



第1章 数GHzまでの信号を 高速/低消費電力で切り替える

高周波スイッチ IC の 種類と使い方

市川 裕一
Yuichi Ichikawa

低周波回路においてさまざまなスイッチが使用されているのと同様に、高周波回路でも高周波専用の各種スイッチがさまざまな用途/目的で、たくさん使われています。高周波で使われるスイッチには、機械式の高周波リレーや同軸スイッチ、電子式のPINダイオード・スイッチ、MESFETスイッチ、そして近年注目されているRF MEMSスイッチがあります。それぞれのスイッチには長所と短所があり、用途に応じて使い分けられています。表1に各種スイッチの比較を示します。そのなかで、携帯電話や無線LANの広まりに伴って、MMIC(Monolithic Microwave IC)化された高周波スイッチを多く見かけるようになりました。そこで、高周波スイッチのなかからGaAs MMICスイッチ(以降ICスイッチ)を取り上げて、その特徴、種類、応用回路、最新デバイスの実力を見ていきたい

と思います。

ICスイッチの基本回路とその動作

● ON/OFFするトランジスタが内蔵されている
さまざまな半導体メーカーから、使用周波数帯、用途に応じたいろいろなICスイッチが出されています。ICスイッチの基本は、表1に示したMESFET(MEtal Semiconductor Field Effect Transistor)というトランジスタを使用した高周波スイッチです。複数個のMESFETスイッチを集積し、さまざまな高周波特性を確保しながら、簡単にコントロールできるように構成されています。

図1に示すように、MESFETのドレイン-ソース間抵抗 R_{DS} は、ゲート-ソース間電圧 V_{GS} によって大きく変化します。この特性を利用して、ドレイン-ソース間抵抗 R_{DS} が高抵抗領域となる電圧と、低抵抗領域になる電圧との間で、ゲート-ソース間電圧 V_{GS} を切り替えると、MESFETのドレイン-ソース間をスイッチとして利用できます。

● ICスイッチの基本回路

もっとも簡単で基本的なスイッチ回路は、MESFETを1個だけ使用したSPST(Single Pole Single Throw; 単極単投)スイッチです。SPSTスイッチには、MESFETを信号線路に直列に挿入したシリーズ(series)型と、MESFETを信号線路とGND

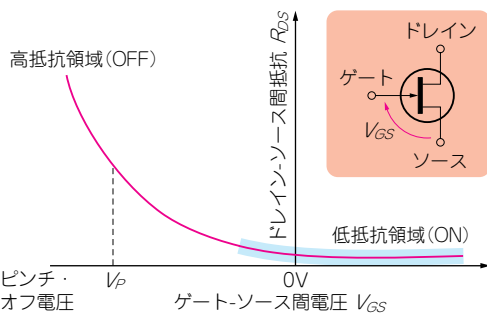


図1 MESFETはゲートとソースとの間に正の電圧を加えるとONする

スイッチの種類	MESFET ^{注1}	PINダイオード ^{注1}	リレー, 同軸スイッチ	MEMS
方式	電子式	電子式	機械式	機械式
形状	◎ 非常に小さい	小さい	大きい	◎ 非常に小さい
スイッチング速度	◎ 極めて速い	速い	遅い	少し遅い
耐電力	小さい	◎ 大きい	○ 大きい	小さい
挿入損失	少し大きい	少し大きい	◎ 小さい	小さい
アイソレーション	小さい	小さい	◎ 大きい	大きい
消費電力	◎ 極めて小さい	少し大きい	大きい ^{注2}	小さい

表1 各種高周波スイッチの比較

注1▶電気的特性は1素子あたりで比較

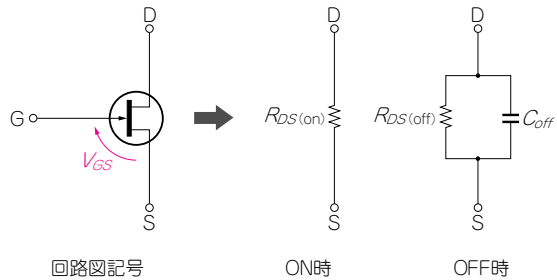
注2▶ラッチ・タイプは小さい

高周波での MESFET の等価回路

図Aに高周波でのMESFETの等価回路を示します。

MESFETのゲート-ソース間電圧 V_{GS} を0Vにすると、ドレイン-ソース間抵抗 R_{DS} は0.5～数 Ω という低インピーダンス状態、つまりスイッチONの状態になります。

次に、MESFETのピンチオフ電圧 V_p より大きな V_{GS} を加えると、数k Ω の抵抗と0.5p～数pFのコンデンサの並列回路と等価になり、高インピーダンス状態になります。この状態がスイッチOFFに相当します。



図A MESFETの等価回路

間に挿入したシャント型(shunt)型があります。図2にシリーズ型とシャント型のSPSTスイッチの回路例を示します。

▶シリーズ型SPSTスイッチの動作

シリーズ型のSPSTスイッチの場合、 V_c を0Vにすると V_{GS} が-5Vになるので、MESFETはOFFになります。信号ラインに直列にMESFETが挿入されているので、端子A-端子B間もOFFになります。

次に、 V_c に+5Vを印加すると、 V_{GS} が0Vになるので、MESFETはONになります。このとき、端子A-端子B間もONになります。

▶シャント型SPSTスイッチの動作

シャント型のSPSTスイッチの場合は、 V_c に0Vを印加すると V_{GS} が-5Vになるので、MESFETはOFFになります。信号ラインと並列にMESFETが挿入されているので、端子A-端子B間の信号の流れを妨げず、両端子間はONになります。

次に、 V_c に+5Vを印加すると、 V_{GS} が0Vになるので、MESFETはONになります。このとき、端子A-端子B間は、MESFETによってGNDとショート状態になり、一方の端子から入力した信号は反射されて、もう一方の端子には届きません。つまり両端子間はOFFの状態になります。

● ICスイッチの長所と短所

▶長所

ICスイッチの長所は、その形状の小ささ、制御のしやすさ、消費電流の低さ、そしてスイッチング・スピードの速さです。

MESFETで構成されるICスイッチは、MESFETと同様に印加される電圧によってコントロールされます。したがって、高周波リレーやPINダイオード・スイッチのように電流を流す専用のドライバ回路などが不要で、デジタル回路からのコントロール信号との相性が非常に良くなっています。

ICスイッチは内部の素子を電圧信号で切り替えるので、消費電流が非常に低く、数十nA～数百 μ A程度しかありません。一方、電流で駆動するPINダイオード・スイッチでは数mA～数十mA、リレーでは数十mA以上の電流を流す必要があります。

ICスイッチのスイッチング・スピードは数ns～数百nsと非常に速いので、高速なデジタルの制御信号に対しても追従できます。機械式スイッチが数ms、PINダイオード・スイッチが数百ns～数 μ s程度のスイッチング・スピードですから、ICスイッチは非常に高速です。

▶短所

MESFETで構成されるICスイッチの短所は、一般

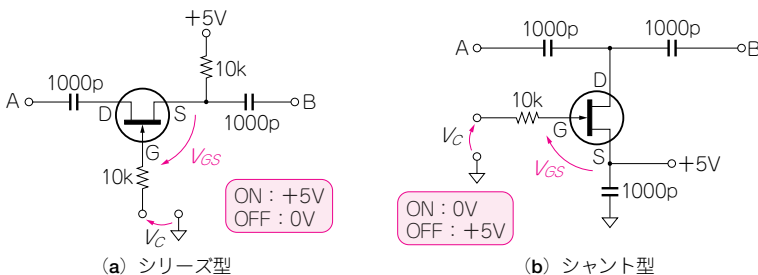


図2 MESFETを使ったSPSTスイッチの回路例