

CMOS スイッチとマルチプレクサのオン抵抗 (R_{ON}) 変調
 R_{ON} 変調の定義と、信号歪みへの R_{ON} 変調の影響を予測する方法

著者: John Wynne

シングルのCMOSスイッチやマルチプレクサの単一のチャンネルは、基本的には並列のNチャンネルおよびPチャンネルMOSFETトランジスタから構成されます(図1aを参照)。2個のトランジスタの各ドレインとソースは相互に接続されてスイッチ端子を形成し、通常、2個のトランジスタのゲートは電源電圧 V_{DD} と V_{SS} で駆動され、スイッチのオン/オフ動作を制御します。基本的に、Nチャンネルは正のゲート・ソース間電圧に対してオン、負のゲート・ソース間電圧に対してオフとなります(Pチャンネルの場合はその逆です)。

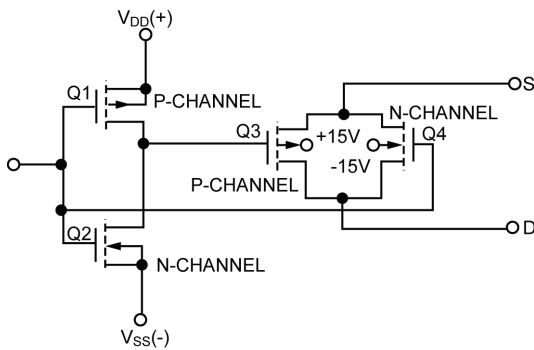


図1a. 基本的なCMOSスイッチ

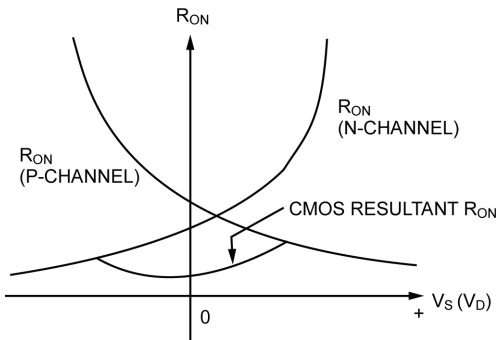


図1b. V_s (V_D) 对各MOSFETの R_{ON} 特性

ゲートに固定電圧が印加されていると、各トランジスタの実効駆動電圧は、スイッチを通過する信号の極性と振幅に応じて変化します。スイッチに印加される電圧 V_s (V_D) と R_{ON} との関係を示す図1bでは、Nチャンネルの R_{ON} 抵抗は正電圧とともに増大し、Pチャンネルの R_{ON} 抵抗は負電圧とともに増大しています。

これらを並列に合成すると(太線)、「王冠」(バスタブ曲線)と呼ばれるツイン・ピーク特性を示します。入力信号に応じたオン・チャンネル抵抗の変動は、 R_{ON} 変調と呼ばれています。

図2と図3に、アナログ・デバイゼスのADG5XXAマルチプレクサ・シリーズにおける代表的な R_{ON} と ΔR_{ON} のプロファイルを示します。図2は、3種類の電源電圧の R_{ON} を示しています。図3は、同じ条件下における抵抗(ΔR_{ON})の変動を拡張したものです。 R_{ON} と ΔR_{ON} は両方とも電源電圧が低下すると増大します。

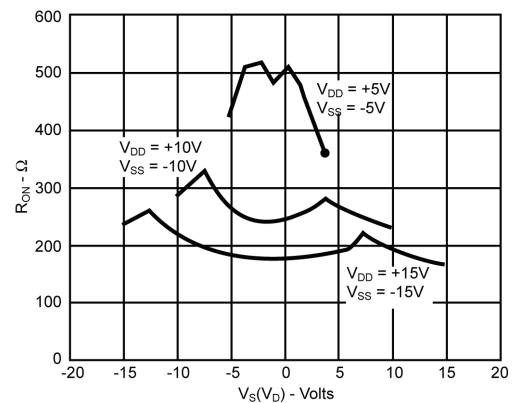


図2. V_s (V_D) の関数としての R_{ON} ($T_A = +25^\circ C$)

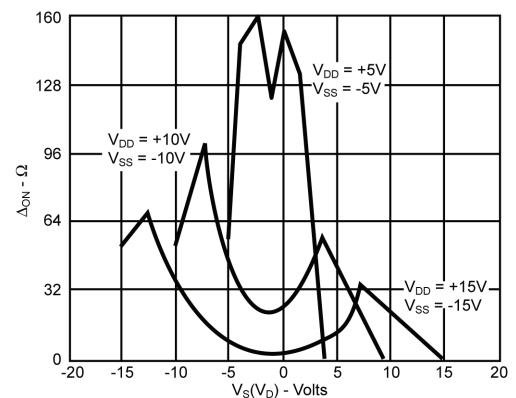


図3. V_s (V_D) の関数としての ΔR_{ON} ($T_A = +25^\circ C$)

アナログ・デバイゼスは、提供する情報が正確で信頼できるものであることを期していますが、その情報の利用に関して、あるいは利用によって生じる第三者の特許やその他の権利の侵害に関して一切の責任を負いません。また、アナログ・デバイゼス社の特許または特許の権利の使用を明示的または暗示的に許諾するものでもありません。仕様は、予告なく変更される場合があります。本紙記載の商標および登録商標は、各社の所有に属します。※日本語資料はREVISIONが古い場合があります。最新の内容については、英語版をご参照ください。

© Analog Devices, Inc. All rights reserved.

R_{ON}変調は、スイッチによって入力信号の範囲を制限することで低減できます。たとえば、±15Vの電源で動作するAD5XXXマルチプレクサ・シリーズの場合、ΔR_{ON}は±3Vの入力信号範囲で4Ω未満ですが、±5Vの入力信号範囲で12Ωに増大し、±7Vの入力信号範囲で30Ωを上回ります。オペアンプの仮想アースに直接作動するようにスイッチまたはマルチプレクサを構成すれば、チャンネルにかかる電圧はかなり小さくなり、R_{ON}変調の問題がほぼ解消されます。しかし、多くのアプリケーションでは、チャンネル経由で高レベルの信号を送信する必要があります。図4は、高レベルの信号が負荷抵抗R_Lにマルチプレクス(多重化)されている回路を示しています。

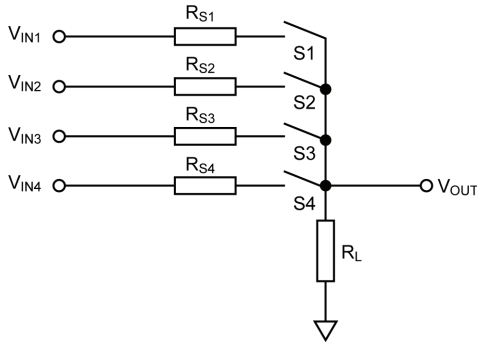


図4. 高レベル信号の多重化

各マルチプレクサのチャンネルは、共通負荷抵抗のほかに、その素子と直列のソース抵抗 R_{SN}を備えています。該当する信号範囲では、R_{ON} 変調によって生じる歪みは最大チャンネル抵抗と最小チャンネル抵抗の比に比例します。すなわち、

$$\text{Distortion} \propto \Delta R_{ON} / (R_{EXT} + R_{ON \text{ min}})$$

外部抵抗 R_{EXT} は、ソースと負荷抵抗の合計です。特定のマルチプレクサ(すなわち、特定の最小 R_{ON}とΔR_{ON})に対し、外部直列抵抗を大きくすると、チャンネルで発生する歪みは小さくなります。しかし、抵抗値が高いと、回路のノイズ・レベルが高くなるので、外部抵抗の値を決めるときは妥協が必要となります。

歪みをグラフで予想

図5は、外部抵抗と直列のマルチプレクサの単一チャンネルによって発生する歪み(一次近似)を即座に予想できるノモグラフを示しています。ノモグラフのスケージングは、図4に基づいています。左端のスケールは、V_S(V_D) = 0V時のスイッチ R_{ON}の値を含むチャンネル抵抗の合計を示しています。真ん中のスケールは歪みを、右端のスケールは当該信号範囲における R_{ON}の変化(ΔR_{ON})を示しています。ノモグラフを使用するときは、両端のスケール上のポイントとポイントを直線で結びます。このとき直線は真ん中のスケールと交差しますが、そのときの交点が歪みの予測値です。この使用例として、V_S(V_D) = 0V時のR_{ON} = 400Ωで入力信号範囲でのΔR_{ON} = 60Ωのスイッチについて見てみましょう。R_S = 0Ω、R_L = 4kΩの場合(この場合の

チャンネル抵抗の合計は4.4kΩ)、チャンネルによる全高調波歪み(THD)は約0.3%、すなわち-50dBです。R_L = 40kΩの場合は、THDは0.04%、すなわち-66dBに改善されます。

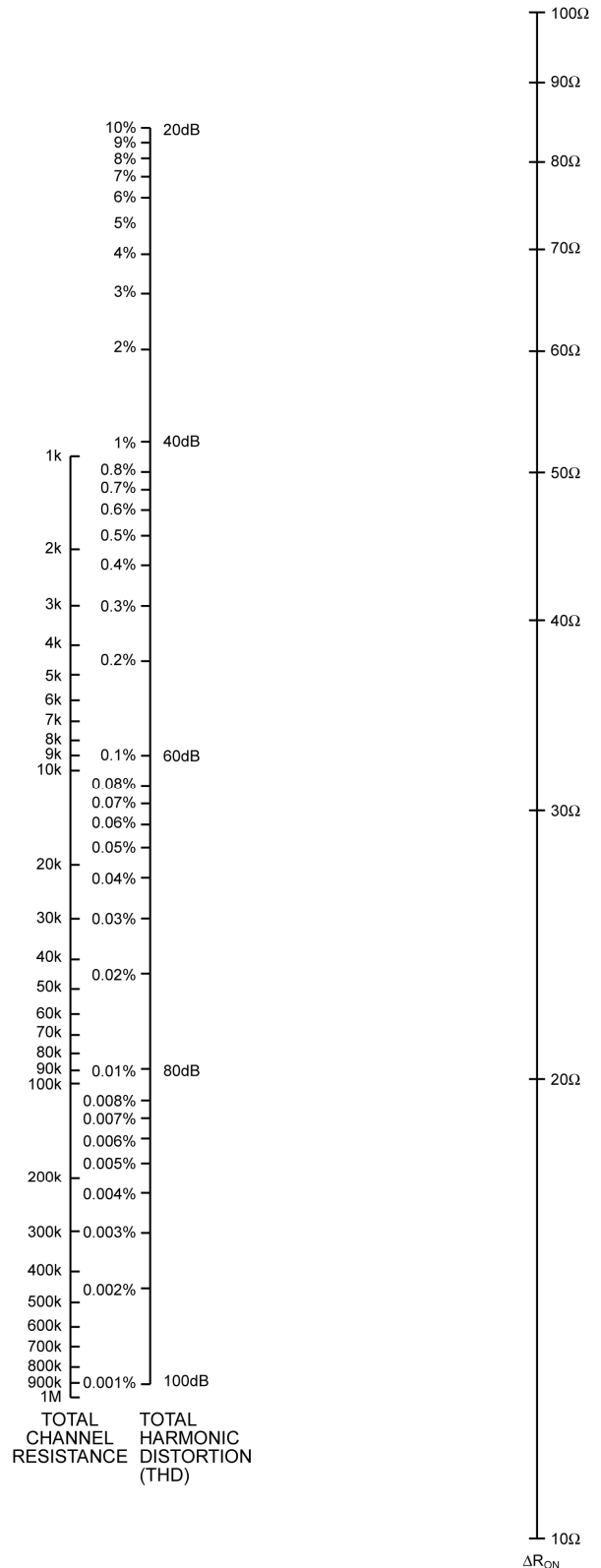


図5. 単一のスイッチまたはマルチプレクサ・チャンネルにおける THD を求めるためのノモグラフ