

Application Note

FPD-Link III 和 FPD-Link IV 串行器/解串器的时钟选择指南



Connor Lewis

摘要

本文档总结了 FPD-Link 串行器/解串器器件的 REFCLK 要求，以及测量时钟信号交流参数的测试方法。本文档还介绍了频域和时域抖动测量的测量设置。最后，对于 FPD-Link III 和 FPD-Link IV 产品系列中需要外部 REFCLK 的每个 FPD-Link 器件，都有一个对应 TI 时钟器件的选择指南。

内容

1 简介.....	2
2 FPD-Link REFCLK 要求和抖动定义.....	2
2.1 FPD-Link III REFCLK 要求.....	3
2.2 FPD-Link IV REFCLK 要求.....	4
3 FPD-Link 时钟选择指南.....	5
4 EMI 注意事项.....	7
5 总结.....	8
6 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

FPD-Link 器件需要外部时钟信号，以用于某些配置和系统应用。基准时钟的抖动性能通常非常严格，因为这会导致串行器 PLL 输入产生噪声，并会影响数据链接的水平眼图裕度。要优化链接质量，请根据系统需求确保基准时钟满足抖动要求。本文档总结了所有需要外部时钟基准的 FPD-Link 器件的时域和频域抖动要求，并提供了 TI 汽车级时钟设计的选择指南。TI 的 BAW 技术可用于 CDC6C-Q1 低功耗 LVCMOS 振荡器，以及 LMK3H0102-Q1 和 LMK1C0105-Q1 时钟发生器。

请注意，在整个文档中，*REFCLK* 可用作 *外部振荡器* 的术语。这些术语有时会在不同的 FPD-Link 器件数据表中互换使用。

2 FPD-Link REFCLK 要求和抖动定义

FPD-Link REFCLK 抖动要求通常在时域或频域中指定。使用相位噪声分析仪 (PNA) (例如 Keysight E5052) 进行频域抖动测量。为了计算 RMS 相位抖动，在定义的频带上 (通常为 12kHz 至 20MHz) 对测量的相位噪声曲线进行积分，并根据载波频率对其进行归一化。

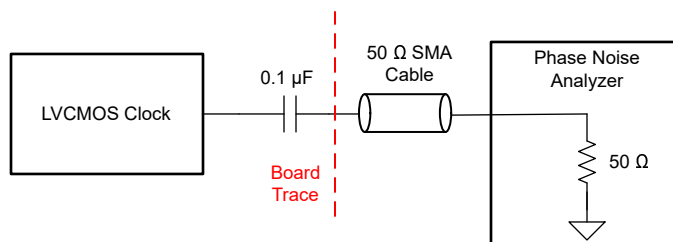


图 2-1. 使用 PNA 的频域抖动测量设置

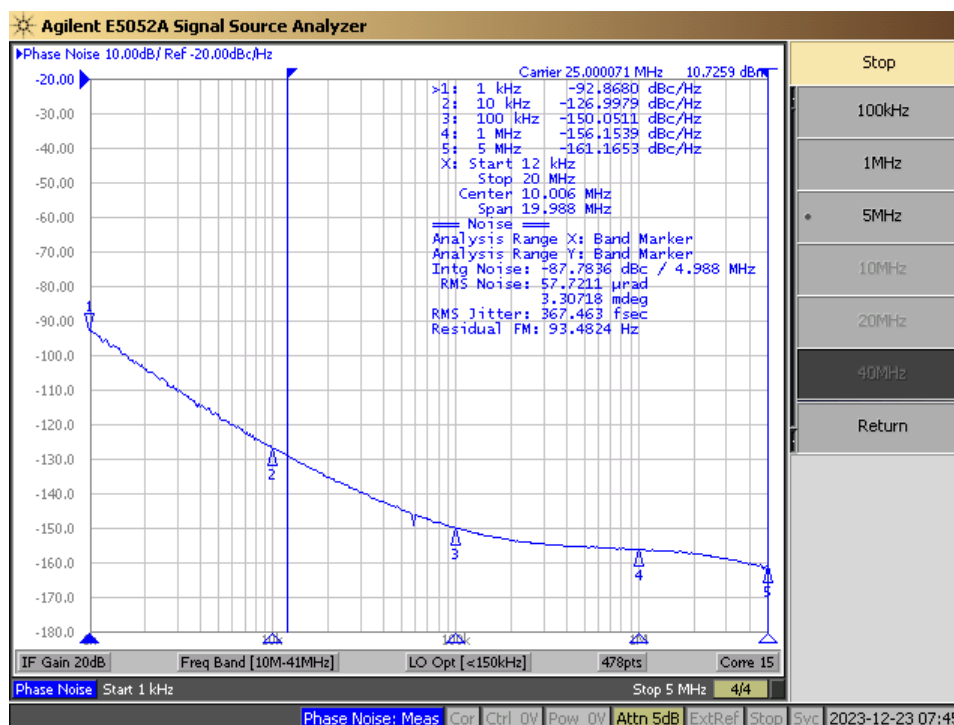


图 2-2. 相位噪声测量示例

使用高速示波器上的抖动分析软件套件进行时域抖动测量。TI 通常使用 Tektronix 示波器上提供的 DPOJET 抖动和眼图分析工具进行此类测量。在这种情况下，TI 建议使用时钟恢复设置来测量给定误码率 (BER) 下的总抖动 (TJ)，该设置旨在匹配串行器器件的输入 PLL 特性。以下各部分提供有关如何配置抖动分析工具的更多详细信息。

要打开 DPOJET，请从实用程序菜单启动 *One Touch Jitter* 或 *Serial Data/Jitter Wizard*。启动该工具可以根据有效输入信号自动设置采集设置以及垂直和水平缩放。还会打开一个新窗口，其中包含各种配置选项和测量结果。要配置 FPD-Link REFCLK 时域抖动测量，请进入 *Select* 选项卡，并添加 *TJ@BER* 的测量，BER 设置为 10^{-10} 。可以在 *Configure* 选项卡中设置时钟恢复滤波器，并且需要根据 FPD-Link 器件进行设置，如节 2.1 中所述。

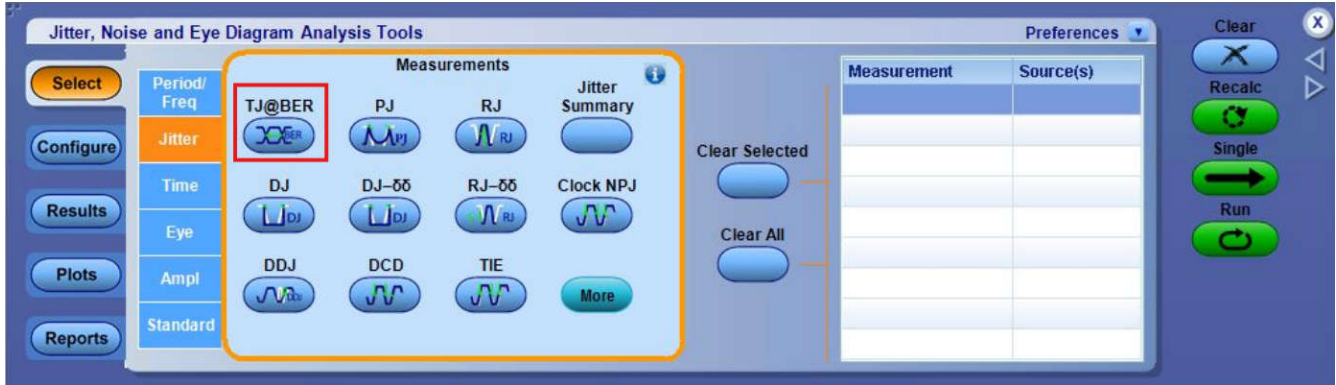


图 2-3. DPOJET 抖动测量配置

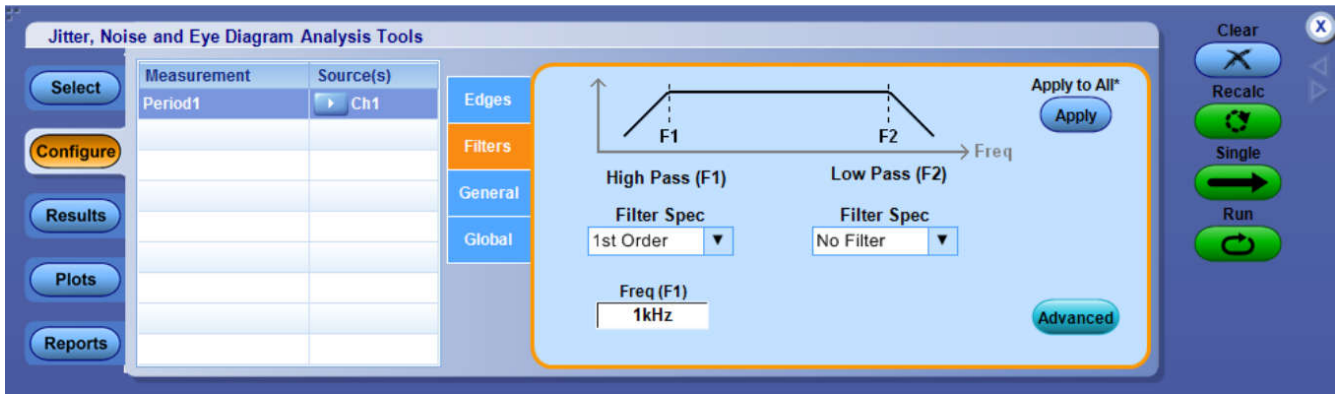


图 2-4. DPOJET 时钟恢复滤波器配置

2.1 FPD-Link III REFCLK 要求

根据系统中使用的成像仪或摄像头像素时钟 (PCLK) 频率，FPD-Link III 器件需要不同的 REFCLK 频率。同样，时域抖动规格取决于 PCLK 频率、UI 和各种链接配置设置。下面的汇总列出了所有需要外部 REFCLK 的 FPD-Link III 器件的时域和频域抖动限制以及 UI 定义。所有器件都可以支持频率精度为 $\pm 50\text{ppm}$ 的标准 1.8V LVCMOS 时钟输入。对于时域抖动测量，需要在抖动分析软件工具中配置自定义二阶 PLL 模型。以下环路带宽、低通滤波器和 BER 设置用于所有 FPD-Link III 器件的时域抖动分析：

$$\text{LPF} = \frac{f_{\text{OSC}}}{20} \quad (1)$$

$$\text{CDR PLL LBW} = \frac{f_{\text{OSC}}}{15} \quad (2)$$

$$\text{BER} = 10^{-10} \quad (3)$$

DS90UB933-Q1 和 DS90UB633A-Q1 UI 定义和时域抖动限制

$$10\text{-bit Mode: UI} = \frac{1}{\frac{f_{\text{PCLK}}}{2} \times 28} \quad (4)$$

$$12 - \text{bit Mode: UI} = \frac{1}{f_{\text{PCLK}} \times \frac{2}{3} \times 28} \quad (5)$$

$$\text{Jitter limit} = 0.45 \times \text{UI} \quad (6)$$

DS90UB913A-Q1 和 DS90UB913Q-Q1 UI 定义和时域抖动限制

$$10 - \text{bit Mode: UI} = \frac{1}{\frac{f_{\text{PCLK}}}{2} \times 28} \quad (7)$$

$$12 - \text{bit HF Mode: UI} = \frac{1}{f_{\text{PCLK}} \times \frac{2}{3} \times 28} \quad (8)$$

$$12 - \text{bit LF Mode: UI} = \frac{1}{f_{\text{PCLK}} \times 28} \quad (9)$$

$$\text{Jitter limit} = 0.1 \times \text{UI} \quad (10)$$

DS90UB935-Q1 DS90UB953-Q1、DS90UB953A-Q1 和 DS90UB635-Q1 UI 定义和时域抖动限制

$$\text{UI} = \frac{1}{f_{\text{OSC}}} \quad (11)$$

$$\text{Jitter limit} = 0.05 \times \text{UI} \quad (12)$$

DS90UB954-Q1、DS90UB936-Q1、DS90UB958-Q1 和 DS90UB638-Q1 频域抖动限制

相位噪声集成范围：200kHz 至 10MHz

抖动限制 = 50ps 峰峰值

DS90UB960-Q1、DS90UB962-Q1 和 DS90UB662-Q1 频域抖动限制

相位噪声集成范围：200kHz 至 10MHz

抖动限制 = 50ps 峰峰值

DS90Ux941AS-Q1 UI 定义和时域抖动限制

$$\text{Single - link Mode: UI} = \frac{1}{f_{\text{PCLK}} \times 35} \quad (13)$$

$$\text{Dual - link Mode: UI} = \frac{1}{\frac{f_{\text{PCLK}}}{2} \times 35} \quad (14)$$

$$\text{Jitter limit} = 0.028 \times \text{UI} \quad (15)$$

2.2 FPD-Link IV REFCLK 要求

所有 FPD-Link IV 器件都具有相同的 1.5ps RMS (12kHz - 20MHz 集成范围) 最大频域抖动限制。REFCLK 输入对于摄像头 (ADAS) 串行器/解串器通常为 25MHz，对于显示 (IVI) 串行器/解串器通常为 27MHz。

3 FPD-Link 时钟选择指南

表 3-1 和表 3-2 总结了所有需要外部振荡器的 FPD-Link III 和 FPD-Link IV 器件的典型配置和 REFCLK 抖动要求。针对典型 REFCLK 频率和抖动测试条件提供了 CDC6C-Q1、LMK3H0102-Q1 和 LMK3C0105-Q1 抖动测量。LMK3H0102-Q1 和 LMK3C0105-Q1 测量包括常见频率组合的最坏情况串扰（例如：25MHz、27MHz 和 100MHz），以表示更真实的系统用例。时域测量仅包含典型值。表 3-2 中的 RMS 相位抖动测量还包括基于器件特性的整个 PVT 的最大规格。

如果只需要一种输出频率，通常建议使用 CDC6C-Q1 振荡器。此器件采用业界最小的封装尺寸，具有极低的功耗。如果需要多个输出频率，LMK3H0102-Q1 或 LMK3C0105-Q1 等时钟发生器通常是最简单的系统设计。

表 3-1. 使用 TI 时钟器件时的 FPD-Link III 典型 REFCLK 配置和抖动测量

FPD-Link 器件	TI 时钟设计	典型配置	典型 REFCLK 抖动要求	LMK3H0102/ LMK3C0105 抖动测量	CDC6C 抖动测量
DS90UB933-Q1 DS90UB633A-Q1	CDC6CE025000XXX XX-Q1 LMK3H0102-Q1 LMK3C-Q1	REFCLK = 25MHz , PCLK = 50MHz , 12 位模式	643ps	8.4ps	8.5ps
DS90UB913A-Q1 DS90UB913Q-Q1	CDC6CE048000XXX XX-Q1 LMK3H0102-Q1 LMK3C-Q1	REFCLK = 48MHz , PCLK = 72MHz , 12 位 LF 模式	50ps	5.51ps	6.7ps
DS90UB935-Q1 DS90UB953-Q1 DS90UB953A-Q1 DS90UB635-Q1	CDC6CE050000XXX XX-Q1 LMK3H0102-Q1 LMK3C-Q1	REFCLK = 50MHz , PCLK = 50MHz	1000ps	4.20ps	6.8ps
DS90UB954-Q1 DS90UB936-Q1 DS90UB958-Q1 DS90UB638-Q1	CDC6CE025000XXX XX-Q1 LMK3H0102-Q1 LMK3C-Q1	REFCLK = 25MHz , PCLK = 25MHz	50ps p-p (200kHz-10MHz 集 成频带)	4.498ps p-p	3.3ps p-p
DS90UB960-Q1 DS90UB962-Q1 DS90UB662-Q1	CDC6CE025000XXX XX-Q1 LMK3H0102-Q1 LMK3C-Q1	REFCLK = 25MHz , PCLK = 25MHz	50ps 峰峰值 (200kHz-10MHz 集 成频带)	4.498ps p-p	3.3ps p-p
DS90Ux941AS-Q1	CDC6CE025000XXX XX-Q1 LMK3H0102-Q1 LMK3C-Q1	REFCLK = 25MHz , PCLK = 25MHz , 双 链接模式	32ps	8.4ps	8.5ps

表 3-2. 使用 TI 时钟器件时的 FPD-Link IV 典型 REFCLK 配置和抖动测量

FPD-Link 器件	TI 时钟设计	REFCLK 频率	REFCLK 相位抖动要求 (12kHz - 20MHz)	LMK3H0102/ LMK3C0105 抖动测量	CDC6C 抖动测量
DS90UB964-Q1	CDC6CE025000XXX XX-Q1 LMK3H0102-Q1 LMK3C-Q1	25MHz	1.5ps RMS	310fs RMS (典型值)	750fs RMS (典型值) 1ps RMS (最大值)
DS90UB971-Q1	CDC6CE025000XXX XX-Q1 LMK3H0102-Q1 LMK3C-Q1	25MHz	1.5ps RMS	310fs RMS (典型值)	750fs RMS (典型值) 1ps RMS (最大值)
DS90UB9702-Q1 DS90UB9722-Q1 DS90UB9724-Q1	CDC6CE025000XXX XX-Q1 LMK3H0102-Q1 LMK3C-Q1	25MHz	1.5ps RMS	310fs RMS (典型值)	750fs RMS (典型值) 1ps RMS (最大值)
DS90Ux981-Q1	CDC6CE027000XXX XX-Q1 LMK3H0102-Q1 LMK3C-Q1	27MHz	1.5ps RMS	340fs RMS (典型值)	550 fs RMS (典型值)
DS90Ux983-Q1 DS90Ux943A-Q1	CDC6CE027000XXX XX-Q1 LMK3H0102-Q1 LMK3C-Q1	27MHz	1.5ps RMS	340fs RMS (典型值)	550 fs RMS (典型值)
DS90Ux984-Q1 DS90Ux944A-Q1	CDC6CE027000XXX XX-Q1 LMK3H0102-Q1 LMK3C-Q1	27MHz	1.5ps RMS	340fs RMS (典型值)	550 fs RMS (典型值)
DS90Ux988-Q1 DS90Ux688-Q1	CDC6CE027000XXX XX-Q1 LMK3H0102-Q1 LMK3C-Q1	27MHz	1.5ps RMS	340fs RMS (典型值)	550 fs RMS (典型值)

4 EMI 注意事项

对于汽车认证，许多使用 FPD-Link 器件的系统必须符合 CISPR-25 辐射发射规范。尽管 FPD-Link 串行器/解串器链接通常在整体辐射发射中占主导地位，但 REFCLK 信号也会影响系统 EMI 性能。CDC6C-Q1 振荡器具有不同的压摆率选项，可缩短上升/下降时间并减少发射频谱中较高阶谐波的影响。同样，LMK3H0102-Q1 和 LMK3C0105-Q1 时钟发生器可以在启用展频时钟 (SSC) 的情况下运行，以减少 REFCLK 频率和谐波处的辐射功率发射。

TI 时钟器件最高可通过 CISPR-25 5 类辐射 EMI 发射性能测试。测试在 TI 为 CISPR-25 设置的预先符合规范的 EMI 室中完成，配置了工作频率高达 1Ghz 的天线。**** SNAA438 的 EMI 合规报告尚未发布 - 我们没有参考未发布的文件*** CDC6C-Q1 和 LMK3C0105 CISPR-25 EMI 报告 器件系列，其中包含有关 EMI 性能和测试设置的更多详细信息。

			CISPR-25 Radiation Limits (ALSE method) [dBμV/m]						1.8V							
			Class 5			Class 4			Class for CISPR-25				Significant Spurs [dBμV/m]			
												Competitor XO Variant 4				
Service/Band	Frequency (MHz)	Antenna	Peak	Quasi-Peak	Average	Peak	Quasi-Peak	Average	LMK3C0105 Variant 1	LMK3C0105 Variant 2	LMK3C0105 Variant 3	Competitor XO Variant 4	LMK3C0105 Variant 1	LMK3C0105 Variant 2	LMK3C0105 Variant 3	Competitor XO Variant 4
Analogue broadcast services																
LW	0.15 to 0.3	Monopole	46	33	26	56	43	36	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5				
MW	0.53 to 1.8	Monopole	40	27	20	48	35	28	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5				
SW	5.9 to 6.2	Monopole	40	27	20	46	33	26	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5				
FM	76 to 108	Bi-conical	38	25	18	44	31	24	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5				
TV Band I	41 to 88	Bi-conical	28	–	18	34	–	24	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5				
TV Band III	174 to 230	Bi-con/LPA	20	–	10	26	–	16	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5				
TV Band IV	470 to 944	Log-Periodic	41	–	31	47	–	37	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5				
Digital broadcast services																
DAB III	171 to 245	Bi-con/LPA	30	-	20	36	-	26	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5				
TV Band III	174 to 230	Bi-con/LPA	30	-	20	36	-	26	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5				
DTTV	470 to 770	Log-Periodic	46	-	36	52	-	42	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5				
DAB L Band	447 to 1,494	LPA/Horn	54	-	44	60	-	50	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5				
SDARS	320 to 2,345	LPA/Horn	58	-	48	64	-	54	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5				
Mobile services																
CB	26 to 28	Monopole	40	27	20	46	33	26	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5				
VHF	30 to 54	Bi-conical	40	27	20	46	33	26	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5				
VHF	68 to 87	Bi-conical	35	22	15	41	28	21	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5				
VHF	142 to 175	Bi-conical	35	22	15	41	28	21	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5				
Analogue UHF	380 to 512	Log-Periodic	38	25	18	44	31	24	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5				
RKE & TPMS 1	300 to 330	Log-Periodic	32	–	18	38	–	24	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5				
RKE & TPMS 2	420 to 450	Log-Periodic	32	–	18	38	–	24	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5				
Analogue UHF	820 to 960	Log-Periodic	44	31	24	50	37	30	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5				
GPS L5	1,156.45 to 1,196.45	Horn	-	-	20	-	-	26	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5			1075 MHz: AVG = 12	
BDS, B1I	1,553.098 to 1,569.098	Horn	-	-	5.5	-	-	11.5	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5				
GPS L1	1,567.42 to 1,583.42	Horn	–	–	10	–	–	16	Class 5	Class 5	Class 5	Class 4-5				1575 MHz: AVG = 10
GLONASS L1	1,590.781 to 1,616.594	Horn	–	–	10	–	–	16	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5				
Wi-Fi / Bluetooth	2,402 to 2,494	Horn	52	-	32	58	-	38	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5			2470 MHz: AVG = 22.5	
Wi-Fi	5,150 to 5,350	Horn	59	-	39	65	-	45	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5				
Wi-Fi	5,470 to 5,725	Horn	59	-	39	65	-	45	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5				
V2X (Wi-Fi)	5,850 to 5,925	Horn	84	-	64	90	-	70	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5				

图 4-1. 采用 TI 时钟器件的 CISPR-25 性能总结

5 总结

根据本应用手册中提供的信息，可以确定任何器件配置的 FPD-Link REFCLK 抖动要求。CDC6C-Q1、LMK3H0102-Q1 和 LMK3C0105-Q1 可以在所有典型用例中，以充足的余量满足 FPD-Link III 和 FPD-Link IV REFCLK 抖动要求。

6 参考资料

- 德州仪器 (TI), [LMK3C0105 CISPR-25 EMI 报告](#), 应用手册。
- 德州仪器 (TI), [CDC6Cx-Q1 低功耗 LVCMOS 输出 BAW 振荡器](#), 数据表
- 德州仪器 (TI), [LMK3H0102-Q1 无基准 2 差分或 5 单端输出 PCIe 第 1 代到第 6 代兼容可编程 BAW 时钟发生器](#), 数据表
- 德州仪器 (TI), [LMK3C0105 无基准 5-LVCMOS 输出可编程 BAW 时钟发生器](#), 数据表
- Tektronix, [DPOJET 抖动、噪声和眼图分析解决方案可打印应用帮助](#)

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