

了解 CMOS 输出缓冲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

CMOS 输出缓冲器性能的两个关键参数是瞬态驱动强度和静态驱动强度。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器件至关重要。

内容

1 瞬态驱动强度.....	1
2 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.....	3
5 总结.....	4
6 参考资料.....	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。它主要受输出级对输出节点相关负载电容充电和放电能力的影响。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。

瞬态驱动强度对于确保缩短输出信号上升和下降时间至关重要，这会直接影响系统运行速度和信号完整性。转换速度越快表示瞬态驱动强度越高。在诸如时钟分配和数据传输等高速应用中，强大的瞬态驱动能力对于减少信号传播延迟并降低信号失真风险至关重要。

为了增强瞬态驱动强度，设计时需要考虑的因素包括优化输出级结构，即调整上拉和下拉网络中晶体管的宽度，并尽可能减小输出网络中的寄生电容，以增强高频响应能力。

然而，需要注意的是，由于某些系统可能对传输线效应较为敏感，无法承受过高的输出强度，故在设计时需谨慎考量。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。

上升或下降时间是评估器件瞬态驱动强度的有效指标。

2 静态驱动强度

静态驱动强度是指 CMOS 输出缓冲器在电流负载较大且系统处于静态稳定状态下，保持输出电压电平恒定的能力。它界定了输出缓冲器在无明显压降或失真的前提下能够可靠驱动的最大负载电流，这一能力通常通过缓冲器的 IOH 和 IOL 来衡量。

这是输出将电压保持在指定的高电平（逻辑“1”）或低电平（逻辑“0”）时，所需拉取或灌入的电流。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。

IOH 和 IOL 是评估器件直流驱动强度的有效指标。

3 权衡分析

瞬态电流驱动强度强调应对输出电压快速变化的能力，而静态电流驱动强度则侧重于在稳定状态下保持电压电平恒定的能力。这两个参数虽有关联，但各自强调的是输出缓冲器性能的不同方面，因而设计方法也需有所区别。

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。反之，若负载为纯容性负载且静态电流需求较低，上升或下降时间则成为系统设计人员衡量瞬态驱动强度的重要参数。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，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：

- 一方面，布线越宽，产生的寄生电容越大，从而会延缓瞬态响应速度。
- 另一方面，具有高直流强度的大尺寸 FET 在瞬态时可能会导致输出端的振铃幅度增大，从而引发可靠性和信号完整性方面的问题。

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)。

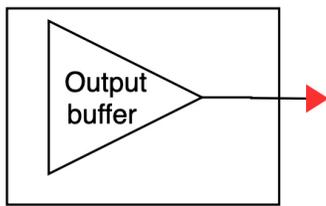


图 4-1. 高瞬态驱动强度缓冲器 (AVC)

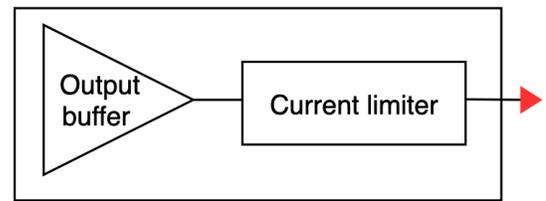


图 4-2. 具有瞬态限流器电路的高直流驱动强度缓冲器 (LXC)

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。

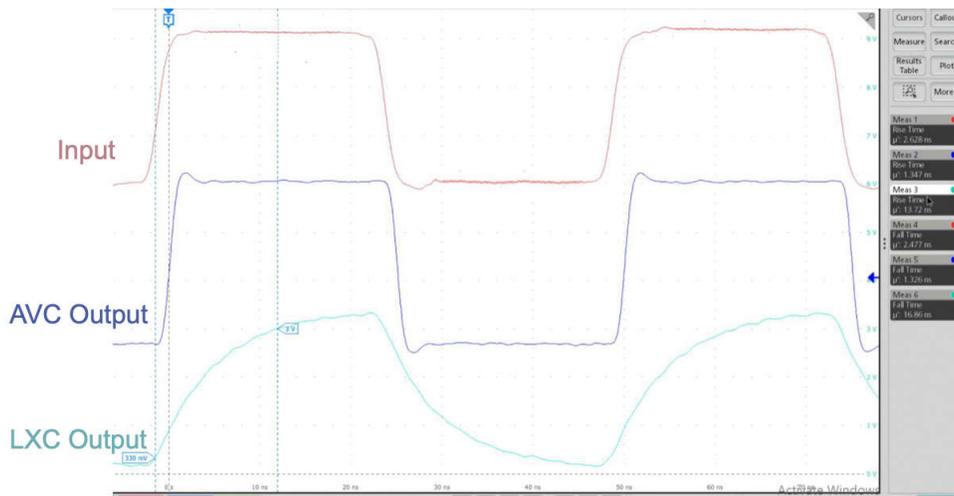


图 4-3. SN74AVCxT245 和 SN74LXCxT245 的上升或下降时间

备注

CMOS 电平转换器输出缓冲器示例显示了在相同条件下 AVC 和 LXC 电平转换器缓冲器的瞬态转换过程。

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。

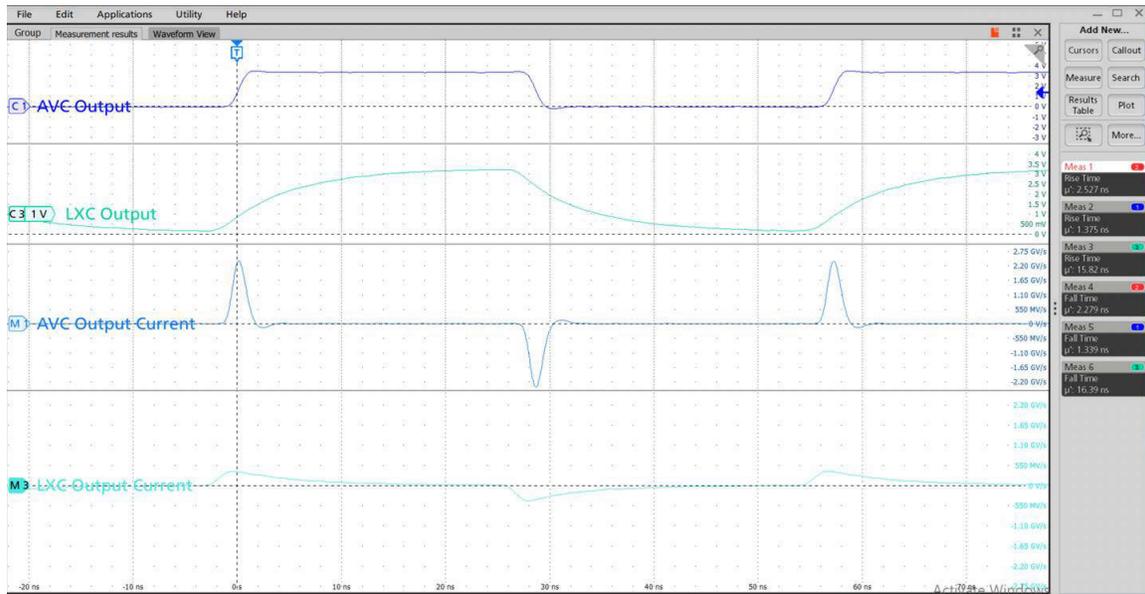


图 4-4. SN74AVCxT245 和 SN74LXCxT245 的瞬态开关电流

备注

CMOS 电平转换器输出缓冲器示例显示了在相同条件下 AVC 和 LXC 电平转换器缓冲器的输出开关电流情况。

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。

重要声明和免责声明

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 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。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

Copyright © 2024，德州仪器 (TI) 公司