的跳线默认插入。
JP5	接头, 100mil, 2×1	ALERT1	U1 和插座 J1 之间的 PMBUS SMBALERT 连接。连接 U1 和 J1 的跳线默认插入。
JP6	接头, 100mil, 2×1	ALERT2	U2 和插座 J1 之间的 PMBUS SMBALERT 连接。连接 U2 和 J1 的跳线默认插入。

表 4-3 列出了 EVM 连接器功能。

表 4-3. 连接器功能

连接器	类型	名称	说明
J1	接头, 100mil, 5×2	PMBUS	TI FUSION 适配器的 PMBUS 插座
J2	Keystone 1546	VIN	VIN+ 连接器
J3	Keystone 1546	GND	VIN - (GND) 连接器
J8	Keystone 1546	VOUT1	VOUT1+ 连接器
J10	Keystone 1546	GND	VOUT1 - 连接器
J7	Keystone 1546	VOUT2	VOUT2+ 连接器
J11	Keystone 1546	GND	VOUT2 - 连接器

5 采用 Fusion GUI 配置 EVM

此 EVM 上的 TPS546C23 在出厂时进行了预配置。请参阅表 5-1，查看从配置文件中获取的关键出厂配置参数简短列表。

表 5-1. 关键出厂配置参数

地址 (十六进制)	地址 (十进制)	器件 ID	名称		
0x33	27	TPS546C23	U1		
0x44	36	TPS546C23	U2		
常规					
命令代码	命令代码 (十六进制)	编码 (十六进制)	解码	备注	
VIN_OFF	0x36	0xF010	4.0 V	关断电压	
VIN_ON	0x35	0xF012	4.5V	导通电压	
IOUT_CAL_OFFSET	0x39	0xE000	0.0000 A	PMBUS 读数的电流偏移量	
IOUT_OC_FAULT_LIMIT	0x46	0xF854	42A	OC 故障级别	
IOUT_OC_FAULT_RESPONSE	0x47	0xFF	重启	对 OC 故障的响应	
IOUT_OC_WARN_LIMIT	0x4A	0xF84A	37 A	OC 警告级别	
VOUT_COMMAND	0x21	0x0133	0.6V	基准电压	
VOUT_MIN	0x2B	00B3h	0.35V	最小基准电压	
VOUT_MAX	0x24	0x034D	1.65V	最大基准电压	
VOUT_TRANSITION_RATE	0x27	0xD03C	1mV/us	输出电压转换率	
VOUT_SCALE_LOOP	0x29	0xF004	1	主控制环路的输出感应缩放比	
PCT_OV_UV_WRN_FLT_LIMITS	0xD6	0x00	UV FAULT	83%	输出 OV/UV 设置，参考标称基准电压
			UV WARN	88%	
			OV WARN	112%	
			OV FAULT	117%	
VOUT_OV_FAULT_RESPONSE	0x41	0xBF	重启	输出过压故障响应	
VOUT_UV_FAULT_RESPONSE	0x45	0xBF	重启	输出欠压故障响应	
ON_OFF_CONFIG	0x02	0x16	仅 CNTL，高电平有效。	控制信号和操作命令	
操作	0x01	0x00	操作不用于启用调节	可用于控制器件开/关	
OT_FAULT_LIMIT	0x4F	0x0091	145°C	OT 故障级别	
OT_WARN_LIMIT	0x51	0x0078	120°C	OT 警告级别	
OT_FAULT_RESPONSE	0x50	0x3F	忽略	对过热故障的响应	
TON_DELAY	0x60	0x0000	0ms	导通延迟	
TON_RISE	0x61	0x0003	3ms	软启动时间	
TON_MAX_FAULT_LIMIT	0x62	0x0000	禁用	输出电压达到调节的上限	
TOFF_DELAY	0x64	0x0000	0ms	关断延迟	
TOFF_FALL	0x65	0x0000	0ms	软停止下降时间	

如果需要将 EVM 配置为上述出厂设置之外的设置，可以使用 TI Fusion Digital Power Designer 软件重新配置。在启动软件之前，必须为 EVM 施加输入电压，这样 TPS546C23 才能对 GUI 做出响应，而 GUI 才能识别器件。EVM 的默认配置在输入电压为 4.5V 时开始转换，因此，为了避免在配置期间发生任何转换器活动，应施加低于 4.5V 的输入电压。建议施加的电压为 4V。

5.1 配置步骤

1. 调整输入电源以提供 $4V_{DC}$ ，将电流限制为 1A。
2. 为 EVM 施加输入电压。请参阅图 4-1，了解连接和测试设置。

3. 启动 Fusion GUI 软件。更多信息，请参阅节 10 中的屏幕截图。
4. 根据需要配置 EVM 运行参数。

默认情况下，两个 TPS546C23 器件都配置为环路控制器。U1 的 PMBUS 地址为 27 (十进制)，U2 的 PMBUS 地址为 36 (十进制)。

两个器件可以同时操作。另外，可以同时将两个器件连接到 PMBUS 接口。

6 测试步骤

6.1 线路和负载调节以及效率测量步骤

1. 按照图 4-1 中所述设置 EVM。
2. 确保将电子负载设为消耗 $0A_{DC}$ 。
3. 将 V_{IN} 从 0V 增至 12V；使用电压表测量输入电压。
4. 使用其他电压表测量输出电压 V_{OUT} 。
5. 将负载从 $0ADC$ 更改为 $70A_{DC}$ 。 V_{OUT} 应保持在表 2-1 中规定的范围内。
6. 将 V_{IN} 从 5V 更改为 18V。 V_{OUT} 应保持在表 2-1 中规定的范围内。
7. 将负载降至 0A。
8. 将 V_{IN} 降至 0V。

6.2 控制环路增益和相位测量步骤

TPS546C23EVM2-746 在 V_{OUT} 的反馈环路中包含一个 49.9Ω 串联电阻。该电阻可在测试点 TP14 和 TP15 访问，以进行环路响应分析。这些测试点应在环路响应测量中作为环路的扰动注入点使用。请参阅表 6-1 中的说明。

表 6-1. 环路响应测量的测试点列表

测试点	节点名称	说明	备注
TP14	CHA1	V_{OUT} 的反馈分压器的输入	此节点的扰动幅度应小于 30mV。
TP15	CHB1	V_{OUT} 的结果输出	可以采用网络分析器通过 CH-B/CH-A 配置测量波特。

一次只能测量一个输出，步骤如下：

1. 按照图 4-1 中所述设置 EVM。
2. 对于 V_{OUT} ，将网络分析器的隔离变压器从 TP14 连接到 TP15。
3. 将输入信号测量探头连接到 TP14。将输出信号测量探头连接到 TP15。
4. 将两个探头通道的接地导线连接到 TP11。
5. 在网络分析器上通过 TP15/TP14 (输出/输入) 测量波特。

6.3 效率测量

为了评估动力总成（器件和电感器）的效率，请务必在正确的位置测量电压。这是十分必要的，否则测量将包含与动力总成本身无关的损耗。覆铜迹线以及输入和输出连接器上的压降所产生的损耗与动力总成效率无关，不应包含在效率测量的范围之内。

输入电流可以在输入线的任意点进行测量，而输出电流可以在被测输出线的任何位置进行测量。

表 6-2 展示了输入电压和输出电压的测量点。通过测量 VIN 和 VOUT 可计算效率。采用这些测量点时，效率测量不包含连接器和 PCB 迹线产生的损耗。

表 6-2. 改善效率测量的测试点

测试点	节点名称	说明	备注
VOUT			
TP7	PVIN1	VIN1+ 的输入电压测量点	这对测试点与 U1 的 PVIN/GND 引脚相连。器件引脚输入端子之间的压降不在效率测量的范围之内。
TP23	PGND1	VIN1 - (GND) 的输入电压测量点	
TP28	Eff_Vo1	VOUT1+ 的输出电压测量点	这对测试点与距离电感器最近的 Vout/GND 点相连。电感器输出点与输出端子之间的压降不在效率测量的范围之内。
TP34	Eff_GND1	VOUT1 - (GND) 的输出电压测量点	

7 性能数据和典型特性曲线

图 7-1 至图 7-14 展示了 TPS546C23EVM2-746 的典型性能曲线。

7.1 效率

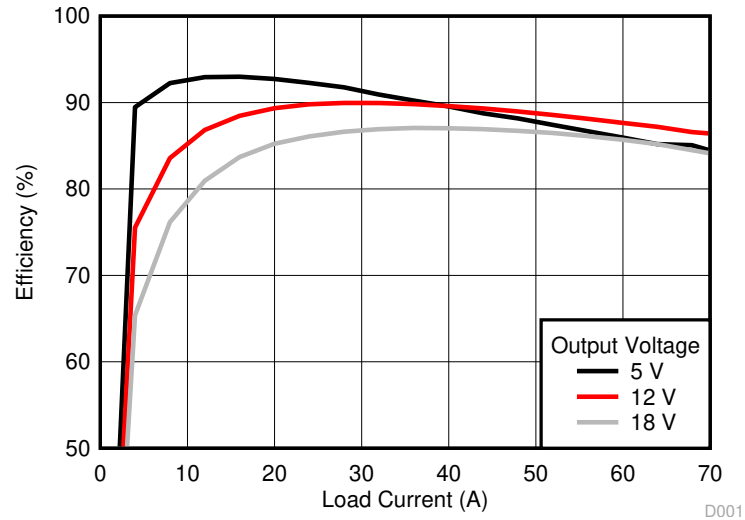


图 7-1. 在输出下的效率与线路/负载间的关系

7.2 负载调节

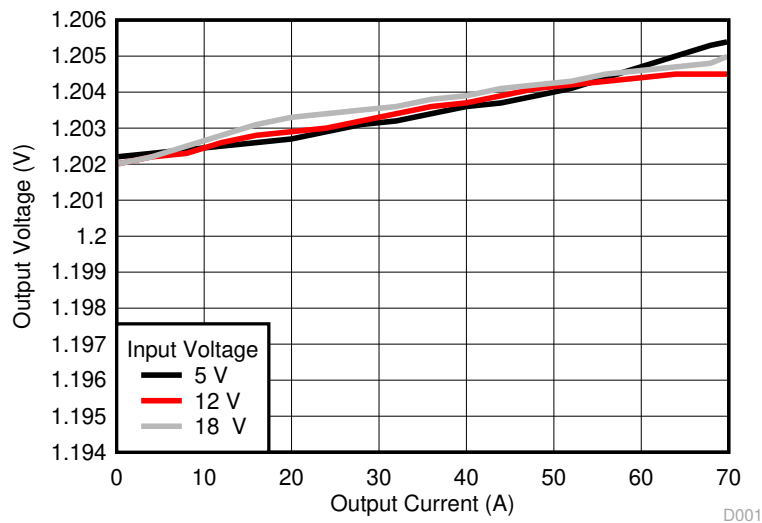


图 7-2. 在输出下的负载调节

7.3 线路调节

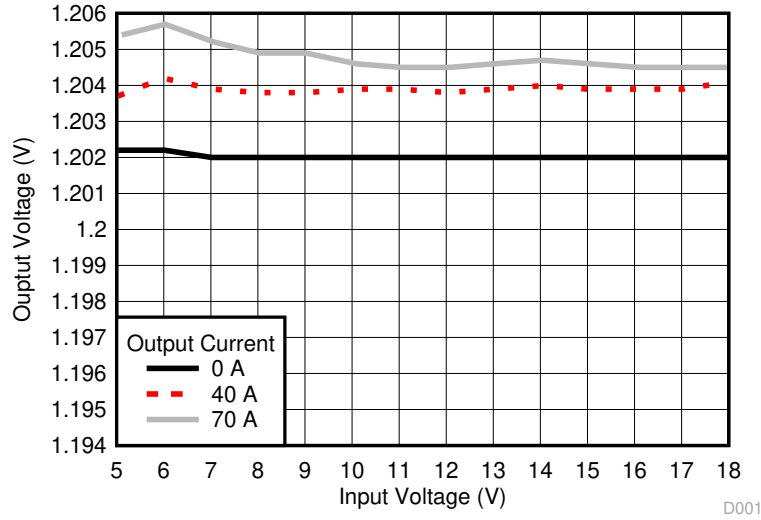
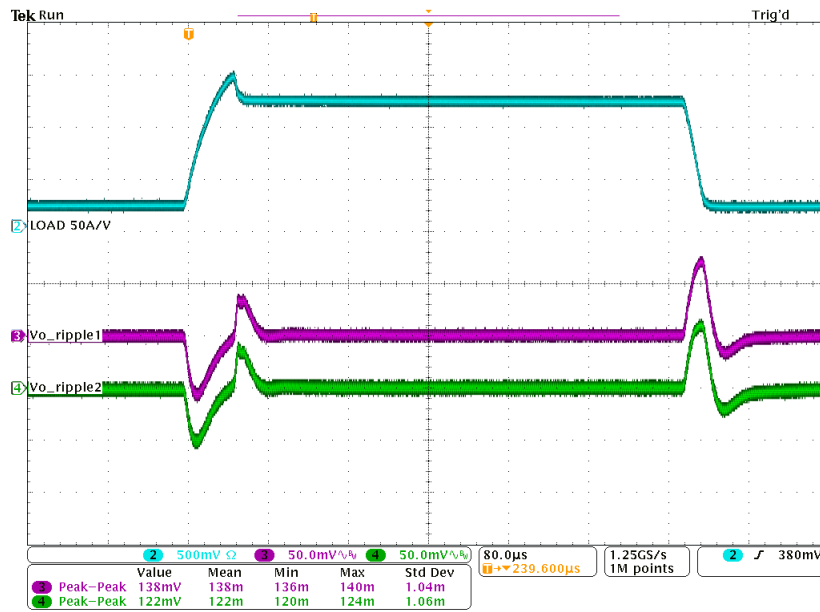


图 7-3. 在 1.2V 输出下的线路调节 (不同电路板)

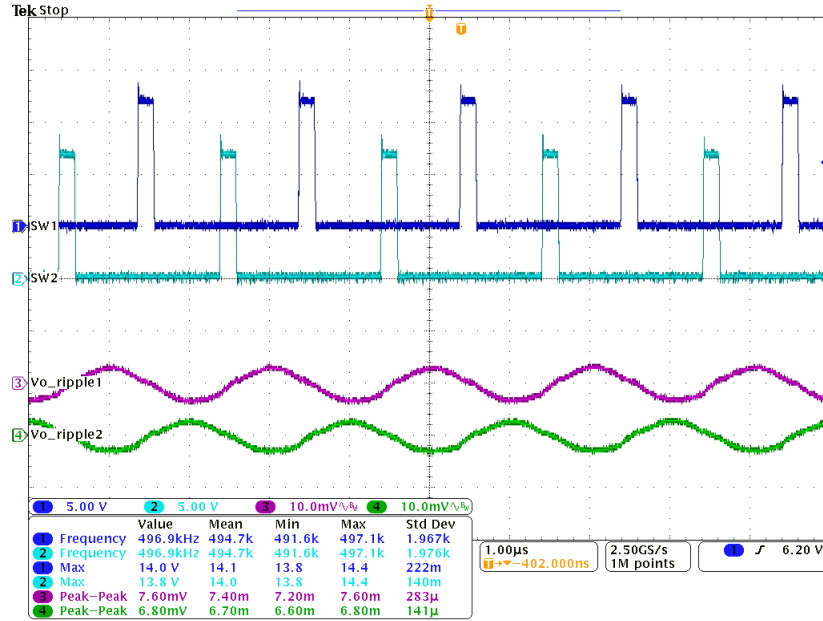
7.4 瞬态响应



Ch1 = I_{OUT} (25A/div), Ch3 = V_{OUT} (交流耦合, 在 U1 端测量, 50mV/div), Ch4 = V_{OUT} (交流耦合, 在 U2 端测量, 50mV/div)

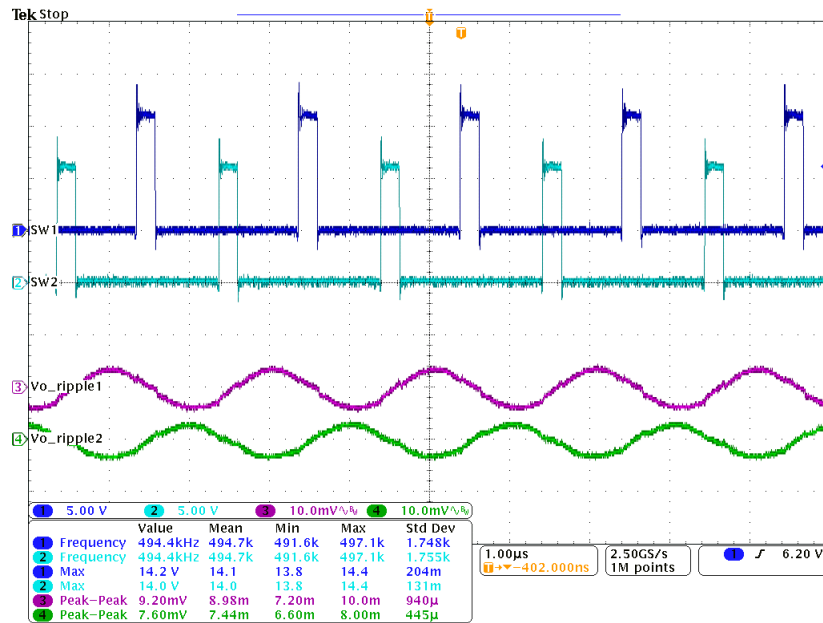
图 7-4. 在 1.2V 输出下且 V_{IN} 为 12 时的瞬态响应, 瞬态电流为 10A 至 60A, 0.2A/ μ s

7.5 输出纹波



Ch1 = V_{SW1} (5V/div), Ch2 = V_{SW2} (5V/div), Ch3 = V_{OUT} (交流耦合, 在 U1 端测量, 波纹为 10mV/div), Ch4 = V_{OUT} (交流耦合, 在 U2 端测量, 波纹为 10mV/div)

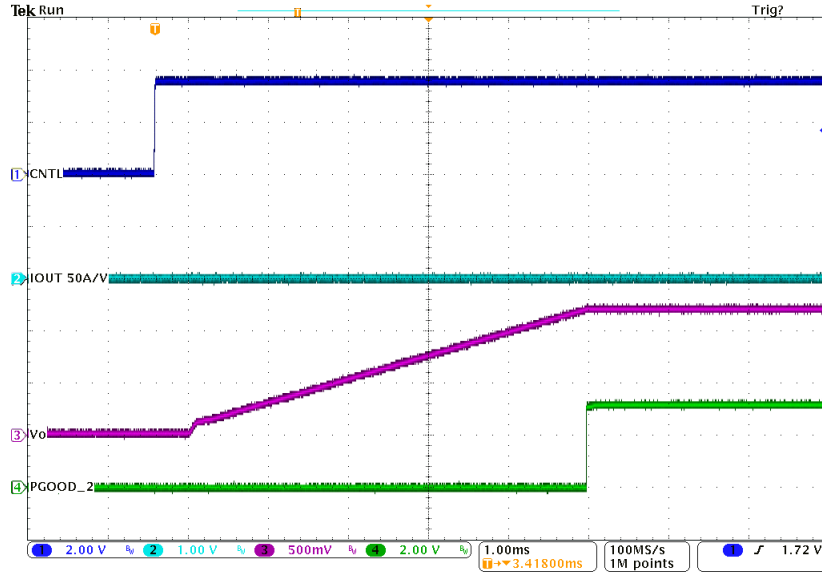
图 7-5. 在 1.2V 输出下且 V_{IN} 为 12、输出为 0A 时的输出纹波和开关节点



Ch1 = V_{SW1} (5V/div), Ch2 = V_{SW2} (5V/div), Ch3 = V_{OUT} (交流耦合, 在 U1 端测量, 波纹为 10mV/div), Ch4 = V_{OUT} (交流耦合, 在 U2 端测量, 波纹为 10mV/div)

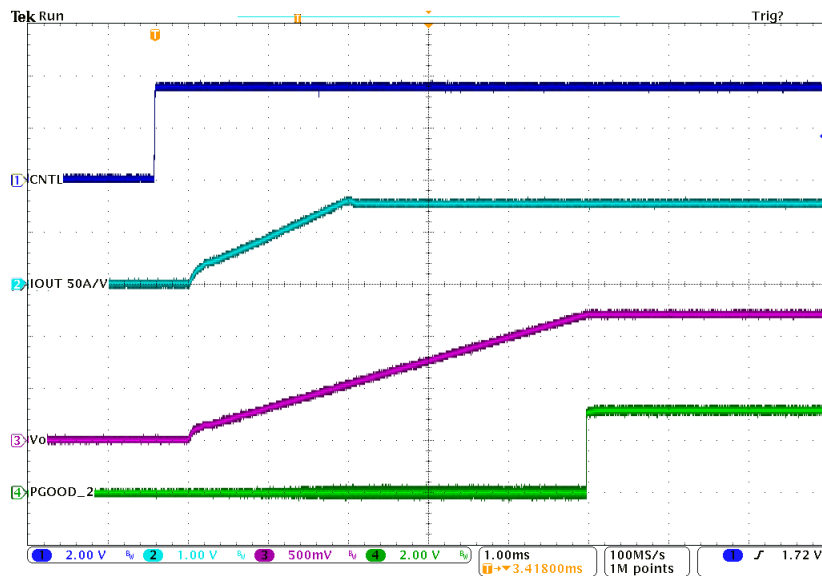
图 7-6. 在 1.2V 输出下且 V_{IN} 为 12、输出为 70A 时的输出纹波和开关节点

7.6 控制开启



Ch1 = CNTL (2V/div) , Ch2 = I_{OUT} (50A/div) , Ch3 = V_{OUT} (500mV/div) , Ch4 = PGOOD (2V/div)

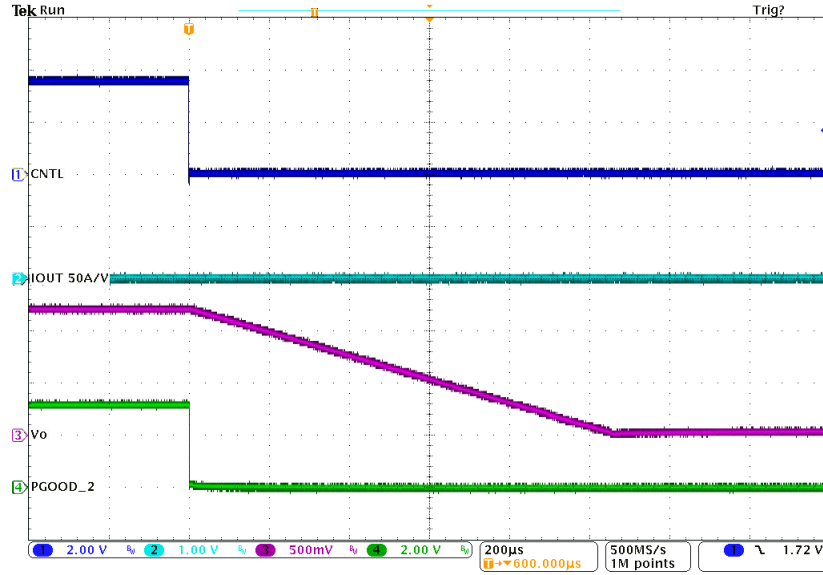
图 7-7. 通过控制实现启动，在 1.2V 输出下且 V_{IN} 为 12、输出为 0A (将 TON_RISE 修改为 5ms)



Ch1 = CNTL (2V/div) , Ch2 = I_{OUT} (50A/div) , Ch3 = V_{OUT} (500mV/div) , Ch4 = PGOOD (2V/div)

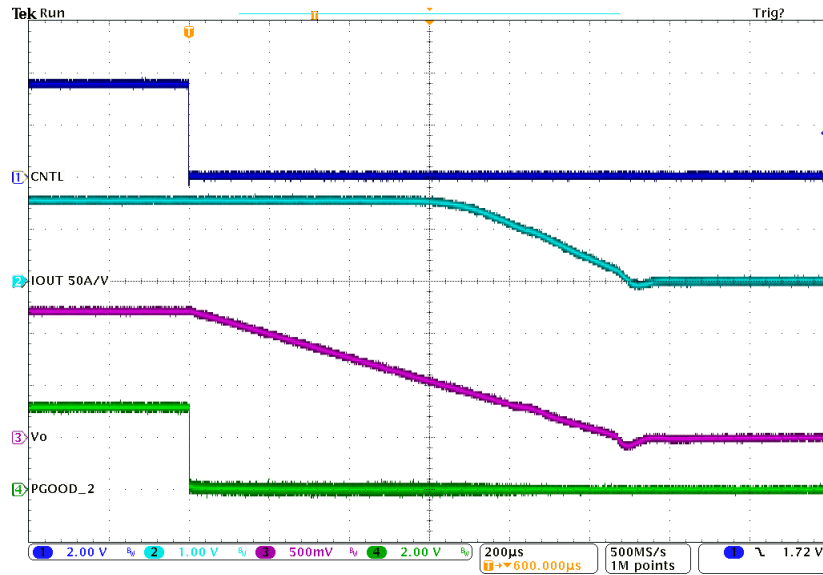
图 7-8. 通过控制实现启动，在 1.2V 输出下且 V_{IN} 为 12、输出为 70A (将 TON_RISE 修改为 5ms)

7.7 控制关闭



Ch1 = CNTL (2V/div) , Ch2 = I_{OUT} (50A/div) , Ch3 = V_{OUT} (500mV/div) , Ch4 = PGOOD (2V/div)

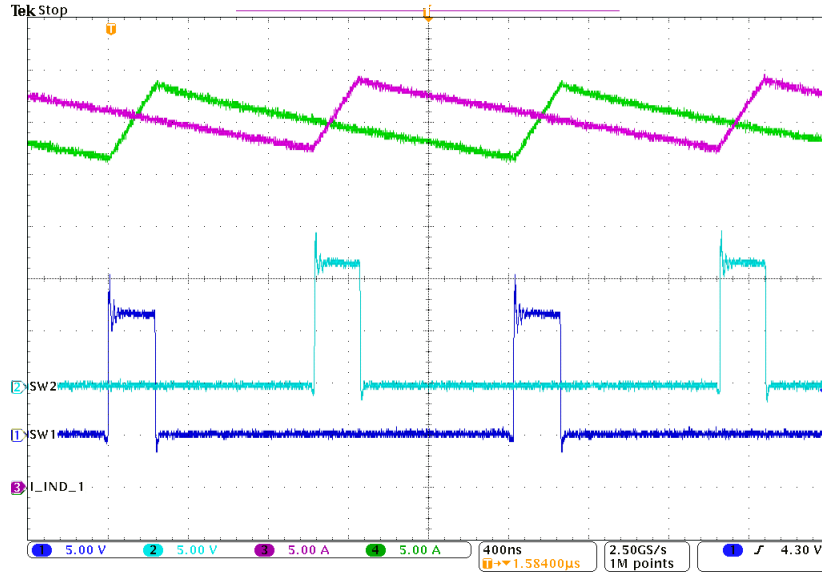
图 7-9. 通过控制实现软停止, 在 1.2V 输出下且 V_{IN} 为 12、输出为 0A (将 TON_RISE 修改为 5ms)



Ch1 = CNTL (2V/div) , Ch2 = I_{OUT} (50A/div) , Ch3 = V_{OUT} (500mV/div) , Ch4 = PGOOD (2V/div)

图 7-10. 通过控制实现软停止, 在 1.2V 输出下且 V_{IN} 为 12、输出为 70A (将 TON_RISE 修改为 5ms)

7.8 两相之间的电流共享



Ch1 = V_{SW1} (5V/div) , Ch2 = V_{SW2} (5V/div) , Ch3 = I_{L2} (5A/div) , Ch4 = I_{L1} (5A/div)

图 7-11. 电感器电流和开关节点波形，在 1.2V 输出下且 V_{IN} 为 12、输出为 70A

7.9 控制环路波特图

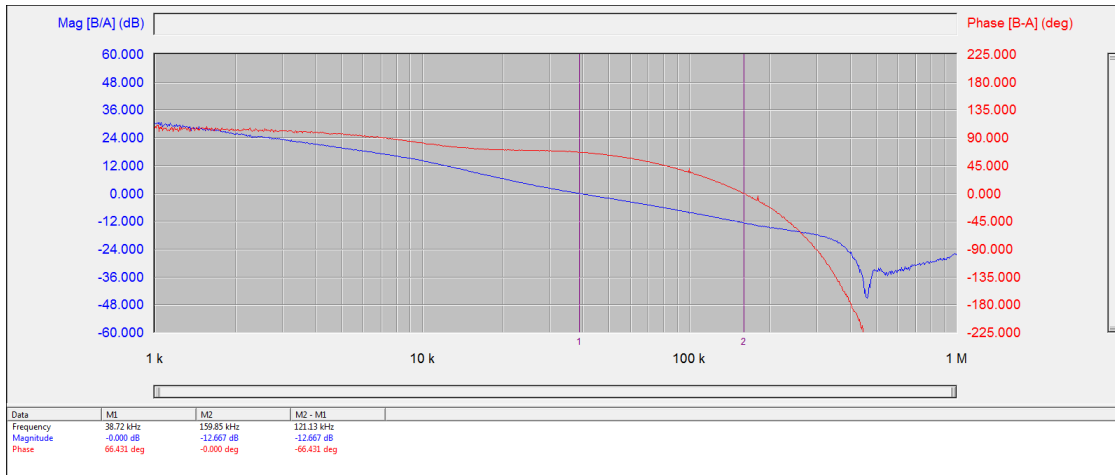


图 7-12. 在 1.2V 输出下且 V_{IN} 为 12、输出为 0A 时的波特图

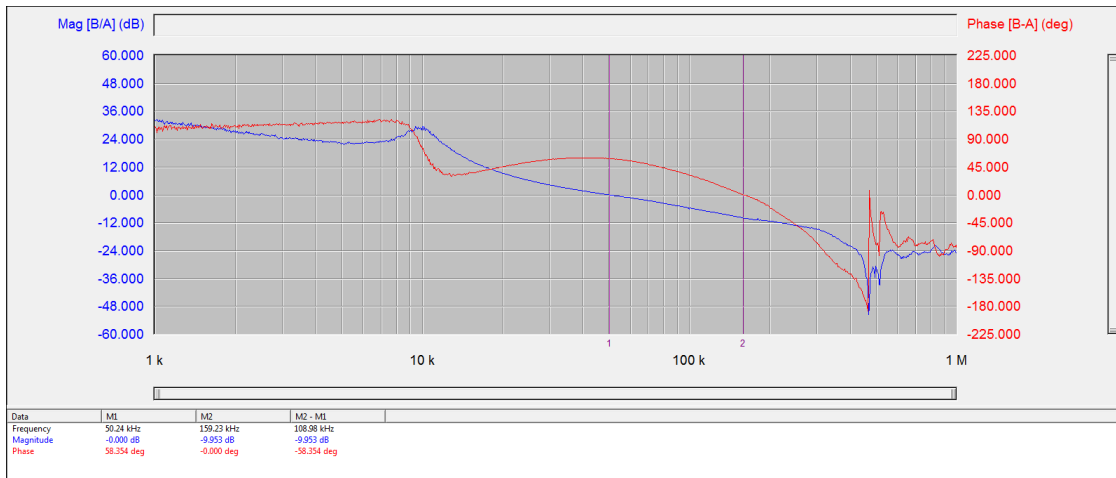
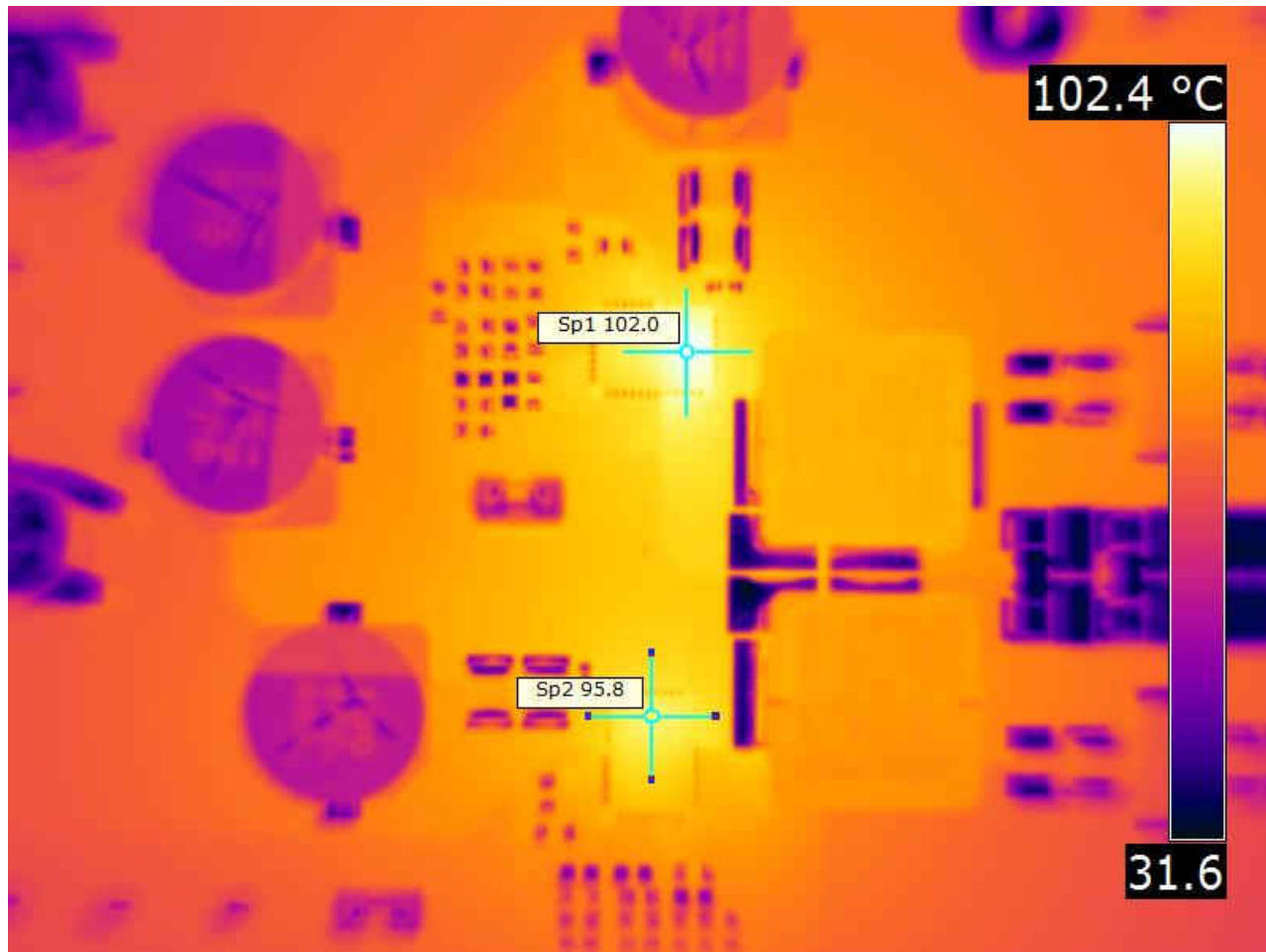


图 7-13. 在 1.2V 输出下且 V_{IN} 为 12、输出为 70A 时的波特图

7.10 热像图



$V_{IN} = 12V$, $I_{OUT} = 70A$, $V_{OUT} = 1.2V$, $F_{sw} = 500kHz$

图 7-14. 热像图

8 EVM 装配图和 PCB 布局

图 8-1 至图 8-9 展示了 TPS546C23EVM2-746 EVM 印刷电路板的设计。

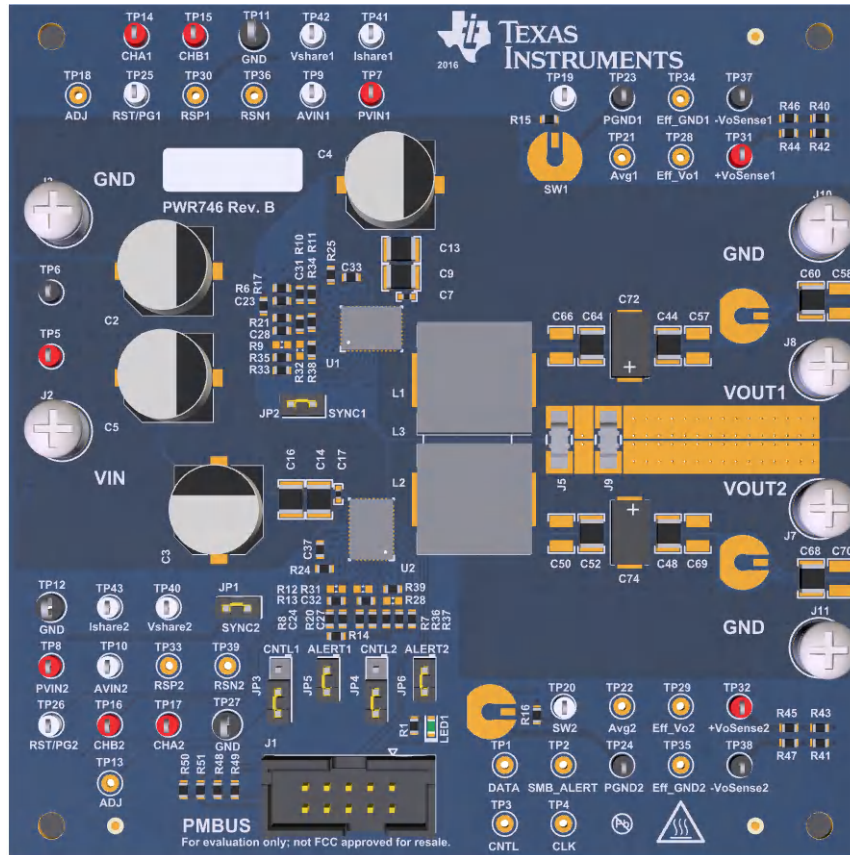


图 8-1. TPS546C23EVM2-746 EVM 3D (顶视图)

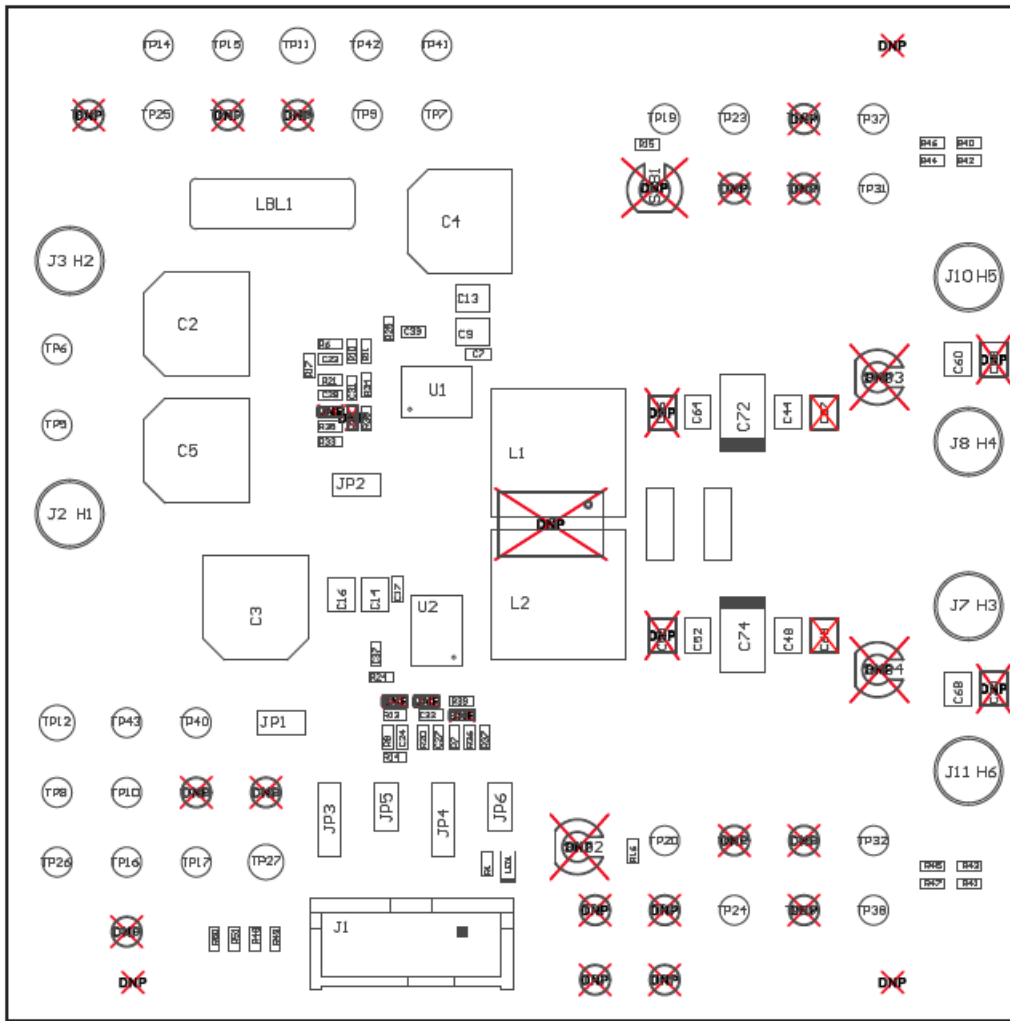


图 8-2. TPS546C23EVM2-746 EVM 顶层装配图 (顶视图)

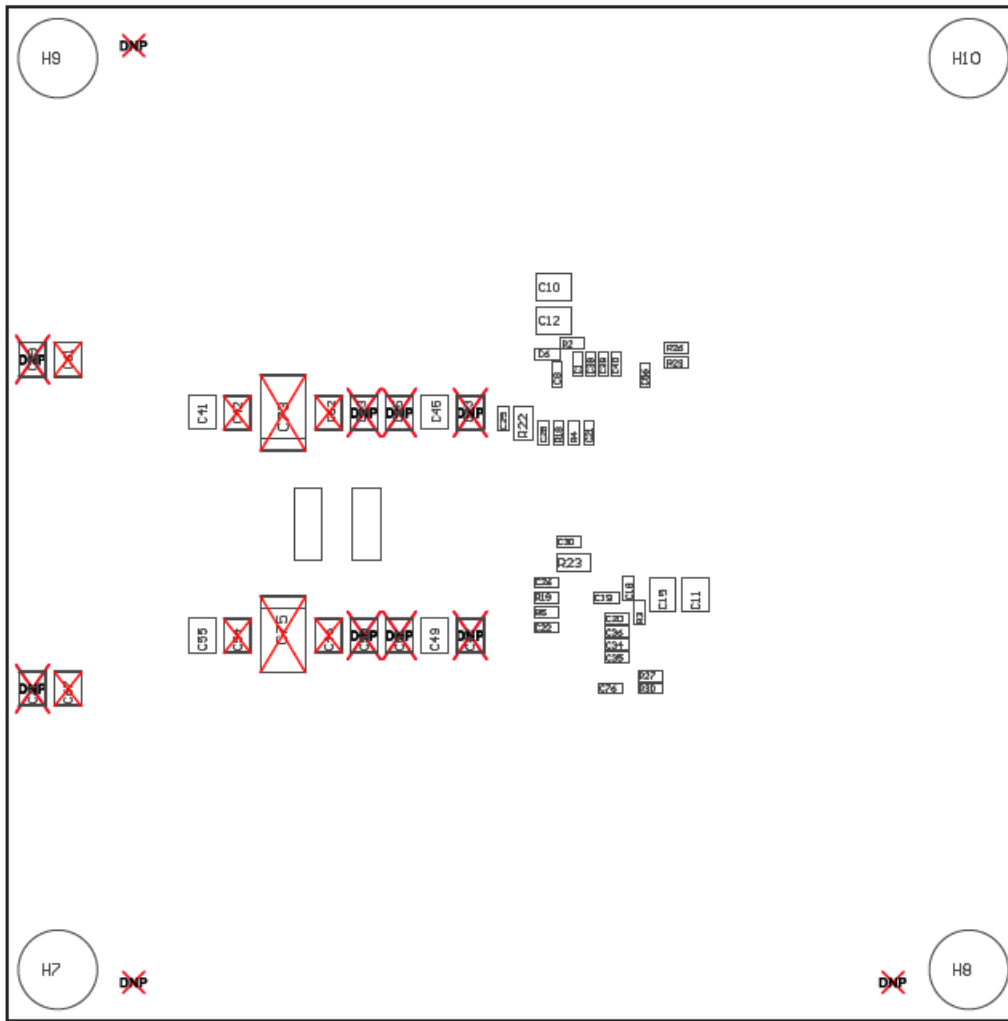


图 8-3. TPS546C23EVM2-746 EVM 底层装配图 (底视图)

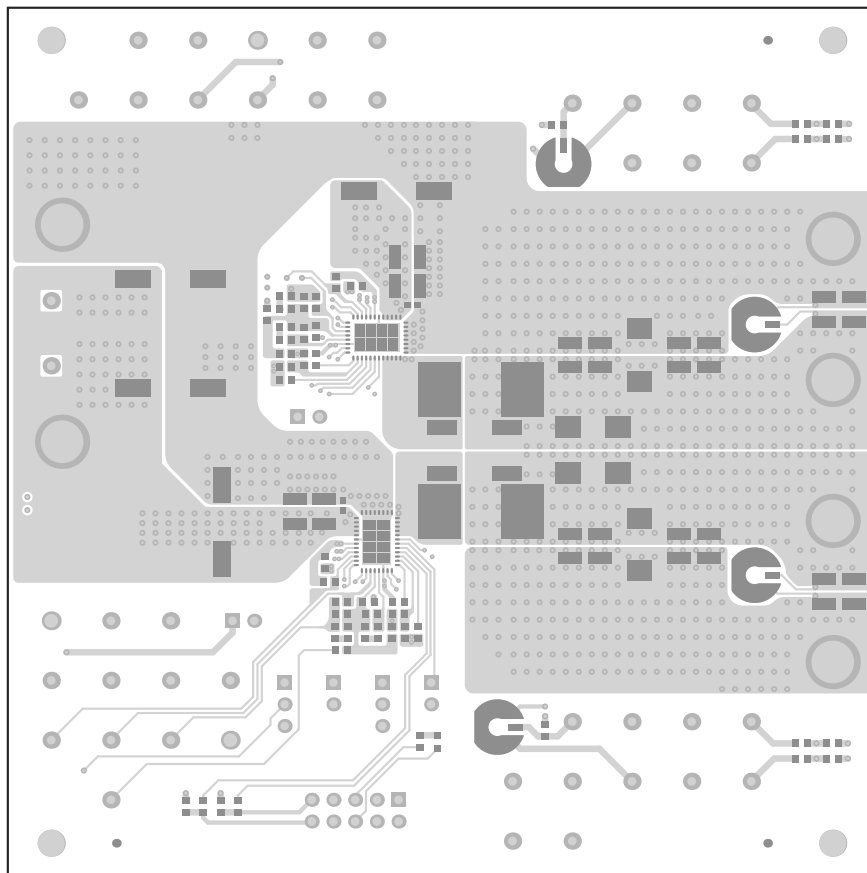


图 8-4. TPS546C23EVM2-746 EVM 顶层铜 (顶视图)

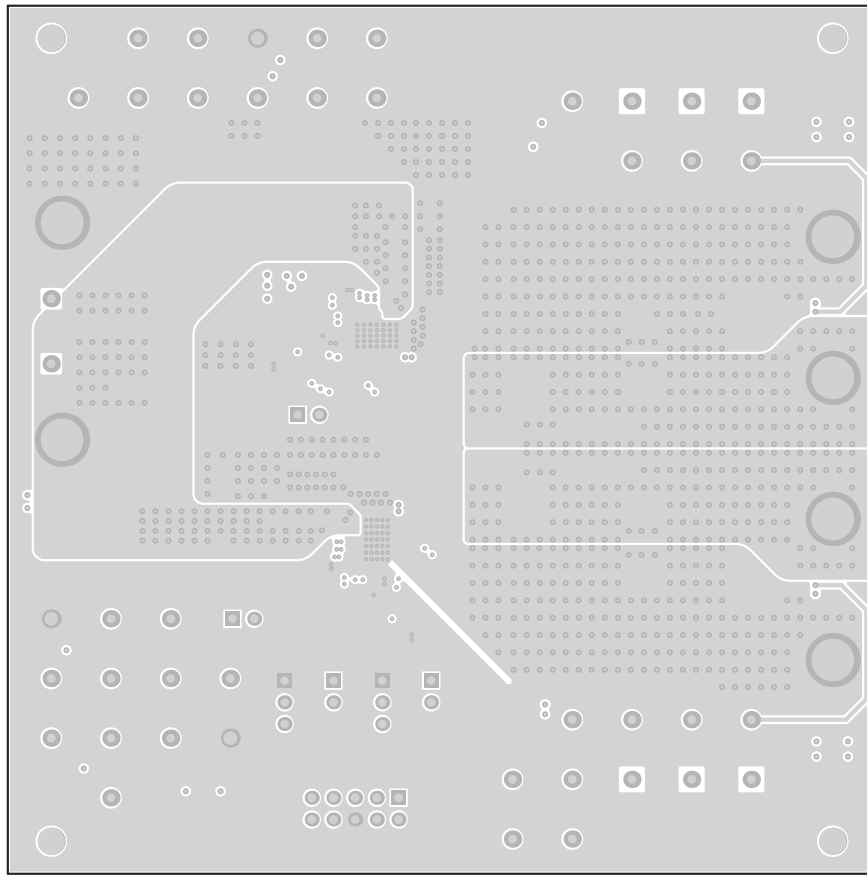


图 8-5. TPS546C23EVM2-746 EVM 内层 1 (顶视图)

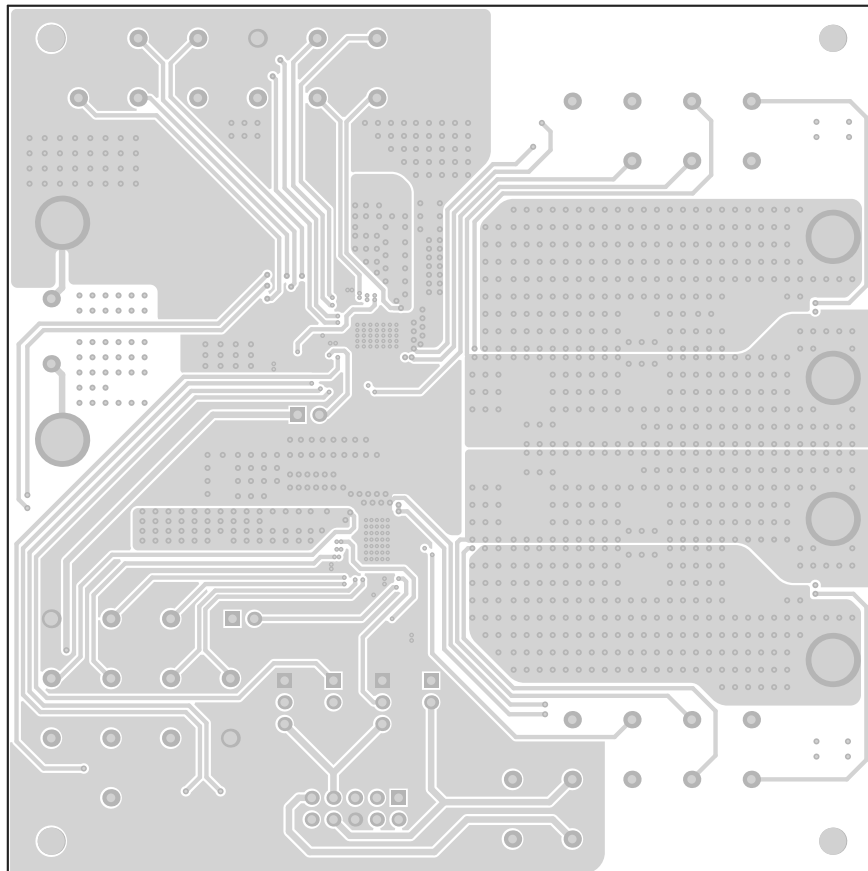


图 8-6. TPS546C23EVM2-746 EVM 内层 2 (顶视图)

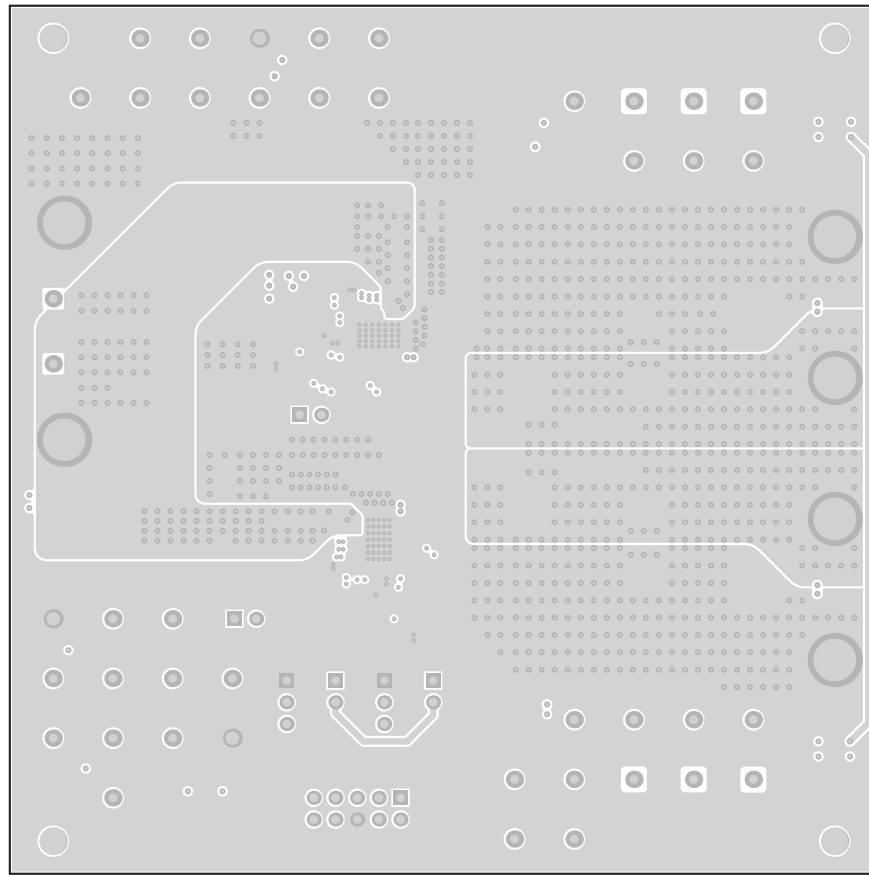


图 8-7. TPS546C23EVM2-746 EVM 内层 3 (顶视图)

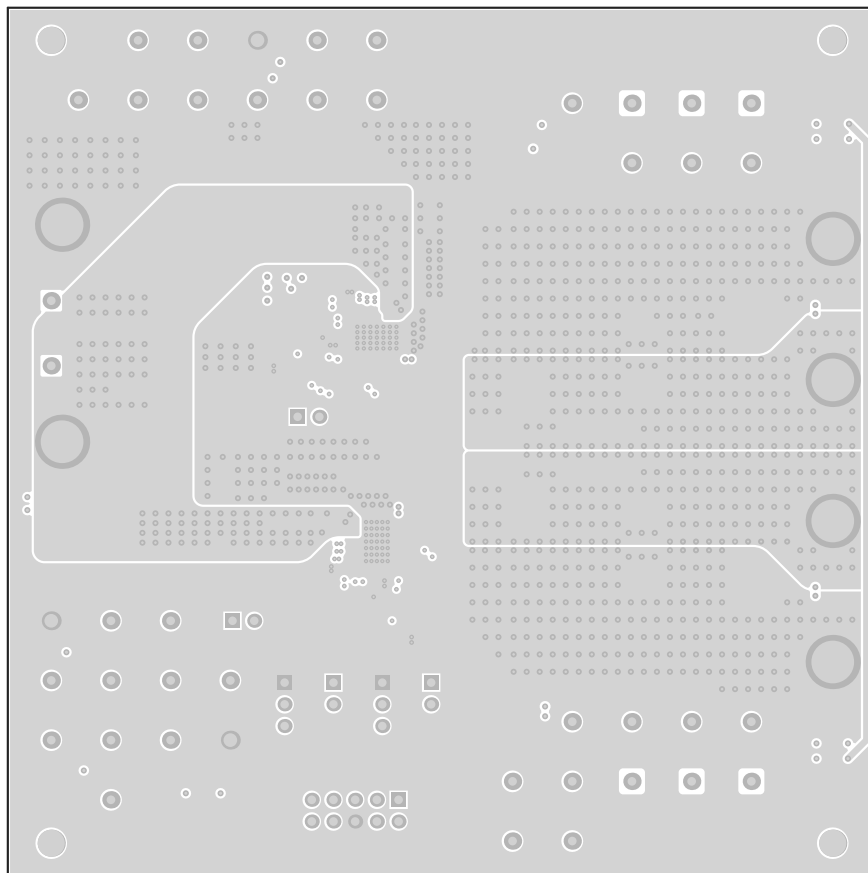


图 8-8. TPS546C23EVM2-746 EVM 内层 4 (顶视图)

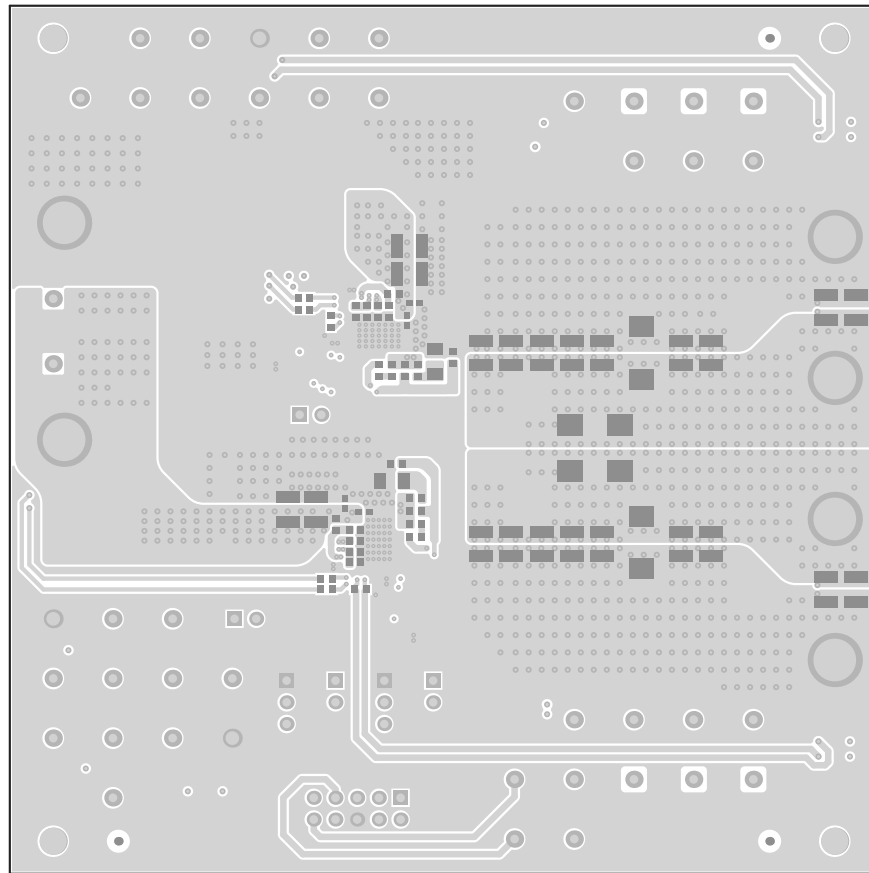


图 8-9. TPS546C23EVM2-746 EVM 底层铜 (顶视图)

9 物料清单

表 9-1 列出了 TPS546C23EVM2-746 (TPS546C23 EVM) 的物料清单 (BOM)。

表 9-1. TPS546C23EVM2-746 元件列表

数量	名称	描述	零件号	制造商
4	C1、C20、C29、C31	电容, 陶瓷, 1 μ F, 25V, \pm 10%, X7R, 0603	GRM188R71E105KA12D	Murata (村田)
4	C2 - C5	电容, 铝, 100 μ F, 35V, \pm 20%, 0.15 Ω , SMD	EEE-FC1V101P	Panasonic (松下)
6	C6 - C8、C17 - C19	电容, 陶瓷, 6800pF, 50V, \pm 10%, X7R, 0402	GRM155R71H682KA88D	Murata (村田)
8	C9 - C16	电容, 陶瓷, 22 μ F, 25V, \pm 10%, X6S, 1210	GRM32EC81E226KE15L	Murata (村田)
2	C21, C22	电容, 陶瓷, 0.1 μ F, 50V, \pm 10%, X7R, 0603	C0603C104K5RACTU	Kemet (基美)
2	C23, C24	电容, 陶瓷, 1200pF, 100V, \pm 5%, C0G/NP0, 0603	GRM1885C2A122JA01D	Murata (村田)
2	C25, C26	电容, 陶瓷, 1000pF, 100V, \pm 5%, X7R, 0603	06031C102JAT2A	AVX
2	C27、C28	电容, 陶瓷, 2200pF, 50V, \pm 5%, C0G/NP0, 0603	GRM1885C1H222JA01D	Murata (村田)
2	C31、C32	电容, 陶瓷, 270pF, 50V, \pm 5%, C0G/NP0, 0603	GRM1885C1H271JA01D	Murata (村田)
4	C33、C36 - C38	电容, 陶瓷, 2.2 μ F, 16V, \pm 10%, X7R, 0603	GRM188Z71C225KE43	Murata (村田)
2	C34、C39	电容, 陶瓷, 4.7 μ F, 10V, \pm 10%, X5R, 0603	C0603C475K8PACTU	Kemet (基美)
2	C35、C40	电容, 陶瓷, 0.1 μ F, 16V, \pm 10%, X7R, 0603	C0603C104K4RACTU	Kemet (基美)
10	C41、C44、C45、C48、C49、C52、C55、C60、C64、C68	电容, 陶瓷, 47 μ F, 10V, \pm 10%, X7R, 1210	GRM32ER71A476KE15L	Murata (村田)
2	C56、C76	电容, 陶瓷, 330pF, 50V, \pm 1%, C0G/NP0, 0603	C1608C0G1H331F080AA	TDK
2	C72、C74	电容, 钽聚合物, 470 μ F, 6.3V, \pm 20%, 0.01 Ω , 7343-40 SMD	6TPF470MAH	Panasonic (松下)
6	H1 - H6	机械螺丝平头十字槽 6-32	PMSSS 632 0038 PH	B&F Fastener Supply
4	H7 - H10	缓冲垫, 圆柱形, 0.312 \times 0.200, 黑色	SJ61A1	3M
1	J1	接头 (有罩), 100mil, 5 \times 2, 金, TH	5103308-1	TE Connectivity (泰科电子)
6	J2、J3、J7、J8、J10、J11	模锻螺纹螺柱, 黄铜, 模锻支架, TH	1546	Keystone
4	J4、J5、J6、J9	跳线 TIN SMD	S1911-46R	Harwin (豪英)
8	JP1、JP2、JP5、JP6	接头, 100mil, 2 \times 1, 锡, TH	5-146278-2	TE Connectivity (泰科电子)
2	JP3、JP4	接头, 100mil, 3 \times 1, 锡, TH	5-146278-3	TE Connectivity (泰科电子)
2	L1, L2	电感, 屏蔽, 铁氧体, 300nH, 52A, 0.00015 Ω , SMD	SLC1480-301MLB	Coilcraft (线艺)
1	LBL1	热转印打印标签, 0.650" (宽) \times 0.200" (高) - 10,000/卷	THT-14-423-10	Brady (布雷迪)
1	LED1	LED, 绿色, SMD	150060GS75000	Wurth Elektronik (伍尔特电子)
1	R1	电阻, 1.00k, 1%, 0.1W, 0603	CRCW06031K00FKEA	Vishay-Dale (威世达勒)
14	R2 - R5、R29、R30、R40 - R43、R48 - R51	电阻, 0, 5%, 0.1W, 0603	ERJ-3GEY0R00V	Panasonic (松下)
2	R6、R8	电阻, 1.10k Ω , 1%, 0.1W, 0603	RC0603FR-071K1L	Yageo America (国巨)
9	R7、R10、R13、R14、R17 - R19、R24、R25	电阻, 10.0k, 0.1%, 0.1W, 0603	RT0603BRD0710KL	Yageo America (国巨)
7	R11、R15、R16、R44 - R47	电阻, 49.9, 1%, 0.1W, 0603	CRCW060349R9FKEA	Vishay-Dale (威世达勒)
8	R14、R17 - R21、R24、R25	电阻, 10.0k Ω , 1%, 0.1W, 0603	RC0603FR-0710KL	Yageo America (国巨)
2	R20, R21	电阻, 5.60k Ω , 1%, 0.1W, 0603	RC0603FR-075K6L	Yageo America (国巨)
2	R22、R23	电阻, 1.0, 5%, 0.25W, 1206	CRCW12061R00JNEA	Vishay-Dale (威世达勒)

表 9-1. TPS546C23EVM2-746 元件列表 (continued)

数量	名称	描述	零件号	制造商
2	R26、R27	电阻, 5.11k Ω , 1%, 0.1W, 0603	CRCW06035K11FKEA	Vishay-Dale (威世达勒)
2	R33、R35	电阻, 34.8k Ω , 1%, 0.1W, 0603	RC0603FR-0734K8L	Yageo America (国巨)
2	R36、R37	电阻, 51.1k Ω , 1%, 0.1W, 0603	RC0603FR-0751K1L	Yageo America (国巨)
2	R38、R39	电阻, 40.2k, 1%, 0.1W, 0603	CRCW060340K2FKEA	Vishay-Dale (威世达勒)
6	SH-JP1 – SH-JP6	分流器, 100mil, 镀金, 黑色	969102-0000-DA	3M
7	TP5、TP14 – TP17、TP31、 TP32	测试点, 微型, 红色, TH	5000	Keystone
3	TP6、TP23、TP24	测试点, 微型, 黑色, TH	5001	Keystone
2	TP7、TP8	测试点, 微型, 红色, TH	5000	Keystone
10	TP9、TP10、TP25、TP26、 TP43、TP19、TP20、TP40、 TP41、TP42	测试点, 微型, 白色, TH	5002	Keystone
3	TP11、TP12、TP27	测试点, 多用途, 黑色, TH	5011	Keystone
2	TP37、TP38	测试点, 微型, 黑色, TH	5001	Keystone
2	U1, U2	4.5V 至 18V、35A PMBUS 可堆叠同步降压转换器, RVF0040A	TPS546C23	德州仪器 (TI)

10 截图

10.1 Fusion GUI 屏幕截图

启动 Fusion GUI 时，选择 **IC_DEVICE_ID** (图 10-1) 作为扫描模式，以查找 TPS546C23。

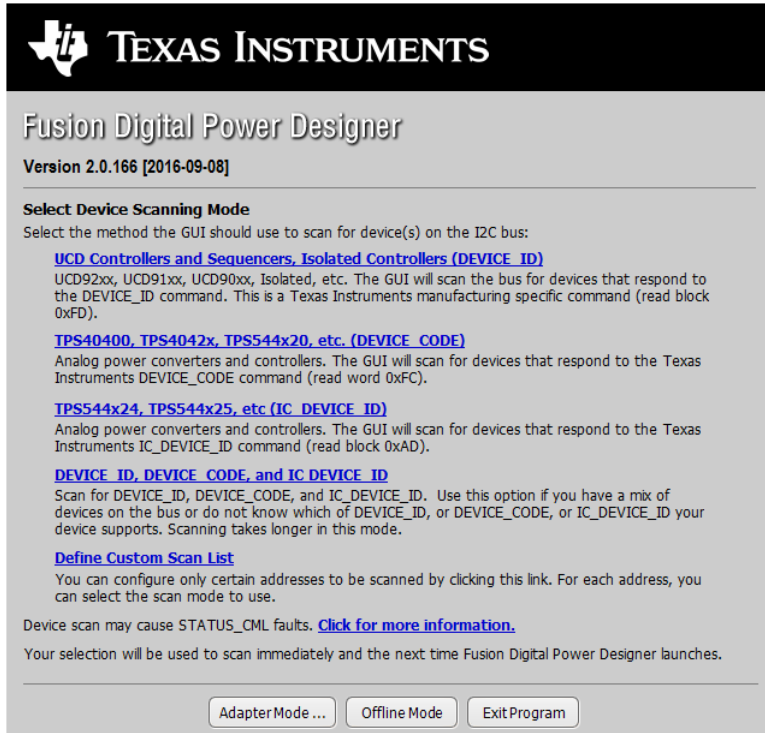
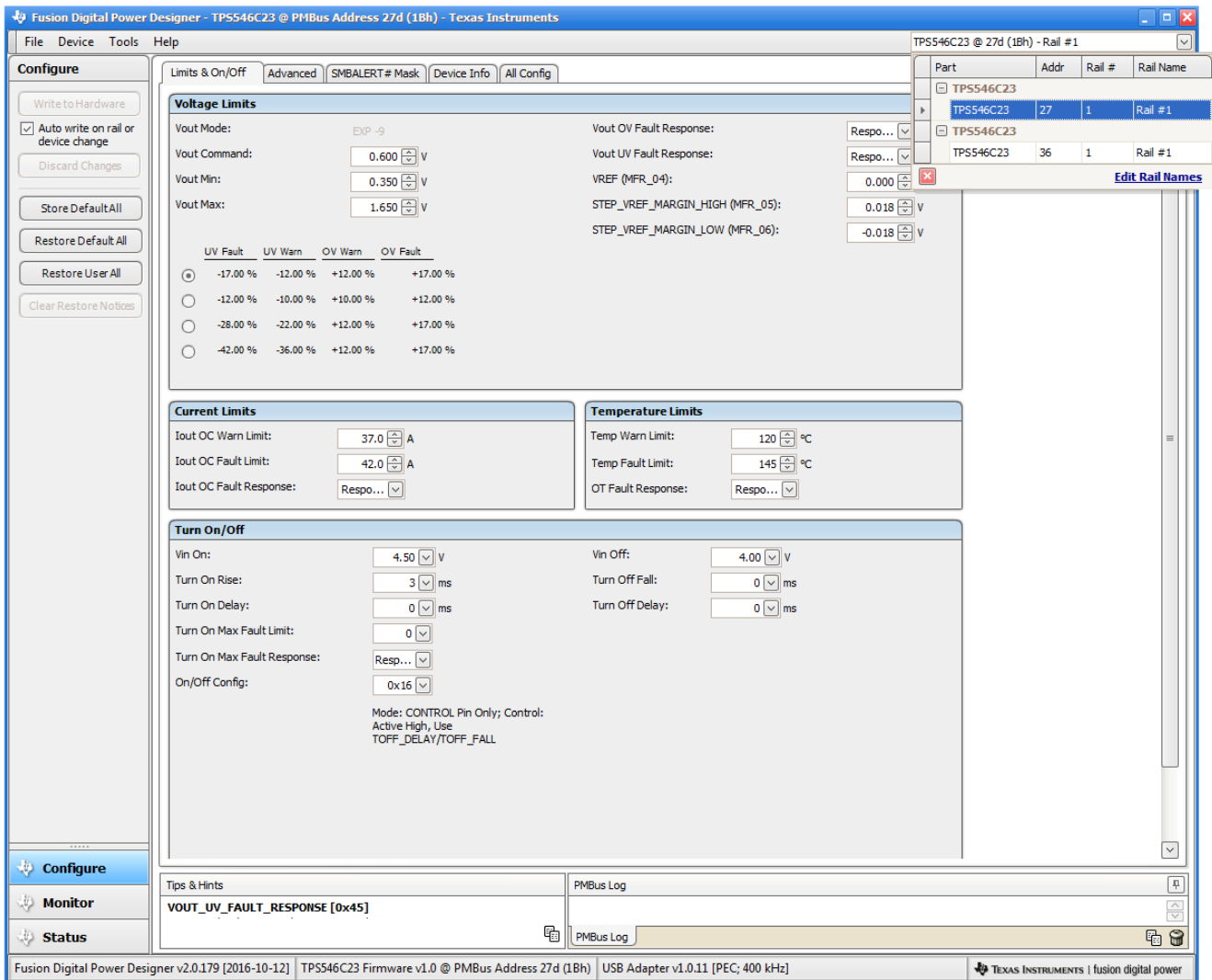


图 10-1. 选择器件扫描模式

- 使用 **Limits & On/Off** 选项卡 (图 10-2) 配置以下各项：
 - V_{ref} (Vout_Command)
 - OC 故障和 OC 警告
 - OT 故障和 OT 警告 (内核温度)
 - 电源正常状态限制
 - 故障响应
 - UVLO
 - 开/关配置
 - 软启动时间 (导通上升)
 - 裕度电压

更改一个或多个可配置参数后，可以通过点击 **Store DefaultAll** 将这些更改与非易失性存储器相关联。执行此操作后，系统会打开 **confirm selection** 弹出窗口，如果确认，这些更改便会与非易失性存储器相关联，从而将所有修改内容存储到非易失性存储器中。

环路控制器器件和环路跟随器器件连接到同一总线接口，可以使用右上角的下拉菜单切换视图屏幕。在两相堆叠系统中，如果检测到器件为环路跟随器，则会在 GUI 中禁用大多数可配置参数 (图 10-7)。



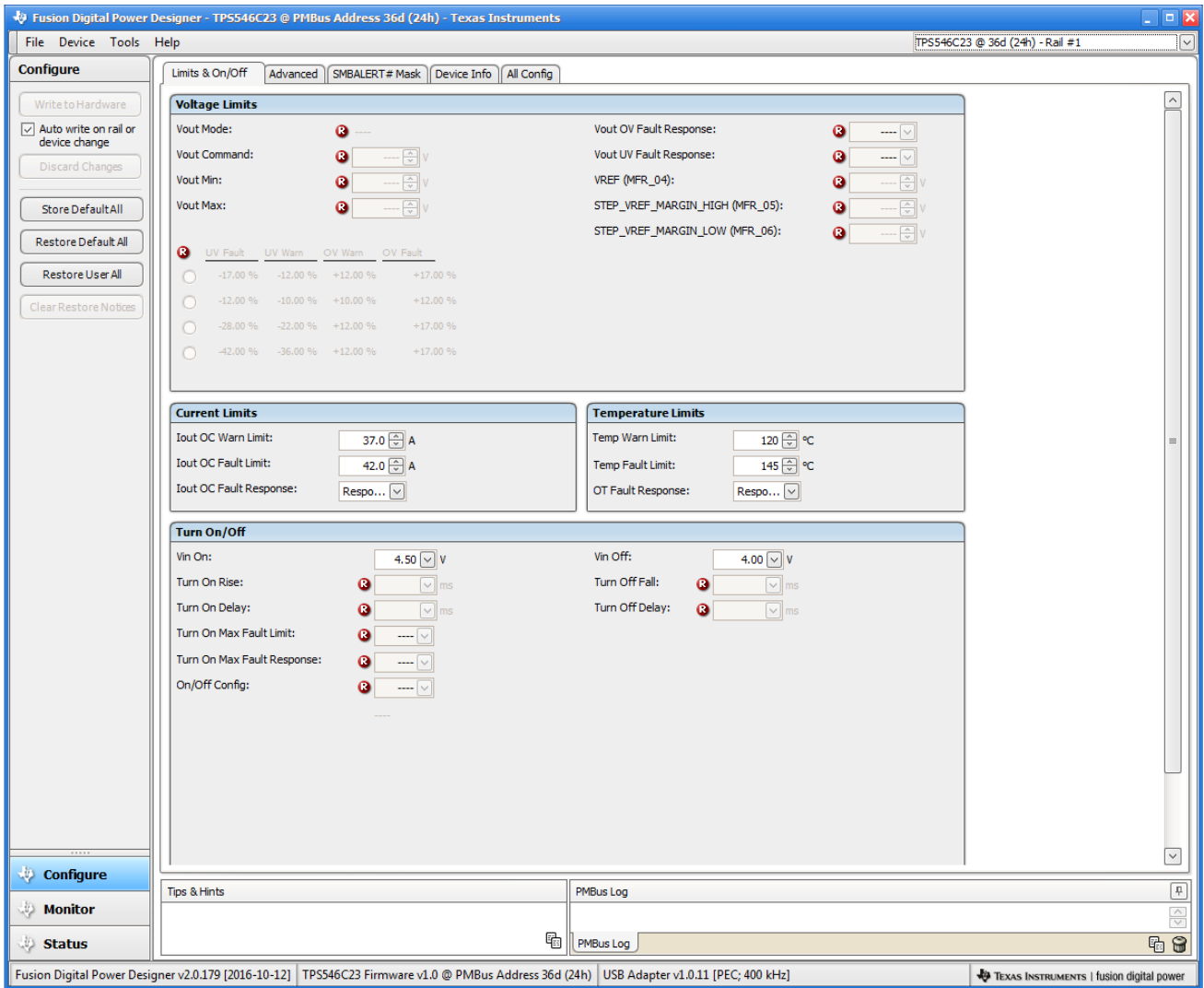


图 10-2. 配置 - 的限制和开关

截图

更改开/关配置时，系统会打开一个弹出窗口，其中包括选项的详细信息（图 10-3）。

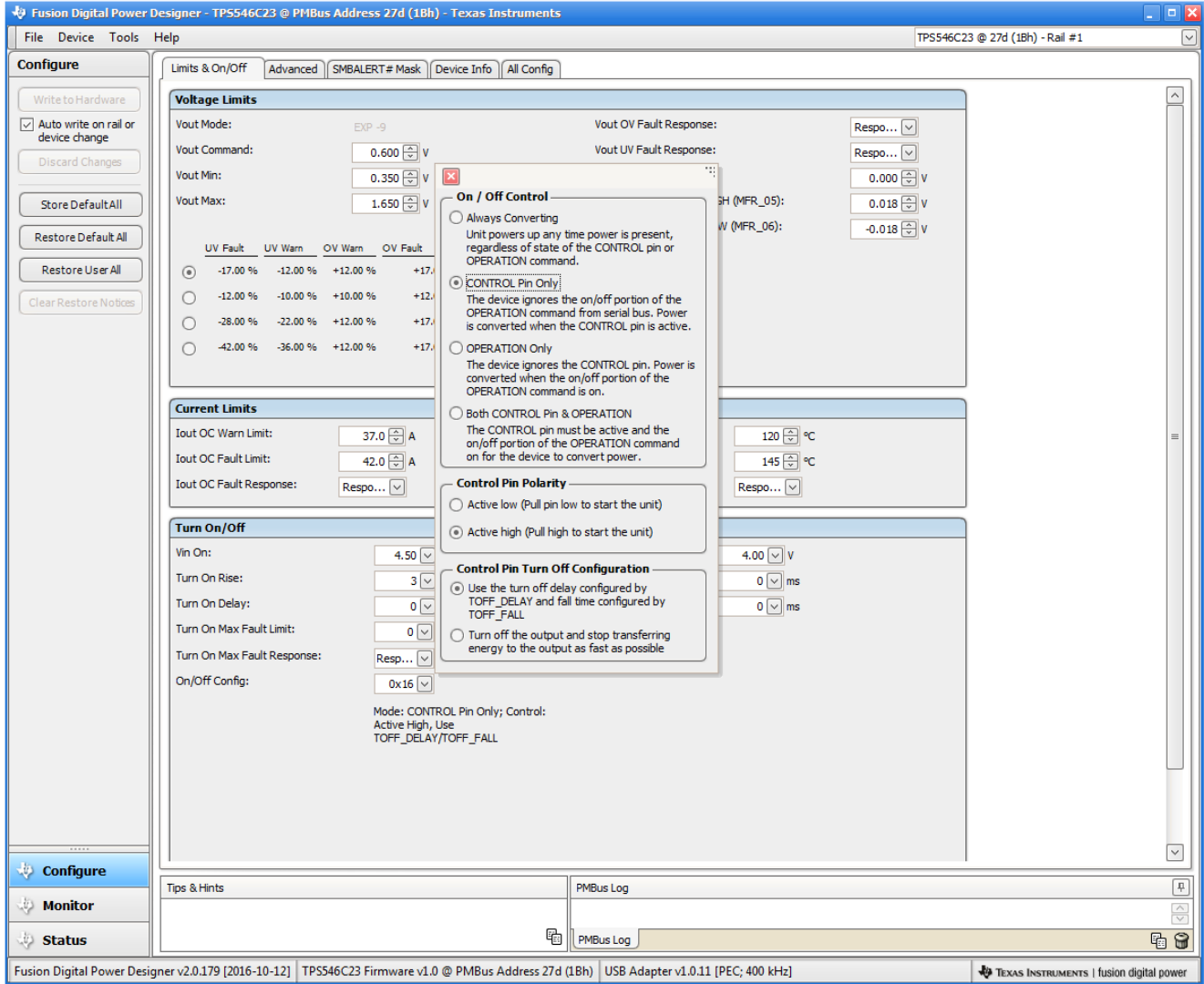


图 10-3. “ON/OFF Control” 弹出窗口

- 使用 **Advanced** 选项卡 (图 10-4) 配置以下各项：
 - OPTIONS : MFR_SPECIFIC_21 寄存器
 - API_OPTIONS : MFR_SPECIFIC_32 寄存器

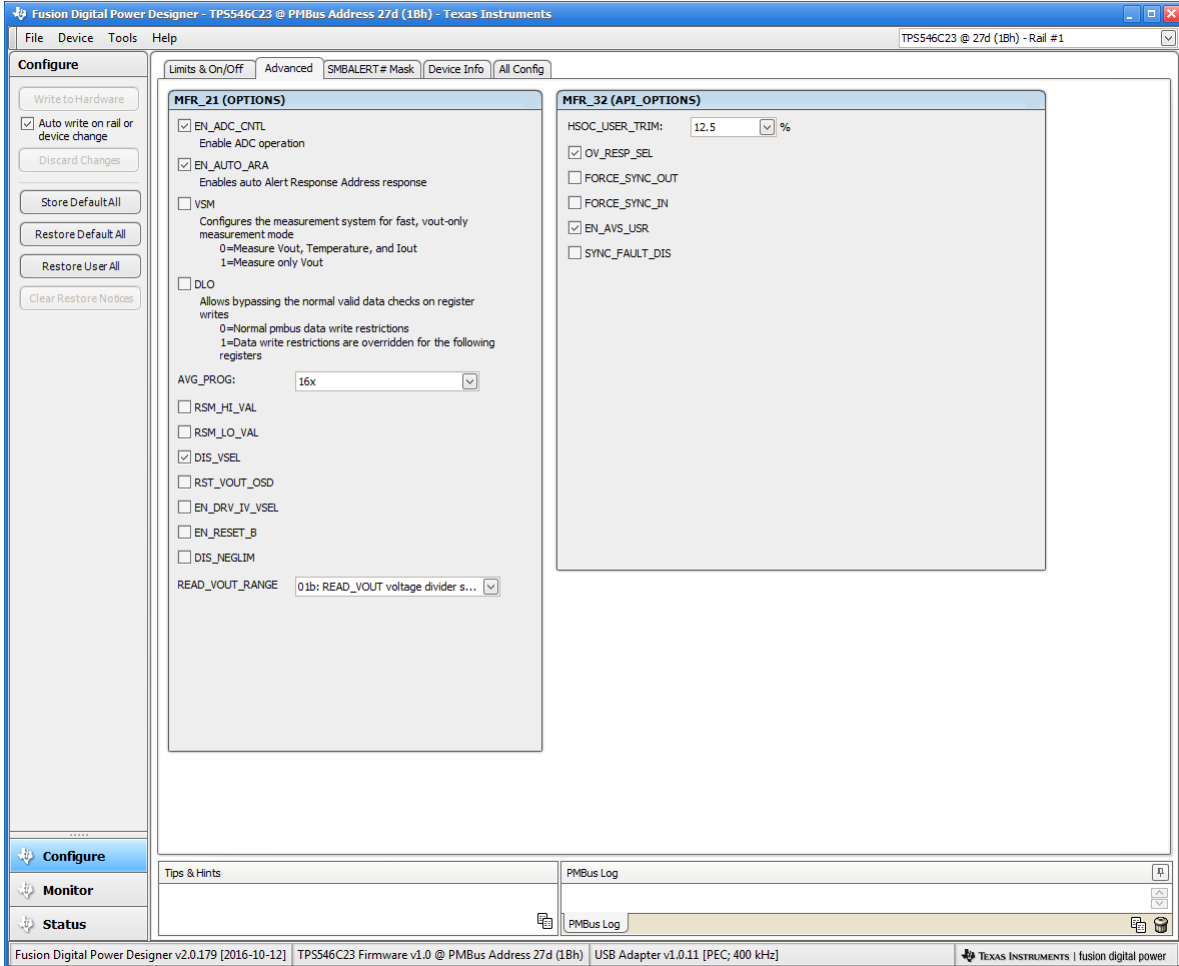


图 10-4. 配置 - Advanced

截图

可以在 **SMBALERT # Mask** 选项卡 (图 10-5) 中找到和配置可屏蔽的 SMBALERT 源。

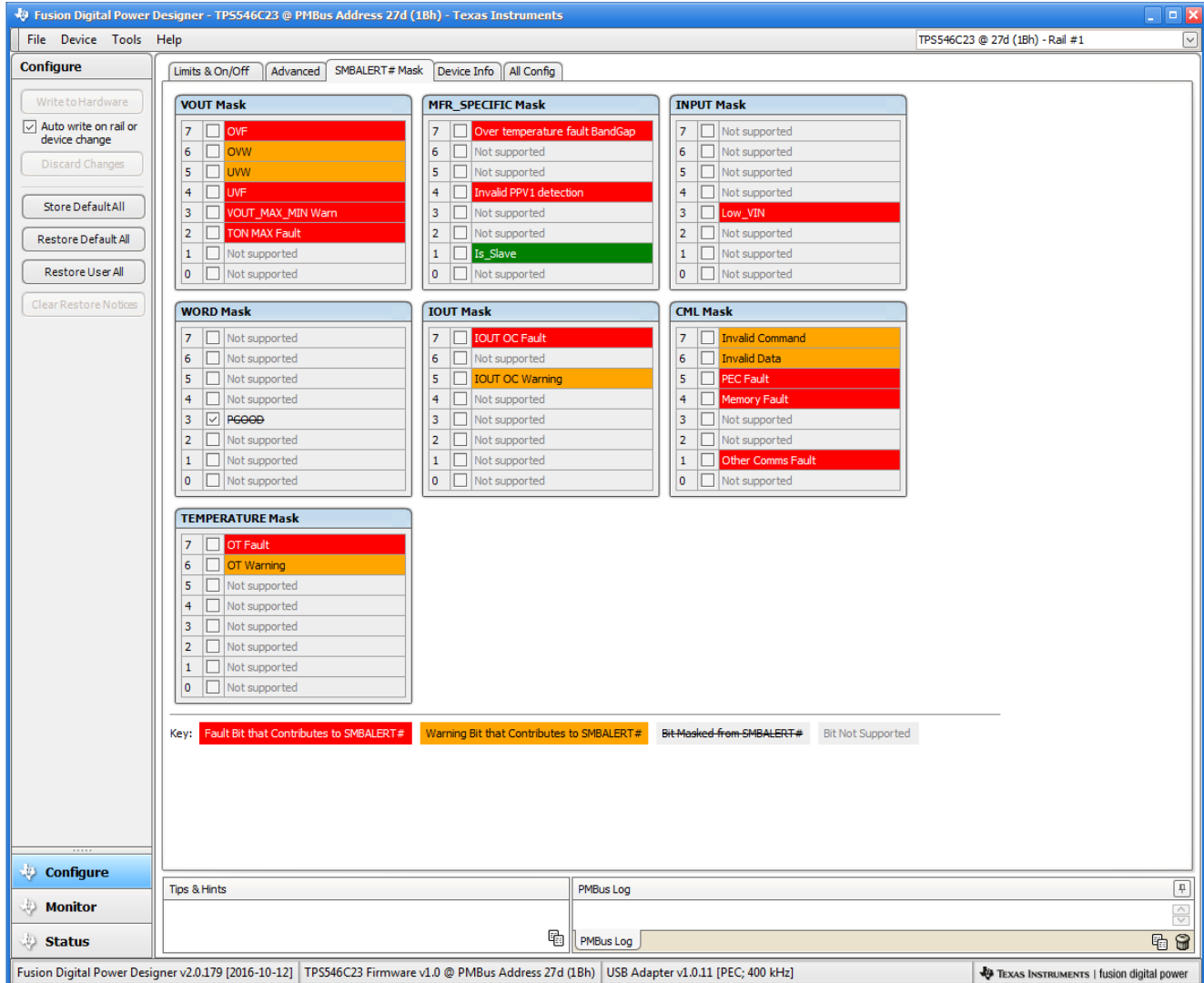


图 10-5. 配置 - SMBALERT # Mask

设备信息、“User Scratch Pad”、“Write Protection”选项，以及 **Vout Scale Loop**、**Vout Transition Rate** 和 **Iout Cal Offset** 的配置可以在 **Device Info** 选项卡 (图 10-6) 中找到。

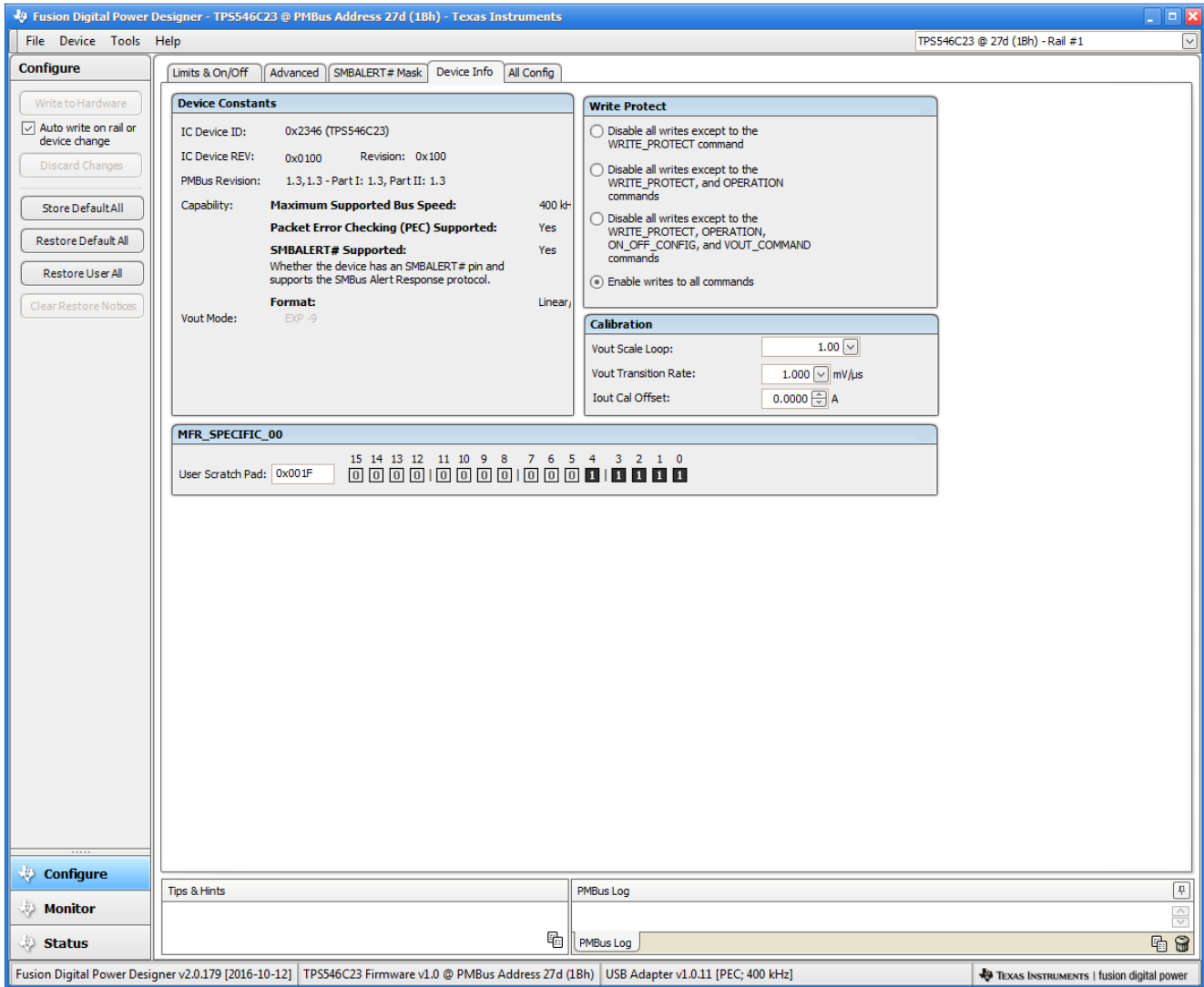
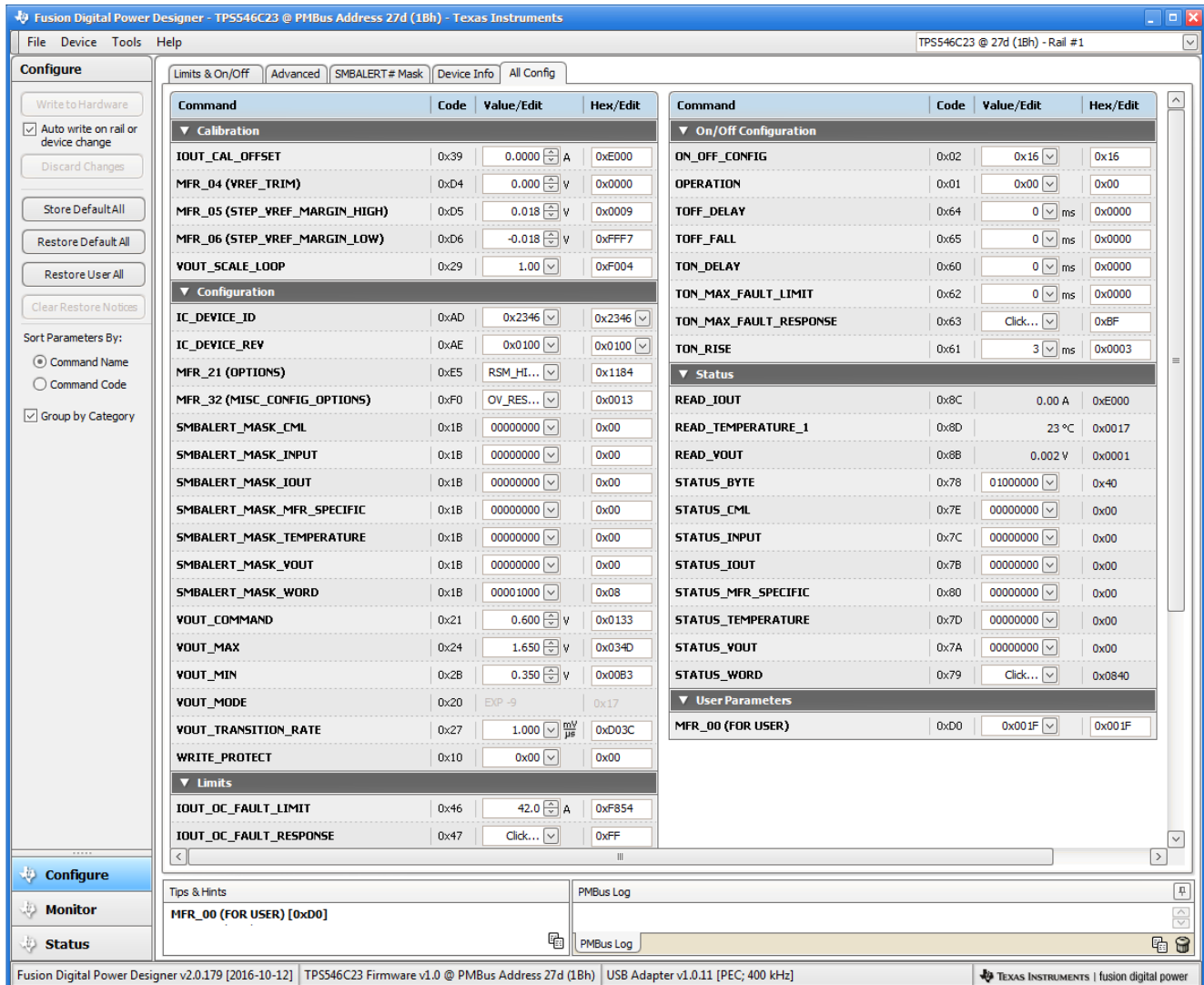


图 10-6. 配置 - Device Info

截图

使用 **All Config** 选项卡 (图 10-7) 配置所有可配置参数，该选项卡中还会显示其他详细信息，例如十六进制编码。



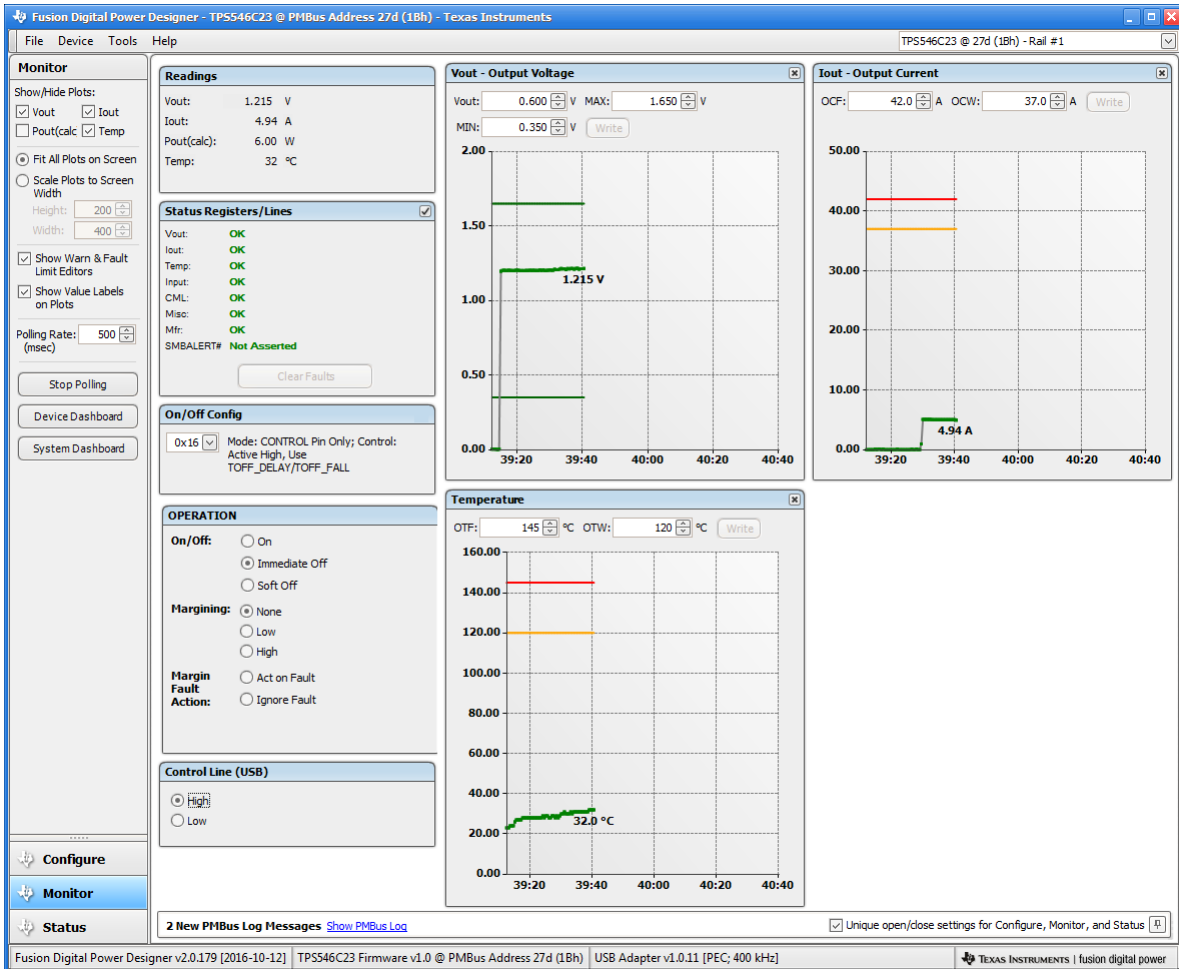
Command	Code	Value/Edit	Hex/Edit
Calibration			
IOUT_CAL_OFFSET	0x39	0.0000 A	0xE000
MFR_04 (VREF_TRIM)	0xD4	0.000 V	0x0000
MFR_05 (STEP_VREF_MARGIN_HIGH)	0xD5	0.018 V	0x0009
MFR_06 (STEP_VREF_MARGIN_LOW)	0xD6	-0.018 V	0xFF7
VOUT_SCALE_LOOP	0x29	1.00	0xF004
Configuration			
IC_DEVICE_ID	0xAD	0x2346	0x2346
IC_DEVICE_REV	0xAE	0x0100	0x0100
MFR_21 (OPTIONS)	0xE5	RSM_HI...	0x1184
MFR_32 (MISC_CONFIG_OPTIONS)	0xF0	OV_RES...	0x0013
SMBALERT_MASK_CML	0x1B	00000000	0x00
SMBALERT_MASK_INPUT	0x1B	00000000	0x00
SMBALERT_MASK_IOUT	0x1B	00000000	0x00
SMBALERT_MASK_MFR_SPECIFIC	0x1B	00000000	0x00
SMBALERT_MASK_TEMPERATURE	0x1B	00000000	0x00
SMBALERT_MASK_VOUT	0x1B	00000000	0x00
SMBALERT_MASK_WORD	0x1B	00001000	0x08
VOUT_COMMAND	0x21	0.600 V	0x0133
VOUT_MAX	0x24	1.650 V	0x034D
VOUT_MIN	0x2B	0.350 V	0x00B3
VOUT_MODE	0x20	EXP -9	0x17
VOUT_TRANSITION_RATE	0x27	1.000 mV/μs	0xD03C
WRITE_PROTECT	0x10	0x00	0x00
Limits			
IOUT_OC_FAULT_LIMIT	0x46	42.0 A	0xF854
IOUT_OC_FAULT_RESPONSE	0x47	Click...	0xFF

图 10-7. 配置 - All Config

选择 **Monitor** 屏幕 (图 10-8) 后, 屏幕会改为显示器件所衡量参数的实时数据。此屏幕包含以下各项:

- V_{OUT} 、 I_{out} 、 $Temperature$ 和 P_{out} 的图表
- **Start/Stop Polling**, 它可以打开/关闭数据的实时显示
- 快速访问 “On/Off config”
- 控制引脚激活和 **OPERATION** 命令
- 裕度控制
- 清除故障。选择 **Clear Faults** 即可清除之前的所有故障标志。

两个器件堆叠在一起时, 环路控制器或环路跟随器器件的 **IOUT** 读数是器件本身支持的负载电流, 因此 **IOUT** 读数为总负载的一半。



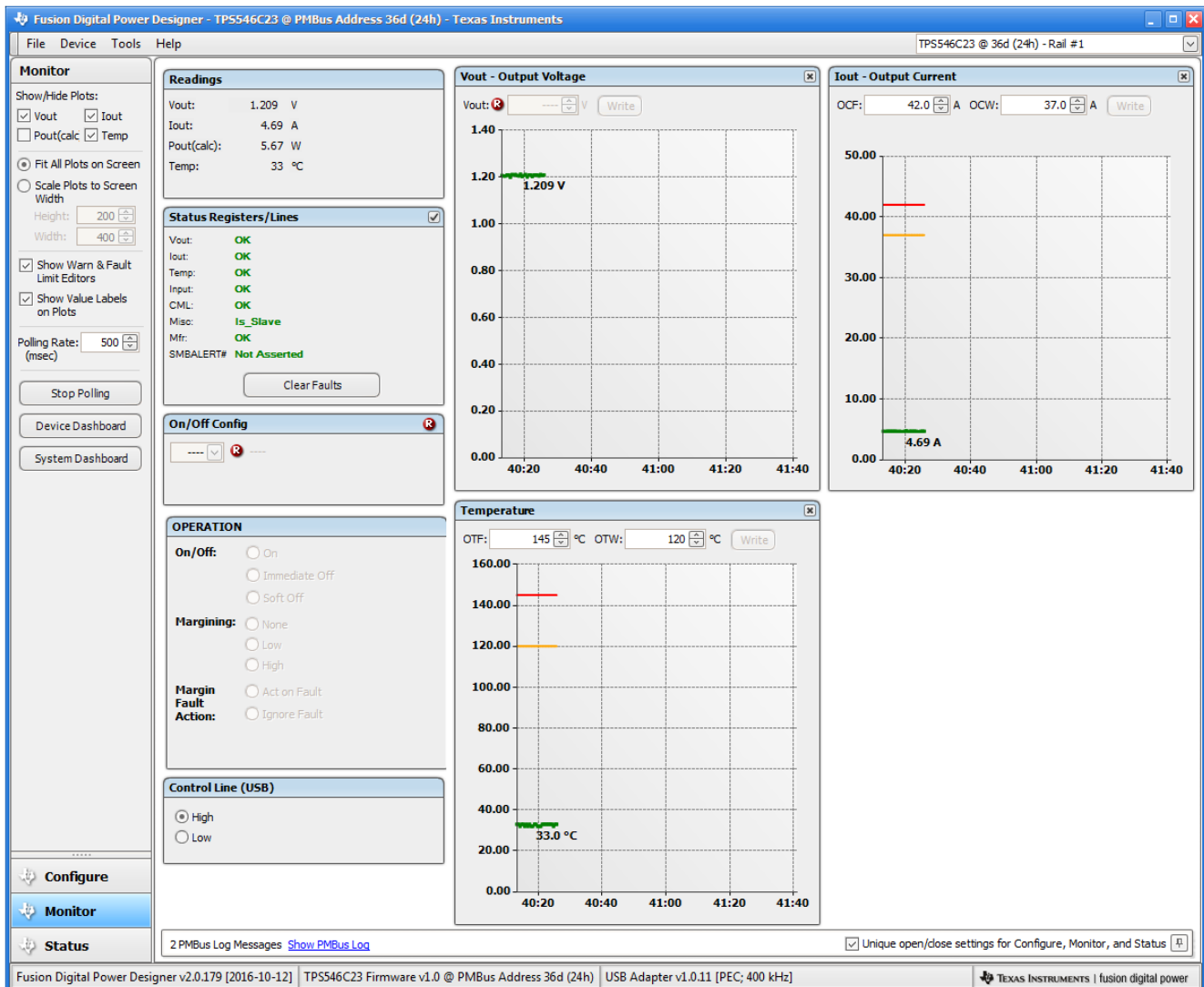


图 10-8. 总负载为 10A 时的“Monitor”屏幕

在左下角选择 *Status* 屏幕 (图 10-9) 即可显示器件的状态。

Fusion Digital Power Designer - TPS546C23 @ PMBus Address 27d (1Bh) - Texas Instruments

File Device Tools Help TPS546C23 @ 27d (1Bh) - Rail #1

Status

Stop Polling

Launch Dashboard

Clear Faults

ARA

None

Configure

Monitor

Status

Status Registers

Bit	Register	Description
7	OVF	Output Voltage Fault
6	OVW	Output Voltage Warning
5	UVW	Under Voltage Warning
4	UVF	Under Voltage Fault
3	VOUT_MAX_MIN Warn	Output Voltage Max/Min Warning
2	TON MAX Fault	TON Max Fault
1	0	Reserved
0	0	Reserved

Bit	Register	Description
7	IOUT_OC Fault	Output Current Overcurrent Fault
6	IOUT_OC Fault with LV Shutdown	Output Current Overcurrent Fault with LV Shutdown
5	IOUT_OC Warning	Output Current Overcurrent Warning
4	IOUT_UC Fault	Output Current Undercurrent Fault
3	Current Share Fault	Current Share Fault
2	Power Limiting Mode	Power Limiting Mode
1	POUT_OP Fault	Power Output Overcurrent Fault
0	POUT_OP Warning	Power Output Overcurrent Warning

Bit	Register	Description
7	OT Fault	Over Temperature Fault
6	OT Warning	Over Temperature Warning
5	UT Fault	Under Temperature Fault
4	UT Warning	Under Temperature Warning
3	Reserved	Reserved
2	Reserved	Reserved
1	Reserved	Reserved
0	Reserved	Reserved

Bit	Register	Description
15	VFW	Vin Overcurrent Fault
14	OCFW	Output Current Fault
13	INPUT	Input Fault
12	HFR fault/warn	High Frequency Ripple Fault/Warning
11	PGOOD_Z	PGOOD Z Fault
10	FANS	Fan Status
9	OTHER	Other Faults
8	Unknown	Unknown
7	Busy	Busy
6	OFF	Off Mode
5	OVF	Output Voltage Fault
4	OCF	Output Current Fault
3	Vout_MAX_Warning	Output Voltage Max Warning
2	OTFW	Over Temperature Fault/Warning
1	CML	Comms Limit
0	OTH	Other

Bit	Register	Description
7	Win OV Fault	Wide Area Input Over Voltage Fault
6	Win OV Warning	Wide Area Input Over Voltage Warning
5	Win UV Warning	Wide Area Input Under Voltage Warning
4	Win UV Fault	Wide Area Input Under Voltage Fault
3	Low_VIN	Low Input Voltage
2	IIN_OC Fault	Input Current Overcurrent Fault
1	IIN_OC Warning	Input Current Overcurrent Warning
0	PIN_OP Warning	Power Input Overcurrent Warning

Bit	Register	Description
7	Fan 1 Fault	Fan 1 Fault
6	Fan 2 Fault	Fan 2 Fault
5	Fan 1 Warning	Fan 1 Warning
4	Fan 2 Warning	Fan 2 Warning
3	Fan 1 Speed Overridden	Fan 1 Speed Overridden
2	Fan 2 Speed Overridden	Fan 2 Speed Overridden
1	Air Flow Fault	Air Flow Fault
0	Air Flow Warning	Air Flow Warning

Bit	Register	Description
7	Fan 3 Fault	Fan 3 Fault
6	Fan 4 Fault	Fan 4 Fault
5	Fan 3 Warning	Fan 3 Warning
4	Fan 4 Warning	Fan 4 Warning
3	Fan 3 Speed Overridden	Fan 3 Speed Overridden
2	Fan 4 Speed Overridden	Fan 4 Speed Overridden
1	Reserved	Reserved
0	Reserved	Reserved

Bit	Register	Description
7	Over temperature fault Band	Over temperature fault Band
6	FSM Illegal ZERO state	FSM Illegal ZERO state
5	FSM Illegal MANY ONES state	FSM Illegal MANY ONES state
4	Invalid PPV1 detection	Invalid PPV1 detection
3	Invalid PPV0 detection	Invalid PPV0 detection
2	RESET VOUT	Reset VOUT
1	Is_Slave	Is Slave
0	SYNC_FAULT	Sync Fault

Bit	Register	Description
7	Reserved	Reserved
6	Reserved	Reserved
5	Input A fuse Or circuit breaker fault	Input A fuse Or circuit breaker fault
4	Input B fuse or circuit breaker fault	Input B fuse or circuit breaker fault
3	Input A OR-ing device fault	Input A OR-ing device fault
2	Input B OR-ing device fault	Input B OR-ing device fault
1	Output OR-ing device fault	Output OR-ing device fault
0	Reserved	Reserved

Clear Faults Key: Fault Warning See other register Bit not set Bit not implemented

2 PMBus Log Messages [Show PMBus Log](#) Unique open/close settings for Configure, Monitor, and Status

Fusion Digital Power Designer v2.0.179 [2016-10-12] TPS546C23 Firmware v1.0 @ PMBus Address 27d (1Bh) USB Adapter v1.0.11 [PEC; 400 kHz] TEXAS INSTRUMENTS | fusion digital power

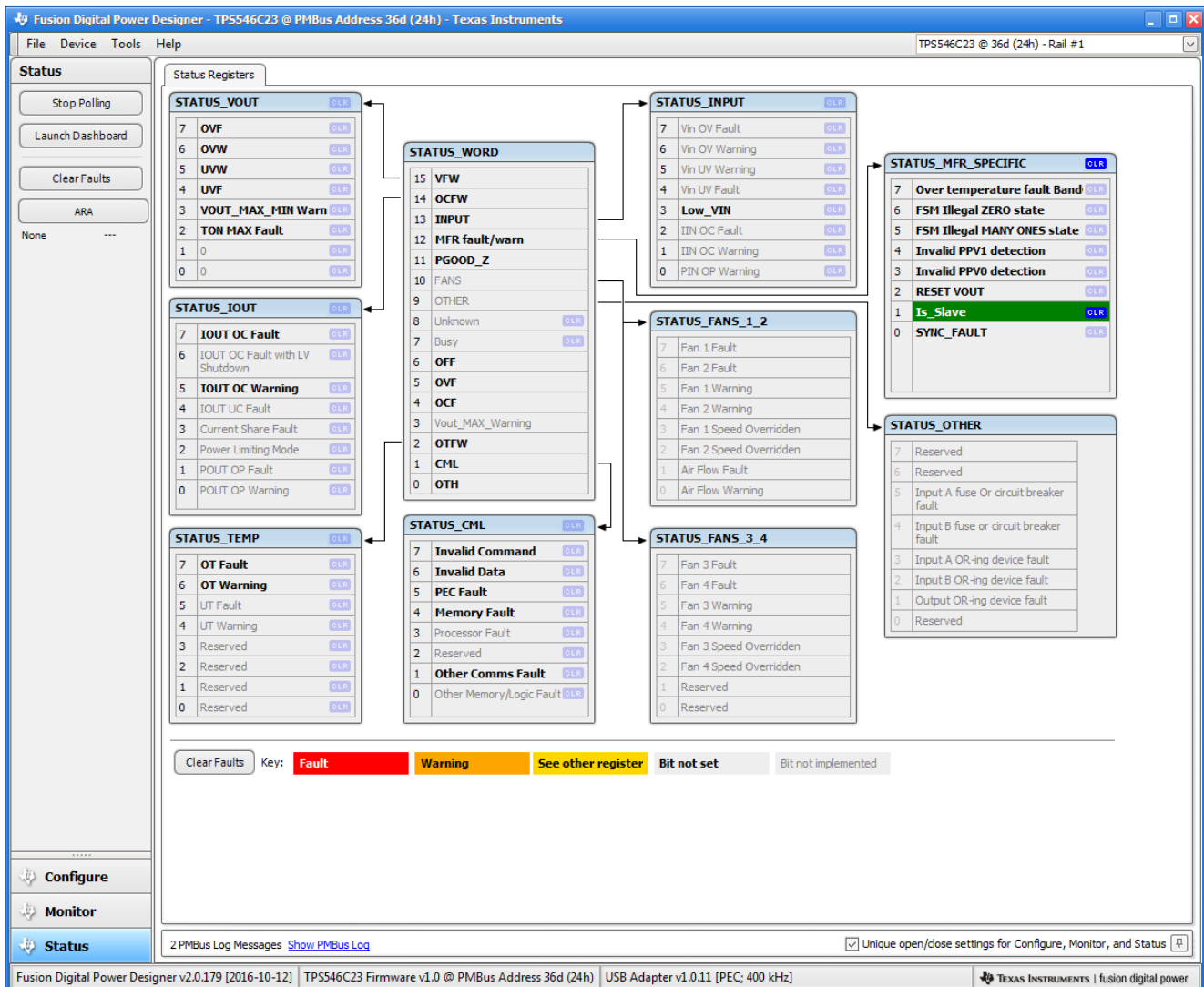


图 10-9. “Status” 屏幕

11 修订历史记录

注：以前版本的页码可能与当前版本的页码不同

Changes from Revision * (November 2016) to Revision A (February 2022)

Page

- 更新了整个文档中的表格、图和交叉参考的编号格式。..... 3
- 更新了新版用户指南的标题..... 3

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 © 2022，德州仪器 (TI) 公司