

アナログ・スイッチへのインタフェース

アナログ・スイッチのコントロール入力を1.8 V以下の電圧で駆動しても安全か？

はじめに

アナログ・スイッチは今日どこにでも使われています。アナログ・スイッチは小型で消費電流も少ないため、オーディオやデータ通信、ポート接続、試験などの各種サブシステムにおいて効果を発揮する携帯機器内で多用されています。信号配線を簡素化するのに使用でき、複数のデータ・タイプで1個のインタフェース・コネクタを共用したり、製造時に内部プロセッサへの一時的なアクセスを可能にすることができます。アナログ・スイッチは、携帯用システム設計者で回路を重複させることなく、機能を充実させたりアクセス性を向上させるための便利な方法としてよく使用されます。主な仕様とトレードオフを理解すれば、一時的な対策と真に最適化された解決策との違いを生み出すことができます。

コントロール入力

最近注目を集めたアナログ・スイッチの特徴が、コントロール入力端子の最低駆動電圧を定義するコントロール入力電圧範囲です。コントロール入力はセレクトとも呼ばれ、Figure 1に示すとおり、スイッチの状態(開/閉またはNO/NC)を決定します。この入力は通常、グラウンドと設定DC電圧との間で切り替わるデジタル信号によって駆動され、たいいていはCODECやベースバンド・プロセッサなど、より大規模な集積回路チップセットから送られてきます。一般にこれらのチップセットが動作する電源電圧は低くなる一方なので、供給可能な電圧は制限されます。同時に、アナログ・スイッチは必ずしも供給電圧で同じ電圧降下を受けるわけではありません。例えば、一般的な手法の1つはバッテリーから直接スイッチに給電することによって、コントロール入力電圧よりも電位が高い電圧だけでなく、時間と共に絶えず変化する電圧が印加されるようになります。この場合、厳密にグラウンドとスイッチ V_{CC} 間で切り替わるコントロール入力電圧に最適化されたスイッチを採用したシステム設計では、問題が生じる可能性があります。

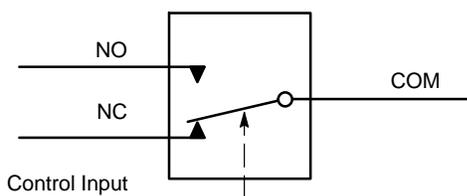


Figure 1. Control Input of Switch



ON Semiconductor®

www.onsemi.jp

APPLICATION NOTE

現在市販されている大部分のアナログ・スイッチの場合、コントロール入力の接合部分に直接配置される入力バッファは、標準CMOSまたはTTLインバータです。これらのインバータの構造はFigure 2のようにモデル化されます。これらのインバータを駆動する入力信号は、理想的にはグラウンドとインバータへの印加 V_{CC} 間で切り替わるデジタル信号です。アナログ・スイッチの場合、インバータの V_{CC} は通常スイッチの V_{CC} と同じです。しかし、今日アナログ・スイッチを使用している多くのシステム設計者は、コントロール入力電圧 V_{IN} をスイッチに印加されている電圧 V_{CC} よりも低くできる柔軟性を望んでいます。

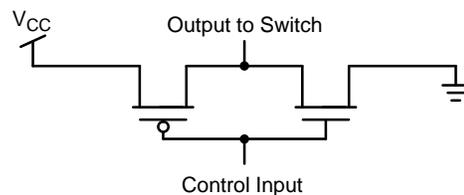


Figure 2. Static CMOS Inverter

まず、 V_{IN} の“H”レベルを安全に低下させることができるかどうか確認するために設計者が調べるのが、アナログ・スイッチ・データシートの V_{IH} 仕様です。 V_{IH} レベルおよび V_{IL} レベルは、Figure 3に示すとおり、インバータ入力で有効とみなされるために維持する必要がある最小“H”電圧および最大“L”電圧を定義します。

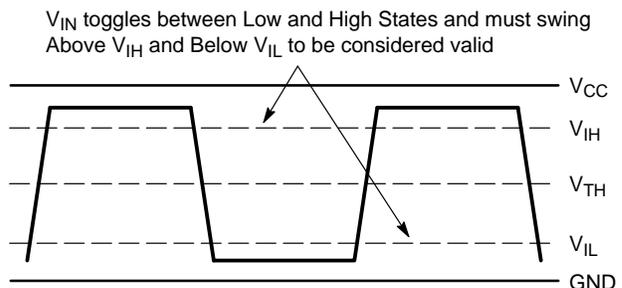


Figure 3. V_{IH} and V_{IL} Levels with Respect to V_{CC} and Ground

従来から、 V_{IH} はかなり簡潔に規定されており、5 V CMOS、 $V_{IH} = 0.7 * V_{CC}$ 、または5 V TTL、

$V_{IH} = 2.0\text{ V}$ のいずれかに対する基準値が引用される場合もよくあります。これらの仕様は、グラウンドと3 Vや5 Vなどの比較的高い電圧の間で切り替わる信号を駆動する際に、準拠すべきレベルに対して十分な余裕を与えます。 V_{CC} が低下した場合でも、コントロール入力を駆動する信号は依然として一般に同じソースから送られるため、その時点でスイッチ V_{CC} 値が何であっても容易に適合させることができます。今日における主な違いは、アナログ・スイッチは、アナログやデジタルなど大きく異なる回路ブ

ロックに同時に結びついている場合もよくあることです。 V_{CC} 、 V_{IN} 、およびデータ経路を駆動する信号がFigure 4に示すアプリケーション例のように、異なる3つのソースから来ていることも珍しくありません。これによって、スイッチに対する信号振幅および電圧要件に混乱が生じます。 V_{IH} レベルが伝統的な基準だけを使用し、入念な検討なしに規定される場合、システム設計者は当該スイッチがアプリケーションに必要な電圧範囲や柔軟性を備えているように見えないと思うこともあるかも知れません。

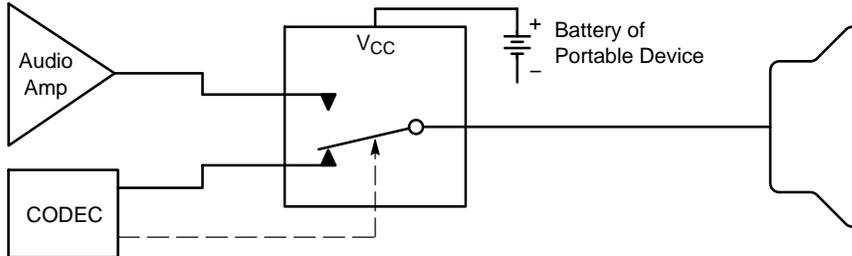


Figure 4. Example of Various Sources for Voltages and Signal Swings Surrounding an Analog Switch

限界の打破

V_{CC} よりもはるかに低い V_{IH} 値でスイッチを安全に作動させることができる可能性があります、そのトレードオフが何かを知るには、 V_{IH} 仕様のソースを理解するとよいでしょう。 V_{IH} 仕様と V_{IL} 仕様は両方とも、インバータの閾値電圧 V_{TH} 値に基づいて実際に派生した値です。インバータへの電圧上昇時には、 V_{TH} はインバータ、続いてスイッチが切り替わる電圧として定義されます。この電圧は V_{CC} 電圧および温度で変化し、 V_{IH} と V_{IL} の間に収まります。この閾値電圧が、単に最小電圧切替ポイントとして規定されない理由が2つあります。その1つは、この閾値は正確ではなく V_{CC} や温度に対しても多少変動することです。Figure 5に、 V_{CC} に対して変化するときの閾値電圧の例を示します。この電圧は、 V_{IN} がグラウンドから V_{CC} または V_{CC} からグラウンドに変化するときにアプローチの方向に応じて、わずかに異なるポイントに収まります。アナログ・スイッチの設計者は、安全な V_{IH} レベルを規定するときには、これらのバリエーションのすべてを考慮に入れ、いくらかの安全マージンを持った値を保証する必要があります。

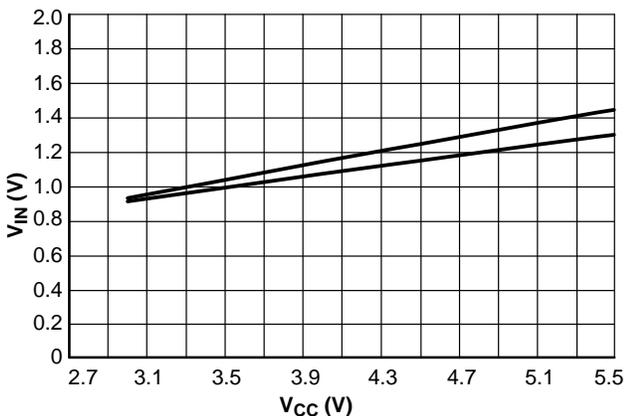


Figure 5. V_{CC} vs. V_{TH}

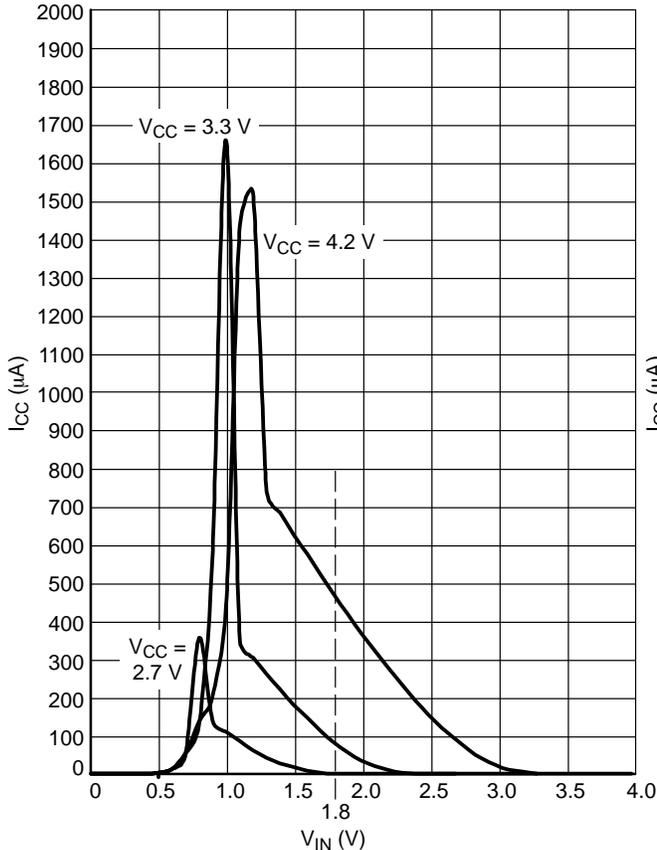
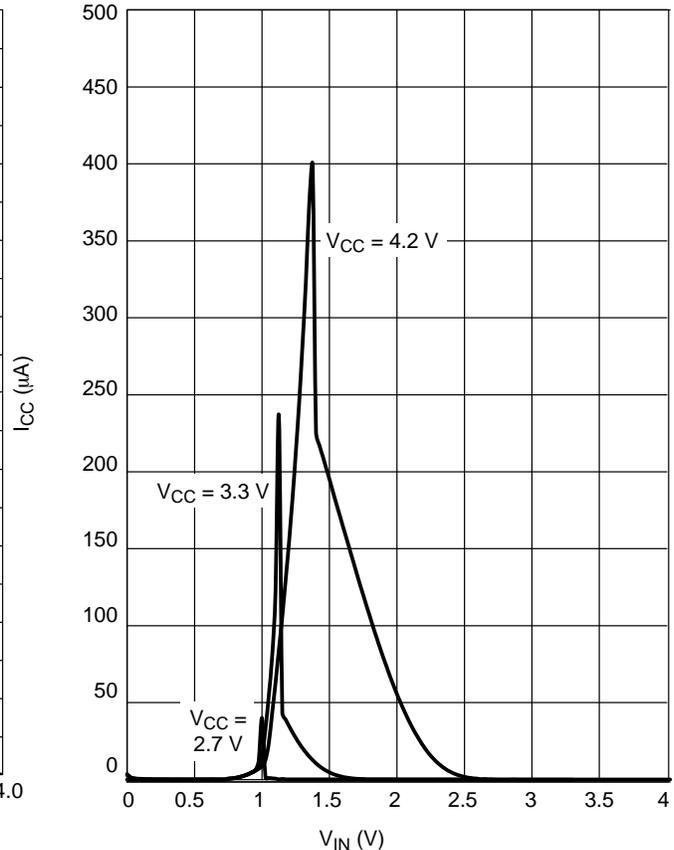
V_{TH} が直接 V_{IH} 値または V_{IL} 値として使用されないもう1つの理由は、システム設計者がコントロール入力を正確に閾値電圧で駆動する場合は、スイッチに V_{CC} ラインから大きな電流が流れ、デバイスの漏れ電流が非常に大きくなる(時としてmA台)原因となります。閾値電圧からさらに離れると、 V_{IN} の“H”値と“L”値が設定され、スイッチの漏れ電流は減少します。これはFigure 6で確認でき、多数の異なる V_{CC} に対する様々な V_{IN} 値における漏れ電流を示しています。このグラフから V_{IN} がレールツーレールで切り替わると、 V_{CC} に関係なく、静的漏れ電流は非常に小さくなります。しかし、 V_{IN} の“H”状態電圧が低くなると、漏れ電流が増加します。例えば、 V_{CC} が3.3 Vで、 V_{IN} の“H”状態電圧が2.5 Vの場合、漏れ電流は難なく5 μA 未満になります。この電圧をさらに1.8 Vまで低下させると、漏れ電流は100 μA に増加します。この問題は、アプリケーションで、スイッチが携帯用バッテリーから直接動作しているときなど、例えば1.8 Vの固定 V_{IN} を2.7~4.2 Vの可変 V_{CC} 電圧とペアにしようとするとき深刻化します。ここで、漏れ電流はその時点の V_{CC} に応じて、< 1 μA から450 μA の範囲で変化します。

多くのシステム設計者が450 μA の漏れ電流は、どの時点でも多過ぎると考える可能性があります。しかし、レールツーレールで切り替わるときでも、コントロール入力電圧が上昇または低下するとき、少なくとも短時間にわたってこの漏れ電流が発生することを理解する必要があります。大部分のコントロール入力信号はデジタル・タイプの信号ですが完全波形ではなく、遷移ごとにある程度の立ち上がり時間と立ち下り時間が存在します。グラウンドから V_{CC} への振幅時、入力信号は各 V_{IN} レベルを通過する必要があり、瞬間的に各レベルに関連する I_{CC} 漏れ電流を生じます。 V_{IN} の“H”状態が V_{CC} よりも低くなった場合、 V_{IN} が“H”状態に留まる限り、漏れ電流は対応する値のままです。これはすべてのCMOS入力構造に対して言えます。

オン・セミコンダクターの解決策

オン・セミコンダクターは、特に低電圧チップセットに結びついているように設計された新しいコントロール入力バッファを開発しました。この新しい構造は2つの重要な目標を達成します。スイッチングを保証する許容最小 V_{IH} 値を低くすること、および V_{IN} 値の新たな拡張範囲にわたって低い漏れ電流を保証することです。Figure 7にオン・セミコンダクターのNLAS5223BLの漏れ電流曲線を示します。この

グラフは、2.7 V、3.3 V、4.2 Vの3種類のスイッチ V_{CC} 電圧に対応する V_{IN} での標準漏れ電流を示します。新しい構造では、漏れ電流はより広い範囲の V_{IH} 値にわたって大幅に減少します。例えば、Figure 6および7のグラフを比較すると、4.2 Vの V_{CC} と1.8 Vの V_{IH} は、オリジナルの構造の場合は450 μ A、新しい構造の場合は100 μ Aで、漏れ電流が大幅に改善されます。

Figure 6. V_{IN} vs. I_{CC} , Standard Control InputFigure 7. V_{IN} vs. I_{CC} of ON Semiconductor's NLAS5223BL with Optimized Control Input

漏れ電流値が低い場合でも、 V_{IH} がどれだけ低い電圧で安全に動作できるかについて制限があります。このことは切替ポイントを定義する閾値電圧は数値またはパラメータに応じて変化し、効果的なスイッチを保証するために安全マージンを維持する必要があります。この旨を述べた議論に遡ります。データシートに記載されている V_{IH} 値は、両方の要素を考慮したものです。オン・セミコンダクターのNLAS5223BLは、最大4.3 Vの V_{CC} レベルの場合には最小1.6 Vの V_{IH} レベルで安全に動作するように設計されています。このシナリオでは、2.7~4.2 Vで変化するバッテリー電圧200 μ A以上の漏れ電流を生じることではなく、グラウンドと1.6 Vで切り替わるコントロール入力で動作させるときには、一般にそれよりもはるかに低くなります。

オン・セミコンダクターのデータ・スイッチおよびオーディオ・スイッチのポートフォリオには、1.8 V以下などの低いベースバンド電圧でコントロール入力を駆動できるように設計された、新しいデバイスが含まれます。新たに発表された各デバイスのデータシートには、変化する V_{IN} -レベルに対する I_{CC} 漏れ電流グラフが含まれており、システム設計者にスイッチへのインタフェースに利用可能なトレードオフとオプションの全体像を提供します。この追加情報により、設計者はアプリケーション向けに真に最適化されたアナログ・スイッチ・ソリューションに一歩近づきます。

ON Semiconductor及びON SemiconductorのロゴはON Semiconductorという商号を使うSemiconductor Components Industries, LLC 若しくはその子会社の米国及び/または他の国における商標です。ON Semiconductorは特許、商標、著作権、トレードシークレット(営業秘密)と他の知的所有権に対する権利を保有します。ON Semiconductorの製品/特許の適用対象リストについては、以下のリンクからご覧いただけます。www.onsemi.com/site/pdf/Patent-Marking.pdf。ON Semiconductorは通告なしで、本書記載の製品の変更を行うことがあります。ON Semiconductorは、いかなる特定の目的での製品の適合性について保証しておらず、また、お客様の製品において回路の応用や使用から生じた責任、特に、直接的、間接的、偶発的な損害など一切の損害に対して、いかなる責任も負うことはできません。お客様は、ON Semiconductorによって提供されたサポートやアプリケーション情報の如何にかかわらず、すべての法令、規制、安全性の要求あるいは標準の遵守を含む、ON Semiconductor製品を使用したお客様の製品とアプリケーションについて一切の責任を負うものとします。ON Semiconductorデータシートや仕様書に示される可能性のある「標準的」パラメータは、アプリケーションによっては異なることもあり、実際の性能も時間の経過により変化する可能性があります。「標準的」パラメータを含むすべての動作パラメータは、ご使用になるアプリケーションに応じて、お客様の専門技術者において十分検証されるようお願い致します。ON Semiconductorは、その特許権やその他の権利の下、いかなるライセンスも許諾しません。ON Semiconductor製品は、生命維持装置や、いかなるFDA (米国食品医薬品局)クラス3の医療機器、FDAが管轄しない地域において同一もしくは類似のものと分類される医療機器、あるいは、人体への移植を対象とした機器における重要部品などへの使用を意図した設計はされておらず、また、これらを使用対象としておりません。お客様が、このような意図されたものではない、許可されていないアプリケーション用にON Semiconductor製品を購入または使用した場合、たとえ、ON Semiconductorがその部品の設計または製造に関して過失があったと主張されたとしても、そのような意図せぬ使用、また未許可の使用に関連した死傷等から、直接、又は間接的に生じるすべてのクレーム、費用、損害、経費、および弁護士料などを、お客様の責任において補償をお願いいたします。また、ON Semiconductorとその役員、従業員、子会社、関連会社、代理店に対して、いかなる損害も与えないものとします。ON Semiconductorは雇用機会均等/差別撤廃雇用主です。この資料は適用されるあらゆる著作権法の対象となっており、いかなる方法によっても再販することはできません。

PUBLICATION ORDERING INFORMATION

LITERATURE FULFILLMENT:

Literature Distribution Center for ON Semiconductor
19521 E. 32nd Pkwy, Aurora, Colorado 80011 USA
Phone: 303-675-2175 or 800-344-3860 Toll Free USA/Canada
Fax: 303-675-2176 or 800-344-3867 Toll Free USA/Canada
Email: orderlit@onsemi.com

N. American Technical Support: 800-282-9855 Toll Free
USA/Canada
Europe, Middle East and Africa Technical Support:
Phone: 421 33 790 2910
Japan Customer Focus Center
Phone: 81-3-5817-1050

ON Semiconductor Website: www.onsemi.com

Order Literature: <http://www.onsemi.com/orderlit>

For additional information, please contact your local Sales Representative