
MEMS 振荡器的 EMI 抑制能力

作者: *Maurizio Gavardon*
Microchip Technology Inc.

摘要

对于半导体行业的系统设计人员而言, 电磁干扰 (Electromagnetic interference, EMI) 始终都是一大挑战。在当今的系统设计中, 电子元器件布局密集紧凑, 处理器速度和数据速率超过以往任何时候, 因而这种挑战变得更为严峻。系统时钟是产生 EMI 的主要因素。

MEMS 振荡器已得到了非常广泛的使用, 并在很多需要生成时钟的应用中稳步取代晶体振荡器。MEMS 振荡器与晶体振荡器相比具有显著的优势, 其中之一就是它们能够灵活地进行编程和配置。

本应用笔记将重点描述如何利用 MEMS 振荡器的可编程特性来帮助减少 EMI。

简介

时钟发生器是系统中产生 EMI 的主要因素。方波时钟信号的频谱包括基频以及大量奇次谐波, 具有很大的能量。时钟变化越急剧, 谐波的能量就越大, 产生的 EMI 也越高。

减少 EMI 的传统方法包括精心布线、滤波和屏蔽。所有这些方法都会增加成本, 占用更多电路板空间。

MEMS 振荡器已被广泛用于生成时钟, 并在很多应用中稳步取代晶体振荡器, 包括消费、工业和汽车应用以及部分网络和电信应用。MEMS 振荡器与晶体振荡器相比具有显著的优势。

主要优势之一是 MEMS 振荡器可灵活选择并编程多种参数。其中一个参数是输出驱动强度, 该强度与时钟信号的上升和下降时间相关。通过延长上升和下降时间可以减少时钟的谐波能量, 从而降低 EMI, 因为辐射的能量与谐波的能量相关。另一个可编程的特性是展频, 该功能将随时间对时钟频率进行调制, 基频及其谐波的频谱能量峰值将会降低。

以下章节将更加详细地介绍如何利用 MEMS 振荡器的上升和下降时间的可编程特性及展频功能来减少 EMI。

请参见 [AN2340](#) “MEMS 振荡器对机械应力的抵抗能力” 以了解 MEMS 振荡器相对于传统晶体振荡器的重要优势。

可编程的上升 / 下降时间

有些 Microchip MEMS 振荡器系列 (例如 DSC11xx 和 DSC2010) 可对 CMOS 输出缓冲器的驱动强度进行编程, 这会影响输出信号的上升和下降时间。DSC2010 提供三路输入 (OS0、OS1 和 OS2), 可使能八种驱动强度中的一种。DSC1101 在出厂前已编程为使用最高驱动强度, DSC1105 则编程为使用最低驱动强度。

当应用需要快速的上升 / 下降时间或器件需要驱动很高的容性负载时, 高驱动强度是有利的。它还有助于减少电源噪声对时钟抖动的影响。

在表 1 中, 最低的驱动强度对应于最慢的上升 / 下降时间。在这种条件下, 时钟信号具有最平滑的边沿和最低的谐波能量, 因而能够最大程度地减少 EMI。

图 1 显示当输出缓冲器的驱动强度减小时谐波的衰减曲线。

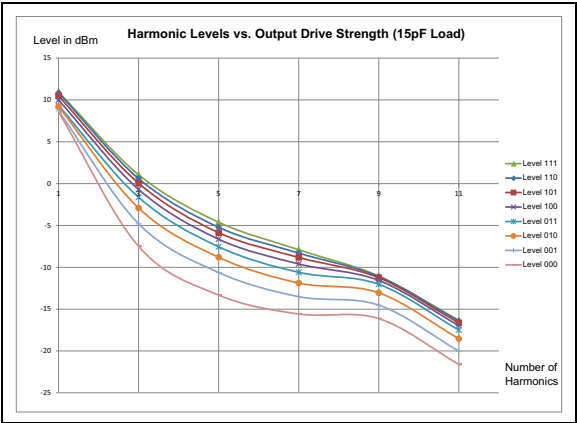


图1: MEMS 振荡器在八种驱动强度下的基频和谐波功率

表 1: 八种驱动强度的上升 / 下降时间（15 PF 负载）

驱动强度	上升时间	下降时间
代码 111（最强）	1.46 ns	1.95 ns
代码 110	1.48 ns	1.97 ns
代码 101	1.58 ns	2.10 ns
代码 100	1.89 ns	2.35 ns
代码 011	2.04 ns	3.45 ns
代码 010	2.33 ns	3.58 ns
代码 001	2.68 ns	4.38 ns
代码 000（最弱）	4.53 ns	5.30 ns

展频

展频是一种随时间对时钟频率进行缓慢调制。MEMS 谐振器内部的 PLL 采用 33 kHz 的三角波进行调制。在如此缓慢的调制速度下，基频和所有谐波的频谱能量峰值分布在更广的频率范围内。能量因此显著减少，从而也减少了 EMI。选择三角波的原因是它具备均匀分布的频谱密度。

Microchip 的 MEMS 振荡器系列 DSC63xx 提供多个调制选项。展频可能是相对于时钟频率的中心展频或向下展频。中心展频的范围为 ±0.25% 至 ±2.5%，而向下展频的范围为 -0.25% 至 -3%。

如果时钟频率为 100 MHz 并选择 ±1% 的中心展频，则输出时钟的范围为 99 MHz 至 101 MHz。如果选择 -2% 的向下展频，则输出时钟的范围为 98 MHz 至 100 MHz。

图 2 和图 3 显示了 DSC6331 的频谱示例，时钟频率为 33.333 MHz，采用 ±1% 的中心展频进行调制。

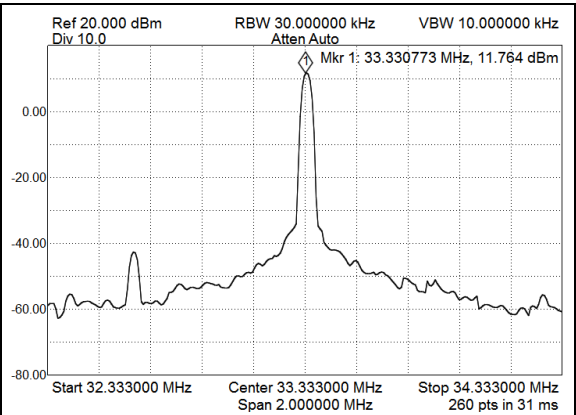


图2: 调制关闭时 DSC6331 在 33.333 MHz 频率下的频谱

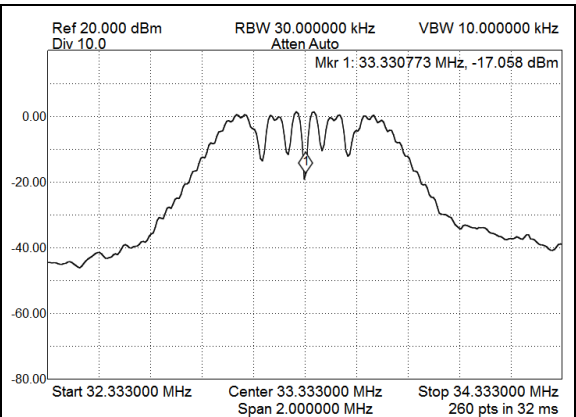


图3: 调制打开时 DSC6331 在 33.333 MHz 频率下的频谱

可以看到，展频将峰值功率降低了大约 10 dB。也可使用以下公式估算这一降幅：

公式 1:

$$EMIReduction = 10 \times \text{Log}_{10}(|S| \times f_c / RBW)$$

其中：

S 展频百分比峰 - 峰值（在本例中为 1%）。

f_c 载波频率（在本例中为 33.333 MHz）。

RBW 频谱分析仪的分辨率带宽（在本例中为 30 kHz）。

本例的理论计算结果等于 10.45 dB，与测量结果一致。
与基频类似，所有谐波也以相同的方式展频和衰减。

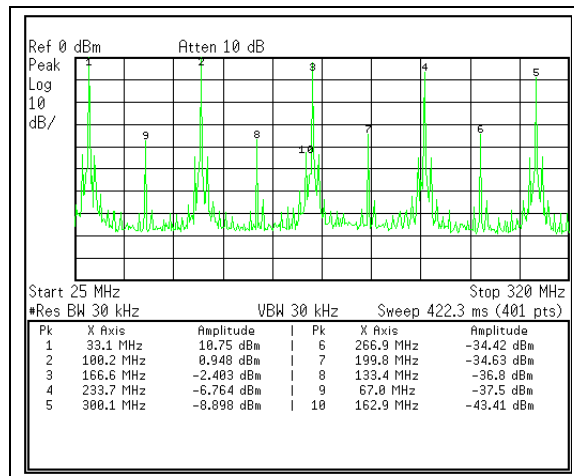


图4: 展频禁用时的DSC6331

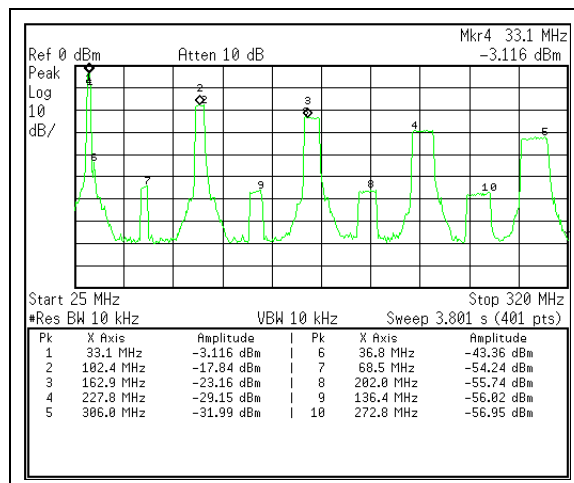


图5: 展频启用时的DSC6331，中心展频为 $\pm 2.5\%$

图6显示当选择不同类型的调制时DSC6331的33.333 MHz基频和奇次谐波的衰减曲线。为清晰起见，图6仅显示中心展频选项。但是，相应百分比的向下展频也可提供相同水平的谐波衰减（例如， $\pm 1\%$ 的向下展频可提供与 -2% 的向下展频相同的谐波衰减）。

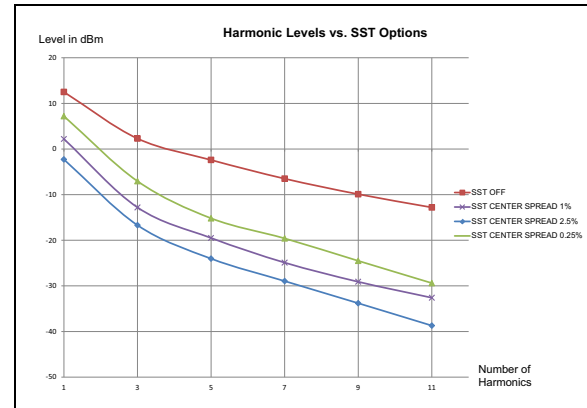


图6: DSC6331使用不同展频选项时的谐波功率

结论

EMI是现代电子设计领域的一大严峻挑战，而时钟发生器是产生EMI的主要因素之一。MEMS振荡器具有灵活和可编程的优势。这些振荡器提供两种重要的可编程特性，帮助减少时钟产生的EMI。第一种特性是编程的上升/下降时间。更缓慢的上升/下降时间可减少与每个时钟信号的谐波相关的能量，这也意味着辐射能量（EMI）的减少。第二种特性是时钟频率的缓慢调制，称为展频。这种特性也可显著减少与时钟谐波相关的能量。

这些MEMS振荡器的两种可编程特性不仅可减少EMI，还可简化EMI滤波和屏蔽设计，从而降低电路板成本并减少占用空间。

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。请勿忽视文档中包含的英文部分，因为其中提供了有关 Microchip 产品性能和使用情况的有用信息。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。如果将 Microchip 器件用于生命维持和/或生命安全应用，一切风险由买方自负。买方同意在由此引发任何一切伤害、索赔、诉讼或费用时，会维护和保障 Microchip 免于承担法律责任，并加以赔偿。除非另外声明，在 Microchip 知识产权保护下，不得暗中以其他方式转让任何许可证。

Microchip 位于美国亚利桑那州 Chandler 和 Tempe 与位于俄勒冈州 Gresham 的全球总部、设计和晶圆生产厂及位于美国加利福尼亚州和印度的设计中心均通过了 ISO/TS-16949:2009 认证。Microchip 的 PIC® MCU 与 dsPIC® DSC、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严格遵守公司的质量体系流程。此外，Microchip 在开发系统的设计和生产方面的质量体系也已通过了 ISO 9001:2000 认证。

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

商标

Microchip 的名称和徽标组合、Microchip 徽标、AnyRate、AVR、AVR 徽标、AVR Freaks、BeaconThings、BitCloud、CryptoMemory、CryptoRF、dsPIC、FlashFlex、flexPWR、Heldo、JukeBlox、KEELOQ、KEELOQ 徽标、Kleer、LANCheck、LINK MD、maXStylus、maXTouch、MediaLB、megaAVR、MOST、MOST 徽标、MPLAB、OptoLyzer、PIC、picoPower、PICSTART、PIC32 徽标、Prochip Designer、QTouch、RightTouch、SAM-BA、SpyNIC、SST、SST 徽标、SuperFlash、tinyAVR、UNI/O 及 XMEGA 均为 Microchip Technology Inc. 在美国和其他国家或地区的注册商标。

ClockWorks、The Embedded Control Solutions Company、EtherSynch、Hyper Speed Control、HyperLight Load、IntelliMOS、mTouch、Precision Edge 和 Quiet-Wire 均为 Microchip Technology Inc. 在美国的注册商标。

Adjacent Key Suppression、AKS、Analog-for-the-Digital Age、Any Capacitor、AnyIn、AnyOut、BodyCom、chipKIT、chipKIT 徽标、CodeGuard、CryptoAuthentication、CryptoCompanion、CryptoController、dsPICDEM、dsPICDEM.net、Dynamic Average Matching、DAM、ECAN、EtherGREEN、In-Circuit Serial Programming、ICSP、Inter-Chip Connectivity、JitterBlocker、KleerNet、KleerNet 徽标、Mindi、MiWi、motorBench、MPASM、MPF、MPLAB Certified 徽标、MPLIB、MPLINK、MultiTRAK、NetDetach、Omniscient Code Generation、PICDEM、PICDEM.net、PICKit、PICtail、PureSilicon、QMatrix、RightTouch 徽标、REAL ICE、Ripple Blocker、SAM-ICE、Serial Quad I/O、SMART-I.S.、SQI、SuperSwitcher、SuperSwitcher II、Total Endurance、TSHARC、USBCheck、VariSense、ViewSpan、WiperLock、Wireless DNA 和 ZENA 均为 Microchip Technology Inc. 在美国和其他国家或地区的商标。

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

Silicon Storage Technology 为 Microchip Technology Inc. 在除美国外的国家或地区的注册商标。

GestIC 为 Microchip Technology Inc. 的子公司 Microchip Technology Germany II GmbH & Co. & KG 在除美国外的国家或地区的注册商标。

在此提及的所有其他商标均为各持有公司所有。

© 2018, Microchip Technology Inc. 版权所有。

ISBN: 978-1-5224-2722-3

全球销售及服务网点

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://www.microchip.com/support>

网址: www.microchip.com

亚特兰大 Atlanta
Duluth, GA
Tel: 1-678-957-9614
Fax: 1-678-957-1455

奥斯汀 Austin, TX
Tel: 1-512-257-3370

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
Novi, MI
Tel: 1-248-848-4000

休斯敦 Houston, TX
Tel: 1-281-894-5983

印第安纳波利斯 Indianapolis
Noblesville, IN
Tel: 1-317-773-8323
Fax: 1-317-773-5453
Tel: 1-317-536-2380

洛杉矶 Los Angeles
Mission Viejo, CA
Tel: 1-949-462-9523
Fax: 1-949-462-9608
Tel: 1-951-273-7800

罗利 Raleigh, NC
Tel: 1-919-844-7510

纽约 New York, NY
Tel: 1-631-435-6000

圣何塞 San Jose, CA
Tel: 1-408-735-9110
Tel: 1-408-436-4270

加拿大多伦多 Toronto
Tel: 1-905-695-1980
Fax: 1-905-695-2078

亚太地区

中国 - 北京
Tel: 86-10-8569-7000

中国 - 成都
Tel: 86-28-8665-5511

中国 - 重庆
Tel: 86-23-8980-9588

中国 - 东莞
Tel: 86-769-8702-9880

中国 - 广州
Tel: 86-20-8755-8029

中国 - 杭州
Tel: 86-571-8792-8115

中国 - 南京
Tel: 86-25-8473-2460

中国 - 青岛
Tel: 86-532-8502-7355

中国 - 上海
Tel: 86-21-3326-8000

中国 - 沈阳
Tel: 86-24-2334-2829

中国 - 深圳
Tel: 86-755-8864-2200

中国 - 苏州
Tel: 86-186-6233-1526

中国 - 武汉
Tel: 86-27-5980-5300

中国 - 西安
Tel: 86-29-8833-7252

中国 - 厦门
Tel: 86-592-238-8138

中国 - 香港特别行政区
Tel: 852-2943-5100

中国 - 珠海
Tel: 86-756-321-0040

台湾地区 - 高雄
Tel: 886-7-213-7830

台湾地区 - 台北
Tel: 886-2-2508-8600

台湾地区 - 新竹
Tel: 886-3-577-8366

亚太地区

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

印度 India - Bangalore
Tel: 91-80-3090-4444

印度 India - New Delhi
Tel: 91-11-4160-8631

印度 India - Pune
Tel: 91-20-4121-0141

日本 Japan - Osaka
Tel: 81-6-6152-7160

日本 Japan - Tokyo
Tel: 81-3-6880-3770

韩国 Korea - Daegu
Tel: 82-53-744-4301

韩国 Korea - Seoul
Tel: 82-2-554-7200

马来西亚 Malaysia - Kuala Lumpur
Tel: 60-3-7651-7906

马来西亚 Malaysia - Penang
Tel: 60-4-227-8870

菲律宾 Philippines - Manila
Tel: 63-2-634-9065

新加坡 Singapore
Tel: 65-6334-8870

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

越南 Vietnam - Ho Chi Minh
Tel: 84-28-5448-2100

欧洲

奥地利 Austria - Wels
Tel: 43-7242-2244-39
Fax: 43-7242-2244-393

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

芬兰 Finland - Espoo
Tel: 358-9-4520-820

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

德国 Germany - Garching
Tel: 49-8931-9700

德国 Germany - Haan
Tel: 49-2129-3766400

德国 Germany - Heilbronn
Tel: 49-7131-67-3636

德国 Germany - Karlsruhe
Tel: 49-721-625370

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

德国 Germany - Rosenheim
Tel: 49-8031-354-560

以色列 Israel - Ra'anana
Tel: 972-9-744-7705

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

意大利 Italy - Padova
Tel: 39-049-7625286

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

挪威 Norway - Trondheim
Tel: 47-7289-7561

波兰 Poland - Warsaw
Tel: 48-22-3325737

罗马尼亚 Romania - Bucharest
Tel: 40-21-407-87-50

西班牙 Spain - Madrid
Tel: 34-91-708-08-90
Fax: 34-91-708-08-91

瑞典 Sweden - Gothenburg
Tel: 46-31-704-60-40

瑞典 Sweden - Stockholm
Tel: 46-8-5090-4654

英国 UK - Wokingham
Tel: 44-118-921-5800
Fax: 44-118-921-5820