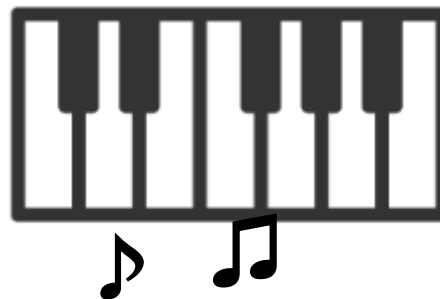


Do Le Mi Fa So Le No I Do



従来は

ソレノイドで楽器を鳴らしていたが...



今回は...

ソレノイド自身が音を鳴らす事に挑戦！





CBS10290170

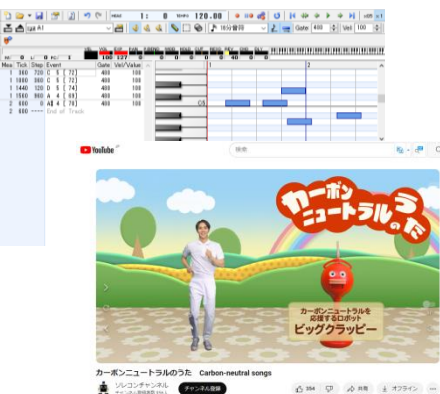
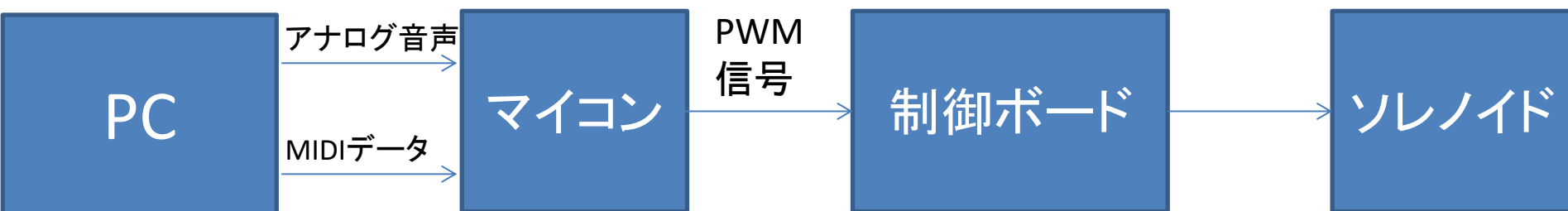
制御ボードA

3.5mmジャック to GND/GPIO36

ACDC 24V

M5StickC

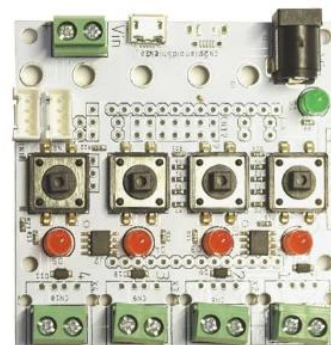
構成 (MIDI&アナログ音声入力)



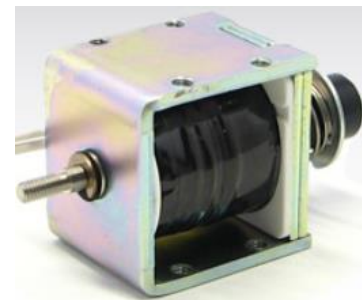
音源
USB-Serial-MIDI
または
アナログ音声



M5StickC



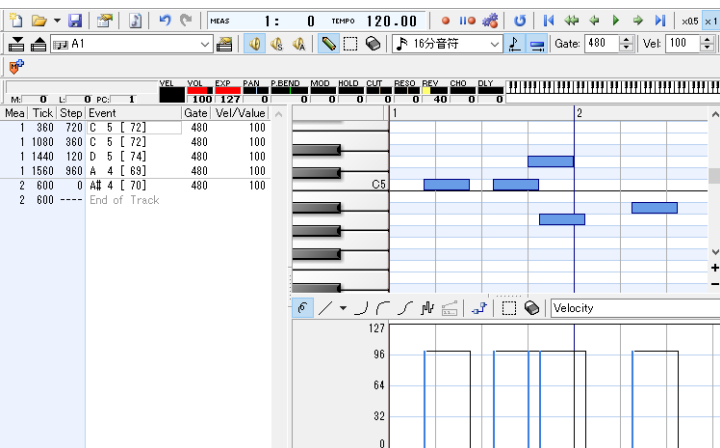
マルチコントローラーA
+ 平滑用コンデンサ



CBS10290170

構成1 MIDI入力

MIDIデータからトーン信号を生成してソレノイドから鳴らす



MIDI software

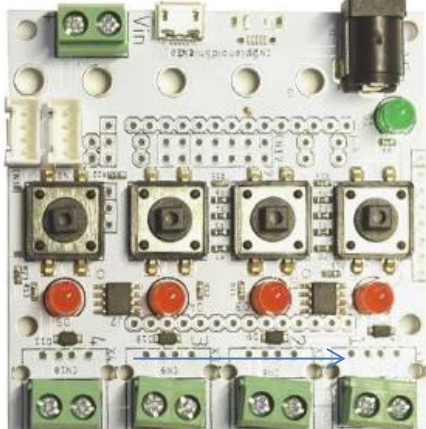
USB-Serial-MIDI



M5StickC

MIDIデータ

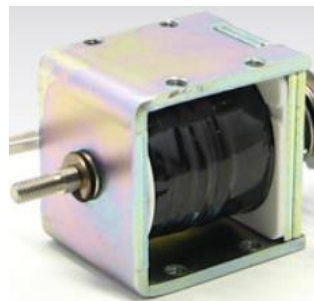
24V/3A電源



ソレノイド制御ボード
マルチコントローラーA

PWM信号
(固定Duty 20%)

平均Duty比は
20%以下にしましょう



CBS10290170

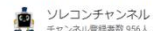


構成2 アナログ音声入力

D級アンプの仕組みをデジタル的に行う。
(アナログ信号をPWM変調)する事で大信号を流す



カーボンニュートラルのうた Carbon-neutral songs



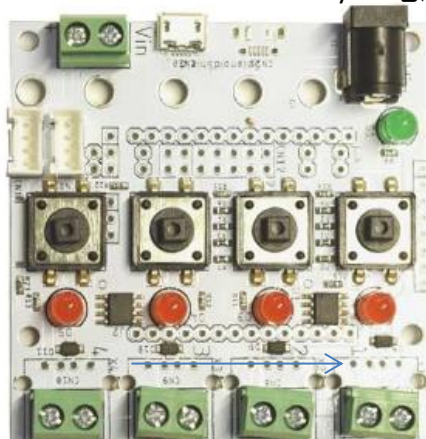
ソレコンチャンネル
チャンネル登録者数 956人

チャンネル登録

354



24V/3A電源



ソレノイド制御ボード

マルチコントローラーA+コンデンサ

アナログ音声
(15ksps)

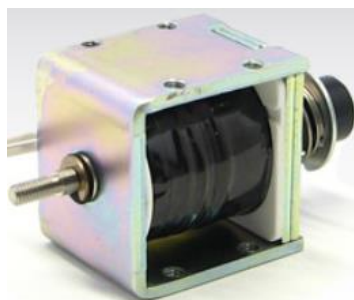


M5StickC

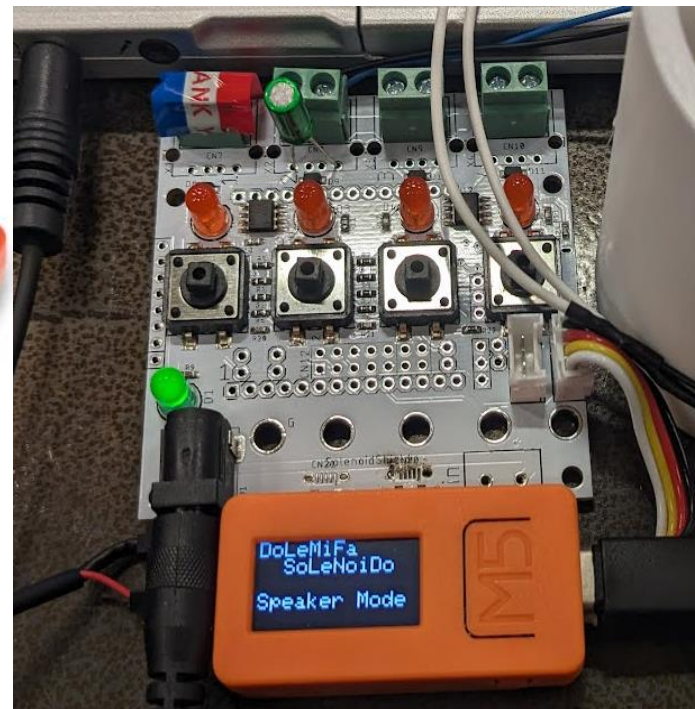
PWM信号
(15ksps)

PWM信号

平均Duty比は
20%以下にしましょう



CBS10290170

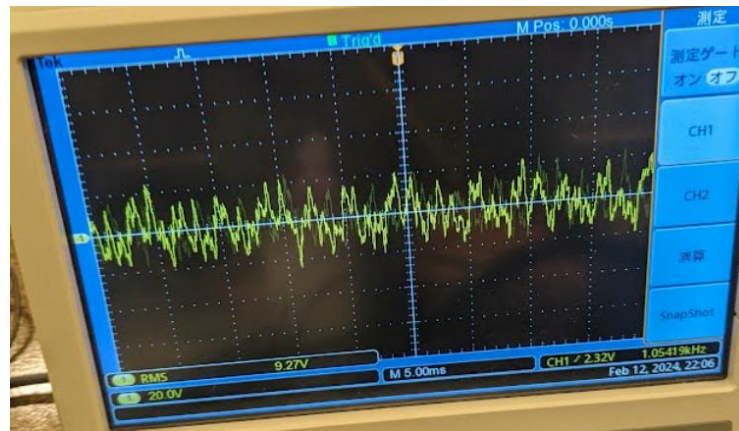
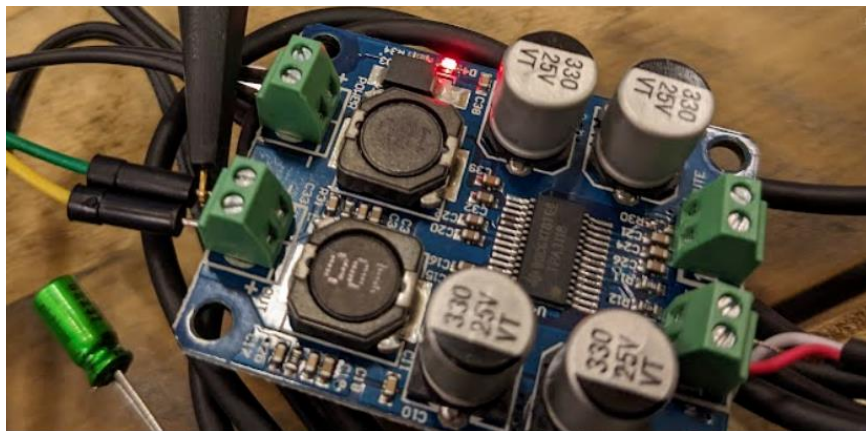


期待したほど鳴らないパワーアンプ達

10Wアンプで試してみる。1トーン信号は鳴るがアナログ音声は鳴らない...



60Wアンプで試してみる...少し鳴るが弱い。
差動(-12~+12V)になっているため、ソレノイドが大きく振動しないのだろう。

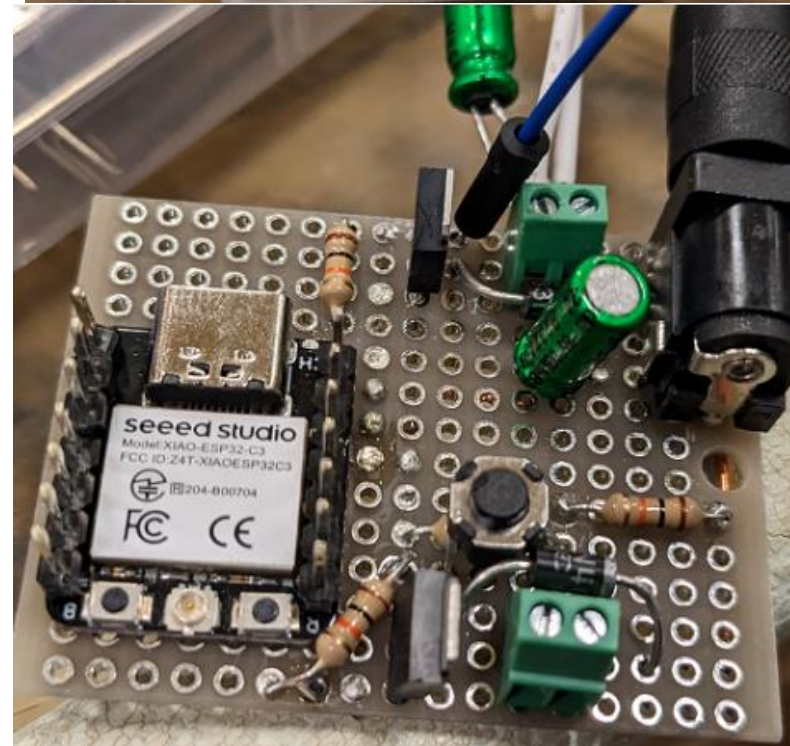
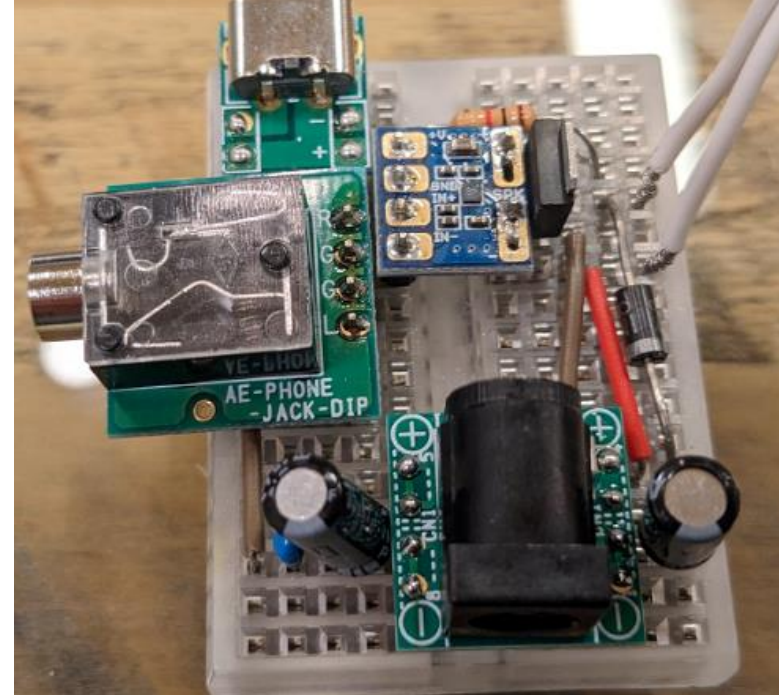


犠牲になった D級アンプ用基板たち

シングルエンド(0~24V)で動作するアンプが見つからないので、別の方法を探す。

...どうやらD級アンプはアナログ波形をPWM変調してローパスフィルタに通す事で元の波形に戻せるようだ。自作できる！

...基板を作るが実装が悪いのと、XIAO-ESP32C3の謎のノイズに悩まされる...



PWM変調マイコン

コンデンサ

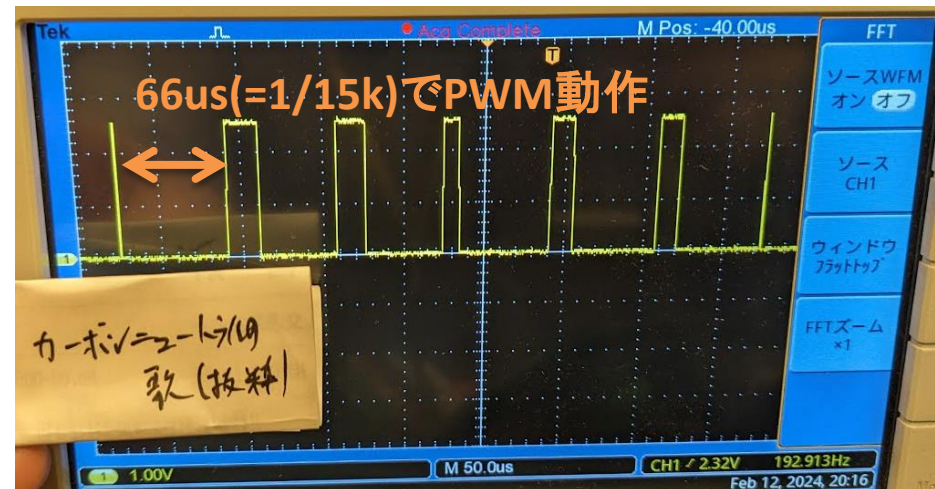
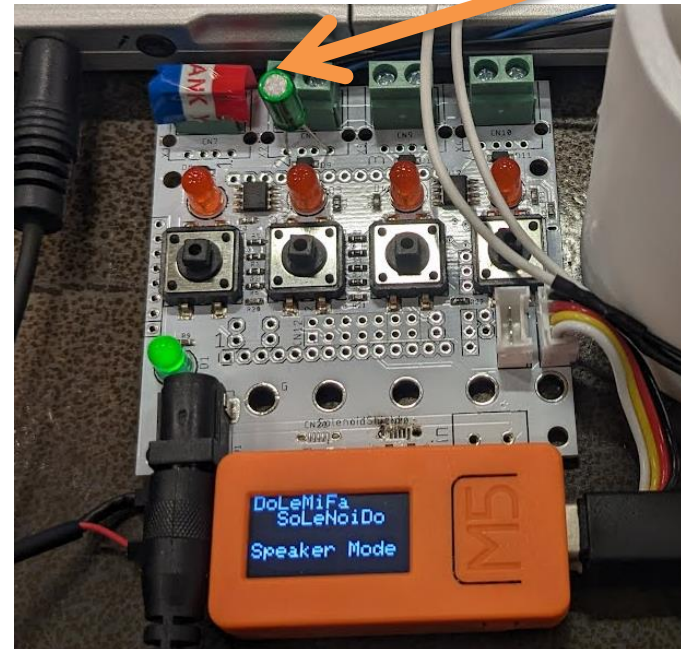
自作基板が動かないので...ソレノイド制御ボードのMOSFETをPWMで動かしてローパスフィルタ入れる？

ローパスフィルタはソレノイドに並列接続した。

マイコンで15kspsでアナログ音声をADC可能で15kspsでPWM出力できればよい...

当初1kspsが限界だと思っていたので諦めていたが、どうやら64kspsまで可能なことが分かった。

...実装して動かすと...動いた！



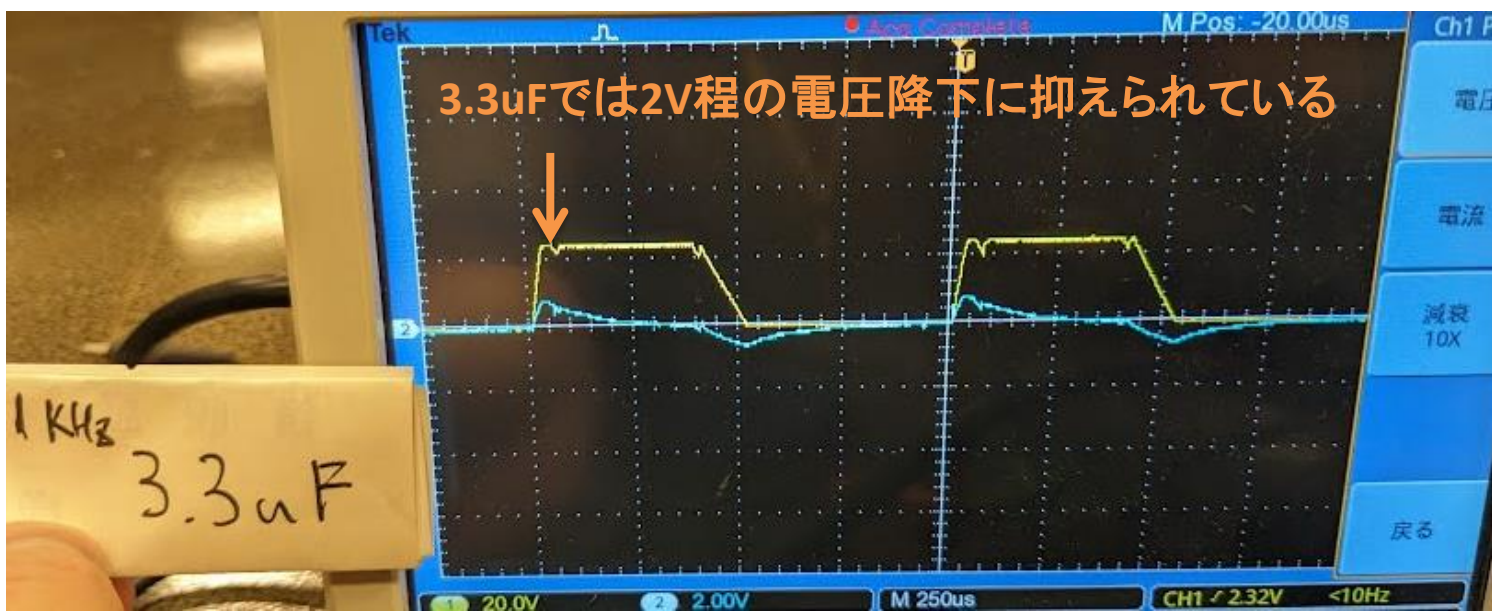
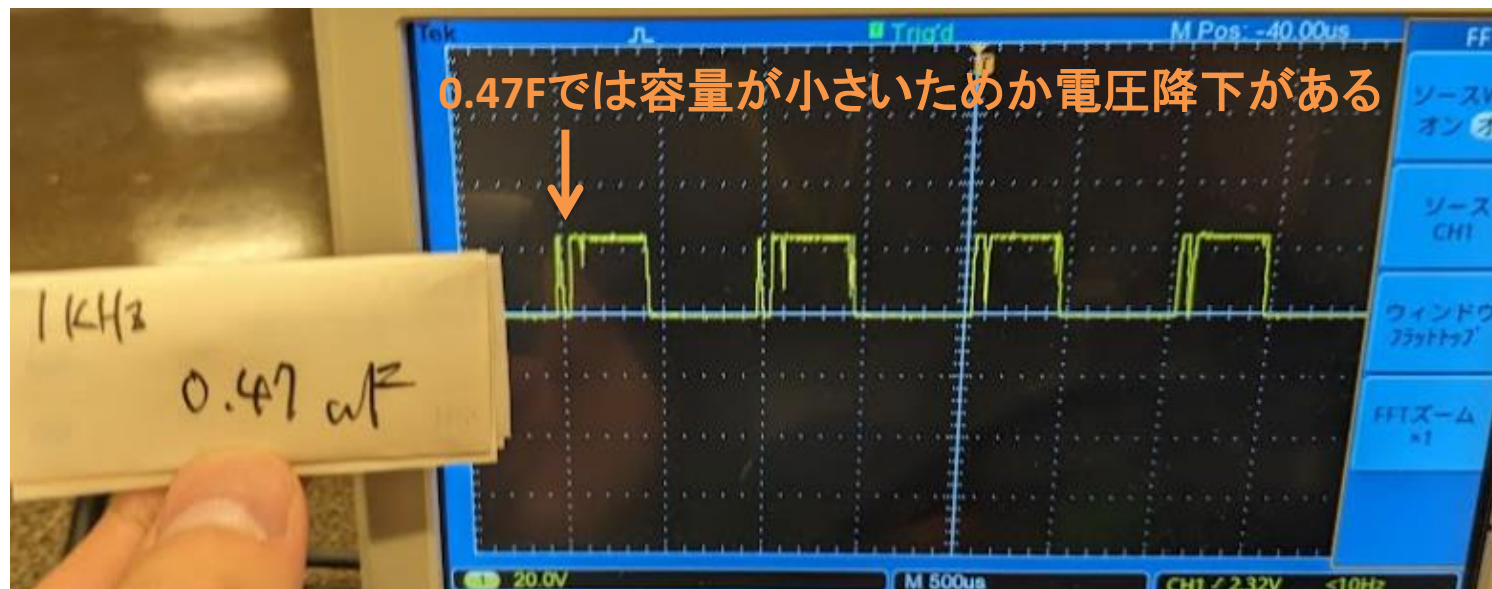
カーボニュートラル
歌(抜粋)

コンデンサ容量による音声品質比較

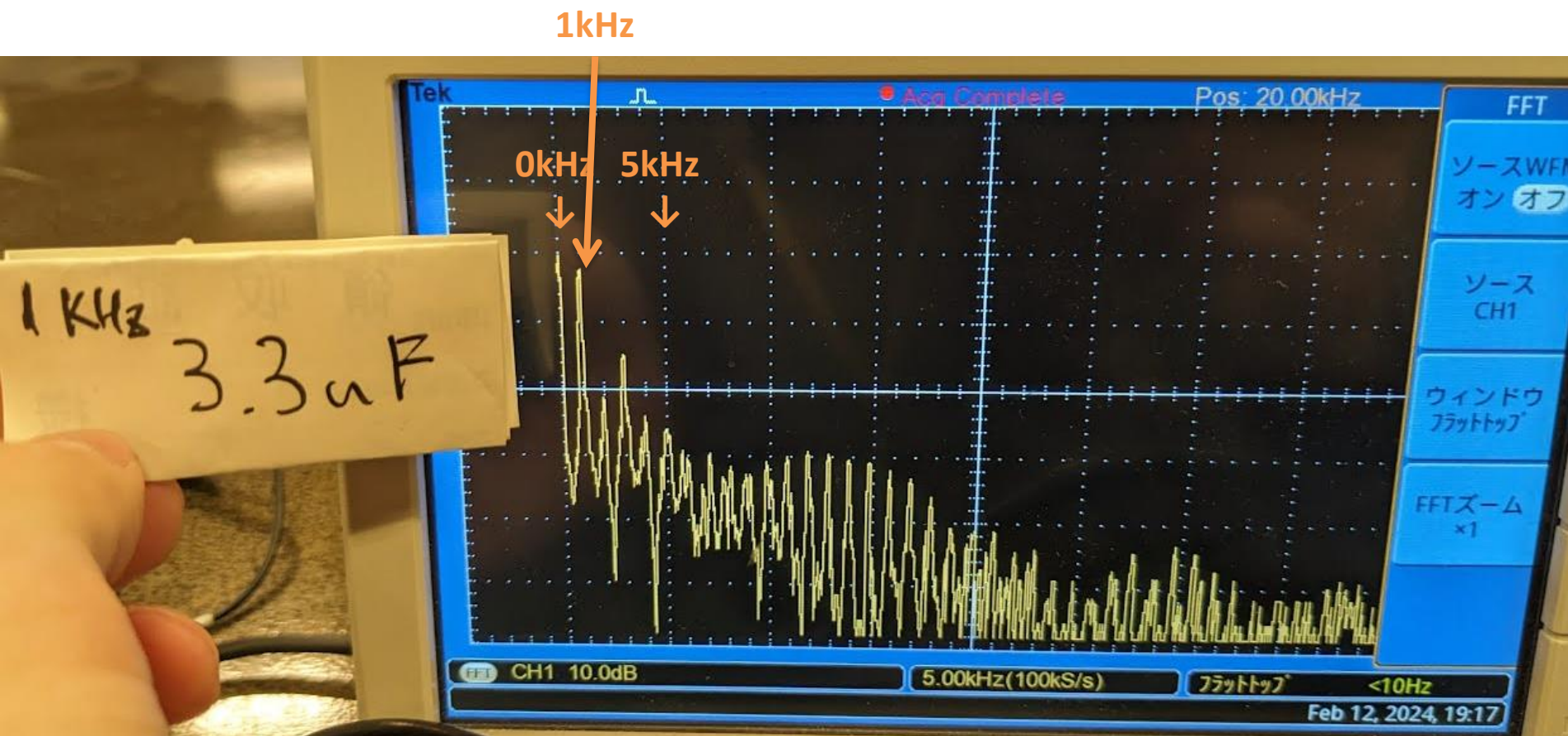
様々なコンデンサ容量を試したが、3.3uFの並列接続が最も音が大きくなる

コンデンサ容量[uF]	トーンの音声品質	カーボンニュートラルの歌の音声品質	「カーボンニュートラルの歌+手で押さえる」の音声品質
無し	100Hz以下で大きく振動する 高周波は小さく聞こえる	とても小さくしか鳴らない	ストロークが0.5mm程度しか動かない。 押さえると振動なくなるため逆に小さくなる。
0.1		少し音は大きくなったが とても小さい	
0.47	100Hz以下であまり大きく振動しない。 高周波は小さく聞こえる	音が少し大きくなり、ストロークが上にまで来るようになった。	押さえると下に戻ってしまう
1			押さえないなら1usが良い
2.2		音が大きい	ストロークの押さえ方で音が変わる
3.3		音が大きい	ストロークの押さえ方で音が変わる
22		ストロークは上がるが音声があまり聞こえない。 波形がなまりすぎているのだろう。	
47		MOSFETが熱で壊れる	

コンデンサの容量調整

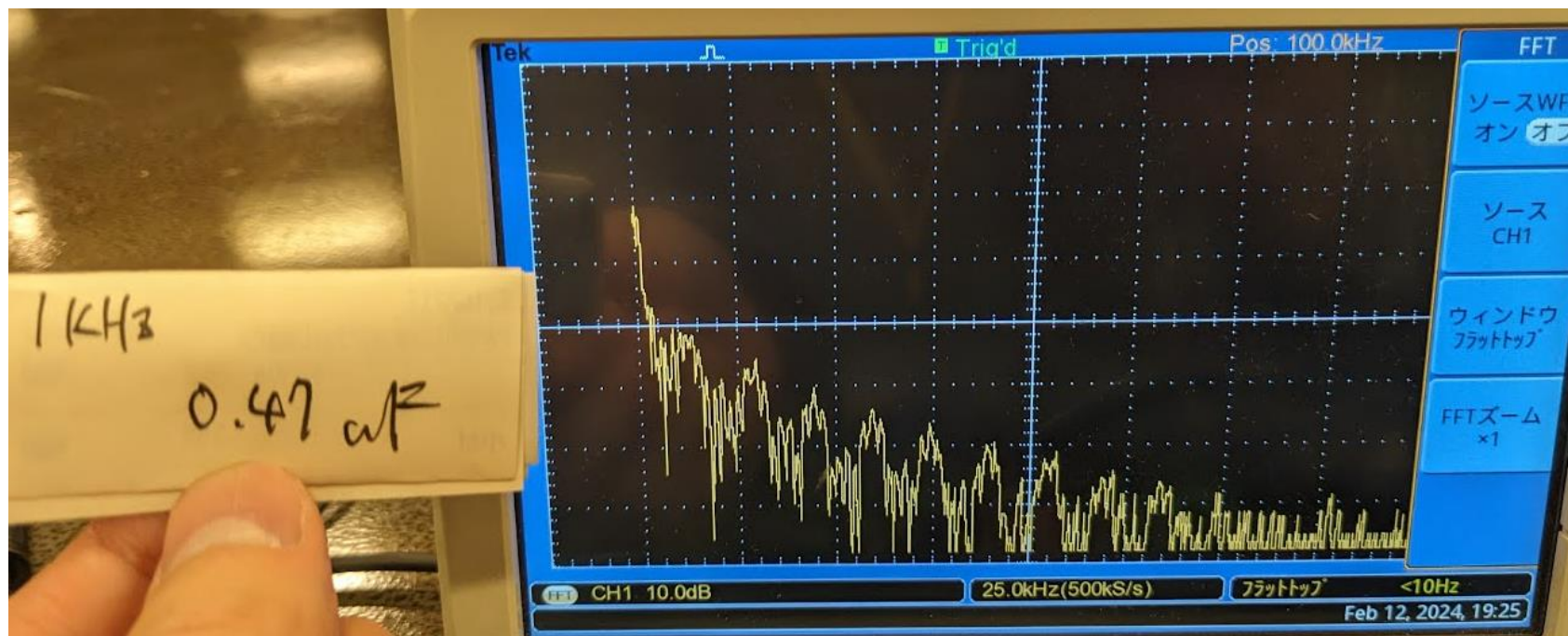


3.3uFのスペクトル



0.47 μ Fのスペクトル

間違えて25kHz/divで表示したので比較できない



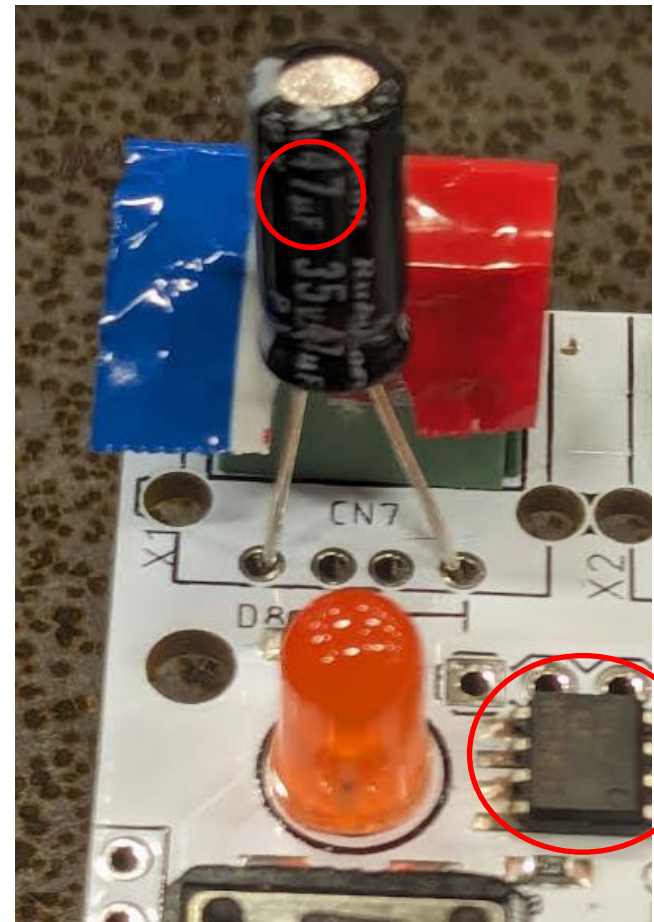
付け替え可能なインサートナット



時定数高くし過ぎて熱で犠牲になった Ch1 MOSFET

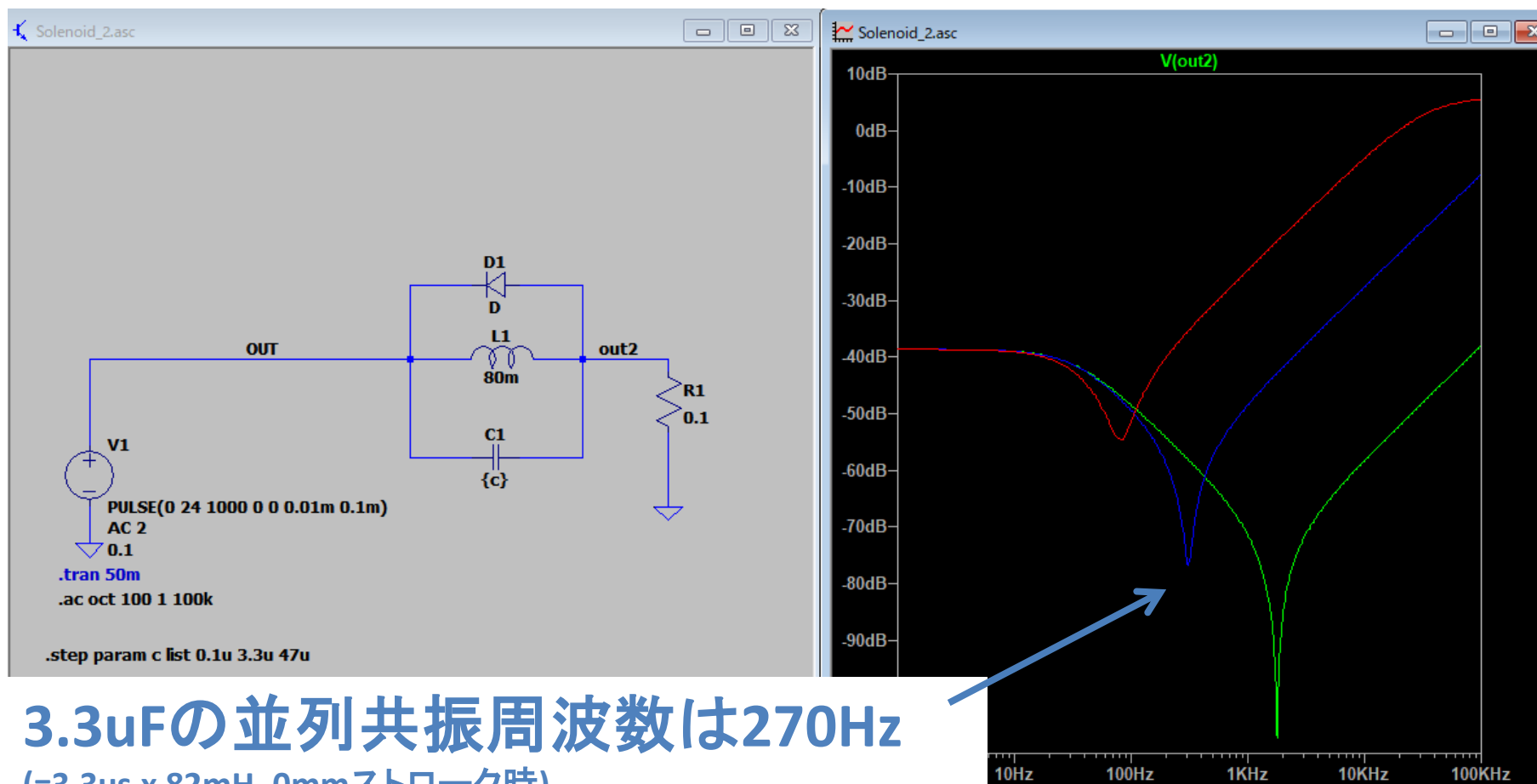
コンデンサは3.3usF以下にしましょう

47uF等に高くすると電流OFFされなくて常時通電します...(PWM制御の場合)



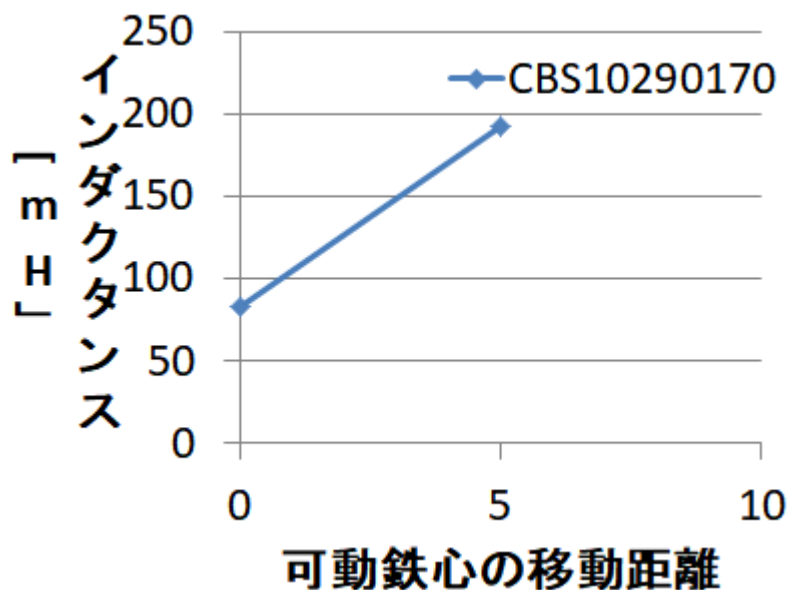
(機械振動まで考慮してやりきれなかった) 回路シミュレータ

実験して分かったことだが、D級アンプのLPFと同じくコンデンサをGND接地してローパスフィルタとして扱うのではなく、LC並列回路を共振させる素子として利用するのが最も大きな音が出るようだ。
(CBS10390170やCB10370150の場合)

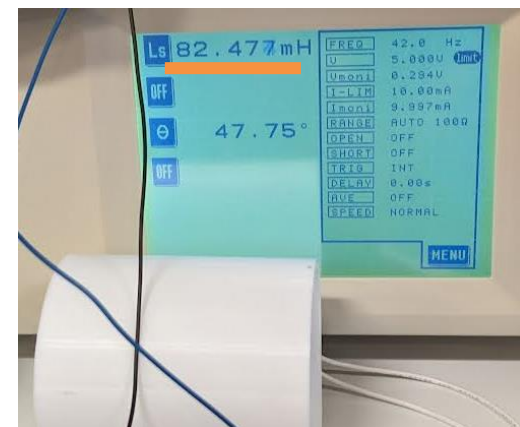


3.3uFの並列共振周波数は270Hz
(=3.3us x 82mH, 0mmストローク時)

可動鉄心の移動距離によるインダクタンスの変化



移動距離0mm
82.4mH



移動距離5mm
191.7mH



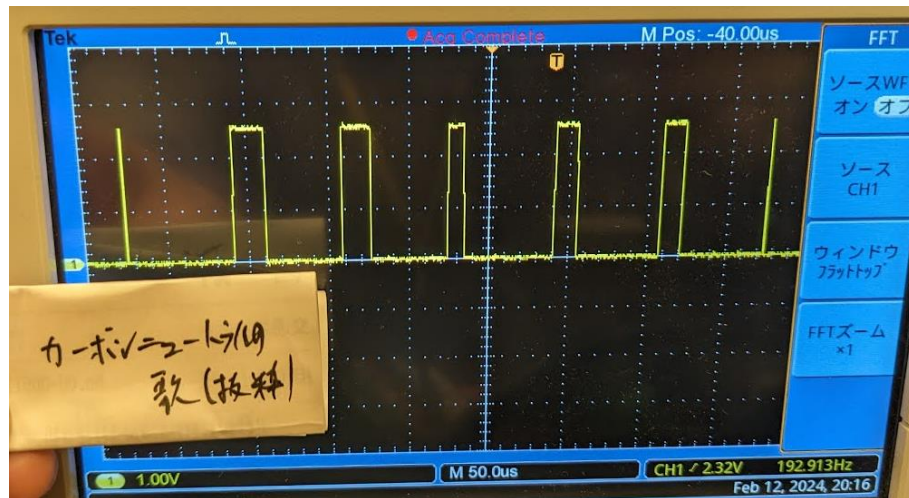
手で押さえることで共振
周波数(インダクタンス)
を変えられる。



気分はDJ

定格は守りましょう

平均PWM 10%以下にしましょう



使用定格表

下表は標準A種絶縁のもの

品番	抵抗値(Ω)	DC6V	DC12V	DC24V
CBS10290100	10	連続通電	25%	6%
CBS10290170	17	—	40%	10%
CBS10290410	41	—	連続通電	25%
CBS10290820	82	—	—	50%
CBS10291640	164	—	—	連続通電

AC等がマイコンのアナログ入力に回り込んで常にMOSFETがONしたり、そもそも音声信号が常に入力される場合は熱でソレノイドやMOSEFTが故障して危険なため、ソフトでPWM10%を超えた場合に出力停止する保護機能を入れています

BOM

No	項目	備考
1	CBS10290170 or CBS10370150	https://www.takaha.co.jp/co/cb/
2	Multi Controller A	https://www.takaha-shop.com/SHOP/sb-6565-01.html?_gl=1*3hausm*_ga*MTM5MDQyMjQwOC4xNzA2MjYzNjQ4*_ga_NlHW3K5N88*MTcwNzg3ODM4Ni40MC4xJF3MDc4NzQ0NTIuNjAwMCAw
3	片端ピン- 3.5mmケーブル	先端を切ってピンを付ける 黒=GNDピン 赤=GPIO36ピン もしくは下記購入 <small>https://www.monstara.com/p/70301972/?q_med=pla&q_pl=sp&utm_medium=cpc&utm_source=google&utm_campaign=246-833-4261_20748977913_shopping&utm_content=12309046881&utm_term=_O780KJ2429*_x_aud=3487120648-pla-88844474747&utm_id=70301972&pid_source=1&gclid=Cj0KCQAw6iyuBhChARIACF94RkypdMy3-5mmB_jmhtoeFXm51qt160315RWa2kom2OWUqV8aAnuGEALw_wcB</small>
4	M5StickC	
5	Grove Cable	