TPS7H3014-SP 和 TPS7H3014-SEP 耐辐射、14V、4 通道序列发生器

1 特性

- 辐射性能：
  - 对于符合 QML 和 SEP 标准的器件，耐辐射加固保障 (RHA) 分别高达 100krad(Si) 和 50krad(Si) 总电离剂量 (TID)
  - 对于符合 QML 和 SEP 标准的器件，单粒子锁定 (SEL)、单粒子烧毁 (SEB) 和单粒子栅穿 (SEGR) 对于线性能量传递 (LET) 的抗扰度分别高达 75MeV-cm^2/mg 和 43MeV-cm^2/mg
  - 对于符合 QML 和 SEP 标准的器件，单粒子功能中断 (SEFI) 和单粒子瞬变 (SET) 对于 LET 的额定值分别高达 75MeV-cm^2/mg 和 43MeV-cm^2/mg
- 宽电源输入电压范围 (V_{IN})：3V 至 14V
- 使用单个器件对多达 4 个电压轨进行定序和监控
  - 菊花链连接功能支持扩展的通道数
- 单电阻器可编程全局计时器用于：
  - 定序开启和关闭延迟
  - 定序开启到稳压的时间
- 倒序定序关闭
- 高精度阈值电压和迟滞电流
  - 电压、温度和辐射 (TID) 范围内的 V_{TH_SENSEx} 为 599mV ± 1%
  - 电压、温度和辐射 (TID) 范围内的 I_{HYS_SENSEx} 为 24 µA ± 3%
- 具有 1.6V 至 7V 可编程上拉电压的推挽输出
  - 全局 ENx 上拉域 (V_{PULL_UP1})
  - 通用 SEQ_DONE 和 PWRGD 上拉域 (V_{PULL_UP2})
- $\overline{FAULT}$ 开漏输出，用于监控状态机引起的故障
- 通过符合 ASTM E595 标准的塑料封装废气测试
- 支持军用（–55°C 至 125°C）温度范围

2 应用

- 卫星电力系统 (EPS)
- 复杂数字处理器的控制序列和监控，例如：适用于航天应用的 FPGA、SoC、AFE 和电源系统

3 说明

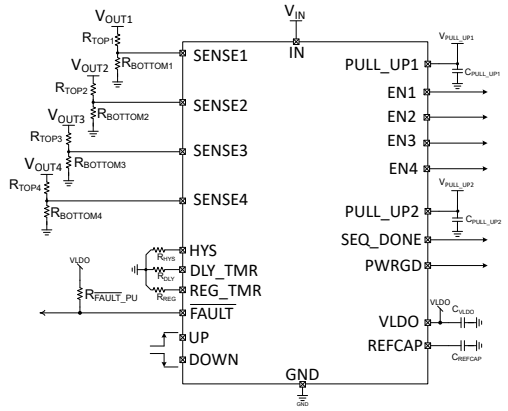
TPS7H3014 是一款集成式 3V 至 14V、四通道耐辐射加固保障电源序列发生器。通过在菊花链配置中连接多个器件可扩展通道数。该器件可为具有高电平有效（“开启”）输入的集成电路 (IC) 提供定序开启和关闭控制信号。此外，还提供了 SEQ_DONE 和 PWRGD 标志，用于监控电源树的序列和电源状态。

精确的 599mV ± 1% 阈值电压和 24 µA ± 3% 迟滞电流提供可编程上升和下降监控电压。上升和下降延迟时间可通过单个电阻进行全局编程。此外，提供的至稳压时间计时器可跟踪 SENSEx 上的上升电压。除了这些特性外，该器件还包含一个故障检测引脚，用于监控内部产生的故障并为电源时序航天应用提供更高的系统级可靠性。QML 型号 5962R2320101VXC 提供了标准微电路图 (SMD)。

器件信息

器件型号(1)	GRADE(2)	封装 (3)
5962R2320101VXC	QMLV-RHA	22 引脚陶瓷 (CFP) 6.21mm x 7.69mm 质量 = 415.6mg
TPS7H3014HFT/EM	工程样片	
TPS7H3014MPWTSEP	SEP	24 引脚塑料 (TSSOP) 4.4mm x 7.8mm 质量 = 102.3mg

(1) 有关更多信息，请查看器件选项表。
(2) 有关器件等级的其他信息，请查看 SLYB235。
(3) 尺寸和质量为标称值。



典型应用

本资源的原文使用英文撰写。 为方便起见，TI 提供了译文；由于翻译过程中可能使用了自动化工具，TI 不保证译文的准确性。 为确认准确性，请务必访问 ti.com 参考最新的英文版本（控制文档）。

内容

1 特性 1
2 应用 1
3 说明 1
4 器件选项 3
5 引脚配置和功能 4
6 规格 6
6.1 绝对最大额定值 6
6.2 ESD 等级 6
6.3 建议运行条件 7
6.4 热性能信息 7
6.5 电气特性 8
6.6 时序要求 11
6.7 质量合格检验 11
6.8 典型特性 12
7 参数测量信息 18
8 详细说明 22
8.1 概述 22
8.2 功能方框图 23
8.3 特性说明 24
8.4 菊花链 40
9 应用和实施 41
9.1 应用信息 41
9.2 典型应用 41
9.3 外部感应系统复位 49
9.4 电源相关建议 49
9.5 布局 49
10 器件和文档支持 52
10.1 文档支持 52
10.2 接收文档更新通知 52
10.3 支持资源 52
10.4 商标 52
10.5 静电放电警告 52
10.6 术语表 52
11 修订历史记录 52
12 机械、封装和可订购信息 53

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

4 器件选项

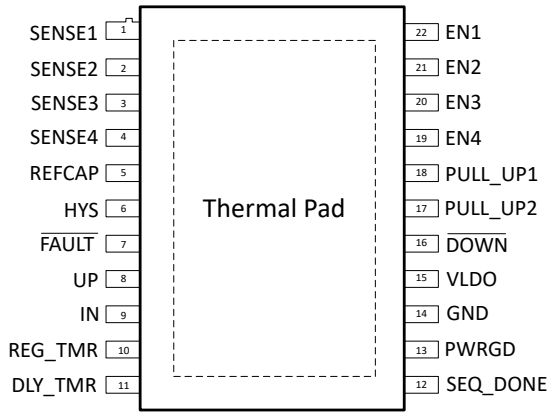
通用器件型号	辐射等级(1)	等级(2)	封装	可订购器件型号
TPS7H3014-SP	TID 为 100krad(Si) RLAT，不考虑 DSEE 的影响为 75MeV-cm^2/mg	QMLV-RHA	22 引脚 CFP HFT	5962R2320101VXC
	无	工程模型(3)	22 引脚 CFP HFT	TPS7H3014HFT/EM
TPS7H3014-SEP	TID 为 50krad(Si) RLAT，不考虑 DSEE 的影响为 43MeV-cm^2/mg	增强型航天塑料	24 引脚 TSSOP (PW)	TPS7H3014MPWTSEP

(1) TID 是总电离剂量，DSEE 是破坏性单粒子效应。每个产品的关联 TID 报告和 SEE 报告中提供了额外信息。
(2) 有关器件等级的其他信息，请查看 SLYB235。
(3) 这些器件仅适用于工程评估。它们按照不合规流程进行处理（例如，未进行老化处理，仅在 25°C 下进行测试）。这些器件不适用于鉴定、量产、辐射测试或飞行。器件在温度范围以外或超过使用寿命时的性能不受保证。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

5 引脚配置和功能

HFT 封装
22 引脚 CFP
顶视图



PW 封装
24 引脚 TSSOP
顶视图

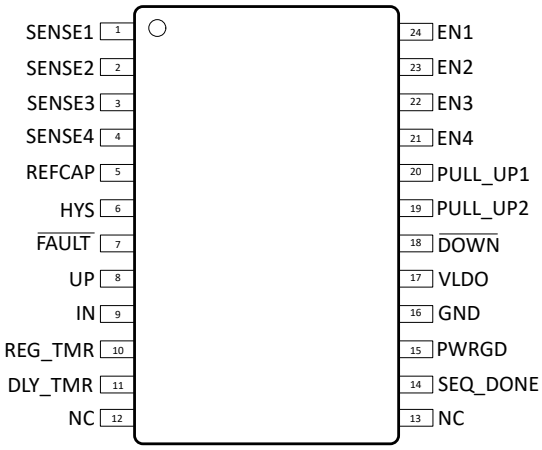


表 5-1. 引脚功能

引脚			I/O(1)	说明
名称	HFT (22) 编号	PW (24) 编号		
SENSE1	1	1	I	比较器的同相输入，用于监控第一个要进行定序上电/下电的电源轨。在待监控的电源轨和 GND 之间连接一个外部电阻分压器，其中的中点连接到 SENSE1，以设置 V_{ON} 和 V_{OFF} 电压。此引脚上大于 599mV（典型值）的电压被视为已稳压电压轨 (V_{ON})。V_{OFF} 由 I_{HYS} 电流和电阻分压器的顶部电阻器设置。请参阅 顶部和底部电阻分压器设计公式。
SENSE2	2	2	I	比较器的同相输入，用于监控第二个要进行定序上电/下电的电源轨。在待监控的电源轨和 GND 之间连接一个外部电阻分压器，其中的中点连接到 SENSE2，以设置 V_{ON} 和 V_{OFF} 电压。此引脚上大于 599mV（典型值）的电压被视为已稳压电压轨 (V_{ON})。V_{OFF} 由 I_{HYS} 电流和电阻分压器的顶部电阻器设置。请参阅 顶部和底部电阻分压器设计公式。
SENSE3	3	3	I	比较器的同相输入，用于监控第三个要进行定序上电/下电的电源轨。在待监控的电源轨和 GND 之间连接一个外部电阻分压器，其中的中点连接到 SENSE3，以设置 V_{ON} 和 V_{OFF} 电压。此引脚上大于 599mV（典型值）的电压被视为已稳压电压轨 (V_{ON})。V_{OFF} 由 I_{HYS} 电流和电阻分压器的顶部电阻器设置。请参阅 顶部和底部电阻分压器设计公式。
SENSE4	4	4	I	比较器的同相输入，用于监控第四个要进行定序上电/下电的电源轨。在待监控的电源轨和 GND 之间连接一个外部电阻分压器，其中的中点连接到 SENSE4，以设置 V_{ON} 和 V_{OFF} 电压。此引脚上大于 599mV（典型值）的电压被视为已稳压电压轨 (V_{ON})。V_{OFF} 由 I_{HYS} 电流和电阻分压器的顶部电阻器设置。请参阅 顶部和底部电阻分压器设计公式。
REFCAP	5	5	O	1.2V 内部基准。需要将 470nF 的外部电容器连接到 GND。请勿加载此引脚。
HYS	6	6	O	迟滞。在此引脚和 GND 之间连接一个 50kΩ 电阻器，以编程 SENSE1 至 SENSE4 处的迟滞电流（通常为 24μA）。为确保精度，建议使用容差为 0.1% 的电阻器。
$\overline{\text{FAULT}}$	7	7	O	$\overline{\text{FAULT}}$。开漏输出，被状态机强制为低电平，以指示内部生成的故障。建议通过 10kΩ 将此引脚上拉至 VLDO。但是，只要处于稳定状态并且在器件运行期间不改变其值，就可以使用不同的外部电压源作为上拉电压。
UP	8	8	I	比较器的同相输入。大于 599mV（典型值）的电压将产生一个上升边沿并且将启动定序上电。此引脚可由外部控制器驱动，或通过外部电阻分压器连接到主电源轨（中点连接到 UP 引脚），从而自动启动定序上电。存在 100mV（典型值）固定迟滞以实现噪声稳定性。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

表 5-1. 引脚功能（续）

引脚			I/O(1)	说明
名称	HFT (22) 编号	PW (24) 编号		
IN	9	9	I	器件的输入电源。输入电压范围为 3V 至 14V。将至少一个 0.1 µ F 电容器连接到尽可能靠近引脚的位置。
REG_TMR	10	10	I/O	稳压计时器的时间。在 10.5kΩ 和 1.18MΩ 之间将一个电阻器连接到 GND，以设置 $SENSE_x$ 电源轨达到稳压阈值的允许时间。可在 0.25ms 至 25ms 范围内调整延迟。需要停用此功能时，将此引脚保持悬空。
DLY_TMR	11	11	I/O	延迟计时器。在 10.5kΩ 和 1.18MΩ 之间将一个电阻器连接到 GND，以设置定序上电和下电延迟。可在 0.25ms 至 25ms 范围内调整延迟。当系统上不需要延迟时，将该引脚保持悬空。
SEQ_DONE	12	14	O	序列完成。推挽输出，其中 V_{OH} 电平由 PULL_UP2 输入电源电压设置，指示定序上电或下电何时完成。
PWRGD	13	15	O	电源正常指示。推挽输出，其中 V_{OH} 电平由 PULL_UP2（输入电源电压）设置，指示所有电源轨（SENSE1 至 SENSE4）何时处于稳压状态。
GND	14	16	—	接地
VLDO	15	17	O	内部稳压器的输出。需要将至少 1 µ F 的外部电容器连接到 GND。此稳压器允许的负载为：使用 10kΩ 进行 $\overline{FAULT}$ 上拉，或根据需要直接连接到 SENSE2 和 SENSE4 以关闭未使用的通道。
$\overline{DOWN}$	16	18	I	比较器的同相输入。低于 498mV（典型值）的电压将产生一个下降边沿并将启动定序下电。此引脚可由外部控制器驱动，或通过外部电阻分压器连接到主电源轨（中点连接到 $\overline{DOWN}$ 引脚），从而自动启动定序下电。存在 100mV（典型值）固定迟滞以实现噪声稳定性。
PULL_UP2	17	19	I	对 SEQ_DONE 和 PWRGD 上推挽输出级的上拉电压进行编程的输入电源电压。将至少一个 1 µ F 电容器连接到尽可能靠近引脚的位置。
PULL_UP1	18	20	I	对 EN1 至 EN4 上推挽输出级的全局上拉电压进行编程的输入电源电压。将至少一个 1 µ F 电容器连接到尽可能靠近引脚的位置。
EN4	19	21	O	使能 4。推挽输出，其中 V_{OH} 电平由 PULL_UP1 输入电源电压设置。连接到要控制和要由 SENSE4 监控的器件的逻辑使能信号。
EN3	20	22	O	使能 3。推挽输出，其中 V_{OH} 电平由 PULL_UP1 输入电源电压设置。连接到要控制和要由 SENSE3 监控的器件的逻辑使能信号。
EN2	21	23	O	使能 2。推挽输出，其中 V_{OH} 电平由 PULL_UP1 输入电源电压设置。连接到要控制和要由 SENSE2 监控的器件的逻辑使能信号。
EN1	22	24	O	使能 1。推挽输出，其中 V_{OH} 电平由 PULL_UP1 输入电源电压设置。连接到要控制和要由 SENSE1 监控的器件的逻辑使能信号。
NC	—	12、13	—	无连接。这个引脚不是内部连接。建议将这些引脚连接至 GND 以防止电荷积聚；但是，这些引脚也可以保持断开或连接至 GND 和 V_{IN} 之间的任何电压。
散热焊盘		—	—	内部接地。建议将该金属散热焊盘连接到一个较大的接地层上，以便实现有效散热。
金属盖	Lid		—	盖子从内部通过密封圈连接到散热焊盘和 GND。

(1) I = 输入；O = 输出；I/O = 输入或输出；— = 其他

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

6 规格

6.1 绝对最大额定值

在自然通风条件下的工作温度范围内测得（除非另有说明）(1) 2

		最小值	最大值	单位
输入电压	IN	-0.3	16	V
	UP、$\overline{\text{DOWN}}$	-0.3	7.5	
	SENSE1、SENSE2、SENSE3、SENSE4	-0.3	3.6	
	PULL_UP1、PULL_UP2	-0.3	7.5	
	$\overline{\text{FAULT}}$	-0.3	7.5	
	DLY_TMR、REG_TMR	-0.3	3.6	
输出电压	VLDO	-0.3	3.6	V
	EN1、EN2、EN3、EN4	-0.3	7.5	
	REFCAP	-0.3	2	
	HYS	-0.3	3.6	
	SEQ_DONE、PWRGD	-0.3	7.5	
输出电流	EN1、EN2、EN3、EN4	-20	20	mA
	SEQ_DONE、PWRGD	-20	20	
结温	T_J	-55	150	°C
贮存温度	T_{stg}	-65	150	°C

(1) 超出“绝对最大额定值”运行可能会对器件造成永久损坏。绝对最大额定值并不表示器件在这些条件下或在建议运行条件以外的任何其他条件下能够正常运行。如果超出建议运行条件但在绝对最大额定值范围内使用，器件可能不会完全正常运行，这可能影响器件的可靠性、功能和性能并缩短器件寿命。
(2) 所有电压值均以 GND 为基准。

6.2 ESD 等级

			值	单位
V_{ESD}	静电放电	人体放电模型 (HBM)，符合 ANSI/ESDA/JEDEC JS-001，所有引脚 (1)	±2000	V
		充电器件模型 (CDM)，符合 ANSI/ESDA/JEDEC JS-002 标准，所有引脚 (2)	±500	

(1) JEDEC 文档 JEP155 指出：500V HBM 时能够在标准 ESD 控制流程下安全生产。
(2) JEDEC 文档 JEP157 指出：250V CDM 时能够在标准 ESD 控制流程下安全生产。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

6.3 建议运行条件

在工作温度范围 T_A = -55°C 至 125°C 内测得（除非另有说明）(1)

		最小值	标称值	最大值	单位
输入电压	IN	3		14	V
	UP、$\overline{\text{DOWN}}$	0		7	
	SENSE1、SENSE2、SENSE3、SENSE4	0		3.5	
	PULL_UP1、PULL_UP2	1.6		7	
	$\overline{\text{FAULT}}$	0		7	
输出电压	EN1、EN2、EN3、EN4	0		7	V
	SEQ_DONE、PWRGD	0		7	
输出电流	EN1、EN2、EN3、EN4	-10		10	mA
	SEQ_DONE、PWRGD	-10		10	
	$\overline{\text{FAULT}}$	-2			
结温	T_J	-55		125	°C
输入电压压摆率	SR_{IN}	0.001		10	V/µs

(1) 所有电压值均以 GND 为基准。

6.4 热性能信息

热指标(1)		TPS7H3014-SEP PW (TSSOP) 24 引脚	TPS7H3014-SP HFT (CFP) 22 引脚	单位
$R_{\theta JA}$	结至环境热阻	66	34.2	°C/W
$R_{\theta JC(bot)}$	结至外壳（底部）热阻	-	7.7	°C/W
$R_{\theta JB}$	结至电路板热阻	33.8	17.2	°C/W
$R_{\theta JC(top)}$	结至外壳（顶部）热阻	16	16.9	°C/W
Ψ_{JT}	结至顶部特征参数	0.4	8.6	°C/W
Ψ_{JB}	结至电路板特征参数	33.3	17	°C/W

(1) 有关新旧热指标的更多信息，请参阅半导体和 IC 封装热指标应用报告。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

6.5 电气特性

相关条件为 3V ≤ V_{IN} ≤ 14V，R_{DLY_TMR} = 10.5kΩ，R_{REG_TMR} = 10.5kΩ，C_{REFCAP} = 470nF，C_{VLDO} = 1µF，V_{PULL_UP1} = 3.3V，V_{PULL_UP2} = 3.3V，C_{PULL_UP1} = 1µF，C_{PULL_UP2} = 1µF，除非另外指明，否则温度范围为 T_A = –55°C 至 125°C；包括 QML RHA 器件 T_A = 25°C 时组 E 的辐射测试 (1) (2)

参数		测试条件		子组 (3)	最小值	典型值	最大值	单位
电源电压和电流								
I_{Q_IN}	V_{IN} 静态电流	等待达到定序上电和下电状态期间。请参阅状态图		1、2、3		2.5	4	mA
$UVLO_{RISE}$	V_{IN} 上升欠压锁定			1、2、3	2.72	2.79	2.84	V
$UVLO_{FALL}$	V_{IN} 下降欠压锁定			1、2、3	2.59	2.64	2.69	
V_{LDO}	内部线性稳压器输出电压	5V ≤ V_{IN} ≤ 14V		1、2、3	3.19	3.29	3.38	V
		V_{IN} < 3.24V		1、2、3	97%	99%		× V_{IN}
REFCAP	内部带隙电压			1、2、3	1.188	1.2	1.212	V
V_{POR_IN}	上电复位电压 (4)	1.6V ≤ V_{PULL_UPx} ≤ 7V，V_{OL} ≤ 320mV，其中 I_{ENx} = –2mA		1、2、3		1.41	2	
$V_{POR_PULL_UPx}$	上电复位电压 (5)	V_{IN} = 0V，V_{OL} ≤ 320mV，其中 I_{ENx} = –100µA		1、2、3		0.89	1.4	
SENSE1 至 SENSE4、UP 和 $\overline{DOWN}$ 比较器输入								
V_{TH_SENSEx}	SENSEx 的阈值电压			1、2、3	593	599	605	mV
I_{HYS_SENSEx}	SENSEx 迟滞电流	V_{SENSEx} = 700mV		1、2、3	23.28	24	24.72	µA
I_{LKG_SENSEx}	SENSEx 上的输入漏电流	V_{SENSEx} = 500mV		1、2、3		2	100	nA
V_{TH_UP}	UP 上的上升阈值电压			1、2、3	580	598	615	mV
$V_{TH_\overline{DOWN}}$	$\overline{DOWN}$ 上的下降阈值电压			1、2、3	483	498	512	mV
$V_{HYS_UP_\overline{DOWN}}$	UP 和 $\overline{DOWN}$ 迟滞电压			1、2、3		100		mV
$I_{LKG_UP_\overline{DOWN}}$	UP 和 $\overline{DOWN}$ 上的输入漏电流	V_{UP} = $V_{\overline{DOWN}}$ = 500mV		1、2、3		2	100	nA
V_{TURN_OFF}	通道 2、3、4 关断电压			1、2、3	87%	89%	91%	× VLDO
EN1 至 EN4、SEQ_DONE 和 PWRGD 推挽输出								
V_{OL_ENx}	低电平 ENx 输出电压	1.6V ≤ V_{PULL_UP1} ≤ 7V	I_{LOAD} = -2mA	1、2、3			10%	x V_{PULL_UP1}
			I_{LOAD} = -10mA	1、2、3			25%	
V_{OH_ENx}	高电平 ENx 输出电压	1.6V ≤ V_{PULL_UP1} ≤ 7V	I_{LOAD} = 2mA	1、2、3	90%			
			I_{LOAD} = 10mA	1、2、3	70%			
$V_{OL_SEQ_DONE}$	低电平 SEQ_DONE 输出电压	1.6V ≤ V_{PULL_UP2} ≤ 7V	I_{LOAD} = -2mA	1、2、3			10%	x V_{PULL_UP2}
			I_{LOAD} = -10mA	1、2、3			25%	
$V_{OH_SEQ_DONE}$	高电平 SEQ_DONE 输出电压	1.6V ≤ V_{PULL_UP2} ≤ 7V	I_{LOAD} = 2mA	1、2、3	90%			
			I_{LOAD} = 10mA	1、2、3	70%			
V_{OL_PWRGD}	低电平 PWRGD 输出电压	1.6V ≤ V_{PULL_UP2} ≤ 7V	I_{LOAD} = -2mA	1、2、3			10%	
			I_{LOAD} = -10mA	1、2、3			25%	
V_{OH_PWRGD}	高电平 PWRGD 输出电压	1.6V ≤ V_{PULL_UP2} ≤ 7V	I_{LOAD} = 2mA	1、2、3	90%			
			I_{LOAD} = 10mA	1、2、3	70%			
$PULL_UPx_{LKG}$	PULL_UPx 漏电流	V_{PULL_UPx} = 7V		1、2、3		48	121	µA

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

6.5 电气特性（续）

相关条件为 3V ≤ V_{IN} ≤ 14V，R_{DLY_TMR} = 10.5kΩ，R_{REG_TMR} = 10.5kΩ，C_{REFCAP} = 470nF，C_{VLDO} = 1µF，V_{PULL_UP1} = 3.3V，V_{PULL_UP2} = 3.3V，C_{PULL_UP1} = 1µF，C_{PULL_UP2} = 1µF，除非另外指明，否则温度范围为 T_A = –55°C 至 125°C；包括 QML RHA 器件 T_A = 25°C 时组 E 的辐射测试 (1) (2)

参数		测试条件		子组 (3)	最小值	典型值	最大值	单位
SR_{ENx_RISE}	启用上升输出电压压摆率	V_{PULL_UP1} 的 10% 至 90%，R_{LOAD} = 50kΩ，C_{LOAD} = 100pF	1.6V ≤ V_{PULL_UP1} ≤ 7V	9、10、11	17	125		V/µs
$SR_{SEQ_DONE_RISE}$	SEQ_DONE 上升输出电压压摆率	V_{PULL_UP2} 的 10% 至 90%，R_{LOAD} = 50kΩ，C_{LOAD} = 100pF	1.6V ≤ V_{PULL_UP2} ≤ 7V	9、10、11	17	125		
SR_{PWRGD_RISE}	PWRGD 上升输出电压压摆率			9、10、11	17	125		
SR_{ENx_FALL}	启用下降输出电压压摆率	V_{PULL_UP1} 的 90% 至 10%，R_{LOAD} = 50kΩ，C_{LOAD} = 100pF	1.6V ≤ V_{PULL_UP1} ≤ 7V	9、10、11	44	126		
$SR_{SEQ_DONE_FALL}$	SEQ_DONE 下降输出电压压摆率		1.6V ≤ V_{PULL_UP2} ≤ 7V	9、10、11	44	126		
SR_{PWRGD_FALL}	PWRGD 下降输出电压压摆率			9、10、11	44	126		
$R_{ENx_PULL_UP}$	EN PMOS 源输出电阻	I_{LOAD} = 2mA	V_{PULL_UP1} = 1.6V	1、2、3		18	40	Ω
			V_{PULL_UP1} = 7V	1、2、3		7	20	
$R_{SEQ_DONE_PULL_UP}$	SEQ_DONE PMOS 源输出电阻	I_{LOAD} = 2mA	V_{PULL_UP2} = 1.6V	1、2、3		18	40	
			V_{PULL_UP2} = 7V	1、2、3		7	20	
$R_{PWRGD_PULL_UP}$	PWRGD PMOS 源输出电阻	I_{LOAD} = 2mA	V_{PULL_UP2} = 1.6V	1、2、3		18	40	
			V_{PULL_UP2} = 7V	1、2、3		7	20	
$R_{ENx_PULL_DOWN}$	EN NMOS 灌电流输出电阻	I_{LOAD} = –2mA，1.6V ≤ V_{PULL_UP1} ≤ 7V		1、2、3		7	28	
$R_{SEQ_DONE_PULL_DOWN}$	SEQ_DONE NMOS 灌电流输出电阻	I_{LOAD} = –2mA，1.6V ≤ V_{PULL_UP1} ≤ 7V		1、2、3		7	28	
$R_{PWRGD_PULL_DOWN}$	PWRGD NMOS 灌电流输出电阻	I_{LOAD} = –2mA，1.6V ≤ V_{PULL_UP1} ≤ 7V		1、2、3		7	28	
FAULT 输出								
$R_{\overline{FAULT}_PULL_DOWN}$	$\overline{FAULT}$ 下拉电阻	$I_{\overline{FAULT}}$ = 100µA		1、2、3		131	512	Ω
$I_{LKG_\overline{FAULT}}$	$\overline{FAULT}$ 漏电流	$V_{\overline{FAULT}}$ = 7V		1、2、3		23	600	nA
热保护								
T_{SD_ENTER}	热关断进入温度					177		℃
T_{SD_EXIT}	热关断退出温度					164		

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

6.5 电气特性（续）

相关条件为 3V ≤ V_{IN} ≤ 14V，R_{DLY_TMR} = 10.5kΩ，R_{REG_TMR} = 10.5kΩ，C_{REFCAP} = 470nF，C_{VLDO} = 1µF，V_{PULL_UP1} = 3.3V，V_{PULL_UP2} = 3.3V，C_{PULL_UP1} = 1µF，C_{PULL_UP2} = 1µF，除非另外指明，否则温度范围为 T_A = –55°C 至 125°C；包括 QML RHA 器件 T_A = 25°C 时组 E 的辐射测试 (1) (2)

参数		测试条件	子组 (3)	最小值	典型值	最大值	单位
延迟和稳压计时器时间							
t_{DLY_TMR}	延迟时间	R_{DLY_TMR} = 10.5kΩ	9、10、11	0.205	0.268	0.342	ms
		R_{DLY_TMR} = 619kΩ	9、10、11	10.77	12.5	14.14	
		R_{DLY_TMR} = 1.18MΩ	9、10、11	20	23.37	27.2	
t_{REG_TMR}	稳压时间	R_{REG_TMR} = 10.5kΩ	9、10、11	0.197	0.264	0.34	
		R_{REG_TMR} = 619kΩ	9、10、11	10.8	12.4	14.1	
		R_{REG_TMR} = 1.18MΩ	9、10、11	20.3	23.63	27.2	

(1) 有关 RHA 器件的更多信息，请参阅 5962R2320101VXC SMD（标准微电路图）。
(2) 所有电压值均以 GND 为基准。
(3) 有关子组定义，请参阅 质量合格检验 表。
(4) 当 1.6V ≤ V_{PULL_UPx} ≤ 7V 时，V_{POR_IN} 是受控输出状态下的最小 V_{IN} 电压。低于 V_{POR_IN} 时，无法确定输出。
(5) 当 V_{IN} ≤ 3V 时，$V_{POR_PULL_UPx}$ 是受控输出状态下的最小 V_{PULL_UPx} 电压。低于 $V_{POR_PULL_UPx}$ 时，无法确定输出。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

6.6 时序要求

相关条件为 3V ≤ V_{IN} ≤ 14V，R_{DLY_TMR} = 10.5kΩ，R_{REG_TMR} = 10.5kΩ，C_{REFCAP} = 470nF，C_{VLDO} = 1µF，V_{PULL_UP1} = 3.3V，V_{PULL_UP2} = 3.3V，C_{PULL_UP1} = 1µF，C_{PULL_UP2} = 1µF，除非另外指明，否则温度范围为 T_A = –55°C 至 125°C；包括 RHA 器件 T_A = 25°C 时组 E 的辐射测试 (1)

参数		测试条件	子组 (2)	最小值	典型值	最大值	单位
$t_{Start_up_delay}$	启动延迟时间 (3)	V_{REFCAP} ≥ 1.1V，请参阅 图 7-1	9、10、11			2.8	ms
t_{pd_ENx}	ENx 传播延迟	DLY_TMR = 开路、REG_TMR = 开路， 请参阅 图 7-2 和 图 7-3	9、10、11		3.4	6.5	µs
$t_{pd_SEQ_DONE}$	SEQ_DONE 传播延迟	DLY_TMR = 开路、REG_TMR = 开路， 请参阅 图 7-4 和 图 7-5	9、10、11		3.4	6.5	
t_{pd_PWRGD}	PWRGD 传播延迟	DLY_TMR = 开路、REG_TMR = 开路， 请参阅 图 7-6 和 图 7-7	9、10、11		3.4	6.5	
$t_{pd_SM_FAULT}$	状态机故障传播延迟	在等待定序下电状态期间 从 33% 的 SENSE1 ↓ 到 82% PWRGD ↓ 请参阅 图 7-8 和 状态图。	9、10、11		3.4	4.3	
t_{MIN_UP}	有效 UP 的 V_{UP} 最短上升时间	DLY_TMR = 开路， 请参阅 图 7-10	9、10、11		0.27	0.7	µs
$t_{MIN_\overline{DOWN}}$	有效下电的 V_{DOWN} 最短上升时间	DLY_TMR = 开路， 请参阅 图 7-11	9、10、11		0.42	0.9	
$t_{h_VTH_RISE}$	VSENSEx 保持时间的上升阈值	DLY_TMR = 开路， 请参阅 图 7-12	9、10、11		0.84	1.6	µs
$t_{h_VTH_FALL}$	VSENSEx 保持时间的下降阈值	DLY_TMR = 开路， 请参阅 图 7-13	9、10、11		0.35	1	µs

(1) 有关 RHA 器件的更多信息，请参阅 5962R2320101VXC SMD（标准微电路图）。
(2) 有关子组定义，请参阅 质量合格检验 表。
(3) 在上电期间，V_{IN} 必须达到或高于 V_{IN} (MIN) 并至少维持 $t_{Start_up_delay}$ 的时间，才能让所有内部基准处于规范内。

6.7 质量合格检验

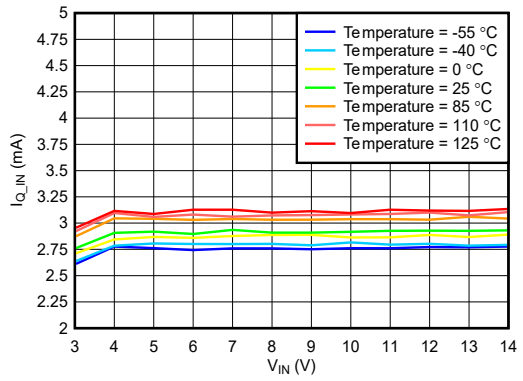
MIL-STD-883，方法 5005 - 组 A

子组	说明	温度 (°C)
1	静态测试	25
2	静态测试	125
3	静态测试	-55
4	动态测试	25
5	动态测试	125
6	动态测试	-55
7	功能测试	25
8A	功能测试	125
8B	功能测试	-55
9	开关测试	25
10	开关测试	125
11	开关测试	-55

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

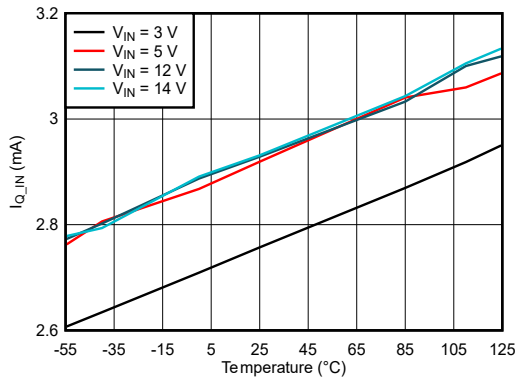
6.8 典型特性

R_{DLY_TMR} = 10.5kΩ、R_{REG_TMR} = 10.5kΩ、V_{PULL_UP1} = 3.3V、V_{PULL_UP2} = 3.3V、$V_{\overline{FAULT}}$ = 10kΩ 上拉至 VLDO、R_{HYS} = 50kΩ、C_{REFCAP} = 470nF、C_{VLDO} = 1 µF、C_{PULL_UP1} = 1 µF、C_{PULL_UP2} = 1 µF，除非另有说明。



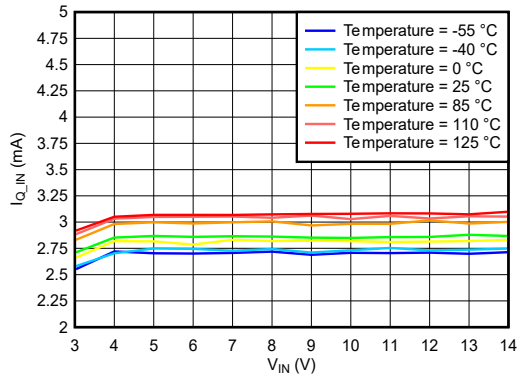
V_{UP} = $V_{\overline{DOWN}}$ = 0V

图 6-1. 等待定序上电状态期间不同温度下 I_{Q_IN} 与 V_{IN} 间的关系



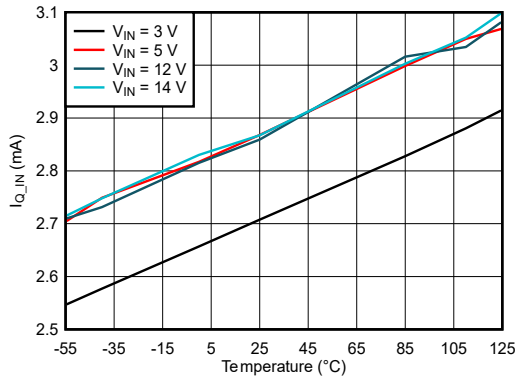
V_{UP} = $V_{\overline{DOWN}}$ = 0V

图 6-2. 等待定序上电状态期间不同 V_{IN} 下 I_{Q_IN} 与温度间的关系



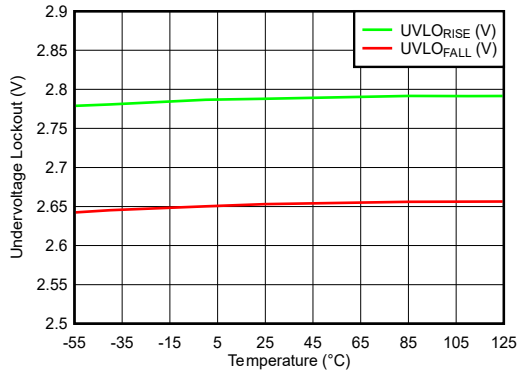
V_{UP} = $V_{\overline{DOWN}}$ = 3.3V

图 6-3. 等待定序下电状态期间不同温度下的 I_{Q_IN} 与 V_{IN} 间的关系



V_{UP} = $V_{\overline{DOWN}}$ = 3.3V

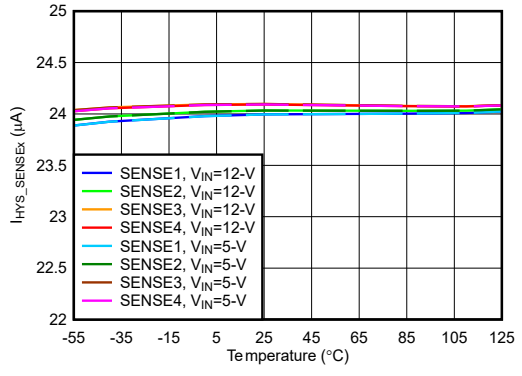
图 6-4. 等待定序下电状态期间不同 V_{IN} 下 I_{Q_IN} 与温度间的关系



R_{DLY_TMR} = 悬空　　V_{UP} = $V_{\overline{DOWN}}$ = 3.3V

R_{REG_TMR} = 1.18MΩ

图 6-5. 欠压锁定与温度间的关系



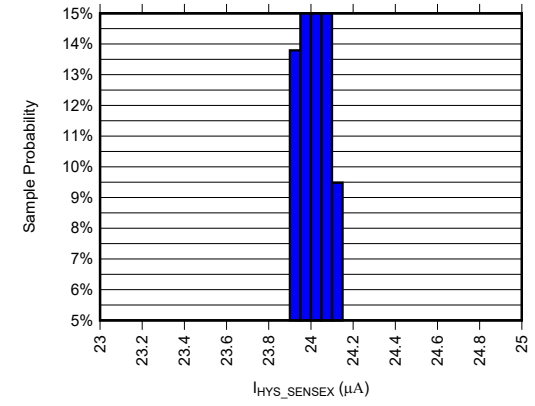
V_{SENSEx} = 700mV　　R_{REG_TMR} = 悬空

图 6-6. 不同 V_{IN} 和 SENSEx 通道时 I_{HYS_SENSEx} 与温度间的关系

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

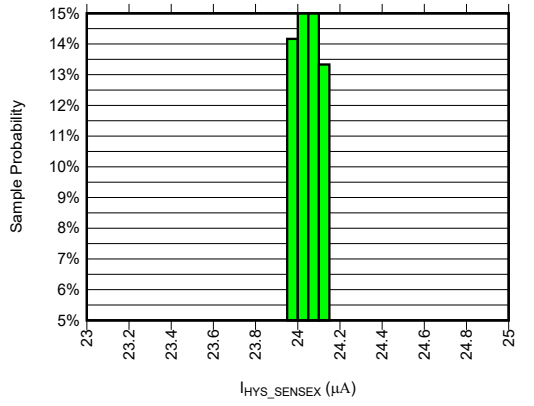
6.8 典型特性（续）

R_{DLY_TMR} = 10.5kΩ、R_{REG_TMR} = 10.5kΩ、V_{PULL_UP1} = 3.3V、V_{PULL_UP2} = 3.3V、$V_{\overline{FAULT}}$ = 10kΩ 上拉至 VLDO、R_{HYS} = 50kΩ、C_{REFCAP} = 470nF、C_{VLDO} = 1 µF、C_{PULL_UP1} = 1 µF、C_{PULL_UP2} = 1 µF，除非另有说明。



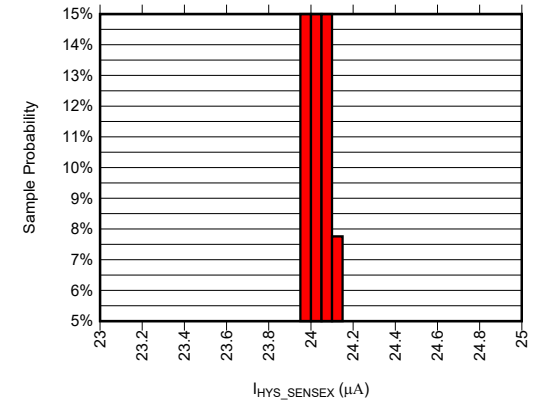
V_{IN} = 3V　　V_{SENSEx} = 700mV

图 6-7. 温度为 –55°C 时的 I_{HYS_SENSEx} 电流分布



V_{IN} = 3V　　V_{SENSEx} = 700mV

图 6-8. 温度为 25°C 时的 I_{HYS_SENSEx} 电流分布



V_{IN} = 3V　　V_{SENSEx} = 700mV

图 6-9. 温度为 125°C 时的 I_{HYS_SENSEx} 电流分布

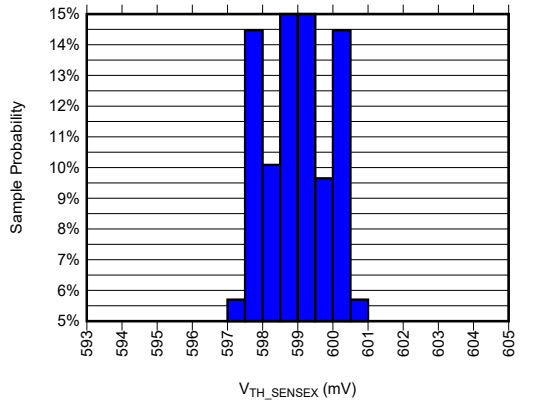


图 6-10. 温度为 –55°C 时的 V_{TH_SENSEx} 电压分布

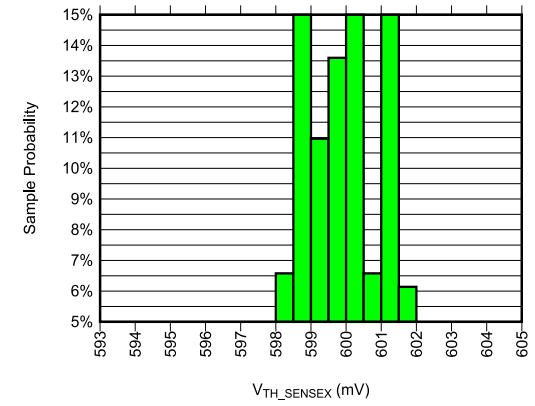


图 6-11. 温度为 +25°C 时的 V_{TH_SENSEx} 电压分布

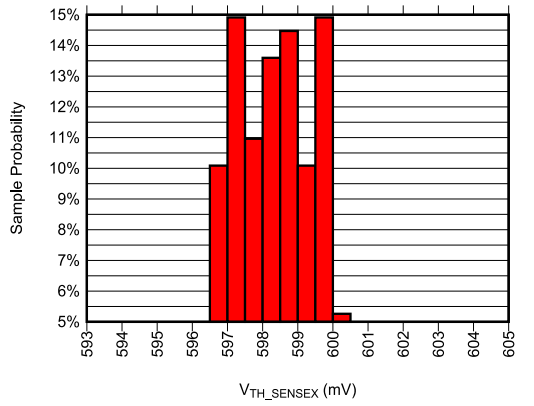
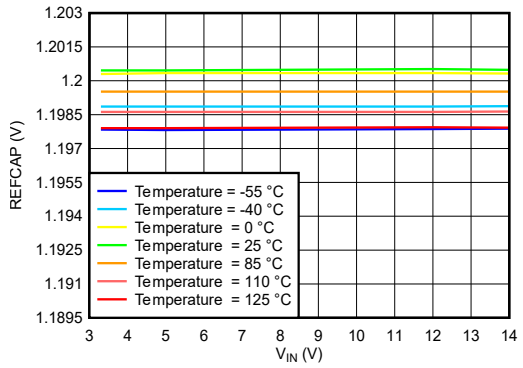


图 6-12. 温度为 125°C 时的 V_{TH_SENSEx} 电压分布

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

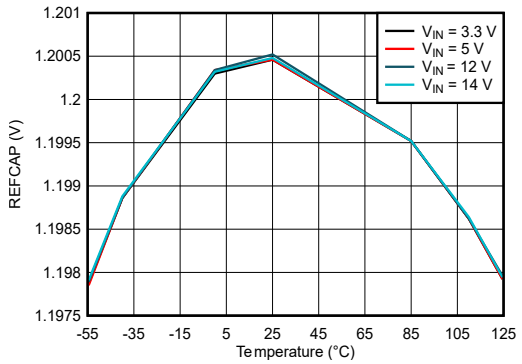
6.8 典型特性（续）

R_{DLY_TMR} = 10.5kΩ、R_{REG_TMR} = 10.5kΩ、V_{PULL_UP1} = 3.3V、V_{PULL_UP2} = 3.3V、$V_{\overline{FAULT}}$ = 10kΩ 上拉至 VLDO、R_{HYS} = 50kΩ、C_{REFCAP} = 470nF、C_{VLDO} = 1 µF、C_{PULL_UP1} = 1 µF、C_{PULL_UP2} = 1 µF，除非另有说明。



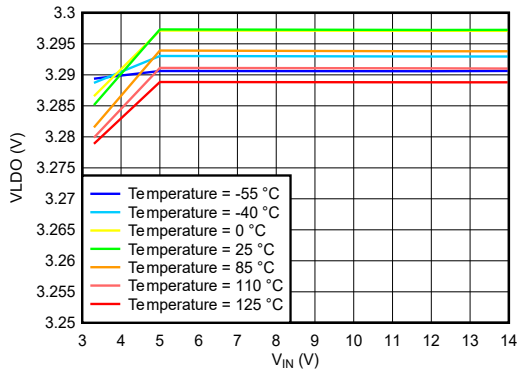
V_{UP} = $V_{\overline{DOWN}}$ = 0V

图 6-13. 不同温度下 REFCAP 与 V_{IN} 间的关系



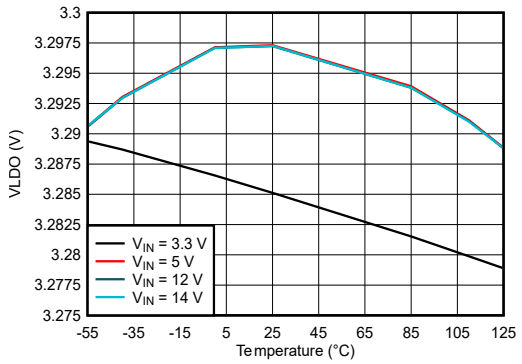
V_{UP} = $V_{\overline{DOWN}}$ = 0V

图 6-14. 不同 V_{IN} 时 REFCAP 与温度间的关系



V_{UP} = $V_{\overline{DOWN}}$ = 0V

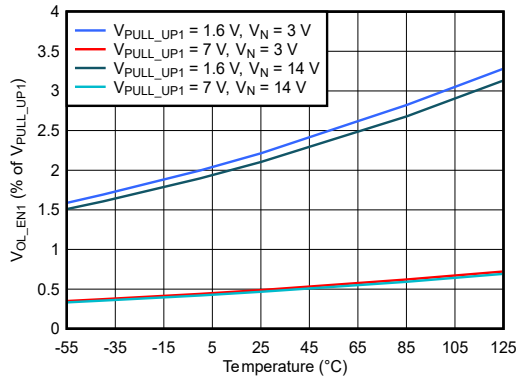
图 6-15. 不同温度下 VLDO 与 V_{IN} 间的关系



V_{UP} = $V_{\overline{DOWN}}$ = 0V

R_{REG_TMR} = 悬空

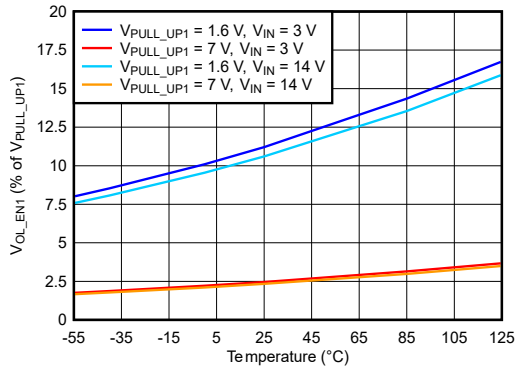
图 6-16. 不同 V_{IN} 时 VLDO 与温度间的关系



V_{UP} = $V_{\overline{DOWN}}$ = 0V　　I_{LOAD} = -2mA

R_{REG_TMR} = 悬空

图 6-17. I_{LOAD} = – 2mA 时，不同 V_{PULL_UP1} 和 V_{IN} 下 V_{OL_EN1} 与温度间的关系



V_{UP} = $V_{\overline{DOWN}}$ = 0V　　I_{LOAD} = -10mA

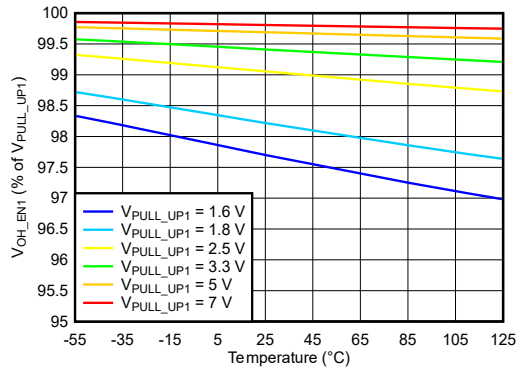
R_{REG_TMR} = 悬空

图 6-18. I_{LOAD} = – 10mA 时，不同 V_{PULL_UP1} 和 V_{IN} 下 V_{OL_EN1} 与温度间的关系

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

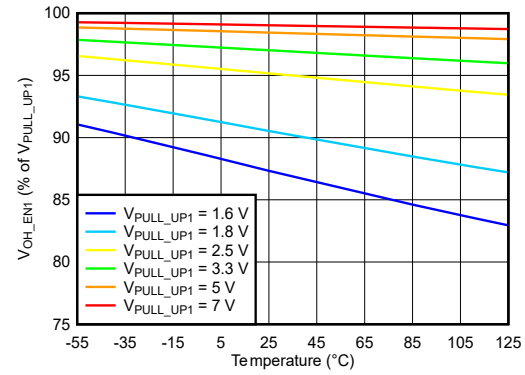
6.8 典型特性（续）

R_{DLY_TMR} = 10.5kΩ、R_{REG_TMR} = 10.5kΩ、V_{PULL_UP1} = 3.3V、V_{PULL_UP2} = 3.3V、$V_{\overline{FAULT}}$ = 10kΩ 上拉至 VLDO、R_{HYS} = 50kΩ、C_{REFCAP} = 470nF、C_{VLDO} = 1 µF、C_{PULL_UP1} = 1 µF、C_{PULL_UP2} = 1 µF，除非另有说明。



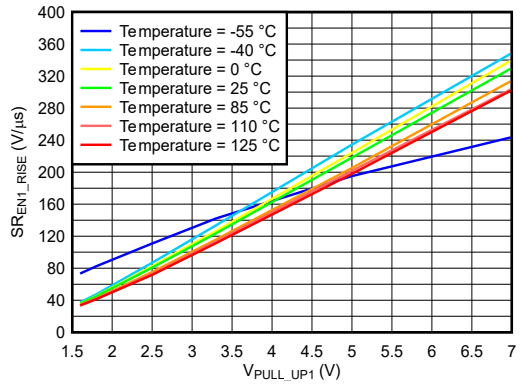
V_{UP} = $V_{\overline{DOWN}}$ = 3.3V　　I_{LOAD} = 2mA
R_{REG_TMR} = 悬空　　V_{IN} = 12V

图 6-19. I_{LOAD} = 2mA 时，不同 V_{PULL_UP1} 下 V_{OH_EN1} 与温度间的关系



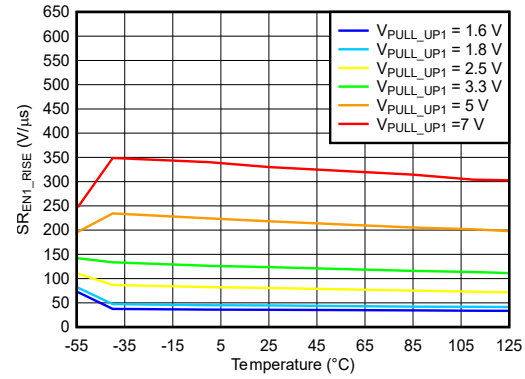
V_{UP} = $V_{\overline{DOWN}}$ = 3.3V　　I_{LOAD} = 10mA
R_{REG_TMR} = 悬空　　V_{IN} = 12V

图 6-20. I_{LOAD} = 10mA 时，不同 V_{PULL_UP1} 下 V_{OH_EN1} 与温度间的关系



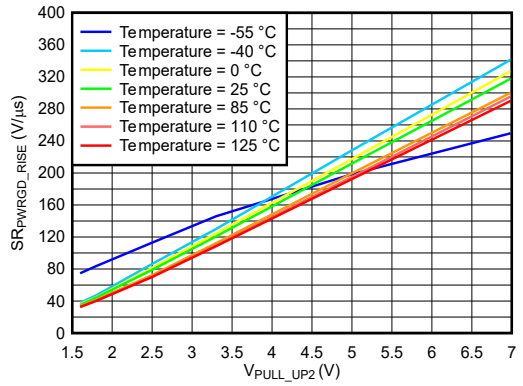
V_{UP} = $V_{\overline{DOWN}}$ = ↑ 3.3V　　V_{IN} = 12V
R_{REG_TMR} = 悬空

图 6-21. 不同温度下 SR_{EN1_RISE} 与 V_{PULL_UP1} 间的关系



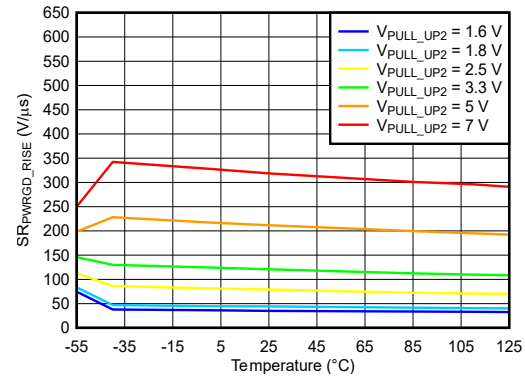
V_{UP} = $V_{\overline{DOWN}}$ = ↑ 3.3V　　V_{IN} = 12V
R_{REG_TMR} = 悬空

图 6-22. 不同 V_{PULL_UP1} 下 SR_{EN1_RISE} 与温度间的关系



V_{UP} = $V_{\overline{DOWN}}$ = ↑ 3.3V　　V_{IN} = 12V
R_{REG_TMR} = 悬空

图 6-23. 不同温度下 SR_{PWRGD_RISE} 与 V_{PULL_UP2} 间的关系



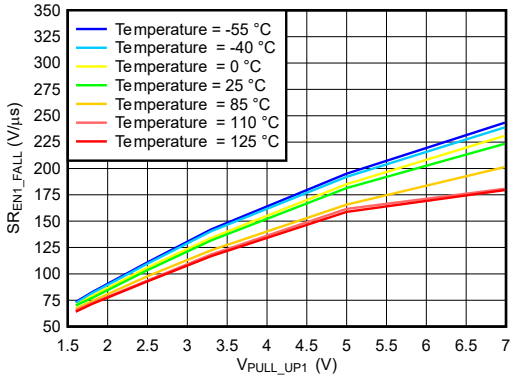
V_{UP} = $V_{\overline{DOWN}}$ = ↑ 3.3V　　V_{IN} = 12V
R_{REG_TMR} = 悬空

图 6-24. 不同 V_{PULL_UP2} 下 SR_{PWRGD_RISE} 与温度间的关系

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

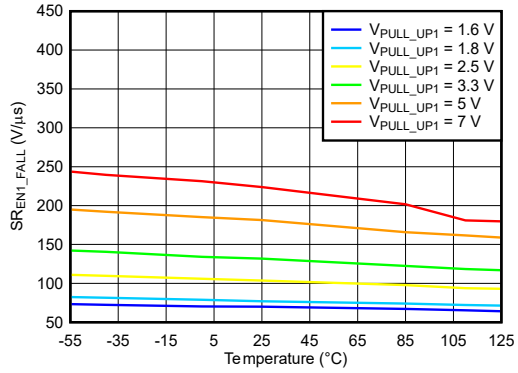
6.8 典型特性（续）

R_{DLY_TMR} = 10.5kΩ、R_{REG_TMR} = 10.5kΩ、V_{PULL_UP1} = 3.3V、V_{PULL_UP2} = 3.3V、$V_{\overline{FAULT}}$ = 10kΩ 上拉至 VLDO、R_{HYS} = 50kΩ、C_{REFCAP} = 470nF、C_{VLDO} = 1 µF、C_{PULL_UP1} = 1 µF、C_{PULL_UP2} = 1 µF，除非另有说明。



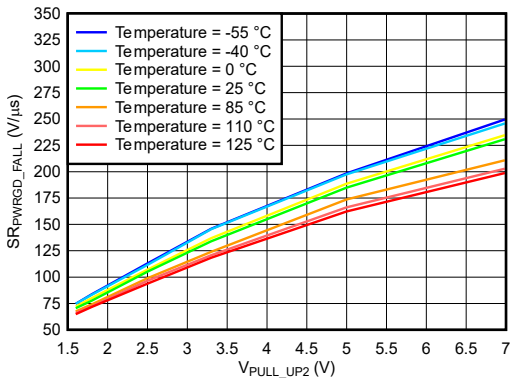
V_{UP} = $V_{\overline{DOWN}}$ = ↓ 0V　　V_{IN} = 12V
R_{REG_TMR} = 悬空

图 6-25. 不同温度下 SR_{EN1_FALL} 与 V_{PULL_UP1} 间的关系



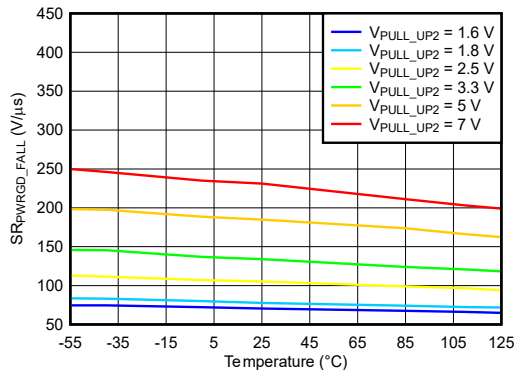
V_{UP} = $V_{\overline{DOWN}}$ = ↓ 0V　　V_{IN} = 12V
R_{REG_TMR} = 悬空

图 6-26. 不同 V_{PULL_UP1} 下 SR_{EN1_FALL} 与温度间的关系



V_{UP} = $V_{\overline{DOWN}}$ = ↓ 0V　　V_{IN} = 12V
R_{REG_TMR} = 悬空

图 6-27. 不同温度下 SR_{PWRGD_FALL} 与 V_{PULL_UP2} 间的关系



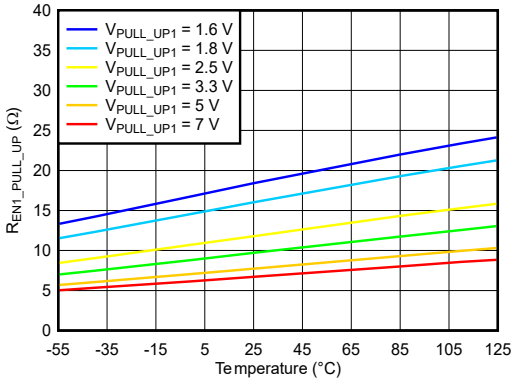
V_{UP} = $V_{\overline{DOWN}}$ = ↓ 0V　　V_{IN} = 12V
R_{REG_TMR} = 悬空

图 6-28. 不同 V_{PULL_UP2} 下 SR_{PWRGD_FALL} 与温度间的关系

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

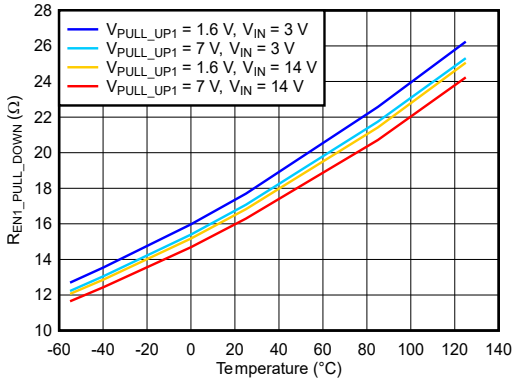
6.8 典型特性（续）

R_{DLY_TMR} = 10.5kΩ、R_{REG_TMR} = 10.5kΩ、V_{PULL_UP1} = 3.3V、V_{PULL_UP2} = 3.3V、$V_{\overline{FAULT}}$ = 10kΩ 上拉至 VLDO、R_{HYS} = 50kΩ、C_{REFCAP} = 470nF、C_{VLDO} = 1 µF、C_{PULL_UP1} = 1 µF、C_{PULL_UP2} = 1 µF，除非另有说明。



V_{UP} = $V_{\overline{DOWN}}$ = 3.3V　　V_{IN} = 12V
R_{REG_TMR} = 悬空　　I_{LOAD} = 2mA

图 6-29. 不同 V_{PULL_UP1} 下 $R_{EN1_PULL_UP}$ 与温度间的关系

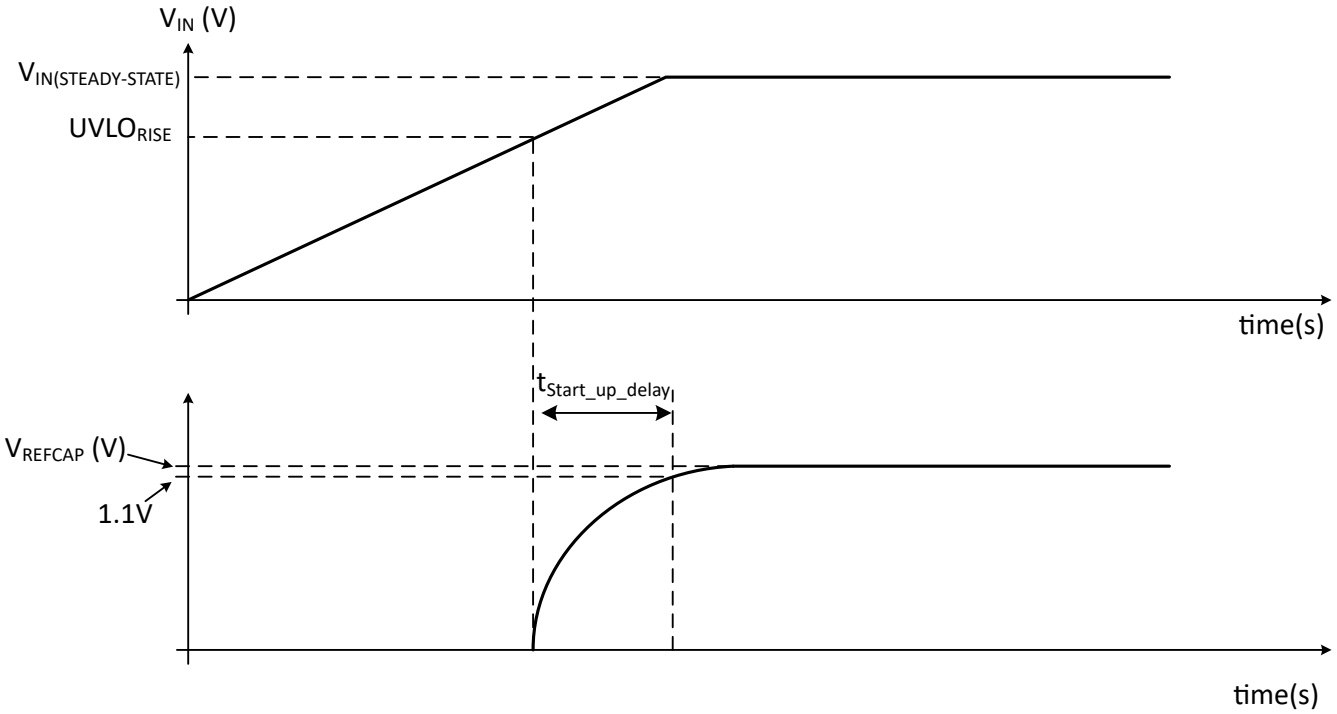


V_{UP} = $V_{\overline{DOWN}}$ = 0V　　V_{IN} = 12V
R_{REG_TMR} = 悬空　　I_{LOAD} = -2mA

图 6-30. 不同 V_{PULL_UP1} 下 $R_{EN1_PULL_DOWN}$ 与温度间的关系

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

7 参数测量信息



A. $V_{IN(STEADY-STATE)}$ 是介于 3V 和 14V 之间的有效工作电压

图 7-1. $t_{Start_up_delay}$ 时间测量

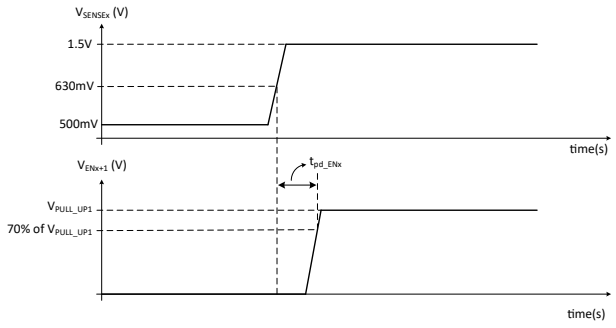


图 7-2. ENx 传播延迟 (t_{pd_ENx}) 时间测量 - 上升电压

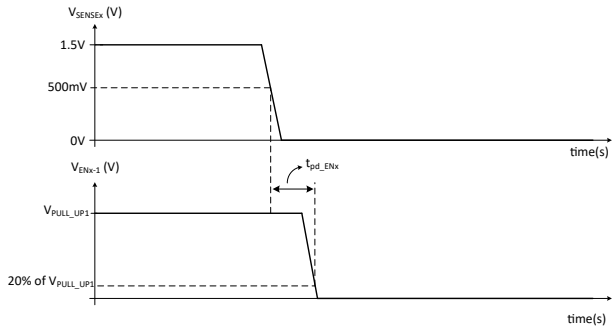


图 7-3. ENx 传播延迟 (t_{pd_ENx}) 时间测量 - 下降电压

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

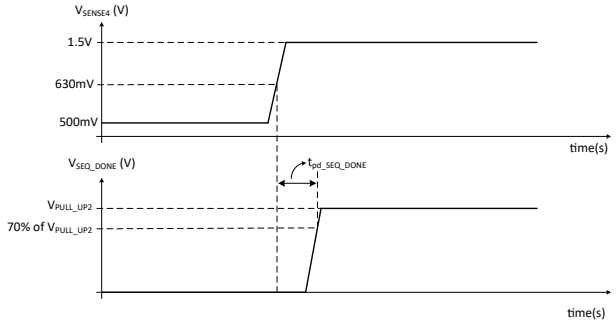


图 7-4. SEQ_DONE 传播延迟 ($t_{pd_SEQ_DONE}$) 时间测量 - 上升电压

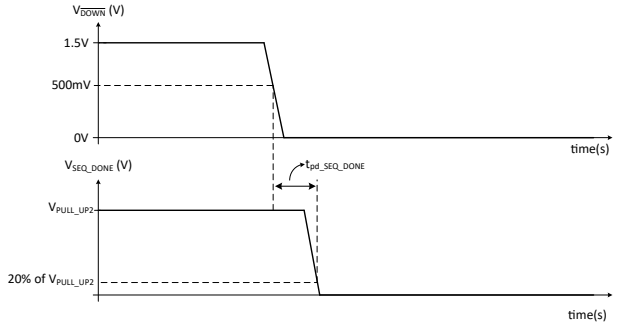


图 7-5. SEQ_DONE 传播延迟 ($t_{pd_SEQ_DONE}$) 时间测量 - 下降电压

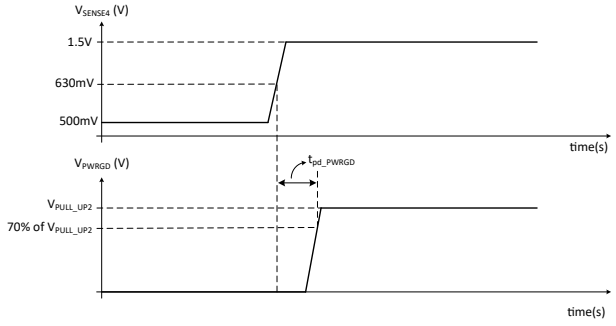


图 7-6. PWRGD 传播延迟 (t_{pd_PWRGD}) 时间测量 - 上升电压

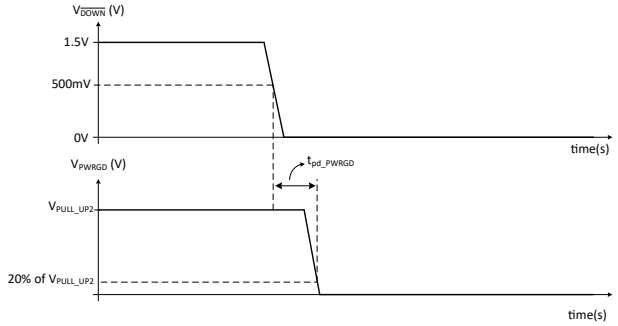
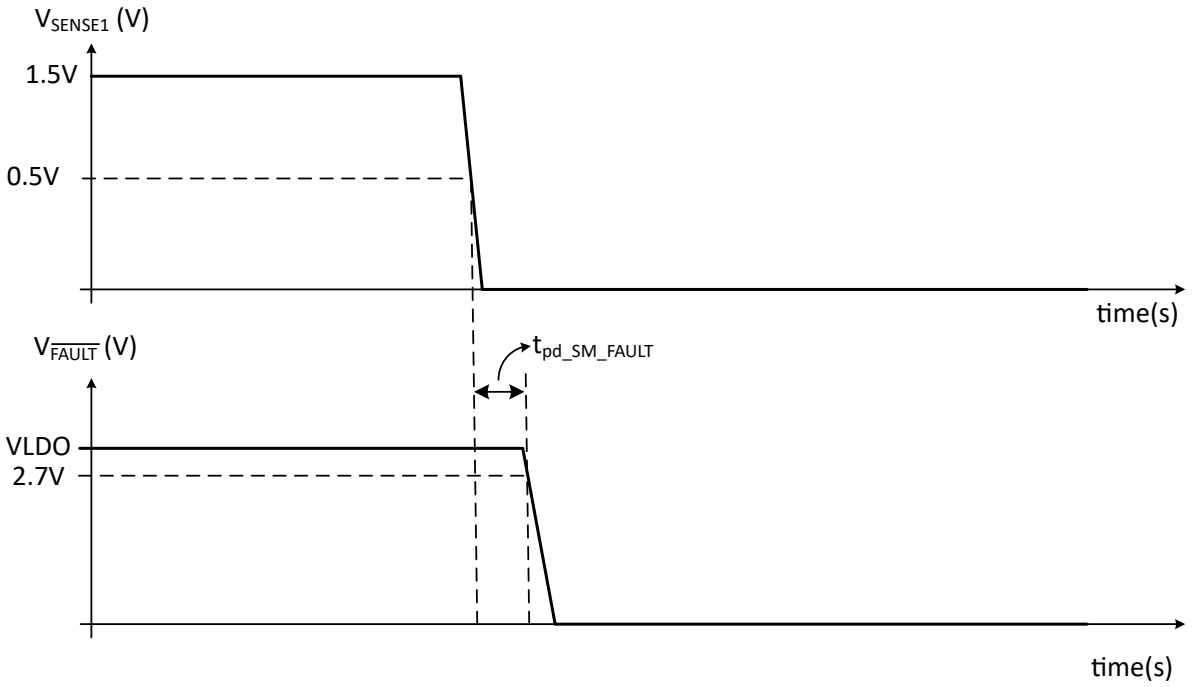


图 7-7. PWRGD 传播延迟 (t_{pd_PWRGD}) 时间测量 - 下降电压



A. 在状态机处于等待定序下电状态后，V_{SENSE1} 被拉低。
B. 为简化可视化，使用了偏大的压摆率。

图 7-8. 状态机检测到的故障传播延迟 ($t_{pd_SM_FAULT}$)

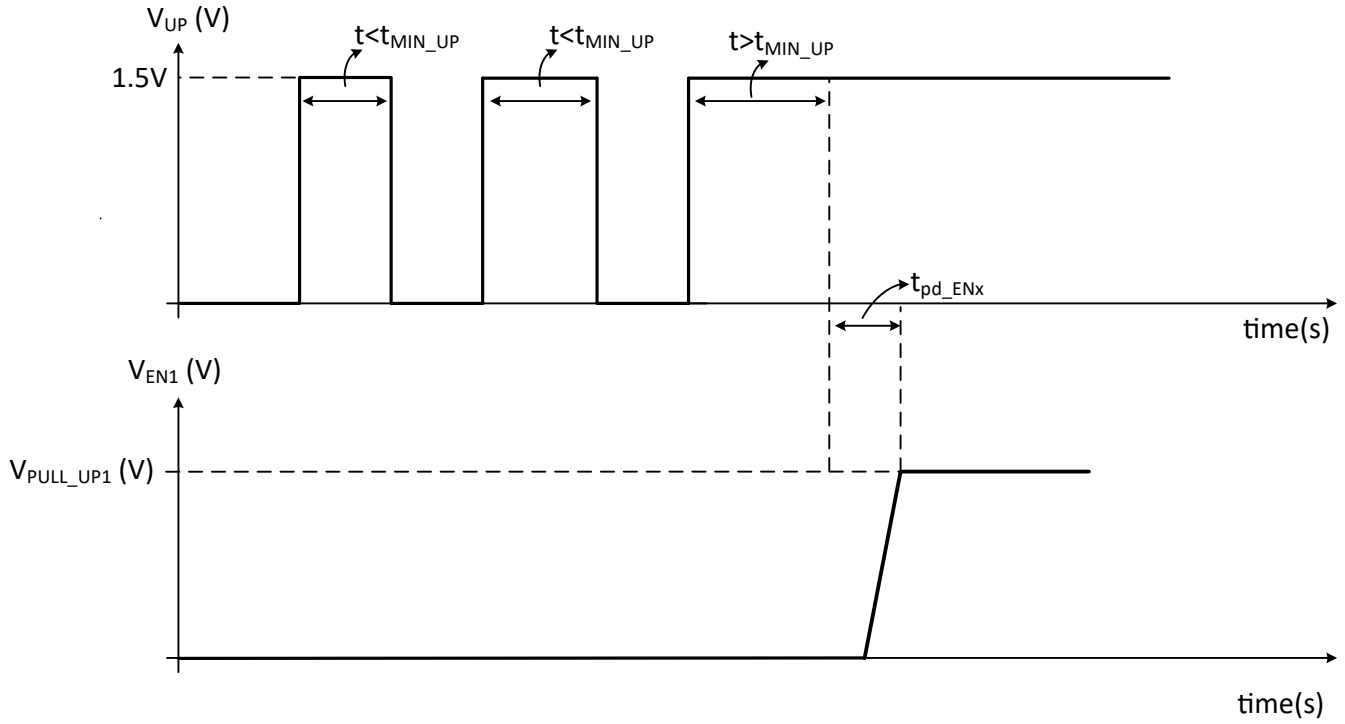


图 7-9. 有效定序上电命令的最短时间 (t_{MIN_UP})

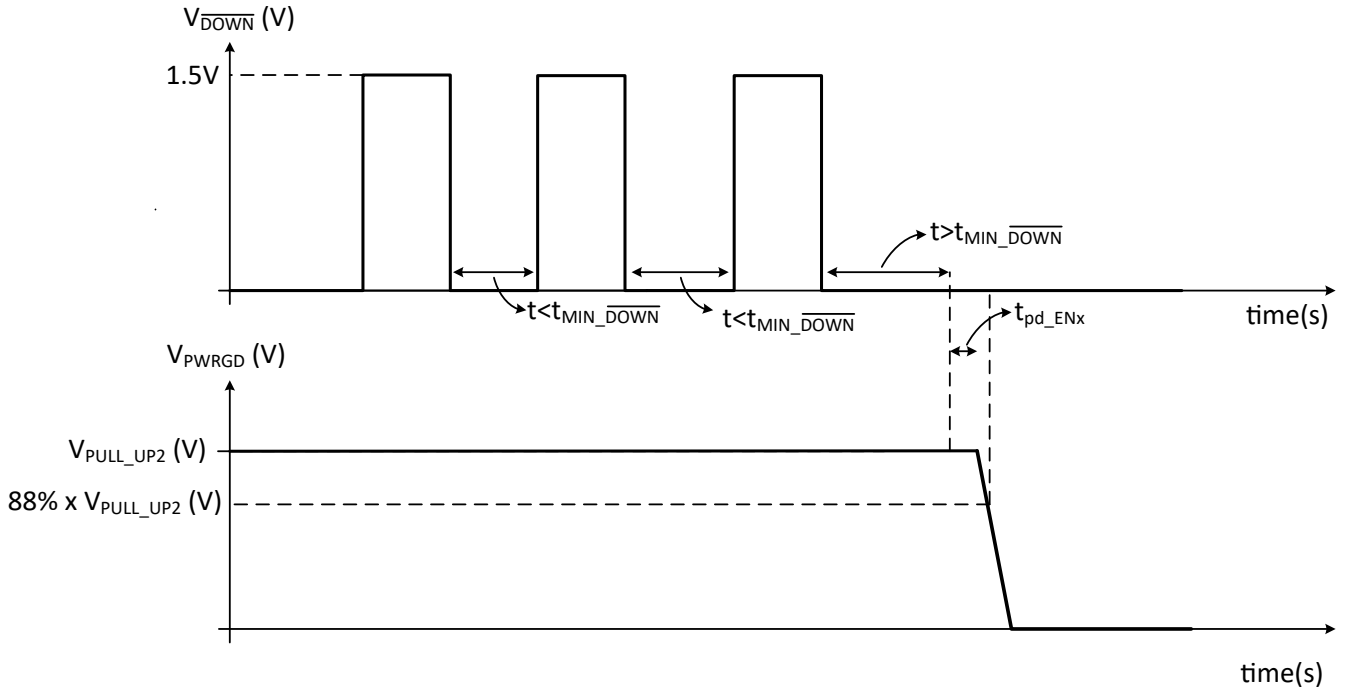


图 7-10. 有效定序下电命令的最短时间 ($t_{MIN_\overline{DOWN}}$)

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

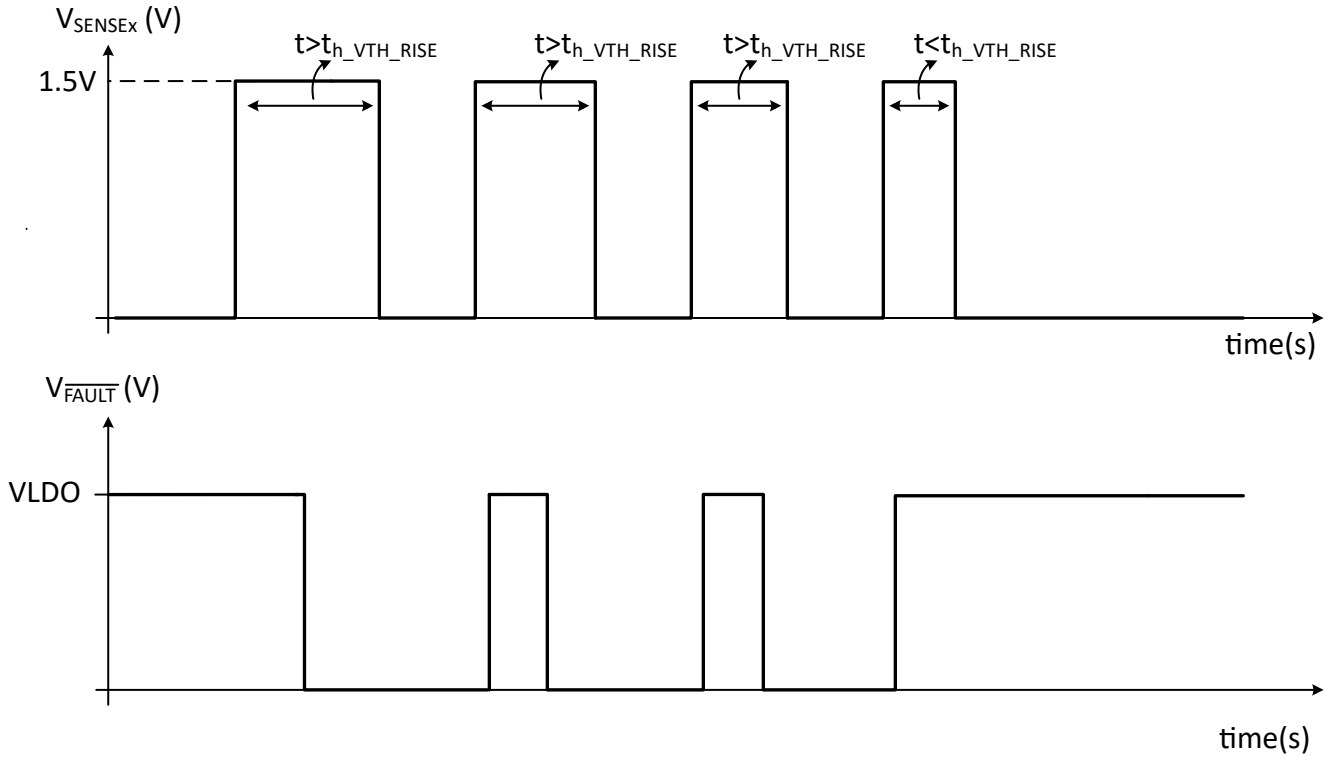


图 7-11. SENSEx 保持时间的上升阈值 ($t_{h_VTH_RISE}$)

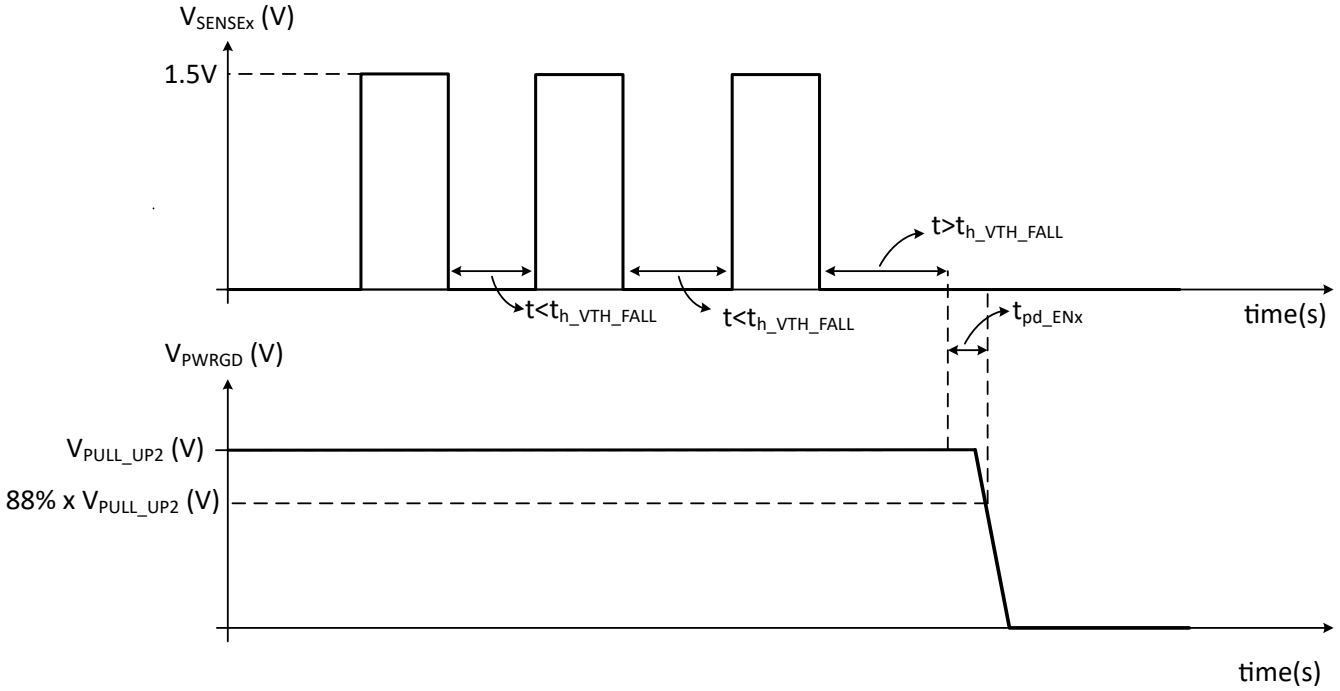


图 7-12. SENSEx 保持时间的下降阈值 ($t_{h_VTH_FALL}$)

8 详细说明

8.1 概述

TPS7H3014 是一款适用于航天应用的四通道 3V 至 14V 序列发生器和监控器。器件用于驱动具有使能高电平逻辑输入的器件。在菊花链配置中，可以根据应用的需要递增通道数，方法是连接多个 IC。每个输出均采用推挽架构。这些输出的逻辑高电平由用户通过向 PULL-UPx 输入提供电压从外部提供。所有 ENx 推挽输出都连接到 PULL_UP1 域，而 SEQ_DONE 和 PWRGD 则连接到 PULL_UP2 域。

SENSEx 输入连接到比较器的同相输入（欠压），用于确定受监控电源 (V_{OUTx}) 的导通（稳压状态）和关断（未处于稳压状态）电压电平。这些输入中的每一个都具有 599mV（典型值）的阈值电平，在电压、温度和辐射 (TID) 范围内的精度为 ±1%。迟滞电压阈值电平可由用户调节，并由 R_{TOPx} 电阻和迟滞电流 (I_{HYS}) 决定。一旦 SENSEx 上的上升电压超过阈值（典型值 599mV），I_{HYS} 变为激活状态，表明受监控的电压轨处于稳定状态。电压、温度和辐射 (TID) 范围内的 I_{HYS} 为 24 µA，精度为 3%。

该器件包含两个计时器：

1. **DLY_TMR**：设置上升和下降 ENx 延迟。一旦 $SENSE_{x-1}$ 在定序上电期间高于导通电压，只要用户使用 DLY_TMR 输入设置的延迟到期，EN_x 就会被置为高电平。在定序下电期间也是如此，这意味着一旦 $SENSE_x$ 低于关断电压，EN_{x-1} 将在计时器到期后被置为低电平。使用 10.5kΩ 至 1.18MΩ 时，该计时器的设置范围为 0.25ms 至 25ms。
2. **REG_TMR**：设置感测到的电压轨必须高于导通阈值（稳压状态）的允许时间。一旦 EN_x 被置为高电平，$SENSE_x$ 就可以达到用户使用 REG_TMR 设置的时间，从而达到 599mV 以上（典型值）。否则会启动从 EN_{x-1} 开始的反向定序下电。

该器件提供独立的 UP 和 $\overline{DOWN}$ 引脚，以实现菊花链配置。UP 引脚的阈值 (V_{TH_UP}) 为 599mV（典型值），而 $\overline{DOWN}$ 引脚的阈值 ($V_{TH_\overline{DOWN}}$) 为 498mV。两个输入比较器均采用 100mV 的固定迟滞来确保噪声稳定性。这些引脚是边沿敏感型引脚，UP 中的上升沿启动定序上电，而 $\overline{DOWN}$ 中的下降沿将启动定序下电。

使用单个器件并从外部驱动时，两个引脚（UP 和 DOWN）通常连接在一起。由于 UP 和 $\overline{DOWN}$ 输入具有精确的阈值，因此可以通过准确感测另一个电源轨（使用电阻分压器），将这些输入用于启动定序上电和下电，也可以由控制器从外部驱动。一旦 UP 被驱动至高于 V_{TH_UP}，器件将在已编程的延迟时间 (DLY_TMR) 后通过将 EN1 置为高电平来启动定序上电，此时 SENSE1 将开始上升。如果 SENSE1 在 REG_TMR 到期之前超过导通电压，则 EN2 将在编程的延迟后被置为高电平。此过程持续到 SEQ_DONE 和 PWRGD 置为高电平有效，分别表示完整定序上电和系统电源正常。

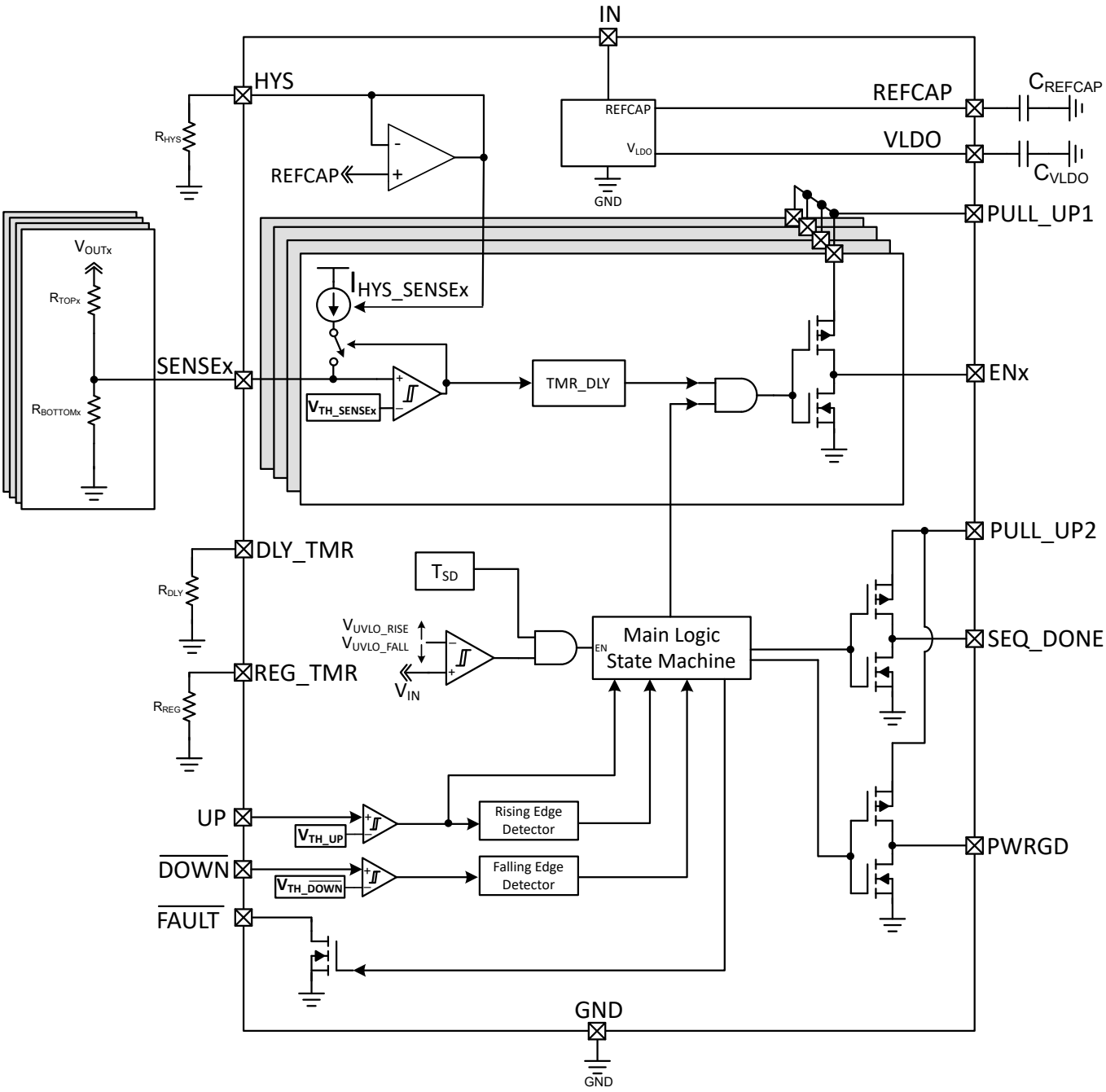
一旦 $\overline{DOWN}$ 引脚驱动至低于 $V_{TH_\overline{DOWN}}$，器件将在编程的延迟后通过强制 EN4 为低电平来启动定序下电。此时，SENSE4 电压将开始下降，直至低于设置的关断电压。发生这种情况后，EN3 将在编程的延迟后被置为低电平。这将一直持续到 EN1 被强制为低电平。由于进行定序的器件的放电时间未知，因此 REG_TMR 在定序下电期间处于不活动状态。

在定序上电期间，在最后一个使用的通道超过导通电压阈值并且编程的 DLY_TMR 到期后（假设它处于活动状态），SEQ_DONE 和 PWRGD 置位为高电平。在定序下电期间，一旦 V_{OUT1} 低于关断电压并且 DLY_TMR 到期，SEQ_DONE 就会被强制为低电平。但是，在命令了定序下电后，PWRGD 会立即被强制为低电平。

TPS7H3014 还集成了一个全面的 FAULT 管理系统，如 状态机一节所述。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

8.2 功能方框图


IN
HYS
REFCAP
VLDO
CREFCAP
CVLDO
RHYS
REFCAP
VLDO
GND
PULL_UP1
VOUTx
RTOPx
RBOTTOMx
IHYS_SENSEx
SENSEx
VTH_SENSEx
TMR_DLY
ENx
PULL_UP2
DLY_TMR
TSD
RDLY
VUVLO_RISE
VUVLO_FALL
VIN
Main Logic
State Machine
EN
SEQ_DONE
REG_TMR
RREG
UP
VTH_UP
Rising Edge
Detector
DOWN
VTH_DOWN
Falling Edge
Detector
PWRGD
FAULT
GND
GND

8.3 特性说明

8.3.1 输入电压 (IN)，VLDO 和 REFCAP

在稳态运行期间，TPS7H3014 的输入电压必须介于 3V 和 14V 之间。V_{IN} 和 GND 之间需要至少为 0.1 µF 的最小旁路电容。输入旁路电容器应尽量靠近 序列发生器 IC 放置。建议将 V_{IN} 压摆率控制在 10V/µs 至 1mV/µs 之间，以确保 IC 正常运行。

施加在 V_{IN} 上的电压作为产生 VLDO 电压的内部稳压器的输入，通常为 3.29V。当输入电压低于 3.29V（典型值）时，VLDO 电压将跟随 V_{IN} 上的电压。VLDO 的推荐电容为 1 µF。未使用的 SENSE2 至 SENSE4 可以连接到 VLDO，以便在定序上电和下电期间避免通道延迟。建议通过 10kΩ 电阻器将 $\overline{\text{FAULT}}$ 引脚上拉至 VLDO，但由于输出电流能力有限，建议不要从外部加载该引脚。由于器件中的内部时间常数，在上电期间，用户应在 V_{IN} > $UVLO_{RISE}$ 之后至少等待 2.8ms ($t_{Start_up_delay}$)，然后再尝试启动定序上电。

每个器件生成一个内部 1.2V 带隙基准，这个基准被用于不同的内部控制逻辑块。这是稳态运行期间 REFCAP 引脚上存在的电压。该电压经过分压可产生用于比较器输入 $SENSE_x$（599mV 典型值）、UP（598mV 典型值）和 $\overline{\text{DOWN}}$（498mV 典型值）的基准。V_{TH_SENSEx} 基准在 EN_x 输出端测得，以考虑误差放大器中的偏移，并在电压、温度和辐射 TID（器件中高达 100krad）范围内保持 ±1% 内的稳压。这种严格的基准容差可让用户精确地监控电压轨。REFCAP 引脚需要 470nF GND 电容，以确保器件的电气运行正常以及 SET 性能稳健。

8.3.1.1 欠压锁定 (V_{POR_IN} < V_{IN} < UVLO)

当 V_{IN} 上的电压低于 UVLO（2.79V 典型值）电压但高于上电复位电压（V_{POR_IN}，1.41V 典型值）时，无论器件输入端的电压如何，输出引脚（ENx、SEQ_DONE 和 PWRGD）都将处于逻辑低电平状态，命名为：

- $SENSE_x$
- UP
- $\overline{\text{DOWN}}$

8.3.1.2 上电复位 (V_{IN} < V_{POR_IN})

当 V_{IN} 电压低于上电复位电压 (V_{POR_IN}) 时，输出信号未定义，不能用于实现器件正常运行。

图 8-1 显示了 ENx 输出与上升输入电压 (V_{IN}) 的关系。从图中可以看出，当 V_{IN} 低于 V_{POR_IN}（通常为 1.41V）时，ENx 是未定义的。在此期间，输出可以是 0V 到 V_{IN} 之间的任意值。在这种情况下，所有欠压 (UV) 输入比较器 (SENSEx) 的输入电压低于 V_{TH_SENSEx} (599mV)。因此（同时等待 UP 上的上升沿），在 V_{IN} 上升至高于 $UVLO_{RISE}$（通常为 2.79V）后，ENx、SEQ_DONE 和 PWRGD 会保持低电平。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

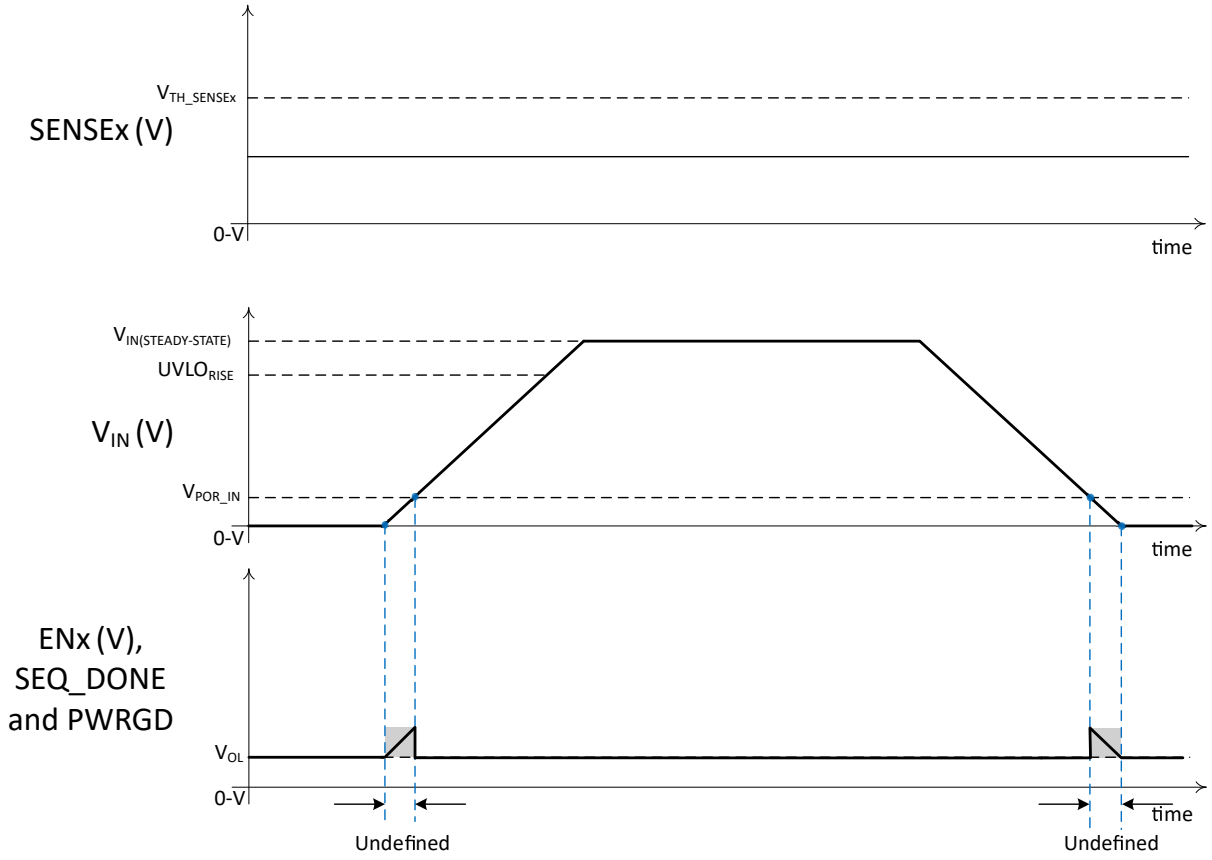


图 8-1. V_{IN} > V_{IN-MIN} 后，输出处于有效低电平状态

A. 此图假定：

1. 将有效的外部上拉电压连接到 PULL_UPx 输入 (1.6V ≤ V_{PULL_UPx} ≤ 7V)。
2. $V_{IN(STEADY-SATE)}$ 是介于 3V 至 14V 之间的有效 V_{IN} 电压。
3. $V_{\overline{FAULT}}$ 上拉至 VLDO。
4. 器件处于：等待定序上电状态（更多详细信息，请参阅状态机）。
5. V_{OL} 表示：V_{OL_ENx}、$V_{OL_SEQ_DONE}$ 和 V_{OL_PWRGD}，或所有输出的低逻辑输出电压。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

8.3.2 SENSEx 输入

8.3.2.1 V_{TH_SENSEX} 和 V_{ONx}

TPS7H3014 序列发生器集成了四个欠压 (UV) 比较器，其精确 (±1%) 阈值电压 (V_{TH_SENSEx}) 标称值为 599mV。在 ENx 输出端测量 V_{TH_SENSEx}，以考虑阈值中的比较器偏移。由于可以调节外部电阻分压器以检测任何电压轨 (V_{OUTx})，因此提供了最大的灵活性。图 8-2 展示了连接到 SENSEx 输入的比较器的概念图。可以观察到，检测到的电压轨 (V_{OUTx}) 已衰减（使用外部电阻分压器 R_{TOPx} 和 $R_{BOTTOMx}$），并与 V_{TH_SENSEx} 电压进行比较。建议将稳态 SENSEx 电压保持在 1.6V 以下，以便保持阈值 (V_{TH_SENSEx}) 精度。

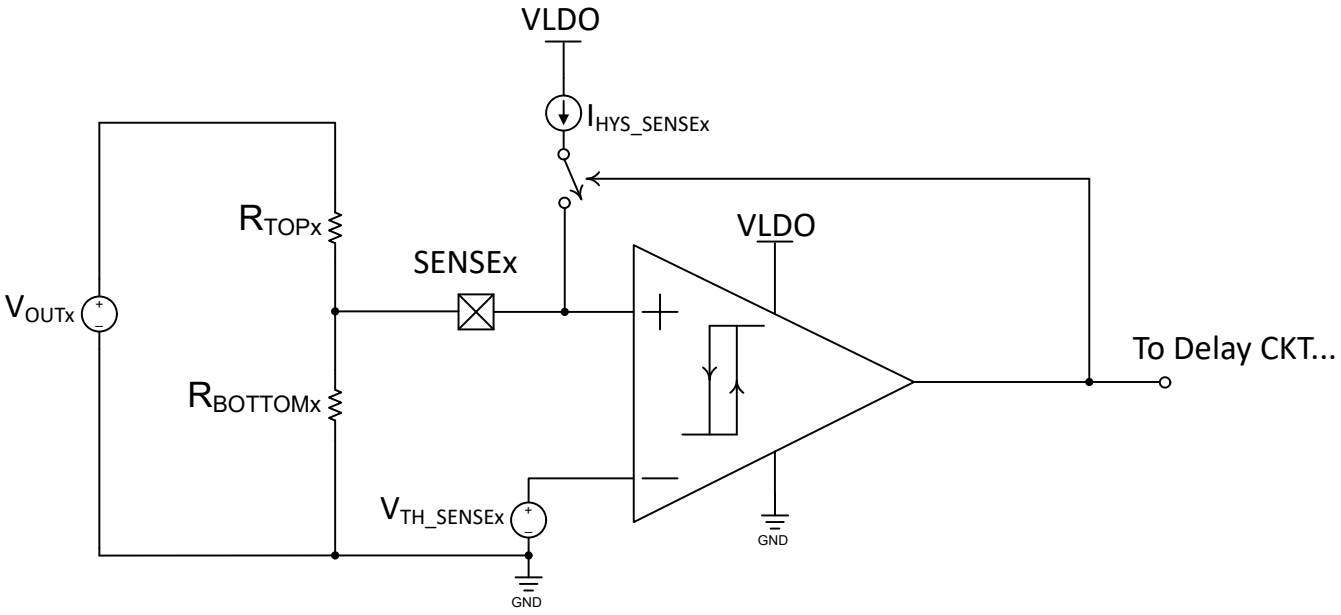


图 8-2. SENSEx 比较器输入

当受监控电源轨上的电压 (V_{OUTx}) 上升时，迟滞电流 (I_{HYS}) 不会连接到 SENSEx 输入。此时将 SENSEx（衰减的 V_{OUTx}）电压与 SENSEx 阈值 (V_{TH_SENSEx}) 进行比较。当 $V_{SENSEx} > V_{TH_SENSEx}$ 时，电压被视为在稳压限值范围内。我们可以如下使用简单的分压器计算导通（在稳压范围内）电压：

$$V_{ONx_NOMINAL}\ (V) = \left(1 + \frac{R_{TOPx}}{R_{BOTTOMx}}\right) \times V_{TH_SENSEx} \quad (1)$$

其中：

- V_{TH_SENSEx} 是 599mV 的标称检测阈值电压。

与任何系统一样，设计变量也存在一些变化（或误差），在本例中为顶部和底部电阻器以及 SENSEx 阈值电压。使用导数法在两个电阻器具有相同容差值的情况下计算总误差（并假设这些变量不相关），由此如下计算 V_{ONx} 误差：

$$V_{ONx_ERROR}\ (V) = \pm\sqrt{\frac{V_{TH_SENSEx}^2 \times \left[\left(2 \times R_{TOL}^2 \times R_{TOPx}^2\right) + \left(V_{TH_SENSEx_ACC}^2 \times \left(R_{TOPx} + R_{BOTTOMx}\right)^2\right)\right]}{R_{BOTTOMx}^2}} \quad (2)$$

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

其中：

- R_{TOL} 是以数值表示的电阻器容差（顶部与底部电阻器的容差相同）。例如，对于容差为 0.1% 的电阻器，可使用 0.001。
- $V_{TH_SENSEx_ACC}$ 是 SENSEx 阈值精度的数值（在本例中为 0.01）。
- R_{TOPx} 和 $R_{BOTTOMx}$ 的单位为欧姆 (Ω)。
- V_{TH_SENSEx} 为 0.599 伏。

使用方程式 1 和方程式 2，我们可以如下计算导通电压范围：

$$V_{ONx} = V_{ONx_NOMINAL} \pm V_{ONx_ERROR} \quad (3)$$

备注

在考虑比较器偏移 $V_{TH_SENSEx} = V_{REF} + V_{OFFSETx}$ 时，请记住 V_{TH_SENSEx} 是基准电压。

由于该器件用于多电源轨系统定序，因此对于定序上电 ENx 至 SENSEx 顺序，定义为升序通道编号（EN1 至 EN4），而对于定序下电，定义为降序（EN4 至 EN1）。当不需要（未使用）序列发生器的某个通道时，该通道可以连接到 VLDO，以便在定序上电/下电期间跳过该通道。建议将所有禁用的通道连接到 VLDO，但高于 VLDO（最大值）的 91% 的外部电压会禁用通道（SENSEx 上的电压不能超过 3.5V）。只有通道 2 至 4 可被禁用。建议禁用从高电平（通道 #4）开始到低电平（通道 #2）的通道。从最低通道编号开始直至较高通道编号禁用通道。这意味着如果禁用了通道 2，则根据定义，也会禁用通道 3 和 4。所有已禁用的通道都必须连接至 VLDO（或连接至电压值大于 91% VLDO 的电压）。

备注

要禁用的通道必须在上电时有效，并且在定序上电和下电期间不能动态更改。

SENSE 2 到 SENSE4 的任何电压如果大于 V_{TURN_OFF}（VLDO（最大值）的 91%），则将禁用（或关闭）相应通道。这样将在定序上电和下电期间禁用这些通道的延迟（通过 TMR_DLY 设定）。

尽管在大多数情况下并非必需，但对于噪声应用，良好的模拟设计实践是在 SENSEx 输入端放置一个小型旁路电容器，以便降低对受监控信号上瞬态电压的敏感度。

8.3.2.2 I_{HYS_SENSEx} 和 V_{OFFx}

TPS7H3014 具有精度为 ±3% 的 24 µA 内置迟滞电流（其中 R_{HYS} = 50kΩ）。迟滞电流相当于 REFCAP/R_{HYS}。建议 R_{HYS} 的容差为 0.1%，因为它最终会影响迟滞电流精度。

备注

可以使用 R_{HYS}=49.9kΩ 的电阻器来代替 50kΩ。在这种情况下，标称 I_{HYS_SENSEx} 电流将为 24.05 µA，而不是 24 µA。

此电流在所有 SENSEx 输入下于内部镜像。当 SENSEx 电压大于阈值电压 (599mV ±1%) 时（与 $V_{OUTx} > V_{ONx}$ 相同（请参阅方程式 3 和图 8-2））），该迟滞电流变为有效状态。该电流 (I_{HYS}) 乘以 R_{TOPx} 电阻会产生电压 (V_{HYSx})，该电压将添加到 SENSEx 节点，从而有效地提高（递增）节点电压。在定序下电期间或 V_{OUTx} 递减时发生欠压事件期间，要被视为超出稳压范围（或发生故障），它需要降至 V_{OFF} 电压以下。迟滞电压定义如下：

$$V_{HYSx_NOMINAL}\ (V) = I_{HYS_SENSEx} \times R_{TOPx} \quad (4)$$

其中：

- $I_{HYS_SENSEx} = 24 \times 10^{-6}$ 安培（或 24 µA）
- R_{TOPx} 的单位为欧姆 (Ω)

“关断”（或超出稳压范围）电压的计算公式如下：

$$V_{OFFx_NOMINAL}\ (V) = V_{ONx_NOMINAL} - V_{HYSx_NOMINAL} \quad (5)$$

使用方程式 1 和方程式 5

$$V_{OFFx_NOMINAL}\left(V\right) = \left[\left(1 + \frac{R_{TOPx}}{R_{BOTTOMx}}\right) \times V_{TH_SENSEx}\right] - \left(I_{HYS_SENSEx} \times R_{TOPx}\right) \quad (6)$$

其中：

- V_{TH_SENSEx} 是 0.599V 的标称感测阈值电压
- I_{HYS_SENSEx} = 24 × 10^{-6} 安培（或 24 µA）
- R_{TOPx} 和 $R_{BOTTOMx}$ 的单位为欧姆（Ω）

V_{OFF} 误差（使用导数方法并假设所有变量都不相关）的计算公式如下：

$$V_{OFFx_ERROR}\left(V\right) = \pm\sqrt{\frac{A + B + C + D}{R_{BOTTOMx}^{2}}} \quad (7)$$

其中的等式项为：

$$A = I_{HYS_SENSEx}^{2} \times I_{HYS_SENSEx_ACC}^{2} \times R_{TOPx}^{2} \times R_{BOTTOMx}^{2} \quad (8)$$

$$B = R_{TOL}^{2} \times R_{TOPx}^{2} \times V_{TH_SENSEx}^{2} \quad (9)$$

$$C = R_{TOL}^{2} \times R_{TOPx}^{2} \times \left[\left(I_{HYS_SENSEx} \times R_{BOTTOMx}\right) - V_{TH_SENSEx}\right]^{2} \quad (10)$$

$$D = V_{TH_SENSEx}^{2} \times V_{TH_SENSEx_ACC}^{2} \times \left(R_{TOPx} + R_{BOTTOMx}\right)^{2} \quad (11)$$

其中：

- R_{TOL} 是以数值表示的电阻器容差（顶部与底部电阻器的容差相同）。例如，对于容差为 0.1% 的电阻器，可使用 0.001。
- $V_{TH_SENSEx_ACC}$ 是 SENSEx 阈值精度的数值（在本例中为 0.01）。
- $I_{HYS_SENSEx_ACC}$ 是迟滞电流精度的数值（在本例中为 0.03）
- V_{TH_SENSEx} 是 0.599V 的标称感测阈值电压
- I_{HYS_SENSEx} = 24 × 10^{-6} 安培（或 24 µA）
- R_{TOPx} 和 $R_{BOTTOMx}$ 的单位为欧姆（Ω）

$$V_{OFFx} = V_{OFFx_NOMINAL} \pm V_{OFFx_ERROR} \quad (12)$$

使用方程式 6 和方程式 7，我们可以如下计算关断电压范围：

图 8-3 显示了上升和下降电压的概念图，还显示了由于 V_{TH} 精度、I_{HYS} 精度和电阻分压器容差而导致的此电压的误差。在系统级，为确保设计稳健，必须考虑这些误差。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

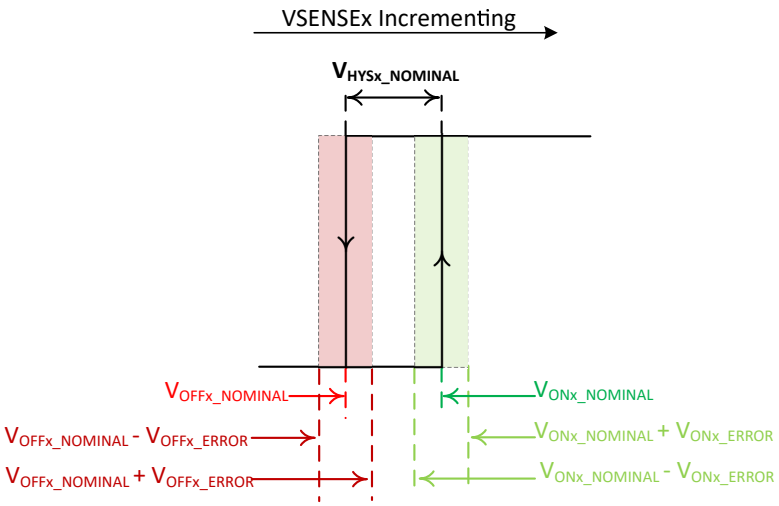


图 8-3. SENSE$_x$ 比较器的上升和下降阈值电压

8.3.2.3 顶部和底部电阻分压器设计公式

在系统级别，设计人员知道（或选择）V_{ONx} 和 V_{OFFx} 电平。通常，这些电压被选择为受监控的标称电源轨电压 (V_{OUTx}) 的百分比。了解这些信息后，我们可以计算所需目标电平的电阻分压器元件值（R_{TOPx} 和 $R_{BOTTOMx}$）。使用方程式 4 和方程式 5 可以如下计算顶部电阻器：

$$R_{TOPx} = \frac{V_{ONx} - V_{OFFx}}{I_{HYS_SENSEx}} \quad (13)$$

根据方程式 1，我们可以如下计算底部电阻器：

$$R_{BOTTOMx} = \frac{R_{TOPx} \times V_{TH_SENSEx}}{V_{ONx} - V_{TH_SENSEx}} \quad (14)$$

需要注意的是，V_{ONx} 和 V_{OFFx} 之间的间隔越大（称为 V_{HYSx}），关断电压误差就越大。图 8-4 显示了不同迟滞电压 ($V_{HYSx} = V_{ONx} - V_{OFFx}$) 下 V_{OFFx} 中的误差图。该图是为以下对象创建：三种不同的 V_{ON} 电压（或标称输出电压的百分比：90、95 和 97%）和两种不同的输出电压（0.8V 和 28V）。可以观察到，输出电压对关断电压误差的影响很小（图上无法看到差异）。误差（以百分比表示）可以从大约 1%（V_{HYS} = 3% 时）变为大约 2.6%（V_{HYS} = 80% 时）。

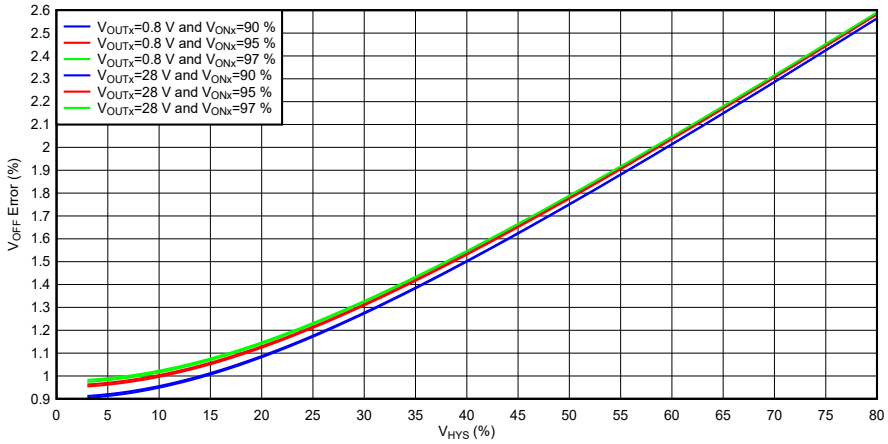


图 8-4. V_{OFFx} 误差与 V_{HYS} 间的关系

A. 此图不包括 V_{OFFx} 上的误差，该误差是使用方程式 13 和方程式 14 计算出的顶部和底部电阻器与设计人员可获得的实际电阻值之间的差异造成的。
B. 用于计算的电阻器容差为 0.1%，V_{TH_SENSEx} 精度为 1%，I_{HYS_SENSEx} 精度为 3%。
C. 在该图中，V_{HYS} (%) 将分离度表示为标称输出电压 (V_{OUTx}) 的百分比。
D. 在此图中，以 % 表示的 V_{OFF} 误差相对于满量程电压（或 V_{OUTx}）进行归一化。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

8.3.3 输出级（ENx、SEQ_DONE、PWRGD、PULL_UP1 和 PULL_UP2）

输出级（EN1 至 EN4），SEQ_DONE 和 PWRGD 为推挽高电平有效类型。推挽输出的上拉电压由用户从外部提供。PULL_UP1（输入）是所有 ENx 输出（EN1 至 EN4）的上拉电压域，而 PULL_UP2（输入）是 SEQ_DONE 和 PWRGD 输出的上拉电压域。

备注

IN、PULL_UP1 和 PULL_UP2 没有时序要求；但是，在命令定序上电和下电之前必须全部偏置。

备注

TI 建议使用尽可能靠近引脚的 1 µF 陶瓷电容器对 PULL_UPx 输入进行去耦。这是为了确保输出端具有干净的电压信号（ENx、PWRGD 和 SEQ_DONE）。

每个输出级由一对 PMOS/NMOS (CMOS) 组成。当 V_{PULL_UPx} > 3.3V 时，每个桥臂的输出电阻典型值为 7 Ω。PULL_UP1 和 PULL_UP2 的电压范围为 1.6V 至 7V，可以独立偏置或连接到同一电压轨，但两者都可以偏置。PMOS 桥臂的输出电阻与 PULL_UPx 电压相关。PULL_UPx 电压越低，PMOS 电阻越高。

当 V_{IN} < V_{POR_IN} 且 V_{PULL_UPx} > $V_{POR_PULL_UPx}$（最大值为 1.4V）时，输出将处于已知的下拉状态。在这种情况下，当器件将 100 µA 的电流灌入输出时，输出的灌电流能力会下降，且 V_{OL} ≤ 320mV：

- ENx
- PWRGD
- SEQ_DONE

一旦输入电压范围在 3V 至 14V 的建议输入电压范围内，每个输出将具有 ±10mA 的全强度能力。

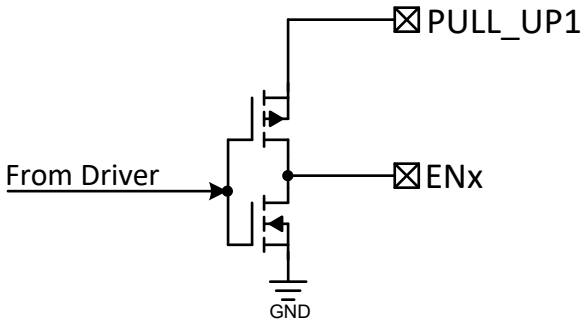


图 8-5. ENx 推挽输出级

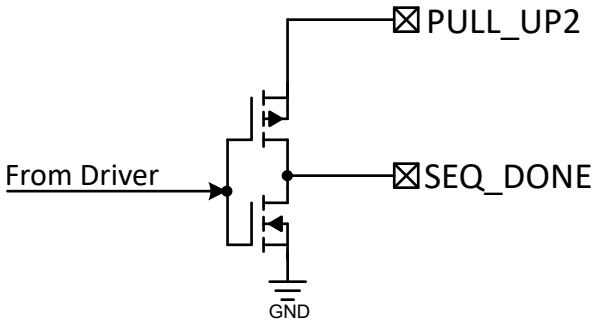


图 8-6. SEQ_DONE 推挽输出级

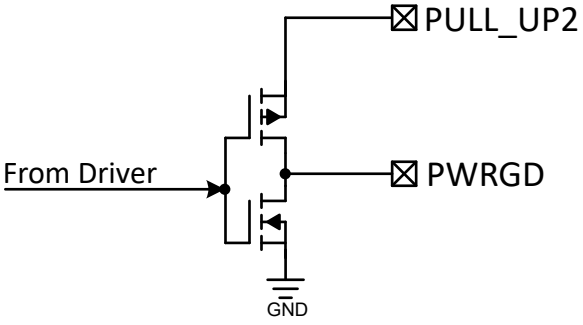


图 8-7. PWRGD 推挽输出级

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

8.3.4 用户可编程 TIMERS

TPS7H3014 有两个全局（或所有 SENSEx 通道共用）可调计时器：

- DLY_TMR
- REG_TMR

两个计时器均通过单个电阻器从 DLY_TMR 和 REG_TMR 引脚到 GND 进行编程。这些电阻器用于对计时器的内部振荡器频率进行编程。将 DLY_TMR 或 REG_TMR 引脚悬空会分别禁用计时器。禁用计时器会降低器件的电流消耗 (I_{Q_IN})。两个计时器的范围均为 250 µs 至 25ms。

备注

计时器条件必须在上电时有效且不得动态更改。

图 8-8 展示了假设没有故障且 UP/DOWN 引脚连接在一起时的定序上电和下电。DLY_TMR 显示为橙色，而 REG_TMR 时间用箭头显示（从 ENx 变为高电平开始）。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

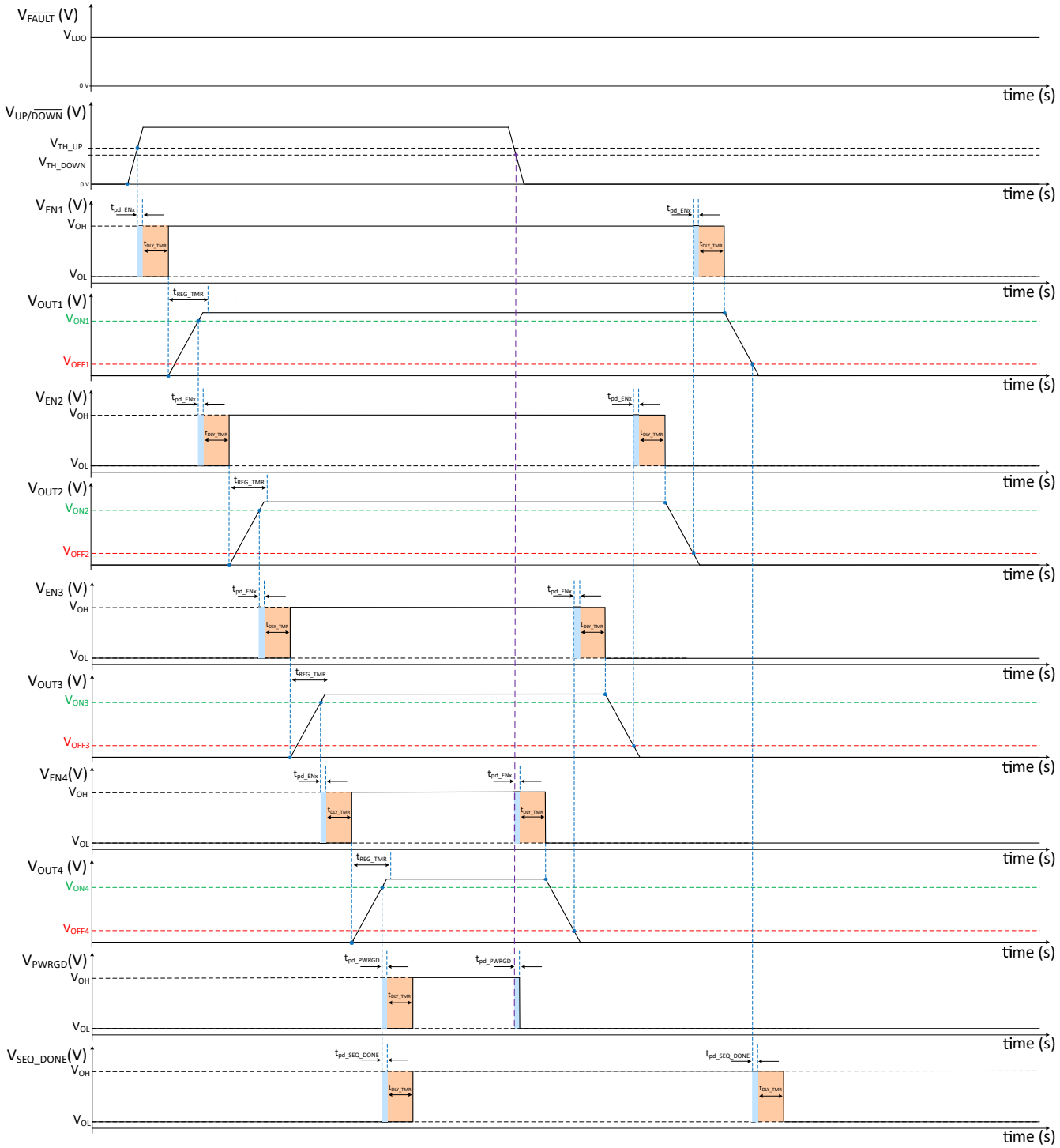


图 8-8. 定序上电和下电

A. 请务必注意以蓝色显示的 t_{pd_ENx}、t_{pd_PWRGD} 和 $t_{pD_SEQ_DONE}$。这是输出（ENx、PWRGD 和 SEQ_DONE）中的传播延迟。如果未使用 DLY_TMR（悬空），则输出信号会在该延迟后变为有效状态。使用 DLY_TMR 时，必须将该时间添加到编程的计时器时间。

B. REG_TMR 仅在定序上电期间有效。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

8.3.4.1 DLY_TMR

TPS7H3014 具有可调节时间延迟。DLY_TMR 引脚和 GND 之间连接的单个电阻器将对延迟进行编程。对于 268 μs 至 23.63ms 的延迟，可能的电阻器 (R_{DLY}) 值相应介于 10.5kΩ 和 1.18MΩ 之间。在定序上电期间，在受监控的电压超过“接通”电压 ($V_{OUTx} > V_{ONx}$) 后，此延迟会使 EN_{x+1}、SEQ_DONE 和 PWRGD 在用户编程的时间内保持在低电平。在定序下电期间，在受监控电压超过“关断”电压 ($V_{OUTx} < V_{OFFx}$) 后，EN_{x-1} 和 SEQ_DONE 在编程的延迟时间内保持高电平。

备注

在定序下电期间，PWRGD 在 $V_{\overline{DOWN}} < V_{TH_\overline{DOWN}}$ 后立即变为低电平。

如果系统首选无延迟，则可以将引脚 (DLY_TMR) 保持悬空。当首选无延迟时，在定序上电期间，在 V_{OUTx} 超过 V_{ONx} 和 EN_{x+1} 变为高电平之间，会观察到 6.5 μs（最大值）的固有传播延迟。当 V_{OUTx} 超过 V_{OFFx} 且 EN_{x-1} 被强制为低电平时，在定序下电期间也会观察到传播延迟。SEQ_DONE 和 PWRGD 在定序上电期间 $V_{OUT4} > V_{ON4}$ 时也具有此传播延迟。在定序下电期间，当 $V_{OUT1} < V_{OFF1}$ 时，SEQ_DONE 将在传播延迟后变为低电平，而当命令定序下电时，PWRGD 将在传播延迟后变为低电平。图 8-8 以蓝色显示传播延迟（t_{pd_ENx}、$t_{pd_SEQ_DONE}$、t_{pd_PWRGD}），以橙色显示编程延迟 (t_{DLY_TMR})。DLY_TMR 电阻器可以使用 方程式 15 或 方程式 16 来选择。图 8-9 和 图 8-10 显示了 DLY_TMR 电阻器和延迟时间之间的线性趋势。

如果 t_{DLY_TMR} 介于 0.268ms 和 12.5ms 之间，请使用：

$$R_{DLY_TMR}(k\Omega) = \left[49.75 \times t_{DLY_TMR}(ms)\right] - 2.832 \quad (15)$$

如果 t_{DLY_TMR} 大于 12.5ms，请使用：

$$R_{DLY_TMR}(k\Omega) = \left[51.61 \times t_{DLY_TMR}(ms)\right] - 26.12 \quad (16)$$

表 8-1 显示了不同延迟时间的标称电阻器值。

表 8-1. 典型 DLY_TMR 电阻器

t_{DLY_TMR} (ms)	R_{DLY_TMR} (kΩ)
0.268	10.5
12.5	619
23.37	1180

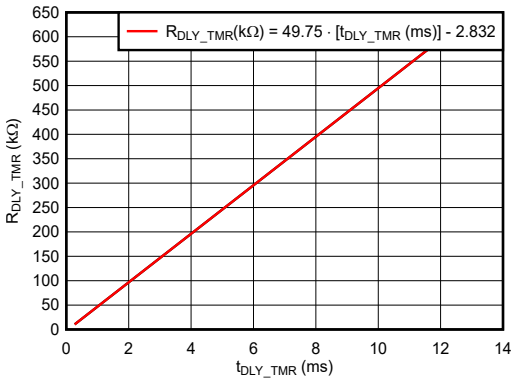


图 8-9. R_{DLY_TMR} 与 t_{DLY_TMR} 间从 0.268ms 至 12.5ms 的关系

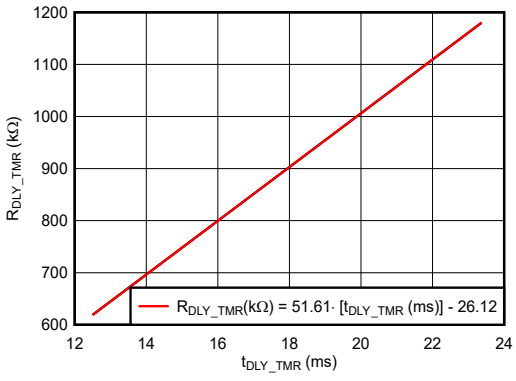


图 8-10. R_{DLY_TMR} 与 t_{DLY_TMR} 间从 12.5ms 至 23.37ms 的关系

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

8.3.4.2 REG_TMR

REG_TMR（用于稳压计时器）是一个可调节的时间监控器，用于监控达到 V_{OUTx} > V_{ONx} 所需的时间。用户可以使用 REG_TMR 和 GND 之间的单个电阻器对 REG_TMR 进行编程。电阻器 (R_{REG}) 的范围在 10.5kΩ 到 1.18MΩ 之间，对应的时间为 264μs 至 23.63ms。如果用户不需要 REG_TMR 处于活动状态，则可以将该引脚保持悬空。在这种情况下，V_{OUTx} 有无限长的时间来超过 V_{ONx} 电压。REG_TMR 仅在定序上电期间有效。

备注

如果 REG_TMR 保持悬空且从未超过 V_{ONx} 电压，则状态机将无限期地等待。

如果处于活动状态，REG_TMR 将监测 ENx 信号被强制为高电平后 V_{OUTx} 超过 V_{ONx} 电压所需的时间。在 REG_TMR 到期且 V_{OUTx} 未超过 V_{ONx} 电压的情况下，将按照状态机一节所述开始从先前定序的电源轨执行反向定序下电。图 8-8 展示了从 ENx 被强制为高电平（V_{OUTx} 开始上升）开始，在定序上电期间 REG_TMR 处于活动状态。在这种情况下，V_{OUTx} 始终在计时器到期之前超过 V_{ON}。可以使用方程式 17 和方程式 18 来选择 REG_TMR 电阻器。图 8-11 或图 8-12 显示了 REG_TMR 电阻器与要稳压的电源轨所允许的稳压时间之间的线性趋势 (V_{OUTx} > V_{ONx})。

如果 t_{DLY_TMR} 介于 0.264ms 和 12.4ms 之间，请使用：

$$R_{DLY_TMR}(k\Omega) = \left[50.14 \times t_{DLY_TMR}(ms)\right] - 2.737 \quad (17)$$

如果 t_{DLY_TMR} 大于 12.4ms，请使用：

$$R_{DLY_TMR}(k\Omega) = \left[49.96 \times t_{DLY_TMR}(ms)\right] - 0.4479 \quad (18)$$

表 8-2 显示了不同允许稳压时间对应的典型电阻器值。

表 8-2. 典型 REG_TMR 电阻器

t_{REG_TMR} (ms)	R_{REG_TMR} (kΩ)
0.264	10.5
12.4	619
23.63	1180

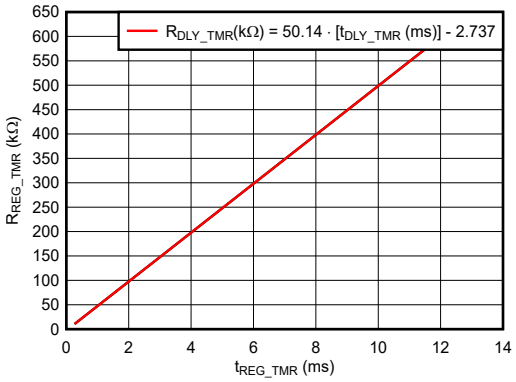


图 8-11. R_{REG_TMR} 与 t_{REG_TMR} 从 0.264ms 到 12.4ms 的关系

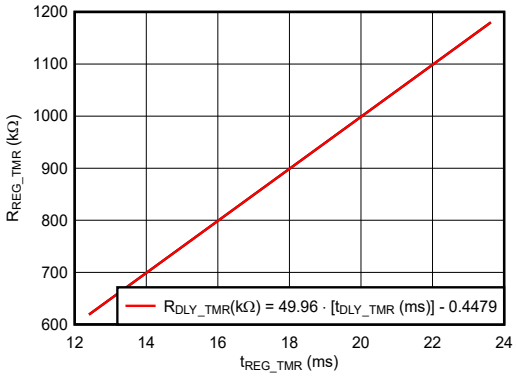


图 8-12. R_{REG_TMR} 与 t_{REG_TMR} 从 12.4ms 到 23.63ms 的关系

8.3.5 UP 和 $\overline{\text{DOWN}}$

UP 和 $\overline{\text{DOWN}}$ 引脚是启动定序上电或下电的输入。两个引脚都包含一个精确的比较器，其中阈值电压 V_{TH_UP} = 599mV（适用于 UP），$V_{TH_\overline{DOWN}}$ = 498mV（适用于 $\overline{\text{DOWN}}$），两个输入的精度均为 ±3%。

两个比较器均采用 100mV 的固定迟滞来确保噪声稳定性。这些引脚上的边沿用作以下项来启动命令：

- UP 的上升沿启动定序上电。
- $\overline{\text{DOWN}}$ 的下降沿启动定序下电。

在状态机中，UP 电压也用作锁存方法，以防止 FAULT 期间发生振荡。要脱离故障状态，UP 电压必须为逻辑低电平。由于 UP 是一个迟滞为 100mV 的比较器，根据 V_{UP} 之前是否高于 V_{TH_UP}，逻辑低电平为：

- 如果 UP 先前未高于 V_{TH_UP}，则 V_{TH_UP} ≤ 599mV（典型值）。
- 如果 UP 先前超过 V_{UP_TH}，则 V_{UP_TH}（典型值 600mV）– 100mV ≤ 500mV（典型值）。

这些输入可由辅助控制控制器或通过连接到电压源的电阻分压器从外部驱动。

由于这些输入对边沿敏感，因此在发送定序上电命令之前，必须在至少 2.8ms ($t_{Start_up_delay}$) 的时间里具有稳定输入电压 ($UVLO_{RISE}$ < V_{IN} < 14V)。这是由器件中的内部时间常数造成。在定序下电期间，必须保持稳定的输入电压，直到 SEQ_DONE 标志设置为低电平，以便允许所有电源轨正确进行定序下电。

由于 UP 和 $\overline{\text{DOWN}}$ 引脚都有精确的欠压比较器，因此用户可以对电压进行编程，在该电压下，在通过电阻分压器监测主电源轨 (V_{MAIN}) 时，系统将自动启动定序上电和下电。然而，如前所述，在这种情况下，必须确保在 V_{IN} 稳定时发送上升沿和下降沿。可以在 UP 和 GND 之间添加一个电容器，以便在 V_{MAIN} 处的压摆率为快速时延迟信号。

通常设计人员知道启动定序上电的电压（称为 V_{UP_IDEAL}）和启动定序下电的电压（称为 $V_{\overline{DOWN}_IDEAL}$）。根据这些信息，我们可以使用方程式 19 和方程式 20 计算电阻分压器值。通常，顶部电阻器固定为 10kΩ 值。

$$R_{BOTTOM_UP} = R_{TOP_UP} \times \frac{V_{TH_UP}}{V_{UP_IDEAL} - V_{TH_UP}} \tag{19}$$

$$R_{BOTTOM_\overline{DOWN}} = R_{TOP_\overline{DOWN}} \times \frac{V_{TH_\overline{DOWN}}}{V_{\overline{DOWN}_IDEAL} - V_{TH_\overline{DOWN}}} \tag{20}$$

其中：

- V_{TH_UP}= 598mV（典型值）
- $V_{TH_\overline{DOWN}}$ = 498mV（典型值）

在设计人员知道实际的（真实）电阻分压器值后，可以使用方程式 21 和方程式 22 如下计算定序上电和下电标称电压：

$$V_{UP_NOMINAL}\ (V) = \left(1 + \frac{R_{TOP_UP}}{R_{BOTTOM_UP}}\right) \times V_{TH_UP} \tag{21}$$

$$V_{\overline{DOWN}_NOMINAL}\ (V) = \left(1 + \frac{R_{TOP_\overline{DOWN}}}{R_{BOTTOM_\overline{DOWN}}}\right) \times V_{TH_\overline{DOWN}} \tag{22}$$

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

如果需要，我们可以使用方程式 23 为 UP 引脚选择电容 (C_{DELAY})。

$$C_{DELAY}\left(F\right) > \frac{t_{DELAY}(s)}{R_{TH}\left(\Omega\right) \times \ln\left(-\frac{V_{TH}(V)}{V(t) - V_{TH}(V)}\right)} \quad (23)$$

其中：

- t_{DELAY} (s) 是所需的延迟时间，单位为秒（在 V_{IN} > $UVLO_{RISE}$ 后至少为 2.8ms）。
- R_{TH} 是戴维南等效电阻。这种情况下，为 R_{TOP} 与 R_{BOTTOM} 之间的并联电阻，单位为欧姆。
  - $$R_{TH}\left(\Omega\right) = \frac{R_{TOP}\left(\Omega\right) \times R_{BOTTOM}(\Omega)}{R_{TOP}\left(\Omega\right) + R_{BOTTOM}(\Omega)} \quad (24)$$
- V_{TH} 是戴维南等效电压。这种情况下，是稳态运行时的 V_{UP} 的电压，单位为伏特。
  - $$V_{TH}\left(V\right) = \left(\frac{R_{BOTTOM}(\Omega)}{R_{TOP}\left(\Omega\right) + R_{BOTTOM}(\Omega)}\right) \times V_{MAIN}\left(V\right) \quad (25)$$
- V(t) 是 UP 上的电压 (V_{UP})，其将启动定序上电。在本例中为 598mV ± 3%，单位为伏特。

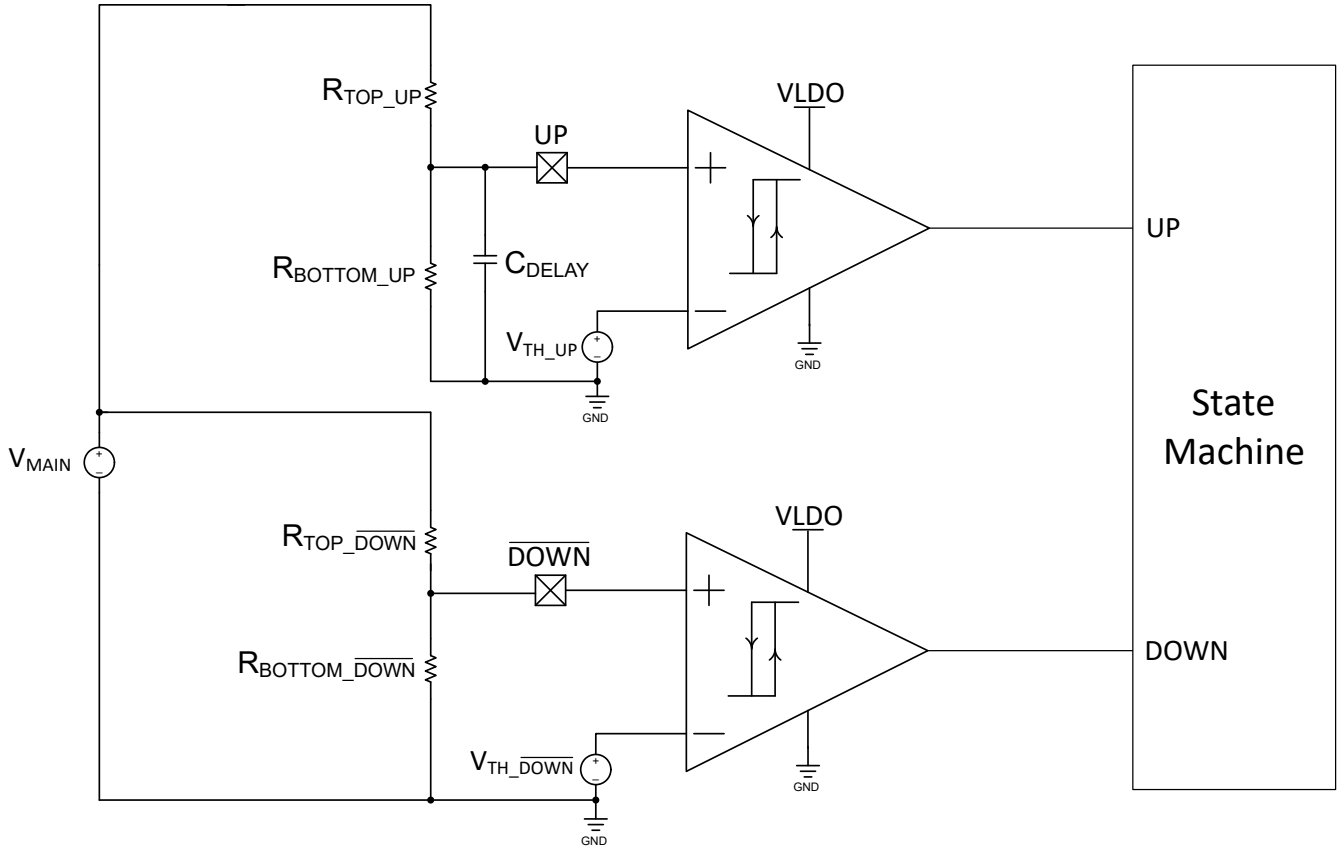


图 8-13. 监控主电源轨以自动启动定序上电和下电

8.3.6 FAULT

$\overline{\text{FAULT}}$ 引脚是一个开漏输出，用户可以使用该输出来监测状态机是否引发了内部故障。建议通过 10kΩ 电阻器将此引脚拉至 VLDO 输出。如果需要，可以使用另一个电压源，但该电压必须稳定且始终大于 1V。此引脚上的最大电压为 7V。为了正常运行，在尝试定序上电/下电之前，此电压必须保持稳定，并且在器件运行期间绝不能低于 1V。当序列发生器的内部状态机检测到故障时，开漏 FET 被强制为低电平，如状态机中所述。

8.3.7 状态机

TPS7H3014 集成了一个综合状态机引擎。根据检测到的输入状态，可能出现三种结果。

1. 在以下情况下，将启动从先前视为良好的（强制高电平）ENx 信号执行的反向定序下电：
   - 当 ENx 为高电平时，在 REG_TMR 建立的时间内，定序上电期间 V_{OUTx} 无法达到 V_{ONx} 电压。
   - 任何 V_{OUTx} 在先前超过 V_{ONx} 之后都超过 V_{OFFx}，且 V_{OUTx+1} 尚未超过 V_{ONx+1}。
   - 用户命令在定序上电期间进行定序下电。
2. 如果检测到顺序异常，则所有输出（ENx、SEQ_DONE 和 PWRGD）都被强制为低电平，这意味着：
   - 当至少 V_{OUTx+1} 已处于稳压状态（视为正常）时，先前视为正常的电源轨 V_{OUTx} 会降至 V_{OFFx} 以下。
   - 当 EN_X 不为高电平时，任何 $V_{OUTx} > V_{ONx}$。**仅在定序上电期间有效**。

   备注

   在序列发生器中，通常将 V_{ONx} 设置为要监测的标称电压的某个百分比（例如 $V_{ONx} = 0.8 \times V_{OUTx}$）。在定序下电期间有一段时间，该时段 $V_{OUTx} \geq V_{ONx}$。由于 TPS7H3014 不知道电源轨的放电率 (V_{OUTx})，因而此特性仅在定序上电期间有效。
3. 在 DLY_TMR 到期后，在以下情况下，从先前的强制低电平 ENx 信号进行定序上电：
   - 用户在定序下电期间命令定序上电。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

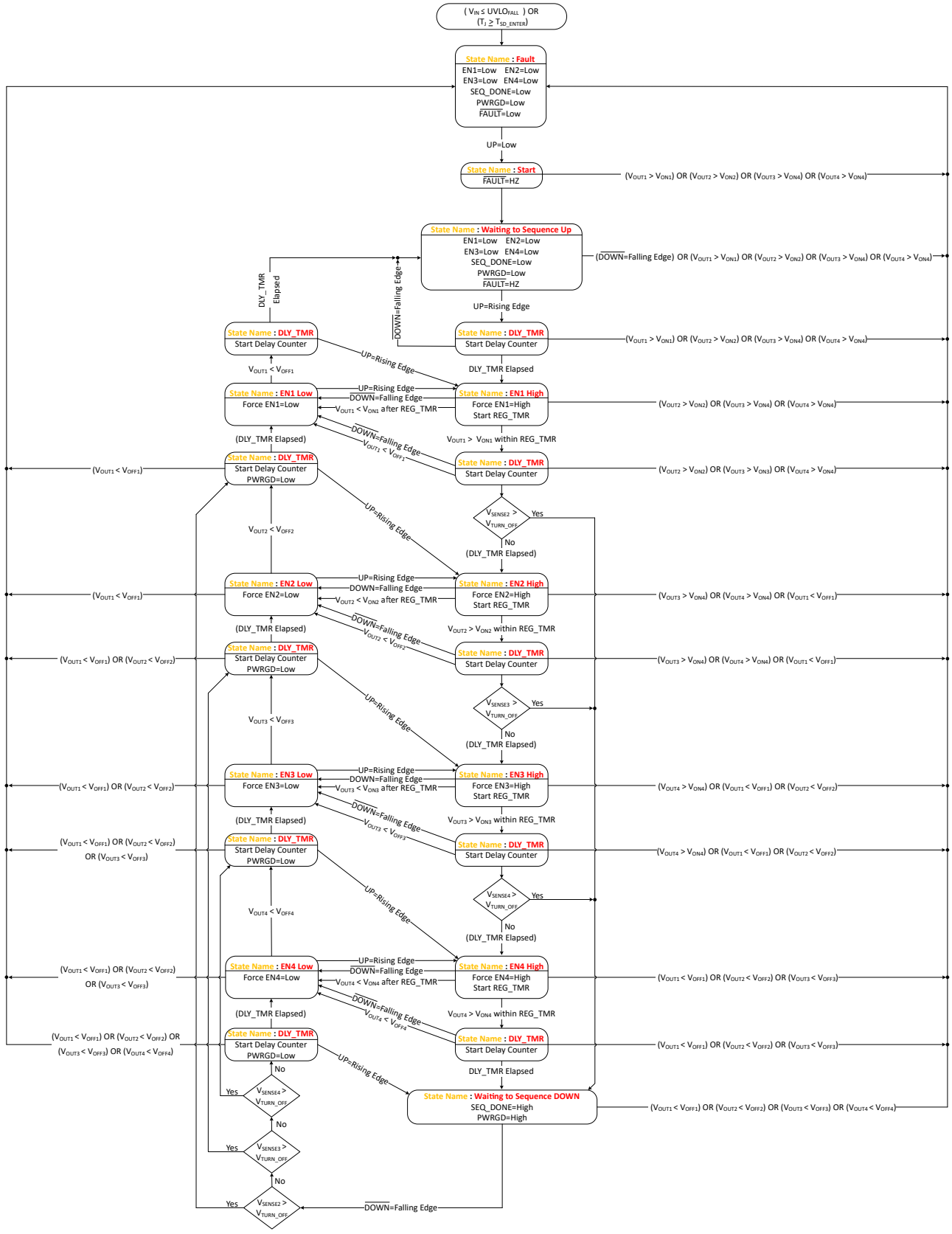


图 8-14. TPS7H3014 状态机图

8.4 菊花链

TPS7H3014 包含四个输入通道，可对多达四个电压轨进行定序/监控。但是，在应用中需要四个以上通道的情况下，可以根据需要以菊花链形式连接多个器件。菊花链配置配置如图 8-15 所示。在这种情况下，只显示了两个器件，但可以根据应用需要配置多个 IC。

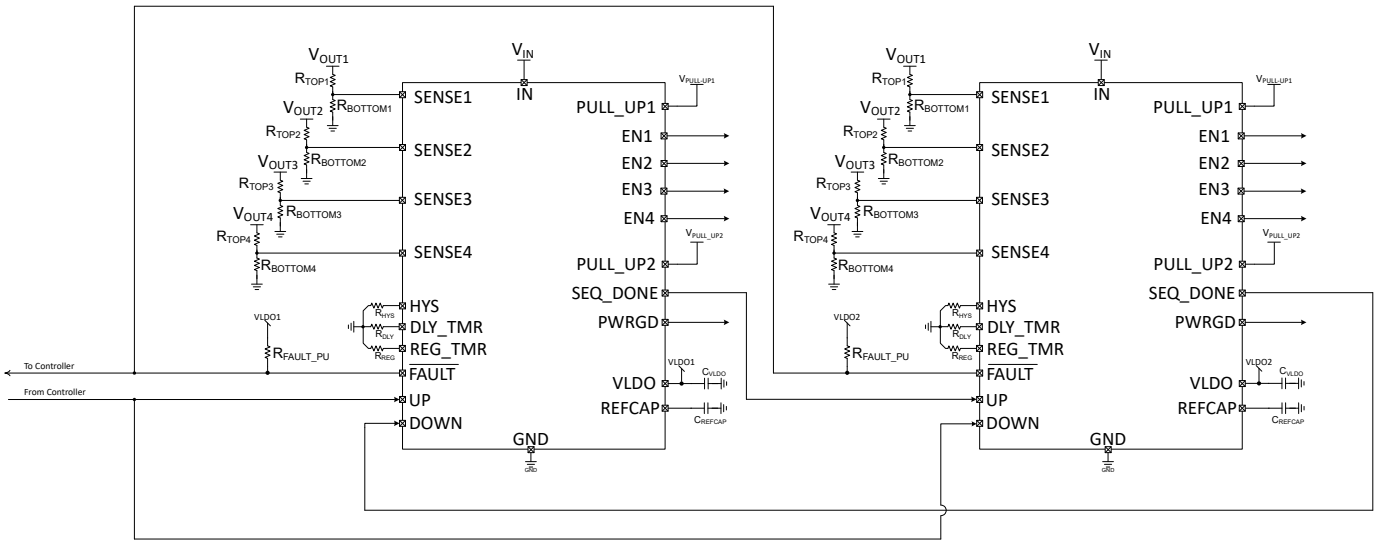


图 8-15. 菊花链配置

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

9 应用和实施

备注

以下应用部分中的信息不属于 TI 元件规格，TI 不担保其准确性和完整性。TI 的客户负责确定元件是否适合其用途，以及验证和测试其设计实现以确认系统功能。

9.1 应用信息

TPS7H3014 是一款耐辐射 4 通道序列发生器。它可用于对 FPGA、ASIC、AFE 和各种电源系统进行定序

9.2 典型应用

9.2.1 自包含 – 定序上电和下电

在许多现代系统（或子系统）中，通常需要多个电压轨（我们将其称为电源树）。通常，这些电源树具有保证可靠系统运行所需的指定定序上电和反向定序下电。这些系统通常还规定了正确运行所不能违反的时序规范。在此示例中，四个电压轨分别通过 ENx 输出和 SENSEx 输入进行定序和监控。下面详细说明了设计过程和元件选择。图 9-1 中对设计进行了总结。

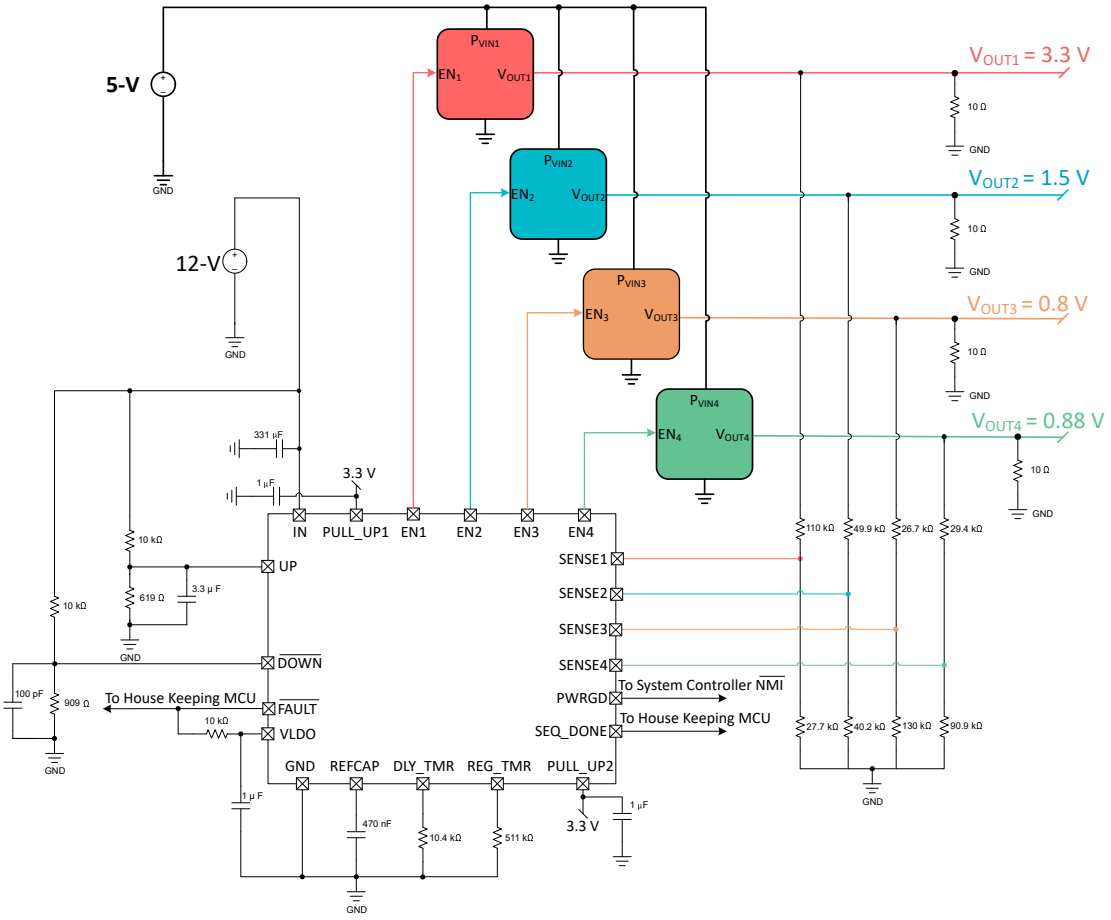


图 9-1. 适用于四电压轨电源树的自包含定序上电/下电设计

9.2.1.1 设计要求

此设计需要对四个电压轨进行电压定序。TPS7H3014 的标称输入电压为 12V，序列发生器设置为在电压达到所需的目标电压电平时自动启动定序上电和下电。所有稳压器由一个标称 5V 电压轨供电。系统辅助控制微控制器可以通过 $\overline{\text{FAULT}}$ 引脚（上拉至 VLDO）上的电压监测故障。如果系统存在不可屏蔽中断，则 PWRGD 是与其相连的标志，或者由 MCU 监控，以了解电源树的状态。也可以监控 SEQ_DONE 以了解定序上电/下电是否已完成。表 9-1 中定义了所有设计条件。

表 9-1. 设计条件

参数	设计要求	设计结果
系统标称电压	监控 12V 输入电压，并在电压大于 10.7V (88%) 的时间超过 3.7ms 时启动定序上电。当电压递减至 6V（或 50%）以下时，将启动定序下电。	TPS7H3014 可监控电压，并通过电阻分压器自动启动定序上电和下电。UP 和 $\overline{\text{DOWN}}$ 中的内部基准的精度为 3%。为了实现最小误差，建议使用容差为 0.1% 的电阻器。
V_{OUT1}	标称 3.3V，其中： V_{ON} = 90% 且 V_{OFF} = 10%	V_{ON} = 2.978V ±29.97mV V_{OFF} = 0.338V ±84.61mV 使用 0.1% 容差的电阻器。
V_{OUT2}	标称 0.8V，其中： V_{ON} = 90% 且 V_{OFF} = 10%	V_{ON} = 0.722V ±7.22mV V_{OFF} = 0.081V ±20.54mV 使用 0.1% 容差的电阻器。
V_{OUT3}	标称 1.5V，其中： V_{ON} = 90% 且 V_{OFF} = 10%	V_{ON} = 1.343V ±13.47mV V_{OFF} = 0.145V ±38.35mV 使用 0.1% 容差的电阻器。
V_{OUT4}	标称 0.88V，其中： V_{ON} = 90% 且 V_{OFF} = 10%	V_{ON} = 0.793V ±7.93mV V_{OFF} = 0.087V ±22.6mV 使用 0.1% 容差的电阻器。
定序上电和下电期间的 ENx 延迟	标称延迟为 0.268ms	R_{DLY_TMR} = 10.4kΩ
电源轨达到 V_{ONx} 的允许时间	等待 10.3ms（标称值），使电源轨达到 V_{ONx}	R_{REG_TMR} = 511kΩ

9.2.1.2 详细设计过程

9.2.1.2.1 输入电源和去耦电容器

TPS7H3014 具有三个输入电源：

1. IN，用于为 TPS7H3014 IC 供电的输入电源。建议使用尽可能靠近引脚的 1 µ F 对该电源进行去耦。在该应用中，V_{IN} = 12V：
2. PULL_UP1，即输入电源，用于将所有启用输出 (ENx) 的输出电压编程为高电平 (V_{OH})。这些输出连接到稳压器启用输入，以控制定序上电和下电。建议使用尽可能靠近引脚的 1 µ F 对该电源进行去耦。在此应用中，V_{PULL_UP1} = 3.3V。这是电子系统中使用的典型电压，可满足市场上大多数稳压器的逻辑输入需求。
3. PULL_UP2，即输入电源，用于将 PWRGD 和 SEQ_DONE 的输出电压编程为高电平 (V_{OH})。这些输出通常连接到系统控制器（通常是 FPGA 或 ASIC）和/或辅助控制控制器。在菊花链配置中，SEQ_DONE 连接到后续 TPS7H3014 I.C. 的 UP，如图 8-15 所示。建议使用尽可能靠近引脚的 1 µ F 对该电源进行去耦。在此应用中，V_{PULL_UP1} = 3.3V。这是控制器 I/O 的典型电压。

TPS7H3014 还具有两个调节电压输出，需要对其进行去耦，以实现良好的电气和辐射性能。分别是：

1. REFCAP，1.2V 基准，在器件内部用于生成所有比例电压基准，例如：
   - V_{TH_SENSEx}
   - I_{HYS_SENSEx}
   - V_{TH_UP}
   - $V_{TH_\overline{DOWN}}$

   使用尽可能靠近引脚的 470nF 陶瓷电容器将此基准去耦。请勿从外部加载此引脚。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

2. VLDO，这是内部稳压器的输出，用于为 TPS7H3014 上的内部电路供电。建议使用尽可能靠近引脚的 1 µ F 对该稳压器进行去耦。此稳压器的有效负载用于：
   - 根据需要关闭通道 2 – 4。
   - 上拉 $\overline{\text{FAULT}}$ 开漏输出。

9.2.1.2.2 UP 和 $\overline{\text{DOWN}}$ 阈值

在此应用中，UP 和 $\overline{\text{DOWN}}$ 引脚用于监控 12V 的输入电压电源。当电源轨电压大于 10.7（典型值）时，定序上电，当电压低于 6V（典型值）时，定序下电。由于 TPS7H3014 具有 2.8ms（最大）的内部时间常数 ($t_{Start_up_delay}$)，因此在 UP 引脚上添加了一个 3.3 µ F 的延迟电容器。添加该电容器是为了在 V_{IN} 上升时在 UP 引脚中引入延迟。该电容器添加第二个条件来启动序列，如果 V_{IN} ≥ 10.7V（典型值）至少持续 2.8ms，则可以命令定序上电。

通过固定 UP 和 $\overline{\text{DOWN}}$ 中的电阻器分压器的上电阻器，我们可以根据设计要求计算底部电阻器。对于这两种情况，上电阻器都固定为 10kΩ。使用 方程式 19 和 方程式 20 中的公式，可如下计算上电和下电的底部电阻器：

$$R_{BOTTOM_UP} = 10\ k\Omega \times \frac{0.598\ V}{10.7\ V - 0.589\ V} \cong 594\ \Omega \tag{26}$$

$$R_{BOTTOM_\overline{DOWN}} = 10\ k\Omega \times \frac{0.498\ V}{6\ V - 0.498\ V} \cong 905\ \Omega \tag{27}$$

计算出基准电阻器后，我们就可以选择实际（或真实）电阻器。在这种情况下，使用 0.1% 容差的电阻器如下选择最接近的值：

- R_{BOTTOM_UP} = 619Ω
- $R_{BOTTOM_\overline{DOWN}}$ = 909Ω

使用实际电阻值，我们可以使用 方程式 22 和 方程式 21 如下反算标称电压来启动定序上电和下电：

$$V_{UP_NOMINAL}(V) = \left(1 + \frac{10\ k\Omega}{619\ \Omega}\right) \times 12\ V \cong 10.66\ V \tag{28}$$

$$V_{\overline{DOWN}_NOMINAL}(V) = \left(1 + \frac{10\ k\Omega}{909\ \Omega}\right) \times 12\ V \cong 5.97\ V \tag{29}$$

使用 方程式 23、方程式 24 和 方程式 25，如下计算延迟电容器：

$$R_{TH}(\Omega) = \frac{10\ k\Omega \times 619\ \Omega}{10\ k\Omega + 619\ \Omega} = 582.9\ \Omega \tag{30}$$

$$V_{TH}(\Omega) = \left(\frac{619\ \Omega}{10\ k\Omega + 619\ \Omega}\right) \times 12\ V = 0.7\ V \tag{31}$$

$$C_{DELAY}(F) \geq \frac{0.0028\ s}{582.9\ \Omega \times \ln\left(-\frac{0.7\ V}{0.598\ V - 0.7\ V}\right)} = 2.49\ \mu F \tag{32}$$

将延迟电容器选择为 3.3 µ F。

9.2.1.2.3 SENSEx 阈值

SENSEx 输入用于监控要进行定序上电和下电的电压轨。在此设计中，要定序和监控的输出电压为：

1. V_{OUT1} = 3.3V
2. V_{OUT2} = 0.8V
3. V_{OUT3} = 1.5V
4. V_{OUT4} = 0.88V

对于所有电源轨，将 V_{ON} 和 V_{OFF} 选择为标称电压轨的 90% 和 10%。使用 方程式 13 和 方程式 14，我们可以计算顶部和底部基准电阻器，并使用 0.1% 的电阻器值选择最接近的电阻器值。表 9-2 显示了顶部和底部基准（或计算得出的）电阻器。表 9-3 显示了为应用选择的电阻器。

表 9-2. SENSEx 基准标称电阻器

通道编号	V_{ON} (V)	V_{OFF} (V)	R_{TOP} (kΩ)(1)	R_{BOTTOM} (kΩ)(1)
1	2.970	0.330	110.0	27.8
2	1.350	0.150	50.0	39.9
3	0.720	0.080	26.7	132.0
4	0.792	0.088	29.3	91.0

(1) 值四舍五入到一个小数点。

下面显示了如何计算通道 1（或 SENSE1）的顶部和底部电阻器的示例：

$$\frac{2.970\ \text{V} - 0.330\ \text{V}}{24\ \mu\text{A}} = 110\ \text{k}\Omega \tag{33}$$

$$\frac{110\ \text{k}\Omega \times 0.599\ \text{V}}{2.970\ \text{V} - 0.599\ \text{V}} = 39.88\ \text{k}\Omega \tag{34}$$

表 9-3. SENSEx 选择 0.1% 容差的电阻器

通道编号	R_{TOP} (kΩ)	R_{BOTTOM} (kΩ)
1	110	27.7
2	49.9	40.2
3	26.7	130
4	29.4	90.9

现在实际电阻器是已知的，我们可以使用 方程式 1、方程式 2、方程式 3、方程式 6、方程式 7 和 方程式 12 计算实际的导通和关断标称电压以及误差电压。使用此误差，我们可以计算上下电压并相对于标称输出电压对值进行归一化。

表 9-4. V_{ON} 标称值，统计数据以伏特和百分比为单位

通道编号	$V_{ON_NOMINAL}$ (V)(1)	$V_{ON_NOMINAL}$ (%)(1) (4)	V_{ON_ERROR} (mV)(1)	V_{ON_LSL} (V)(1) (2)	V_{ON_LSL} (%)(1) (2) (4)	V_{ON_USL} (V)(1) (3)	V_{ON_USL} (%)(1) (3) (4)
1	2.978	90.232	29.966	2.948	89.325	3.008	91.141
2	1.343	89.502	13.466	1.329	88.605	1.356	90.400
3	0.722	90.253	7.222	0.715	89.350	0.729	91.156
4	0.793	90.084	7.932	0.785	89.182	0.801	90.985

(1) 值四舍五入到小数点后三位。
(2) LSL 表示规格下限或最小值
(3) USL 表示规格上限或最大值
(4) 值将标准化为该电源轨的标称输出电压。

表 9-5. V_{OFF} 标称值，统计数据以伏特和百分比为单位

通道编号	$V_{OFF_NOMINAL}$ (V)(1)	$V_{OFF_NOMINAL}$ (%)(1) (4)	V_{OFF_ERROR} (mV)(1)	V_{OFF_LSL} (V)(1) (2)	V_{OFF_LSL} (%)(1) (2) (4)	V_{OFF_USL} (V)(1) (3)	V_{OFF_USL} (%)(1) (3) (4)
1	0.338	10.233	84.613	0.253	7.669	0.422	12.797
2	0.145	9.662	38.354	0.107	7.105	0.183	12.219
3	0.081	10.153	20.535	0.061	7.586	0.102	12.720
4	0.087	9.902	22.604	0.065	7.333	0.110	12.470

(1) 值四舍五入到小数点后三位。
(2) LSL 表示规格下限。
(3) USL 表示规格上限。
(4) 值将标准化为该电源轨的标称输出电压。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

9.2.1.3 应用曲线

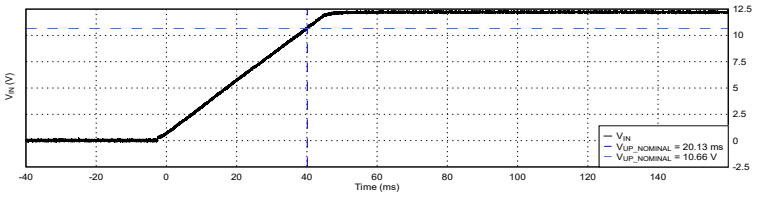


图 9-2. 定序上电期间 V_{IN} 与时间的关系

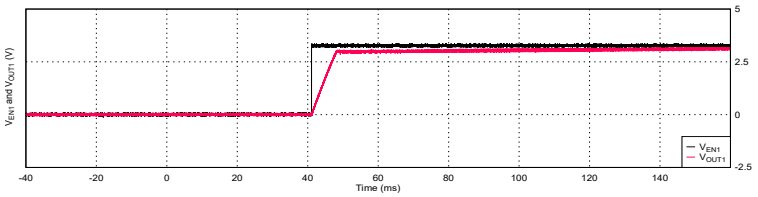


图 9-3. 定序上电期间 EN1 和 V_{OUT1} 与时间之间的关系

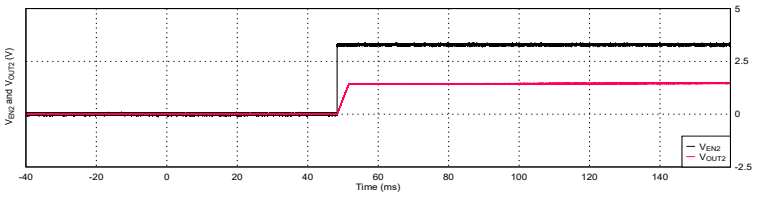


图 9-4. 定序上电期间 EN2 和 V_{OUT2} 与时间之间的关系

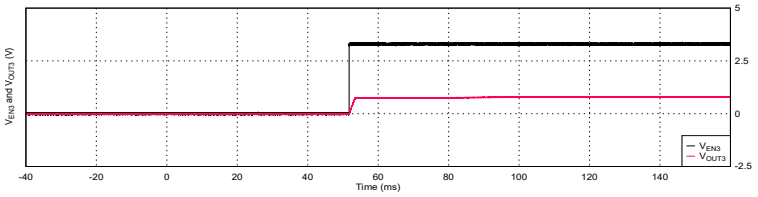


图 9-5. 定序上电期间 EN3 和 V_{OUT3} 与时间之间的关系

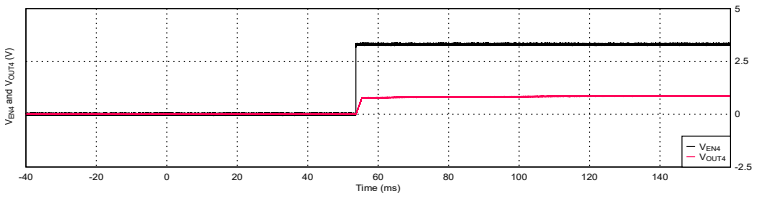


图 9-6. 定序上电期间 EN4 和 V_{OUT4} 与时间之间的关系

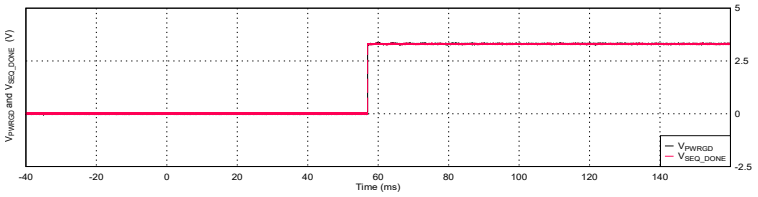


图 9-7. 定序上电期间 PWRGD 和 SEQ_DONE 与时间之间的关系

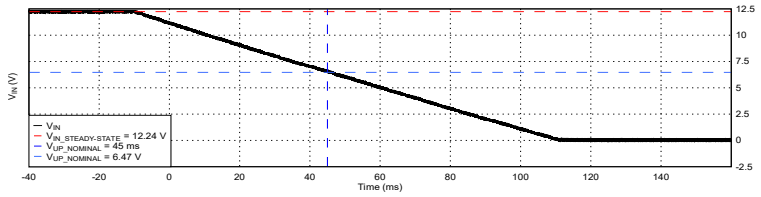


图 9-8. 定序下电期间 V_{IN} 与时间之间的关系

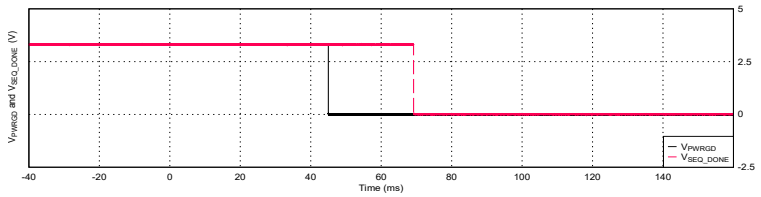


图 9-9. 在定序下电期间 PWRGD 和 SEQ_DONE 与时间之间的关系

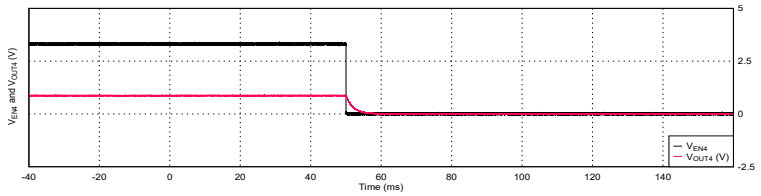


图 9-10. 定序下电期间 EN4 和 V_{OUT4} 与时间之间的关系

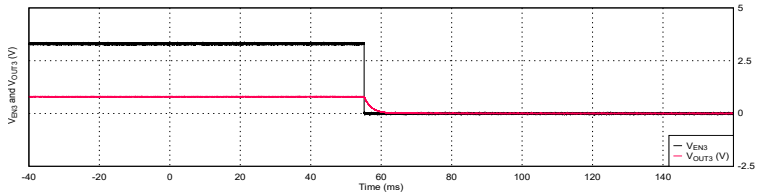


图 9-11. 定序下电期间 EN3 和 V_{OUT3} 与时间之间的关系

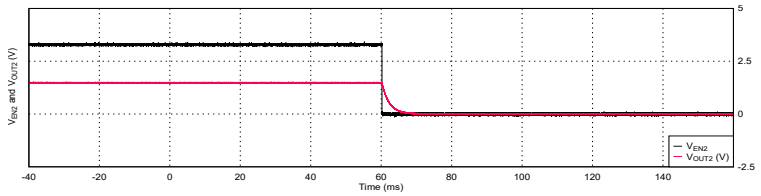


图 9-12. 定序下电期间 EN2 和 V_{OUT2} 与时间之间的关系

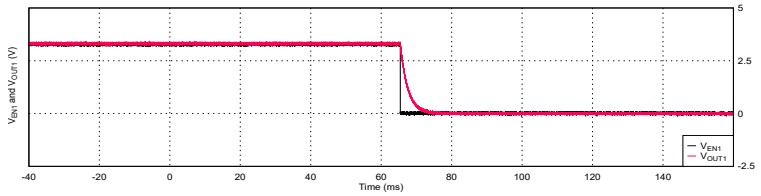


图 9-13. 定序下电期间 EN1 和 V_{OUT1} 与时间之间的关系

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

9.2.2 负电压轨定序

可在一些外部电路的支持下，使用 TPS7H3014 对负电压轨进行定序，例如以下外部电路：

1. 稳定正电压基准。
2. 具有迟滞功能的比较器

图 9-14 展示了用于感测负电压轨的典型连接。当 – V_{OUTx} 为零伏特（初始状态）时，外部比较器反相输入端的电压由 方程式 35 计算得出。选择电阻分压器时，应确保比较器同相输入端的初始电压以所需的因数大于基准电压。该因素取决于所需阈值，在该阈值下必须将负电压视为稳压状态。

当负电压轨（– V_{OUTx}）导通时，同相输入端的电压开始递减，直到 – V_{OUTx} 达到稳态。当同相输入端的电压低于基准电压时，比较器的输出被强制为高电平（高电平值由比较器的正偏置 V_+ 决定）。

由于 TPS7H3014 通过电流实现迟滞，因此当外部比较器的输出为高电平时，典型的 24 µA ($I_{HYS_SESNSEx}$) 将灌入比较器的输出端。所选的比较器需要能够承受这种灌电流，同时保持恒定的输出。

R_x、R_y 和 R_h 电阻器会衰减 V_+ 电压以提供阈值，该阈值最终决定何时将 – V_{OUTx} 视为处于稳压状态或未处于稳压状态。如需了解更多详细信息，请参阅 TIDU020 和 节 9.2.2.1。

$$V_{INVERTING_INPUT}(V) = \left(\frac{R_{TOP}(\Omega)}{R_{TOP}(\Omega) + R_{BOTTOM}(\Omega)}\right) \times V_{OFFSET}(V) \quad (35)$$

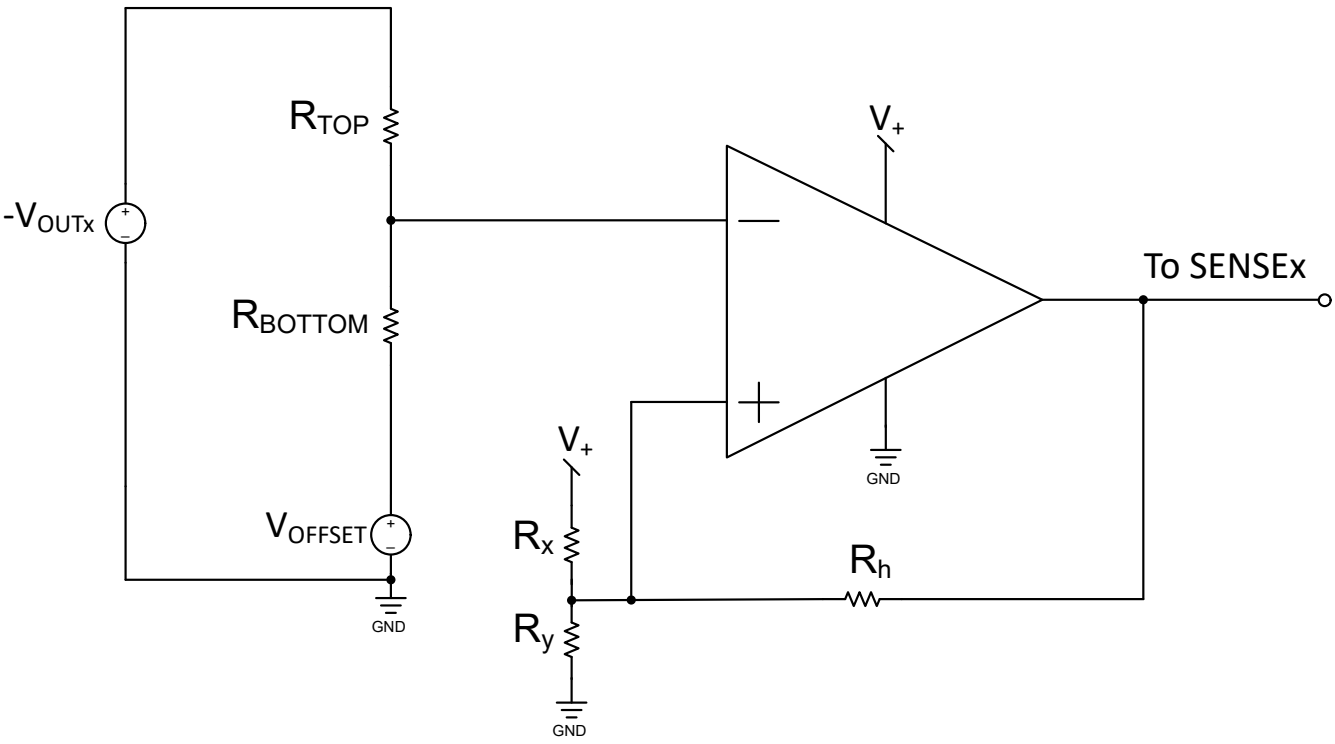


图 9-14. 使用外部电路感测负电源轨

备注

- 当使用外部元件来感测负电压轨时，上升和下降阈值准确度取决于所选的外部电路。
- 比较器的高电压必须低于 V_{TURN_OFF}，否则通道在内部被禁用。如果需要，可以使用电阻分压器来衰减比较器的输出。

9.2.2.1 负电压设计公式

为了进行相关讨论，我们做出了以下假设：

1. V_+ 由 2.5V 稳定基准电压提供。
2. 比较器的输出级为推挽式。
3. 在稳态下，要定序的负电压为 –1.8V。

设计的第一步是选择电压（或稳态电压的百分比），在该电压下如下考虑负轨：

- 调节中
  - –1.8V 电源轨在其最终值 >97% 时被视为处于稳压状态。在本例中为 1.746V。我们将其称为导通电压 (V_{ON})
- 未在稳压范围内。
  - –1.8V 电源轨在其最终值 <95% 时被视为未处于稳压状态。在本例中为 1.71V。我们将其称为关断电压 (V_{OFF})

借助这些信息，我们可以如下计算迟滞电压：

$$V_{hys}(V) = V_{ON}(V) - V_{OFF}(V) = 1.746V - 1.71V = 0.036V \quad (36)$$

第二步是确定用于生成迟滞基准电压的 R_x、R_y 和 R_h 电阻器值。这些电压称为 V_L 和 V_H。我们选择 V_L 作为自 2.5V 基准起的衰减值。在本例中，我们选择的 V_L 为 0.6V。V_H 的计算公式为：

$$V_H(V) = V_L(V) + V_{hys}(V) = 0.6V + 0.036V = 0.636V \quad (37)$$

根据这些信息，我们可以如下计算电阻器比率：

$$\frac{R_h}{R_x} = \frac{V_L(V)}{V_{hys}(V)} = \frac{0.6}{0.036} = 16.67 \quad (38)$$

$$\frac{R_y}{R_x} = \frac{V_L(V)}{V_+(V) - V_H(V)} = \frac{0.6}{2.5 - 0.636} = 0.32 \quad (39)$$

所选的 R_x 值为 10kΩ，而 R_y 和 R_h 则使用方程式 38 和方程式 39 计算得出。使用 0.1% 容差电阻器时，选择的值为：

- R_y = 3.2kΩ
- R_h = 165kΩ

由于实际电阻器是已知的，我们可以计算出实际的 V_L 和 V_H 为：

- V_{H_REAL} = 0.633V
- V_{L_REAL} = 0.597V

最后，我们要根据图 9-14 计算 R_{TOP} 和 R_{BOTTOM} 的电阻器值。为此，如果必须将 $-V_{OUTx}$ 视为处于稳压状态，我们可以如下计算反相输入端的等效电压：

$$-V_{OUT_EQ}(V) = V_{OFFSET}(V) - V_{ON}(V) = 2.5V - 1.746V = -0.754V \quad (40)$$

使用此等效电压和 V_{L_REAL}，我们可以如下计算底部与顶部电阻的比率：

$$\frac{R_{BOTTOM}}{R_{TOP}} = \frac{V_{L_REAL}(V)}{|-V_{OUT_EQ}(V)| - V_{L_REAL}(V)} = \frac{0.597}{0.754 - 0.597} = 3.8 \quad (41)$$

使用容差为 0.1% 的电阻器并将 R_{TOP} 固定为 10kΩ，将 R_{BOTTOM} 选择为 38.2kΩ。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

现在选择了所有最终元件后，我们可以计算出实际（或预期）导通和关断电压 V_{ON} = 1.746V 以及 V_{OFF} = 1.701V

9.3 外部感应系统复位

在需要将外部检测到的故障传播到 TPS7H3014 的应用中，可以将外部 FET 从 SENSE1 连接到 GND。如果 SENSE1 通过导通与该引脚连接的 FET 被拉至零，则内部状态机强制所有输出为低电平。FET 关断泄漏最终会影响 V_{OUT1} 的导通和关断精度。因此，选择具有极小漏电流的 FET 非常重要。有关更多详细信息，请参阅 TPS7H3014EVM-CVAL EVM 用户指南中的第 3.6 节（外部感应系统复位）。

9.4 电源相关建议

TPS7H3014 设计为由电压范围为 3V 至 14V 的输入电源 (V_{IN}) 供电。建议在 V_{IN} 和 GND 之间尽可能靠近引脚放置至少一个 1 µ F 陶瓷电容器。

在这种情况下，对于推挽输出，PULL_UP1 和 PULL_UP2 也被视为电源输入。这些输入端的电压范围为 1.6V 至 7V。对于这些输入，还建议在 PULL_UP1 至 GND 以及从 PULL_UP2 至 GND 之间添加至少一个 1 µ F 陶瓷电容器。必须尽可能靠近引脚放置该电容器。

9.5 布局

9.5.1 布局指南

- 确保与 V_{IN} 引脚的连接具有低阻抗。尽可能靠近 V_{IN} 引脚放置一个大于 1 µ F 的陶瓷电容器。
- 确保与 V_{PULL_UP1} 和 V_{PULL_UP2} 引脚的连接具有低阻抗。将大于 1µF 的陶瓷电容器尽可能靠近引脚放置。
- 如果需要，可在 SENSEx 引脚和 GND 之间放置一个小型电容器，以降低对受监控信号上瞬态电压的敏感度。

9.5.2 布局示例

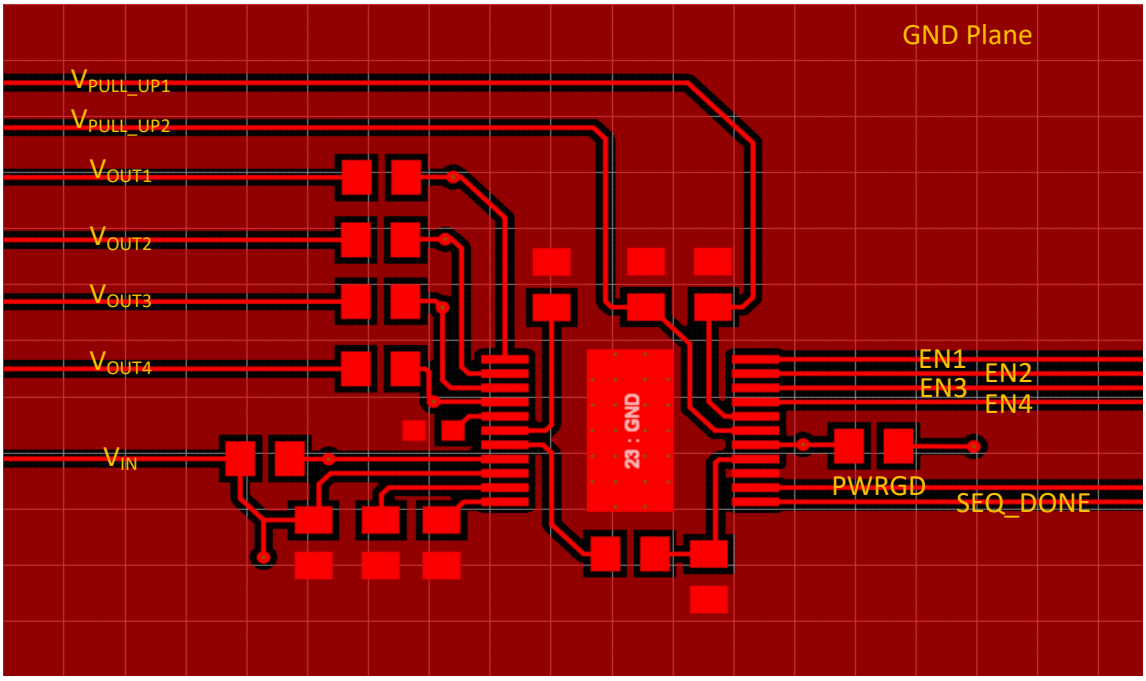


图 9-15. 印刷电路板布局布线示例：顶层

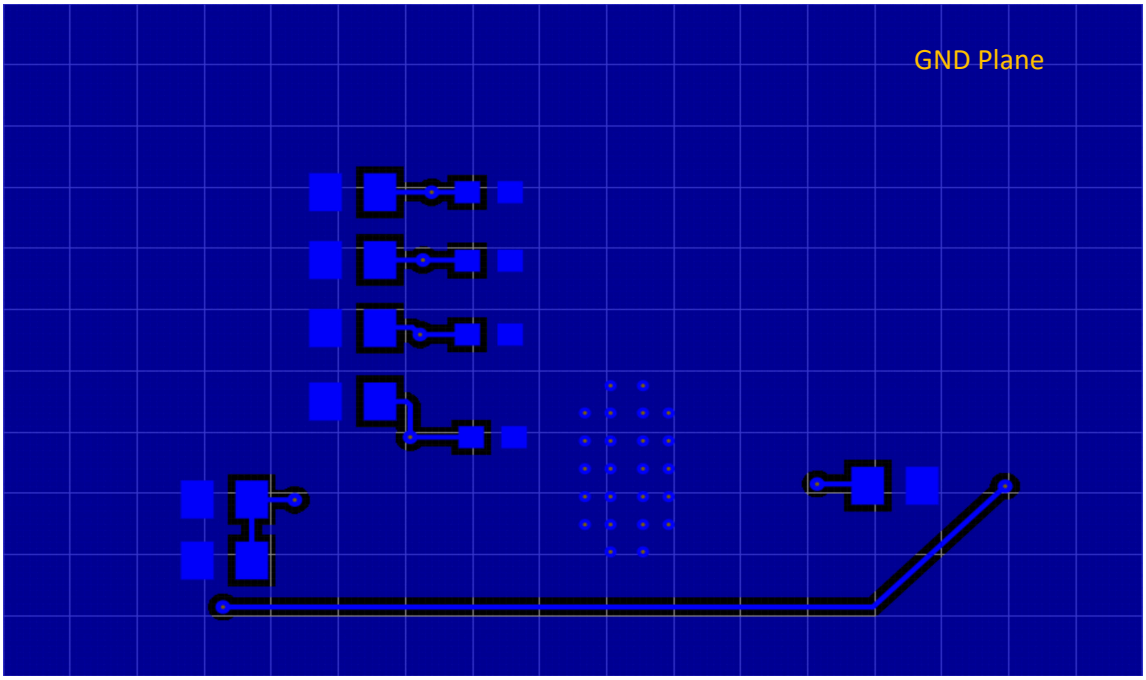


图 9-16. 印刷电路板布局布线示例：底层

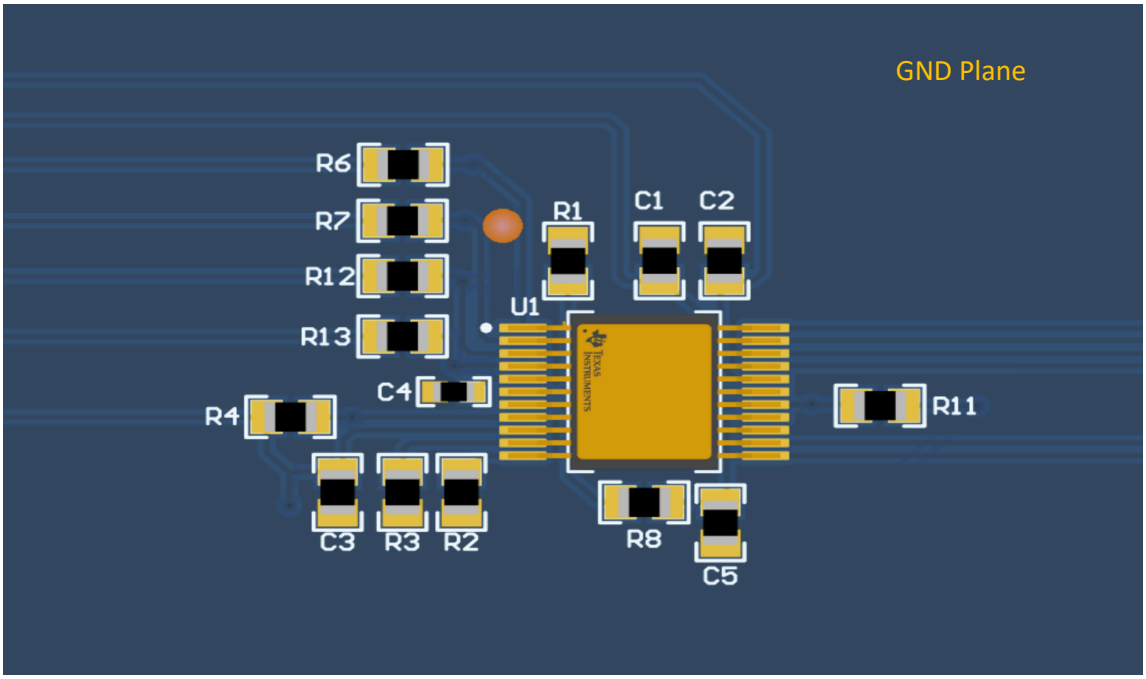


图 9-17. 印刷电路板布局布线示例：顶层 3D 视图

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

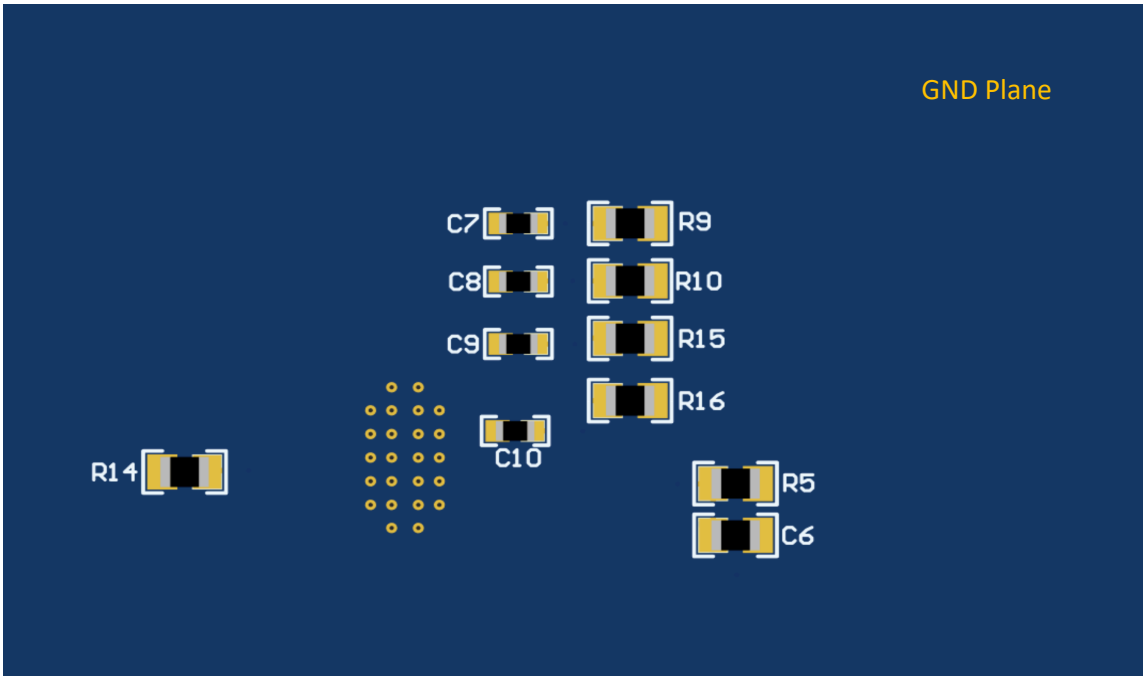


图 9-18. 印刷电路板布局布线示例：底层 3D 视图

10 器件和文档支持

10.1 文档支持

10.1.1 相关文档

以下相关文档可从 www.ti.com 下载：

- *TPS7H3014EVM-CVAL EVM 用户指南*，SLVUCT9
- *TPS7H3014EVM EVM 评估模块 (EVM) 用户指南*，SLVUD73
- *TPS7H3014-SP 总电离剂量 (TID) 报告*，SLVK170
- *TPS7H3014-SEP 总电离剂量 (TID) 报告*，SLVK200
- *TPS7H3014-SP Neutron 位移损伤 (NDD) 表征报告*，SLVK171
- *TPS7H3014-SEP Neutron 位移损伤 (NDD) 表征报告*，SLVK202
- *TPS7H3014-SP 单粒子效应 (SEE) 报告*，SLVK172
- *TPS7H3014-SEP 单粒子效应 (SEE) 报告*，SLVK198
- 标准微电路图
- 供应商项目图
- *具有迟滞功能的比较器参考设计*，TIDU020
- *设计电压监控器的电阻分压器输入端时的 IQ 与精度权衡因素*，SLVA450

10.2 接收文档更新通知

要接收文档更新通知，请导航至 ti.com 上的器件产品文件夹。点击*通知* 进行注册，即可每周接收产品信息更改摘要。有关更改的详细信息，请查看任何已修订文档中包含的修订历史记录。

10.3 支持资源

TI E2E™ 中文支持论坛是工程师的重要参考资料，可直接从专家处获得快速、经过验证的解答和设计帮助。搜索现有解答或提出自己的问题，获得所需的快速设计帮助。

链接的内容由各个贡献者“按原样”提供。这些内容并不构成 TI 技术规范，并且不一定反映 TI 的观点；请参阅 TI 的使用条款。

10.4 商标

TI E2E™ is a trademark of Texas Instruments.
所有商标均为其各自所有者的财产。

10.5 静电放电警告



静电放电 (ESD) 会损坏这个集成电路。德州仪器 (TI) 建议通过适当的预防措施处理所有集成电路。如果不遵守正确的处理和安装程序，可能会损坏集成电路。

ESD 的损坏小至导致微小的性能降级，大至整个器件故障。精密的集成电路可能更容易受到损坏，这是因为非常细微的参数更改都可能会导致器件与其发布的规格不相符。

10.6 术语表

TI 术语表　　本术语表列出并解释了术语、首字母缩略词和定义。

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 C (April 2025) to Revision D (July 2025)	Page
• 已添加注释，说明所有需禁用（或未使用）的通道都必须连接至 VLDO。	26
• 从"启动状态"的故障条件中移除"$\overline{\text{DOWN}}$ = 下降沿”，并修正拼写错误。	38
• 修正了 V_{OUTx} 标签上的拼写错误	41

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

- 新增了 SEP 相关文档 52

Changes from Revision B (June 2024) to Revision C (April 2025)	Page
• 已添加可订购的 SEP 作为产品预览。	3

12 机械、封装和可订购信息

以下页面包含机械、封装和可订购信息。这些信息是指定器件可用的最新数据。数据如有变更，恕不另行通知，且不会对此文档进行修订。有关此数据表的浏览器版本，请查阅左侧的导航栏。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

PACKAGING INFORMATION

Orderable part number	Status (1)	Material type (2)	Package | Pins	Package qty | Carrier	RoHS (3)	Lead finish/ Ball material (4)	MSL rating/ Peak reflow (5)	Op temp (°C)	Part marking (6)
5962R2320101VXC	Active	Production	CFP (HFT) | 22	25 | TUBE	Yes	NIAU	N/A for Pkg Type	-55 to 125	5962R2320101VXC TPS7H3014MHFTV
TPS7H3014HFT/EM	Active	Production	CFP (HFT) | 22	25 | TUBE	Yes	NIAU	N/A for Pkg Type	25 to 25	TPS7H3014HFTEM EVAL ONLY
TPS7H3014MPWTSEP	Active	Production	TSSOP (PW) | 24	250 | SMALL T&R	Yes	NIPDAU	Level-3-260C-168 HR	-55 to 125	7H3014PW
V62/25644-01XE	Active	Production	TSSOP (PW) | 24	250 | SMALL T&R	Yes	NIPDAU	Level-3-260C-168 HR	-55 to 125	7H3014PW

(1) **Status:** For more details on status, see our product life cycle.

(2) **Material type:** When designated, preproduction parts are prototypes/experimental devices, and are not yet approved or released for full production. Testing and final process, including without limitation quality assurance, reliability performance testing, and/or process qualification, may not yet be complete, and this item is subject to further changes or possible discontinuation. If available for ordering, purchases will be subject to an additional waiver at checkout, and are intended for early internal evaluation purposes only. These items are sold without warranties of any kind.

(3) **RoHS values:** Yes, No, RoHS Exempt. See the TI RoHS Statement for additional information and value definition.

(4) **Lead finish/Ball material:** Parts may have multiple material finish options. Finish options are separated by a vertical ruled line. Lead finish/Ball material values may wrap to two lines if the finish value exceeds the maximum column width.

(5) **MSL rating/Peak reflow:** The moisture sensitivity level ratings and peak solder (reflow) temperatures. In the event that a part has multiple moisture sensitivity ratings, only the lowest level per JEDEC standards is shown. Refer to the shipping label for the actual reflow temperature that will be used to mount the part to the printed circuit board.

(6) **Part marking:** There may be an additional marking, which relates to the logo, the lot trace code information, or the environmental category of the part.

Multiple part markings will be inside parentheses. Only one part marking contained in parentheses and separated by a "~" will appear on a part. If a line is indented then it is a continuation of the previous line and the two combined represent the entire part marking for that device.

Important Information and Disclaimer: The information provided on this page represents TI's knowledge and belief as of the date that it is provided. TI bases its knowledge and belief on information provided by third parties, and makes no representation or warranty as to the accuracy of such information. Efforts are underway to better integrate information from third parties. TI has taken and continues to take reasonable steps to provide representative and accurate information but may not have conducted destructive testing or chemical analysis on incoming materials and chemicals. TI and TI suppliers consider certain information to be proprietary, and thus CAS numbers and other limited information may not be available for release.

In no event shall TI's liability arising out of such information exceed the total purchase price of the TI part(s) at issue in this document sold by TI to Customer on an annual basis.

OTHER QUALIFIED VERSIONS OF TPS7H3014-SEP, TPS7H3014-SP :

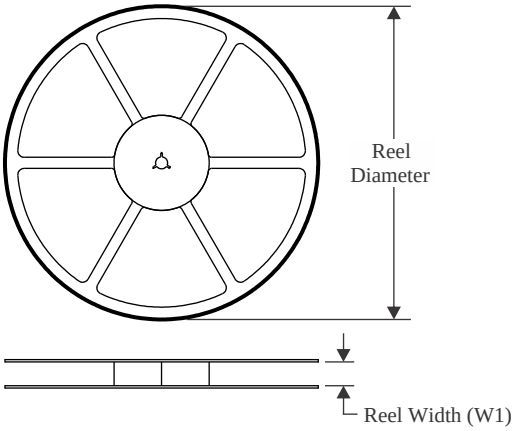
- Catalog : TPS7H3014-SEP
- Space : TPS7H3014-SP

NOTE: Qualified Version Definitions:

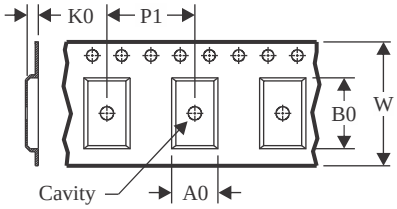
- Catalog - TI's standard catalog product
- Space - Radiation tolerant, ceramic packaging and qualified for use in Space-based application

TAPE AND REEL INFORMATION

REEL DIMENSIONS

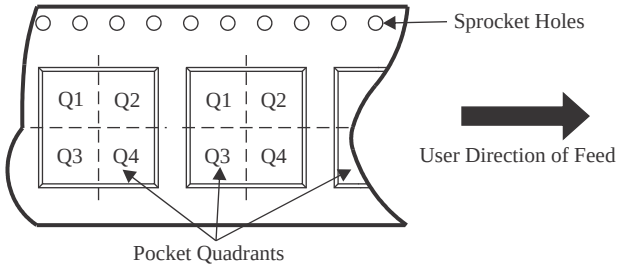


TAPE DIMENSIONS



A0	Dimension designed to accommodate the component width
B0	Dimension designed to accommodate the component length
K0	Dimension designed to accommodate the component thickness
W	Overall width of the carrier tape
P1	Pitch between successive cavity centers

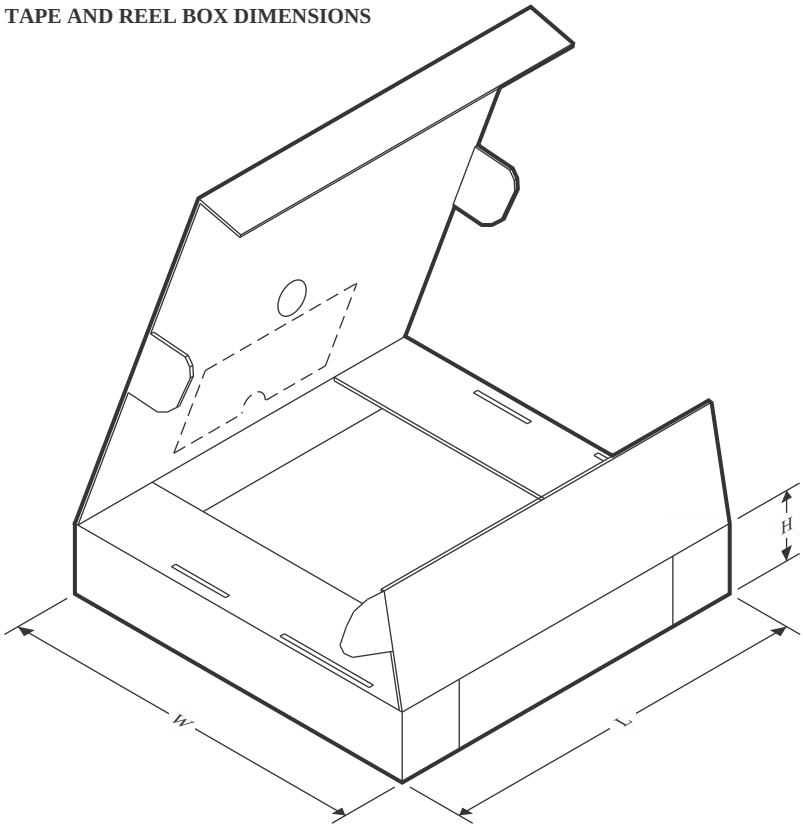
QUADRANT ASSIGNMENTS FOR PIN 1 ORIENTATION IN TAPE



*All dimensions are nominal

Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Reel Diameter (mm)	Reel Width W1 (mm)	A0 (mm)	B0 (mm)	K0 (mm)	P1 (mm)	W (mm)	Pin1 Quadrant
TPS7H3014MPWTSEP	TSSOP	PW	24	250	178.0	16.4	6.95	8.3	1.6	8.0	16.0	Q1

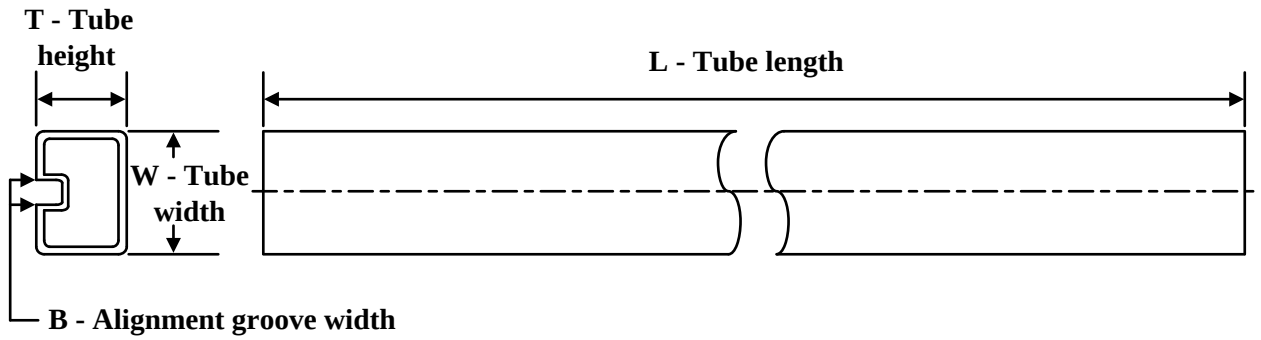
TAPE AND REEL BOX DIMENSIONS



*All dimensions are nominal

Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Length (mm)	Width (mm)	Height (mm)
TPS7H3014MPWTSEP	TSSOP	PW	24	250	210.0	185.0	35.0

TUBE



*All dimensions are nominal

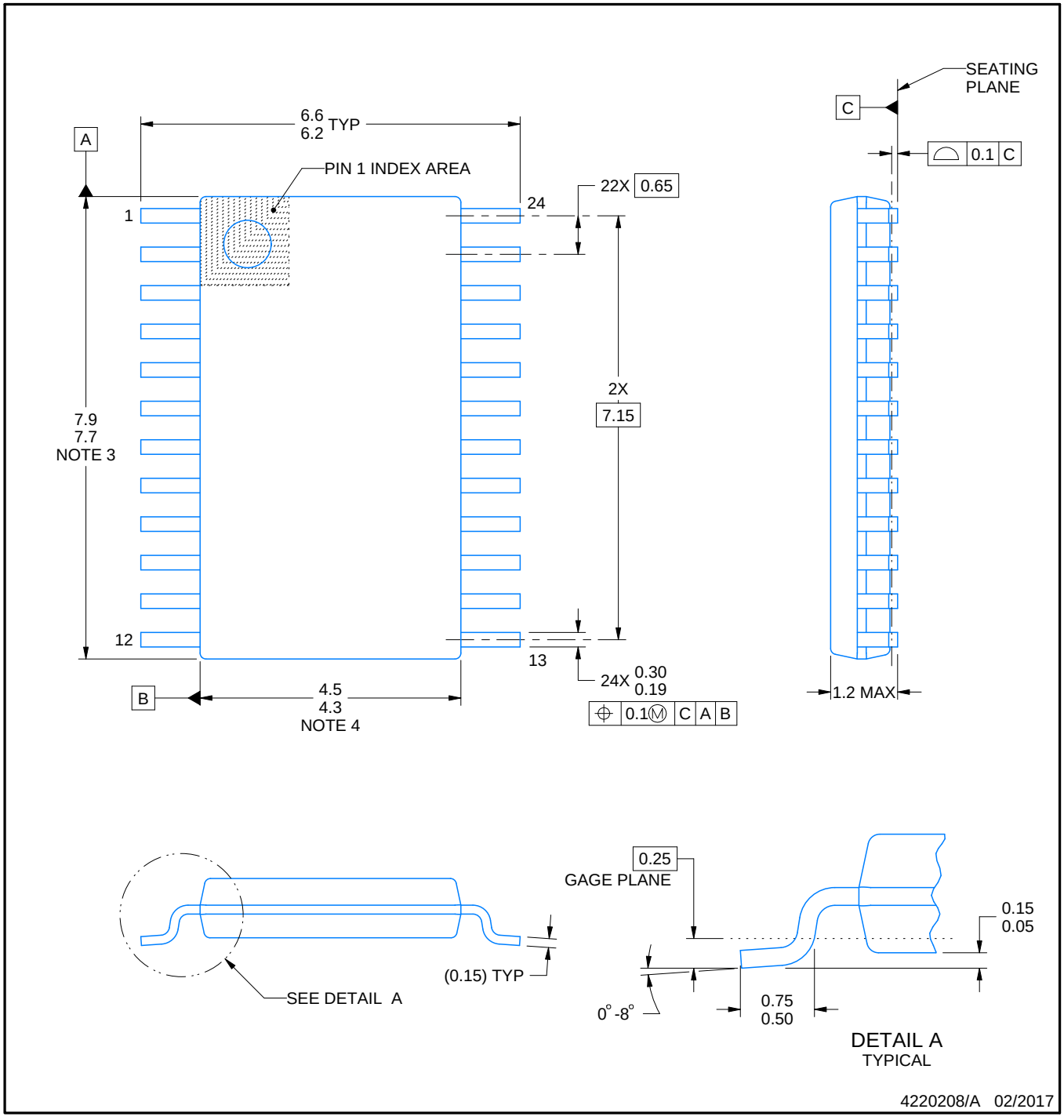
Device	Package Name	Package Type	Pins	SPQ	L (mm)	W (mm)	T (µm)	B (mm)
5962R2320101VXC	HFT	CFP	22	25	506.98	32.77	9910	NA
TPS7H3014HFT/EM	HFT	CFP	22	25	506.98	32.77	9910	NA

PACKAGE OUTLINE

PW0024A

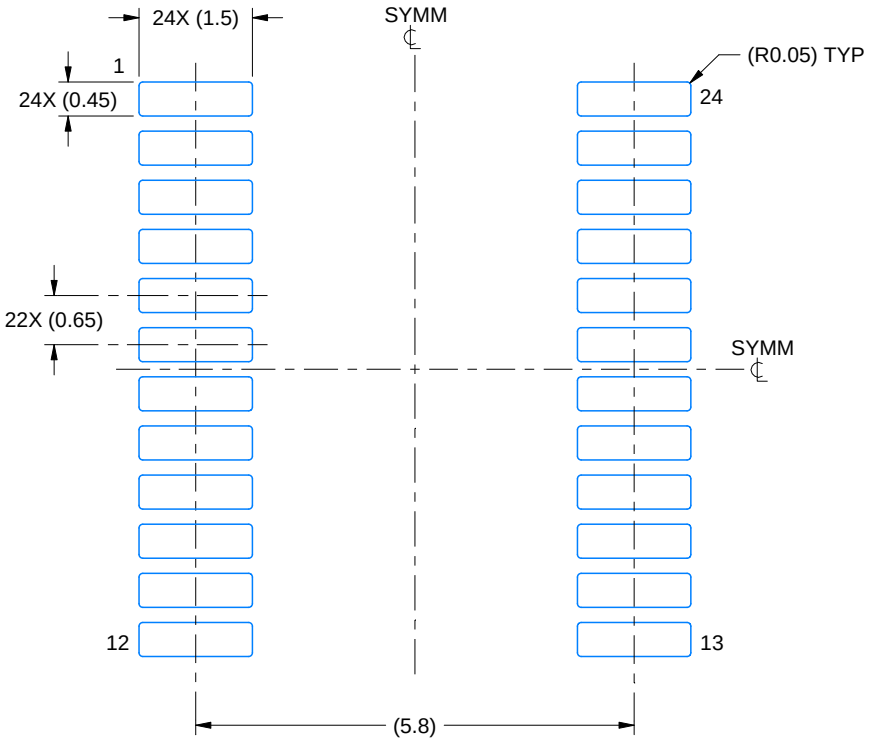
TSSOP - 1.2 mm max height

SMALL OUTLINE PACKAGE

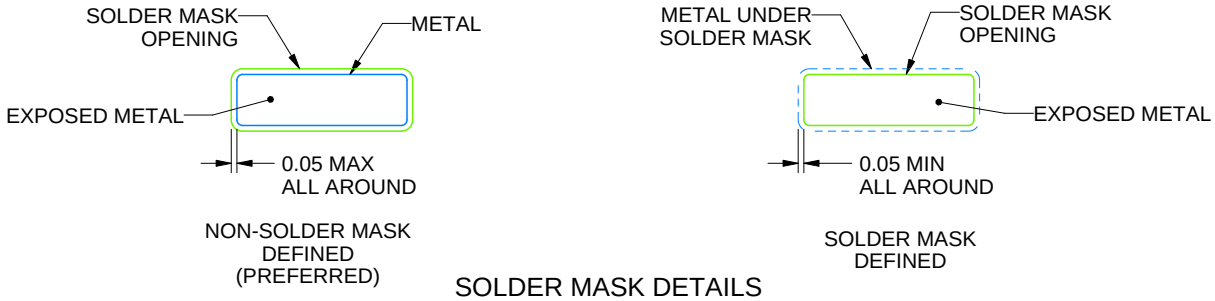


NOTES:

1. All linear dimensions are in millimeters. Any dimensions in parenthesis are for reference only. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
2. This drawing is subject to change without notice.
3. This dimension does not include mold flash, protrusions, or gate burrs. Mold flash, protrusions, or gate burrs shall not exceed 0.15 mm per side.
4. This dimension does not include interlead flash. Interlead flash shall not exceed 0.25 mm per side.
5. Reference JEDEC registration MO-153.



LAND PATTERN EXAMPLE
EXPOSED METAL SHOWN
SCALE: 10X

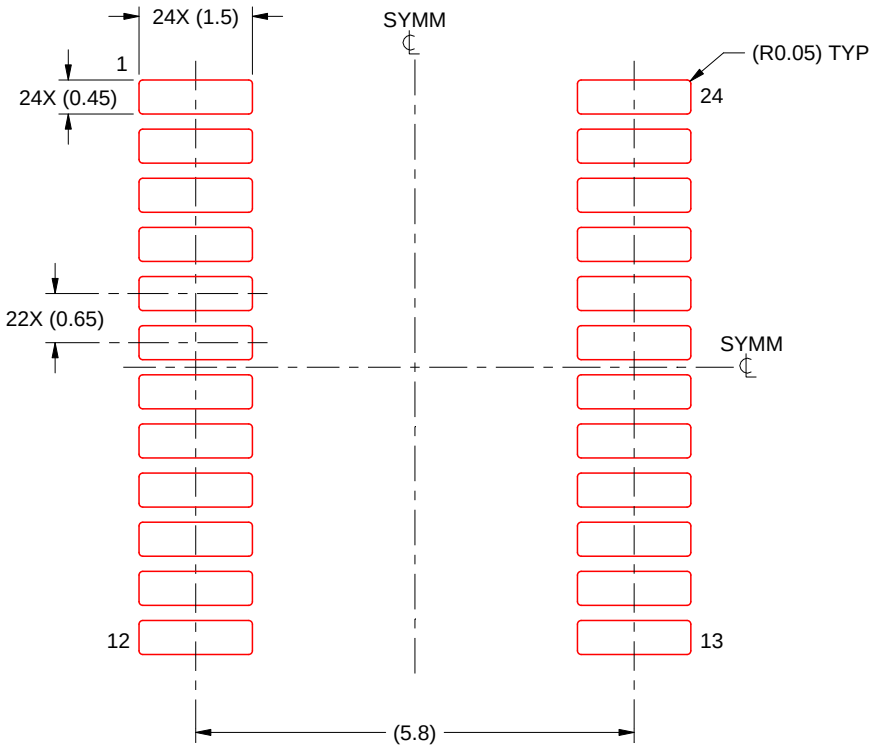


SOLDER MASK DETAILS

4220208/A 02/2017

NOTES: (continued)

6. Publication IPC-7351 may have alternate designs.
7. Solder mask tolerances between and around signal pads can vary based on board fabrication site.



SOLDER PASTE EXAMPLE
BASED ON 0.125 mm THICK STENCIL
SCALE: 10X

4220208/A 02/2017

NOTES: (continued)

8. Laser cutting apertures with trapezoidal walls and rounded corners may offer better paste release. IPC-7525 may have alternate design recommendations.
9. Board assembly site may have different recommendations for stencil design.

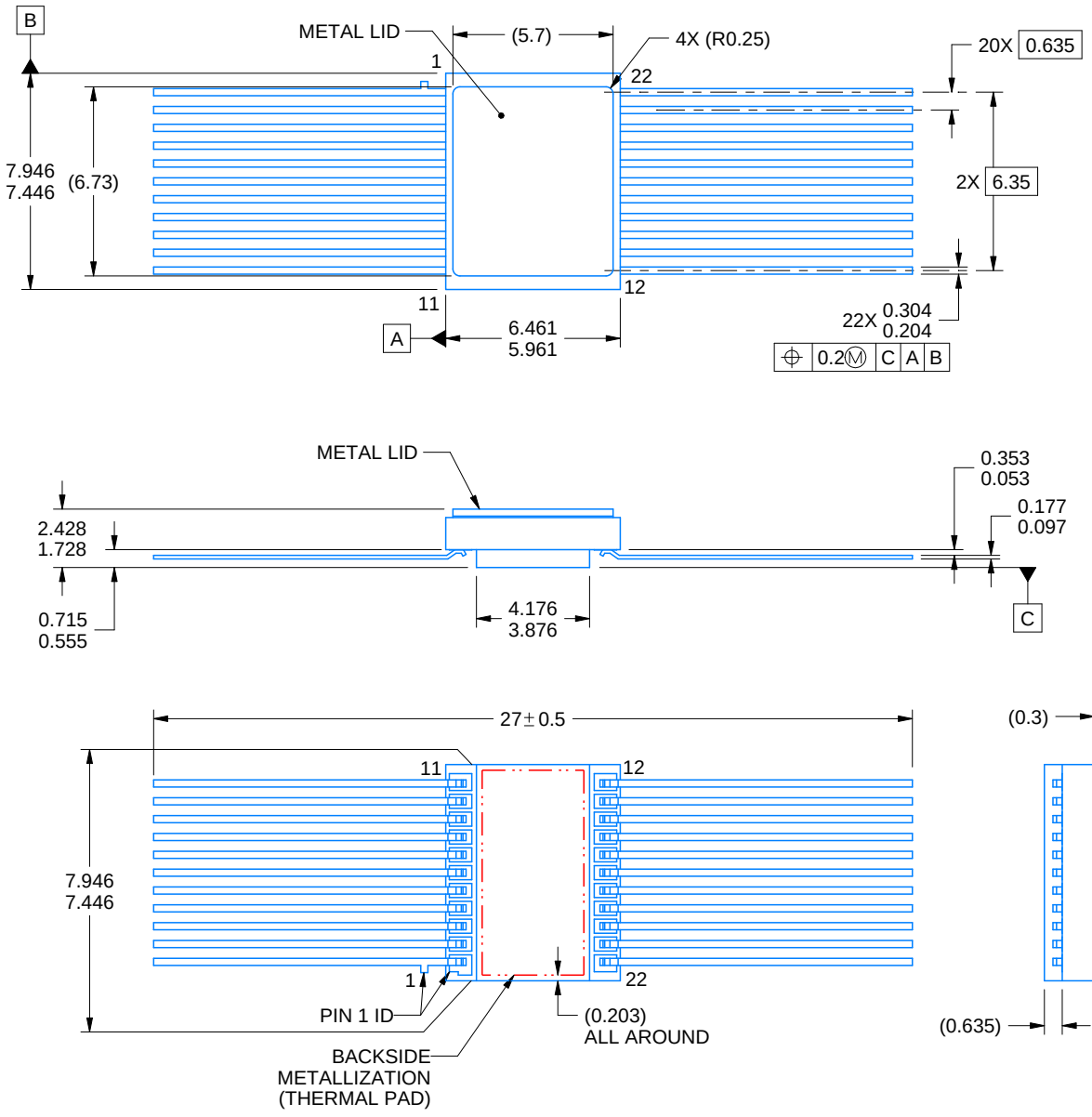


PACKAGE OUTLINE

HFT0022A

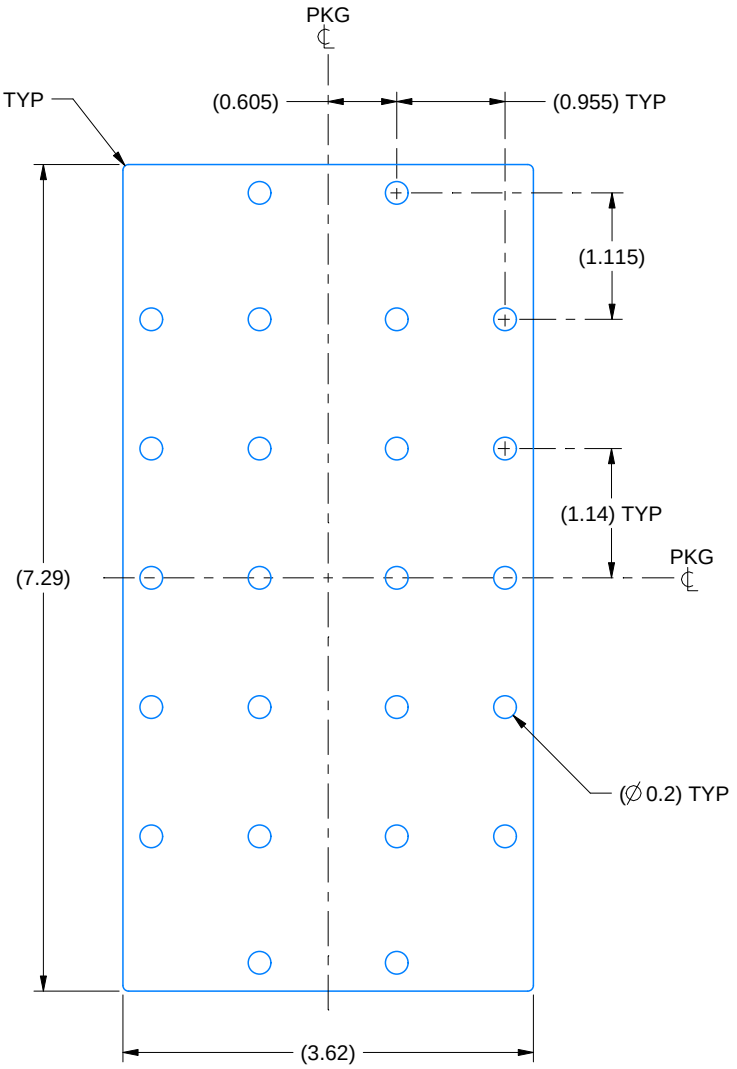
CFP - 2.428mm max height

CERAMIC FLATPACK



NOTES:

1. All linear dimensions are in millimeters. Any dimensions in parenthesis are for reference only. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
2. This drawing is subject to change without notice.
3. This package is hermetically sealed with a metal lid. The lid is not connected to any lead.
4. The leads are gold plated.
5. Metal lid is connected to backside metalization



HEATSINK LAND PATTERN EXAMPLE
EXPOSED METAL SHOWN
SCALE:15X

4225791/C 01/2021

REVISIONS

REV	DESCRIPTION	ECR	DATE	ENGINEER / DRAFTER
A	RELEASE NEW DRAWING	2186323	03/13/2020	R. RAZAK / ANIS FAUZI
B	ADD LAND PATTERN VIEW / SHEET	2190485	10/22/2020	R. RAZAK / ANIS FAUZI
C	UPDATE TOTAL LEAD LENGTH TO 27± 0.5	2192775	01/28/2021	R. RAZAK / ANIS FAUZI

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出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