



钜地半导体
Tudi Semiconductor

Product Specification

TUDI-TPS70933QDBVRQ1

具有使能功能的汽车级 150mA、30V、 $1\mu A I_Q$ 稳压器

网址 www.sztdbdt.com Q

用芯智造 · 卓越品质

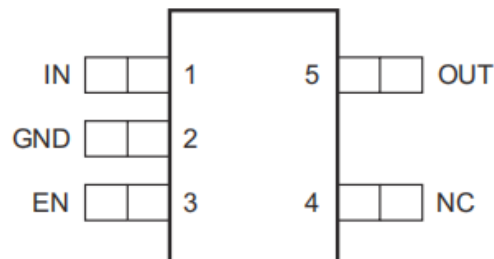
**semiconductor device
manufacturer**

- Design
- research and development
- production
- and sales



特性

- 符合面向汽车应用的 AEC-Q100 标准：
 - 温度等级 1：-40 °C 至 125 °C , TA
 - 器件 HBM ESD 分类等级 2
 - 器件 CDM ESD 分类等级 C4B
- 输入电压范围：2.7V 至 30V
- 超低 IQ：1 μ A
- 反向电流保护
- 低 I 关断：150nA
- 支持 200mA 峰值输出
- 在温度范围内的精度为 2%
- 可提供固定输出电压：
1.2V 至 6.5V
- 热关断和过流保护
- 封装：SOT-23-5、WSO6



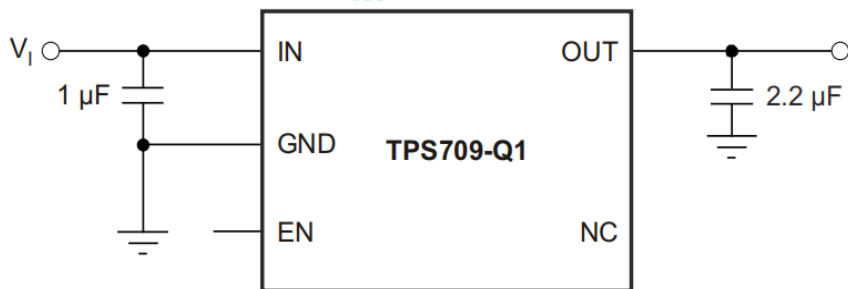
SOT-23-5

应用

- 汽车
- 信息娱乐系统
- 车身控制模块
- 导航系统

说明

TPS709-Q1 系列线性稳压器是针对功耗敏感型应用而设计的超低静态电流器件。高精度带隙与误差放大器可提供 2% 的过热精度。这些器件的静态电流仅为 1 μ A，专门针对由电池供电且要求极低空闲功耗的常开系统而设计。该系列器件还具有热关断、电流限制和反向电流保护功能，提升了器件安全性。通过将使能 (EN) 引脚下拉至低电平可将这些稳压器置于关断模式。该模式的关断电流低至 150nA (典型值)。



典型应用电路

表 4-1. 引脚功能

引脚			I/O	说明
名称	编号			
	DRV	DBV		
EN	4	3	I	使能引脚。将该引脚驱动为高电平会启用器件。将该引脚驱动为低电平将器件置于低电流关断状态。该引脚可保持悬空以启用器件。最大电压必须保持在 6.5V 以下。
GND	3	2	—	接地
IN	6	1	I	器件的非稳压输入
NC	2、5	4	—	无内部连接
OUT	1	5	O	经稳压调节的输出电压。在该引脚与接地之间连接小型 2.2μF 或更大的陶瓷电容器以确保稳定性。
散热焊盘		—	—	散热焊盘以电气方式连接到 GND 节点。连接至 GND 平面以提高热性能。

5 规格

5.1 绝对最大额定值

在 $T_J = -40^{\circ}\text{C}$ 至 125°C 条件下指定，除非另有说明；所有电压均以 GND 为基准。(1)

		最小值	最大值	单位
电压	V_{IN}	-0.3	32	V
	V_{EN}	-0.3	7	V
	V_{OUT}	-0.3	7	V
最大输出电流	I_{OUT}	受内部限制		
输出短路持续时间		未确定		
持续总功率耗散	P_{DISS}	请参阅热性能信息		
结温, T_J		-55	150	$^{\circ}\text{C}$
环境温度, T_A		-40	125	$^{\circ}\text{C}$
贮存温度, T_{stg}		-55	150	$^{\circ}\text{C}$

(1) 应力超出“绝对最大额定值”下列出的值可能会对器件造成永久损坏。这些列出的值仅为应力等级，并不表示器件在这些条件下以及在建议工作条件以外的任何其他条件下能够正常运行。长时间处于绝对最大额定条件下可能会影响器件的可靠性。

5.2 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 标准(1)	±2000	V
		充电器件模型 (CDM), 符合 JEDEC 规范 JESD22-C101(2)	±750	

(1) JEDEC 文档 JEP155 指出：2kV HBM 可通过标准 ESD 控制流程实现安全生产。

(2) JEDEC 文档 JEP157 指出：500V CDM 可通过标准 ESD 控制流程实现安全生产。

5.3 建议运行条件

在工作结温范围内测得（除非另有说明）

		最小值	标称值	最大值	单位
V_{IN}	输入电压	2.7		30	V
V_{OUT}	输出电压	1.2		6.5	V
I_{OUT}	输出电流	0		150	mA
V_{EN}	使能电压	0		6.5	V
C_{IN}	输入电容器		1		μF
C_{OUT}	输出电容器	2	2.2	47	μF
T_J	工作结温	-40		125	$^{\circ}C$

5.4 热性能信息

热指标 ⁽¹⁾		TPS709-Q1				单位
		DBV (SOT-23-5)		DRV (WSON-6)		
		旧芯片	新芯片	旧芯片	新芯片	
R _{θJA}	结至环境热阻	210.9	176.5	73.1	82.5	°C/W
R _{θJC(top)}	结至外壳（顶部）热阻	127.4	97.9	97.0	101.25	°C/W
R _{θJB}	结至电路板热阻	39.4	40.9	42.6	49.1	°C/W
Ψ _{JT}	结至顶部特征参数	16.8	19.1	2.9	5.8	°C/W
Ψ _{JB}	结至电路板特征参数	38.4	40.7	42.9	49.14	°C/W
R _{θJC(bot)}	结至外壳（底部）热阻	不适用	不适用	12.8	19.8	°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](#)。

可以使用 [热性能信息](#) 中所示的热指标 Ψ_{JT} 和 Ψ_{JB} 来估算结温。与 $R_{\theta JA}$ 相比，这些指标是芯片和封装热传递特性的更准确表示。可以使用 [方程式 2](#) 来估算结温。

$$\Psi_{JT}: T_J = T_T + \Psi_{JT} \cdot P_D$$

$$\Psi_{JB}: T_J = T_B + \Psi_{JB} \cdot P_D$$

(2)

其中：

- P_D 是功率耗散，如 [方程式 1](#) 所示，
- T_T 是器件封装顶部中间位置的温度，
- T_B 是在 **PCB 表面** 距器件封装 1mm 处测得的 PCB 温度。



5.5 电气特性

条件为 $-40^{\circ}\text{C} \leq T_J$, $T_A \leq 125^{\circ}\text{C}$ 时, $V_{IN} = V_{OUT(nom)} + 1V$ 或 $2.7V$ (以较大者为准), $I_{OUT} = 1mA$, $V_{EN} = 2V$ 以及 $C_{IN} = C_{OUT} = 2.2 \mu F$ 陶瓷, 除非另有说明。典型值为 $T_J = 25^{\circ}\text{C}$ 条件下的值。

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{IN}	输入电压范围		2.7		30	V
V_{OUT}	输出电压范围		1.2		6.5	V
V_{OUT}	直流输出精度	$V_{OUT} < 3.3V$	-2		2	%
		$V_{OUT} \geq 3.3V$	-1		1	
ΔV_{OUT}	线路调节	$(V_{OUT(nom)} + 1V, 2.7V) \leq V_{IN} \leq 30V$		3	10	mV
	负载调整率	$V_{IN} = V_{OUT(typ)} + 1.5V$ 或 $3V$ (以较大者为准), $100\mu A \leq I_{OUT} \leq 150mA$		20	50	
V_{DO}	压降电压 ^{(1) (2)}	TPS70933, $I_{OUT} = 50mA$		295	650	mV
		TPS70933, $I_{OUT} = 150mA$		975	1540	
		TPS70950, $I_{OUT} = 50mA$		245	500	
		TPS70950, $I_{OUT} = 150mA$		690	1200	
I_{CL}	输出电流限制 ⁽³⁾	$V_{OUT} = 0.9 \times V_{OUT(nom)}$	200	320	500	mA
I_{GND}	接地引脚电流	$I_{OUT} = 0mA$, $V_{OUT} \leq 3.3V$		1.3	2.55	μA
		$I_{OUT} = 0mA$, $V_{OUT} > 3.3V$		1.4	2.7	
		$I_{OUT} = 100\mu A$, $V_{IN} = 30V$		6.7	10	
		$I_{OUT} = 150mA$		350		
I_{SHDN}	关断电流	$V_{EN} \leq 0.4V$, $V_{IN} = 2.7V$		150		nA
PSRR	电源抑制比	$f = 10Hz$		80		dB
		$f = 100Hz$		62		
		$f = 1kHz$		52		
V_n	输出噪声电压	$BW = 10Hz$ 至 $100kHz$, $I_{OUT} = 10mA$, $V_{IN} = 2.7V$, $V_{OUT} = 1.2V$		190		$\mu VRMS$
$V_{EN(HI)}$	使能引脚高电平输入电压	器件启用	0.9			V
$V_{EN(LOW)}$	使能引脚低电平输入电压	器件被禁用	0		0.4	V
I_{EN}	EN 引脚电流	$EN = 1.0V$, $V_{IN} = 5.5V$		300		nA
I_{REV}	反向电流 (从 IN 引脚流出)	$V_{OUT} = 3V$, $V_{IN} = V_{EN} = 0V$		10		nA
	反向电流 (流入 OUT 引脚)	$V_{OUT} = 3V$, $V_{IN} = V_{EN} = 0V$		100		
T_{SD}	热关断温度	关断, 温度升高		158		$^{\circ}C$
		复位, 温度降低		140		
T_J	工作结温		-40		125	$^{\circ}C$

(1) V_{DO} 在 $V_{IN} = 0.98 \times V_{OUT(nom)}$ 下测得。

(2) 最小输入电压限制值压降仅在 $V_{OUT} \geq 2.8V$ 时有效。

(3) 当 $V_{OUT} \leq 2.5V$ 时, 在 $V_{IN} = V_{OUT} + 3V$ 下测得。当 $V_{OUT} > 2.5V$ 时, 在 $V_{IN} = V_{OUT} + 2.5V$ 下测得。



5.6 时序要求

条件为 $T_J = -40^{\circ}\text{C}$ 至 125°C , $V_{IN} = V_{OUT(nom)} + 1\text{V}$ 或 2.7V (以较大者为准) , $R_L = 47\Omega$, $V_{EN} = 2\text{V}$, $C_{IN} = C_{OUT} = 2.2\mu\text{F}$ 陶瓷, 除非另有说明。典型值为 $T_J = 25^{\circ}\text{C}$ 条件下的值。

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
t_{STR}	启动时间 ⁽¹⁾	$V_{OUT(nom)} \leq 3.3\text{V}$		200	600	μs
		$V_{OUT(nom)} > 3.3\text{V}$		500	1500	

(1) 启动时间 = 从 EN 置为有效到 $0.95 \times V_{OUT(nom)}$ 且负载 = 47Ω 的时间。

5.7 开关特性

这些规格适用于 $T_J = 25^{\circ}\text{C}$, $V_{IN} = V_{OUT(NOM)} + 0.5\text{V}$ 或 1.4V (以较大者为准) , $V_{EN} = V_{IN}$, $I_{OUT} = 1\text{mA}$, $C_{IN} = 1\mu\text{F}$, $C_{OUT} = 1\mu\text{F}$ (除非另有说明) ; 所有典型值都是在 $T_J = 25^{\circ}\text{C}$ 条件下的典型值。

参数		测试条件		最小值	典型值	最大值	单位
t_{STR}	启动时间 (V_{EN})	从 $V_{EN} > V_{EN(HI)}$ 到 $V_{OUT} = V_{OUT(NOM)}$ 的 95% , $1\text{V}/\mu\text{s}$	从 $V_{EN} > V_{EN(HI)}$ 到 $V_{OUT} = V_{OUT(NOM)}$ 的 95% , $1\text{V}/\mu\text{s}$		200		μs

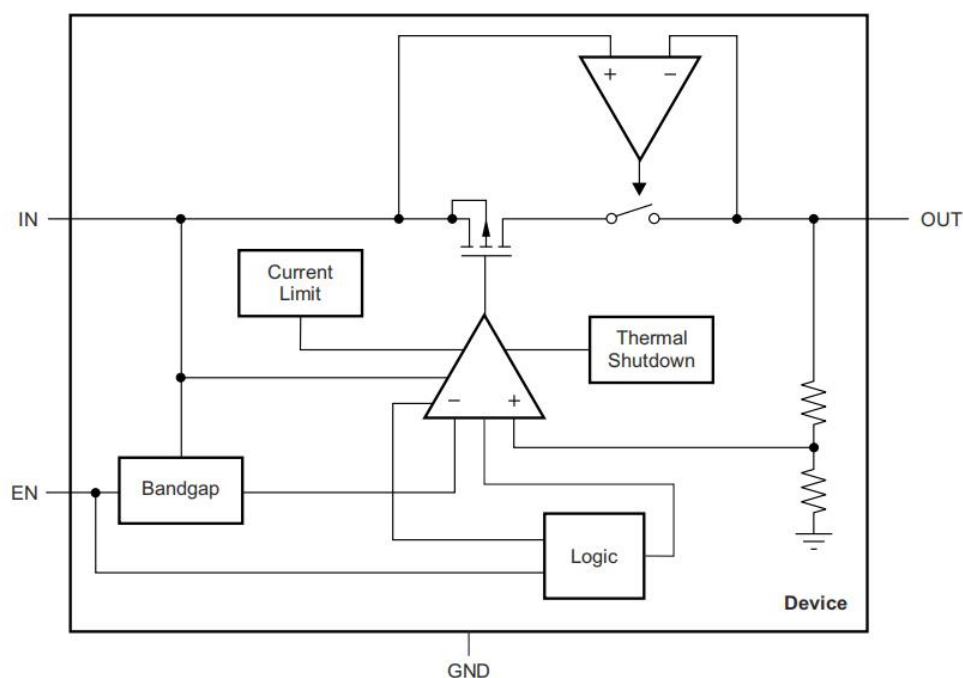


6 详细说明

6.1 概述

TPS709-Q1 系列是超低静态电流、低压降 (LDO) 线性稳压器。TPS709-Q1 提供反向电流保护, 可阻止任何从输出进入输入的放电电流。TPS709-Q1 还具有电流限制和热关断功能, 可实现可靠运行。

6.2 功能方框图



6.3 特性说明

6.3.1 欠压锁定 (UVLO)

TPS709-Q1 使用欠压锁定 (UVLO) 电路使输出保持关断状态, 直到内部电路正常工作。

6.3.2 关断

使能引脚 (EN) 为高电平有效。通过强制 EN 引脚超过 $V_{EN(HI)}$ (最小 0.9V) 来启用器件。通过强制 EN 引脚低于 0.4V 来关闭器件。

6.3.3 反向电流保护

TPS709-Q1 具有集成反向电流保护功能。反向电流保护可在输出电压高于输入电压时防止电流从 OUT 引脚流向 IN 引脚。当输出电压高于输入电压时, 反向电流保护电路会将电源路径置于高阻抗状态。此设置可将输出到输入的漏电流降低至 10nA (典型值)。无论使能引脚处于何种逻辑状态或 OUT 引脚电压大于 1.8V, 反向电流保护始终处于活动状态。如果输出电压低于 1.8V 并且输入电压低于输出电压, 将产生反向电流。

如果向输入引脚施加电压, 可施加到 OUT 引脚的最大电压为标称输出电压的三倍或 6.5V 中的较低者。例如使用 1.2V 输出电压版本, 可施加到 OUT 引脚的最大反向偏置电压为 3.6V。如果使用 3.3V 输出电压版本, 可施加到 OUT 引脚的最大反向偏置电压为 6.5V。

6.3.4 内部电流限制

TPS709-Q1 内部电流限制有助于在故障情况下对稳压器进行保护。在电流限制期间, 输出提供固定量电流, 该电流在很大程度上与输出电压无关。在这种情况下, 输出电压不受调节, 可以通过以下公式测量 ($V_{OUT} = I_{LIMIT} \times R_{LOAD}$)。PMOS 导通晶体管耗散 $[(V_{IN} - V_{OUT}) \times I_{LIMIT}]$, 直到触发热关断且器件关闭。冷却时, 器件由内部热关



断电路导通。如果故障条件持续存在，器件会在电流限制和热关断之间循环；有关更多详细信息，请参阅 [热性能信息](#) 部分。

TPS709-Q1 在建议的工作输出电流范围内的最高电流可达 **150mA**。内部电流限制开始以最小输出电流 **200mA** 限制输出电流。

6.3.5 热保护

当结温上升至大约 **158°C** 时，过热保护会禁用输出以使器件冷却。当结温冷却至大约 **140°C** 时，输出电路将被重新使能。根据功率耗散、热阻和环境温度的变化，过热保护电路可能会循环开启和关断。这一循环操作会限制稳压器的功耗，防止稳压器因过热而损坏。

任何有可能激活过热保护电路的情况表示过多的功率耗散或者不够充分的散热。为了实现可靠运行，请将结温限制为最高 **125°C**。为了估算一个完整设计中（包括散热）的安全裕量，增加环境温度直到触发过热保护；使用最差情况负载和信号条件。为了实现更好的稳定性，过热保护必须在比特定应用的最高预计环境温度至少高 **35°C** 时触发。该配置可在最高预计环境温度和最差负载情况下产生 **125°C** 最差情况结温。

TPS709-Q1 内部保护电路旨在防止出现过载情况。该电路并不是为了取代适当的散热装置。TPS709-Q1 持续不断地运行至热关断状态会降低器件的可靠性。

6.4 器件功能模式

6.4.1 正常运行

在下列条件下，器件的输出电压会稳定在标称值：

- 输入电压至少可高达 $V_{IN(min)}$ 。
- 输入电压高于标称输出电压与压降电压之和。
- 使能电压先前已超过使能上升阈值电压，但尚未降至低于使能下降阈值。
- 输出电流低于电流限值。
- 器件结温低于最大指定结温。

6.4.2 压降运行

如果输入电压低于标称输出电压与指定压降电压之和，但仍满足正常工作模式的所有其他条件，则器件将工作在压降模式。在此运行模式下，输出电压等于输入电压与压降电压之差。器件的瞬态性能会显著下降，因为导通器件处于线性区域，不再控制流过 LDO 的电流。压降过程中的线路或负载瞬态可能会导致输出电压偏差较大。

6.4.3 禁用

在下列情况下，该器件被禁用：

- 使能电压小于使能下降阈值电压或尚未超过使能上升阈值。
- 器件结温大于热关断温度。

表 6-1 给出了不同工作模式的参数条件。

表 6-1. 器件功能模式比较

工作模式	参数			
	V_{IN}	V_{EN}	I_{OUT}	T_J
正常模式	$V_{IN} > V_{OUT(nom)} + V_{DO}$ 和 $V_{IN} > V_{IN(min)}$	$V_{EN} > V_{EN(HI)}$	$I_{OUT} < I_{LIM}$	$T_J < 125^{\circ}\text{C}$
压降模式	$V_{IN(min)} < V_{IN} < V_{OUT(nom)} + V_{DO}$	$V_{EN} > V_{EN(HI)}$	—	$T_J < 125^{\circ}\text{C}$
禁用模式 (任何真条件都会禁用该器件)	—	$V_{EN} < V_{EN(low)}$	—	$T_J > 158^{\circ}\text{C}$



7.1 应用信息

TPS709-Q1 具有低静态电流消耗，可提供优异的线路和负载瞬态性能。高性能配合低噪声、良好的 PSRR 和极小的 ($V_{IN} - V_{OUT}$) 余量，使这些器件非常适用于射频便携式应用、电流限制和热保护。TPS709-Q1 器件的额定运行温度范围为 -40°C 至 125°C 。

7.1.1 输入和输出电容器注意事项

对于低于 1.5V 的输出电压，TPS709-Q1 器件在与有效电容为 $2.0\mu\text{F}$ 或更高的输出电容器搭配使用时可保持稳定。对于大于或等于 1.5V 的输出电压，可实现稳定的最小有效电容为 $1.5\mu\text{F}$ 。实现稳定性的最大电容为 $47\mu\text{F}$ 。输出电容的等效串联电阻 (ESR) 必须介于 0Ω 和 0.2Ω 之间，以提供稳定性。

有效电容是在考虑容差、温度和直流偏置效应引起的变化后电容器的最小电容值。建议使用 X5R 和 X7R 型陶瓷电容器，因为这些电容器的电容值和 ESR 随温度变化的幅度极小。

尽管不需要输入电容器来实现稳定性，但良好的模拟设计实践是在 IN 与 GND 之间连接 $0.1\mu\text{F}$ 至 $2.2\mu\text{F}$ 的电容器。该电容器可抵消电抗性输入源，改善瞬态响应、输入纹波和 PSRR。

7.1.2 压降电压

TPS709-Q1 使用一个 PMOS 导通晶体管来实现低压降。当 ($V_{IN} - V_{OUT}$) 低于压降电压 (V_{DO}) 时，PMOS 导通晶体管处于其运行的线性区域并且输入到输出电阻是 PMOS 导通晶体管的 $R_{DS(ON)}$ 。 V_{DO} 大致与输出电流成比例，因为 PMOS 晶体管的功能与压降中的电阻器类似。

当器件在压降下运行时，许多线性稳压器的接地引脚电流会大幅增加。在压降模式下运行时，接地引脚电流增加可能比器件未处于压降状态时大几个数量级。TPS709-Q1 采用特殊的控制环路，该环路限制在压降下运行时接地引脚电流的增加。此功能可在压降条件下实现高效运行，大幅延长电池运行时间。

7.1.3 瞬态响应

与任何其他稳压器一样，增大输出电容器尺寸可减小过冲和下冲幅度，但会增加瞬态响应持续时间。

7.2 典型应用

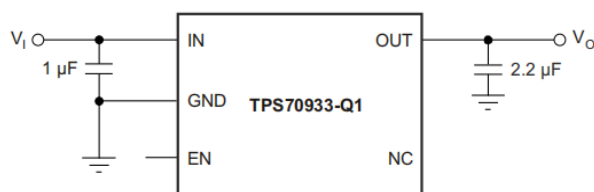


图 7-1. 3.3V、低 I_Q 电源轨

7.2.1 设计要求

表 7-1 总结了图 7-1 的设计要求。

表 7-1. 3.3V 低 I_Q 电源轨应用设计要求

参数	设计规格
V_{IN}	4.3V
V_{OUT}	3.3V
$I_{(IN)}$ (无负载)	$< 5\mu\text{A}$
I_{OUT} (最大值)	150mA

7.2.2 详细设计过程

选择 $2.2\mu\text{F}$ 、10V X7R 输出电容器以满足 3.3V 直流偏置的最小输出电容要求。

选择 $1.0\mu\text{F}$ 、10V X7R 输入电容器以提供输入噪声滤波并消除高频电压瞬态。

7.3 电源相关建议

该器件设计为在 2.7V 至 30V 的输入电源电压范围内运行。输入电压范围必须为器件提供足够的余量才能实现稳定输出。该输入电源必须经过良好调节并保持稳定。如果输入电源存在噪声，则附加具有低 ESR 的输入电容器有助于提高输出噪声性能。

7.4 布局

7.4.1 布局指南

7.4.1.1 对于改进 PSRR 和噪声性能的电路板布局布线建议

必须尽可能靠近器件引脚放置输入和输出电容器。为了改进交流性能（例如 PSRR、输出噪声和瞬态响应），TI 建议将电路板设计成对于 V_{IN} 和 V_{OUT} 有独立的接地层，接地平面仅在器件的 GND 引脚处连接。此外，输出电容器的接地连接必须直接连接器件的 GND 引脚。高 ESR 电容会降低 PSRR 性能。

7.4.1.2 功率耗散

不同封装类型的芯片散热能力是不同的，在印刷电路板 (PCB) 布局过程中应区别对待。器件周围没有其他组件的 PCB 区域会将器件的热量散发到周围空气中。[热性能信息](#) 中列出了 JEDEC 低 K 电路板和高 K 电路板的性能数据。使用较重的覆铜可提高器件的散热效率。在散热层上增加的电镀通风孔也能提升散热效率。

功耗取决于输入电压和负载情况。功率耗散 (P_D) 等于输出电流乘以输出导通元件 (V_{IN} 至 V_{OUT}) 上的压降所得到的乘积，如[方程式 1](#)所示。

$$P_D = (V_{IN} - V_{OUT}) \times I_{OUT} \quad (1)$$

[图 7-4](#) 展示了 TPS709-Q1 的最高环境温度与功率耗散之间的关系。该图假设器件焊接在 JEDEC 标准高 K 布局上，电路板上没有气流。电路板的实际热阻抗差异很大。如果应用需要高功率耗散，则透彻了解电路板温度和热阻抗有助于确保 TPS709-Q1 不会在高于 125°C 的结温下运行。

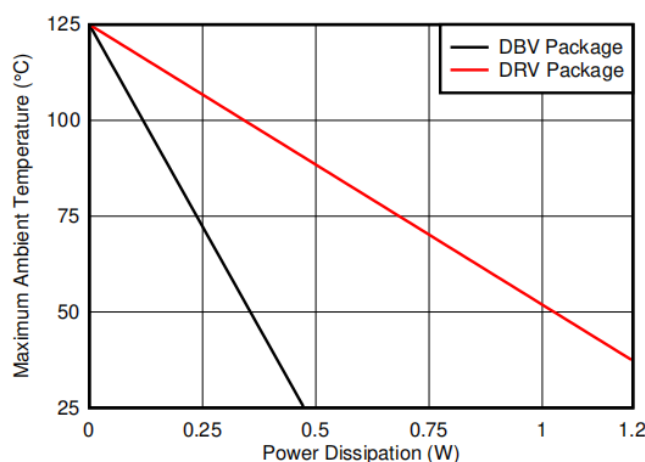


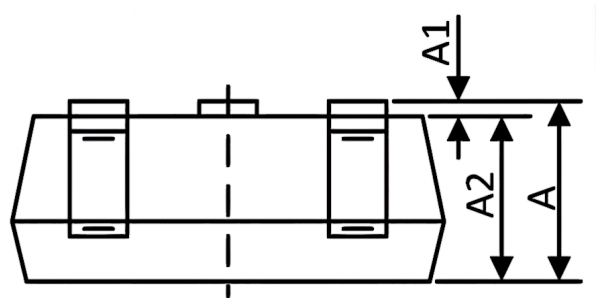
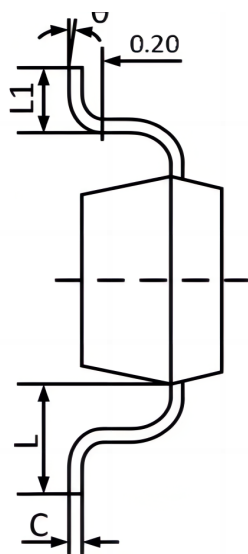
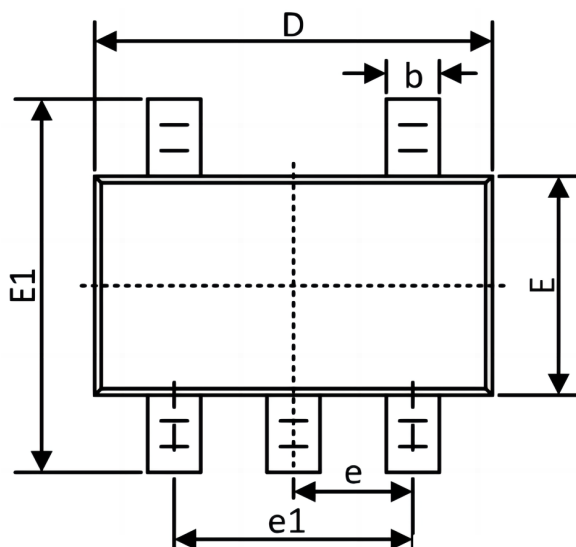
图 7-4. 最高环境温度与功率耗散间的关系



Order information

Order Number	Package	Package Quantity	Marking On The park
TPS70933QDBVRQ1-TUDI	SOT23	Tape,Reel,3000	TPS70933QDBVRQ1

Package SOT23-5



Symbol	Dimensions In Millimeters		Dimensions In Inches	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	1.050	1.250	0.041	0.049
A1	0.000	0.100	0.000	0.004
A2	1.050	1.150	0.041	0.045
b	0.300	0.400	0.012	0.016
C	0.100	0.200	0.004	0.008
D	2.820	3.020	0.111	0.119
E	1.500	1.700	0.059	0.067
E1	2.650	2.950	0.104	0.116
e	0.950TYP		0.037TYP	
e1	1.800	2.000	0.071	0.079
L	0.700REF		0.028REF	
L1	0.300	0.600	0.012	0.024
θ	0°	8°	0°	8°



Important statement:

- TUDI Semiconductor reserves the right to modify the product manual without prior notice! Before placing an order, customers need to confirm whether the obtained information is the latest version and verify the completeness of the relevant information.
- Any semi-guide product is subject to failure or malfunction under specified conditions. It is the buyer's responsibility to comply with safety standards when using TUDI Semiconductor products for system design and whole machine manufacturing. And take the appropriate safety measures to avoid the potential in the risk of loss of personal injury or loss of property situation!
- TUDI Semiconductor products have not been licensed for life support, military, and aerospace applications, and therefore TUDI Semiconductor is not responsible for any consequences arising from the use of this product in these areas.
- If any or all TUDI Semiconductor products (including technical data, services) described or contained in this document are subject to any applicable local export control laws and regulations, they may not be exported without an export license from the relevant authorities in accordance with such laws.
- The specifications of any and all TUDI Semiconductor products described or contained in this document specify the performance, characteristics, and functionality of said products in their standalone state, but do not guarantee the performance, characteristics, and functionality of said products installed in Customer's products or equipment. In order to verify symptoms and conditions that cannot be evaluated in a standalone device, the Customer should ultimately evaluate and test the device installed in the Customer's product device.
- TUDI Semiconductor documentation is only allowed to be copied without any alteration of the content and with the relevant authorization. TUDI Semiconductor assumes no responsibility or liability for altered documents.
- TUDI Semiconductor is committed to becoming the preferred semiconductor brand for customers, and TUDI Semiconductor will strive to provide customers with better performance and better quality products.