

LabVIEW Community Edition でプログラミングを楽しもう

別冊：電気の話 シリーズ その3

内容

- ✓ Arduino の出力電力を増やすには
- ✓ バイポーラトランジスタと MOS-FET
- ✓ 負荷の駆動方式（シンクとソース）

この本について

- ✓ LabVIEW コミュニティ版を活用するための情報を書き記した e-Book です
- ✓ 「プログラミングを楽しもう」本文から派生した内容+筆者の思いつきからできています
- ✓ わからないところは知っていそうな人に聞くか Web で調べてください（他力本願）



2020年6月10日 初版発行

著者：渡島浩健（日本 LabVIEW ユーザ会）
ワカリヤスイ セツメイハ ムズカシイ

クリエイティブコモンズライセンスにて配布します
（詳しくは右のバナーをクリック）



3. 出力電力を増やす

Arduino 全体で 100mA までに収めるには、20mA で駆動する LED は 5 本が限界ですね。もっと数を増やしたり、1 個でも 20mA より多くの電流や 5V より高い電圧を必要とするデバイスを駆動したりするには出力電力(電圧×電流)を増やす方法を考えなければいけません。

図 3-1 はトランジスタによる電流増幅回路です。これはバイポーラトランジスタの記号で、C はコレクタ、B はベース、E はエミッタと呼ばれます。B→E に電流を流すとその数十～数百倍の電流が C→E に流れます。倍率 (hFE) はトランジスタや電流領域によって異なりますが仮に 50 倍だとすると LED に 20mA 流すとき Arduino からは 0.4mA で済みます。B-E 間には抵抗 (R1=R2=10kΩ くらい) を入れて使います (5V かけたときの電流制限の他にも理由があるけどそれはまた今度)。デジトラ (デジタルトランジスタ) は R1 と R2 が内蔵されているので、それが手に入るなら手間が省けて便利です。

最近ではデジトラよりも MOS-FET (金属酸化半導体電界効果トランジスタ) が使われます。図 3-2 で D はドレイン、G はゲート、S はソースと呼び、G-S 間に正の電圧をかけると D-S 間が導通して電流が流れます。ゲートに電流は流れ込まず電圧だけで反応するので、R1 と R2 はバイポーラトランジスタのときとは少し役割が違いますがあったほうがいいです。例えば 2N7000 なら R1=100Ω (自己発振防止用)、R2=47kΩ (解放時保護用) くらいでいいと思います。DIN に 3V くらいかければ ON します。

もっと大きな電力や AC (交流電流) を ON/OFF したいときはリレーを使うことができます (図 3-3)。メカニカル (機械式) リレーは電磁石でレバーを動かしてスイッチを切り換えます。電磁石のコイルとス

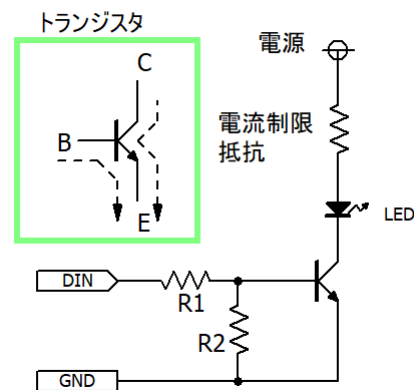


図 3-1 トランジスタで電流増幅

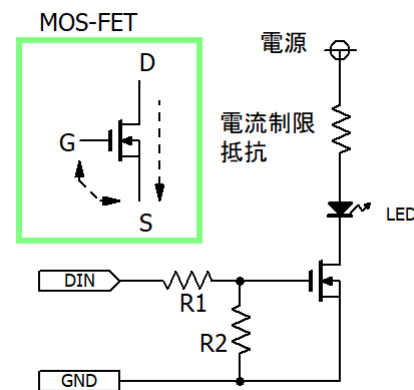


図 3-2 MOS-FET でスイッチング

スイッチは電氣的に切り離されている（絶縁）ので、Arduino に影響を与えることなく大きな電力を扱うことができます。このような増幅回路を「ドライバ」と呼んだりします。なお、コイルと並列に入っているダイオードは電流を OFF した瞬間に生じる逆極性の電圧からトランジスタを守る役割があります。コイルには電流の**変化**を打ち消そうとする性質があり、OFF の瞬間には逆に発電してしまうのです。自分でドライバを設計してもいいですが、Arduino などのマイコンに直接つなげられるような駆動回路や端子台を備えたリレーボードが売っているので、それを使うのも良いでしょう。

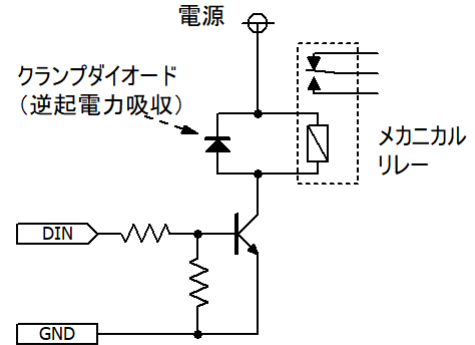


図 3-3 リレーの駆動

コンセントの電気 (AC100V) を扱うときは注意してください。感電すれば命にかかりますし、配線や器具の扱い方を間違えると簡単に火事になります。特にリモートで無人の場所の電源を ON する場合は、何重にも安全対策を取る必要があります。安易に手を出してはいけません。

MOS-FET で実験してみました (写真 3-4)。図 6 と同じ回路で $R1=100\Omega$ ですが、 $R2$ は $100k\Omega$ を 2 本並列にして $50k\Omega$ としています。電流制限は 120Ω です。2N7000 のピン (リード線) は正面 (文字が書いてある平面) 左側から S,G,D の順です。ゲート電圧は $4.89V$ 、LED 電流は $18.9mA$ でした。黒いワイヤ (制御線) を Arduino から抜くと LED は消灯し、ワイヤの先を手で触っても何も起きません (あたりまえ?)。しかし $R2$ を取り去ると、手で触ったときに LED が点灯しました。ゲートは電圧だけで反応するので、エネルギーは小さいけれど電圧が高い静電気や誘導ノイズなどの影響を受けてしまいます。 $R2$ はゲート解放時に FET が壊れたり、誤動作したりするのを防ぐ役割があります。

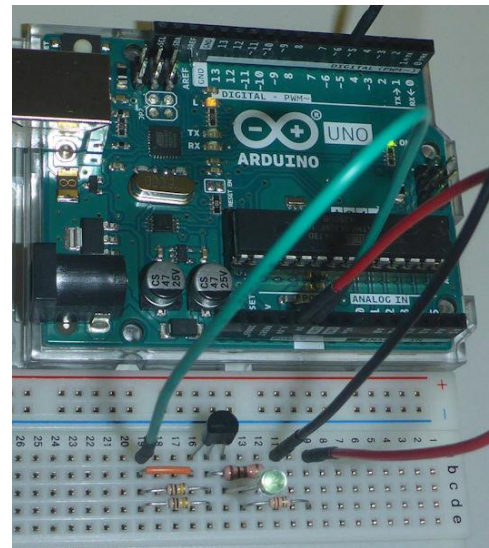


写真 3-4 MOS-FET で LED を駆動

負荷の駆動（シンクとソース）

LED やリレーはドライバからもらった電力を使って（消費して）光を出したりスイッチを切り換えたりといった仕事をします。それらはドライバ側から見るとエネルギーを使う「負荷」になります。もっと広い意味でとらえれば、信号を受け取る側は送る側にとっての負荷です。送る側の能力と受け側が必要とする力の大小関係によって負荷が「軽い」か「重い」かが決まります（図 3-5）。

図 3-1、図 3-2、図 3-3 はすべて、電源が負荷の側にあって、電流は負荷を通過してドライバに吸い込まれています（電流の帰路は共通の GND）。この駆動方式を「シンク」「吸い込み」または回路方式としてオープンコレクタ（FET ならオープンドレイン）と呼びます。

電源の自由度が高いですが、負荷が離れた場所にある場合、接続ケーブルが切れて GND に接触すると意図せず ON してしまう危険があります。

Arduino の DIO も電源電圧が 5V のときに限りシンク駆動できます（図 3-6）。出力 ON のときは出力電圧（5V）と電源電圧の間に電位差がないので電流が流れず LED は消灯します。出力 OFF のときに電流を吸い込んで LED が点灯します。

電源電圧と Arduino の出力 ON 時の電圧が違っていると成り立ちません。Arduino の電源を入れた直後に LED が点灯してしまいますし、電源電圧が 5V を超えると外部からの電流が逆流して壊れます。ただ Arduino 側から電流を供給しなくていいぶん、扱えるトータル電流は少し多くできるかもしれません。

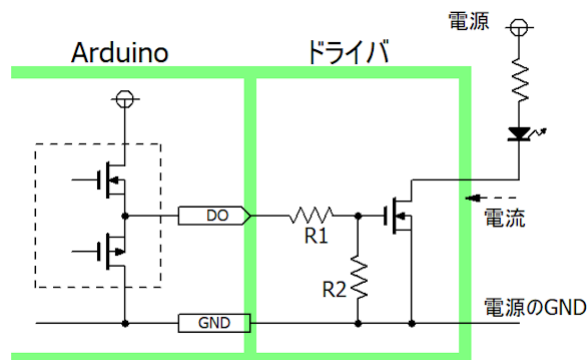


図 3-5 Arduino にとってドライバは軽い負荷

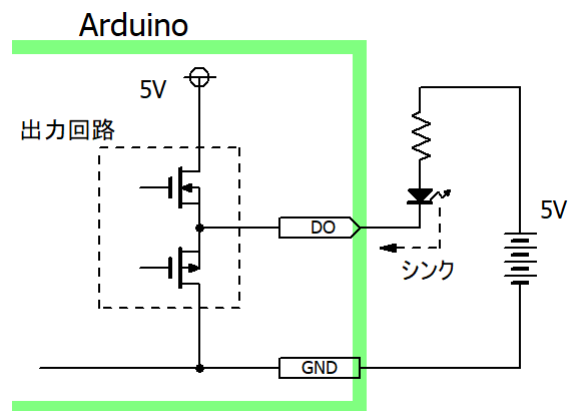


図 3-6 直シンクドライブ例

一方、出力回路から電流を吐き出して負荷に流す方式を「ソース」タイプと呼びます。Arduino から直接駆動したときはこちらです。電源を別に用意したドライバの例を図 3-7 に示します。負荷までのケーブルが切れると動作しない、つまり安全方向に故障（フェイルセーフ）します。

チャンネル数が多いときはトランジスタアレイという IC が便利です。シンクタイプの例として TBD62083APG を図 3-8 に、ソースタイプの例として TBD62783APG を図 3-9 に示します。一つに 8 チャンネル分入っていて、コイルを駆動するときのクランプダイオードも含まれています。Arduino のデジタル出力に直接接続できます。

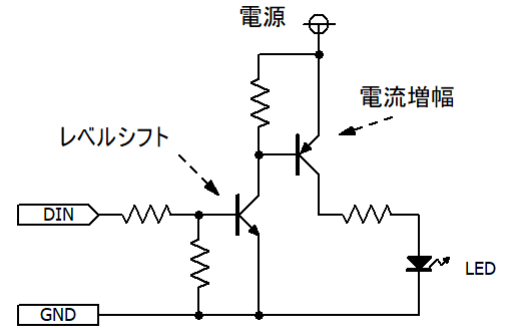


図 3-7 ソースドライバの回路例

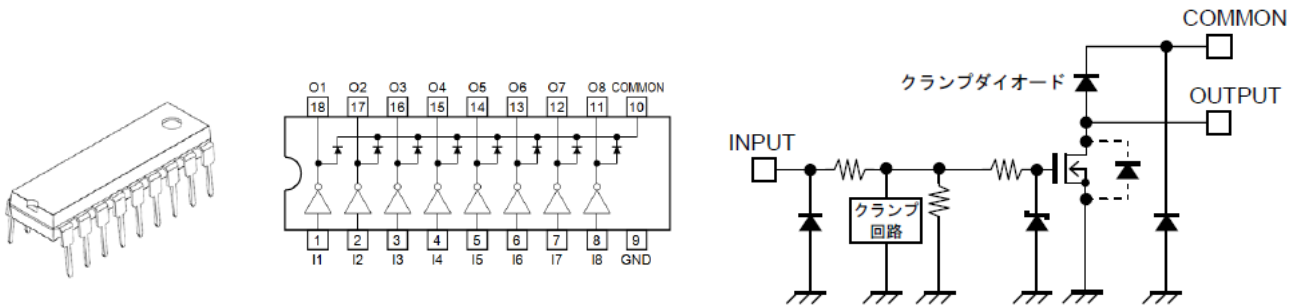


図 3-8 TBD62083APG の外形，ピン配置，基本回路

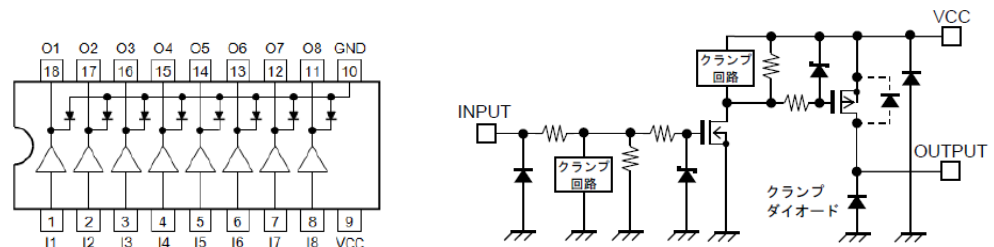


図 3-9 TBD62783APG のピン配置と基本回路