
**500 mA 同步降压稳压器
和 300 mA LDO 并带有电源正常输出**

特性

- 双输出稳压器（500 mA 降压稳压器和 300 mA 低压差稳压器）
- 具有 300 ms 延时的电源正常监控输出
- 器件总静态电流 = 65 μ A（典型值）
- 可独立关断降压和 LDO 的输出（**TC1303**）
- 两个输出都进行内部补偿
- 同步降压稳压器：
 - 典型效率大于 90%
 - 2.0 MHz 固定频率的 PWM（重负载）
 - 低输出噪声
 - 自动 PWM 到 PFM 模式转换
 - 可调式（0.8V 至 4.5V）和标准固定输出电压（0.8V、1.2V、1.5V、1.8V、2.5V 和 3.3V）
- 低压差稳压器：
 - 低跌落电压 = 137 mV（典型值）@ 200 mA
 - 标准固定输出电压（1.5V、1.8V、2.5V 和 3.3V）
- 电源正常监控功能：
 - 监测降压输出功能（**TC1303A**）
 - 监测 LDO 输出功能（**TC1303B**）
 - 同时监测降压和 LDO 输出功能（**TC1303C 和 TC1304**）
 - 用于处理器复位的 300 ms 延时
- 顺序启动和关断（**TC1304**）
- 可选择小型 10 引脚 3X3 DFN 或 MSOP 封装
- 工作结温范围：
 - -40°C 至 +125°C
- 欠压锁定（UVLO）
- 输出短路电路保护
- 过温保护

应用

- 蜂窝移动电话
- 笔记本电脑
- 用 USB 供电的设备
- 手持式医疗仪器
- 资料管理器（Organizer）和 PDA

概述

TC1303/TC1304 将 500 mA 同步降压稳压器和 300 mA 低压差稳压器（Low-Dropout Regulator, LDO）相结合，并带有电源正常监控器，为需要多个输入电压的设备提供了高度集成的解决方案。集成降压开关稳压器和低压差线性稳压器的独特结合方式，为双输出电压应用（需要一个较低的处理器的内核电压和一个较高的偏置电压）提供了最低的系统功耗。

当负载很重时，500 mA 同步降压稳压器以 2.0 MHz 固定频率进行转换，提供了噪声低而体积小的解决方案。当降压输出的负载降低到较低水平时，器件转换为脉冲频率调制（Pulse Frequency Modulation, PFM）工作模式，以使从电池输出的静态电流最小化。从一种模式到另一种模式的平稳转换无需人为干涉。

LDO 只要一个 1 μ F 的陶瓷输出电容就能提供 300 mA 的辅助输出，节约了板空间和成本。负载电流为 200 mA 时，LDO 输出的典型跌落电压为 137 mV。

对于 TC1303/TC1304，电源正常输出是基于降压稳压器输出、LDO 输出或两者的结合的稳压而得来的。TC1304 具备顺序启动和关断功能。

TC1303/TC1304 采用 10 引脚 DFN 或 MSOP 封装。

其他保护特性包括：UVLO，对两个输出的过温和过流保护。

要获得有关 TC1303/TC1304 标准部件的完整信息，请咨询当地 Microchip 办事处。

TC1303A/TC1303B/TC1303C/TC1304

封装类型

TC1303A、B 和 C

10 引脚 DFN

SHDN2	1	10	P _{GND}
V _{IN2}	2	9	L _X
V _{OUT2}	3	8	V _{IN1}
PG	4	7	SHDN1
A _{GND}	5	6	V _{FB1} /V _{OUT1}

10 引脚 MSOP

SHDN2	1	10	P _{GND}
V _{IN2}	2	9	L _X
V _{OUT2}	3	8	V _{IN1}
PG	4	7	SHDN1
A _{GND}	5	6	V _{FB1} /V _{OUT1}

TC1304

10 引脚 DFN

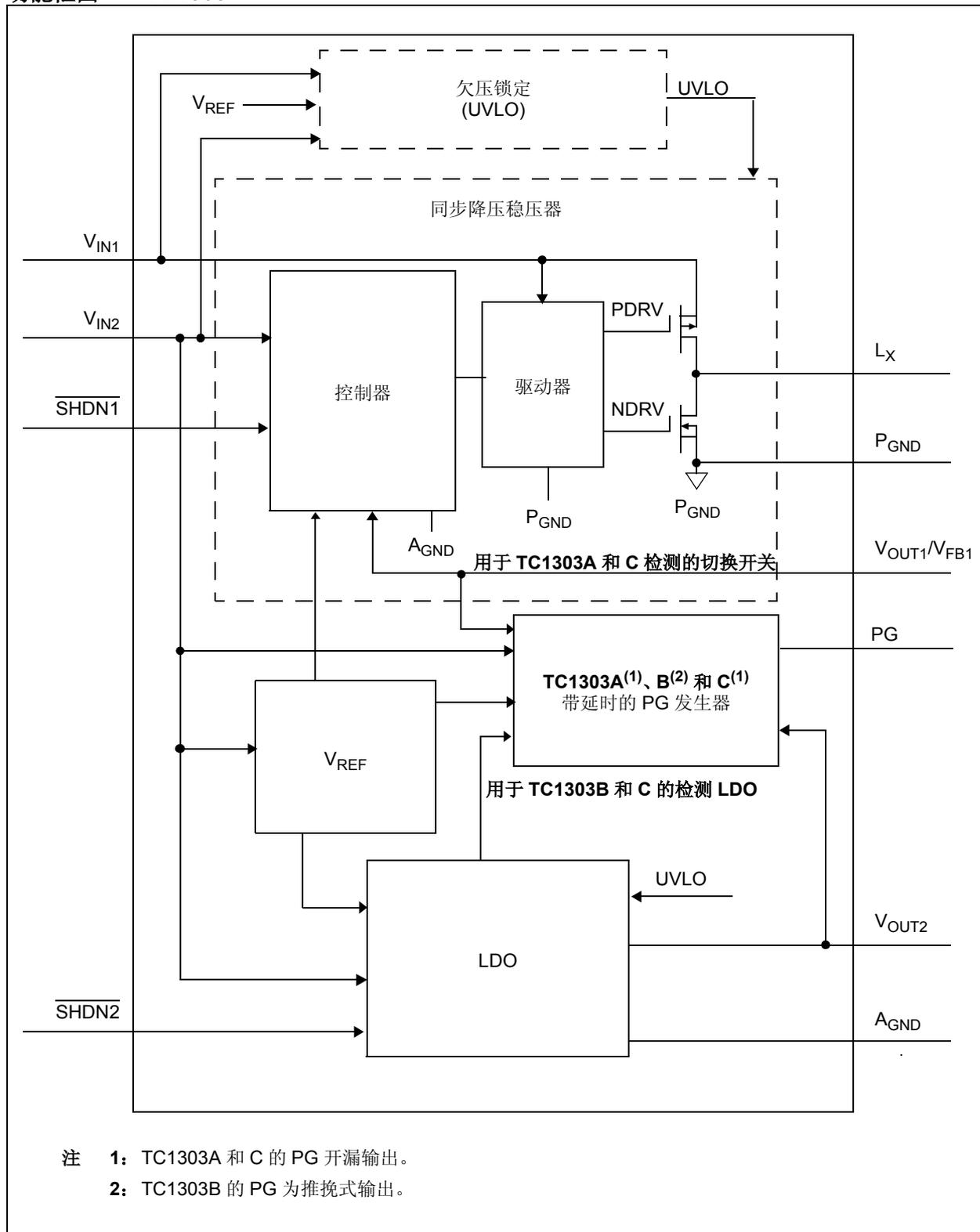
SHDN	1	10	P _{GND}
V _{IN2}	2	9	L _X
V _{OUT2}	3	8	V _{IN1}
PG	4	7	A _{GND}
A _{GND}	5	6	V _{FB1} /V _{OUT1}

10 引脚 MSOP

SHDN	1	10	P _{GND}
V _{IN2}	2	9	L _X
V _{OUT2}	3	8	V _{IN1}
PG	4	7	A _{GND}
A _{GND}	5	6	V _{FB1} /V _{OUT1}

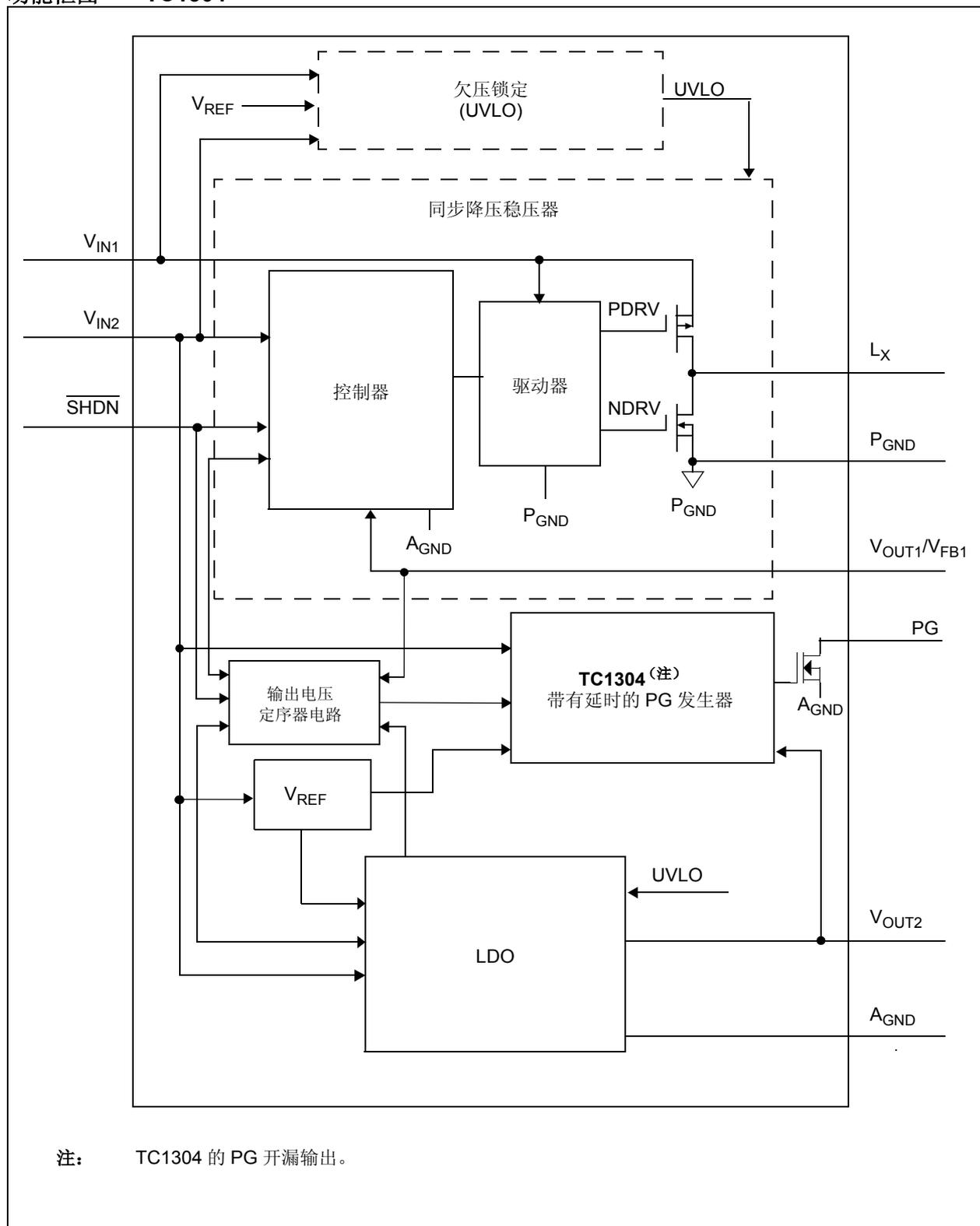
TC1303A/TC1303B/TC1303C/TC1304

功能框图——TC1303



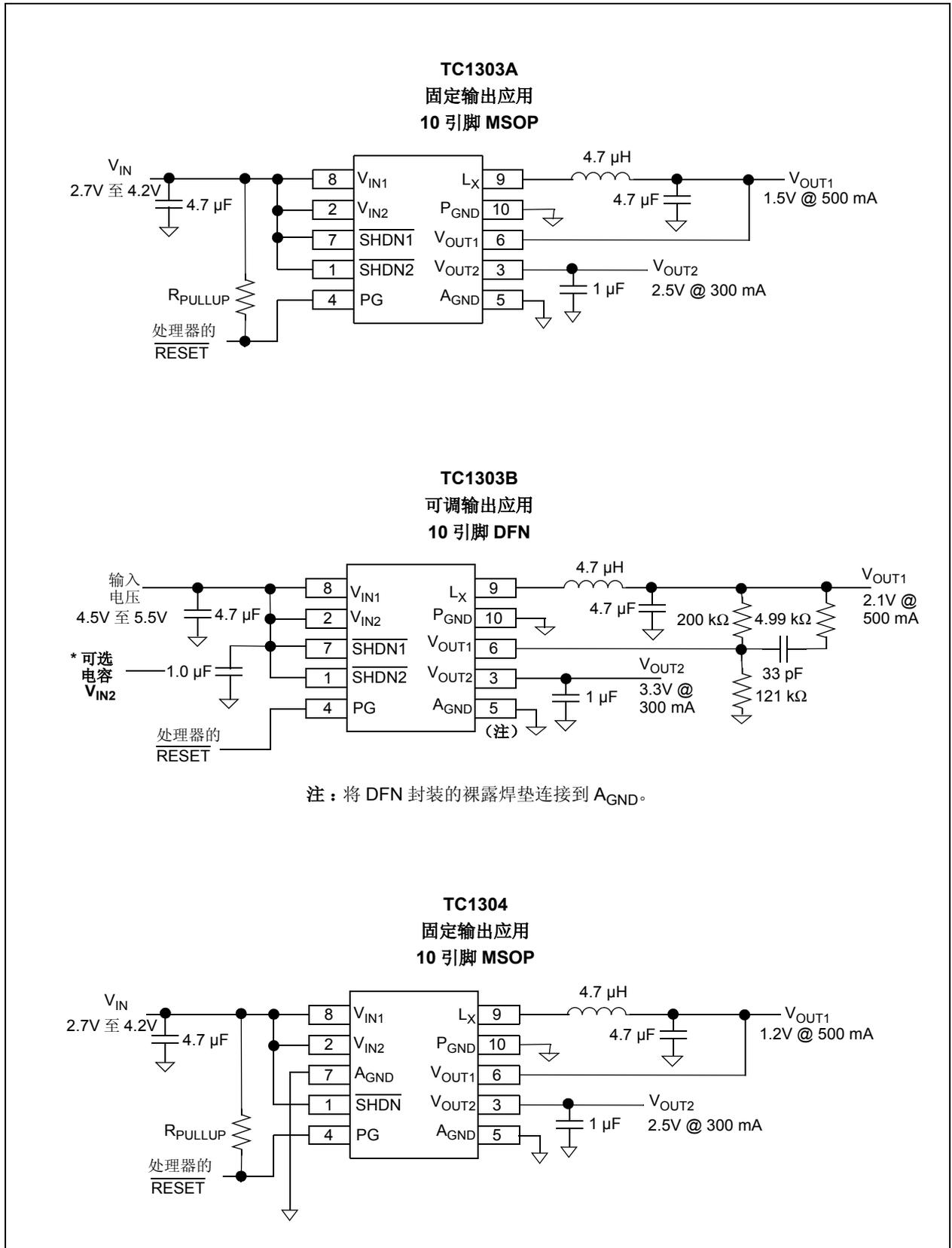
TC1303A/TC1303B/TC1303C/TC1304

功能框图——TC1304



TC1303A/TC1303B/TC1303C/TC1304

典型应用电路



TC1303A/TC1303B/TC1303C/TC1304

1.0 电气特性

绝对最大额定值 †

$V_{IN} - A_{GND}$	6.0V
所有其他 I/O	($A_{GND} - 0.3V$) 至 ($V_{IN} + 0.3V$)
L_X 到 P_{GND}	-0.3V 至 ($V_{IN} + 0.3V$)
P_{GND} 到 A_{GND}	-0.3V 至 +0.3V
输出短路电流	连续
电源功耗 (注 7)	内部限制
储存温度	-65°C 至 +150°C
通电时的环境温度	-40°C 至 +85°C
工作结温	-40°C 至 +125°C
所有引脚上的 ESD 保护 (HBM)	3 kV

†注：如果器件运行参数超过上述各项最大额定值，即可能对器件造成永久性损坏。上述数值为运行条件极限值，并不意味着器件运行在极限条件下，或超出本规范中规定的运行条件以外能够正常运行。如果器件长时间在绝对最大额定条件下工作，其稳定性会受到影响。

DC 特性

电气特性: $V_{IN1} = V_{IN2} = \overline{SHDN1,2} = 3.6V$, $C_{OUT1} = C_{IN} = 4.7 \mu F$, $C_{OUT2} = 1 \mu F$, $L = 4.7 \mu H$, $V_{OUT1} (ADJ) = 1.8V$, $I_{OUT1} = 100 mA$, $I_{OUT2} = 0.1 mA$, $T_A = +25^\circ C$ 。粗体数值适用于 T_A 的范围为 -40°C 至 +85°C。						
参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	条件
输入 / 输出特性						
输入电压	V_{IN}	2.7	—	5.5	V	注 1, 注 2, 注 8
最大输出电流	I_{OUT1_MAX}	500	—	—	mA	注 1
最大输出电流	I_{OUT2_MAX}	300	—	—	mA	注 1
关断电流 V_{IN1} 和 V_{IN2} 的合并电流	I_{IN_SHDN}	—	0.05	1	μA	$\overline{SHDN1} = \overline{SHDN2} = GND$
TC1303A 和 B 的工作 I_Q TC1303C 和 TC1304 的工作 I_Q	I_Q	—	65.0	110	μA	$\overline{SHDN1} = \overline{SHDN2} = V_{IN2}$ $I_{OUT1} = 0 mA$, $I_{OUT2} = 0 mA$
同步降压 I_Q	I_Q	—	38	—	μA	$\overline{SHDN1} = V_{IN}$, $\overline{SHDN2} = GND$
LDO I_Q	I_Q	—	46	—	μA	$\overline{SHDN1} = GND$, $\overline{SHDN2} = V_{IN2}$
关断 / UVLO / 热关断特性						
$\overline{SHDN1}$, $\overline{SHDN2}$, \overline{SHDN} (TC1304) 逻辑低电平输入	V_{IL}	—	—	15	% V_{IN}	$V_{IN1} = V_{IN2} = 2.7V$ 至 $5.5V$
$\overline{SHDN1}$, $\overline{SHDN2}$, \overline{SHDN} (TC1304) 逻辑高电平输入	V_{IH}	45	—	—	% V_{IN}	$V_{IN1} = V_{IN2} = 2.7V$ 至 $5.5V$
$\overline{SHDN1}$, $\overline{SHDN2}$, \overline{SHDN} (TC1304) 输入漏电流	I_{IN}	-1.0	± 0.01	1.0	μA	$V_{IN1} = V_{IN2} = 2.7V$ 至 $5.5V$ $\overline{SHDNX} = GND$ $\overline{SHDNY} = V_{IN}$
热关断	T_{SHD}	—	165	—	°C	注 6, 注 7
热关断迟滞	$T_{SHD-HYS}$	—	10	—	°C	
欠压锁定 (V_{OUT1} 和 V_{OUT2})	UVLO	2.4	2.55	2.7	V	V_{IN1} 下降
欠压锁定迟滞	UVLO-HYS	—	200	—	mV	

- 注 1: V_{IN} 的最小值必须满足两个条件: $V_{IN} \geq 2.7V$ 且 $V_{IN} \geq V_{RX} + V_{DROPOUT}$, $V_{RX} = V_{R1}$ 或 V_{R2} 。
- 2: V_{RX} 是稳压器输出电压设定值。
- 3: $TCV_{OUT2} = ((V_{OUT2max} - V_{OUT2min}) * 10^6) / (V_{OUT2} * D_T)$
- 4: 调整率是在结温恒定时, 使用低占空比脉冲测量的。负载调整率是在 0.1 mA 至规定的最大输出电流的负载范围内测得的。
- 5: 跌落电压定义为输出电压跌落其标称值 (在压差 1V 时测量) 的 2% 以下时的输入输出电压差。
- 6: 最大允许电源功耗是环境温度、最大允许结温和结点到空气的热阻 (即: T_A 、 T_J 和 q_{JA}) 的函数。超过最大允许功耗会导致器件触发热关断。
- 7: 集成 MOSFET 开关在 L_X 引脚和 V_{IN} , L_X 引脚和 P_{GND} 之间接有一体化二极管。当这些二极管是正向偏置时, 封装的电源功耗必须小于限制值。在这类情况下, 热保护无法限制结温。
- 8: V_{IN1} 和 V_{IN2} 的输入电源相同。

TC1303A/TC1303B/TC1303C/TC1304

DC 特性 (续)

电气特性: $V_{IN1}=V_{IN2}=SHDN1,2=3.6V$, $C_{OUT1}=C_{IN}=4.7\mu F$, $C_{OUT2}=1\mu F$, $L=4.7\mu H$, $V_{OUT1}(ADJ)=1.8V$, $I_{OUT1}=100mA$, $I_{OUT2}=0.1mA$, $T_A=+25^\circ C$ 。粗体数值适用于 T_A 的范围为 $-40^\circ C$ 至 $+85^\circ C$ 。						
参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	条件
同步降压稳压器 (V_{OUT1})						
可调输出电压范围	V_{OUT1}	0.8	—	4.5	V	
可调反馈参考电压 (V_{FB1})	V_{FB1}	0.78	0.8	0.82	V	
反馈输入偏置电流 (I_{FB1})	I_{VFB1}	—	-1.5	—	nA	
输出电压固定容限 (V_{OUT1})	V_{OUT1}	-2.5	± 0.3	+2.5	%	注 2
电压调整率 (V_{OUT1})	$V_{LINE-REG}$	—	0.2	—	%/V	$V_{IN}=V_R+1V$ 至 $5.5V$, $I_{LOAD}=100mA$
负载调整率 (V_{OUT1})	$V_{LOAD-REG}$	—	0.2	—	%	$V_{IN}=V_R+1.5V$, $I_{LOAD}=100mA$ 至 $500mA$ (注 1)
跌落电压 V_{OUT1}	$V_{IN}-V_{OUT1}$	—	280	—	mV	$I_{OUT1}=500mA$, $V_{OUT1}=3.3V$ (注 5)
内部振荡器频率	F_{OSC}	1.6	2.0	2.4	MHz	
启动时间	T_{SS}	—	0.5	—	ms	$T_R=10\%$ 至 90%
P 沟道 R_{DSon}	R_{DSon-P}	—	450	650	m Ω	$I_P=100mA$
N 沟道 R_{DSon}	R_{DSon-N}	—	450	650	m Ω	$I_N=100mA$
L_X 引脚漏电流	I_{LX}	-1.0	± 0.01	1.0	μA	$SHDN=0V$, $V_{IN}=5.5V$, $L_X=0V$, $L_X=5.5V$
正向电流限制阈值	$+I_{LX(MAX)}$	—	700	—	mA	
LDO 输出 (V_{OUT2})						
输出电压容限 (V_{OUT2})	V_{OUT2}	-2.5	± 0.3	+2.5	%	注 2
温度系数	TCV_{OUT}	—	25	—	ppm/ $^\circ C$	注 3
电压调整率	$\Delta V_{OUT2}/\Delta V_{IN}$	-0.2	± 0.02	+0.2	%/V	$(V_R+1V) \leq V_{IN} \leq 5.5V$
负载调整率, $V_{OUT2} \geq 2.5V$	$\Delta V_{OUT2}/I_{OUT2}$	-0.75	-0.08	+0.75	%	$I_{OUT2}=0.1mA$ 至 $300mA$ (注 4)
负载调整率, $V_{OUT2} < 2.5V$	$\Delta V_{OUT2}/I_{OUT2}$	-0.9	-0.18	+0.9	%	$I_{OUT2}=0.1mA$ 至 $300mA$ (注 4)
跌落电压 $V_{OUT2} > 2.5V$	$V_{IN}-V_{OUT2}$	—	137 205	300 500	mV	$I_{OUT2}=200mA$ (注 5) $I_{OUT2}=300mA$
电源抑制比	PSRR	—	62	—	dB	$f \leq 100Hz$, $I_{OUT1}=I_{OUT2}=50mA$, $C_{IN}=0\mu F$
输出噪声	eN	—	1.8	—	$\mu V/(Hz)^{1/2}$	$f \leq 1kHz$, $I_{OUT2}=50mA$, $SHDN1=GND$
输出短路电流 (平均值)	I_{OUTsc2}	—	240	—	mA	$R_{LOAD2} \leq 1\Omega$

- 注 1: V_{IN} 的最小值必须满足两个条件: $V_{IN} \geq 2.7V$ 且 $V_{IN} \geq V_{RX} + V_{DROPOUT}$, $V_{RX} = V_{R1}$ 或 V_{R2} 。
- 2: V_{RX} 是稳压器输出电压设定值。
- 3: $TCV_{OUT2} = ((V_{OUT2max} - V_{OUT2min}) * 10^6) / (V_{OUT2} * D_T)$
- 4: 调整率是在结温恒定时, 使用低占空比脉冲测量的。负载调整率是在 $0.1mA$ 至规定的最大输出电流的负载范围内测得的。
- 5: 跌落电压定义为输出电压跌落其标称值 (在压差 $1V$ 时测量) 的 2% 以下时的输入输出电压差。
- 6: 最大允许电源功耗是环境温度、最大允许结温和结点到空气的热阻 (即: T_A 、 T_J 和 q_{JA}) 的函数。超过最大允许功耗会导致器件触发热关断。
- 7: 集成 MOSFET 开关在 L_X 引脚和 V_{IN} , L_X 引脚和 P_{GND} 之间接有一体化二极管。当这些二极管是正向偏置时, 封装的电源功耗必须小于限制值。在这类情况下, 热保护无法限制结温。
- 8: V_{IN1} 和 V_{IN2} 的输入电源相同。

TC1303A/TC1303B/TC1303C/TC1304

DC 特性 (续)

电气特性: $V_{IN1}=V_{IN2}=SHDN1,2=3.6V$, $C_{OUT1}=C_{IN}=4.7\mu F$, $C_{OUT2}=1\mu F$, $L=4.7\mu H$, $V_{OUT1}(ADJ)=1.8V$, $I_{OUT1}=100\text{ mA}$, $I_{OUT2}=0.1\text{ mA}$, $T_A=+25^\circ\text{C}$ 。粗体数值适用于 T_A 的范围为 -40°C 至 $+85^\circ\text{C}$ 。

参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	条件
(从 SHDN2 模式的) 唤醒时间, (V_{OUT2})	t_{WK}	—	31	100	μs	$I_{OUT1}=I_{OUT2}=50\text{ mA}$
(从 SHDN2 模式的) 建立时间, (V_{OUT2})	t_S	—	100	—	μs	$I_{OUT1}=I_{OUT2}=50\text{ mA}$
电源正常监控 (PG)						
PG 电压范围	V_{PG}	1.0 1.2	—	5.5 5.5	V	$T_A=0^\circ\text{C}$ 至 $+70^\circ\text{C}$ $T_A=-40^\circ\text{C}$ 至 $+85^\circ\text{C}$ $V_{IN}\leq 2.7$ $I_{SINK}=100\mu\text{A}$
PG 阈值高电平 (V_{OUT1} 或 V_{OUT2})	V_{TH_H}	—	94	96	% V_{OUTX}	在 V_{OUT1} 或 V_{OUT2} 的上升沿, $V_{OUTX}=V_{OUT1}$ 或 V_{OUT2}
PG 阈值低电平 (V_{OUT1} 或 V_{OUT2})	V_{TH_L}	89	92	—	% V_{OUTX}	在 V_{OUT1} 或 V_{OUT2} 的下降沿, $V_{OUTX}=V_{OUT1}$ 或 V_{OUT2}
PG 阈值迟滞 (V_{OUT1} 或 V_{OUT2})	V_{TH_HYS}	—	2	—	% V_{OUTX}	$V_{OUTX}=V_{OUT1}$ 或 V_{OUT2}
PG 阈值温度系数	$\Delta V_{TH}/\Delta T$	—	30	—	ppm/ $^\circ\text{C}$	
PG 延时	t_{RPD}	—	165	—	μs	V_{OUT1} 或 $V_{OUT2}=(V_{TH}+100\text{ mV})$ 至 $(V_{TH}-100\text{ mV})$
PG 有效延时周期	t_{RPU}	140	262	560	ms	V_{OUT1} 或 $V_{OUT2}=V_{TH}-100\text{ mV}$ 至 $V_{TH}+100\text{ mV}$, $I_{SINK}=1.2\text{ mA}$
PG 输出低电压	PG_VOL	—	—	0.2	V	V_{OUT1} 或 $V_{OUT2}=V_{TH}-100\text{ mV}$ $I_{PG}=1.2\text{ mA}$ $V_{IN2}>2.7V$ $I_{PG}=100\mu\text{A}$, $1.0V<V_{IN2}<2.7V$
PG 输出高电压 (仅限 TC1303B)	PG_VOH	0.9* V_{OUT2}	—	—	V	V_{OUT1} 或 $V_{OUT2}=V_{TH}+100\text{ mV}$ $V_{OUT2}\geq 1.8V$, $I_{PG}=-500\mu\text{A}$ $V_{OUT2}<1.8V$, $I_{PG}=-300\mu\text{A}$

注 1: V_{IN} 的最小值必须满足两个条件: $V_{IN}\geq 2.7V$ 且 $V_{IN}\geq V_{RX}+V_{DROPOUT}$, $V_{RX}=V_{R1}$ 或 V_{R2} 。

2: V_{RX} 是稳压器输出电压设定值。

3: $TCV_{OUT2}=(V_{OUT2max}-V_{OUT2min})\cdot 10^6/(V_{OUT2}\cdot D_T)$

4: 调整率是在结温恒定时, 使用低占空比脉冲测量的。负载调整率是在 0.1 mA 至规定的最大输出电流的负载范围内测得的。

5: 跌落电压定义为输出电压跌落其标称值 (在压差 1V 时测量) 的 2% 以下时的输入输出电压差。

6: 最大允许电源功耗是环境温度、最大允许结温和结点到空气的热阻 (即: T_A 、 T_J 和 q_{JA}) 的函数。超过最大允许功耗会导致器件触发热关断。

7: 集成 MOSFET 开关在 L_X 引脚和 V_{IN} , L_X 引脚和 $PGND$ 之间接有一体化二极管。当这些二极管是正向偏置时, 封装的电源功耗必须小于限制值。在这类情况下, 热保护无法限制结温。

8: V_{IN1} 和 V_{IN2} 的输入电源相同。

TC1303A/TC1303B/TC1303C/TC1304

温度规范

电气规范: 除另有说明外, 所有参数适用于 $V_{IN} = +2.7V$ 至 $+5.5V$						
参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	条件
温度范围						
工作结温范围	T_J	-40	—	+125	°C	稳定状态
储存温度范围	T_A	-65	—	+150	°C	
最大结温	T_J	—	—	+150	°C	瞬态
封装热阻						
10 引脚 DFN 热阻	θ_{JA}	—	41	—	°C/W	典型 4 层板, 带内部地平面以及散热垫有 2 个过孔
10 引脚 MSOP 热阻	θ_{JA}	—	113	—	°C/W	典型 4 层板带内部地平面

TC1303A/TC1303B/TC1303C/TC1304

2.0 典型性能曲线

注：以下图表来自有限数量样本的统计结果，仅供参考。所列出的性能特性未经测试，我们不能保证。一些图表中列出的数据可能超出规定的工作范围（如：超出了规定电源电压范围），因此不在担保范围。

注：除另有说明外， $V_{IN1}=V_{IN2}=SHDN1,2=3.6V$ ， $C_{OUT1}=C_{IN}=4.7\mu F$ ， $C_{OUT2}=1\mu F$ ， $L=4.7\mu H$ ， $V_{OUT1}(ADJ)=1.8V$ ， $T_A=+25^\circ C$ 。粗体数值适用于 T_A 的范围为 $-40^\circ C$ 至 $+85^\circ C$ ， $T_A=+25^\circ C$ 。可使用可调或固定输出电压绘制典型性能曲线。

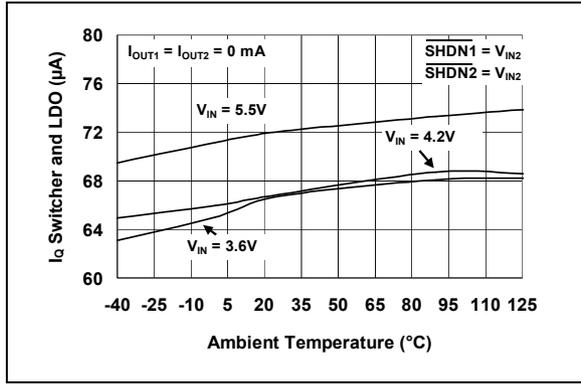


图 2-1: I_Q 切换开关和 LDO 电流—环境温度曲线 (TC1303A 和 B)

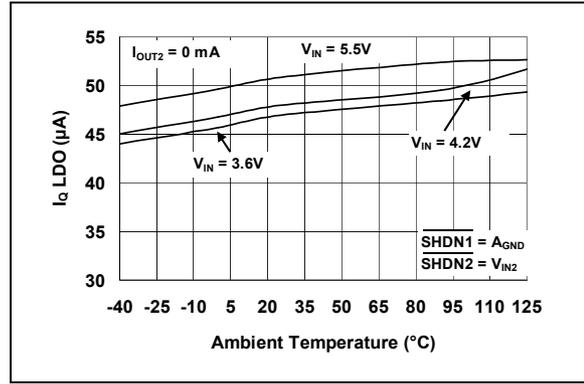


图 2-4: I_Q LDO 电流—环境温度曲线

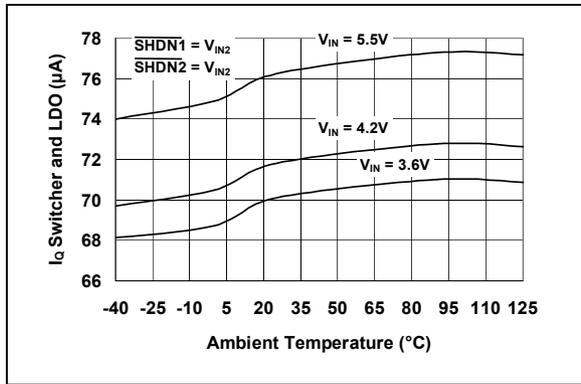


图 2-2: I_Q 切换开关和 LDO 电流—环境温度曲线 (TC1303C 和 TC1304)

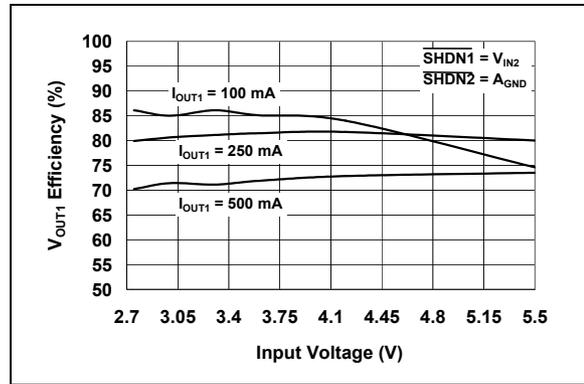


图 2-5: V_{OUT1} 输出效率—输入电压曲线 ($V_{OUT1} = 1.2V$)

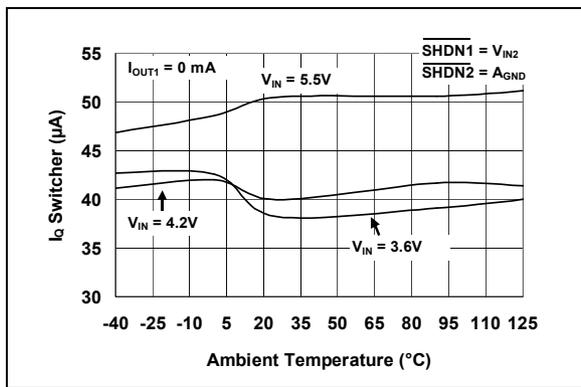


图 2-3: I_Q 切换开关电流—环境温度曲线

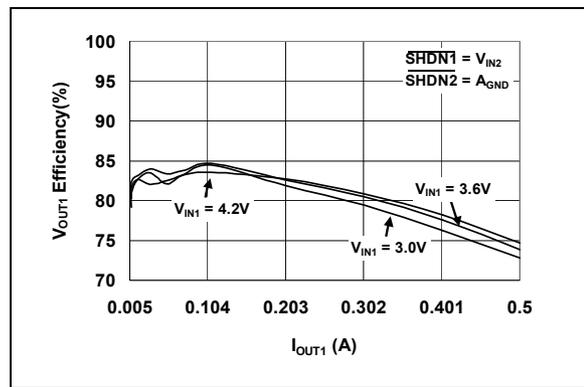


图 2-6: V_{OUT1} 输出效率— I_{OUT1} 曲线 ($V_{OUT1} = 1.2V$)

TC1303A/TC1303B/TC1303C/TC1304

注：除另有说明外， $V_{IN1}=V_{IN2}=\overline{\text{SHDN}}_{1,2}=3.6\text{V}$ ， $C_{OUT1}=C_{IN}=4.7\mu\text{F}$ ， $C_{OUT2}=1\mu\text{F}$ ， $L=4.7\mu\text{H}$ ， $V_{OUT1}(\text{ADJ})=1.8\text{V}$ ， $T_A=+25^\circ\text{C}$ 。粗体数值适用于 T_A 的范围为 -40°C 至 $+85^\circ\text{C}$ ， $T_A=+25^\circ\text{C}$ 。可使用可调或固定输出电压绘制典型性能曲线。

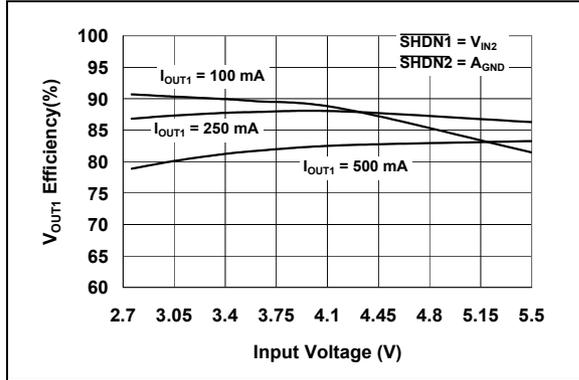


图 2-7: V_{OUT1} 输出效率—输入电压曲线 ($V_{OUT1}=1.8\text{V}$)

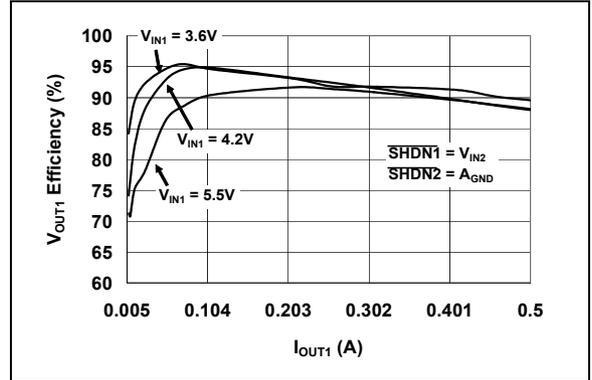


图 2-10: V_{OUT1} 输出效率— I_{OUT1} 曲线 ($V_{OUT1}=3.3\text{V}$)

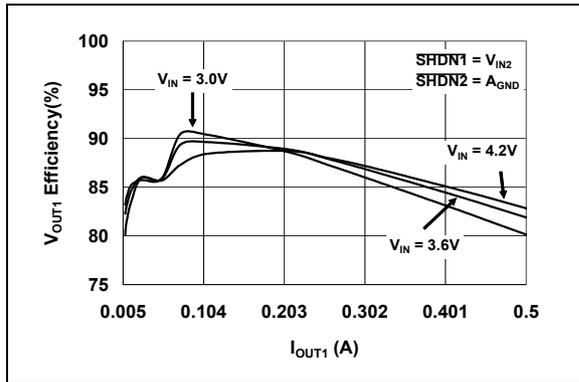


图 2-8: V_{OUT1} 输出效率— I_{OUT1} 曲线 ($V_{OUT1}=1.8\text{V}$)

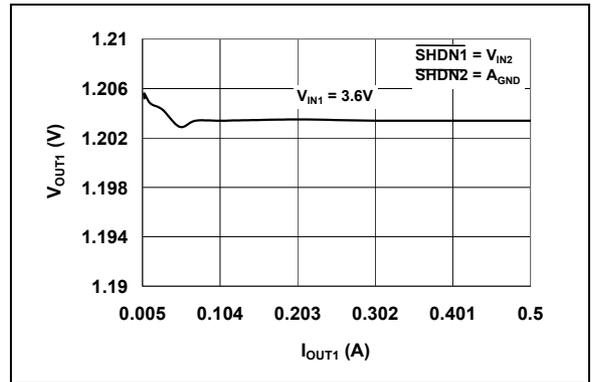


图 2-11: V_{OUT1} — I_{OUT1} 曲线 ($V_{OUT1}=1.2\text{V}$)

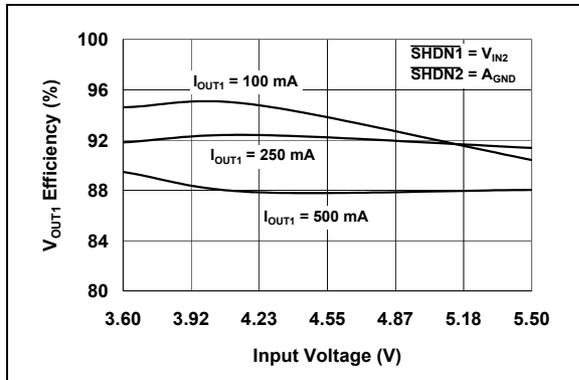


图 2-9: V_{OUT1} 输出效率—输入电压曲线 ($V_{OUT1}=3.3\text{V}$)

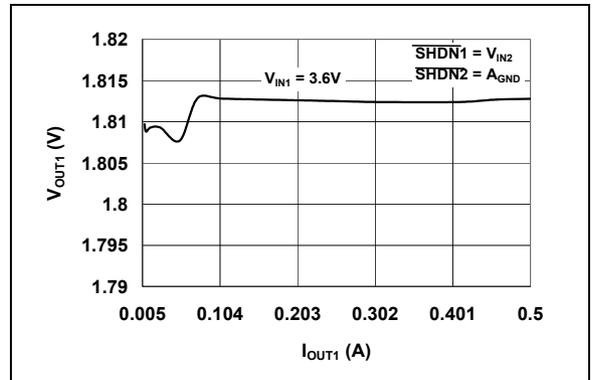


图 2-12: V_{OUT1} — I_{OUT1} 曲线 ($V_{OUT1}=1.8\text{V}$)

TC1303A/TC1303B/TC1303C/TC1304

注：除另有说明外， $V_{IN1}=V_{IN2}=\overline{SHDN1,2}=3.6V$ ， $C_{OUT1}=C_{IN}=4.7\mu F$ ， $C_{OUT2}=1\mu F$ ， $L=4.7\mu H$ ， $V_{OUT1}(\text{ADJ})=1.8V$ ， $T_A=+25^\circ C$ 。粗体数值适用于 T_A 的范围为 $-40^\circ C$ 至 $+85^\circ C$ ， $T_A=+25^\circ C$ 。可使用可调或固定输出电压绘制典型性能曲线。

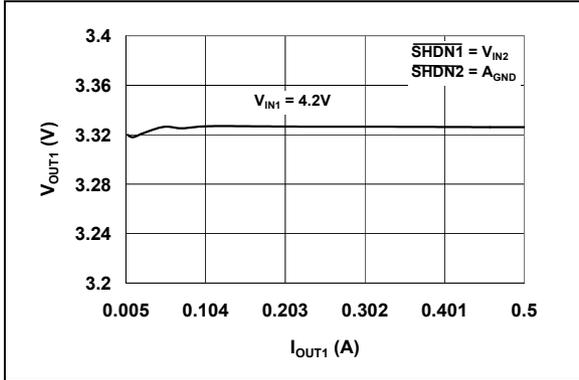


图 2-13: $V_{OUT1}-I_{OUT1}$ 曲线 ($V_{OUT1}=3.3V$)

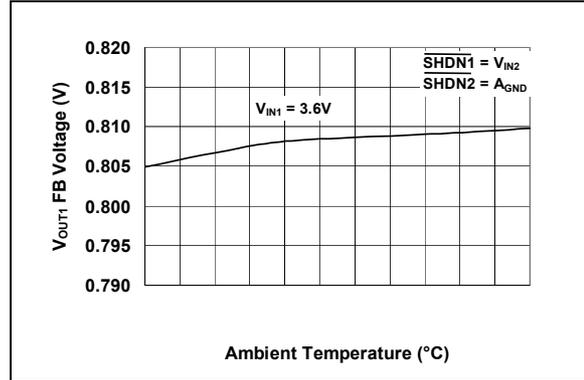


图 2-16: V_{OUT1} 可调反馈电压—环境温度曲线

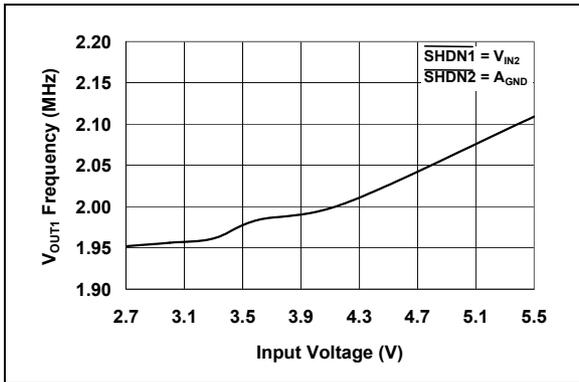


图 2-14: V_{OUT1} 开关频率—输入电压曲线

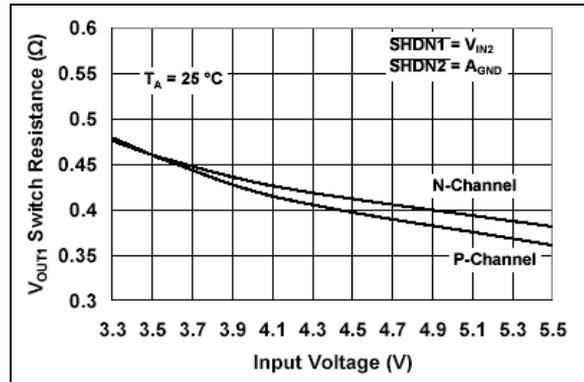


图 2-17: V_{OUT1} 开关阻抗—输入电压曲线

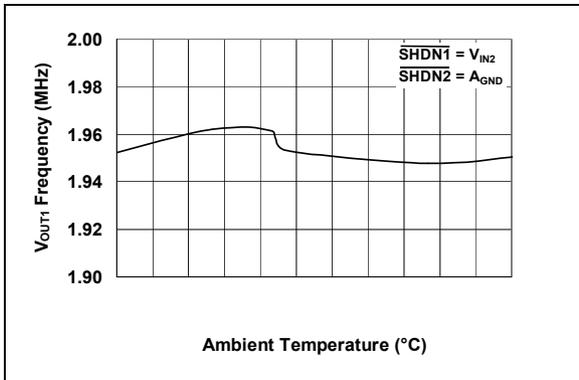


图 2-15: V_{OUT1} 开关频率—环境温度曲线

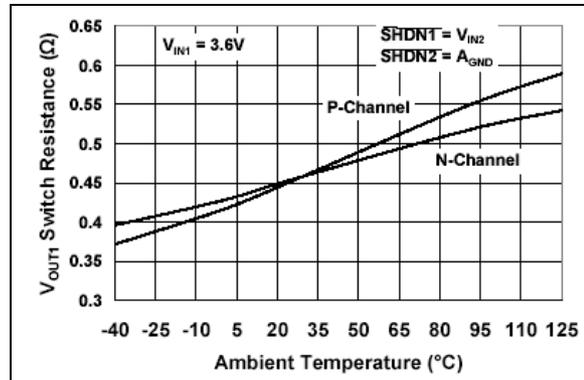


图 2-18: V_{OUT1} 开关阻抗—环境温度曲线

TC1303A/TC1303B/TC1303C/TC1304

注：除另有说明外， $V_{IN1}=V_{IN2}=\overline{\text{SHDN}}_{1,2}=3.6\text{V}$ ， $C_{OUT1}=C_{IN}=4.7\mu\text{F}$ ， $C_{OUT2}=1\mu\text{F}$ ， $L=4.7\mu\text{H}$ ， $V_{OUT1}(\text{ADJ})=1.8\text{V}$ ， $T_A=+25^\circ\text{C}$ 。粗体数值适用于 T_A 的范围为 -40°C 至 $+85^\circ\text{C}$ ， $T_A=+25^\circ\text{C}$ 。可使用可调或固定输出电压绘制典型性能曲线。

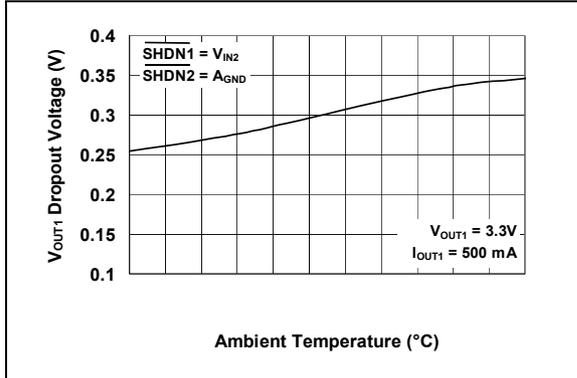


图 2-19: V_{OUT1} 跌落电压—环境温度曲线

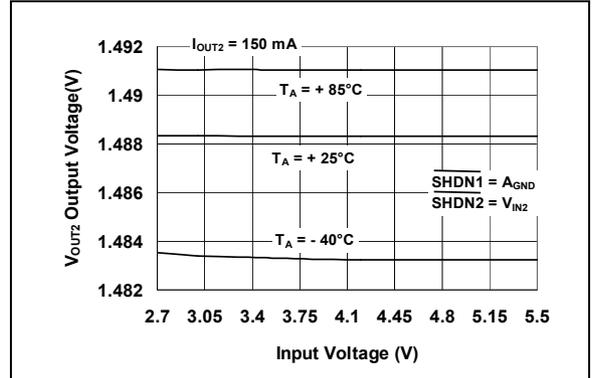


图 2-22: V_{OUT2} 输出电压—输入电压曲线 ($V_{OUT2} = 1.5\text{V}$)

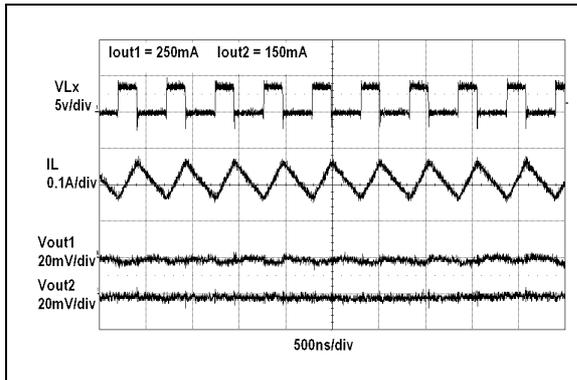


图 2-20: 重负载时 V_{OUT1} 和 V_{OUT2} 开关波形—时间曲线

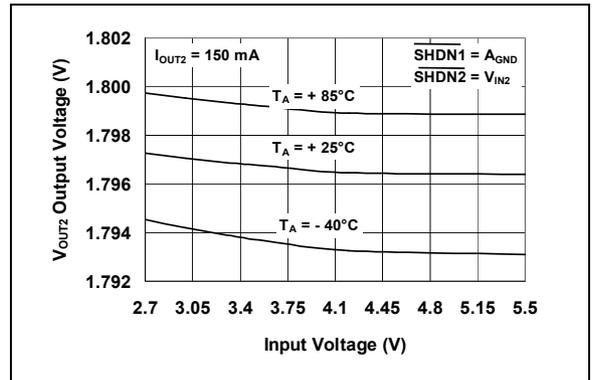


图 2-23: V_{OUT2} 输出电压—输入电压曲线 ($V_{OUT2} = 1.8\text{V}$)

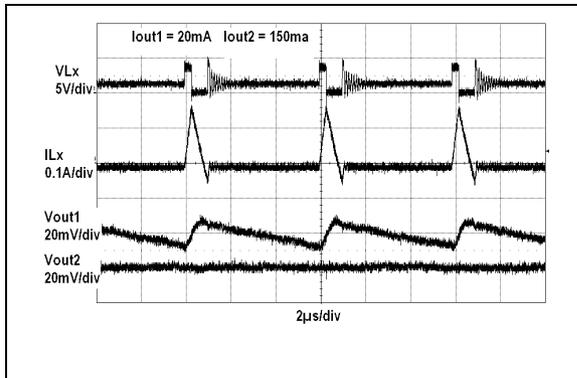


图 2-21: 轻负载时 V_{OUT1} 和 V_{OUT2} 开关波形—时间曲线

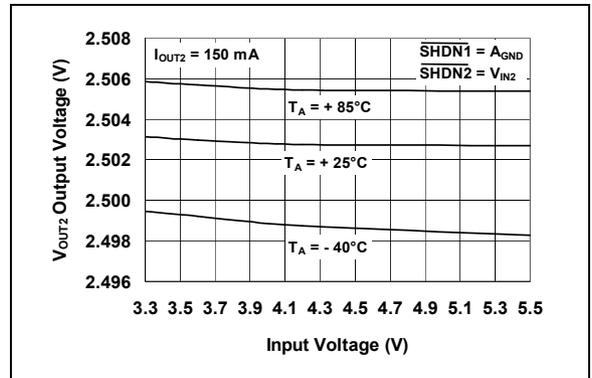


图 2-24: V_{OUT2} 输出电压—输入电压曲线 ($V_{OUT2} = 2.5\text{V}$)

TC1303A/TC1303B/TC1303C/TC1304

注：除另有说明外， $V_{IN1}=V_{IN2}=\overline{\text{SHDN1,2}}=3.6\text{V}$ ， $C_{OUT1}=C_{IN}=4.7\ \mu\text{F}$ ， $C_{OUT2}=1\ \mu\text{F}$ ， $L=4.7\ \mu\text{H}$ ， $V_{OUT1}(\text{ADJ})=1.8\text{V}$ ， $T_A=+25^\circ\text{C}$ 。粗体数值适用于 T_A 的范围为 -40°C 至 $+85^\circ\text{C}$ ， $T_A=+25^\circ\text{C}$ 。可使用可调或固定输出电压绘制典型性能曲线。

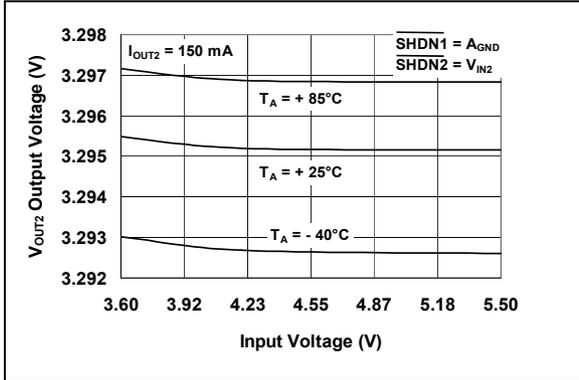


图 2-25: V_{OUT2} 输出电压—输入电压曲线 ($V_{OUT2} = 3.3\text{V}$)

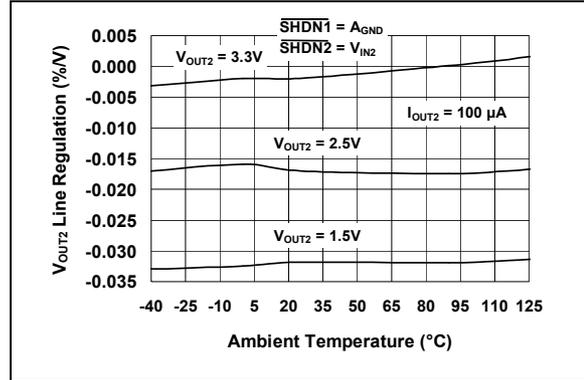


图 2-28: V_{OUT2} 电压调整率—环境温度曲线

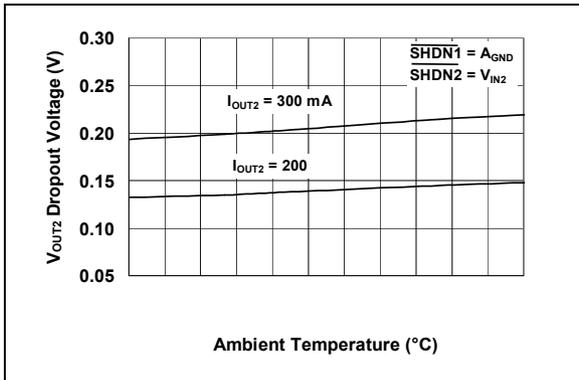


图 2-26: V_{OUT2} 跌落电压—环境温度曲线 ($V_{OUT2} = 2.5\text{V}$)

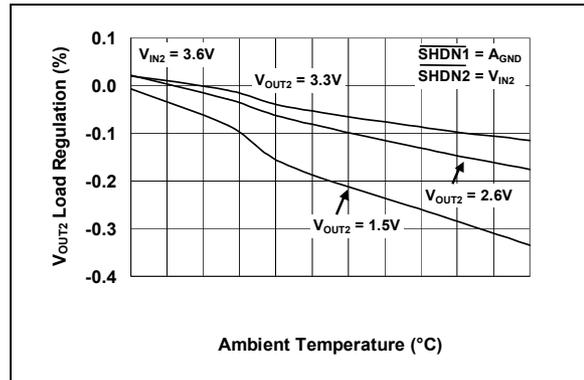


图 2-29: V_{OUT2} 负载调整率—环境温度曲线

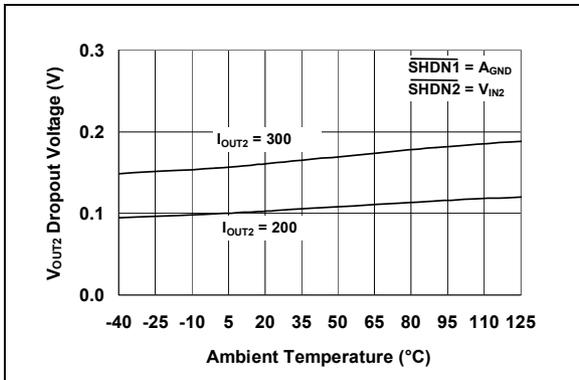


图 2-27: V_{OUT2} 跌落电压—环境温度曲线 ($V_{OUT2} = 3.3\text{V}$)

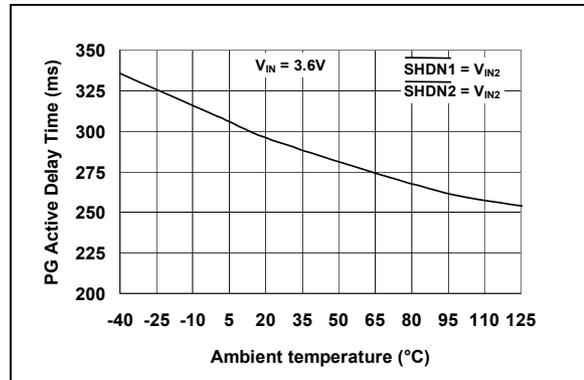


图 2-30: PG 有效延时—环境温度曲线 (环境温度)

TC1303A/TC1303B/TC1303C/TC1304

注：除另有说明外， $V_{IN1}=V_{IN2}=\overline{SHDN1,2}=3.6V$ ， $C_{OUT1}=C_{IN}=4.7\mu F$ ， $C_{OUT2}=1\mu F$ ， $L=4.7\mu H$ ， $V_{OUT1}(ADJ)=1.8V$ ， $T_A=+25^\circ C$ 。粗体数值适用于 T_A 的范围为 $-40^\circ C$ 至 $+85^\circ C$ ， $T_A=+25^\circ C$ 。可使用可调或固定输出电压绘制典型性能曲线。

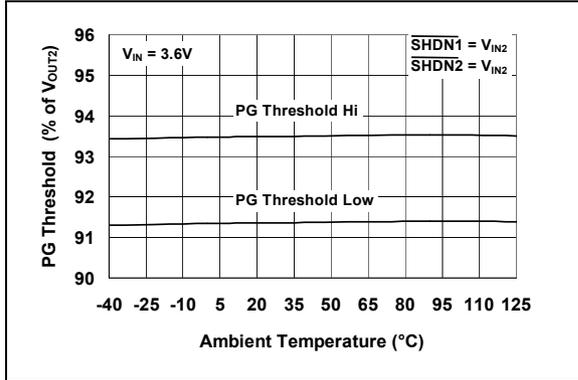


图 2-31: PG 阈值电压—环境温度曲线

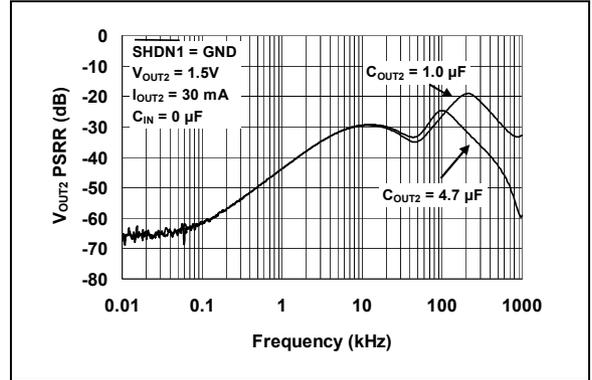


图 2-34: V_{OUT2} 电源抑制比—频率曲线

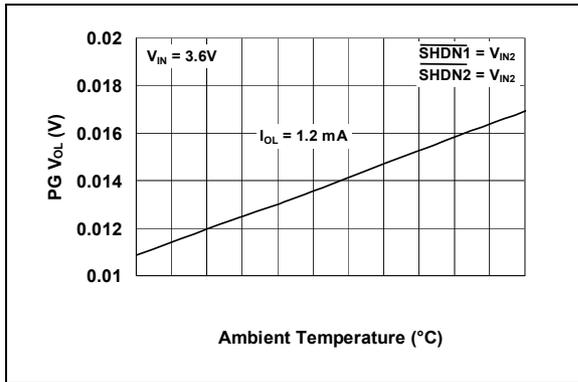


图 2-32: PG 输出低电平—环境温度曲线

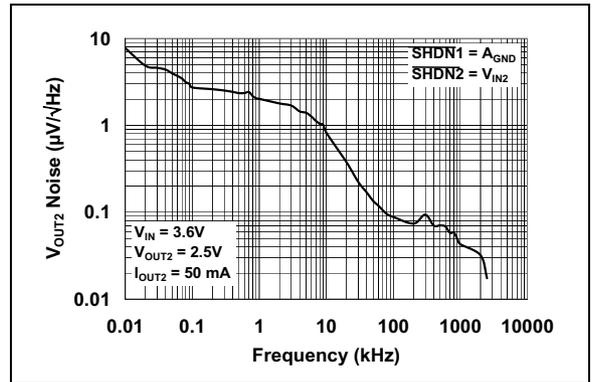


图 2-35: V_{OUT2} 噪声—频率曲线

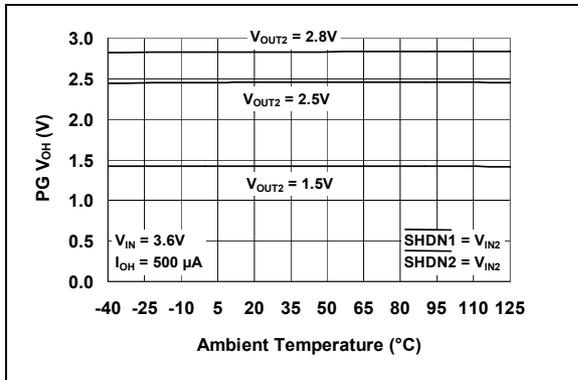


图 2-33: PG 输出高电平—环境温度曲线

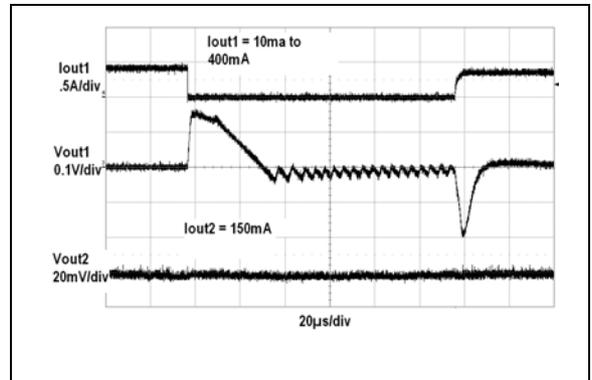


图 2-36: V_{OUT1} 负载阶跃响应—时间曲线

TC1303A/TC1303B/TC1303C/TC1304

注：除另有说明外， $V_{IN1}=V_{IN2}=\overline{\text{SHDN}}_{1,2}=3.6\text{V}$ ， $C_{OUT1}=C_{IN}=4.7\mu\text{F}$ ， $C_{OUT2}=1\mu\text{F}$ ， $L=4.7\mu\text{H}$ ， $V_{OUT1}(\text{ADJ})=1.8\text{V}$ ， $T_A=+25^\circ\text{C}$ 。粗体数值适用于 T_A 的范围为 -40°C 至 $+85^\circ\text{C}$ ， $T_A=+25^\circ\text{C}$ 。可使用可调或固定输出电压绘制典型性能曲线。

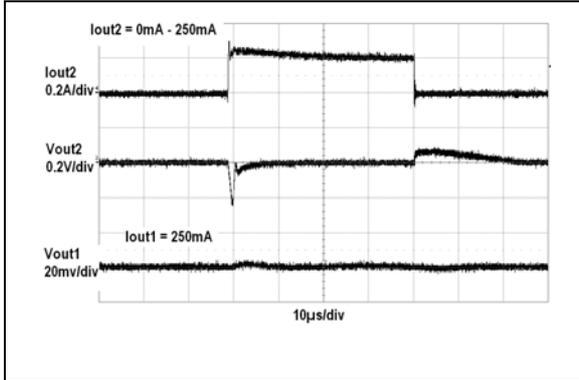


图 2-37: V_{OUT2} 负载阶跃响应—时间曲线

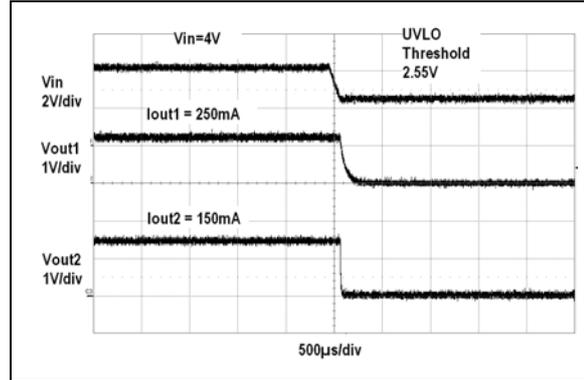


图 2-40: V_{OUT1} 和 V_{OUT2} 关断波形曲线

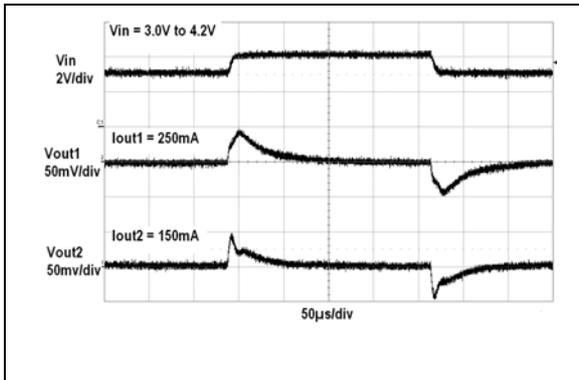


图 2-38: V_{OUT1} 和 V_{OUT2} 电压阶跃响应—时间曲线

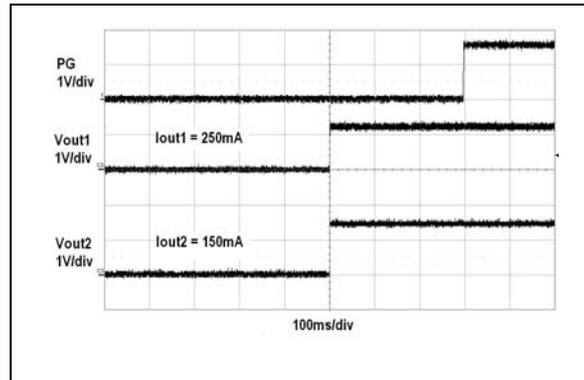


图 2-41: 电源正常输出时序

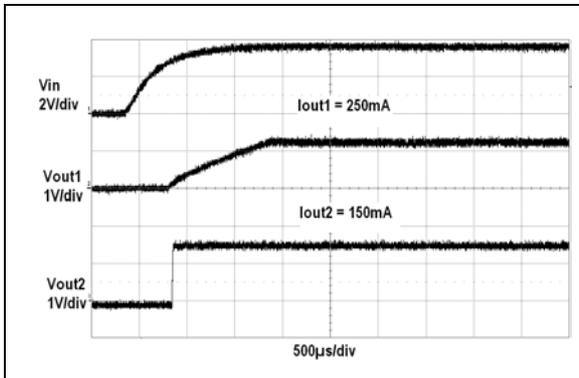


图 2-39: V_{OUT1} 和 V_{OUT2} 启动波形曲线

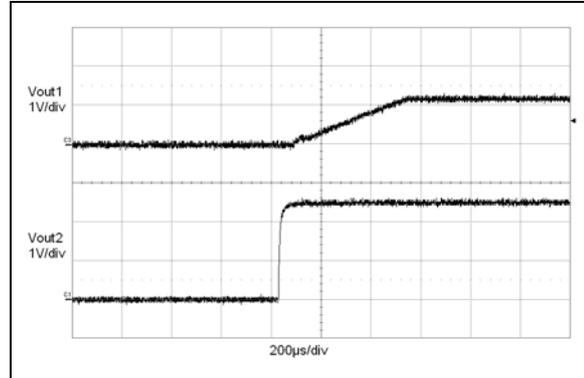


图 2-42: 启动波形曲线 (TC1304)

TC1303A/TC1303B/TC1303C/TC1304

注：除另有说明外 $V_{IN1} = V_{IN2} = \overline{\text{SHDN}}_{1,2} = 3.6\text{V}$ ， $C_{OUT1} = C_{IN} = 4.7\ \mu\text{F}$ ， $C_{OUT2} = 1\ \mu\text{F}$ ， $L = 4.7\ \mu\text{H}$ ， $V_{OUT1}(\text{ADJ}) = 1.8\text{V}$ ， $T_A = +25^\circ\text{C}$ 。粗体数值适用于 T_A 的范围为 **-40°C 至 $+85^\circ\text{C}$** ， $T_A = +25^\circ\text{C}$ 。可使用可调或固定输出电压绘制典型性能曲线。

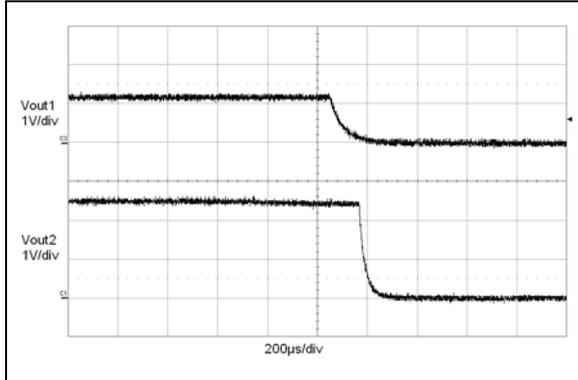


图 2-43: 关断波形曲线 (TC1304)

TC1303A/TC1303B/TC1303C/TC1304

3.0 引脚说明

表 3-1 中列出了器件的引脚功能。

表 3-1: 引脚功能表

引脚号	TC1303 引脚名称	TC1304 引脚名称	功能说明
1	SHDN2	—	LDO 输出引脚的关断输入，低电平有效
1	—	SHDN	降压稳压器输出和 LDO 输出的关断输入，低电平有效。触发向上和向下定序
2	V _{IN2}	V _{IN2}	模拟电源电压输入引脚
3	V _{OUT2}	V _{OUT2}	LDO 输出电压引脚
4	PG	PG	电源正常输出引脚
5	A _{GND}	A _{GND}	模拟接地引脚
6	V _{FB} /V _{OUT1}	V _{FB} /V _{OUT1}	降压反馈电压（可调式器件）/ 降压输出电压（固定式器件）引脚
7	SHDN1	—	降压稳压器输出引脚的关断输入，低电平有效
7	—	A _{GND}	模拟地引脚
8	V _{IN1}	V _{IN1}	降压稳压器输入电压引脚
9	L _X	L _X	降压电感输出引脚
10	P _{GND}	P _{GND}	电源地引脚
EP	Exposed Pad	Exposed Pad	DFN 封装利用中央的裸露焊垫为器件散热。此焊垫位于地电势并应连到 A _{GND}

3.1 TC1303 LDO 关断输入引脚 (SHDN2)

SHDN2 为逻辑电平输入，用于控制 LDO 稳压器的开关。逻辑高电平 (> V_{IN} 的 45%) 将使能稳压器输出。逻辑低电平 (< V_{IN} 的 15%) 将关断稳压器的输出。

3.2 TC1304 关断输入引脚 (SHDN)

SHDN 为逻辑电平输入，用于触发 LDO 输出及随后的降压稳压器输出序列。逻辑高电平 (> V_{IN} 的 45%) 将使能稳压器输出。逻辑低电平 (< V_{IN} 的 15%) 将关断稳压器的输出。

3.3 LDO 输入电压引脚 (V_{IN2})

V_{IN2} 是 LDO 的电源输入引脚。将可变输入电压源连接至 V_{IN2}。将 V_{IN1} 和 V_{IN2} 一起连到电路板走线上，连接线应尽量短。V_{IN2} 为 LDO 提供输入电压。可使用一个额外的电容降低 LDO 稳压器的输入纹波电压。

3.4 LDO 输出电压引脚 (V_{OUT2})

V_{OUT2} 是 LDO 的稳压输出引脚。为使稳压器正常工作，在 V_{OUT2} 和 A_{GND} 上连接一个 1 μF 或更大的电容。

3.5 电源正常输出引脚 (PG)

PG 是输出电平，该引脚指示 V_{OUT2} (LDO) 在 94% 的稳压范围以内。PG 输出在 TC1303B 中配置为推挽输出，在 TC1303A、TC1303C 和 TC1304 中配置为开漏输出。

3.6 模拟地引脚 (A_{GND})

A_{GND} 是模拟地引脚。将 A_{GND} 连到地平面的模拟电路部分 (A_{GND})。有关接地的建议，请参见第 5.0 节“应用电路和要点”中的物理布局信息。

3.7 降压稳压器输出检测引脚 (V_{FB}/V_{OUT1})

将输出电压分压器的中点连到 V_{FB} 引脚可获得 V_{OUT1} 可调式输出电压。将降压稳压器的输出连到这个引脚 (V_{OUT1}) 获得固定输出电压。

3.8 降压稳压器关断输入引脚 (SHDN1)

SHDN1 为逻辑电平输入，用于控制降压稳压器的开关。逻辑高电平 (> V_{IN} 的 45%) 将使能稳压器输出。逻辑低电平 (< V_{IN} 的 15%) 将关断稳压器的输出。

3.9 降压稳压器输入电压引脚 (V_{IN1})

V_{IN1} 是降压稳压器电源输入引脚。将可变输入电压源连接至 V_{IN1} 。将 V_{IN1} 和 V_{IN2} 一起连接到电路板走线上，连接线应尽量短。

3.10 降压电感输出引脚 (L_X)

将 L_X 直接连接到大电感。此引脚带有大信号电平电流，所有连接线应尽量地短。

3.11 电源地引脚 (P_{GND})

将所有的大信号电平的地都连到 P_{GND} 。这些大信号的接地走线的环路区域和长度应尽量小，以避免开关噪声耦合到敏感的走线上。有关接地的建议，请参见第 5.0 节“应用电路和要点”中物理布局的信息。

3.12 裸露的焊垫 (EP)

对于 DFN 封装，将 EP 连接到 A_{GND} ，且 A_{GND} 平面带有过孔。

TC1303A/TC1303B/TC1303C/TC1304

4.0 详细说明

4.1 器件概述

TC1303/TC1304 将 500 mA 同步降压稳压器和 300 mA LDO 相结合，并带有电源正常输出。这种独特的结合方式为需要两个或两个以上电压摆幅的应用提供了一种体积小而成本低的解决方案。降压稳压器可以在宽输入 / 输出电压比范围内输出高电流，同时保持高效率。这种输出通常用于低电压、高电流的处理器内核。LDO 是一种元件数量最少的解决方案（单输出电容），为辅助电压摆幅提供稳压。LDO 的典型跌落电压（137 mV @ 200 mA）允许使用极低的输入 / 输出 LDO 差分电压，将内部功耗降到只余 LDO 导通晶体管功耗的最低水平。器件提供电源正常输出，指示降压稳压器的输出、LDO 输出或两个输出都处于稳压状态。其他特性还包括可独立关断输入（TC1303），UVLO，输出电压定序（TC1304），过流和过温关断等。

4.2 同步降压稳压器

同步降压稳压器能在宽输入输出电压范围内提供 500 mA 的连续输出电流。输出电压范围为 0.8V（最小值）到 4.5V（最大值）。稳压器可以工作在三种不同的模式下，器件自动选择最高效的工作模式。在重负载条件下，TC1303/TC1304 降压转换器采用电流控制模式运行在固定的高频（2.0 MHz）下。这最大限度地减小了输出纹波和噪声（峰—峰纹波电压小于 8 mV），同时保持高效工作（典型值 > 90%）。在待机或轻负载条件下，降压稳压器将自动切换为省电的脉冲频率调制模式（PFM）。这最大限度地减小了电池输出的静态电流，同时保持降压输出电压处于稳压状态。降压 PFM 模式电流的典型值为 38 μ A。降压稳压器能工作在 100% 占空比，在宽输入电压范围的电池供电应用中，最大限度地减小了输入 / 输出的压降。在固定输出电压应用中，反馈分压器和控制回路的补偿元件被集成在一起，不再需要外部元件。降压稳压器输出有过流、短路和过温保护。关断时，同步降压 N 沟道和 P 沟道开关关断，因而 L_X 引脚处于高阻态（这样降压稳压器的输出端上即可连接一个电压不超过输入电压的输入源）。

4.2.1 固定频率的 PWM 模式

当稳压器工作在脉宽调制模式时，TC1303/TC1304 降压稳压器以固定的 2.0 MHz 开关频率工作。PWM 模式适用于器件工作在较高负载电流下，可保持低输出噪声和高转换效率。PFM 到 PWM 模式的转换可由以下条件之一触发：

- 检测到连续电感电流
- 峰值电感电流超过 100 mA
- 降压稳压器的输出电压降到稳压范围以外（发生负载阶跃）

典型的 PFM 到 PWM 模式转换阈值为 80 mA。

4.2.2 PFM 模式

当降压稳压器的输出负载很轻时进入 PFM 模式。输出负载很轻的情况一旦被检测到，转换器即自动进入 PFM 模式并开始忽略脉冲信号，通过减少每秒的开关次数以减小不必要的静态电流。开关稳压器的典型静态电流小于 35 μ A。当检测到电感电流中断或峰值电感电流低于 60 mA（典型值）时，发生从 PWM 模式到 PFM 模式的转换。典型的 PWM 到 PFM 模式转换的阈值为 30 mA。对于输入 / 输出差分电压低的情况，由于没有纹波电流，PWM 转换到 PFM 模式的阈值可以很低。在 PWM 转换到 PFM 模式时，建议使 V_{IN1} 电压高于 V_{OUT1} 电压 1V。

4.3 低压差稳压器（LDO）

LDO 是输出为 300 mA 的低压差线性稳压器，只需外接一个 1 μ F 的电容即可提供稳压输出。输出电压范围为 1.5V 至 3.3V 的固定输出。由于使用陶瓷输出电容，LDO 工作稳定，并提供固有输出噪声更低、稳压器体积更小而成本更低的稳压器解决方案。LDO 输出消耗的静态电流典型值小于 40 μ A，在负载为 200 mA 时典型跌落电压为 137 mV。当工作在电压跌落模式时，LDO 静态电流升高，最大限度减小了使 LDO 输出保持在稳压状态所需的差分电压。LDO 输出有过流和过温保护。

TC1303A/TC1303B/TC1303C/TC1304

4.4 电源正常

电源正常 (PG) 输出信号是基于降压稳压器输出电压 (V_{OUT1})、LDO 输出电压 (V_{OUT2}) 或两个输出合并而产生的。一旦处于监控中的输出电压高于正常电压阈值 (典型值为 V_{OUTX} 的 94%)，就会产生约 262 ms 的固定延时。当监控输出电压降到稳压范围以外时，PG 的下降阈值为输出电压的 92% (典型值)。PG 输出信号拉高到输出电压，指示电源正常；PG 输出信号拉低，指示输出不在稳压范围。电源正常电路消耗的静态电流小于 10 μ A。

如果监控输出电压降到低于电源正常阈值，电源正常输出将跳变为低状态。当检测到输出电压下降时，电源正常监控电路有 165 μ s 的延时。这有助于提高电源正常输出的抗噪声性能，避免电压或负载瞬态变化时的误触发 PG 信号。

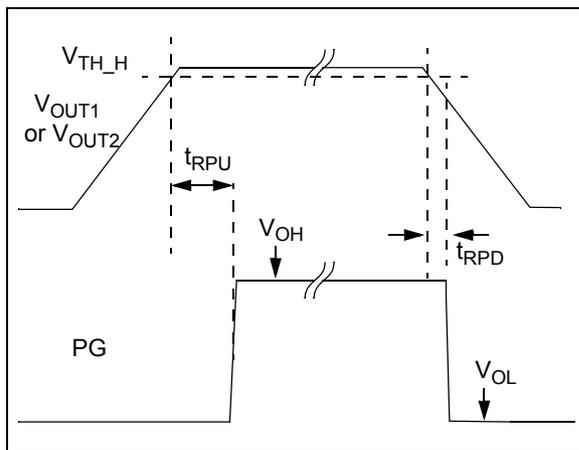


图 4-1: 电源正常监控时序

4.5 电源正常输出选项

TC1303 系列有三种监测选项。

对于 TC1303A，仅降压稳压器输出电压 (V_{OUT1}) 被监控。PG 输出信号仅取决于 V_{OUT1} 。

对于 TC1303B，仅 LDO 输出电压 (V_{OUT2}) 被监控。PG 输出信号仅取决于 V_{OUT2} 。

对于 TC1303C 和 TC1304，降压稳压器输出电压和 LDO 输出电压都被监控。如果任一个输出不在稳压范围内，PG 均将输出低电平。仅当 V_{OUT1} 和 V_{OUT2} 都在 PG 电压阈值内时，PG 输出才输出高电平。

对于 TC1303A 和 C 以及 TC1304，PG 输出引脚是开漏输出，且能被上拉至给定的绝对最大额定值 ($A_{GND} - 0.3V$) 至 ($V_{IN} + 0.3V$) 范围内的任意电平。

表 4-1: PG 的可用选项

器件号	PG 输出 降压 (V_{OUT1})	PG 输出 LDO (V_{OUT2})	PG 输出 类型
TC1303A	有	无	开漏
TC1303B	无	有	推挽 (V_{OUT2})
TC1303C	有	有	开漏
TC1304	有	有	开漏

TC1303A/TC1303B/TC1303C/TC1304

4.6 TC1304 序列

TC1304 器件具备集成定序选项。定序电路仅使用 $\overline{\text{SHDN}}$ 输入 (引脚 1)，它将开启 LDO 输出 ($V_{\text{OUT}2}$) 并

且延时开启降压稳压器输出 ($V_{\text{OUT}1}$)，直到 LDO 输出稳定。断电时，定序电路将先关断降压稳压器输出再关断 LDO 输出。

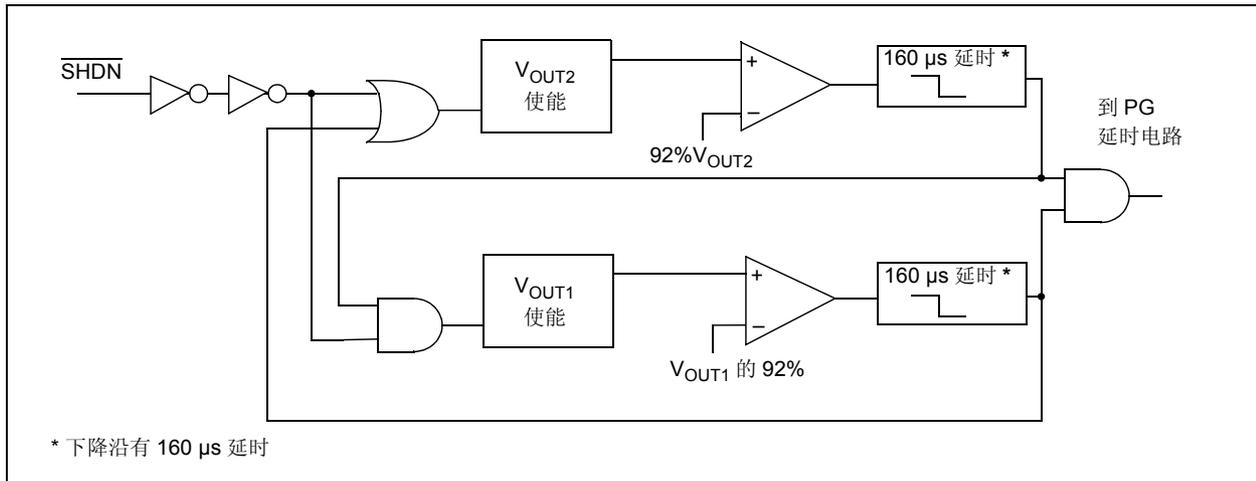


图 4-2: TC1304 定序电路

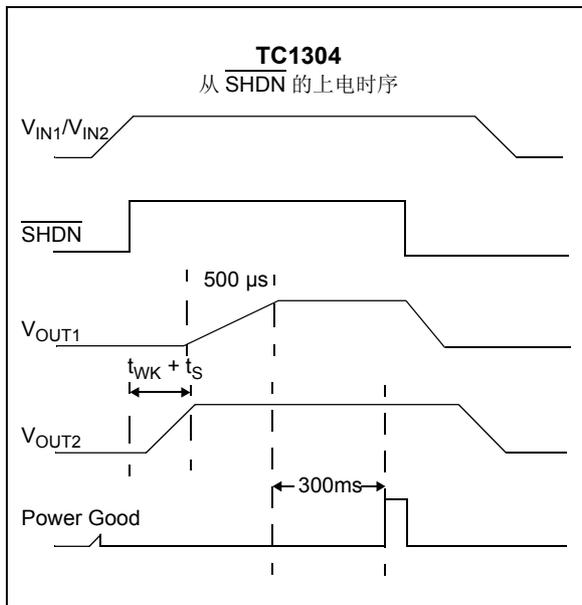


图 4-3: TC1304 从 $\overline{\text{SHDN}}$ 上电的时序

4.7 软启动

启动时，TC1303/TC1304 的输出均受到控制。在 V_{IN} 上升至高于 UVLO 电压的启动状态，或 $\overline{\text{SHDN}1}$ 和 $\overline{\text{SHDN}2}$ 之一被使能时，观察到的 $V_{\text{OUT}1}$ 或 $V_{\text{OUT}2}$ 的过冲电压小于 1%。

4.8 过温保护

TC1303/TC1304 具有集成过温保护电路，该电路监测器件结温，并在结温超过 165°C 典型阈值时关断器件。如果达到过温阈值，软启动复位，因此当结温一旦降至 155°C 左右，器件将自动重启。

5.0 应用电路和要点

5.1 典型应用

500 mA 降压稳压器和 300 mA LDO 加上电源正常监控功能的 TC1303/TC1304 具有宽输入电压范围 (2.7V 至 5.5V)，对于单节锂离子电池供电应用、USB 供电应用、三节镍氢或镍镉应用和 3V 到 5V 稳压输入应用，该器件是理想的选择。10 引脚 MSOP 和 3X3 DFN 封装占位小，只需最少的外部元件。

5.2 固定输出应用

典型的 V_{OUT1} 固定输出电压应用如图“典型应用电路”所示。 V_{IN1} 引脚上的 4.7 μF 陶瓷输入电容、 V_{OUT1} 引脚上的 4.7 μF 陶瓷电容、 V_{OUT2} 引脚上的 1.0 μF 陶瓷电容和 4.7 μH 电感组成了双输出应用的所有外部元件。不需要外接分压器或补偿元件。此应用的输入电压范围是 2.7V 至 4.2V，负载为 500 mA 时 $V_{OUT1} = 1.5\text{V}$ ，300 mA 时 $V_{OUT2} = 2.5\text{V}$ 。

5.3 可调输出应用

典型的 V_{OUT1} 可调输出应用也如图“典型应用电路”所示。在此应用中，使用两个外接电阻作为分压器使降压稳压器的输出电压可调。对于可调输出电压，建议最大分压电阻值为 200 k Ω 。最小分压电阻值可通过以下公式计算：

公式 5-1:

$$R_{BOT} = R_{TOP} \times \left(\frac{V_{FB}}{V_{OUT1} - V_{FB}} \right)$$

例如：

$$\begin{aligned} R_{TOP} &= 200 \text{ k}\Omega \\ V_{OUT1} &= 2.1\text{V} \\ V_{FB} &= 0.8\text{V} \\ R_{BOT} &= 200 \text{ k}\Omega \times (0.8\text{V} / (2.1\text{V} - 0.8\text{V})) \\ R_{BOT} &= 123 \text{ k}\Omega \quad (\text{标准值} = 121 \text{ k}\Omega) \end{aligned}$$

在可调输出应用中，为了使降压稳压器控制回路稳定，需要附加 RC 补偿。推荐值如下：

$$\begin{aligned} R_{COMP} &= 4.99 \text{ k}\Omega \\ C_{COMP} &= 33 \text{ pF} \end{aligned}$$

在 V_{IN2} 上可增加一个电容以减少 LDO 输入电压引脚 (V_{IN2}) 上的高频噪声。该附加电容 (即第 5 页上的 1 μF 电容) 在典型应用中是不需要的。

5.4 输入和输出电容的选择

如同所有来自于降压的直流一直流稳压器，输入电流是来自电源的脉冲。这增加了 TC1303/TC1304 输入滤波电容的负担。在大多数应用中，建议在 V_{IN1} (降压稳压器输入电压引脚) 上连接最小 4.7 μF 的电容。在某些源阻抗很高或连接到输入源的引线很长 (10 英寸) 的应用中，应使用额外的电容。电容的类型可以是电解电容 (铝、钽、POSCAP 和 OSCON) 或陶瓷电容。对于大多数便携式电子应用，首选陶瓷电容，这是因为陶瓷电容体积小且价格便宜。

对于要求 LDO 输出端噪声很小的应用，可以在 V_{IN2} 引脚 (LDO 输入电压引脚) 上增加一个电容 (典型值为 1 μF)。

低 ESR 的电解电容或陶瓷电容可用于降压稳压器输出电容。由于其物理特性及成本原因，我们再次推荐使用陶瓷电容。对于大多数应用，推荐使用电容值为 4.7 μF 。各推荐值请参见表 5-1。大电容 (最大可达 22 μF) 也可使用。使用较大电容时，负载阶跃性能将有所改善。陶瓷材料 X7R 和 X5R 的温度系数很低，并能很好地满足处于 ESR 范围之内的要求。

表 5-1: TC1303A, TC1303B, TC1303C 和 TC1304 的电容推荐值

	C (V_{IN1})	C (V_{IN2})	C_{OUT1}	C_{OUT2}
最小值	4.7 μF	无	4.7 μF	1 μF
最大值	无	无	22 μF	10 μF

TC1303A/TC1303B/TC1303C/TC1304

5.5 电感的选择

对于大多数应用，推荐使用一个 4.7 μF 的电感以最大限度地降低噪声。有许多不同的磁芯材料和封装类型可供选择。如何选择则可根据大小、成本和可接受的辐射能量等级。环状磁芯和装有屏蔽罩的铁氧体磁芯辐射能量低，但一般体积较大，价格较高。开关频率为 2.0 MHz 典型值时，电感的纹波电流可由以下公式计算。

公式 5-2:

$$DutyCycle = \frac{V_{OUT}}{V_{IN}}$$

占空比表征为开启时间的百分比。

公式 5-3:

$$T_{ON} = DutyCycle \times \frac{1}{F_{SW}}$$

其中:

F_{SW} = 开关频率

电感交流纹波电流可使用以下公式计算:

公式 5-4:

$$V_L = L \times \frac{\Delta I_L}{\Delta t}$$

其中:

V_L = 电感电压 ($V_{IN} - V_{OUT}$)

Δt = P 沟道 MOSFET 导通时间

求解 ΔI_L 得出:

公式 5-5:

$$\Delta I_L = \frac{V_L}{L} \times \Delta t$$

考量电感额定值时，电感的最大直流电流额定值至少应等于最大降压稳压器的负载电流 (I_{OUT1}) 加上峰-峰电感纹波电流的 1/2 ($1/2 * \Delta I_L$)。电感直流电阻可增加降压转换器 I^2R 的功耗。推荐选取该电阻值为小于 200 m Ω 。使用直流电阻较低的电感将提高总效率。

表 5-2: TC1303A、TC1303B、TC1303C 和 TC1304 的电感推荐值

器件号	值 (μH)	DCR Ω (最大值)	最大 I_{DC} (A)	尺寸 WxLxH (mm)
Coiltronics®				
SD10	2.2	0.091	1.35	5.2, 5.2, 1.0 最大
SD10	3.3	0.108	1.24	5.2, 5.2, 1.0 最大
SD10	4.7	0.154	1.04	5.2, 5.2, 1.0 最大
Coiltronics®				
SD12	2.2	0.075	1.80	5.2, 5.2, 1.2 最大
SD12	3.3	0.104	1.42	5.2, 5.2, 1.2 最大
SD12	4.7	0.118	1.29	5.2, 5.2, 1.2 最大
Sumida Corporation®				
CMD411	2.2	0.116	0.950	4.4, 5.8, 1.2 最大
CMD411	3.3	0.174	0.770	4.4, 5.8, 1.2 最大
CMD411	4.7	0.216	0.750	4.4, 5.8, 1.2 最大
Coilcraft®				
1008PS	4.7	0.35	1.0	3.8, 3.8, 2.74 最大
1812PS	4.7	0.11	1.15	5.9, 5.0, 3.81 最大

5.6 热保护注意事项

5.6.1 降压稳压器输出 (V_{OUT1})

TC1303/TC1304 有两种 10 引脚封装形式 (MSOP 和 3X3 DFN)。通过使用封装热阻计算功耗，可估算出结温 (θ_{JA})。TC1303/TC1304 的最大连续结温额定值为 +125°C。

为快速估算开关降压稳压器的内部功耗，可使用测量的效率进行经验计算。给定测量功耗时 (参见第 2.0 节“典型性能曲线”)，内部电源功耗估算如下:

公式 5-6:

$$\left(\frac{V_{OUT1} \times I_{OUT1}}{\text{Efficiency}} \right) \angle (V_{OUT1} \times I_{OUT1}) = P_{Dissipation}$$

公式中的第一项等于输入功耗 (效率 (Efficiency) 的定义: P_{OUT}/P_{IN} = 效率)。第二项等于输出功率，它们的差值是内部功耗。这一估算是假设大部分的功耗是由 TC1303B 内部消耗的。降压电感会消耗一部分功耗，而输入和输出电容上的功耗则很小。

TC1303A/TC1303B/TC1303C/TC1304

举个例子，输入为 3.6V，输入为 1.8V 且负载为 400 mA 时，从图 2-8 可以看出效率约为 84%。内部功耗大约为 137 mW。

5.6.2 LDO 输出 (V_{OUT2})

TC1303/TC1304 LDO 内部功耗是输入电压、输出电压和输出电流的函数。可用公式 5-7 来计算 LDO 的内部功耗。

公式 5-7:

$$P_{LDO} = (V_{IN(MAX)} - V_{OUT2(MIN)}) \times I_{OUT2(MAX)}$$

其中:

P_{LDO} = LDO 导通器件内部功耗

$V_{IN(MAX)}$ = 最大输入电压

$V_{OUT(MIN)}$ = LDO 最小输出电压

在应用中给定结点到空气的热阻以及最大环境温度，即可计算封装的最大功耗。以下公式可以用来计算某种封装的最大内部功耗。

5.6.3 LDO 功耗示例

输入电压

$$V_{IN} = 5V \pm 10\%$$

LDO 输出电压和电流

$$V_{OUT} = 3.3V$$

$$I_{OUT} = 300 \text{ mA}$$

内部功耗

$$P_{LDO(MAX)} = (V_{IN(MAX)} - V_{OUT2(MIN)}) \times I_{OUT2(MAX)}$$

$$P_{LDO} = (5.5V - 0.975 \times 3.3V) \times 300 \text{ mA}$$

$$P_{LDO} = 684.8 \text{ mW}$$

5.7 PCB 布局信息

将 TC1303/TC1304 焊在印刷电路板 (Printed Circuit Board, PCB) 上时，应该遵循一些基本的设计规则。TC1303/TC1304 有两个接地引脚，分别为 A_{GND} (模拟地) 和 P_{GND} (电源地)。两个地相互隔离可最大限度地减小 LDO 输出上的开关频率噪声。当将外部元件焊到板上时，应最先焊接输入电容 (C_{IN1})。走线应短而宽，TC1303/TC1304 的输入电流最高可达 800 mA。然后应焊接降压稳压器输出电容 (C_{OUT1}) 和电感 (L_1)。这三个元件都应位于其相应的引脚附近以使走线最短。从 C_{IN1} 和 C_{OUT1} 电容接出的导线应在 P_{GND} 平面处汇合。LDO 可选输入电容 (C_{IN2}) 和 LDO 输出电容 C_{OUT2} 接出到 A_{GND} 平面。模拟地平面和电源地平面连接于一点。(图中在 L_1 附近)。所有其他信号 (SHDN1、SHDN2、在可调输出情况下的反馈) 应参考 A_{GND} 并位于 A_{GND} 平面的下方。

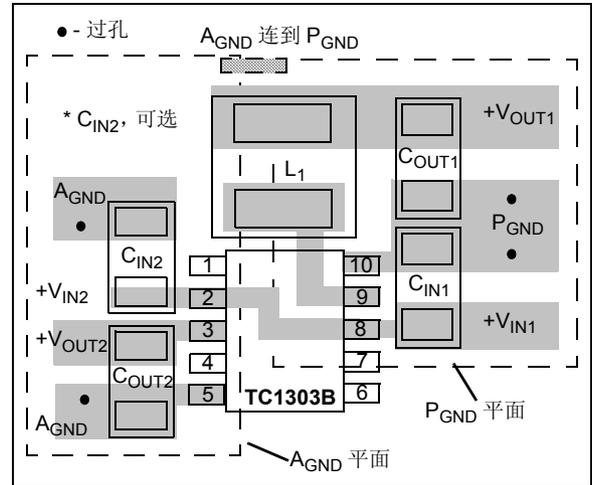


图 5-1: 10 引脚 MSOP 的元件布局

10 引脚 DFN 封装的布局因散热垫而有所不同。典型的固定输出 DFN 设计如下图所示。对于 DFN 布局， V_{IN1} 和 V_{IN2} 的走线位于板的底部，围绕 TC1303/TC1304 散热垫。

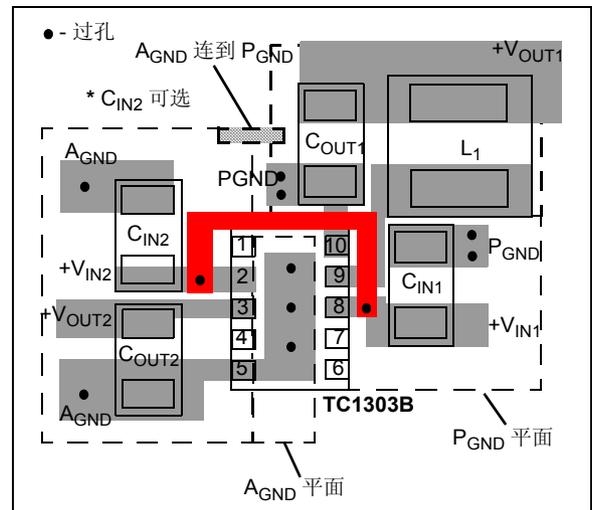


图 5-2: 10 引脚 DFN 的元件布局

TC1303A/TC1303B/TC1303C/TC1304

5.8 设计实例

$$\begin{aligned}V_{OUT1} &= 2.0V @ 500 \text{ mA} \\V_{OUT2} &= 3.3V @ 300 \text{ mA} \\V_{IN} &= 5V \pm 10\% \\L &= 4.7\mu\text{H}\end{aligned}$$

计算 PWM 模式电感的纹波电流

$$\text{占空比标称值} = 2.0V/5.0V = 40\%$$

P 沟道导通

$$\text{时间} = 0.40 \times 1/(2 \text{ MHz}) = 200 \text{ ns}$$

$$V_L = (V_{IN} - V_{OUT1}) = 3V$$

$$\Delta I_L = (V_L/L) \times T_{ON} = 128 \text{ mA}$$

峰值电感电流:

$$I_{L(PK)} = I_{OUT1} + 1/2 \Delta I_L = 564 \text{ mA}$$

开关功耗:

采用图 2-8 中 1.8V 的估算效率

$$\text{效率} = 84\%, \quad P_{DISS1} = 190 \text{ mW}$$

电阻分压器:

$$R_{TOP} = 200 \text{ k}\Omega$$

$$R_{BOT} = 133 \text{ k}\Omega$$

LDO 输出:

$$P_{DISS2} = (V_{IN(MAX)} - V_{OUT2(MIN)}) \times I_{OUT2(MAX)}$$

$$P_{DISS2} = (5.5V - (0.975) \times 3.3V) \times 300 \text{ mA}$$

$$P_{DISS2} = 684.8 \text{ mW}$$

$$\text{总功耗} = 190 \text{ mW} + 685 \text{ mW} = 874 \text{ mW}$$

结温升高值和最大工作环境温度的计算

10 引脚 MSOP (4 层板, 带内部平面)

$$R_{\theta JA} = 113^\circ \text{ C/Watt}$$

$$\text{结温升高值} = 874 \text{ mW} \times 113^\circ \text{ C/Watt} = 98.8^\circ \text{ C}$$

$$\text{最大环境温度} = 125^\circ \text{ C} - 98.8^\circ \text{ C}$$

$$\text{最大环境温度} = 26.3^\circ \text{ C}$$

10 引脚 DFN

$$R_{\theta JA} = 41^\circ \text{ C/Watt} \quad (\text{4 层板, 带内部平面和 2 个过孔})$$

$$\text{结温升高值} = 874 \text{ mW} \times 41^\circ \text{ C/Watt} = 35.8^\circ \text{ C}$$

$$\text{最大环境温度} = 125^\circ \text{ C} - 35.8^\circ \text{ C}$$

$$\text{最大环境温度} = 89.2^\circ \text{ C}$$

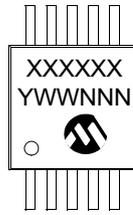
此值高于最高环境温度 +85°C。

TC1303A/TC1303B/TC1303C/TC1304

6.0 封装信息

6.1 封装标识信息

10 引脚 MSOP*

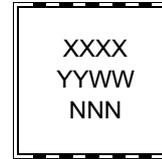


示例：

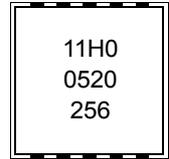


- 1 = TC1303B
- 2 = TC1303A
- 3 = TC1303C
- 4 = TC1304
- 1 = 1.375V V_{OUT1}
- H = 2.6V V_{OUT2}
- 0 = 默认值

10 引脚 DFN



示例：



* 在本数据手册发布时，此器件的 MSOP 封装尚未通过验证。请与当地 Microchip 办事处联系供货。

第二个字母表示 V_{OUT1} 的配置：

符号	V_{OUT1}	符号	V_{OUT1}	符号	V_{OUT1}
A	3.3V	J	2.4V	S	1.5V
B	3.2V	K	2.3V	T	1.4V
C	3.1V	L	2.2V	U	1.3V
D	3.0V	M	2.1V	V	1.2V
E	2.9V	N	2.0V	W	1.1V
F	2.8V	O	1.9V	X	1.0V
G	2.7V	P	1.8V	Y	0.9V
H	2.6V	Q	1.7V	Z	可调
I	2.5V	R	1.6V	1	1.375V

第三个字母表示 V_{OUT2} 的配置：

符号	V_{OUT2}	符号	V_{OUT2}	符号	V_{OUT2}
A	3.3V	J	2.4V	S	1.5V
B	3.2V	K	2.3V	T	—
C	3.1V	L	2.2V	U	—
D	3.0V	M	2.1V	V	—
E	2.9V	N	2.0V	W	—
F	2.8V	O	1.9V	X	—
G	2.7V	P	1.8V	Y	—
H	2.6V	Q	1.7V	Z	—
I	2.5V	R	1.6V		

第四个字母表示 +50 mV 增量：

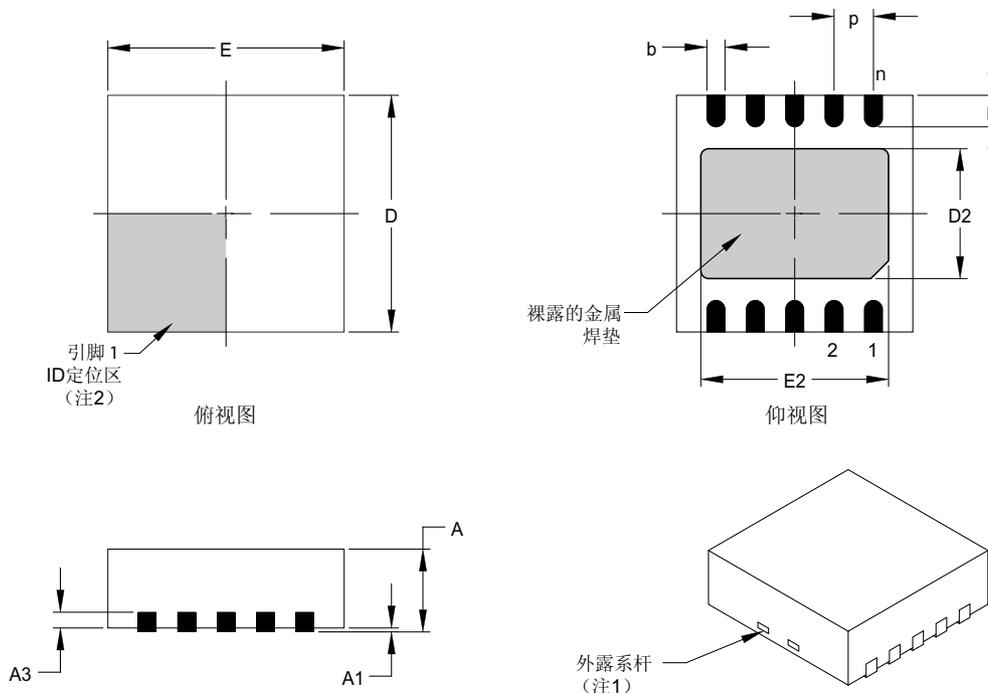
符号		符号	
0	默认值	2	+50 mV 至 V2
1	+50 mV 至 V1	3	+50 mV 至 V1 和 V2

图注： XX...X 用户指定信息
 Y 年份代码（日历年的末位数字）
 YY 年份代码（日历年的后两位数字）
 WW 星期代码（一月一日的星期代码是“01”）
 NNN 以字母数字排序的追踪代码
 (e3) 雾锡（Sn）的 JEDEC 无铅标志
 * 本封装是无铅的。JEDEC 无铅标志 (e3) 标示于此种封装的外包装上。

注： Microchip 元器件编号如果无法在同一行内完整标注，将换行标出，因此会限制客户指定信息的可用字符数。

TC1303A/TC1303B/TC1303C/TC1304

10 引脚塑料双扁平无引脚封装 (MF) 3x3x0.9 mm 主体 (DFN) —— 切割分离



尺寸范围	单位	英寸			毫米*		
		最小	正常	最大	最小	正常	最大
引脚数	n	10			10		
引脚间距	e	.020 BSC			0.50 BSC		
总高度	A	.031	.035	.039	0.80	0.90	1.00
悬空间隙	A1	.000	.001	.002	0.00	0.02	0.05
触点厚度	A3	.008 REF.			0.20 REF.		
总长度	E	.112	.118	.124	2.85	3.00	3.15
外露焊盘长度 (注3)	E2	.055	--	.096	1.39	--	2.45
总宽度	D	.112	.118	.124	2.85	3.00	3.15
外露焊盘宽度 (注3)	D2	.047	--	.069	1.20	--	1.75
触点宽度	b	.008	.010	.015	0.18	0.25	0.30
触点长度	L	.012	.016	.020	0.30	0.40	0.50

*控制参数

注:

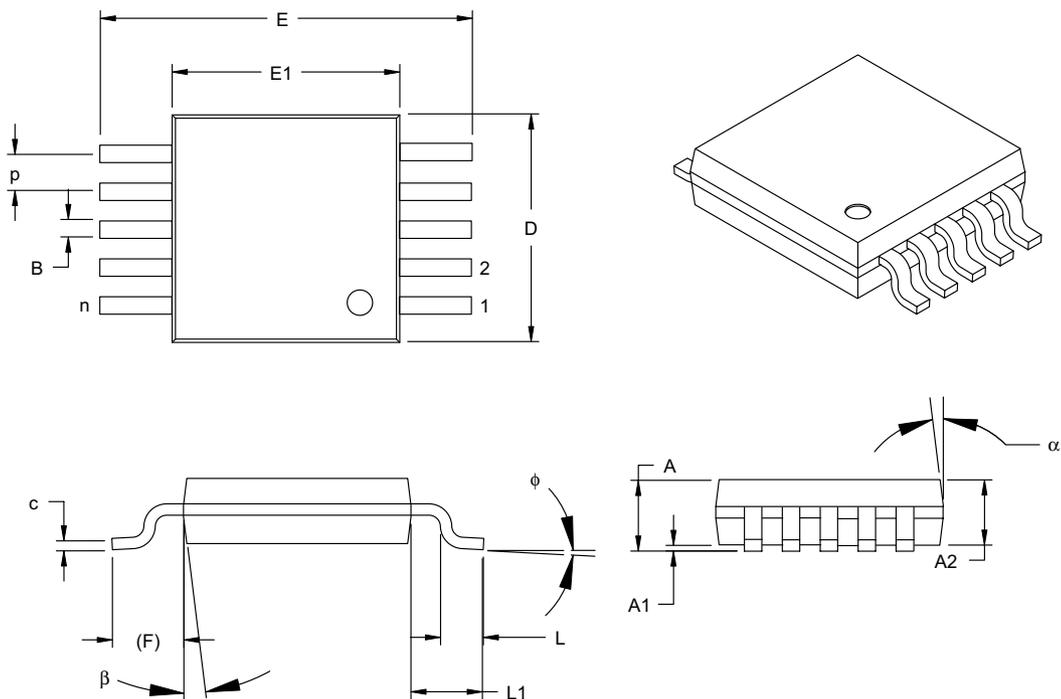
1. 封装两端可能有一个以上外露系杆。
2. 引脚1的可视索引特性可能会有所不同, 但必须位于阴影区域。
3. 外露焊盘尺寸随垫片大小而变化。
4. 等同于JEDEC号: 未登记

图号: C04-063

修订于05/24/04

TC1303A/TC1303B/TC1303C/TC1304

10 引脚塑料微型小外型封装 (UN) (MSOP*)



	单位	英寸			毫米*		
		尺寸范围	最小	正常	最大	最小	正常
引脚数	n	10			10		
引脚间距	p	.020 TYP			0.50 TYP.		
总高度	A	-	-	.043	-	-	1.10
塑模封装厚度	A2	.030	.033	.037	0.75	0.85	0.95
悬空间隙	A1	.000	-	.006	0.00	-	0.15
总宽度	E	.193 BSC			4.90 BSC		
塑模封装宽度	E1	.118 BSC			3.00 BSC		
总长度	D	.118 BSC			3.00 BSC		
底脚长度	L	.016	.024	.031	0.40	0.60	0.80
底脚占位 (参考)	F	.037 REF			0.95 REF		
底脚倾斜角	φ	0°	-	8°	0°	-	8°
引脚厚度	c	.003	-	.009	0.08	-	0.23
引脚宽度	B	.006	.009	.012	0.15	0.23	0.30
塑模顶部锥度	α	5°	-	15°	5°	-	15°
塑模底部锥度	β	5°	-	15°	5°	-	15°

*控制参数

注:

尺寸D和E1不包括塑模的毛边或突起。塑模每侧的毛边或突起不得超过 0.010英寸 (0.254 mm)。

等同于JEDEC号: MO-187

图号C04-021

* 在本数据手册发布时, TC1303B 的 MSOP 封装尚未通过验证。
请与当地 Microchip 办事处联系供货。

TC1303A/TC1303B/TC1303C/TC1304

注:

附录 A: 版本历史

版本 B (2005 年 7 月)

1. 在数据手册中增加了 TC1303A、TC1303C 和 TC1304 的信息。

版本 A (2005 年 6 月)

- 初始版本。

TC1303A/TC1303B/TC1303C/TC1304

注:

TC1303A/TC1303B/TC1303C/TC1304

产品标识体系

欲订货，或获取价格、交货等信息，请与我公司生产厂或各销售办事处联系。

器件编号	X-	X	X	X	X	XX	XX
TC1303	TC1303B	V _{OUT1}	V _{OUT2}	+50 mV 增量	温度 范围	封装	管式 或 卷带式
<p>器件： TC1303A: PWM/LDO 结合体并带有电源正常功能 TC1303B: PWM/LDO 结合体并带有电源正常功能 TC1303C: PWM/LDO 结合体并带有电源正常功能 TC1304: PWM/LDO 结合体并带有电源正常功能</p>							
选项	符号	V _{OUT1}	符号	V _{OUT2}	符号	+50 mV	
	A	3.3V	A	3.3V	0	默认值	
	B	3.2V	B	3.2V	1	+50 mV 至 V1	
	C	3.1V	C	3.1V	2	+50 mV 至 V2	
	D	3.0V	D	3.0V	3	+50 mV 至 V1 和 V2	
	E	2.9V	E	2.9V			
	F	2.8V	F	2.8V			
	G	2.7V	G	2.7V			
	H	2.6V	H	2.6V			
	I	2.5V	I	2.5V			
	J	2.4V	J	2.4V			
	K	2.3V	K	2.3V			
	L	2.2V	L	2.2V			
	M	2.1V	M	2.1V			
	N	2.0V	N	2.0V			
	O	1.9V	O	1.9V			
	P	1.8V	P	1.8V			
	Q	1.7V	Q	1.7V			
	R	1.6V	R	1.6V			
	S	1.5V	S	1.5V			
	T	1.4V	T				
	U	1.3V	U				
	V	1.2V	V				
	W	1.1V	W				
	X	1.0V	X				
	Y	0.9V	Y				
	Z	可调	Z				
	1	1.375V	1				
* 请联系生产厂家以了解其他输出电压和复位电压配置。							
温度范围:	E	= -40°C 至 +85°C					
封装:	MF	= 双扁平无引脚 (3x3 mm 主体), 10 引脚					
	UN	= 塑料微型小外型 (MSOP), 10 引脚 (在本数据手册发布时, 此器件的 MSOP 封装尚未通过验证。请与当地 Microchip 办事处联系供货。)					
管式或卷带式:	空	= 管式					
	TR	= 卷带式					
<p>示例:</p> <p>a) TC1303A-SI0EMF: 1.5V, 2.5V, 默认值, 10 引脚 DFN 封装。</p> <p>b) TC1303A-ZA0EUN: 可调, 3.3V, 默认值, 10 引脚 MSOP 封装。</p> <p>c) TC1303A-PP3EMFTR: 1.8V, 1.8V, +50 mV, 10 引脚 DFN 封装。卷带式</p> <p>a) TC1303B-1H0EMF: 1.375V, 2.6V, 默认值, 10 引脚 DFN 封装。</p> <p>b) TC1303B-AG0EUN: 3.3V, 2.7V, 默认值, 10 引脚 MSOP 封装。</p> <p>c) TC1303B-AD0EMF: 3.3V, 3.0V, 默认值, 10 引脚 DFN 封装。</p> <p>d) TC1303B-IA0EUN: 2.5V, 3.3V, 默认值, 10 引脚 MSOP 封装。</p> <p>e) TC1303B-IA0EMF: 2.5V, 3.3V, 默认值, 10 引脚 DFN 封装。</p> <p>f) TC1303B-PF0EUN: 1.8V, 2.8V, 默认值, 10 引脚 MSOP 封装。</p> <p>g) TC1303B-PF0EMF: 1.8V, 2.8V, 默认值, 10 引脚 DFN 封装。</p> <p>h) TC1303B-PG0EUN: 1.8V, 2.7V, 默认值, 10 引脚 MSOP 封装。</p> <p>i) TC1303B-DG0EMFTR: 3.0V, 2.7V, 默认值, 10 引脚 DFN 封装。卷带式</p> <p>a) TC1303C-VP0EMF: 1.2V, 1.8V, 默认值, 10 引脚 DFN 封装。</p> <p>b) TC1303C-VP0EMFTR: 1.2V, 1.8V, 默认值, 10 引脚 DFN 封装。卷带式。</p> <p>a) TC1304-VI0EMF: 1.2V, 2.5V, 默认值, 10 引脚 DFN 封装。</p> <p>b) TC1304-VP0EMF: 1.2V, 1.8V, 默认值, 10 引脚 DFN 封装。</p> <p>c) TC1304-VI0EUN: 1.2V, 2.5V, 默认值, 10 引脚 MSOP 封装。</p> <p>d) TC1304-VI0EMFTR: 1.2V, 2.5V, 默认值, 10 引脚 DFN 封装。卷带式。</p> <p>e) TC1304-VP0EMFTR: 1.2V, 1.8V, 默认值, 10 引脚 DFN 封装。卷带式。</p> <p>f) TC1304-VI0EUNTR: 1.2V, 2.5V, 默认值, 10 引脚 MSOP 封装。卷带式。</p>							

TC1303A/TC1303B/TC1303C/TC1304

注:

请注意以下有关 Microchip 器件代码保护功能的要点:

- Microchip 的产品均达到 Microchip 数据手册中所述的技术指标。
- Microchip 确信: 在正常使用的情况下, Microchip 系列产品是当今市场上同类产品中最安全的产品之一。
- 目前, 仍存在着恶意、甚至是非法破坏代码保护功能的行为。就我们所知, 所有这些行为都不是以 Microchip 数据手册中规定的操作规范来使用 Microchip 产品的。这样做的人极可能侵犯了知识产权。
- Microchip 愿与那些注重代码完整性的客户合作。
- Microchip 或任何其他半导体厂商均无法保证其代码的安全性。代码保护并不意味着我们保证产品是“牢不可破”的。

代码保护功能处于持续发展中。Microchip 承诺将不断改进产品的代码保护功能。任何试图破坏 Microchip 代码保护功能的行为均可视为违反了《数字器件千年版权法案 (Digital Millennium Copyright Act)》。如果这种行为导致他人在未经授权的情况下, 能访问您的软件或其他受版权保护的成果, 您有权依据该法案提起诉讼, 从而制止这种行为。

提供本文档的中文版本仅为了便于理解。Microchip Technology Inc. 及其分公司和相关公司、各级主管与员工及事务代理机构对译文中可能存在的任何差错不承担任何责任。建议参考 Microchip Technology Inc. 的英文原版文档。

本出版物中所述的器件应用信息及其他类似内容仅为您提供便利, 它们可能由更新之信息所替代。确保应用符合技术规范, 是您自身应负的责任。Microchip 对这些信息不作任何明示或暗示、书面或口头、法定或其他形式的声明或担保, 包括但不限于针对其使用情况、质量、性能、适销性或特定用途的适用性的声明或担保。Microchip 对因这些信息及使用这些信息而引起的后果不承担任何责任。未经 Microchip 书面批准, 不得将 Microchip 的产品用作生命维持系统中的关键组件。在 Microchip 知识产权保护下, 不得暗或以其他方式转让任何许可证。

商标

Microchip 的名称和徽标组合、Microchip 徽标、Accuron、dsPIC、KEELOQ、microID、MPLAB、PIC、PICmicro、PICSTART、PRO MATE、PowerSmart、rfPIC 和 SmartShunt 均为 Microchip Technology Inc. 在美国和其他国家或地区的注册商标。

AmpLab、FilterLab、Migratable Memory、MXDEV、MXLAB、PICMASTER、SEEVAL、SmartSensor 和 The Embedded Control Solutions Company 均为 Microchip Technology Inc. 在美国的注册商标。

Analog-for-the-Digital Age、Application Maestro、dsPICDEM、dsPICDEM.net、dsPICworks、ECAN、ECONOMONITOR、FanSense、FlexROM、fuzzylab、In-Circuit Serial Programming、ICSP、ICEPIC、Linear Active Thermistor、MPASM、MPLIB、MPLINK、MPSIM、PICkit、PICDEM、PICDEM.net、PICLAB、PICtail、PowerCal、PowerInfo、PowerMate、PowerTool、rfLAB、rfPICDEM、Select Mode、Smart Serial、SmartTel、Total Endurance 和 WiperLock 均为 Microchip Technology Inc. 在美国和其他国家或地区的商标。

SQTP 是 Microchip Technology Inc. 在美国的服务标记。

在此提及的所有其他商标均为各持有公司所有。

© 2005, Microchip Technology Inc. 版权所有。

QUALITY MANAGEMENT SYSTEM
CERTIFIED BY DNV
== ISO/TS 16949:2002 ==

Microchip 位于美国亚利桑那州 Chandler 和 Tempe 及位于加利福尼亚州 Mountain View 的全球总部、设计中心和晶圆生产厂均于 2003 年 10 月通过了 ISO/TS-16949:2002 质量体系认证。公司在 PICmicro® 8 位单片机、KEELOQ® 跳码器件、串行 EEPROM、单片机外设、非易失性存储器和模拟产品方面的质量体系流程均符合 ISO/TS-16949:2002。此外, Microchip 在开发系统的设计和和生产方面的质量体系也已通过了 ISO 9001:2000 认证。

全球销售及服务中心

美洲

公司总部 Corporate Office
2355 West Chandler Blvd.
Chandler, AZ 85224-6199
Tel: 1-480-792-7200
Fax: 1-480-792-7277

技术支持:
<http://support.microchip.com>
网址: www.microchip.com

亚特兰大 Atlanta
Alpharetta, GA
Tel: 1-770-640-0034
Fax: 1-770-640-0307

波士顿 Boston
Westborough, MA
Tel: 1-774-760-0087
Fax: 1-774-760-0088

芝加哥 Chicago
Itasca, IL
Tel: 1-630-285-0071
Fax: 1-630-285-0075

达拉斯 Dallas
Addison, TX
Tel: 1-972-818-7423
Fax: 1-972-818-2924

底特律 Detroit
Farmington Hills, MI
Tel: 1-248-538-2250
Fax: 1-248-538-2260

科科莫 Kokomo
Kokomo, IN
Tel: 1-765-864-8360
Fax: 1-765-864-8387

洛杉矶 Los Angeles
Mission Viejo, CA
Tel: 1-949-462-9523
Fax: 1-949-462-9608

圣何塞 San Jose
Mountain View, CA
Tel: 1-650-215-1444
Fax: 1-650-961-0286

加拿大多伦多 Toronto
Mississauga, Ontario,
Canada
Tel: 1-905-673-0699
Fax: 1-905-673-6509

亚太地区

中国 - 北京
Tel: 86-10-8528-2100
Fax: 86-10-8528-2104

中国 - 成都
Tel: 86-28-8676-6200
Fax: 86-28-8676-6599

中国 - 福州
Tel: 86-591-8750-3506
Fax: 86-591-8750-3521

中国 - 香港特别行政区
Tel: 852-2401-1200
Fax: 852-2401-3431

中国 - 青岛
Tel: 86-532-8502-7355
Fax: 86-532-8502-7205

中国 - 上海
Tel: 86-21-5407-5533
Fax: 86-21-5407-5066

中国 - 沈阳
Tel: 86-24-2334-2829
Fax: 86-24-2334-2393

中国 - 深圳
Tel: 86-755-8203-2660
Fax: 86-755-8203-1760

中国 - 顺德
Tel: 86-757-2839-5507
Fax: 86-757-2839-5571

中国 - 武汉
Tel: 86-27-5980-5300
Fax: 86-27-5980-5118

中国 - 西安
Tel: 86-29-8833-7252
Fax: 86-29-8833-7256

台湾地区 - 高雄
Tel: 886-7-536-4818
Fax: 886-7-536-4803

台湾地区 - 台北
Tel: 886-2-2500-6610
Fax: 886-2-2508-0102

台湾地区 - 新竹
Tel: 886-3-572-9526
Fax: 886-3-572-6459

亚太地区

澳大利亚 Australia - Sydney
Tel: 61-2-9868-6733
Fax: 61-2-9868-6755

印度 India - Bangalore
Tel: 91-80-2229-0061
Fax: 91-80-2229-0062

印度 India - New Delhi
Tel: 91-11-5160-8631
Fax: 91-11-5160-8632

印度 India - Pune
Tel: 91-20-2566-1512
Fax: 91-20-2566-1513

日本 Japan - Yokohama
Tel: 81-45-471-6166
Fax: 81-45-471-6122

韩国 Korea - Seoul
Tel: 82-2-554-7200
Fax: 82-2-558-5932 或
82-2-558-5934

马来西亚 Malaysia - Penang
Tel: 604-646-8870
Fax: 604-646-5086

菲律宾 Philippines - Manila
Tel: 011-632-634-9065
Fax: 011-632-634-9069

新加坡 Singapore
Tel: 65-6334-8870
Fax: 65-6334-8850

泰国 Thailand - Bangkok
Tel: 66-2-694-1351
Fax: 66-2-694-1350

欧洲

奥地利 Austria - Weis
Tel: 43-7242-2244-399
Fax: 43-7242-2244-393

丹麦 Denmark-Copenhagen
Tel: 45-4450-2828
Fax: 45-4485-2829

法国 France - Paris
Tel: 33-1-69-53-63-20
Fax: 33-1-69-30-90-79

德国 Germany - Munich
Tel: 49-89-627-144-0
Fax: 49-89-627-144-44

意大利 Italy - Milan
Tel: 39-0331-742611
Fax: 39-0331-466781

荷兰 Netherlands - Drunen
Tel: 31-416-690399
Fax: 31-416-690340

西班牙 Spain - Madrid
Tel: 34-91-352-30-52
Fax: 34-91-352-11-47

英国 UK - Wokingham
Tel: 44-118-921-5869
Fax: 44-118-921-5820