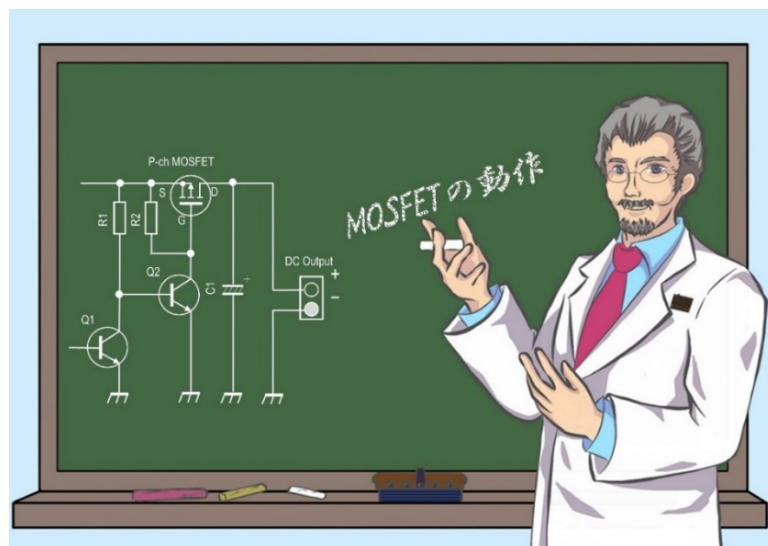


FB のトレビア

第二十六回 MOSFET を使ってみよう

MOSFET でスイッチングを理解する



Dr. FB

電子回路のスイッチングに MOSFET が多く使われています。MOSFET は「モスエフイティ」と呼ぶ方もいますが、「モスフェット」と英語読みされている方もおられます。MOSFET は、メカニカルリレーによるスイッチングのように接点の ON/OFF のドライブに大きな電流を流すこともなく、ほとんど電圧のあるなしだけで ON/OFF を制御することができます。ここでは MOSFET の大きな特長であるスイッチング動作の説明をします。

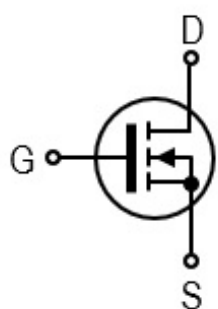
MOSFET とは

MOSFET とは、トランジスタの一種です。そのトランジスタの中でも大別すると FET の仲間です。FET は日本語で電界効果トランジスタと呼び、英語では Field Effect Transistor と呼ぶことはご存じのとおりです。FET の前に付いている MOS は、Metal Oxide Semiconductor の略です。これは FET の構造に由来する名称ですが半導体の構造は Dr. FB はよく分かりませんのでスキップします。

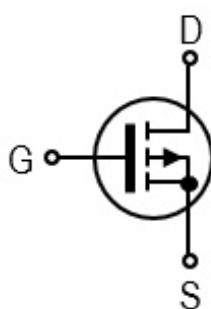
FET ですから通常のバイポーラトランジスタにあるようにベース電流の変化でコレクタ電流を制御するような電流駆動素子ではありません。ドレイン・ソース間の電流はゲート・ソース間電圧 (V_{GS}) で制御しますので電圧駆動素子といえます。電極には電圧を掛けますが、そこに電流が流れる構造になっていないので省エネ回路に大いに役立ちます。

MOSFETは構造上、図1に示しましたように二種類のFETがあります。一つはNチャネルMOSFET、もう一つがPチャネルMOSFETです。このMOSFETの中にも動作上、高周波増幅でよく使われるデプレッション型とスイッチングに使われるエンハンスメント型があります。この記事では、後者のエンハンスメント型のMOSFETに限定して説明をしています。

MOSFETのゲート(G)・ソース(S)間電圧(V_{GS})の印加の仕方によってドレイン・ソース間の抵抗値(R_{DS})が変化します。今号のShort BreakではPチャネルMOSFETを使った電子工作の記事が掲載されています。これは、ゲートに印加する電圧はソースに対して(+)の電圧、あるいは同電位とすることで、ドレイン・ソース間がOFFとなることを利用したものです。



Nチャネル



Pチャネル

各電極の名称

- S: ソース (Source)
- D: ドレイン (Drain)
- G: ゲート (Gate)

図1 MOSFETのシンボルと各電極の名称

MOSFET の基本動作

MOSFET のスイッチングの基本動作を理解すれば、これまでメカニカルリレーで ON/OFF させていた電子回路も MOSFET で ON/OFF させることができ、回路の電子化はもとより、省エネ化も図ることができます。

(1) ゲート (G) ・ ソース (S) 間電圧 vs ドレイン電流

N チャネル MOSFET の G-S 間電圧が 0V のとき、ドレイン電流 (I_D) は流れません。G-S 間の電圧 (V_{GS}) を徐々に上昇させるとドレイン (D) ・ ソース (S) 間の抵抗値は下がり始め、ドレイン電流が流れ始めます。この抵抗値を十分に下げ ON 状態とするには、 V_{GS} を十分上げる必要があります。メーカーのデータシートでしきい値電圧 (V_{TH}) 以上にすることで、 R_{DS} が低下し、スイッチング動作として機能します。

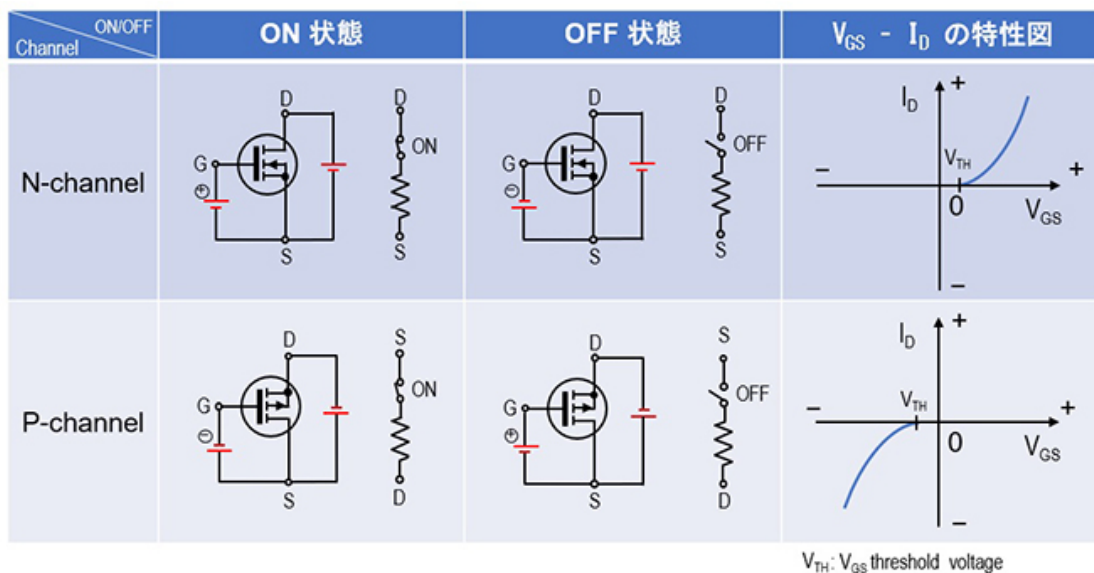


図 2 N チャネル、P チャネル MOSFET の ON/OFF の対するゲート・ソース間電圧

(2) 切り替わりに要する時間

メカニカルリレーによるスイッチングは、トランジスタで図3のようにドライブして ON/OFF 制御を行います。ドライブを行うベースに電圧が加わるとベース電流(I_B)が流れ、スイッチングとして使われているトランジスタが ON します。トランジスタが ON するとリレーの駆動コイルに電流が流れ、それが電磁石となりリレーの接点がカチンと音を立てて③の接点につながります。このとき、接点が機械的に切り替わりますのでそこには物理的な時間の遅延を生じることになります。小型メカニカルリレーでは 10ms 以下ですが、大型リレーでは数 10ms ほど要することになるようです。

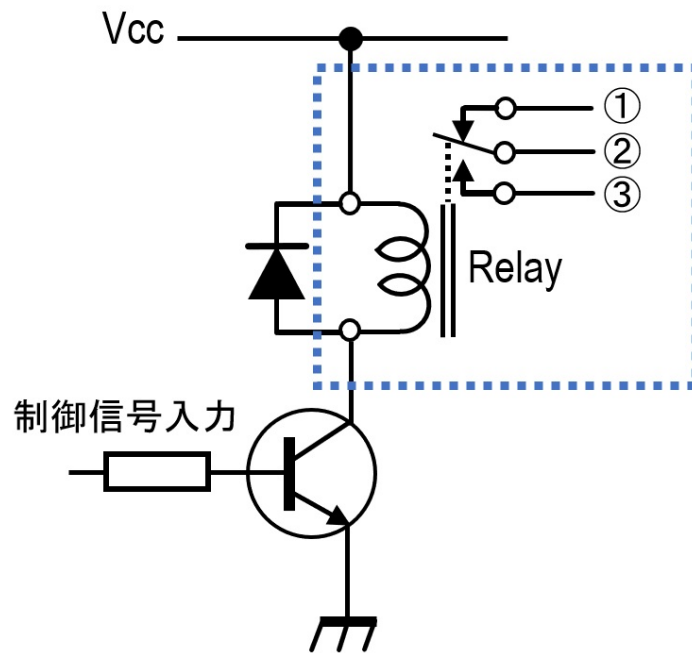


図3 トランジスタによるリレーの駆動回路

(株) ルネサステクノロジが公表している 2SJ555 のデータシートによると、そのターン・オン・オフ遅延時間は、ns オーダーです。つまり 10 の⁻⁹乗ですからメカニカルリレーの ms オーダーとは比べものにならないことが分かります。

(3) ドレイン・ソース間のオン抵抗(R_{ds})

上記で述べたデータシートには、MOSFETがスイッチング機能として動作しているときのオン抵抗の値が記されています。半導体がスイッチング機能として動作しているのであれば、そのリレーの接点の代わりとなるドレイン・ソース間のオン抵抗値(R_{ds})は非常に重要です。データシートには、 $V_{gs}=-10V$ 、 $I_d=-30A$ のとき、 R_{ds} は 0.017Ω と記されています。 0.017Ω とはかなり低い値です。仮に $100W$ の無線機を接続したときに流れる $20A$ もの電流をこの MOSFET でスイッチングしたとしますと、 R_{ds} で消費される電力は、 $P=I^2 \cdot R$ より、 $P=20 \times 20 \times 0.017=6.8W$ となります。小さな放熱板は必要でしょうが、ファンで冷却するほどの熱量ではないと思います。

(4) V_{gs} 対 R_{ds} の具体例

図4は、Pチャネル MOSFET をゲート電圧で ON/OFF する原理図です。SW を ON の状態つまり、スイッチを閉じるとゲートはスイッチを通してグランドに接続されますから、ゲート電圧はゼロになります。このことでソース・ドレイン間抵抗(R_{ds})は、低くなり導通に近い状態となります。逆に、SW を OFF の状態にするとゲートには、R を通してソースと同じ電圧が印加されます。Pチャネル MOSFET は、OFF となりソース・ドレイン間には電流は流れなくなります。

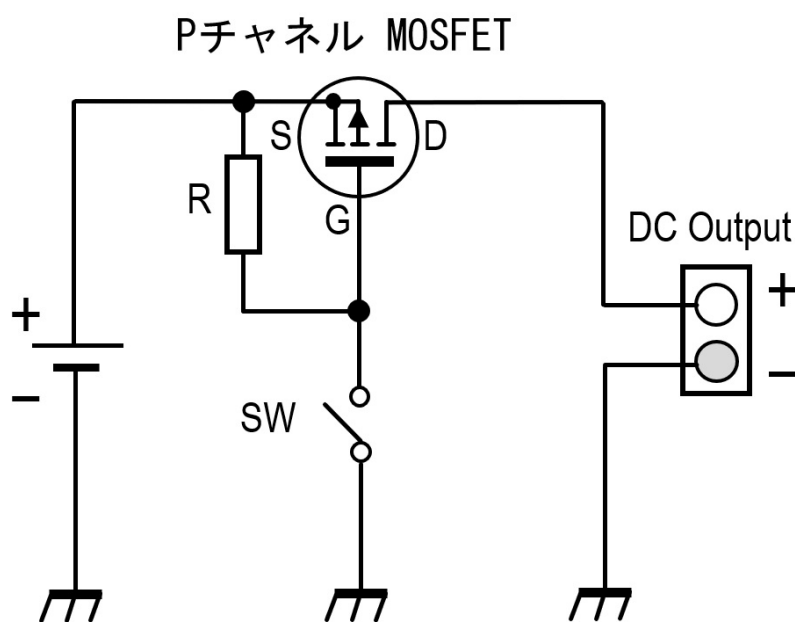


図4 Pチャネル MOSFET を使った電源スイッチの原理図

図4の SW をトランジスタに置き換えて製作した過電圧防止回路が今号の Short Break に掲載されています。