

## Application Note

**BAW 与石英振荡器辐射发射对比**

Kevin Ginunas, McKenna Strambi, Sandra Saba, Harish Ramesh

**摘要**

在汽车和工业应用中，现代电子设备因多种因素面临着通过严格的 CISPR-32 辐射发射标准的艰巨任务。更高密度的电源、更快的高速数字电路、更小尺寸的 PCB 布局，以及通过减少屏蔽来降低成本的需求，均导致电磁干扰水平不断增加。时钟和定时产品对系统级辐射性能至关重要，尤其是最大限度降低辐射发射对合理的系统设计而言至关重要。本应用手册介绍了德州仪器 (TI) CDC6C 体声波 (BAW) 振荡器系列，阐释其技术价值主张，并将其辐射发射性能与三款传统晶体时钟石英振荡器进行基准对比。

**内容**

1 简介.....	2
2 CDC6C BAW 振荡器系列.....	2
3 辐射发射测试结果.....	4
4 总结.....	8
5 参考资料.....	9

**商标**

所有商标均为其各自所有者的财产。

## 1 简介

对于许多工业客户而言，达到 CISPR-32 辐射发射限值是新产品发布的关键，尤其是在 HVAC 和电机驱动等应用领域。时钟和定时产品在通过严格的 B 类限值要求中起着至关重要的作用。选择辐射发射水平更低的振荡器组件可为设计提供额外裕量，降低频谱中各点杂散信号的峰值幅度。

本应用手册探讨了采用 BAW 谐振器技术的 TI CDC6C 振荡器，并解释了不同器件型号的功能差异。随后分析了 CDC6C 的辐射发射性能，并与市售晶体时钟石英振荡器进行了基准对比。通过符合 CISPR-32 预认证的测试装置，对 BAW 和石英振荡器在三个频率点进行了测试，考察了 30MHz 至 1GHz 频谱范围内的杂散峰值数据。该方法也可应用于其他 CISPR 标准。

## 2 CDC6C BAW 振荡器系列

体声波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。BAW 由夹在两个电极之间的压电材料组成，可将电能转换为机械声能，产生可靠的振荡，从而实现高频、稳定的时钟输出。请阅读技术文章 [关于 TI BAW 谐振器技术需要了解的五大数据](#)，了解更多详情。

CDC6C 将 BAW 谐振器技术与低抖动、低功耗整数输出分频器 (IOD) 以及 LVCMOS 输出驱动器集成于一体，这使其能够在 250kHz 至 200MHz 的频率范围内灵活输出频率。图 2-1 详细说明了 CDC6C 内部方框图。该器件集成了多个低噪声、低压降 (LDO) 稳压器，可降低电源噪声，提供干净的时钟输出。内部精密温度传感器向频率控制逻辑模块提供数据，以减少振荡频率偏差。这些频率校正功能使 CDC6C 能够将输出频率维持在  $\pm 50\text{ppm}$  的误差范围内 (该误差范围已考虑所有内部误差源及 10 年老化因素)。

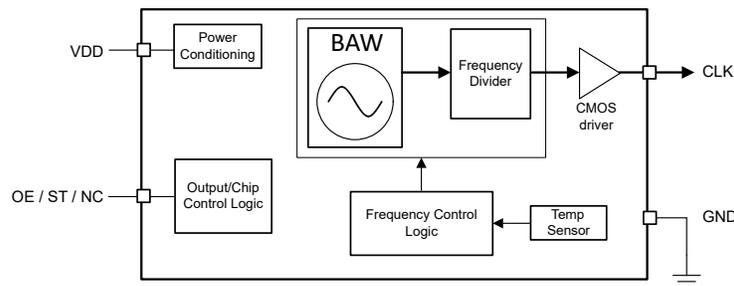


图 2-1. CDC6C 内部方框图

CDC6C BAW 振荡器采用行业标准的小型封装 (3.2mm × 2.5mm、2.5mm × 2.0mm、2.0mm × 1.6mm 和 1.6mm × 1.2mm)。与无源晶体谐振器不同，CDC6C 振荡器无需外部调谐电容器，如图 2-2 所示，这既可以减小 PCB 尺寸，又能降低 BOM 成本。

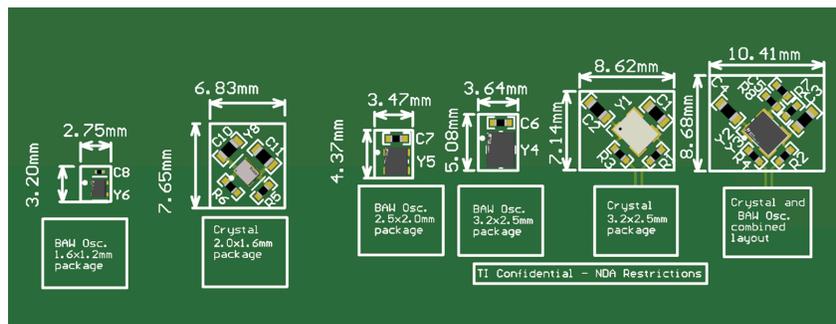


图 2-2. CDC6C 振荡器可用封装和布局示例

CDC6C 在引脚和封装上与市场上许多单端 4 引脚石英振荡器的焊盘布局兼容，通常无需更改任何周边元件即可直接替换。在此处阅读更多信息：[BAW 振荡器的通用焊盘布局案](#)

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。以下表格总结了这些优势，并展示了 BAW 振荡器如何解决在使用石英振荡器时存在的设计限制。有关其他信息，请参阅以下应用手册：

- [独立 BAW 振荡器相对于石英振荡器的优势](#)，应用手册
- [TI BAW 振荡器的振动和机械冲击性能](#)，应用手册
- [高可靠性 BAW 振荡器 MTBF 和 FIT 率计算](#)，应用手册。

表 2-1 概述了 BAW 在频率灵活性、温度稳定性以及降低振动和机械冲击敏感性方面相较传统石英振荡器的优势。

**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。	±10ppm (保持温度范围外的温度稳定性)	BAW 振荡器
振动	可高达 +10ppb/g。通常不会通过 MIL-STD 标准。	通常为 1ppb/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 2,000g 时失败。	变化小于 0.5ppm，高达 1500g。满足 MIL_STD_883F 方法 2007 条件 B	BAW 振荡器

表 2-2 概述了 BAW 在降低电源噪声、降低故障率、频率灵活性、可靠供应链和通用焊盘布局方面的优势。

**表 2-2. BAW 振荡器解决的石英晶体限制**

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器晶体	支持 LVCMOS 型号中从 250kHz 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

### 3 辐射发射测试结果

对于每个被测振荡器器件，通过低噪声电源板施加 3.3V 的输入电压。图 3-1 显示了电源和 CDC6C EVM 振荡器板的测试设置和相关连接。

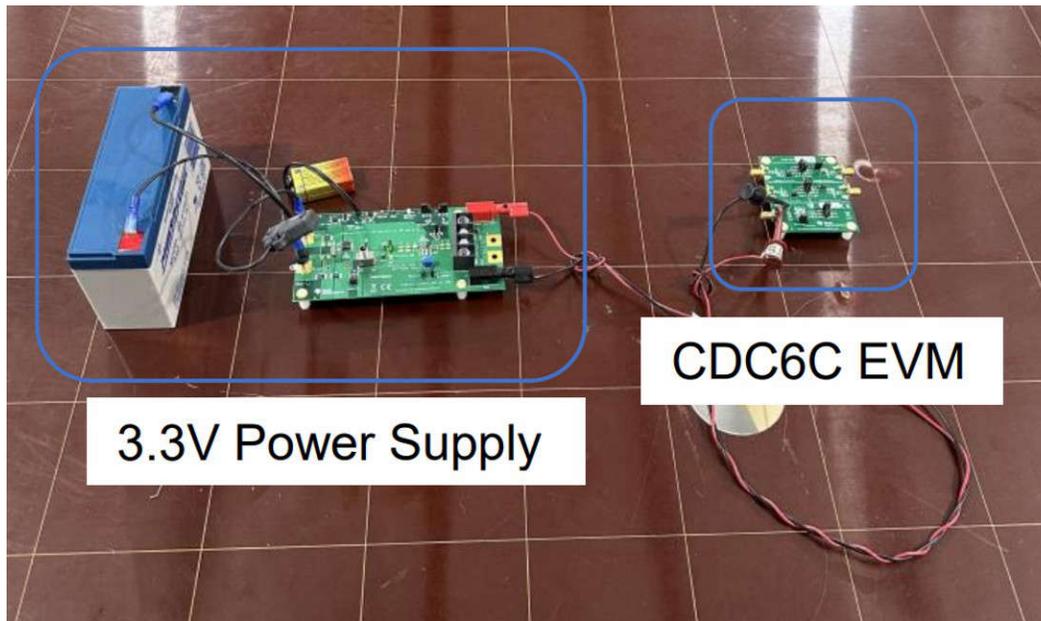


图 3-1. 辐射发射测试设置电路板连接

图 3-2 展示了 3.3V 电源的滤波电路。其中包含一个低噪声 LDO，负责向 CDC6C EVM 振荡器板提供 3.3V 电源，该振荡器板还包含用于噪声滤波的额外旁路电容器。

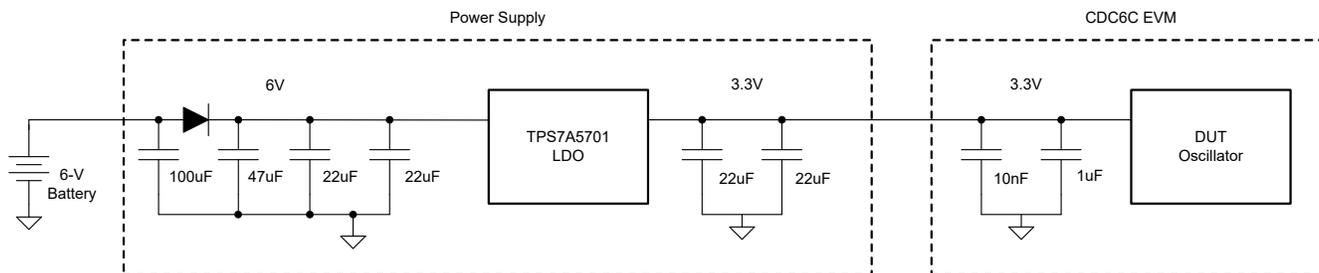


图 3-2. 辐射发射测试设置原理图

将 CDC6C 和竞品振荡器分别焊接到 CDC6C EVM 上进行逐一测试。辐射发射数据通过预符合 CISPR-32 标准的辐射发射测试装置采集，测试时采用水平天线方向。表 3-1 总结了被测器件及其相关频率。

表 3-1. 被测器件

制造商	器件型号	频率
TI	CDC6CE025000EDLFR	25MHz
TI	CDC6CE050000EDLER	50MHz
TI	CDC6CE024000EDLER	24MHz
竞品 A	竞品 A	25MHz
竞品 B	竞品 B	50MHz
竞品 C	竞品 C	24MHz

图 3-3 和图 3-4 分别展示了 25MHz 器件 ( 竞品 A 石英振荡器和 CDC6CE025000EDLFR BAW 振荡器 ) 的辐射发射性能随频率的变化情况。表 3-2 重点展示了与被测石英振荡器相比, TI BAW 振荡器的辐射发射可改善 1dB 至 4dB。



图 3-3. 竞品 A 石英振荡器



图 3-4. CDC6CE025000EDLFR BAW 振荡器

表 3-2. 竞品 A 与 CDC6CE025000EDLFR 峰值发射比较

频率	竞品 A	CDC6CE025000EDLFR	TI Delta
75MHz	23dB	25dB	差 +2dB
175MHz	无高于 11dB 基线的杂散信号	无高于 10dB 基线的杂散信号	优 -1dB
225MHz	无高于 10dB 基线的杂散信号	无高于 11dB 基线的杂散信号	差 +1dB
250MHz	无高于 9dB 基线的杂散信号	无高于 5dB 基线的杂散信号	优 -4dB
275MHz	25dB	24dB	优 -1dB

图 3-5 和图 3-6 分别展示了 50MHz 器件 ( 竞品 B 石英振荡器和 CDC6CE05000EDLER BAW 振荡器 ) 的辐射发射性能随频率的变化情况。表 3-3 重点展示了与被测石英振荡器相比, TI BAW 振荡器的辐射发射可改善 2dB 至 6dB。



图 3-5. 竞品 B 石英振荡器



图 3-6. CDC6CE05000EDLER BAW 振荡器

表 3-3. 竞品 B 与 CDC6CE05000EDLER 峰值发射比较

频率	竞品 B	CDC6C05000EDLER	TI Delta
100MHz	17dB	无高于 15dB 基线的杂散信号	优 -2dB
150MHz	24dB	19dB	优 -5dB
200MHz	24dB	无高于 18dB 基线的杂散信号	优 -6dB
250MHz	24dB	25dB	差 +1dB
350MHz	24dB	28dB	差 +4dB
450MHz	27dB	24dB	优 -3dB
500MHz	31dB	无高于 25dB 基线的杂散信号	优 -6dB
550MHz	30dB	无高于 26dB 基线的杂散信号	优 -4dB
600MHz	30dB	无高于 26dB 基线的杂散信号	优 -4dB
650MHz	无高于 30dB 基线的杂散信号	无高于 30dB 基线的杂散信号	类似

图 3-7 和图 3-8 分别展示了 24MHz 器件 ( 竞品 C 石英振荡器和 CDC6CE024000EDLER BAW 振荡器 ) 的辐射发射性能随频率的变化情况。表 3-4 重点展示了与被测石英振荡器相比, TI BAW 振荡器的辐射发射可改善 3dB 至 18dB。



图 3-7. 竞品 C 石英振荡器



图 3-8. CDC6CE024000EDLER BAW 振荡器

表 3-4. 竞品 C 与 CDC6CE024000EDLER 峰值发射比较

频率	竞争产品 C	CDC6CE024000EDLER	TI Delta
72MHz	18dB	20dB	差 +2dB
120MHz	无高于 11dB 基线的杂散信号	无高于 11dB 基线的杂散信号	类似
168MHz	23dB	无高于 20dB 基线的杂散信号	优 -3dB
216MHz	22dB	无高于 19dB 基线的杂散信号	优 -3dB
264MHz	29dB	无高于 11dB 基线的杂散信号	优 -18dB
312MHz	无高于 13dB 基线的杂散信号	无高于 9dB 基线的杂散信号	优 -4dB

整体分析结果表明, TI CDC6C BAW 振荡器的平均辐射发射水平低于被测的传统晶体时钟石英振荡器。

## 4 总结

本应用手册展示了德州仪器 (TI) CDC6C BAW 振荡器系列相较于市场上某些晶体时钟振荡器在辐射发射水平上的改进。虽然通过 CISPR-32 B 类辐射发射限值需要额外的设计考量，但 CDC6C 能够实现系统级 EMI 性能的提升。

## 5 参考资料

- 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), [关于 TI BAW 谐振器技术需要了解的五大要点](#), 技术文章。
- 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), [TI BAW 振荡器的振动和机械冲击性能](#), 应用手册。
- 德州仪器 (TI), [LMK6D、LMK6P、LMK6H BAW 振荡器的通用焊盘布局](#), 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