

Relay Attenuator (MOS2)/フォトリレー使用の抵抗ネットワーク減衰器 製作マニュアル

<注意>

本キットをつかって生じた感電、火災等の一切のトラブルについては、当方は責任を負いませんのでご了承ください。また、基板、回路図、マニュアル等の著作権は放棄していませんので、その一部あるいは全体を無断で第3者に対して使用することはできません。

1. はじめに

本基板は抵抗ネットワークをリレーで ON/OFF することで減衰量を調整できるパッシング型のボリュームになります。いわゆる電子ボリュームの類になりますが、一般的な電子ボリュームとは異なりアンプ回路を持ちません。パッシングなボリュームとしては、ロータリー式のスイッチを用いた減衰器もありますが、多接点のものは少なく、またスイッチのコストも相当に高くなりますが、自作用途では26接点程度が限界で、十分な分解能での音量調整が難しいでしょう。本基板では抵抗ネットワークと14組(ステレオで28個)のフォトリレーを用いることで-79.5dB~0dBを0.5dB毎で調整を行うことができます。この音量ステップを実現するための複雑なリレーの組み合わせ動作にマイコンを用いています。マイコンを用いるため、あわせてボリューム変更は可変抵抗やロータリーエンコーダの使用を可能にしています。さらに赤外線リモコンや、外付けの入力切替基板との連動も可能です。電子式のボリュームとは一味違った音量調整に適しているでしょう。

本基板は従来基板と機能は同じですが、仕様可能なフォトリレーに4Pinパッケージの他、6Pinパッケージも使え基板パターンにしていますので、多様なフォトリレーが使えるでしょう。

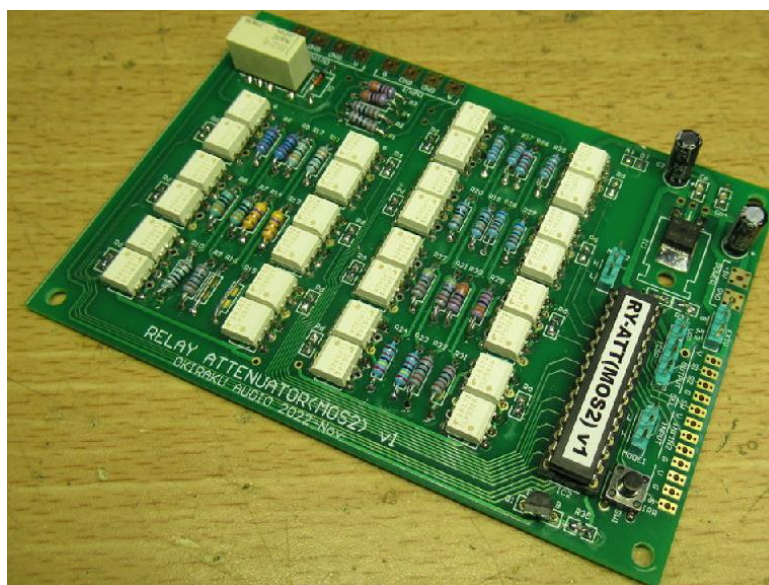


図 完成例

2. 機能&仕様

表 主な仕様

機能	抵抗ネットワーク式減衰器
電源電圧	5V 単一 (約 300mA) ※Small-LED4 との組み合わせ時で実測で 180~250mA 程度。
特徴	・ -79.5~0.0dB の範囲で 0.5dB 毎で調整可能 (-79.5dB 以下は MUTE) ・ 減衰量調整は可変抵抗/ロータリーエンコーダが使用可能 ・ 減衰量表示器 (small-LED4) へのシリアル出力あり ・ 外付け入力切り替え機 (mini-RELAY6) との連動可能 ・ 赤外線リモコン対応 (減衰量調整、MUTE-ON/OFF、入力切替)
基板	FR-4、1.6mm 基板厚、70um 銅箔厚、 表面処理 : 金フラッシュ 基板サイズは巻末参照

3. 回路図

全体の回路図は下記の通りです。リレーの動作組み合わせで、減衰量を調整しています。

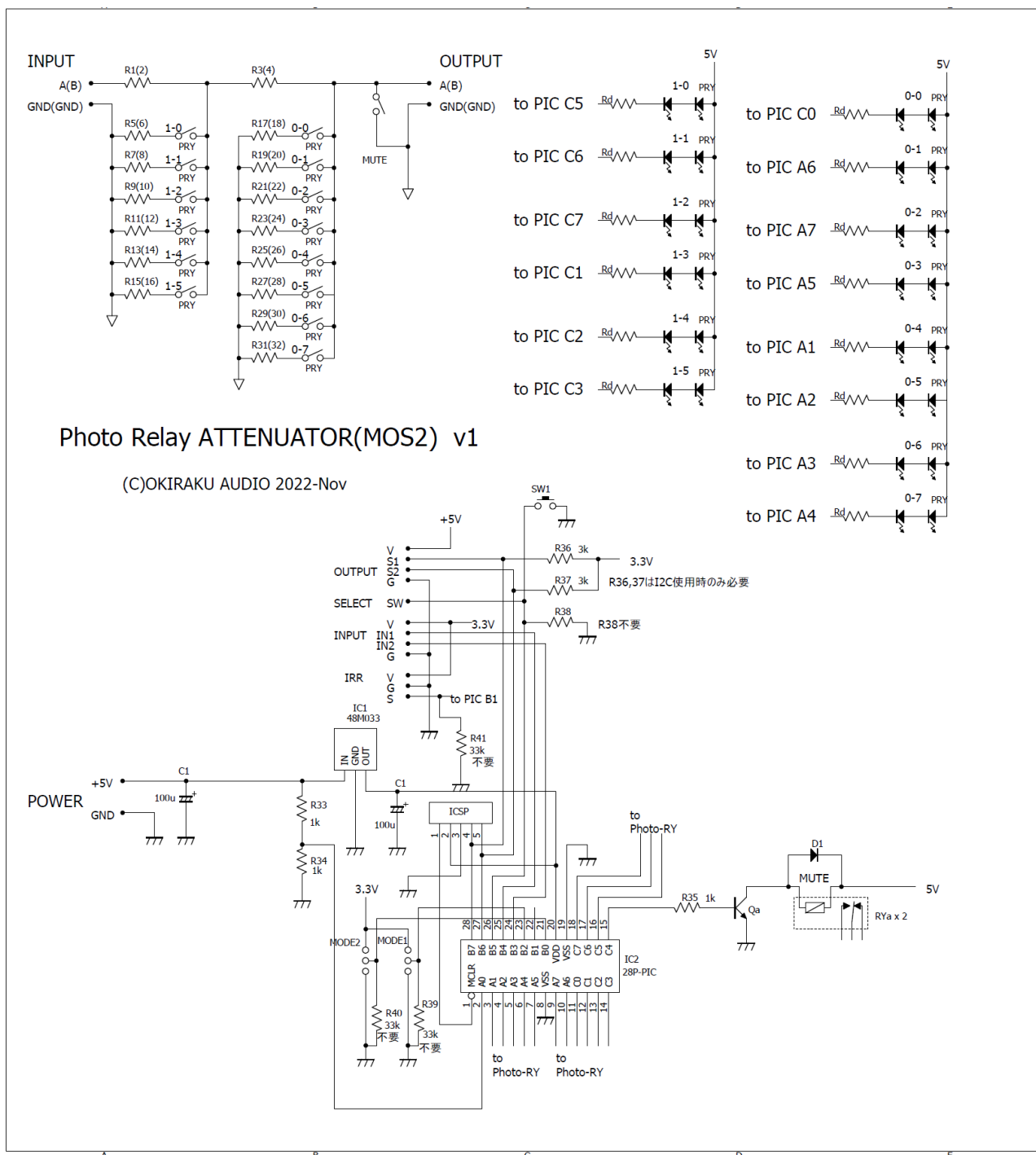


図 全体の回路図
(Qa は Q1 に読み替え) ※修正 2023. 2. 4

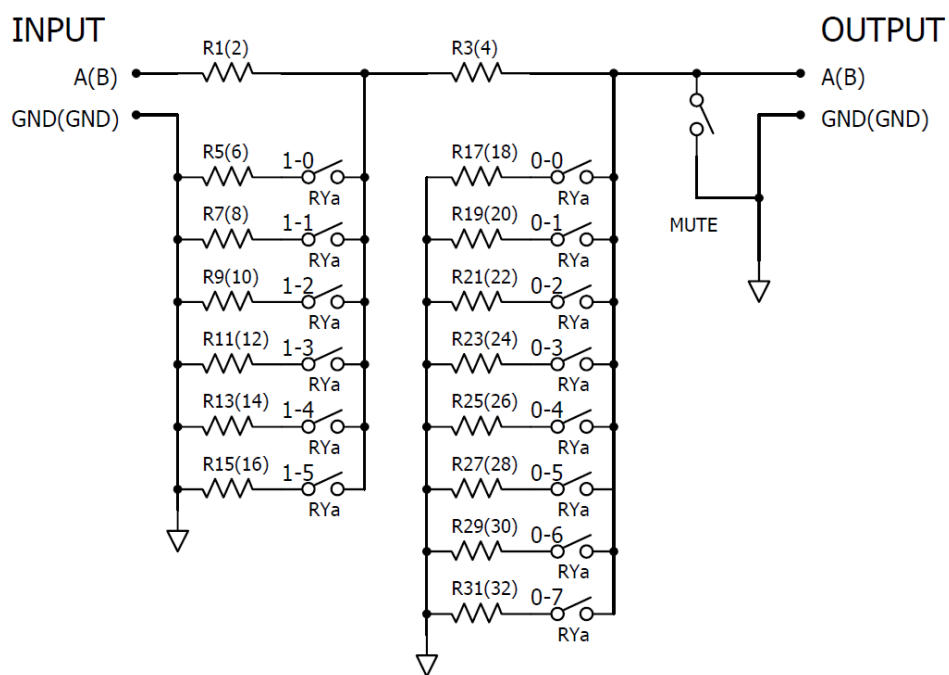


図 抵抗ネットワーク部分の回路図（拡大）

4. 部品表例

表 部品表

品名	番号	規格	仕様	個数	備考
抵抗	R1, 2	金属皮膜 1/4W(1%)	2k Ω	2	減衰器を構成する抵抗ネットワークになりますので、必ず指定の値を用いてください。指定値以外では大きなゲインエラーが発生する可能性があります。
	R3, 4	金属皮膜 1/4W(1%)	3.3k Ω	2	
	R5, 6	金属皮膜 1/4W(1%)	1k Ω	2	
	R7, 8	金属皮膜 1/4W(1%)	330 Ω	2	
	R9, 10	金属皮膜 1/4W(1%)	100 Ω	2	
	R11, 12	金属皮膜 1/4W(1%)	33 Ω	2	
	R13, 14	金属皮膜 1/4W(1%)	4.7 Ω	2	
	R15, 16	金属皮膜 1/4W(1%)	0 Ω (ジャンパー)	2	
	R17, 18	金属皮膜 1/4W(1%)	180k Ω	2	
	R19, 20	金属皮膜 1/4W(1%)	100k Ω	2	
	R21, 22	金属皮膜 1/4W(1%)	47k Ω	2	
	R23, 24	金属皮膜 1/4W(1%)	24k Ω	2	
	R25, 26	金属皮膜 1/4W(1%)	12k Ω	2	
	R27, 28	金属皮膜 1/4W(1%)	6.8k Ω	2	
	R29, 30	金属皮膜 1/4W(1%)	3.3k Ω	2	
	R31, 32	金属皮膜 1/4W(1%)	2k Ω	2	
	R33, 34	チップ抵抗	1k Ω	2	1608, 2012 サイズ
	R35	チップ抵抗	1k Ω	1	1608, 2012 サイズ
	R36, 37	チップ抵抗	3k Ω	不要	1608, 2012 サイズ(裏面)
	R38	チップ抵抗	47 k Ω	不要	1608, 2012 サイズ(裏面)
	R39	チップ抵抗	33~47 k Ω	不要	1608, 2012 サイズ(裏面)
	R40	チップ抵抗	33~47 k Ω	不要	1608, 2012 サイズ(裏面)
	R41	チップ抵抗	33~47 k Ω	不要	1608, 2012 サイズ(裏面)
	Rd	チップ抵抗	510 Ω	14	1608, 2012 サイズ
コンデンサ	C1, 2	電解コンデンサ	100 μ F/10V	2	容量は適当でよい。
	Cp	チップセラミック	0.1 μ F	3	
ダイオード	D1	小信号用	1N4148 など	1	汎用品で可。半田面に SMD 用パッドもあり
トランジスタ	Q1	小信号用 NPN	2SC1815 など	1	
スイッチ	SW1	タクトスイッチ		1	外付けする場合は基板上 SW1 は不要。また赤外線リモコン不使用の場合も不要
IC	IC1	3.3Vレギュレータ	48M033 など (*1)	1	78N と同じピン配置
	IC2	PICマイコン	28Pin タイプ	1	“RY-ATT (MOS2) v1 “
リレー	PRY	フォトリレー	TLP592 あるいは TLP241 など でも可 (*2)	28	秋月電子 P-16316 (10 個入) P-12193 (1 個) TLP592 使用時には Pin5 を切断して実装。
	RYb	SMD リレー	5V タイプ (*3)	1	秋月電子 P-14033
基板		RELAY-ATTENUATOR (MOS2)		1	

ハッチング部はキットの主要部品として添付。

(*1) SMD の 3.3V レギュレータが安価で使いやすいと思います。

A



RoHS2

三端子レギュレーター 3.3V1A NJM2391DL1-33

[NJM2391DL1-33]

通販コード I-02252

発売日 2008/02/06

メーカーカテゴリ [新日本無線株式会社\(New JRC\)](#)

出力電流を1Aまで流せる低飽和型シリーズレギュレータ(LDO)です。入出力間電位差が低いため、高精度を要求される負荷にも対応できます。

- 主な仕様
- ・出力方式：シリーズ
- ・出力正負：正電源

(*2) フォトリレー

本基板ではフォトリレーは 6 ピンパッケージの TLP592 や、4 ピンパッケージの TLP241 などが使用できます。On 抵抗が TLP592 が 2Ω (実力値は 1Ω 以下)、TLP241 が 0.15Ω です。TLP241 が On 抵抗は低いですが高価(140 円/個)でもあり、減衰特性にはほとんど差はできませんから安価な TLP592 (600 円/10 個) が適しているでしょう。

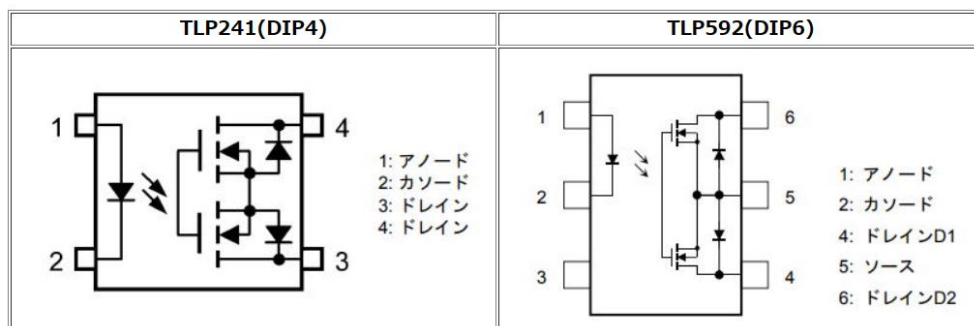
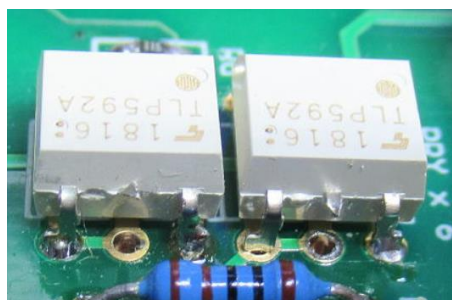


図 TLP241 と TLP592 のピンレイアウト

(重要) **TLP592 を実装する場合は、Pin5 (ソース) を切断してください。**これは基板が TLP592 と TLP241 の共用パターンになっているためです。TLP241 を実装する場合はそのまま Pin1 のマークにあわせて取り付けます (Pin5, 6 部分は未使用)。



TLP592 を実装する場合は Pin5 を事前に切断必要。

(*3) この基板では下記のリレーの使用を推奨します。

A **AAA**



RoHS2未満

5Vリレー 表面実装用 2回路2接点 EE2-5NUX-L

[EE2-5NUX-L]

通販コード P-14033

発売日 2019/08/28

メーカーカテゴリ [日本電気株式会社\(NEC\)](#)

NEC/TOKINの小型リレーです。スリム形状で軽量を特長とします。

- 主な仕様
- ・コイル電圧：5V
- ・コイル電流：28mA
- ・コイル抵抗：178Ω
- ・感動電圧：3.75V
- ・開放電圧：0.5V

5. 端子機能

(1) 基板端子機能

本基板における基板端子機能は下表の通りです。「6. 接続例」とあわせて参照ください。

基板端子の機能

グループ	端子 シルク	機能	備考
INPUT	A	オーディオ信号入力 A	
	GND	信号 GND	
	GND	信号 GND	
	B	オーディオ信号入力 B	
OUTPUT	A	オーディオ信号出力 A	
	GND	信号 GND	
	GND	信号 GND	
	B	オーディオ信号出力 B	
POWER	+5V	電源入力 (5V)	必要な電流容量は 300mA 以上です。 (LED 接続なしの場合)
	GND	電源 GND	
OUTPUT	V	5V 出力	small-LED4 や mini-RELAY6 の電源出力としても利用可。
	S1	Small-LED4 用シリアル出力	減衰量表示を行う場合に接続します (VR 使用時は必須ではありません)
	S2	mini-RELAY6 用シリアル出力	外付けの入力切替 SW を使用する場合に接続します。
	G	電源 GND	
SEL	SW	入力切替 SW/初期化スイッチ	Active” L” で動作。電源投入時に L であった場合初期化 (赤外線リモコンの学習内容消去等)を行います。
INPUT	V	3.3V 出力	VR/エンコーダの使用の選択は MODE1 ジャンパーで設定 (開放: VR、短絡: エンコーダ)
	IN1	・ VR 使用時は VR センタを接続。 ・ エンコーダの場合は A (B) 相入力	
	IN2	・ VR 使用時は開放 ・ エンコーダの場合は B (A) 相入力	
	G	GND	
IRR	V	赤外線受光モジュール電源 (3.3V)	赤外線リモコンを使用する場合場合に使用します。
	G	赤外線受光モジュール GND	
	S	赤外線受光モジュール信号	

表 モードジャンパー (MODE1) 設定

MODE1	機能	説明
開放	VR	減衰量調整に VR (10~50k Ω (B)) を使用。
短絡	ENC	減衰量調整にロータリーエンコーダを使用

MODE2 は予約用です (未使用)

6. 接続例

(1) 電源と入出力の接続

下図を参照して接続してください。電源は定電圧電源(5V)を使用します。非安定電源では、稼働中にマイコンが電圧低下を検知してシャットダウンする可能性があります。なお、シャットダウン電圧は定常電圧から-10%の電圧(約4.5V)になります。

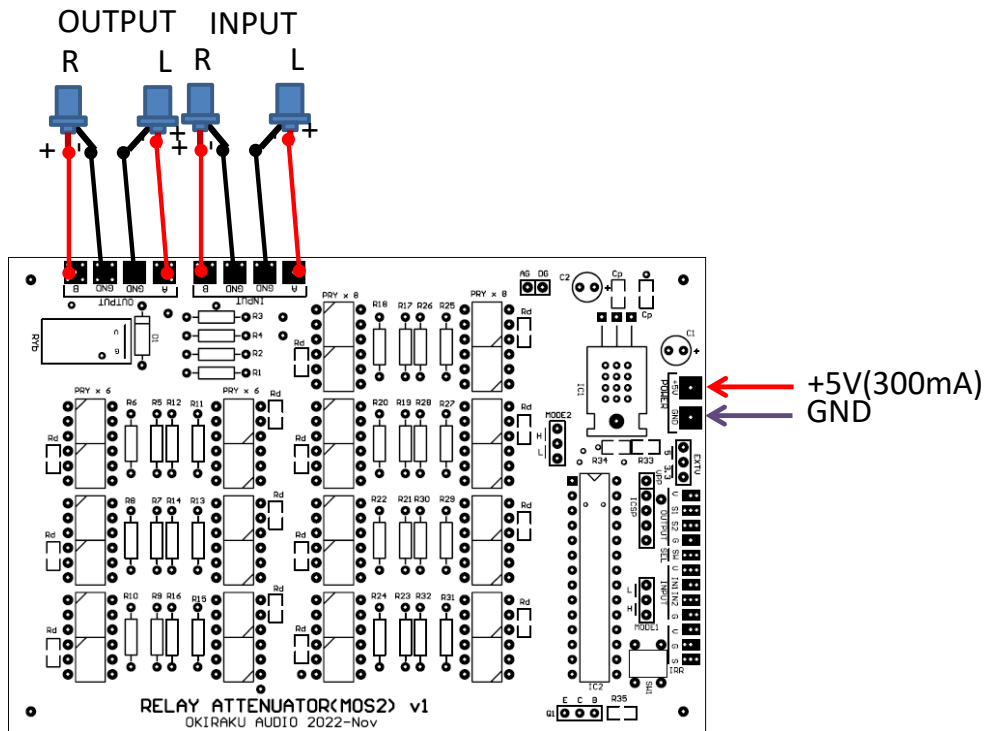
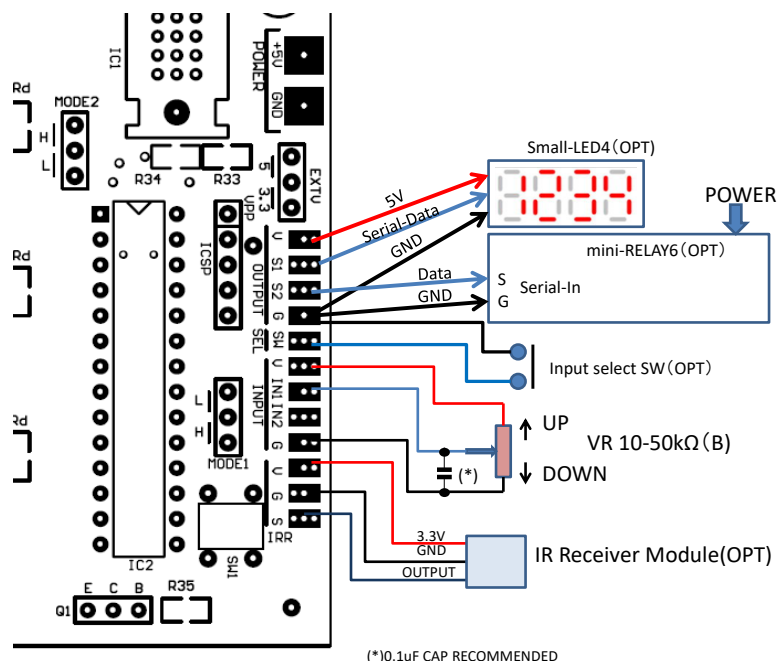


図 電源と入出力の接続例

(2) 可変抵抗を用いる場合の接続

下図を参照して接続ください。MODE1 ジャンパーは開放ままとします。可変抵抗は 10~50kΩ の B カーブのものを使用します。VR と基板との配線長が長い場合にはフィルター用に 0.1uF のコンデンサを挿入するといいいでしょう。LED 表示器や赤外線受光器、リレー切替基板はすべてオプションであり、必要な場合に接続します。可変抵抗接続の場合は赤外線リモコンでのボリューム(減衰量)調整はできません。



(*)0.1uF CAP RECOMMENDED

図 可変抵抗を接続する場合の接続例

(3) ロータリーエンコーダを接続するときの接続

下図を参照して接続ください。MODE1 ジャンパーは短絡とします。赤外線受光器、リレー切替基板はすべてオプションであり、必要な場合に接続します。LED表示器は減衰量表示のためにあったほうがいいでしょう（必須ではありませんが、ないと減衰量がわかりません）。

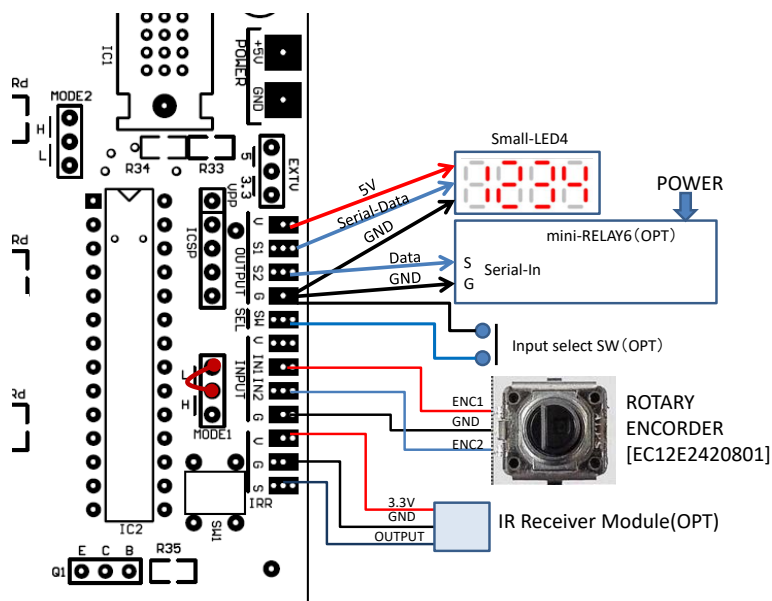


図 ロータリーエンコーダを接続する場合の接続例

ロータリーエンコーダは秋月電子で取り扱いの下記が安価で使いやすいでしょう。

AAA



ロータリーエンコーダ（24クリックタイプ）

[EC12E2420801]

通販コード P-06357

発売日 2012/12/25

メーカーカテゴリ [アルプス電気株式会社\(ALPS\)](#)

24クリックのメカニカルロータリーエンコーダです。

- ・12型絶縁軸タイプ EC12シリーズ
- ・操作部長さ：25mm
- ・クリック数：24
- ・パルス数：24
- ・定格：0.5mA 5VDC

図 おすすめのロータリーエンコーダ（秋月電子 P-06357）

7. 赤外線リモコンの活用

(i) 機能

赤外線リモコンでは下記に割り当てたキーで操作が可能です。

- ・ VOL+、VOL- ボリュームを操作します
 (注) ロータリーエンコーダ使用の場合のみ。
- ・ SEL1～SEL6 リレー切替基板 (mini-RELAY6) のチャンネルを指定します。
 (注) リレー切替基板を使用しない場合でも学習は必要です。
- ・ Mute-ON/OFF MUTE を行います。

なお、赤外線リモコンを利用するには Small-LED4 が必要になります。

(ii) 学習方法

学習方法は初回電源投入後あるいは初期化 (スイッチ SW1 を押しながら電源投入) 後に、赤外線受光モジュールに刺激を与えます。すなわちリモコン受光モジュールに向けて任意のリモコンキーを押せば学習開始するようにしています。学習の開始時には LED に「IrrL (IRR LEARNING)」と約 1 秒表示されます。その後、学習 (黄緑表示) と確認 (赤色表示) が表示されたのち割り当てるキーを短く押します (1 つのキーを 2 回ずつ押すことになります)。学習が完了すれば「END」が 1 秒表示されて、その後にマスターボリューム値等を表示します。以降、赤外線リモコンが使用可能になります。

学習するキーは下記の順で合計 8 個 (押す回数は 16 回) になります。

<学習順>

VOL+ (VOLP) → VOL- → SUB+ (SUBP) → SUB- → SEL1 → SEL2 → SEL3 → SEL4
→ SEL5 → SEL6 → M-ON → MoFF

(*) フェーメントでは[+]表示ができないので「P」で代用しています。

(3) SW1 の機能

基板上の (あるいは基板端子に接続) SW1 は下記の機能を持ちます。

(i) リレー動作遅延時間の設定 (クリックノイズの抑制)

リレー動作時にはゲインが過渡的に変化するため、わずかですがクリックノイズが発生します。できるだけクリックノイズを小さくするために、リレーの ON 時間と OFF 時間の差を吸収して、複数のリレー動作で最短のショータリング状態になるように設定します。SW1 を長押しすることでリレー動作遅延時間の設定を変更することができます。リレーのカタログ上では 100us 以上が必要ですが、実験結果ではあまり変化はあまりなかったことから 200us を既定値にしています。他のフォトリレーをつかう場合や、聴感で変化がでる場合は調整してもよいでしょう。

表 SW1 長押しでのゲイン設定

表示 (small-LED4)	リレー遅延時間
d003	30uS
d006	60uS
d010	100uS
d020	200uS (既定値)
d040	400uS
d080	800uS
d150	1.5ms
d300	3.0ms

(ii) リレー切替基板の入力切替

SW1 を短く押すとリレー切替基板にシリアルデータを転送しチャンネル切替をシーケンシャルに変更します。そして small-LED4 には選択チャンネルが表示されます。なお LED 表示がボリューム値になっている場合は、SW1 を一度押すと現在の設定チャンネルが表示され、次に押すとチャンネルが切り替わります。これは、現在のチャンネルを確認できるようにするためです。

(iii) 初期化

SW1 を押しながら電源を起動すると各種パラメータが初期化されます。同時に学習した赤外線リモコンのコードも破棄されます。

8. 基板パターン

(1) シルク

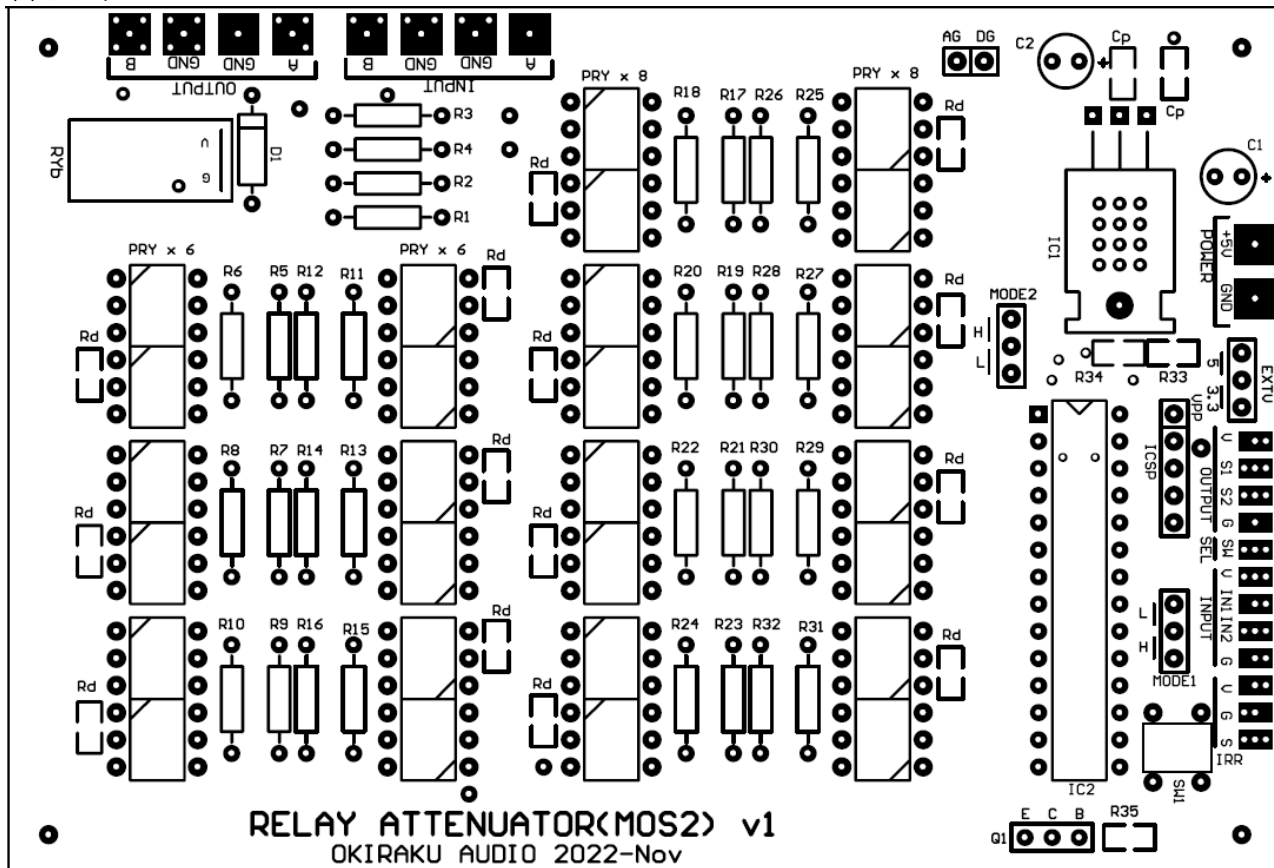


図 シルク

(2) 配線パターン (部品面)

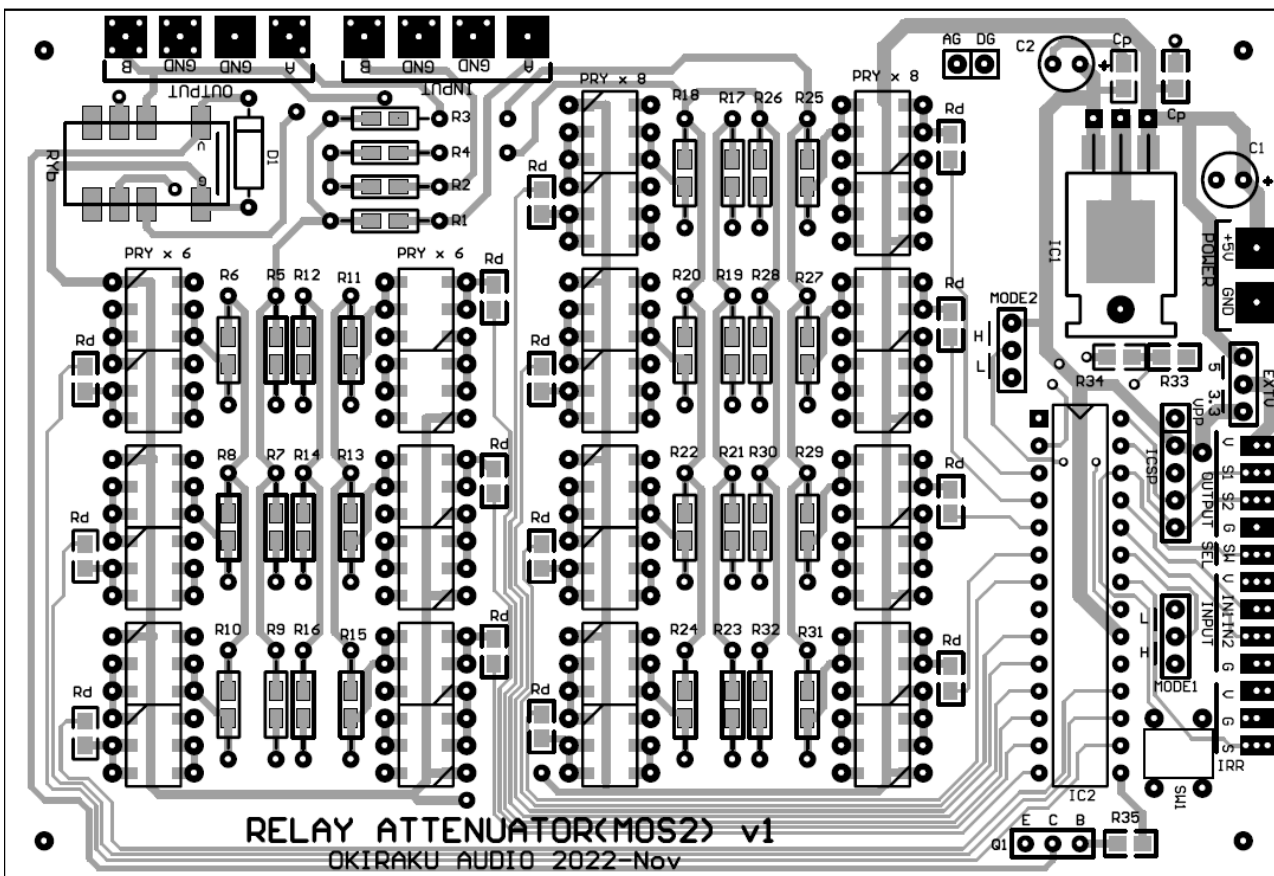


図 部品面パターン

(3) 配線パターン（半田面：部品面より透視）

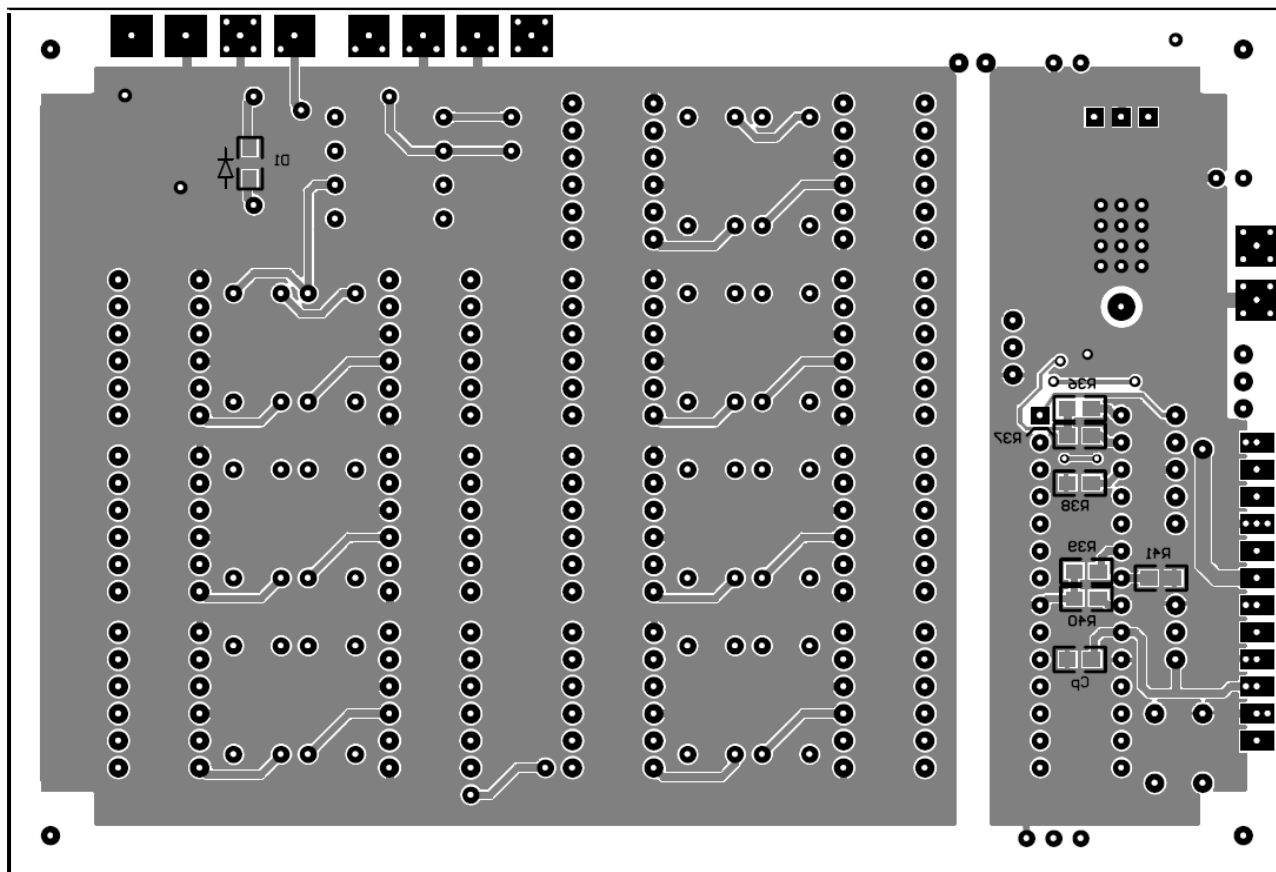


図 半田面パターン

9. 【重要】基板の修正

v 1 基板では一部パターンの修正が必要です。

1) 該当基板 : RELAY-ATTENUATOR (MOS) v1

2) 修正箇所

(a) リレー (RYb) への配線が反対になっているので、途中で入れ替えを行います。

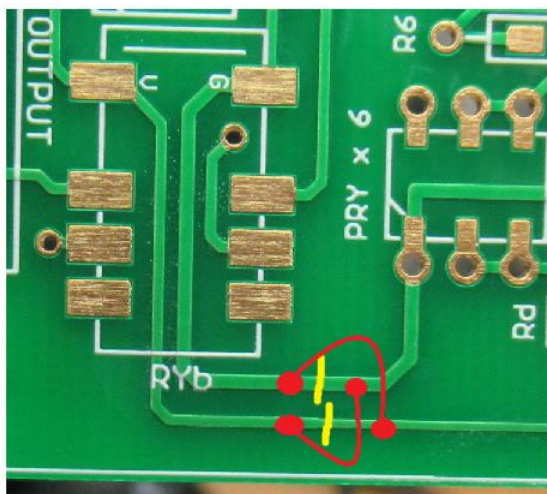


図 修正方法 (黄線 : 削除部分、赤線 : ジャンパー部分)

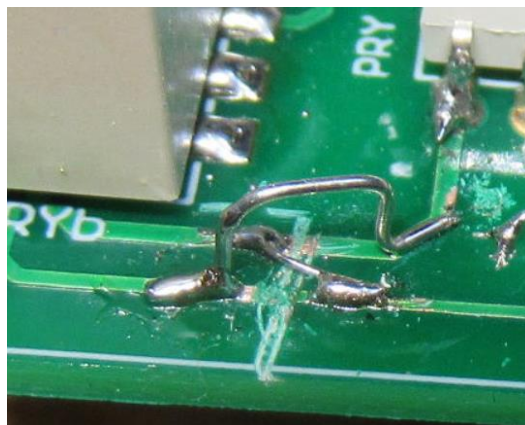


図 修正例

(b) R33 の片端が 5V に未接続なので、最寄りの 5V ラインに接続します。

この修正を行うことで、電源監視が正常に動作します。電源電圧が起動時の約 90%を下回ると MUTE リレーを動作させてシャットダウンします。

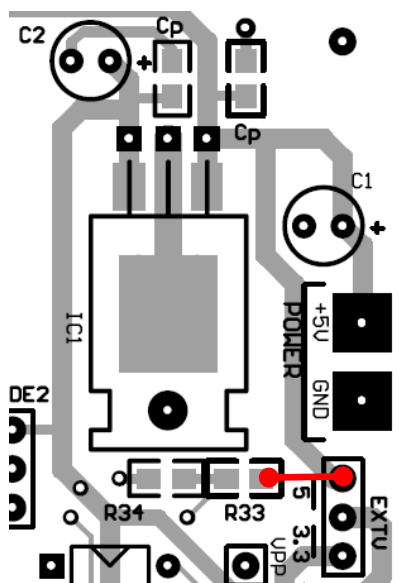
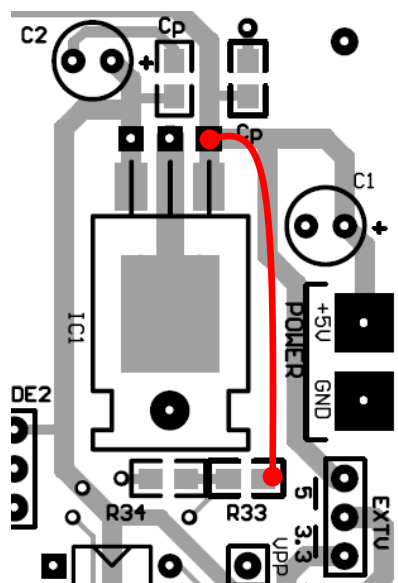
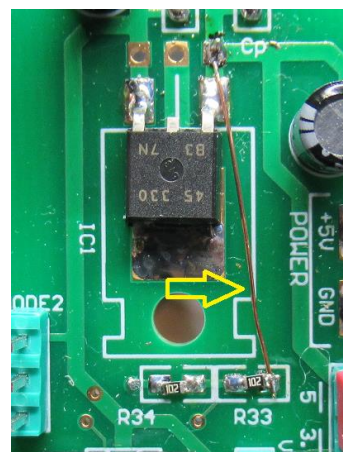


図 修正例 1

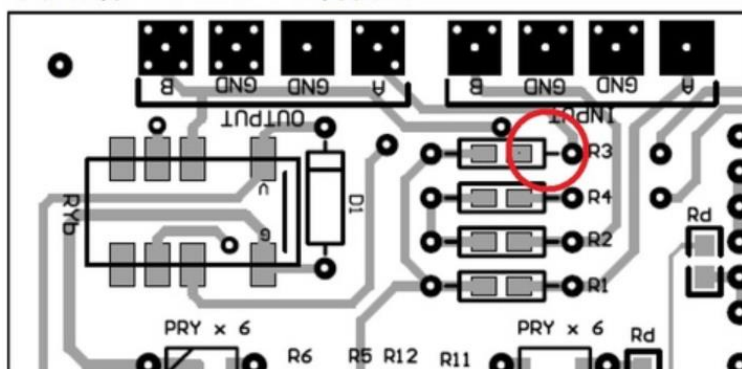


修正例 2 (右はジャンパー配線)

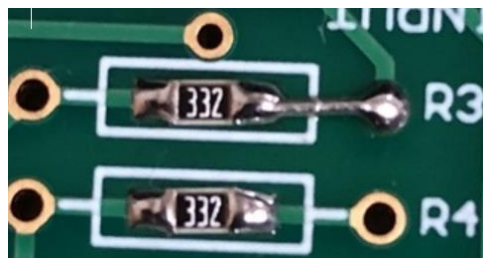


(c) R3 の SMD パターンの片端が未接続なので、表面実装部品を使用する場合はスルーホールランドまで延長

(2) 配線パターン (部品面)



該当箇所



修正例

10. ヒント

本基板ではデジタル部とアナログ部の GND は分離しています。しかし、実装時にノイズが混入する場合などは、GND を共通化することで改善する場合があります。基板上にはデジタル GND とアナログ GND を短絡しやすいようにパッドを設けているので、それを活用するといでしょう。

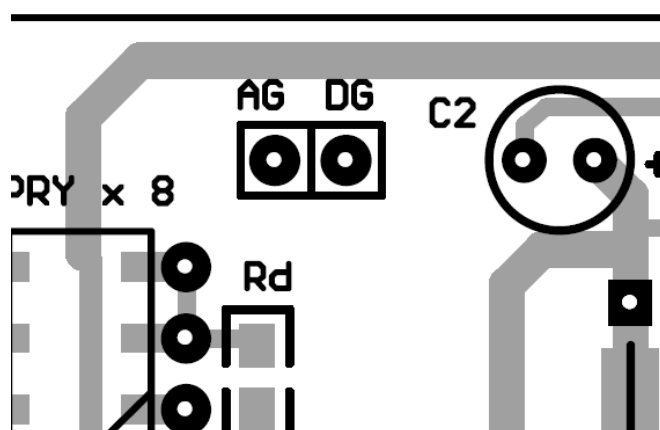


図 GND 引き出し PAD

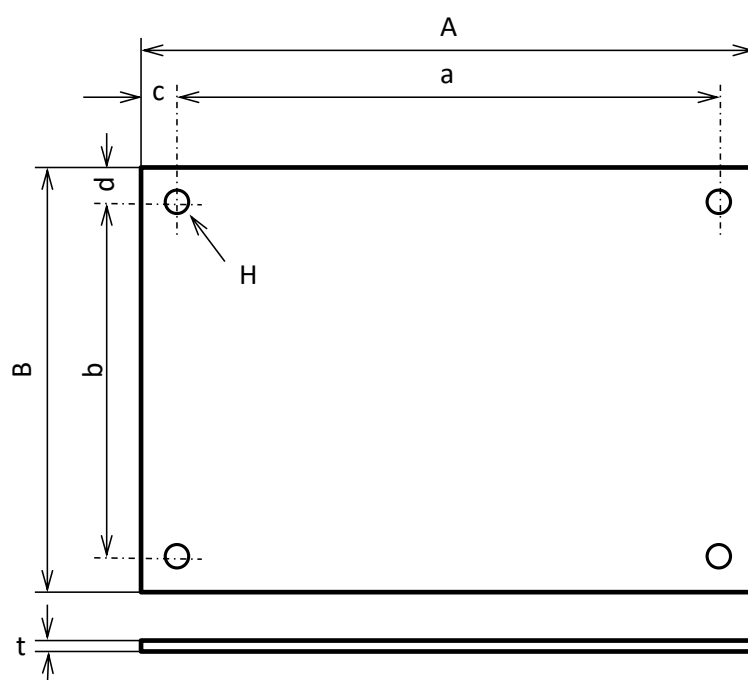
AG はアナログ GND、DG はデジタル GND

1 1. 基板寸法

本基板サイズは” STD “になります。

表 寸法 単位 mm/(mil) ※1mil=25.4/1000mm

	name	A	B	t	H	a	b	c, d
	STD-S	119.4 (4700)	43.2 (1700)	1.6	3.5 (138)	111.8 (4400)	35.6 (1400)	3.8 (150)
✓	STD	119.4 (4700)	81.3 (3200)	1.6	3.5 (138)	111.8 (4400)	73.7 (2900)	3.8 (150)
	STD-H	81.3 (3200)	59.7 (2350)	1.6	3.5 (138)	73.7 (2900)	52.1 (2050)	3.8 (150)
	WIDE	144.8 (5700)	101.6 (4000)	1.6	3.5 (138)	137.2 (5400)	94.0 (3700)	3.8 (150)
	None							



1 2. 編集履歴

Revision	DATE	CONTENT
R1	2023. 1. 29	初版
R2	2023. 1. 30	部品表修正 (Rd 追加)
R3	2023. 2. 4	部品表修正、回路図修正、基板の修正追加
R4	2023. 2. 8	基板の修正追加