

Application Note

了解电平转换器中的瞬态驱动强度与直流驱动强度



Michael Ikwuyum, Sahil Garg, and Debayan Chakraborty

摘要

表征电平转换器性能的两个重要参数是瞬态驱动能力和直流/静态驱动强度。理解这两个参数之间的区别对于系统设计人员选择正确的电平转换器至关重要。

内容

1 瞬态驱动强度.....	1
2 直流/静态驱动强度.....	2
3 权衡分析.....	2
4 为何高直流强度并不一定意味着高瞬态强度.....	2
5 总结.....	3
6 参考资料.....	3
7 修订历史记录.....	4

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 瞬态驱动强度

瞬态驱动强度是指 CMOS 输出缓冲器在开关转换等短时瞬态事件中提供高电流的能力。这表明了输出在从低电平切换到高电平或从高电平切换到低电平过程中，通过对输出电容快速充电或放电来提供或灌入电流的能力。

瞬态驱动能力对于确保输出信号在充放电较大容性负载时具有快速的上升和下降时间至关重要，这直接影响系统的速度和信号完整性。更快的上升和下降时间表明瞬态驱动能力更强。在高速应用中，例如时钟分配和数据传输，强大的瞬态驱动能力对于最大限度地减少高负载下的信号传播延迟并降低信号失真风险至关重要。

增强瞬态驱动能力的设计考量包括：优化输出级尺寸（即上拉和下拉缓冲器中晶体管的宽度和长度），以及最大限度地减小输出网络中的寄生电容，以提升瞬态响应性能。

然而，建议进行审慎的系统级考量，因为某些系统可能由于对传输线效应的敏感性而无法承受过强的瞬态驱动能力。一些可能出现的症状包括过冲、下冲以及反射（通常称为振铃）。根据系统要求，只需在输出端使用串联阻尼电阻器即可进行相应的调整。应考虑选用适当阻值的阻尼电阻，以适应缩短的上升/下降时间，同时需兼顾该电阻上的压降对信号摆幅的限制，以及由此引入的额外传播延迟和功耗增加。

上升或下降时间是评估器件瞬态驱动强度的有效指标。

2 直流/静态驱动强度

直流/静态驱动强度是指在静态稳态条件下维持稳定输出电压电平的能力。直流/静态驱动能力决定了输出缓冲器在不产生显著电压跌落（不低于规定的 V_{OH} 电平）或失真的情况下，能够可靠驱动的最大负载电流，通常通过缓冲器的 I_{OH} 和 I_{OL} 参数来衡量。

这是指在维持规定的 V_{OH}/V_{OL} 电压电平处于指定高电平（逻辑 1）或低电平（逻辑 0）时，输出端需提供或吸收的电流。瞬态驱动对于输出上升至逻辑 1 状态（上升时间）或下降至逻辑 0 状态（下降时间）的速度至关重要，而静态驱动则是确保输出在指定的高电平（逻辑 1）或低电平（逻辑 0）电压下保持恒定不变。

静态电流强度对于确保数字系统的稳定性和可靠性至关重要，尤其是在输出缓冲器驱动电阻负载、LED 负载等应用中。

为了增强静态驱动强度，设计人员通常注重优化输出晶体管的偏置条件，并尽可能降低各种电源电压和工艺参数中的输出阻抗。

I_{OH} 和 I_{OL} 是评估器件直流驱动强度的有效指标。

3 权衡分析

瞬态电流驱动能力强调的是应对输出电压快速变化（即高转换速率）的能力，而静态电流驱动能力则侧重于在稳态条件下维持稳定的电压电平。这两个参数虽相互关联，但分别针对输出缓冲器性能的不同方面。

对于应用或系统工程师来说，根据特定应用的速度、负载条件和功率限制来平衡瞬态和静态电流驱动强度需求至关重要。在某些情况下，强化某一参数的优化可能意味着要在另一个参数上做出妥协。

对于驱动 LED、电机或驱动 I2C 器件等需要高静态电流的应用，系统设计人员应着重考虑静态电流驱动强度。而在驱动容性负载时，上升或下降时间则可作为衡量瞬态驱动能力的指标。因此，在设计阶段需要仔细考虑并进行权衡分析，以满足所需的性能规格（上升或下降时间）和静态电流驱动要求。

4 为何高直流强度并不一定意味着高瞬态强度

为了确保静态电流强度足够高，通常可部署较大尺寸的 MOSFET，并采用更宽的布线和连接方式，以规避电迁移等潜在的可靠性问题。这些大尺寸 FET 给设计人员带来了两个方面的难题：

- 具有较高直流驱动强度的大尺寸 FET 往往会在瞬态过程中导致输出端出现更大幅度的振铃。
- 更宽的布线会引入额外的寄生电容，从而减缓瞬态响应速度。

为了控制振铃，CMOS 缓冲器中通常会增设限流器电路以限制瞬态电流，从而减少振铃。因此，即使缓冲器的静态电流强度高，其瞬态强度也可能较低。

图 4-1 和图 4-2 比较了 SN74AVCxT245（瞬态驱动能力较强，上升或下降时间较短，静态驱动电流较小，额定值不超过 12mA）和 SN74LXCxT245（瞬态驱动能力较弱，上升或下降时间较长，静态驱动电流较大，额定值高达 32mA）。

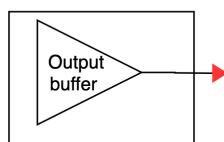


图 4-1. 高瞬态驱动强度缓冲器 (AVC)

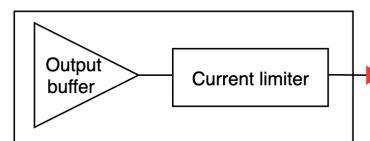


图 4-2. 具有瞬态限流器电路的高直流驱动强度缓冲器 (LXC)

图 4-1 比较了 AVC 和 LXC 瞬态驱动强度。AVC 开关速度快于 LXC，表明前者瞬态驱动强度更高。

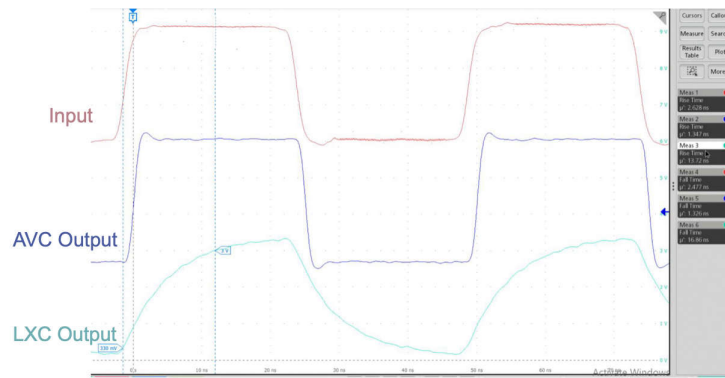


图 4-3. SN74AVCxT245 和 SN74LXCxT245 的上升或下降时间

备注

CMOS 电平转换器输出缓冲器示例，展示了 AVC 和 LXC 电平转换器缓冲器在 10MHz 频率、15pF 负载条件下的瞬态转换特性。

图 4-4 比较了 AVC 和 LXC 在进行开关转换时所需的瞬态电流。虽然 AVC 器件的静态电流额定值较低，但为了实现快速的高低电平转换，它实际上需要更大的瞬态电流。

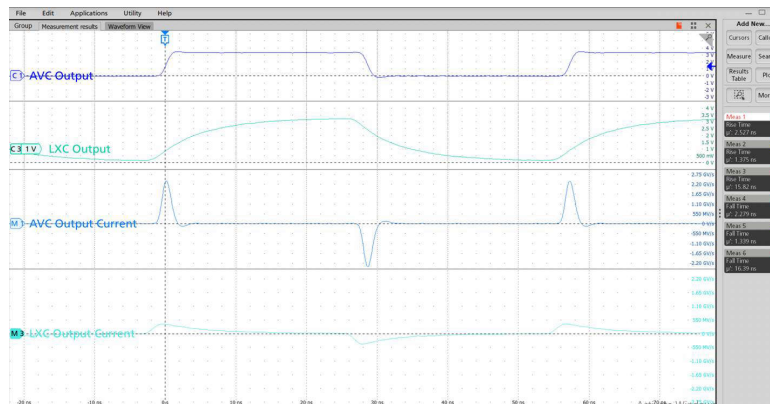


图 4-4. SN74AVCxT245 和 SN74LXCxT245 的瞬态开关电流

备注

CMOS 电平转换器输出缓冲器示例，展示了 AVC 和 LXC 电平转换器缓冲器在 10MHz 频率、15pF 负载条件下的输出开关电流。

5 总结

静态电流驱动强度侧重于在正常工作条件下提供强劲且稳定的信号。瞬态电流驱动强度则强调在信号转换期间快速有效地驱动负载电容的能力。在设计高性能且可靠的数字系统时，静态电流驱动强度和瞬态电流驱动强度都是至关重要的。它们分别针对信号完整性和整体性能的不同方面起着关键作用。

6 参考资料

- 德州仪器 (TI), [电压转换器和电平转换器](#) 产品文件夹。

7 修订历史记录

Changes from Revision * (May 2024) to Revision A (July 2024)	Page
• 更新了整个文档中的表格、图和交叉参考的编号格式.....	1
• 更新了“直流/静态驱动强度”部分.....	2
• 更新了为何高直流强度并不一定意味着高瞬态强度部分.....	2

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、与某特定用途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安全、安保法规或其他要求。

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。对于因您对这些资源的使用而对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，您将全额赔偿，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 销售条款](#)、[TI 通用质量指南](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款或 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。除非德州仪器 (TI) 明确将某产品指定为定制产品或客户特定产品，否则其产品均为按确定价格收入目录的标准通用器件。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

版权所有 © 2026，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月