

配备 SMAART Wire™/UART 接口的 TMP144 低功耗数字温度传感器

1 特性

- 多器件访问 (MDA) :
 - 全局读/写操作
- SMAART Wire™/UART 接口
- 分辨率: 12 位或 0.0625°C
- 最大值 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ (-10°C 至 $+100^{\circ}\text{C}$)
- 最大值 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ (-40°C 至 $+125^{\circ}\text{C}$)
- 低静态电流:
 - 0.25Hz 频率下的工作 I_Q 为 $3\mu\text{A}$
 - 关断电流为 $0.6\mu\text{A}$
- 电源电压范围: 1.4V 至 3.6V
- 推挽式数字输出
- 封装:
 - 0.76mm × 0.96mm, 最大高度 150 μm , 4 焊球 YMT (DSBGA)
 - 0.76mm × 0.96mm, 最大高度 310 μm , 4 焊球 YBK (DSBGA)
 - 0.76mm × 0.96mm, 最大高度 625 μm , 4 焊球 YFF (DSBGA)

2 应用

- 手持终端
- 智能电话
- 平板电脑
- LED 背光照明
- 高清电视
- 企业级服务器
- 笔记本电脑
- 医疗

3 说明

TMP144 数字输出温度传感器可读取分辨率为 0.0625°C 的温度。

器件具有 SMAART Wire™/UART 接口, 支持菊花链配置。该接口还支持多器件访问 (MDA) 命令, 可让主机同时与总线上的多个器件通信。MDA 命令是向总线上每个器件发送单独命令的替代方法。最多可以将 16 个 TMP144 器件串行连接在一起, 并可由主机读取。

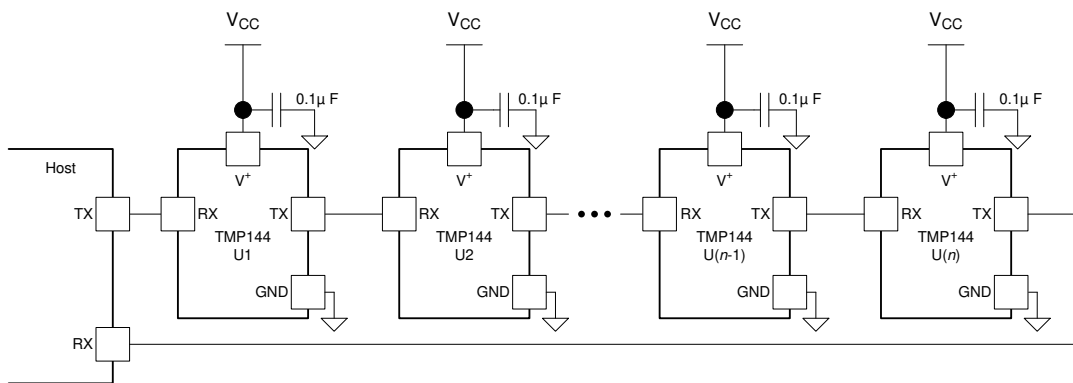
TMP144 器件专为具有多个必须加以监视的温度测量区域的空间受限、功耗敏感型应用而设计。该器件可在 -40°C 至 125°C 的额定工作温度范围内正常运行, 采用三个不同 4 焊球、低高度晶圆芯片级封装 (DSBGA) 选项。该器件的 YMT 封装高度为 150 μm , 比 0201 电阻器薄 40%。更薄的 YMT 封装可以放置在系统上的散热组件下方, 以获得更好的精度和更快的热响应速度。

封装信息⁽¹⁾

器件型号	封装	封装尺寸 (标称值) ⁽²⁾
TMP144	YFF (DSBGA, 4)	0.76mm x 0.96mm
	YMT (DSBGA, 4)	0.76mm x 0.96mm
	YBK (DSBGA, 4)	0.76mm x 0.96mm

(1) 如需了解所有可用封装, 请参阅数据表末尾的可订购产品附录。

(2) 封装尺寸 (长 × 宽) 为标称值, 并包括引脚 (如适用)。



最多支持将 16 个 TMP144 器件配置为菊花链。(请参阅 [器件命名规则](#))

简化版应用



内容

1 特性	1	7.3 特性说明.....	10
2 应用	1	7.4 器件功能模式.....	11
3 说明	1	7.5 SMAART Wire™/UART 接口.....	14
4 Revision History	2	7.6 寄存器映射.....	20
5 引脚配置和功能	4	8 应用和实现	24
6 规格	5	8.1 应用信息.....	24
6.1 绝对最大额定值.....	5	8.2 典型应用.....	24
6.2 ESD 等级.....	5	8.3 电源相关建议.....	25
6.3 建议运行条件.....	5	8.4 布局.....	25
6.4 热性能信息.....	5	9 器件和文档支持	27
6.5 电气特性.....	5	9.1 器件支持.....	27
6.6 UART 接口时序.....	7	9.2 接收文档更新通知.....	27
6.7 时序图.....	7	9.3 支持资源.....	27
6.8 典型特性.....	8	9.4 商标.....	27
7 详细说明	9	9.5 静电放电警告.....	27
7.1 概述.....	9	9.6 术语表.....	27
7.2 功能方框图.....	9	10 机械、封装和可订购信息	27

4 Revision History

注：以前版本的页码可能与当前版本的页码不同

Changes from Revision B (April 2021) to Revision C (September 2023)	Page
• 添加了 YBK 封装选项.....	1
Changes from Revision A (February 2021) to Revision B (April 2021)	Page
• 从 YMT 封装中删除了“预告信息”说明.....	1
• 更新了 YMT 封装的热性能信息.....	5
• 添加了引脚电容的典型值.....	5
• 添加了有效转换电流消耗限值.....	5
• 向典型特性部分添加了图 6-5.....	8
Changes from Revision * (October 2018) to Revision A (February 2021)	Page
• 将数据表状态从“量产数据”更改为“混合量产”.....	1
• 更新了整个文档中的表格、图和交叉参考的编号格式.....	1
• 添加了 YMT 封装预告信息.....	4
• 将绝对最大电源电压从 3.6V 更新为 4.0V.....	5
• 将 TX 引脚绝对最大值从 (V+) + 0.3V 更新为 (V+) + 0.3 且 ≤ 4V.....	5
• 为具有不同 ETM 模式设置的结果读数添加了数字温度输出部分.....	10
• 更新了通信协议说明.....	14
• 添加了命令字节值表.....	14
• 添加了全局软件复位的命令流程.....	15
• 添加了全局初始化和地址分配的命令流程.....	15
• 添加了全局清除中断的命令流程.....	17
• 添加了全局读取和写入的命令流程.....	17
• 添加了单独读取和写入的命令流程.....	18
• 根据新格式更新了寄存器映射.....	20
• 将温度结果寄存器更新为 16 位值以映射到通信协议.....	21
• 将配置寄存器更新为 16 位值以映射到通信协议.....	21
• 将温度下限寄存器更新为 16 位值以映射到通信协议.....	22

-
- 将温度上限寄存器更新为 16 位值以映射到通信协议..... **23**
-

5 引脚配置和功能

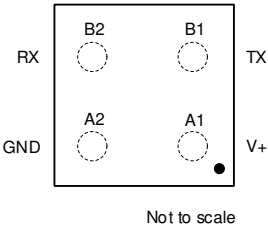


图 5-1. YFF 和 YBK 封装 4 引脚 DSBGA (顶视图)

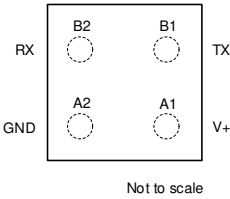


图 5-2. YMT 封装 4 引脚 DSBGA (顶视图)

表 5-1. 引脚功能

引脚		I/O ⁽¹⁾	说明
名称	编号		
GND	A2	G	接地
RX	B2	I	串行数据输入引脚
TX	B1	O	串行数据输出引脚 (推挽输出)
V+	A1	I	电源电压 : 1.4V 至 3.6V

(1) I = 输入, O = 输出, G = 地

6 规格

6.1 绝对最大额定值

在自然通风条件下的温度范围内测得 (除非另有说明) (1)

		最小值	最大值	单位
电源电压	V+	- 0.3	4.0	V
输入电压	RX	- 0.3	(V+) + 0.3 且 ≤ 4	V
I/O 电流	TX		±15	mA
运行结温, T _J		-55	150	°C
贮存温度, T _{stg}		- 60	150	°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。这些列出的值仅仅是应力等级, 这并不表示器件在这些条件下以及在建议运行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。

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 标准 ⁽¹⁾	±2000	V
		充电器件模型 (CDM), 符合 JEDEC 规范 JESD22-C101 ⁽²⁾	±1000	V

(1) JEDEC 文档 JEP155 指出: 500V HBM 可实现在标准 ESD 控制流程下安全生产。

(2) JEDEC 文件 JEP157 指出: 250V CDM 可实现在标准 ESD 控制流程下安全生产。

6.3 建议运行条件

		最小值	标称值	最大值	单位
V+	电源电压	1.4	3.3	3.6	V
V _{I/O}	RX	0		V+	V
T _A	运行环境温度	-40		125	°C

6.4 热性能信息

热指标(1)		TMP144			单位
		YFF (DSBGA)	YMT (DSBGA)	YBK (DSBGA)	
		4 引脚	4 引脚	4 引脚	
R _{θJA}	结至环境热阻	188.5	167.3	180.2	°C/W
R _{θJC(top)}	结至外壳 (顶部) 热阻	2.1	0.7	1.1	°C/W
R _{θJC(bot)}	结至外壳 (底部) 热阻	不适用	不适用	不适用	°C/W
R _{θJB}	结至电路板热阻	35.1	47.0	60	°C/W
ψ _{JT}	结至顶部特征参数	10.6	0.4	0.6	°C/W
ψ _{JB}	结至电路板特征参数	35.1	47.0	60	°C/W

(1) 有关新旧热指标的更多信息, 请参阅 IC 封装热指标应用报告 SPRA953。

6.5 电气特性

在自然通风条件下的温度范围内且 V+ = 1.4V 至 3.6V (除非另有说明) ; 典型值规格条件: T_A = 25°C 且 V+ = 3.3V (除非另有说明)

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
温度传感器						
T _{ERR} ⁽¹⁾	温度精度	V+ = 3.3V, T _A = -10°C 至 100°C		±0.5	±1.0	°C
	温度精度	V+ = 1.4V 至 3.6V, T _A = -40°C 至 125°C		±1.0	±2.0	°C
PSR	直流电源抑制	单次触发模式		±0.2	±0.5	°C/V

在自然通风条件下的温度范围内且 $V+ = 1.4V$ 至 $3.6V$ (除非另有说明) ; 典型值规格条件 : $T_A = 25^{\circ}C$ 且 $V+ = 3.3V$ (除非另有说明)

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
T _{RES}	温度分辨率	包括符号位	12			位
		LSB	62.5			m°C
t _{CONV}	转换时间	单次触发模式	26	35		ms
t _{CONV_P}	转换周期	CR1=0, CR0=0 (默认值)	4			s
		CR1=0, CR0=1	1			s
		CR1=1, CR0=0	0.25			s
		CR1=1, CR0=1	0.125			s
数字输入/输出						
C _{IN}	输入电容		5			pF
V _{IH}	输入逻辑高电平	RX	0.7 × (V+)	(V+) + 0.3		V
V _{IL}	输入逻辑低电平	RX	- 0.5	0.3 × (V+)		V
I _{IN}	输入漏电流	0 ≤ V _{IN} ≤ (V+) + 0.3V	-1		1	μ A
V _{OL}	输出低电平	TX, V+ > 2V, I _{OH} = 1mA	0		0.4	V
		TX, V+ < 2V, I _{OH} = 1mA	0		0.2 × (V+)	V
V _{OH}	输出高电平	TX, V+ > 2V, I _{OL} = 1mA	(V+) - 0.4		V+	V
		TX, V+ < 2V, I _{OL} = 1mA	0.8 × (V+)		V+	V
电源						
I _{DD_ACTI VE}	有效转换期间的电源电流	V+ = 3.3V, 有效转换, 串行总线无效		44	100	μ A
I _{DD_AVG}	平均电流消耗	V+ = 3.3V, CR1 = 0, CR0 = 0 (默认值)	串行总线无效	3	10	μ A
			串行总线有效	53		
I _{DD_SB}	待机电流 ⁽²⁾	V+ = 3.3V, 串行总线无效		2.5	9.5	μ A
I _{DD_SD}	关断电流	V+ = 3.3V, 串行总线无效		0.6	5	μ A
V _{POR}	上电复位阈值电压	电源上升		0.9		V
t _{RAMP_V DD}	V _{DD} 斜坡时间要求	电源电压上升或下降			1	ms

(1) 不包括自发热的影响。

(2) 转换之间的静态电流

6.6 UART 接口时序

在自然通风条件下的温度范围内且 $V+ = 1.4V$ 至 $3.6V$ (除非另有说明)

		UART (8N1)		单位
		最小值	最大值	
	波特率	4.8	114	kbps
t_R	数据上升时间		0.5%	波特
t_F	数据下降时间		0.5%	波特
	抖动		± 1	波特

6.7 时序图

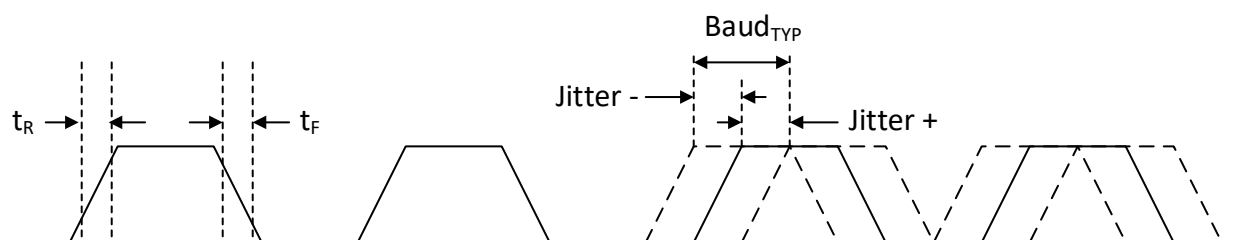


图 6-1. SMAART Wire™/UART 接口时序图

6.8 典型特性

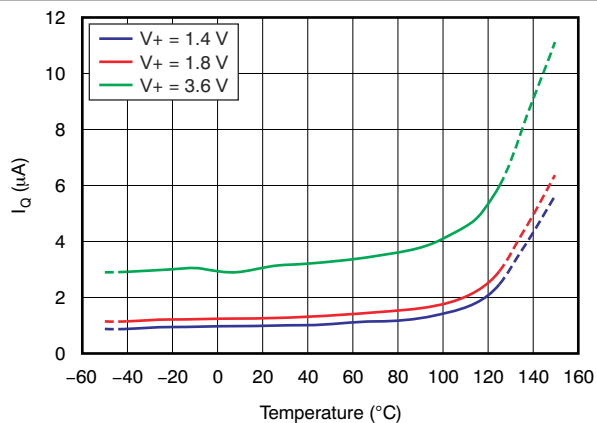


图 6-2. 典型静态电流与温度间的关系

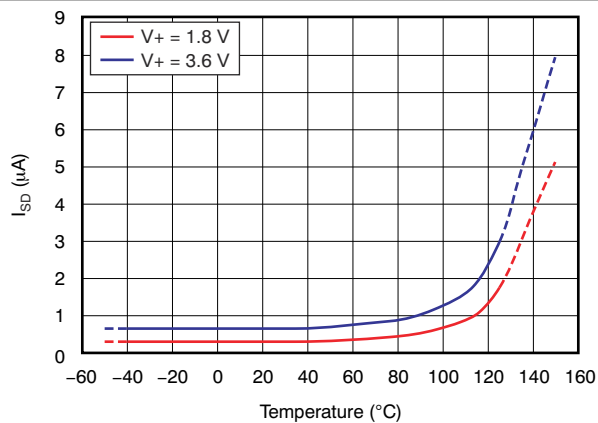


图 6-3. 关断电流与温度间的关系

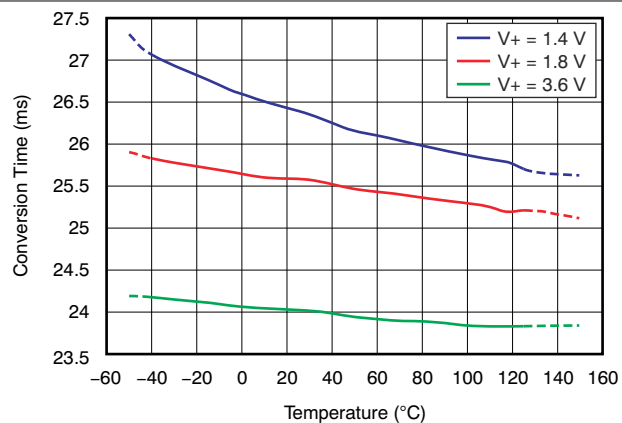


图 6-4. 转换时间与温度间的关系

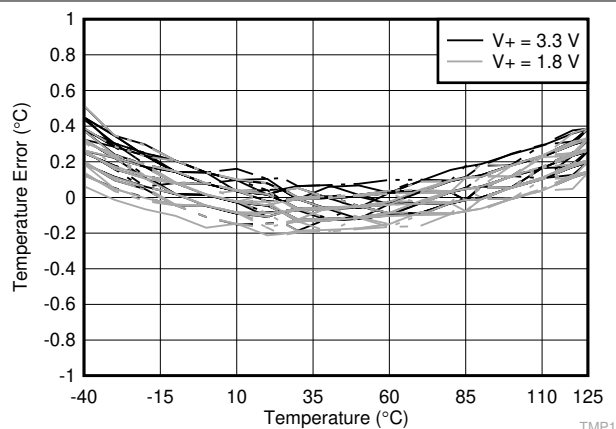


图 6-5. 温度误差与温度间的关系 (YFF 封装)

7 详细说明

7.1 概述

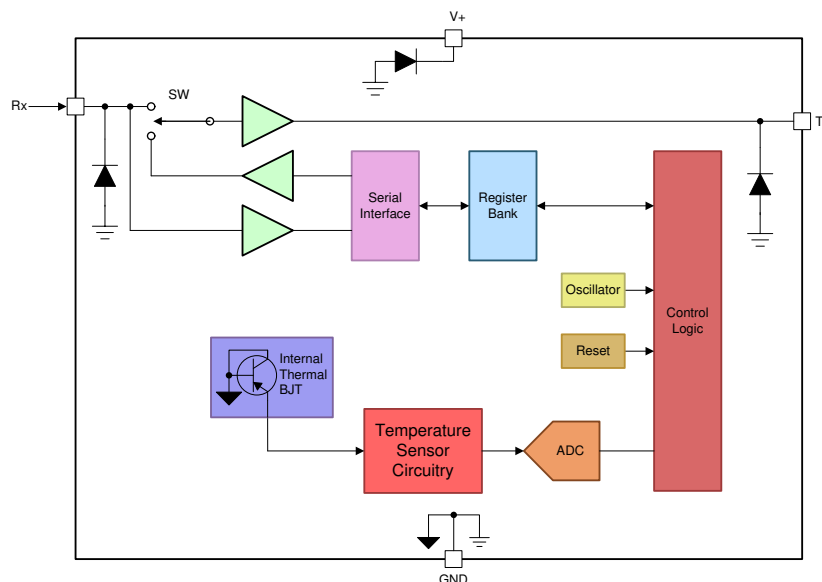
TMP144 是一款采用 Wafer Chip-Scale Package (WCSP) 的数字输出温度传感器，专为热管理和热分析而设计。TMP144 包含一个 SMAART Wire™/UART 接口，可在菊花链环路中与单根总线上的多达 16 个器件进行通信。该接口需要来自主机的两个引脚：菊花链中的第一个器件接收来自主机的数据，菊花链中的最后一个器件将数据返回主机，从而闭合环路。此外，TMP144 还可以执行多器件访问 (MDA) 命令，以允许多个 TMP144 器件响应单个全局总线命令。MDA 命令可减少包含多个 TMP144 器件的总线中的通信时间和功耗。TMP144 的额定工作温度范围为 -40°C 至 125°C。

TMP144 还可以将总线配置为透明模式，在该模式下，来自主机的输入会直接发送到链中的下一个器件，而不会产生延迟。此外，TMP144 可断开链路并创建由总线上的每个 TMP144 控制的串行通信，从而使每个器件具有可配置的寻址和中断功能。输入引脚 RX 是一个高阻抗节点。输出引脚 TX 具有内部推挽输出级，可将主机驱动至 GND 或 V+。

在初始化序列之后，总线上的每个器件都根据其链中的位置使用其唯一接口地址进行编程，从而使其能够响应自己的地址。这些器件还可以响应允许用户读取或写入总线上所有器件的通用命令，而无需向每个器件发送单独的地址和命令。

TMP144 内的温度传感器为芯片本身。散热路径贯穿封装凸点以及封装。金属的较低热阻和器件的较低高度会导致凸点和顶部为器件上的传感元件提供主要的散热路径。为了在要求对环境或者表面温度进行测量的应用中保持准确度，应该注意将封装与周围环境温度隔离。热传导粘合剂可以帮助实现精确的表面温度测量。

7.2 功能方框图



7.3 特性说明

7.3.1 上电

在上电或通用广播复位后，TMP144 会立即开始转换，如图 7-1 所示。器件的有效转换时间 (t_{ACT}) 为 26ms (典型值)，转换完成后第一个结果将存储在温度结果寄存器中。

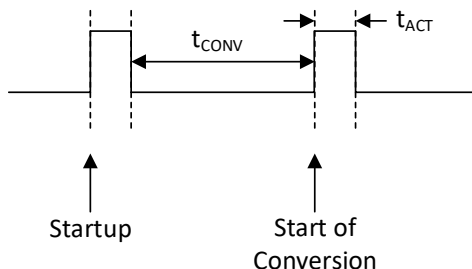


图 7-1. 转换开始

7.3.2 数字温度输出

默认情况下，TMP144 为每次温度转换提供 12 位数字输出，该输出存储在温度结果寄存器中。主机应用程序需要读取两个字节来获取该数据。此外，应用程序可以对配置寄存器中的 ETM 位进行编程，以获得 13 位数字输出。表 7-1 总结了温度输出格式。一个 LSB 等于 0.0625°C 分辨率。

表 7-1. 温度数据格式

温度 (°C)	数字输出 (ETM = 0)		数字输出 (ETM = 1)	
	二进制 (T11-T0)	十六进制	二进制 (T12-T0)	十六进制
+150	0111 1111 1111	7FF	0 1001 0110 0000	0960
+127.9375	0111 1111 1111	7FF	0 0111 1111 1111	07FF
+125	0111 1101 0000	7D0	0 0111 1101 0000	07D0
+100	0110 0100 0000	640	0 0110 0100 0000	0640
+80	0101 0000 0000	500	0 0101 0000 0000	0500
+75	0100 1011 0000	4B0	0 0100 1011 0000	04B0
+50	0011 0010 0000	320	0 0011 0010 0000	0320
+25	0001 1001 0000	190	0 0001 1001 0000	0190
+0.0625	0000 0000 0001	001	0 0000 0000 0001	0001
0	0000 0000 0000	000	0 0000 0000 0000	0000
-0.0625	1111 1111 1111	FFF	1 1111 1111 1111	1FFF
-25	1110 0111 0000	E70	1 1110 0111 0000	1E70
-40	1101 1000 0000	D80	1 1101 1000 0000	1D80

7.3.3 超时功能

TMP144 上实施了超时机制，如果主机和 TMP144 之间的同步丢失 28ms (典型值)，则允许 SMAART Wire™ 接口重新同步。如果校验字节和命令字节之间、命令字节和数据字节之间或任何数据字节之间的超时周期到期，TMP144 将重置 SMAART Wire™ 接口电路并等待波特率校验命令重新启动。每次在 SMAART Wire™ 接口上传输一个字节时，此超时周期都会重新开始。

7.4 器件功能模式

7.4.1 连续转换模式

当 TMP144 处于连续转换模式 ($M1 = 1$) 时, 连续转换的执行速率由配置寄存器中的转换速率位 CR[1:0] 确定。TMP144 执行单次转换, 然后断电并等待 CR[1:0] 设置的适当延迟时间。

7.4.2 关断模式

关断模式通过关闭除了串行接口之外的所有器件电路来尽可能节省功率, 通常将电流消耗减少到小于 $0.5 \mu A$ 。当配置寄存器中的位 M[1:0] 设置为 “00” 时, 将启用关断模式。如果存在正在进行的有效转换, 则器件将完成正在进行的转换, 更新温度结果寄存器并关闭。

7.4.3 单次触发模式

TMP144 具有单次触发温度测量模式。当器件处于关断模式时, 将 01 写入配置寄存器中的位 M[1:0] 将启动单次温度转换。在转换期间, 位 M[1:0] 读取 01。单次转换完成后, 器件返回到关断状态。转换后, 位 M[1:0] 读取 00。当无需对温度进行持续监控时, 这个特性能有效地减少 TMP144 的功耗。

由于转换时间短, TMP144 可实现更高的转换速率。单次转换通常花费 26ms, 而单独读取操作可以在不到 $300 \mu s$ 内完成。当使用单次触发模式时, 可实现每秒 30 次或者更多次转换。

7.4.4 扩展温度模式

上电时, TMP144 运行中输出 12 位温度值。但是, 通过将配置寄存器中的 ETM 位设置为 “1”, TMP144 可被编程为在扩展温度模式下运行。在扩展温度模式下运行时, 温度结果和温度限值寄存器将是 13 位而不是 12 位。这个额外的位增加了测量值的范围。如表 7-1 所示, 如果温度值为 12 位, 则最大值为 7FFh 或 $127.9^{\circ}C$ 。但是, 如果温度值为 13 位, 则最大值为 FFFh 或 $255.9^{\circ}C$ 。

启用扩展温度模式后, 应用程序可以使用温度上限寄存器和温度下限寄存器的 EM 位。TI 建议用户更新 T_{HIGH} 和 T_{LOW} 寄存器限值, 因为添加的位将有效地左移并使寄存器值加倍。这将使相应的温度限值加倍。但是, 如果应用程序通过将该位从 1 更改为 0 退出了 ETM 模式, 该位不会被清零。因此, 除非应用程序更新寄存器值, 否则限值将右移 1 位并减半。

在每个转换周期结束时都会考虑 ETM 位的值, 但将该位设置为 1 后可以立即更新限值寄存器。

7.4.5 温度警报功能

TMP144 包含温度警报功能, 可监测器件温度并将结果与存储在温度限值寄存器中的值进行比较, 以确定器件温度是否在这些设定的限值范围内。如图 7-2 所示, 如果温度转换结果大于温度上限寄存器中的值, 则配置寄存器

中的高电平标志位 (FH) 将设置为“1”。如果温度转换寄存器的结果小于温度下限寄存器中的值，则配置寄存器中的低电平标志位 (FL) 将设置为“1”。标志位的清除取决于配置寄存器中锁存位 (LC) 的设置。

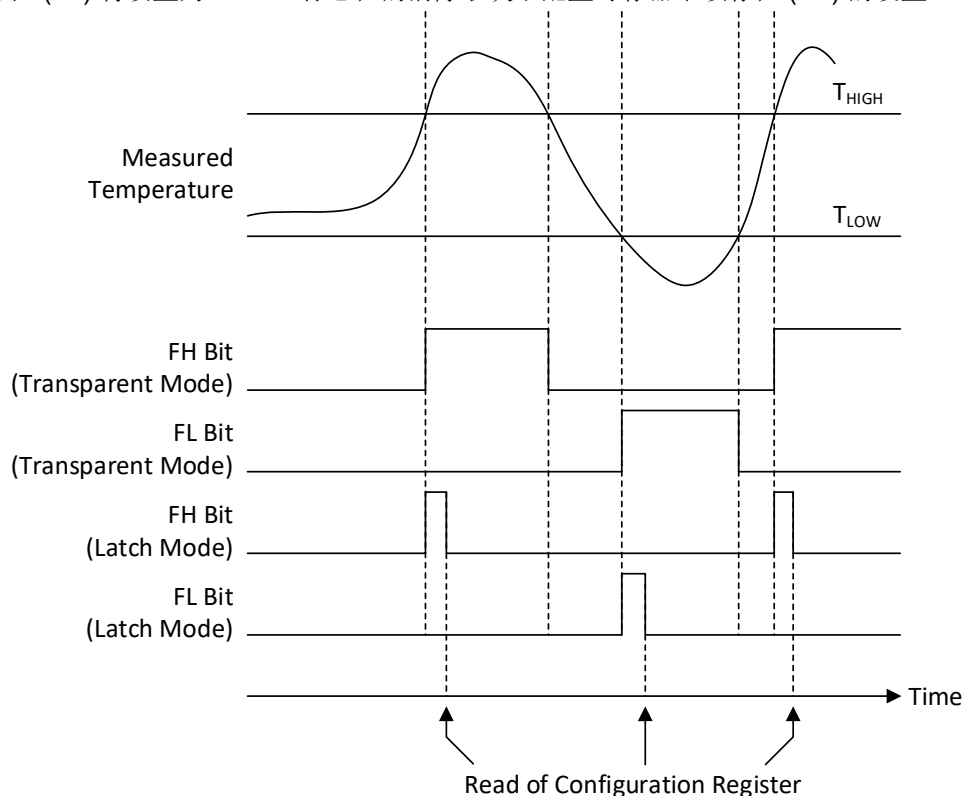


图 7-2. 温度标志功能图

配置寄存器中的 LC 位在设置为“1”时用于锁存标志位 (FH 和 FL) 的值，直到主机向配置寄存器发出读取命令。当器件接收到读取命令时，标志位将设置为“0”。

LC 位在配置为“0”时，会将器件配置为在透明模式下运行，其中仅当温度转换结果处于温度限值范围内时才会清除标志位 (FH 和 FL)。

7.4.6 中断功能

TMP144 通过断开总线连接来中断主机，如果满足如图 7-3 所示的下列所有条件，则通过将总线保持在低电平来发出中断请求。

- 配置寄存器中的 INT_EN 设置为 1；
- 最后一次转换的温度结果大于温度上限寄存器中的值或小于温度下限寄存器中的值（在 FH 或 FL 中也分别用 1 表示）；
- 总线处于逻辑高电平且空闲时间超过 28ms。

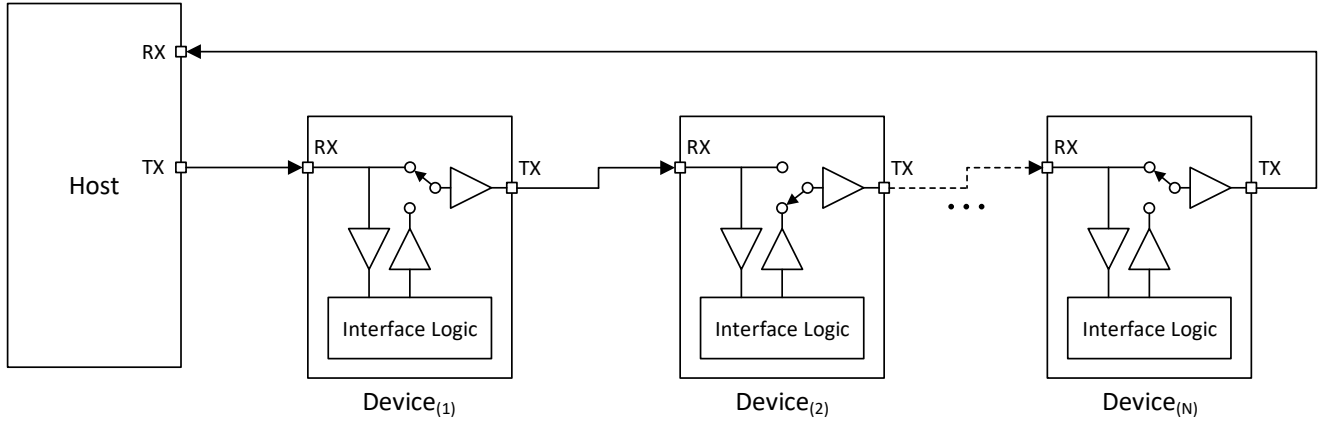


图 7-3. TMP144 菊花链：从第二个器件发出中断请求（逻辑低电平）期间的总线状态

无论 LC 的状态如何，总线上的中断都会被锁存。将 1 写入 INT_EN 会自动设置 LC 位。TMP144 将总线保持在低电平，直到发生以下事件之一：

- 接收到全局中断清除命令。
- 接收到全局软件复位命令。
- 发生上电复位事件。

以上每个事件都会清除 INT_EN。TMP144 在主机写入操作将配置寄存器中的 INT_EN 设置为重新启用未来的中断之前，不会发出未来的中断。

在已启用中断的系统中，总线上的 TMP144 可以在主机启动通信序列的同时发出中断。为了避免这种情况，TI 建议主机在发送校验字节后应检查总线接收端的状态。如果该位为 1，则主机可以继续通信。如果该位为 0，则表明总线上的一个 TMP144 器件正在发出警报，主机必须发送全局中断清除命令。

7.5 SMAART Wire™/UART 接口

TMP144 使用 TI 专有的单线 UART 兼容通信协议，称为 SMAART Wire™。TMP144 有两个专用通信引脚：TX 和 RX。通常，这两个引脚在内部连接，并且 RX 上的信号传播到 TX，除非器件必须在总线上或在地址分配和警报过程中发送数据。

该接口具有内置超时设置（通常为 28ms），可在通信中断时将接口返回到已知状态。

7.5.1 通信协议

SMAART Wire™/UART 协议的每次通信都包含 8 位字，且首先传输最低有效位 (LSB)。每个 8 位字都以处于逻辑低电平的起始位开始，以处于逻辑高电平的停止位结束。通过对每个 8 位字使用起始位和停止位，TMP144 可以校验每个字并在整个过程中保持同步通信。

SMAART Wire™/UART 通信协议的步骤如下：

1. 主机发送一个起始位来启动通信过程。
2. 主机发送校验字节 (55h) 以让 TMP144 与主机的波特率同步。
3. 主机在校验字节后发送一个停止位。
4. 主机发送第二个起始位，后跟命令寄存器字节和停止位。
5. 主机发送第三个起始位，后跟仅用于写入的数据字节。
6. 如果指令是写入命令，主机将发送数据字节。
7. 主机发送一个停止位来完成该过程。

备注

如果命令寄存器中发送的指令是读取命令，器件将断开链路并发送数据字节。

图 7-4 中显示了该序列。

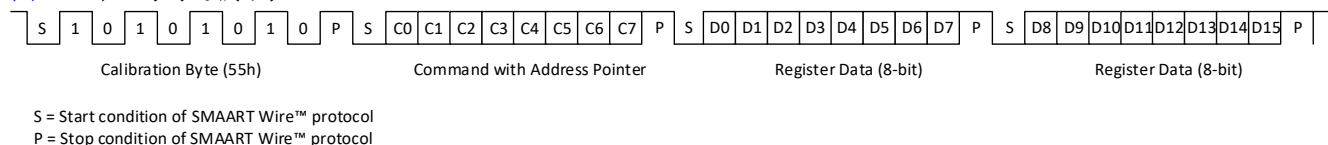


图 7-4. 通用通信写入位流

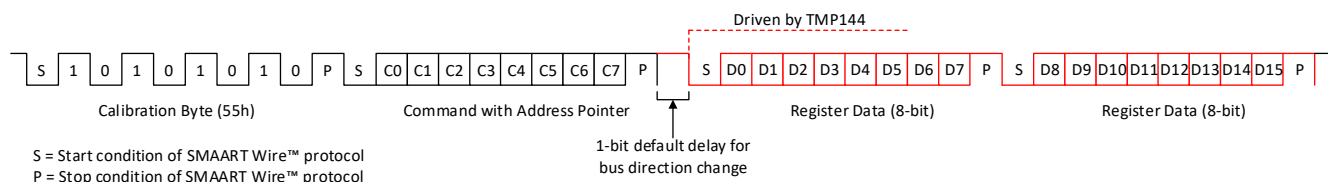


图 7-5. 通用通信读取位流

命令字节由 TMP144 解码，以确定后续通信操作的格式。表 7-2 列出了命令寄存器字节值。

表 7-2. 命令字节值

命令操作	命令字节编码								十六进制值
	C7 (MSB)	C6	C5	C4	C3	C2	C1	C0 (LSB)	
	GLBL	IN3/ID3	IN2/ID2	IN1/ID1	IN0/ID0	P1	P0	R/W	
全局软件复位	1	0	1	1	0	1	0	0	B4
全局初始化	1	0	0	0	1	1	0	0	8C
全局地址分配	1	0	0	1	0	0	0	0	90
全局清除中断	1	0	1	0	1	0	0	1	A9
全局写入	1	1	1	1	0	P1	P0	0	基于 P[1:0]

表 7-2. 命令字节值 (continued)

命令操作	命令字节编码								十六进制值
	C7 (MSB)	C6	C5	C4	C3	C2	C1	C0 (LSB)	
	GLBL	IN3/ID3	IN2/ID2	IN1/ID1	IN0/ID0	P1	P0	R/W	
全局读取	1	1	1	1	0	P1	P0	1	基于 P[1:0]
单独写入	0	ID3	ID2	ID1	ID0	P1	P0	0	基于 ID[3:0] 和 P[1:0]
单独读取	0	ID3	ID2	ID1	ID0	P1	P0	1	基于 ID[3:0] 和 P[1:0]

7.5.2 全局软件复位

主机可以向菊花链中的所有 TMP144 器件发起全局软件复位命令 (C[7:0] = 10110100)，如图 7-6 所示。收到该命令后，TMP144 将复位除器件 ID 之外的所有内部寄存器并重新连接总线。如果在该命令发起之前总线中断，则在总线中断点之前的所有 TMP144 器件都会收到该命令。如果主机打算在链中的所有 TMP144 器件上发起全局软件复位，则必须多次发送此命令，直到它回传到主机。

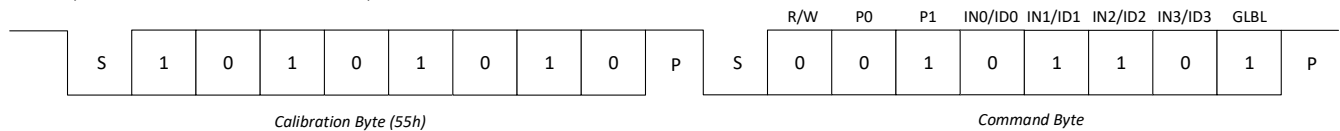


图 7-6. 全局软件复位命令流程

7.5.3 全局初始化和地址分配序列

器件上电时，菊花链中的每个 TMP144 都以透明模式连接，如图 7-7 所示。

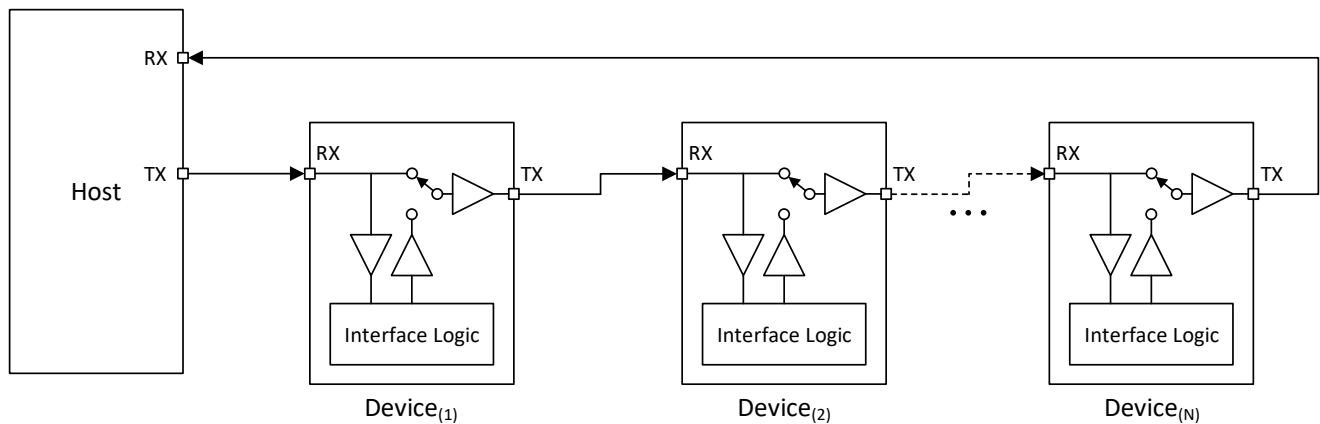


图 7-7. TMP144 菊花链：全局初始化启动时的总线状态

如图 7-8 所示，主机必须发送初始化命令 ($C[7:0] = 10001100$)，以便总线对其内部地址进行编程，具体取决于总线上的器件数量。

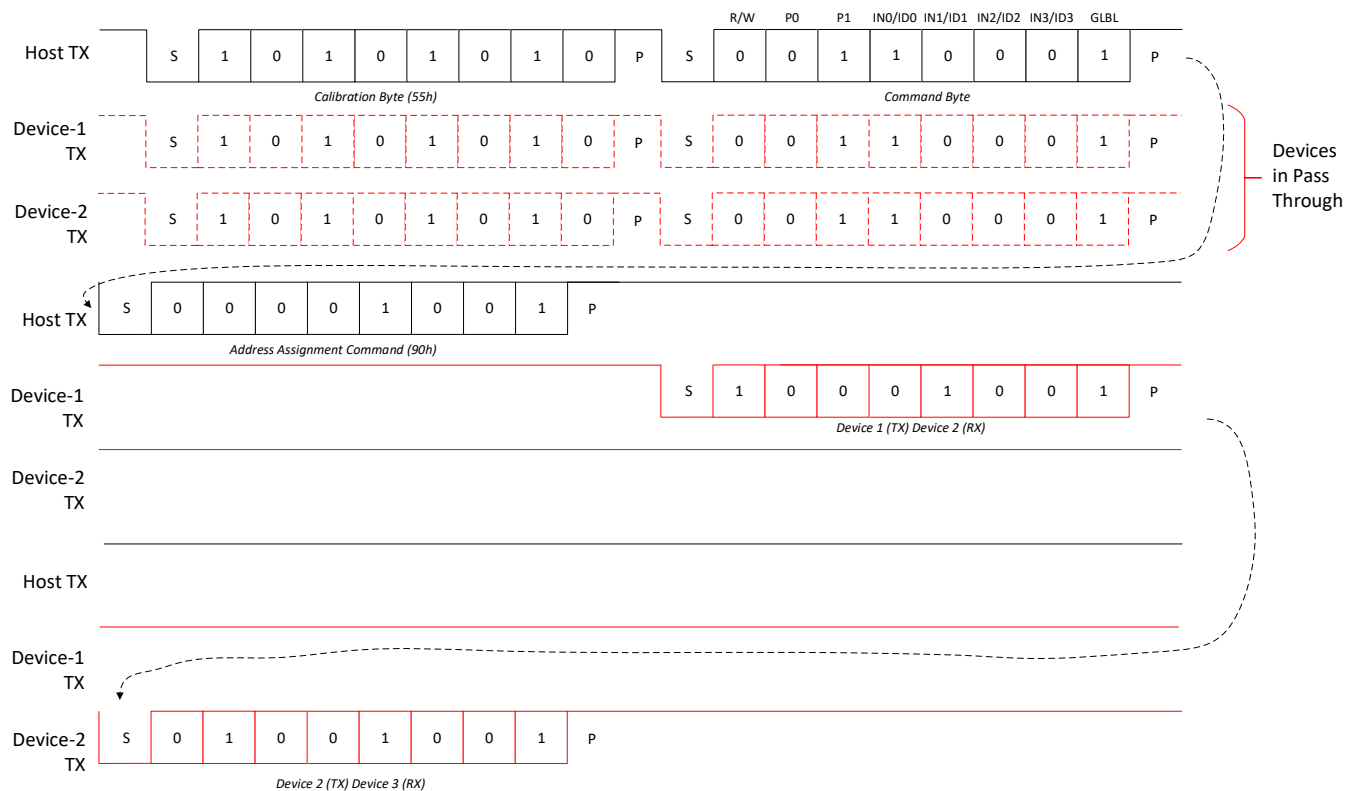


图 7-8. 全局初始化和地址分配命令流程

链中的每个 TMP144 都会解释初始化命令字节并断开链路，如图 7-9 所示。

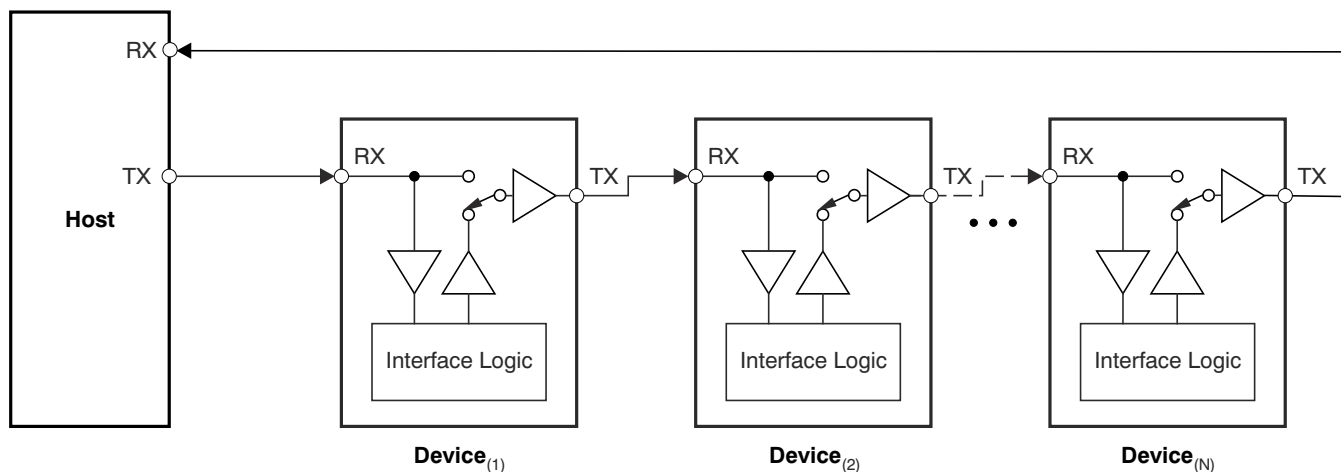


图 7-9. TMP144 菊花链：地址分配启动时的总线状态

然后，主机必须发送地址分配命令，包括 $C[7:4] = 1001$ 和 $C[3:0] = 0000$ ，其中 $C[3:0]$ 表示链中第一个器件的地址。该字在内部存储为其器件 ID。第一个器件在器件地址中增加此单位，然后重新连接总线，如图 7-10 所示。然后将该地址发送到链中的下一个器件。

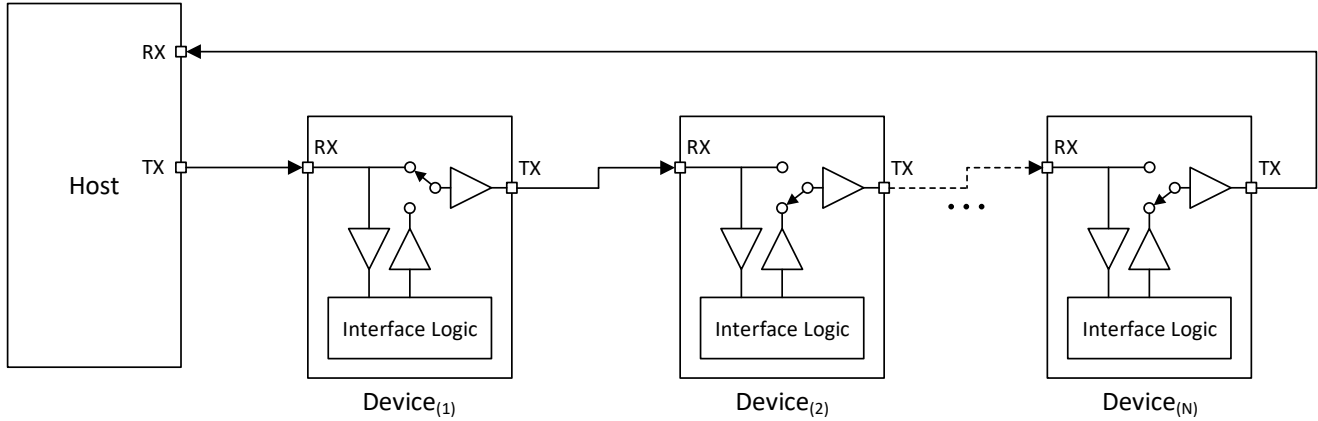


图 7-10. TMP144 菊花链：第一个器件地址分配后的总线状态

在链上的所有器件都收到各自的地址后，主机会收到链上最后一个编程的地址 + 1。主机可以使用此信息来确定链中的器件总数以及每个器件的相应地址。

在初始化序列之后，每个器件可以单独寻址，也可以通过全局命令寻址。此全局初始化序列是必需的，并且必须在任何其他通信之前执行。

7.5.4 全局清除中断

主机可以向菊花链中的所有 TMP144 器件发出全局清除中断命令 ($C[7:0] = 10101001$)，如图 7-11 所示。收到此命令后，TMP144 将禁用未来中断（配置寄存器中的第 11 位设置为 0）。如果 TMP144 之前断开了总线连接并发送了中断（总线上的逻辑低电平），则器件现在会停止将总线保持在低电平。该器件将波特率校验命令和清除中断命令发送到链中的下一个 TMP144，然后重新连接总线。如果多个器件具有活跃中断，清除中断命令会通过菊花链传播，禁用所有中断，并在所有器件之间重新连接总线。

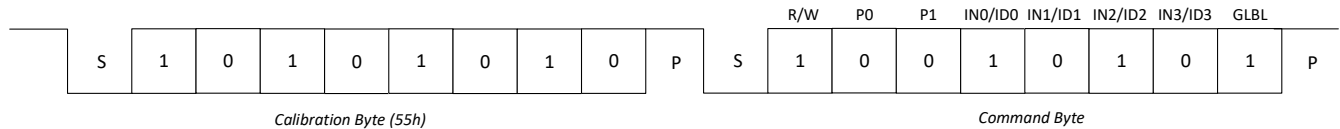


图 7-11. 全局清除中断命令流程

7.5.5 全局读取和写入

主机可以通过发送由 $C[7:3] = 11110$ 和 $C[2:1]$ 组成的读取/写入命令来向菊花链中的所有 TMP144 发起全局读取或写入命令，以指示数据寄存器指针 $P[1:0]$ ，如表 7-3 所示。全局写入命令由 $C[0] = 0$ 表示。主机必须为寄存器传输至少一个字节的的数据，菊花链中的每个 TMP144 都会更新相应的寄存器，如图 7-12 所示。

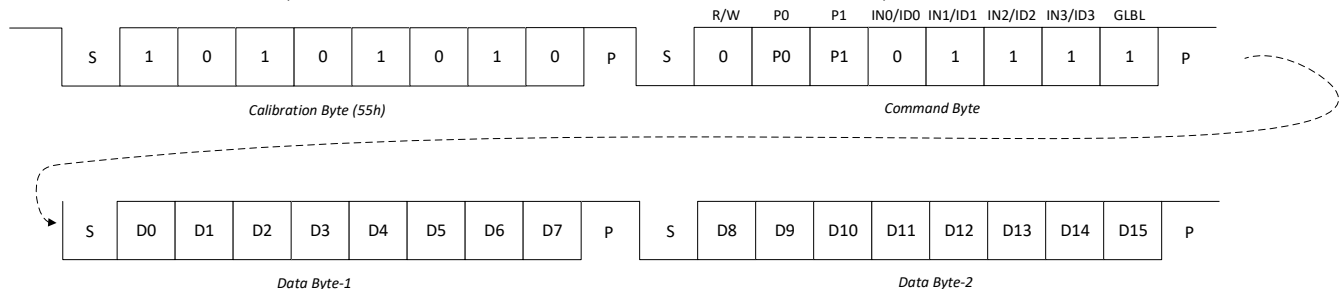


图 7-12. 全局写入命令流程

全局读取命令由 $C[0] = 1$ 表示。如图 7-13 所示，器件 ID 为 0000 的 TMP144 随后断开总线连接，传输寄存器中由位 $C[2:1]$ （对应于数据寄存器指针 $P[1:0]$ ）指示的数据，然后重新连接总线。器件 ID 为 0001 的 TMP144 随后会重复相同的序列，然后菊花链中的其余 TMP144 器件依次重复相同的序列。

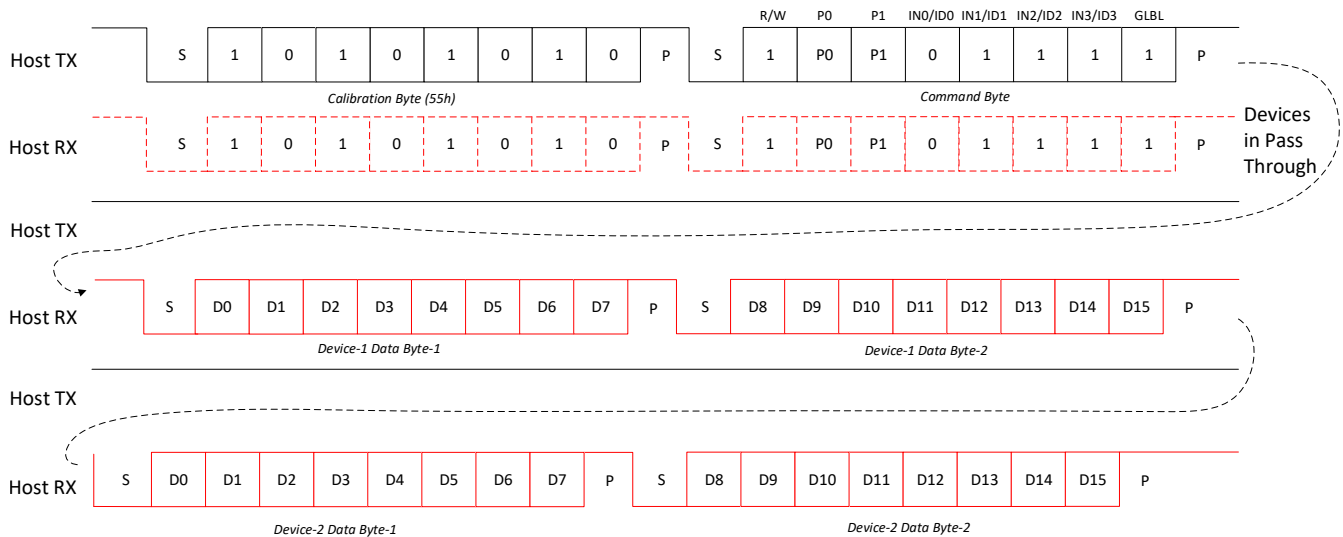


图 7-13. 全局读取命令流程

表 7-3. 指针地址

P1	P0	寄存器
0	0	温度寄存器 (只读)
0	1	配置寄存器 (读取/写入)
1	0	T_{LOW} 寄存器 (读取/写入)
1	1	T_{HIGH} 寄存器 (读取/写入)

7.5.6 单独读取和写入

主机可以通过发送读取/写入命令来向菊花链中的特定 TMP144 器件发起单独读取和写入命令。读取/写入命令包含以下参数：

- $C[7] = 0$ (单独器件访问)
- $C[6:3] =$ 器件 ID ($ID[3:0]$)
- $C[2:1] =$ 数据寄存器指针 ($P[1:0]$)；请参阅表 7-3
- $C[0] =$ 表示读取/写入控制

如图 7-14 所示，单独器件写入命令由 $C[0] = 0$ 表示。主机必须为位 $C[2:1]$ 指示的寄存器传输至少一个字节的数。然后，菊花链中与位 $C[6:3]$ 指示的器件 ID 相对应的 TMP144 会更新相应的寄存器。

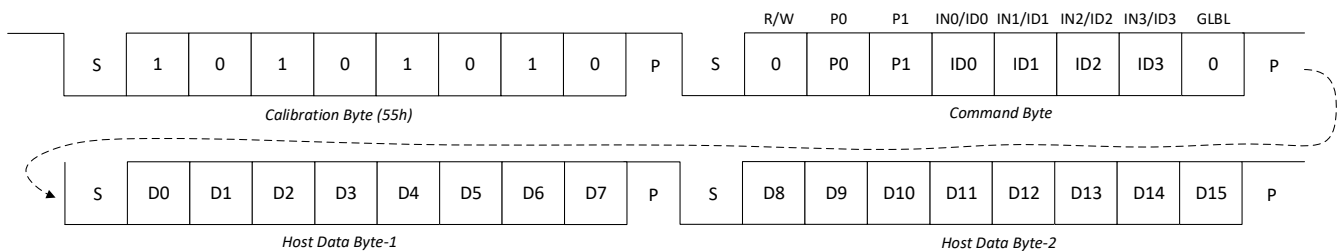


图 7-14. 单独写入命令流程

如图 7-15 所示，单独器件读取命令由 C[0] = 1 表示。如图 7-16 所示，与位 C[6:3] 指示的器件 ID 相对应的菊花链中的 TMP144 随后中断总线，传输寄存器中由位 C[2:1] 指示的数据，并重新连接总线。

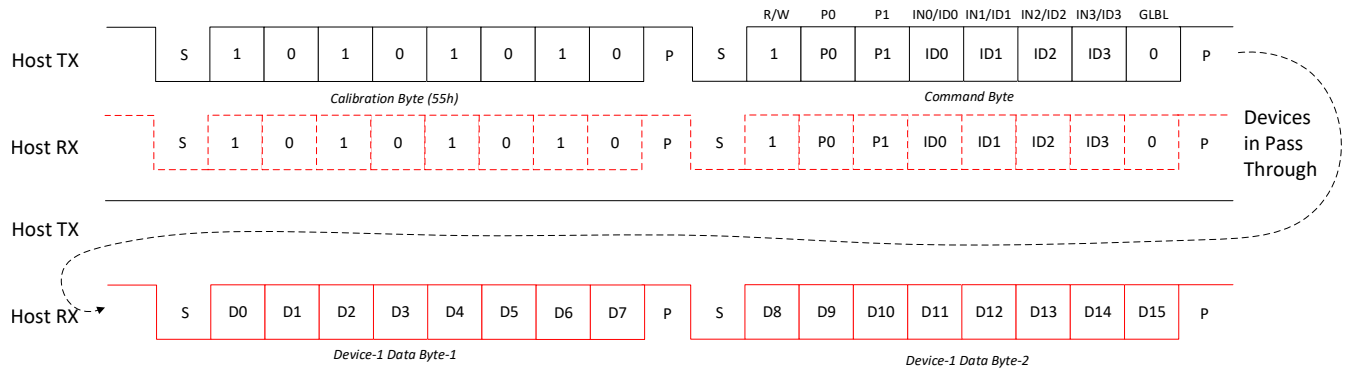


图 7-15. 单独读取命令流程

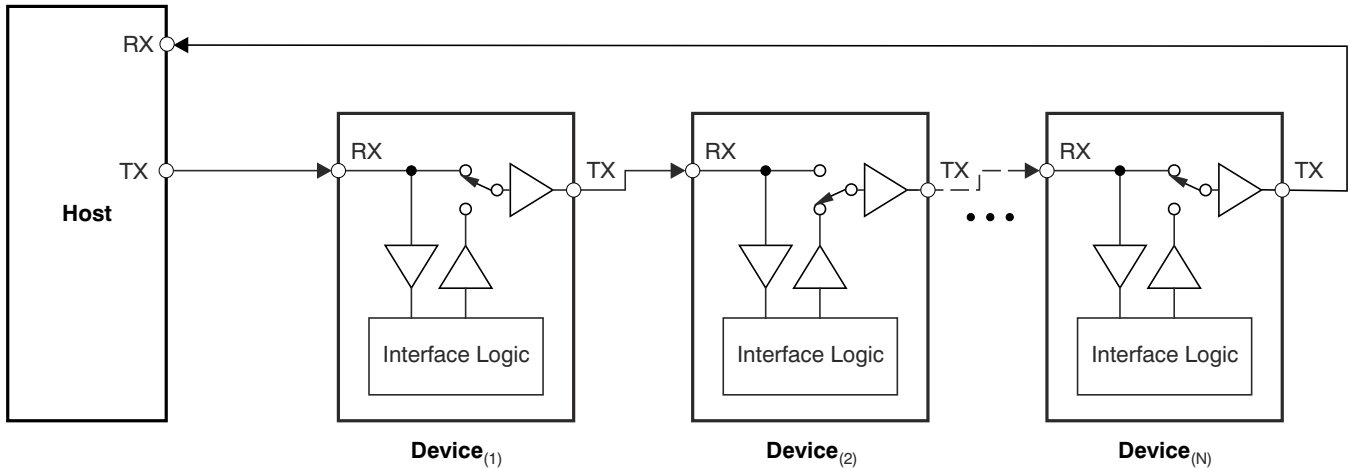


图 7-16. TMP144 菊花链：第二个器件的单独读取操作期间的总线状态

7.6 寄存器映射

图 7-17 显示了 TMP144 的内部寄存器结构。寄存器之间的通信按 LSB 优先的顺序通过接口传输。如表所示的 8 位命令寄存器用于确定主机器件要访问的寄存器的地址指针。

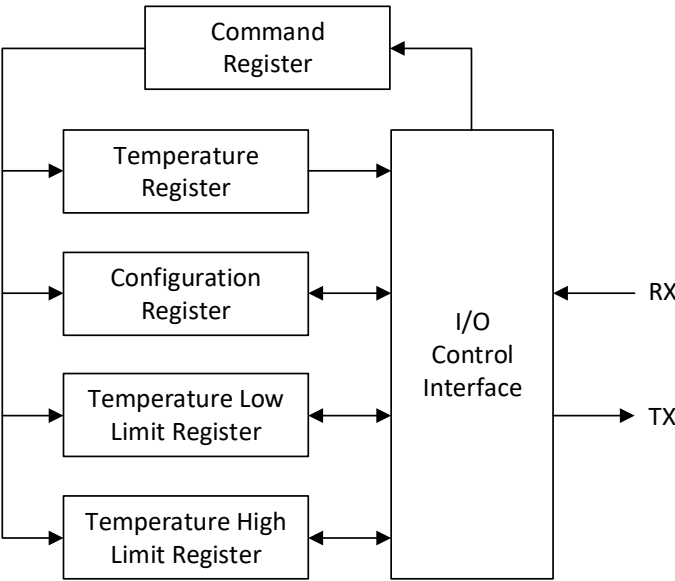


图 7-17. 内部寄存器结构

表 7-4. 寄存器映射

地址指针 P[1:0]	类型	复位	缩写	寄存器名称	章节
00	R	0000h	Temp_Result	温度结果寄存器	转到
01	R/W	0200h	配置	配置寄存器	转到
10	读/写	3C00h	Tlow_limit	温度下限寄存器	转到
11	读/写	F600h	Thigh_limit	温度上限寄存器	转到

表 7-5. 寄存器部分/块访问类型代码

访问类型	代码	说明
读取类型		
R	R	读取
RC	R C	读取 即清除
R-0	R -0	读取 返回 0s
写入类型		
W	W	写入
W0CP	W 0C P	W 0 即清除 需要特权访问
复位或默认值		
-n		复位后的值或默认值

7.6.1 温度结果寄存器 (P[1:0] = 00) [复位 = 0000h]

温度结果寄存器以 12 位或 13 位格式存储转换结果，具体取决于配置寄存器中 **ETM** 位的状态。负数以二进制补码格式表示。上电或者复位后，在首次转换完成前，温度结果寄存器读数为 0°C。

当 **ETM** 位配置为“0”时，器件的温度结果寄存器将配置为 12 位值，且最低有效位始终读取为“0”。温度结果的一个 LSB 等于 0.0625°C。

表 7-6. 温度结果寄存器 (ETM = 0)

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
T[11:0]												EM	保留		
R-000h												R-0	R-0h		

表 7-7. 温度结果寄存器 (ETM = 0) 字段说明

位	字段	类型	复位	说明
15:4	T[11:0]	R	000h	最后一次转换后的 12 位温度结果
3	EM	R	0	扩展模式位
2:0	保留	R	0h	保留

当 **ETM** 位配置为“1”时，器件的温度结果寄存器将配置为 13 位值。温度结果的一个 LSB 等于 0.0625°C。

表 7-8. 温度结果寄存器 (ETM = 1)

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
T[12:0]													保留		
R-0000h													R-0h		

表 7-9. 温度结果寄存器 (ETM = 1) 字段说明

位	字段	类型	复位	说明
15:13	T[12:0]	R	0000h	最后一次转换后的 13 位温度结果
2:0	保留	R	0h	保留

7.6.2 配置寄存器 (P[1:0] = 01) [复位 = 0200h]

配置寄存器用于存储温度传感器工作模式的控制位，并读取警报标志的状态。读取/写入操作首先执行 **LSB**。

返回 [寄存器映射](#)。

表 7-10. 配置寄存器

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
INT_EN	CR[1:0]		FH	FL	LC	M[1:0]		ETM	保留						
R/W-0	R/W-0		R-0	R-0	R/W-0	R/W-10		R/W-0	R-00h						

表 7-11. 配置寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
15	INT_EN	R/W	0	中断启用位 0 = 中断已禁用 1 = 中断已启用
14:13	CR[1:0]	R/W	0	转换速率选择 00 = 0.25Hz 转换速率 (默认值) 01 = 1Hz 转换速率 10 = 4Hz 转换速率 11 = 8Hz 转换速率

表 7-11. 配置寄存器字段说明 (continued)

位	字段	类型	复位	说明
12	FH	R	0	高温标志 0 = 未超过温度上限 1 = 超过温度上限
11	FL	R	0	低温标志 0 = 未超过温度下限 1 = 超过温度下限
10	LC	R/W	0	锁存控制位 0 = 标志位在读取后被清除 1 = 标志位被锁存
9:8	M[1:0]	R/W	10	转换模式选择 00 = 关断模式 01 = 单次触发转换模式 1x = 连续转换模式
7	ETM	R/W	0	扩展温度模式选择 0 = 模式已禁用 1 = 模式已启用
6:0	保留	R	0	保留

7.6.3 温度下限寄存器 (P[1:0] = 10) [复位 = F600h]

温度下限寄存器用于存储器件下限标志的低温阈值。默认上电复位值为 -10°C 。只有当 ETM = 0 时上电默认值才有效。在每次温度转换结束时，器件会将温度结果与温度下限寄存器进行比较。如果温度结果小于该寄存器中设置的阈值，则配置寄存器中的 FL 位将进行置位。

当配置寄存器中的 ETM 位更新时，强烈建议用户更新下限寄存器。

备注

当 ETM 位设置为 0 时，对 EM 位的任何写入都将被忽略。

表 7-12. 温度下限寄存器 (ETM = 0)

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
L[11:0]												EM	保留		
R/W-F60h												R/W-0	R-0h		

表 7-13. 温度下限寄存器 (ETM = 0) 字段说明

位	字段	类型	复位	说明
15:4	L[11:0]	R/W	F60h	12 位温度下限阈值
3	EM	R/W	0	当 ETM = 0 时不用考虑
2:0	保留	R	0h	保留

表 7-14. 温度下限寄存器 (ETM = 1)

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
L[12:0]													保留		
R/W-F600h													R-0h		

表 7-15. 温度下限寄存器 (ETM = 1) 字段说明

位	字段	类型	复位	说明
15:3	L[12:0]	R/W	F600h	13 位温度下限阈值
2:0	保留	R	0h	保留

7.6.4 温度上限寄存器 (P[1:0] = 11) [复位 = 3C00h]

温度上限寄存器用于存储器件上限标志的高温阈值。默认上电复位值为 +60°C。只有当 ETM = 0 时上电默认值才有效。在每次温度转换结束时，器件会将温度结果与温度上限寄存器进行比较。如果温度结果大于该寄存器中设置的阈值，则配置寄存器中的 FH 位将进行置位。

当配置寄存器中的 ETM 位更新时，强烈建议用户更新上限寄存器。

备注

当 ETM 位设置为 0 时，对 EM 位的任何写入都将被忽略。

表 7-16. 温度上限寄存器 (ETM = 0)

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
H[11:0]												EM	保留		
R/W-3C0h												R/W-0	R-0h		

表 7-17. 温度上限寄存器 (ETM = 0) 字段说明

位	字段	类型	复位	说明
15:4	H[11:1]	R/W	3C0h	12 位温度上限阈值
3	EM	R/W	0	当 ETM = 0 时不用考虑
2:0	保留	R	0h	保留

表 7-18. 温度上限寄存器 (ETM = 1)

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
H[12:0]													保留		
R/W-3C00h													R-0h		

表 7-19. 温度上限寄存器 (ETM = 1) 字段说明

位	字段	类型	复位	说明
15:3	H[12:0]	R/W	3C00h	13 位温度上限阈值
2:0	保留	R	0h	保留

8 应用和实现

备注

以下应用部分中的信息不属于 TI 器件规格的范围，TI 不担保其准确性和完整性。TI 的客户应负责确定器件是否适用于其应用。客户应验证并测试其设计，以确保系统功能。

8.1 应用信息

TMP144 器件通常用于对多个热点进行热管理。MDA 命令可轻松同时管理多个器件，从而减少通信时间和功耗。WCSP 封装使该器件能够放置在空间受限的设计中，并允许该器件实现快速热响应。

8.2 典型应用

图 8-1 显示了 TMP144 器件在菊花链配置中的典型连接。

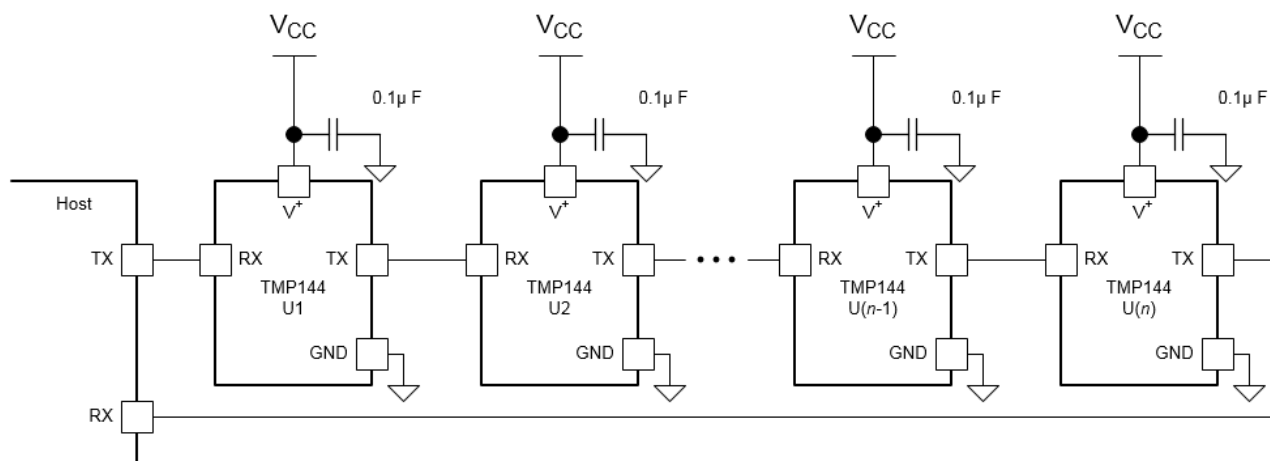


图 8-1. 具有多个器件的典型应用

8.2.1 设计要求

在此典型应用中连接了多个器件。后续小节将讨论主要设计要求。

8.2.2 详细设计过程

8.2.2.1 布线长度

两个 TMP144 器件之间的最大布线或电缆长度可能会因客户应用中所用电缆类型的有效电阻和电容而异。设计的布线或电缆应满足菊花链中每个 TMP144 器件在 [时序图](#) 中的时序规格。

8.2.2.2 压降效果

考虑由于线路上所有器件的电流导致沿电源线和接地线发生的压降。这种压降是由于多个器件同时通过公共导线、连接器和焊点的组合电阻消耗电流的结果。确保最后一个器件上的电源电压不低于 1.4V 的最小工作电源电压。

8.2.2.3 电源噪声滤波

为了降低电源噪声，每个 TMP144 器件均使用了一个 0.1 μF 的旁路电容器。根据环境的不同，可能需要额外的旁路电容器（例如，1nF）。

8.2.3 应用曲线

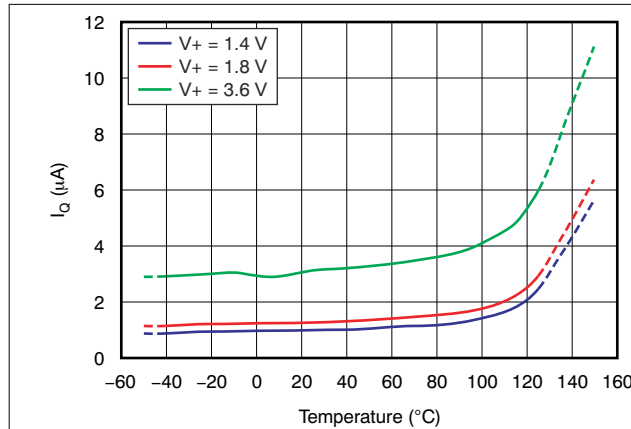


图 8-2. 典型静态电流与温度间的关系

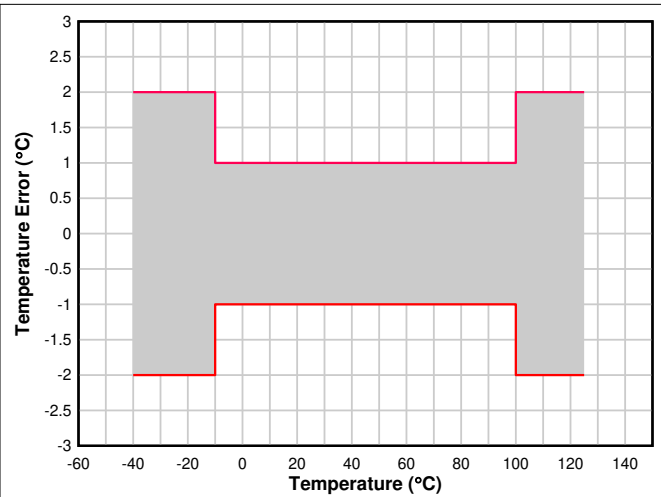


图 8-3. 温度误差与温度间的关系

8.3 电源相关建议

TMP144 工作的电源电压范围为 1.4V 至 3.6V。该器件经过修整，可在 3.3V 电源电压下工作，但 TMP144 可精确测量整个电源电压范围内的温度。

TMP144 是超低功耗器件，在电源总线上生成的噪声非常低。在 TMP144 的 V+ 引脚上应用旁路电容器，可进一步降低 TMP144 可能传播到其他元件的噪声。使用容值大于 0.1 μ F 的 C_F 电容器，如图 8-4 所示。将旁路电容器放置在尽可能靠近器件电源引脚和接地引脚的位置可获得理想效果。

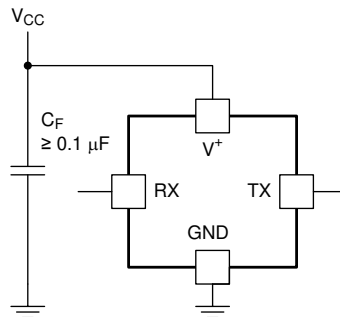


图 8-4. 使用旁路电容器降低电源噪声

8.4 布局

8.4.1 布局指南

将 TMP144 安装到 PCB 上，如图 8-5 所示。使用替代布局方案可能会获得可接受的性能；不过，该布局效果良好，可用作指南：

- 使用低 ESR 陶瓷旁路电容器将 V+ 引脚旁路至地。建议的典型旁路电容为具有 X5R 或 X7R 电介质的 0.1 μ F 陶瓷电容器。放置位置越靠近器件的 V+ 和 GND 引脚越好。请注意，应尽可能缩减由旁路电容连线、V+ 引脚和 IC 的 GND 引脚组成的环路面积。或者，旁路电容器也可以通过连接到 GND 平面的过孔接地。
- 使用更大的铜面积焊盘来减少自发热并降低对环境的热阻。
- 如果可能，使用具有厚铜层的 PCB 板。
- 如果可能，请勿使用染色剂来保护 IC，因为染色剂会增加热阻。

8.4.2 布局示例

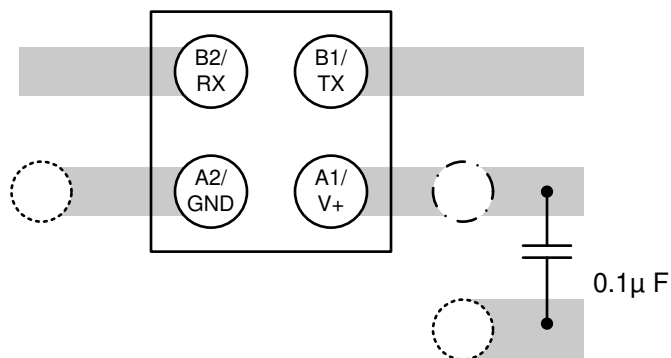
 VIA to power plane VIA to ground plane

图 8-5. 布局示例

9 器件和文档支持

9.1 器件支持

9.1.1 器件命名规则

菊花链 一种沿总线传播信号的方法，其中器件串联连接并且信号从一个器件传递到下一个器件。菊花链方案允许基于总线上器件的电气位置来分配器件的优先级。

9.2 接收文档更新通知

若要接收文档更新通知，请导航至 ti.com.cn 上的器件产品文件夹。点击右上角的 *提醒我* 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。

9.3 支持资源

TI E2E™ 支持论坛 是工程师的重要参考资料，可直接从专家获得快速、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可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》。

9.4 商标

SMAART Wire™ and TI E2E™ are trademarks of Texas Instruments.

所有商标均为其各自所有者的财产。

9.5 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。

9.6 术语表

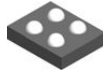
TI 术语表 本术语表列出并解释了术语、首字母缩略词和定义。

10 机械、封装和可订购信息

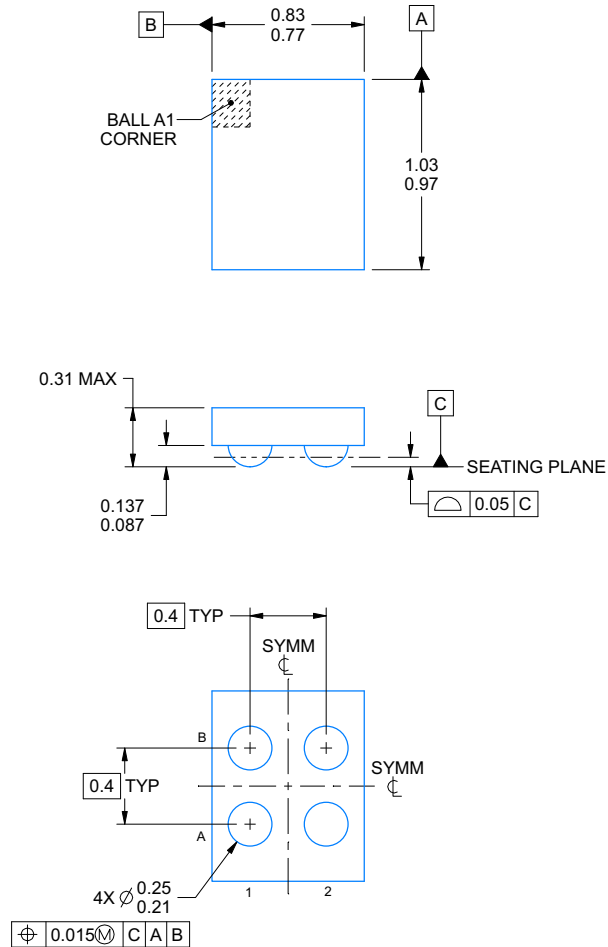
下述页面包含机械、封装和订购信息。这些信息是指定器件可用的最新数据。数据如有变更，恕不另行通知，且不会对此文档进行修订。有关此数据表的浏览器版本，请查阅左侧的导航栏。

表 10-1. WCSP 封装 C 尺寸

封装	最大 C 尺寸
YFF	50µm
YMT	20µm
YBK	50µm

**YBK0004-C01****PACKAGE OUTLINE****DSBGA - 0.31 mm max height**

DIE SIZE BALL GRID ARRAY



4228953/A 08/2022

NOTES:

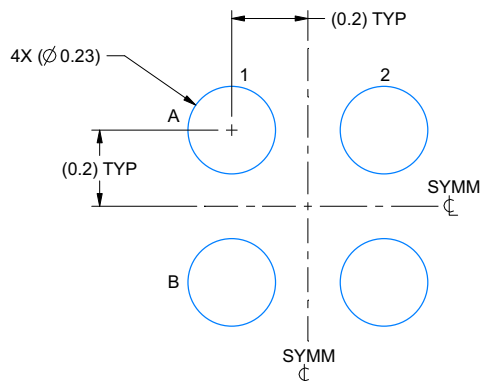
1. All linear dimensions are in millimeters. Any dimensions in parenthesis are for reference only. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
2. This drawing is subject to change without notice.

EXAMPLE BOARD LAYOUT

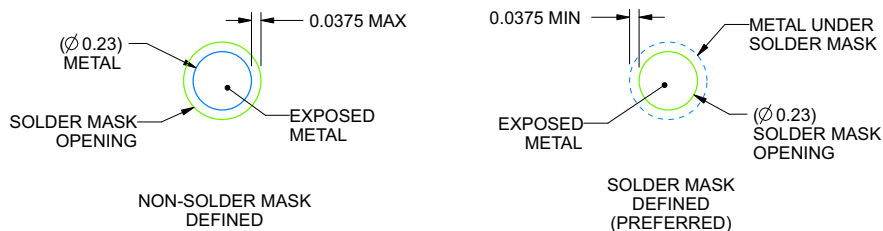
YBK0004-C01

DSBGA - 0.31 mm max height

DIE SIZE BALL GRID ARRAY



LAND PATTERN EXAMPLE
EXPOSED METAL SHOWN
SCALE: 60X



SOLDER MASK DETAILS
NOT TO SCALE

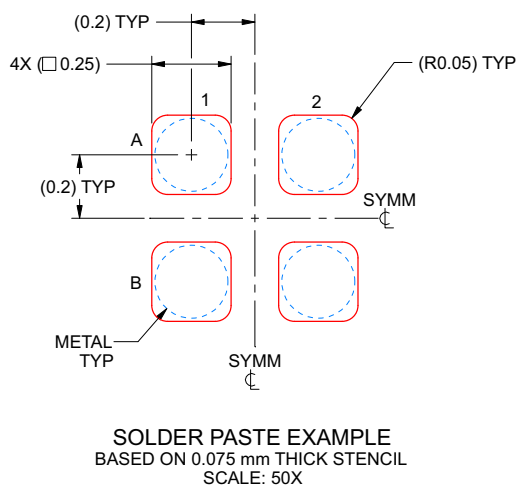
4228953/A 08/2022

NOTES: (continued)

- Final dimensions may vary due to manufacturing tolerance considerations and also routing constraints. See Texas Instruments Literature No. SNVA009 (www.ti.com/lit/snva009).

EXAMPLE STENCIL DESIGN**YBK0004-C01****DSBGA - 0.31 mm max height**

DIE SIZE BALL GRID ARRAY



4228953/A 08/2022

NOTES: (continued)

4. Laser cutting apertures with trapezoidal walls and rounded corners may offer better paste release.

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)
TMP144YBKR	Active	Production	DSBGA (YBK) 4	3000 LARGE T&R	Yes	SNAGCU	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 125	NU
TMP144YBKR.B	Active	Production	DSBGA (YBK) 4	3000 LARGE T&R	Yes	SNAGCU	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 125	NU
TMP144YFFR	Active	Production	DSBGA (YFF) 4	3000 LARGE T&R	Yes	SNAGCU	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 125	C2
TMP144YFFR.B	Active	Production	DSBGA (YFF) 4	3000 LARGE T&R	Yes	SNAGCU	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 125	C2
TMP144YFFT	Obsolete	Production	DSBGA (YFF) 4	-	-	Call TI	Call TI	-40 to 125	C2
TMP144YMTR	Active	Production	PICOSTAR (YMT) 4	3000 LARGE T&R	Yes	CUNIPD	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 125	
TMP144YMTR.B	Active	Production	PICOSTAR (YMT) 4	3000 LARGE T&R	Yes	CUNIPD	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 125	
TMP144YMTT	Obsolete	Production	PICOSTAR (YMT) 4	-	-	Call TI	Call TI	-40 to 125	

⁽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.

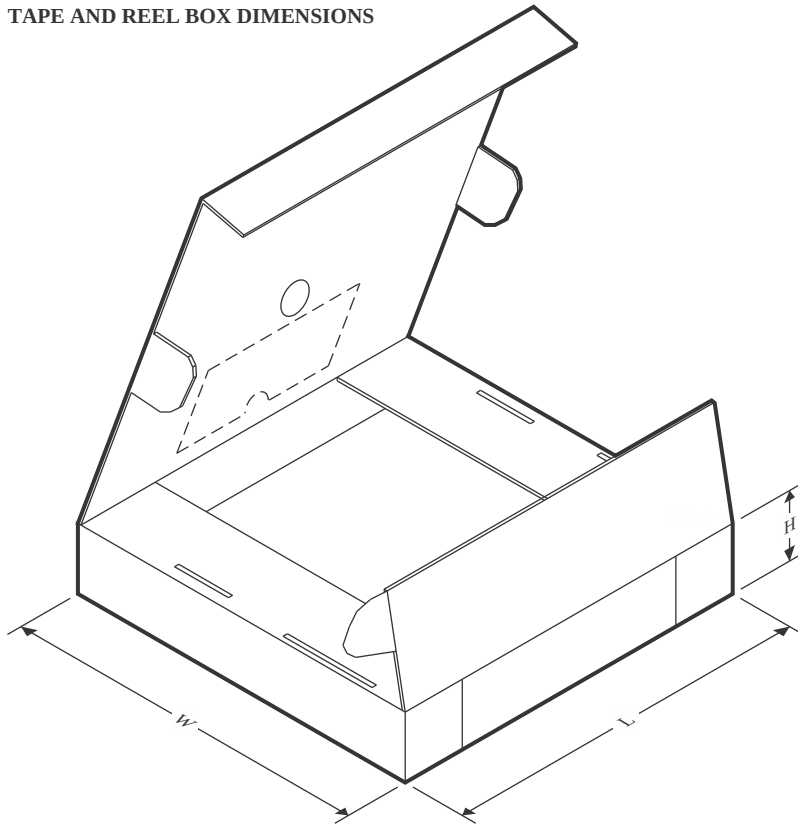
TAPE AND REEL INFORMATION



*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
TMP144YBKR	DSBGA	YBK	4	3000	180.0	8.4	0.86	1.06	0.44	4.0	8.0	Q1
TMP144YFFR	DSBGA	YFF	4	3000	180.0	8.4	0.86	1.06	0.69	4.0	8.0	Q1
TMP144YMTR	PICOSTAR	YMT	4	3000	180.0	8.4	0.87	1.07	0.2	2.0	8.0	Q1

TAPE AND REEL BOX DIMENSIONS



*All dimensions are nominal

Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Length (mm)	Width (mm)	Height (mm)
TMP144YBKR	DSBGA	YBK	4	3000	182.0	182.0	20.0
TMP144YFFR	DSBGA	YFF	4	3000	182.0	182.0	20.0
TMP144YMTR	PICOSTAR	YMT	4	3000	182.0	182.0	20.0

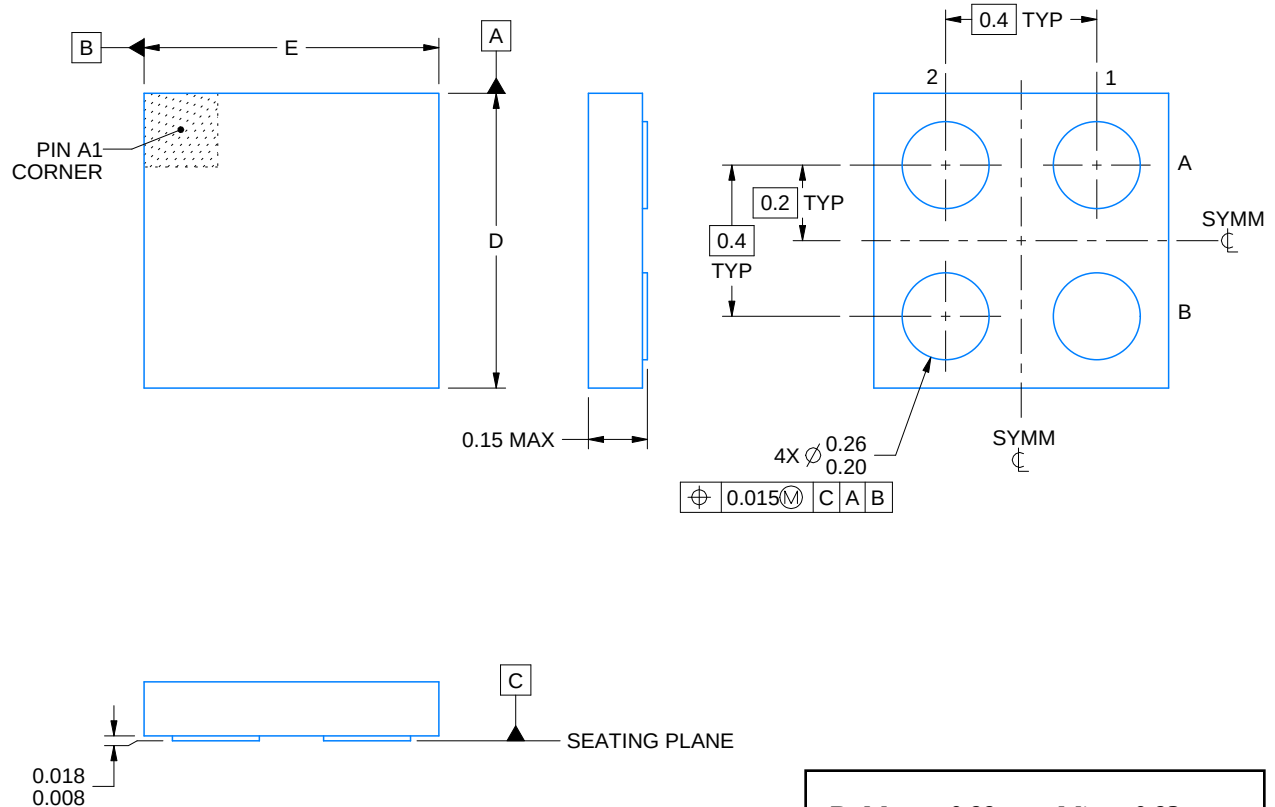
YMT0004



PACKAGE OUTLINE

PicoStar™ - 0.15 mm max height

PicoStar



D: Max = 0.99 mm, Min = 0.93 mm

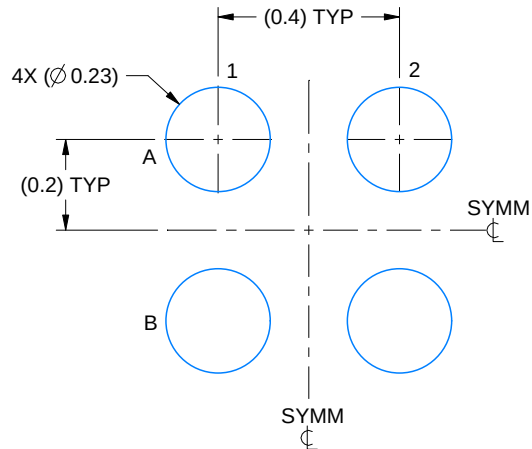
E: Max = 0.79 mm, Min = 0.73 mm

4225388/B 08/2020

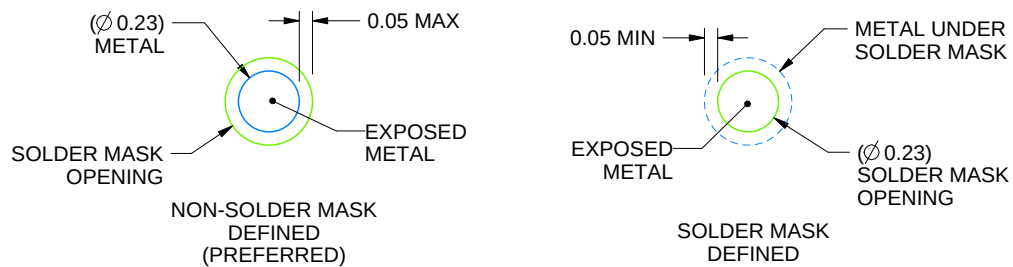
NOTES:

PicoStar is a trademark of Texas Instruments.

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.



LAND PATTERN EXAMPLE
EXPOSED METAL SHOWN
SCALE:60X

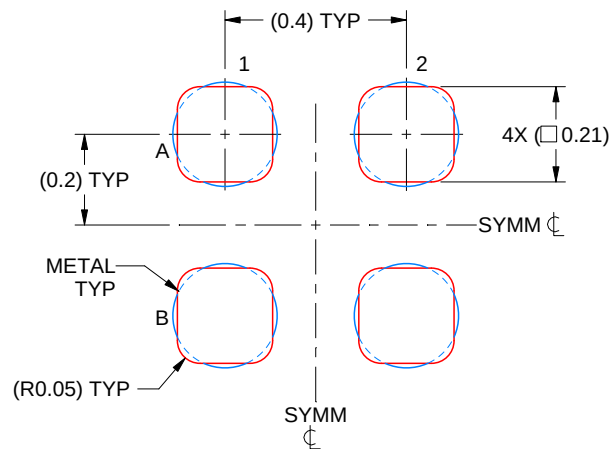


SOLDER MASK DETAILS
NOT TO SCALE

4225388/B 08/2020

NOTES: (continued)

- Final dimensions may vary due to manufacturing tolerance considerations and also routing constraints. For more information, see Texas Instruments literature number SLUA271 (www.ti.com/lit/slue271).

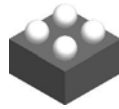


SOLDER PASTE EXAMPLE
 BASED ON 0.075 mm THICK STENCIL
 SCALE:60X

4225388/B 08/2020

NOTES: (continued)

4. Laser cutting apertures with trapezoidal walls and rounded corners may offer better paste release.

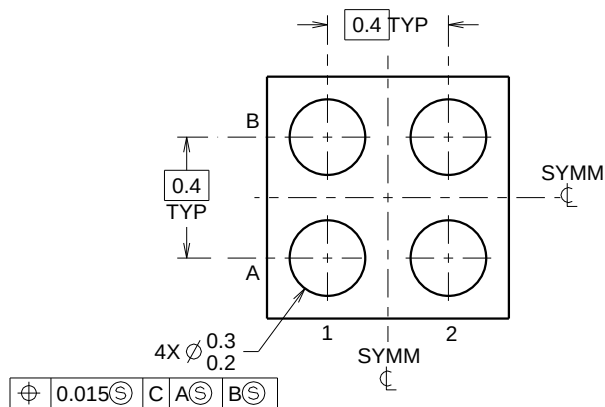
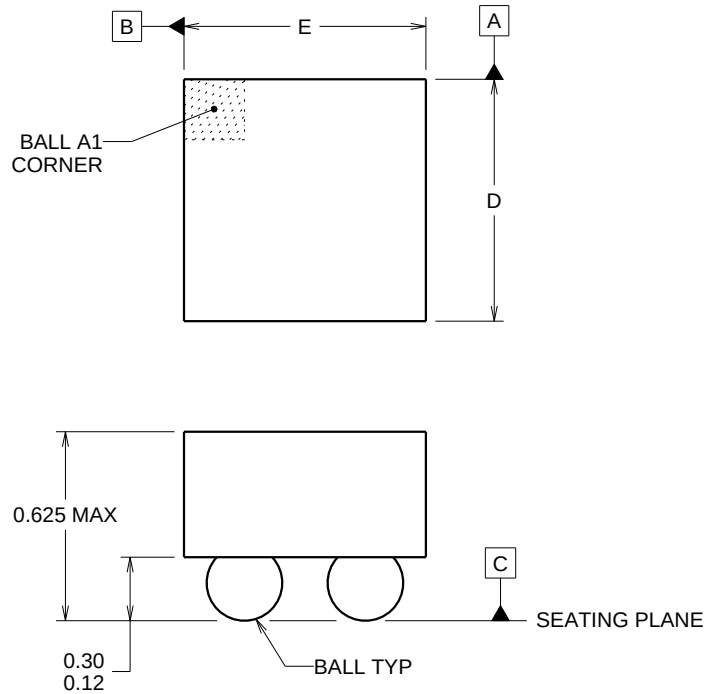


YFF0004

PACKAGE OUTLINE

DSBGA - 0.625 mm max height

DIE SIZE BALL GRID ARRAY



D: Max = 0.99 mm, Min = 0.93 mm

E: Max = 0.79 mm, Min = 0.73 mm

4219460/A 02/2014

NOTES:

NanoFree Is a trademark of Texas Instruments.

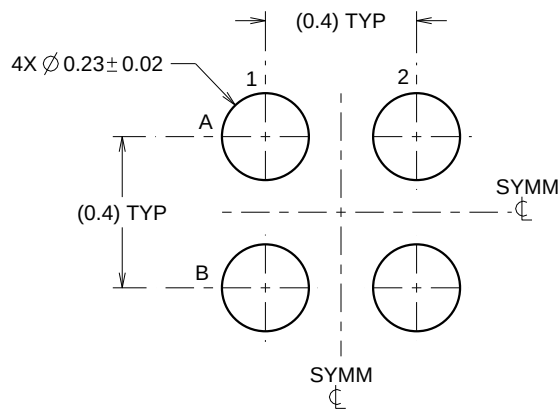
1. All linear dimensions are in millimeters. Any dimensions in parenthesis are for reference only. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
2. This drawing is subject to change without notice.
3. NanoFree™ package configuration.

EXAMPLE BOARD LAYOUT

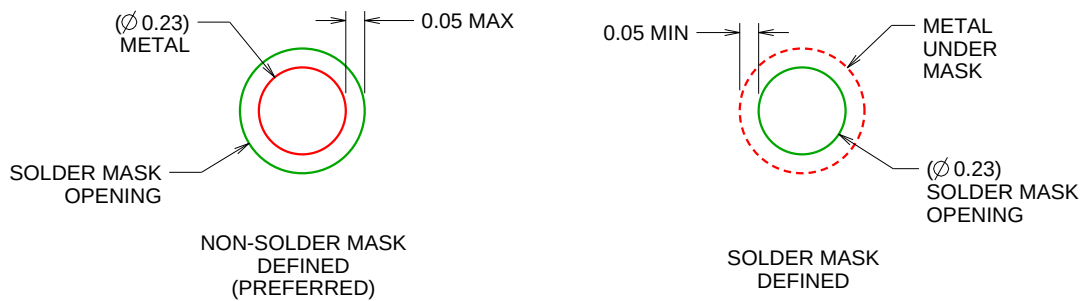
YFF0004

DSBGA - 0.625 mm max height

DIE SIZE BALL GRID ARRAY



LAND PATTERN EXAMPLE
SCALE:50X



SOLDER MASK DETAILS
NOT TO SCALE

4219460/A 02/2014

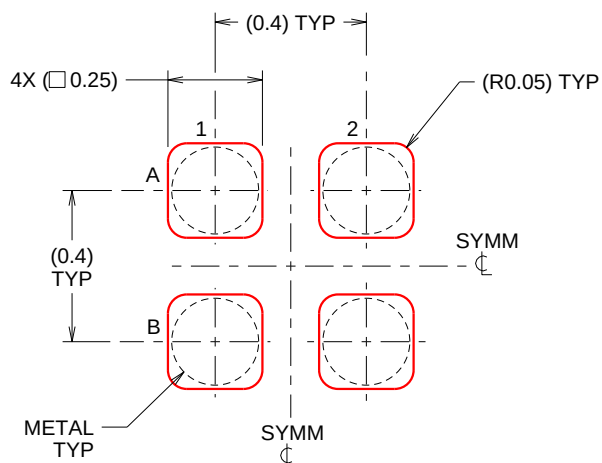
NOTES: (continued)

- Final dimensions may vary due to manufacturing tolerance considerations and also routing constraints. For more information, see Texas Instruments literature number SBVA017 (www.ti.com/lit/sbva017).

YFF0004

DSBGA - 0.625 mm max height

DIE SIZE BALL GRID ARRAY



SOLDER PASTE EXAMPLE
BASED ON 0.1 mm THICK STENCIL
SCALE:50X

4219460/A 02/2014

NOTES: (continued)

5. Laser cutting apertures with trapezoidal walls and rounded corners may offer better paste release.

重要通知和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、某特定用途方面的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他功能安全、信息安全、监管或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的相关应用。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。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 的销售条款](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款/TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

邮寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
版权所有 © 2025，德州仪器 (TI) 公司