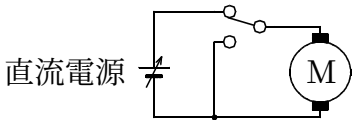
「モーターで音源作ってみた。」 回路の説明　　2010/9/20　t-kww

最初の実験？

とっても簡単な回路です。モーターをすばやく回転⇔停止させるための一番簡単な回路だと思います。この回路で加速の良い(発音に使えそうな)モーターを探したりしました。

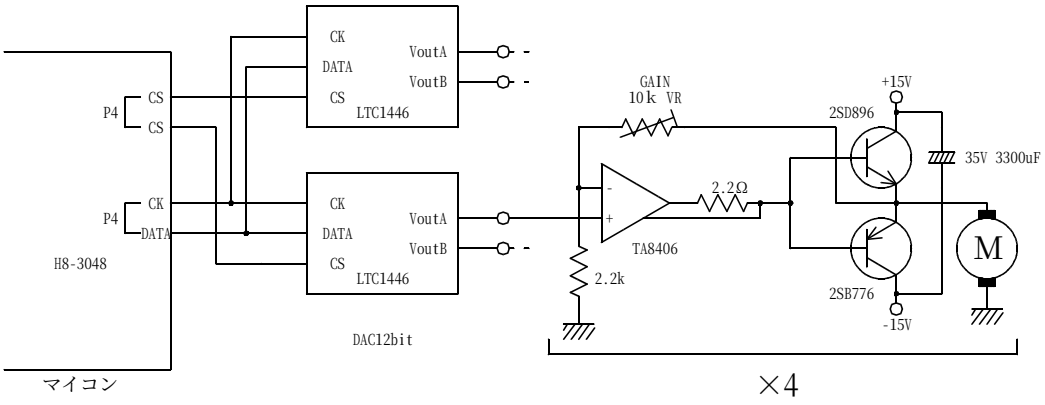


最初の回路

(試作編)の回路　→ sm9241823

「すばやく音程を変える」にはモーターに大電流を流し急激な加減速を行う→その電流に耐えるドライバを用意する。制御は DAC とマイコンでなんとかする。といった感じで作りました。とにかく曲(ネイティブフェイス)について行くのが目標！！

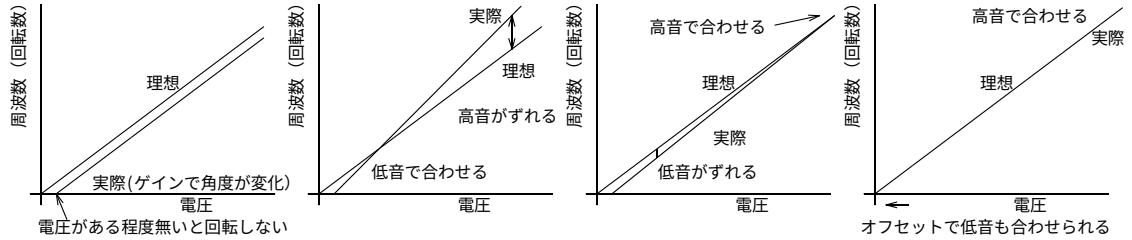
回路自体はよくある OP アンプ+コンプリメタリプッシュプルのパワーアンプを省略したような形です。手持ちの都合から 1A 程度出力が取れるパワー OP アンプと普通のパワートランジスタの組み合わせです。普通の OP アンプだとちょっときついかも。クロスオーバー歪が…とかありそうですが、相手はモーターなのと OP アンプが吸収するので適当で大丈夫？です。ただしパワートランジスタのベースに適当な抵抗を入れておかないと寄生発振することがあるので注意です。製作した回路は１セット発振しました。発振したままでも普通に動くのでしばらく気づかなかった…。(オシロスコープで出力を見ていたら波形が広がっていた。)



試作編の回路

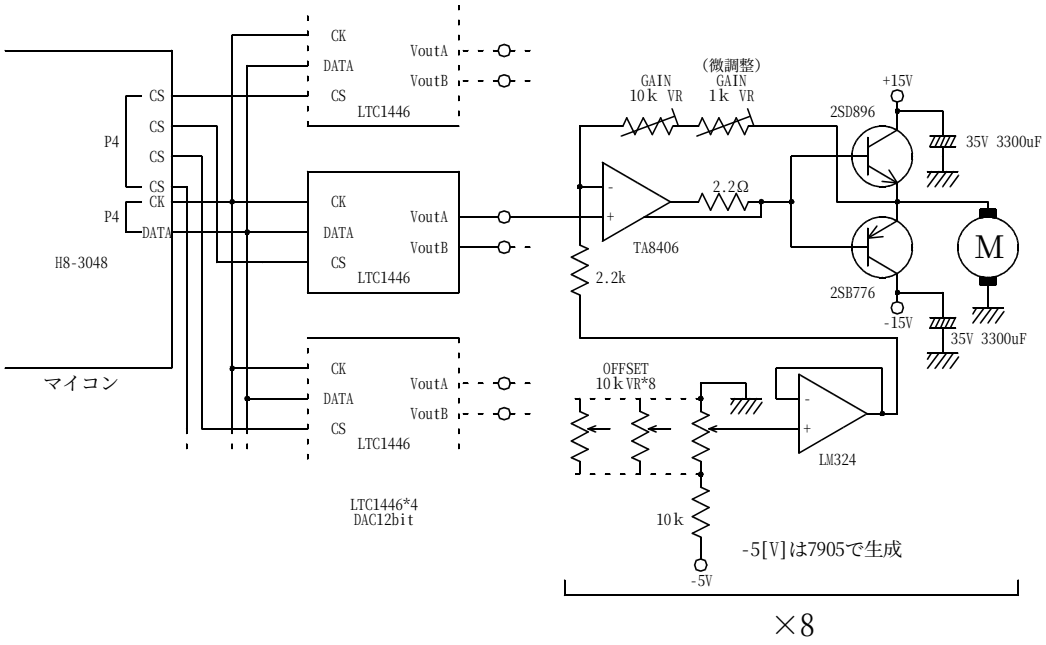
その 2.1 の回路　→ sm10110054

試作編では「モーターの回転数は電圧に比例する」→「音程の周波数＝モーターにかける電圧」という設定で動かしていましたが、実際には負荷(板の押し付け具合？)やブラシの電圧降下によって少しずれます。なので高音側で増幅率を調整すると低音がずれる⇔低音で調整すると高音がずれる。という問題が起こります。



モーターの回転数と電圧の関係

対策としてオフセット調整の回路を追加しました。あらかじめ少しモーターを回しておけば誤差は埋まるはず…という作戦。回路上は試作編で GND だった OP アンプの－入力側に別の OP アンプを入れてオフセットしています。また、このとき「モーターの負荷を減らせば理想の線に近づく」→「サイレン化」も思いついたので実行。動画を撮ったときはオフセットの調整が適当だったので低音がずれています… m(_ _)m



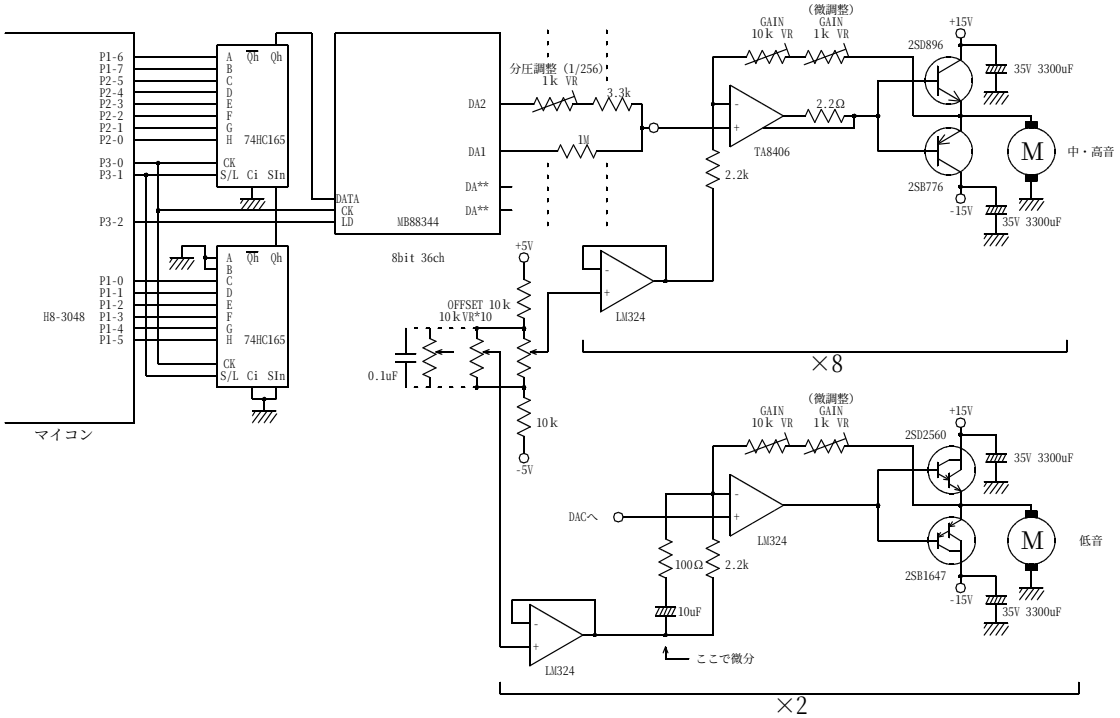
その 2.1 の回路

その 3 の回路　→ sm11053335　sm11117077

音量と音質安定のためサイレンのシャッター精度の向上と、低音用サイレンを追加しました。手持ちの DAC(12[bit])の数が足りなくなったことと、もともと音程を広く取ると低音(低速回転)時のビット数が少なくなる問題があったので、8[bit]の多チャンネル DAC の使用とチャンネルを 2 個束ねて 16[bit]にする回路を追加しました。また、DAC への転送速度を上げるため外部にシフトレジスタを追加しました。“ その 2.1 ”まではソフト上で 1[bit]づつ送っていたのですが、“ その 3 ”からは 14[bit]を一気に指定できるので 10 倍くらい転送が速くなったと思います。

DAC 周りは基準電圧用の回路の追加と DAC 出力に少しオフセットがあったのでドライバ側のオフセット範囲を広げました。けっこう古い DAC を使ったので色々と追加が必要でした。

低音用に秋月さんから購入したパワートランジスタは、ダーリントンだったので普通の OP アンプで駆動できました。微分制御は実は一側に CR を入れているだけです。これだけでもすばやく電圧に追従でき、発音が相当良くなるので、反応の良くないモーターには有効です。本来は微分用に OP アンプを用意して半固定抵抗を使用した方が調整しやすいのですが、簡単に済ませるためこの方法にしました。(この方法だとコンデンサの容量を調整することになる。)



その 3 の回路

その他

トランジスタの放熱

回路の構成上エミッタフォロアで電圧を降下させているのでそれなりに発熱しているはずです。実際は？というと動画に出ているサイズの放熱器では、しばらく動かして「すこし温度が上がったかもしれない。」位です。大電流が流れるのは起動･停止時の瞬間のみで、発音中のモーターにはあまり電流は流れていないからだと思います。さすがに放熱器無しではきついかな？(曲による？)

チューニング

チューニングは midi から「ラ♪」の音程でモーターを回して 440[Hz](の半分や 2 倍)で点滅する LED でシャッターを照らして行っています。シャッターが止まって見えたら音程はあっているはず。低音でオフセット、高音でゲインを交互に調整していくと聞ける範囲に音程が合います。手動 PLL(？)です。

最初はパソコンのスピーカーから「ラ♪」を発音させてうなりを聞きながらチューニングしていましたが、強烈な音量と音質のせいで耳鳴りが…小さくてもサイレンなんだなぁ…。光の点滅で調整する方が色々と楽です。回転方向から高いか低いかもすぐにわかりますし静かです。

回路上でオフセットとゲインの調整をしていますが厳密には回転数高→空気抵抗大が含まれるためグラフの実際の線はわずかに曲線になっているはずです。この影響のせいか、がんばって調整しても数[Hz]はずれます。「回転数をフィードバックして PLL 制御！！」なんてできるとかっこいいなぁ。

製作するには？

製作する際はオフセットとゲインの調整はマイコンのソフト上で行った方が楽だと思います。温度の影響だと思いますが、この構成では日によって音程が変化します。原因は調べていませんが、モーターの磁石の磁力の変化、基準電圧に使った三端子レギュレータの出力電圧の変化あたりが怪しいです。気になるほどずれたときには調整していますが半固定抵抗の調整回数はあまり多くないですしかなり面倒です。使用するマイコンにもよりますが微分制御もできれば色々なモーターに対応できるはず？です。

この回路は強力なパワー OP アンプが手に入れば簡単に同じ性能の物が作れるはずです。手持ちの都合＆安く済ませるために遠回りな作り方をしています。最初はそこそこ出力のあるオーディオアンプ IC を流用しようとしていたのですが、直流の増幅ができずこの構成になってしまいました。

その 4　→　できたらうｐします。もうちょっとかかるかも… m(_ _)m