

Application Note

レベルシフトにおける過渡駆動能力と DC 駆動能力との関係



Michael Ikwuyum, Sahil Garg, and Debayan Chakraborty

概要

レベルシフトの性能を特性評価する 2 つの重要なパラメータは、過渡駆動能力と DC / 静的駆動能力です。システム設計者が適切なレベルシフトを選択するには、これら 2 つのパラメータ間の違いを理解することが不可欠です。

目次

1 過渡駆動能力.....	1
2 DC / 静的駆動能力.....	2
3 トレードオフ分析.....	2
4 高い DC 駆動能力が必ずしも高い過渡駆動能力を意味しない理由.....	2
5 まとめ.....	3
6 参考資料.....	3
7 改訂履歴.....	4

商標

すべての商標は、それぞれの所有者に帰属します。

1 過渡駆動能力

過渡駆動能力とは、スイッチング遷移などの短時間の過渡イベント時に大電流を供給できる CMOS 出力バッファの能力を指します。これは、LOW から HIGH、または HIGH から LOW に切り替わる間に、出力キャパシタンスを迅速に充電または放電することにより、出力が電流を供給またはシンクする能力を示しています。

過渡駆動能力は、より大きな容量性負荷を充電および放電する際に、出力信号の立ち上がり時間と立ち下がり時間を短くするために不可欠であり、システムの速度とシグナル インテグリティに直接的な影響を及ぼします。立ち上がり時間と立ち下がり時間が短いほど、過渡駆動能力が高くなります。クロック分配やデータ送信などの高速アプリケーションでは、より高い負荷を使用して信号伝搬遅延を最小限に抑え、信号歪みのリスクを低減するために、強力な過渡駆動能力が不可欠です。

過渡駆動能力を高めるための設計上の検討事項として、出力段のサイズ (プルアップ バッファおよびプルダウン バッファで使用されるトランジスタの幅や長さ) を最適化するほか、出力ネットワーク内の寄生容量を最小化して過渡応答を向上することが挙げられます。

ただし、伝送ラインの影響を受けやすいことが原因で、一部のシステムでは強力な過渡駆動に対応できない可能性があるため、システムを慎重に検討することを推奨します。いくつかの症状には、オーバーシュート / アンダーシュート / 反射 (一般にリングングとして知られる) が含まれる場合があります。単純に、出力に直列ダンピング抵抗を使用すると、システムの要件に応じて調整できます。立ち上がり / 立ち下がり時間の短縮、抵抗の両端での電圧降下による信号スイングの制限、追加の伝搬遅延、追加の消費電力に対応できるように、適切なダンピング抵抗のサイズを考慮する必要があります。

立ち上がりまたは立ち下がり時間は、デバイスの過渡駆動能力を表す適切なインジケータです。

2 DC / 静的駆動能力

DC / 静的駆動能力とは、静的な定常状態で安定した出力電圧レベルを維持できる能力を意味します。DC / 静的駆動は、大きな電圧降下 (規定された V_{OH} レベル未満ではない) や歪みなしに出力バッファが確実に駆動できる最大負荷電流を決定し、一般に、バッファの I_{OH} と I_{OL} を使用して測定されます。

これは、指定された High レベル (ロジック 1) または Low レベル (ロジック 0) で V_{OH}/V_{OL} 電圧レベルを維持しながら、出力がソースまたはシンクするために必要な電流です。過渡駆動は、出力がロジック 1 (立ち上がり時間) またはロジック 0 (立ち下がり時間) に達する速度を決定する上で重要なものに対し、静的駆動は、出力をそれぞれ指定された High レベル (ロジック 1) または Low レベル (ロジック 0) 電圧で、定常的に管理または維持します。

この静的電流強度は、デジタル システム、特に出力バッファが抵抗性負荷や LED 負荷などを駆動するアプリケーションで、安定性と信頼性を確保するために不可欠です。

静的駆動能力を高めるために、設計者は通常、出力トランジスタのバイアス条件を最適化し、さまざまな電源電圧およびプロセス パラメータ間で出力インピーダンスを最小化することに重点を置いています。

I_{OH} と I_{OL} は、デバイスの DC 駆動能力を表す適切なインジケータです。

3 トレードオフ分析

過渡電流駆動能力が、出力電圧の急速なスルーレート変化に対応する能力を重視するのに対し、静的電流駆動能力は、定常状態での電圧レベルの維持に焦点を当てています。両方のパラメータは相互に関連していますが、出力バッファ性能の異なる側面に対応しています。

アプリケーション エンジニアやシステム エンジニアは、特定のアプリケーションの速度、負荷条件、電力制約に基づいて、過渡電流駆動能力と静的電流駆動能力の要件バランスを取ることが不可欠です。場合によっては、あるパラメータを最適化すると、もう一方のパラメータで妥協が生じることがあります。

LED の駆動、モーターの駆動、大きい静的電流が必要な I2C デバイスの駆動などのアプリケーションの場合、システム設計者は静的電流駆動能力を考慮できます。一方、立ち上がり時間や立ち下がり時間は、容量性負荷を駆動する際の過渡駆動能力の指標として機能します。そのため、立ち上がり時間や立ち下がり時間および静的電流駆動要件の望ましい性能仕様を満たすために、設計段階では慎重に検討することと、トレードオフ分析が必要です。

4 高い DC 駆動能力が必ずしも高い過渡駆動能力を意味しない理由

高い静的電流強度を確保するために、通常はより大きな MOSFET を導入し、配線や接続の幅を広くすることで、エレクトロマイグレーションなどの信頼性の問題を回避します。これらの大型サイズの FET は、設計者にとって次の 2 つの課題をもたらします：

- DC 駆動能力の高い大型 FET は、過渡時の出力のリングング振幅が大きくなるがよくあります。
- 配線幅が広いと、寄生容量が追加され、過渡応答が遅くなります。

リングングを制御するため、CMOS バッファ内に電流リミッタ回路が追加され、過渡電流を制限してリングングを低減します。したがって、静的電流強度の高いバッファでも、過渡強度が低い場合があります。

図 4-1 と図 4-2 は、SN74AVCxD245 (過渡駆動の立ち上がりまたは立ち下がり時間の高速化、静的駆動能力の低減 - 最大 12mA まで規定) と SN74LXCxD245 (過渡駆動の立ち上がりまたは立ち下がり時間の低速化、静的駆動能力の増加 - 最大 32mA まで規定) を比較したものです。

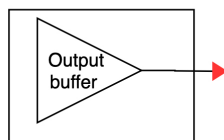


図 4-1. 高過渡駆動能力バッファ (AVC)

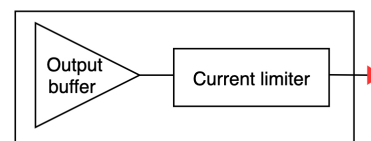


図 4-2. 過渡電流制限回路 (LXC) を備えた高い DC 駆動能力バッファ

図 4-1 は、AVC と LXC の過渡駆動能力を比較したものです。AVC は LXC より高速にスイッチングし、過渡駆動能力が高いことを示します。

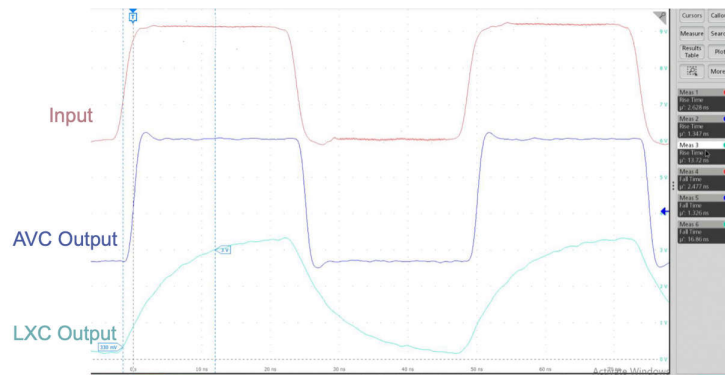


図 4-3. SN74AVCxT245 と SN74LXCxT245 の立ち上がりまたは立ち下がり時間

注

10MHz において 15pF の負荷を持つ AVC および LXC レベル シフタ バッファの過渡遷移を示す CMOS レベル シフタ出力バッファの例。

図 4-4 は、スイッチング遷移に必要な AVC と LXC の過渡電流を比較したものです。高速な AVC デバイスでは静的電流が低く規定されていますが、高速な HIGH または LOW 遷移の切り替えに、より大きな過渡電流が必要です。

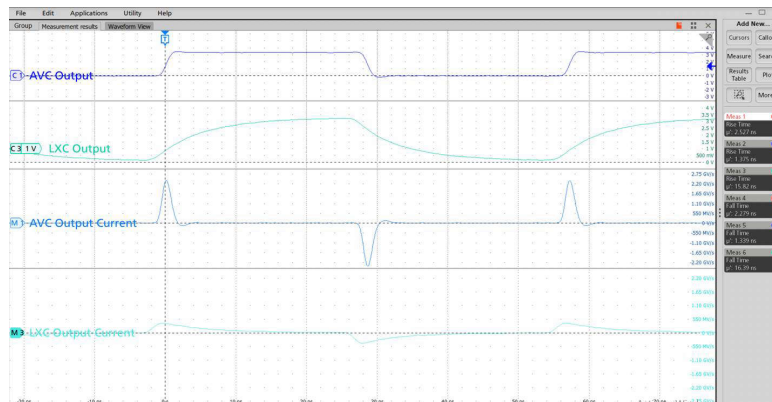


図 4-4. SN74AVCxT245 および SN74LXCxT245 の過渡スイッチング電流

注

10MHz において 15pF の負荷を持つ AVC および LXC レベル シフタ バッファの出力スイッチング電流を示す CMOS レベル シフタ出力バッファの例。

5 まとめ

静的電流駆動能力は、通常動作条件において強力で安定した信号を供給するのが主な役割です。過渡電流駆動能力は、信号遷移中に負荷容量を迅速かつ効果的に駆動できる能力を主に指します。高信頼性で高性能のデジタル システムを設計するには、静的電流と過渡電流の両方の駆動能力が不可欠です。ただし、どちらも、シグナル インテグリティと性能の異なる側面を扱っています。

6 参考資料

- テキサス インストルメンツ、『[電圧トランスレータおよびレベル シフタ](#)』製品フォルダ。

7 改訂履歴

Changes from Revision * (May 2024) to Revision A (July 2024)	Page
• ドキュメント全体にわたって表、図、相互参照の採番方法を更新.....	1
• 「DC / 静的駆動能力」セクションを更新.....	2
• 「高い DC 駆動能力が必ずしも高い過渡駆動能力を意味しない理由」セクションを更新.....	2

重要なお知らせと免責事項

TI は、技術データと信頼性データ (データシートを含みます)、設計リソース (リファレンス デザインを含みます)、アプリケーションや設計に関する各種アドバイス、Web ツール、安全性情報、その他のリソースを、欠陥が存在する可能性のある「現状のまま」提供しており、商品性および特定目的に対する適合性の黙示保証、第三者の知的財産権の非侵害保証を含みいかなる保証も、明示的または黙示的にかかわらず拒否します。

これらのリソースは、TI 製品を使用する設計の経験を積んだ開発者への提供を意図したものです。(1) お客様のアプリケーションに適した TI 製品の選定、(2) お客様のアプリケーションの設計、検証、試験、(3) お客様のアプリケーションに該当する各種規格や、その他のあらゆる安全性、セキュリティ、規制、または他の要件への確実な適合に関する責任を、お客様のみが単独で負うものとし、TI は一切の責任を拒否します。

上記の各種リソースは、予告なく変更される可能性があります。これらのリソースは、リソースで説明されている TI 製品を使用するアプリケーションの開発の目的でのみ、TI はその使用をお客様に許諾します。これらのリソースに関して、他の目的で複製することや掲載することは禁止されています。TI や第三者の知的財産権のライセンスが付与されている訳ではありません。お客様は、これらのリソースを自身で使用した結果発生するあらゆる申し立て、損害、費用、損失、責任について、TI およびその代理人を完全に補償するものとし、TI は一切の責任を拒否します。

TI の製品は、[TI の販売条件](#)、[TI の総合的な品質ガイドライン](#)、[ti.com](#) または TI 製品などに関連して提供される他の適用条件に従い提供されます。TI がこれらのリソースを提供することは、適用される TI の保証または他の保証の放棄の拡大や変更を意味するものではありません。TI がカスタム、またはカスタマー仕様として明示的に指定していない限り、TI の製品は標準的なカタログに掲載される汎用機器です。

お客様がいかなる追加条項または代替条項を提案する場合も、TI はそれらに異議を唱え、拒否します。

Copyright © 2026, Texas Instruments Incorporated

最終更新日：2025 年 10 月