

## Application Note

**BAW 振荡器时钟 TI 处理器**

Sandra Saba, Connor Lewis

Clocks and Timing Solutions

**摘要**

处理器是任何系统中必不可少的组成部分。在许多情况下，处理器将时钟输出扇出到外设元件，如以太网 PHY、USB 连接器等。处理器时钟输出的性能取决于馈送到处理器的外部参考时钟。此应用手册展示了 TI 振荡器相对于石英振荡器的优势。

**内容**

|  |          |
|--|----------|
| <b>1 简介</b> .....                        | <b>1</b> |
| <b>2 BAW 概述</b> .....                    | <b>2</b> |
| 2.1 BAW 振荡器的优势.....                      | 2        |
| 2.2 BAW 振荡器概述.....                       | 3        |
| <b>3 LMK6C 时钟 Sitara AM64 抖动测试</b> ..... | <b>4</b> |
| 3.1 抖动测试设置.....                          | 4        |
| <b>4 时钟 AM6x 和 TDA4x 系列通用指南</b> .....    | <b>6</b> |
| <b>5 总结</b> .....                        | <b>7</b> |
| <b>6 参考资料</b> .....                      | <b>7</b> |

**商标**

所有商标均为其各自所有者的财产。

**1 简介**

TI 体声波 (BAW) 振荡器产品系列包含面向[高性能应用\(LMK6x\)](#)和低功耗应用 (CDC6C) 的器件系列，详见 CDC6Cx [低功耗 LVCMOS 输出 BAW 振荡器](#)数据表。在单端型号中，两个 BAW 振荡器系列均支持任何高达 200MHz 的频率。本文展示了 BAW 振荡器相对于石英晶体振荡器的优势，介绍了时钟 TI 处理器 (例如使用 BAW 振荡器的 AM64x) 的性能优势，并给出了适用于各种 TI 处理器的 BAW 振荡器时钟建议。

## 2 BAW 概述

BAW 谐振器技术是一种微谐振器技术，能够将高精度和超低抖动时钟直接集成到包含其他电路的封装中。在 BAW 振荡器中，BAW 与以下各项集成：并置的精密温度传感器；超低抖动、低功耗整数输出分频器 (IOD)；单端 LVCMOS 输出驱动器，以及由多个低噪声 LDO 组成的小型电源复位时钟管理系统。

图 2-1 展示了 BAW 谐振器技术的结构。该结构包括一层夹在金属膜和其他层之间的压电式薄膜，用于限制机械能。BAW 利用这种压电式传导技术产生振动。

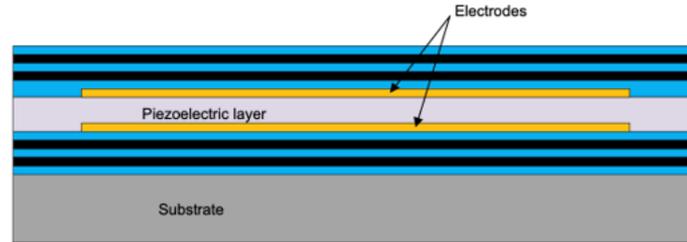


图 2-1. 体声波 (BAW) 谐振器结构

### 2.1 BAW 振荡器的优势

LMK6x 和 CDC6C 具有许多优势，包括频率灵活性、温度稳定性、电源噪声抗扰度等。表 2-1 和 表 2-2 总结了这些优势，并展示了 BAW 振荡器如何解决在使用石英振荡器时发现的设计限制。有关其他信息，请参阅以下应用手册：

- 独立 BAW 振荡器相对于石英晶体振荡器的优势
- TI BAW 振荡器的振动和机械冲击性能
- 高可靠性 BAW 振荡器 MTBF 和 FIT 率计算

表 2-1. BAW 谐振器与石英晶体谐振器

| 参数    | 石英晶体  | BAW   | 优势      |
|-------|---|---|---------|
| 频率灵活性 | 输出频率通过机械参数控制，一旦截止，就无法修改这些参数。                | 单个 IC 通过一次性编程 (OTP) 缓解供应限制，支持大范围频率。                                   | BAW 振荡器 |
| 温度稳定性 | 未经补偿的石英振荡器的频率与温度的响应关系类似于具有较大 ppm 变化的抛物线曲线。  | $\pm 10\text{ppm}$ (保持温度范围外的温度稳定性)                                    | BAW 振荡器 |
| 振动    | 可能高达 $+10\text{ ppb/g}$ 。通常不会通过 MIL-STD 标准。 | 通常为 $1\text{ppb/g}$ 。通过 MIL-STD_883F 方法 2002 条件 A                     | BAW 振荡器 |
| 机械冲击  | 通常不会通过 MIL-STD 标准。可能会在 $2,000\text{g}$ 时失败。 | 变化小于 $0.5\text{ppm}$ ，高达 $1500\text{g}$ 。满足 MIL-STD_883F 方法 2007 条件 B | BAW 振荡器 |

表 2-2. BAW 振荡器解决石英晶体限制

| 参数       | 石英晶体限制                           | BAW 振荡器设计   |
|----------|----------------------------------|---|
| 电源噪声     | 通常没有集成式 LDO                      | 集成 LDO，可改进电源噪声抑制（500kHz 时 PSRR 为 -72dBc、纹波为 50mV） |
| 故障间隔平均时间 | 3300 万小时运行时间                     | 33 亿小时运行时间  |
| 频率灵活性    | 受谐振器晶体的限制；不同的频率需要不同的谐振晶体         | 支持 LVCMOS 型号中从 1MHz 到 200MHz 的任何频率                |
| 供应链      | 多个第三方制造，可支持不同元件（谐振器、ASIC、封装）的构建。 | 由 TI 内部制造、组装和封装                                   |
| 焊盘图案     | 焊盘图案取决于供应商                       | 通用——业界通用封装  |

## 2.2 BAW 振荡器概述

CDC6C 和 LMK6C 将 BAW 作为谐振器源。这些器件经过出厂编程，能够产生高达 200MHz 的大范围频率。图 2-2 展示了 BAW 振荡器的简易结构。这些 BAW 振荡器各有不同的用例，详细差异请见表 2-3。

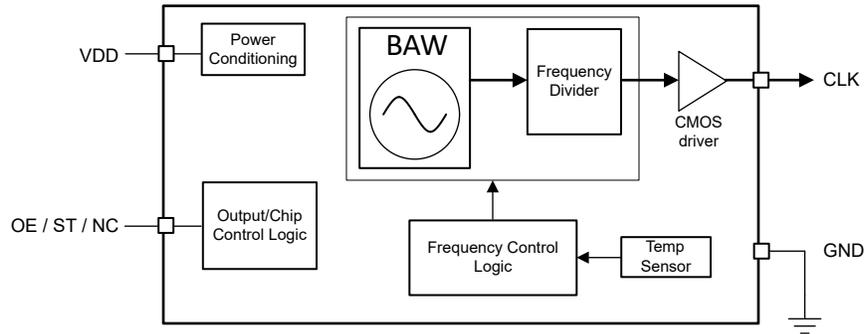


图 2-2. 简化版方框图

表 2-3. LMK6C 和 CDC6C 比较概述

| 参数                      | LMK6C                          | CDC6C  |
|-------------------------|--------------------------------|--|
| 输出频率范围                  | 频率范围：1MHz 至 200MHz             | 特定频率范围：250kHz 至 200MHz   |
| RMS 抖动最大值 <sup>1</sup>  | 0.5ps                          | 1ps  |
| 启动时间最大值                 | 5ms                            | 3ms  |
| 工作温度范围                  | -40°C 至 105°C                  | -40°C 至 105°C  |
| 100MHz 和 1.8V 时的电流消耗最大值 | 59mA                           | 7.2mA  |
| 器件电源电压选项                | 1.8V<br>2.5V 至 3.3V            | 1.8V 至 3.3V  |
| 封装尺寸选项                  | 3.2mm x 2.5mm<br>2.5mm x 2.0mm | 3.2mm x 2.5mm<br>2.5mm x 2.0mm<br>2.0mm x 1.6mm<br>1.6mm x 1.2mm |

(1)  $F_{out} \geq 25\text{MHz}$ ；集成 BW：12kHz 至 20MHz

### 3 LMK6C 时钟 Sitara AM64 抖动测试

#### 3.1 抖动测试设置

在 TMDSE64EVM 上，25MHz LVCMOS 振荡器用作 CDCLVC1310 时钟缓冲器的输入，然后馈送到 AM64x 器件的 EXT\_REFCLK 1。这个外部 REFCLK 是内部 PLL 和时钟分配路径的频率基准。然后，将 AM64x 器件配置为通过 GPO 引脚的输出来连接内部系统时钟。输出时钟相位噪声性能在相位噪声分析仪上测量，而时域抖动特性使用示波器上的 DPOJET 工具进行测量。

使用石英振荡器 (生成 25MHz REFCLK) 和 LMK6C BAW 振荡器来测量抖动性能。使用 LMK6C 后，输出时钟在大约 100Hz 至 500kHz 的频带中降低了 10dB 至 15dB 的噪声。10kHz 至 100kHz 范围内的杂散音调通常是与其他高频噪声源 (例如开关电压稳压器) 进行频率混合的结果。杂散音调在两个参考频率源下的功率相同。使用 LMK6C 后，时域抖动也表现出了改进，尤其是在周期期间抖动方面。

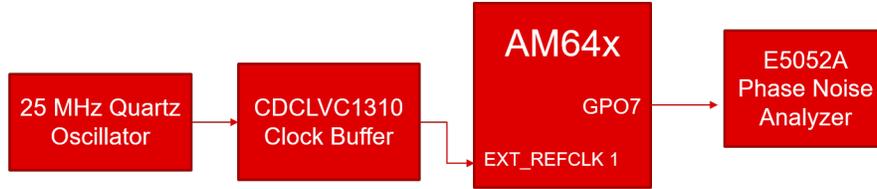


图 3-1. 石英测试方框图

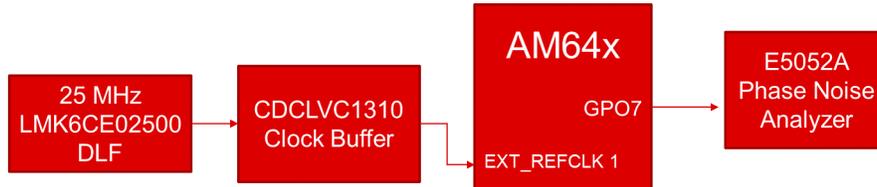


图 3-2. LMK6C 测试方框图

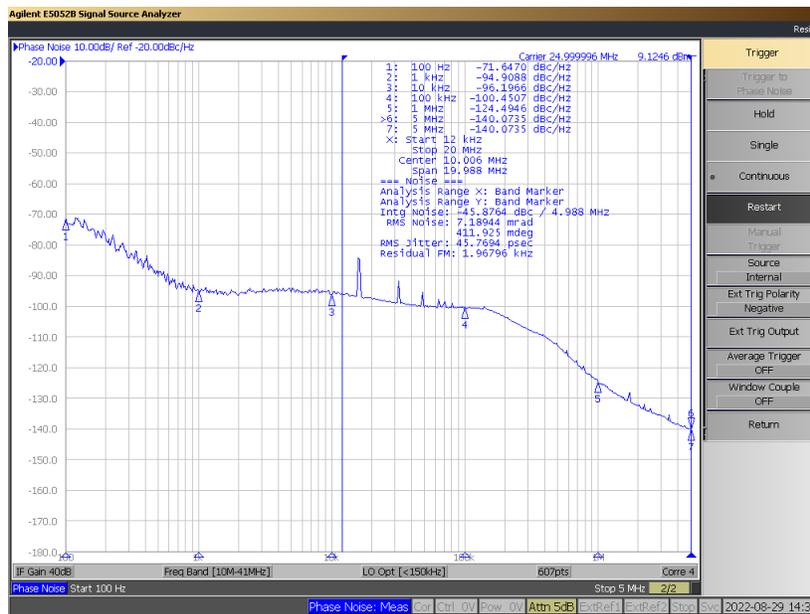


图 3-3. 石英振荡器 GPO7 相位噪声图

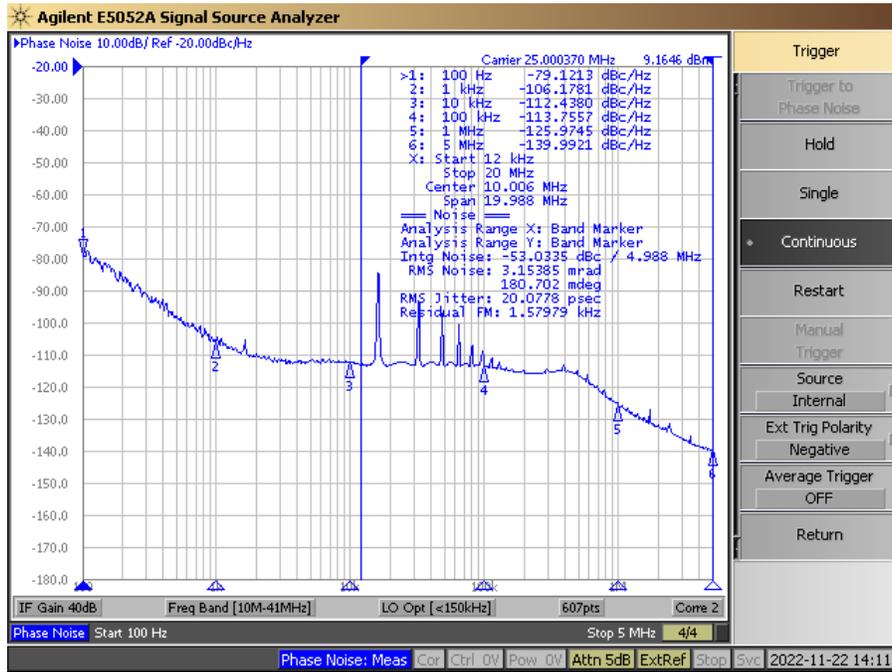


图 3-4. LMK6C 振荡器 GPO7 相位噪声图

表 3-1. 抖动性能比较

|                | 石英 (ps) | LMK6C (ps) | 石英和 LMK6C Δ (ps) |
|----------------|---------|------------|------------------|
| RMS 抖动         | 45.7694 | 20.0778    | 25.6916          |
| 周期抖动 (pk - pk) | 59.265  | 59.126     | 0.139            |
| 周期抖动 (标准偏差)    | 6.7860  | 6.4285     | 0.3575           |
| N 周期抖动 (峰峰值)   | 170.49  | 151.05     | 19.44            |
| N 周期抖动 (标准偏差)  | 18.695  | 16.896     | 1.799            |

## 4 时钟 AM6x 和 TDA4x 系列通用指南

本节重点介绍不同的 TI 处理器系列和各自的时钟要求。表 4-1 中列出的所有处理器都具有与时钟基准输入相同的 VIL、VIH 和频率稳定性要求，但主要区别在于频率和所需的启动时间。表 4-2 列出了关于 BAW 振荡器时钟的建议，以及振荡器相应的性能规格。

**表 4-1. 处理器时钟要求**

| 处理器器件  | 外部高频振荡器数量 | 频率 (MHz)                | VDD (V) | 启动时间 (ms) | VIL (V) (最大值) | VIH (V) (最小值) | 稳定性 (ppm)                            |
|--|-----------|-------------------------|---------|-----------|---------------|---------------|--------------------------------------|
| AM62x  | 1         | 25                      | 1.8     | 4         | 0.35x VDD     | 0.65xVDD      | ±50 <sup>1</sup> , ±100 <sup>2</sup> |
| AM64   | 1         | 25                      | 1.8     | 4         |               |               |                                      |
| AM67   | 1         | 25                      | 1.8     | 4         |               |               |                                      |
| TDA4VEN<br>TDA4AEN                               | 1         | 25                      | 1.8     | 4         |               |               |                                      |
| AM68   | 1         | 19.2、20、24、<br>25、26、27 | 1.8     | 9.8       |               |               |                                      |
| AM69   | 1         | 19.2、20、24、<br>25、26、27 | 1.8、3.3 | 9.8       |               |               |                                      |
| TDA4VM (Q1)<br>DRA829                            | 2         | 19.2、20、24、<br>25、26、27 | 1.8     | 9.5       |               |               |                                      |
| DRA821   | 1         | 19.2、20、24、<br>25、26、27 | 1.8     | 9.5       |               |               |                                      |
| TDA4VH-Q1<br>TDA4AH-Q1<br>TDA4VP-Q1<br>TDA4AP-Q1 | 1         | 19.2、20、24、<br>25、26、27 | 1.8     | 9.5       |               |               |                                      |
| TDA4VE-Q1<br>TDA4AL-Q1<br>TDA4VL-Q1              | 1         | 19.2、20、24、<br>25、26、27 | 1.8     | 9.5       |               |               |                                      |

(1) RGMII 和 RMII 使用衍生的时钟

(2) 未使用以太网 RGMII 和 RMII

**表 4-2. 关于处理器的时钟建议**

| 处理器器件   | 时钟器件型号 | 频率支持范围 (MHz)       | VDD (V)             | VIL (V) (最大值) | VIH (V) (最小值) | 稳定性 (ppm) | 启动时间最大值 (ms) |
|---|--------|--------------------|---------------------|---------------|---------------|-----------|--------------|
| AM62x<br>AM64<br>AM67<br>TDA4VEN<br>TDA4AEN<br>AM68<br>AM69<br>TDA4VM (Q1)<br>DRA829<br>DRA821<br>TDA4VH-Q1<br>TDA4AH-Q1<br>TDA4VP-Q1<br>TDA4AP-Q1<br>TDA4VE-Q1<br>TDA4AL-Q1<br>TDA4VL-Q1 | CDC6C  | 250kHz 至<br>200MHz | 1.8V 至 3.3V         | 0.6V          | 1.3V          | ±25       | 3ms          |
|   | LMK6C  | 1MHz 至<br>200MHz   | 1.8V<br>2.5V 至 3.3V | 0.6V          | 1.3V          | ±25       | 5ms          |

## 5 总结

根据对 AM64x 处理器执行的测试以及 BAW 振荡器相对于石英的优势，我们得出了以下重要结论。

- 振动和机械冲击对 BAW 振荡器性能的影响极小。
- BAW 振荡器可以通过单个 IC 支持宽范围频率，以减轻电源限制
- LMK6C 振荡器显著改善了 AM64x 处理器的输出抖动，从而实现更高性能的时钟输出
- BAW 振荡器可以满足相应数据表中描述的不同 TI 处理器要求，如 [表 4-2](#) 所示。

## 6 参考资料

- 德州仪器 (TI)，[CDC6Cx 低功耗 LVCMOS 输出 BAW 振荡器](#)，数据表。
- 德州仪器 (TI)，[LMK6x 低抖动、高性能 BAW 振荡器](#)，数据表。
- 德州仪器 (TI)，[高可靠性 BAW 振荡器 MTBF 和 FIT 率计算](#)，应用手册。
- 德州仪器 (TI)，[独立 BAW 振荡器相对于石英振荡器的优势](#)，应用手册。
- 德州仪器 (TI)，[TI BAW 振荡器的振动和机械冲击性能](#)，应用手册。

## 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