

ダイレクト・ボックス

解説と制作

●問題点と対策

▶問題点

パッシブ・タイプⁱのギターやベースの信号を直接「録音機」や「PA 卓(ミキサー)」に送ることがあります。しかし「録音機」や「PA 卓」の中にはパッシブ・タイプのギターやベースの独特な出力インピーダンスに対応していないものもあります。この場合、高音部が弱められて「ハイ落ち」してしまいます。

対策として「ダイレクト・ボックス」といわれるインピーダンス変換器を使って「ハイ落ち」現象を防ぎます。今回の制作では使い勝手が良いように、出力部を2つ持った「ダイレクト・ボックス」を作ります。

なお、「ハイ落ち」は、電子スイッチ搭載のギター用エフェクターで解消できるので、そういうエフェクターを持っている人に今回の「ダイレクト・ボックス」は必要ありません。

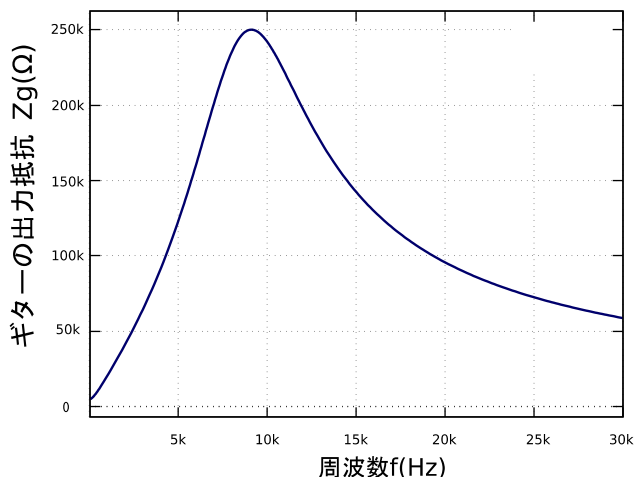


図 1: ギターの出力抵抗

▶対策(入力抵抗を大きくする)

パッシブ・タイプのギターやベースは、音の高さで出力抵抗が大きく異なるので(図 1 参照)、出力先の録音機や PA 卓の入力抵抗が小さいと「ハイ落ち」が顕著に起きてしまいます。

ここで「ハイ落ち」を少し説明します。

ある周波数 f (Hz)における出力先の録音機や PA 卓が受け取る信号電圧 $V_r(f)$ (V)は

$$V_r(f) = \frac{Z_r(f)}{Z_r(f) + Z_g(f)} V_g(f) \dots (1)$$

となります。ただし、

$Z_r(f)$: 周波数 f における録音機や PA 卓の入力抵抗(Ω)

$Z_g(f)$: 周波数 f におけるギターの出力抵抗(Ω)

$V_g(f)$: 周波数 f におけるギターの出力信号電圧(V)

通常、録音機や PA 卓の入力抵抗 $Z_r(f)$ は人間の可聴範囲(20Hz~20kHz)でほぼ一定になるように設計されています。ギターの出力抵抗 $Z_g(f)$ は音階領域(80~1.3kHz)で右肩上がりです。すると、録音機の受け取る信号電圧 $V_r(f)$ は音階領域内で高音なほど小さくなるのが式(1)から導けます。これを「ハイ落ち」といいます。そして、録音機の入力抵抗 $Z_r(f)$ がギターの出力抵抗 $Z_g(f)$ よりも相対的に大きいほど(ロー出しハイ受けⁱⁱ)、「ハイ落ち」が緩和されることも式(1)から把握できます。

そこで本機では、入力抵抗をギターやベースの出力抵抗よりも十分に大きく設定して、「ハイ落ち」を緩和します。

なお、パッシブ・タイプのギターの出力インピーダンスについて詳しく知りたいときは「[テブナンの定理](#)」の具体例を、「[ハイ落ち](#)」については「[出力インピーダンス・入力インピーダンス](#)」の記載全体を参照してください。

▶ダーリントン接続トランジスタ

入力抵抗を大きくするためにキャパシタと抵抗から構成される入力部ハイパス・フィルタⁱⁱⁱの抵抗の値を大きくする必要があります。しかも、ハイパス・フィルタから信号を受け取る半導体素子の入力抵抗はそれ以上に大きくしなくてはなりません。半導体素子の入力抵抗を大きくする手法としては、J-FET(電解効果トランジスタ)やダーリントン(Darlington)接続されたトランジスタを挙げることができます。一昔前ならばJ-FETは簡単に手に入る素子だったのですが、現在は入手が少々面倒になってしまいました。そこで現在でも簡単に手に入る汎用トランジスタをダーリントン接続して使用することにしました。

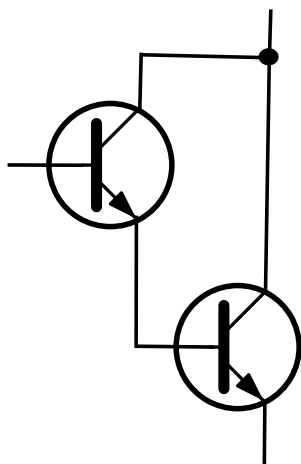


図 2: ダーリントン
接続

▶ダーリントン接続の入力抵抗

図 3(1)で示すダーリントン接続しない通常のトランジスタの入力抵抗 R_{normal} は、およそ

$$R_{normal} = h_{FE} \times R_n$$

となります(h_{FE} は電流増幅率です)。

そして、図 3(2)で示すダーリントン接続しているトランジスタの入力抵抗 $R_{Darlington}$ は、およそ

$$R_{Darlington} = h_{FE} \times h_{FE} \times R_d$$

となります。

ここで

$$R_n = R_d = 2k\Omega$$

$$h_{FE} = 250$$

を代入すると

$$R_{normal} = h_{FE} \times R_n = 250 \times 2 = 500(k\Omega)$$

$$\begin{aligned} R_{Darlington} &= h_{FE} \times h_{FE} \times R_d = 250 \times 250 \times 2 \\ &= 125000(k\Omega) = 125(M\Omega) \end{aligned}$$

となります。

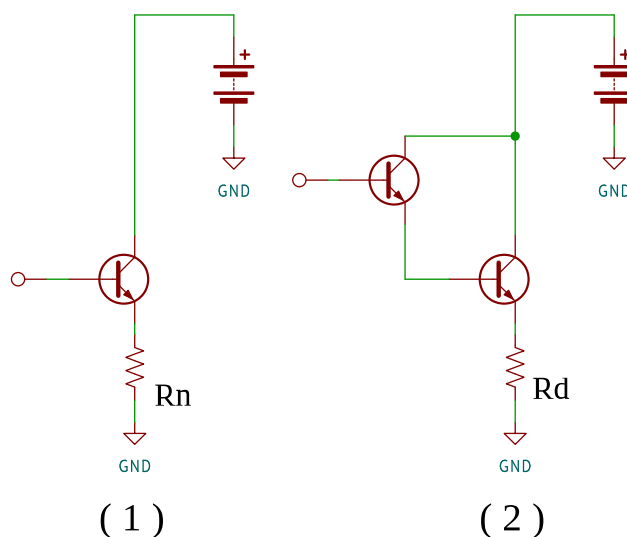


図 3: 接続形態

ダーリントン接続により、入力抵抗が著しく大きくなったことがわかります。

これで入力部のハイパス・フィルタの抵抗の値を大きくすることができます。

▶設計

以上のことを考慮して設計したダイレクト・ボックスの回路図を図 4 に、部品一覧を図 5 に示します。

回路図中の 記号	部材名	値	数量	秋月電子通商の 販売コード
BT1	9V電池用スナップ	-	1	100452
C1	フィルム・キャパシタ	0.1u	1	105332
C2	導電性高分子アルミ固体電解キャパシタ(OS-CON)	22u	1	108294
C3	導電性高分子アルミ固体電解キャパシタ(OS-CON)	56u	1	108295
D1	発光ダイオード	-	1	111577
D2	ショットキ・バリア・ダイオード	-	1	111362
J1	ステレオ・ジャック	-	1	115402
J2, J3	モノラル・ジャック	-	2	108694
J4	パネル取付用2.1mm標準DCジャックDCジャック	-	1	108629
Q1, Q2	NPN型トランジスタ	2SC1815	2	106477
R1-R3	抵抗	2.2M	3	125225
R4	抵抗	2.2k	1	125222
R5	抵抗	10k	1	125103
R6, R7	抵抗	200	2	107807
R8	抵抗	4.7k	1	116472

回路図中に提示されない部品

-	片面ユニバーサル基板(DIPIC用配線)45×45mm	-	1	111247
-	3mmプラネジ×8+六角スペーサ(14mm)×4セット	-	1	101861

図 5: 部品一覧

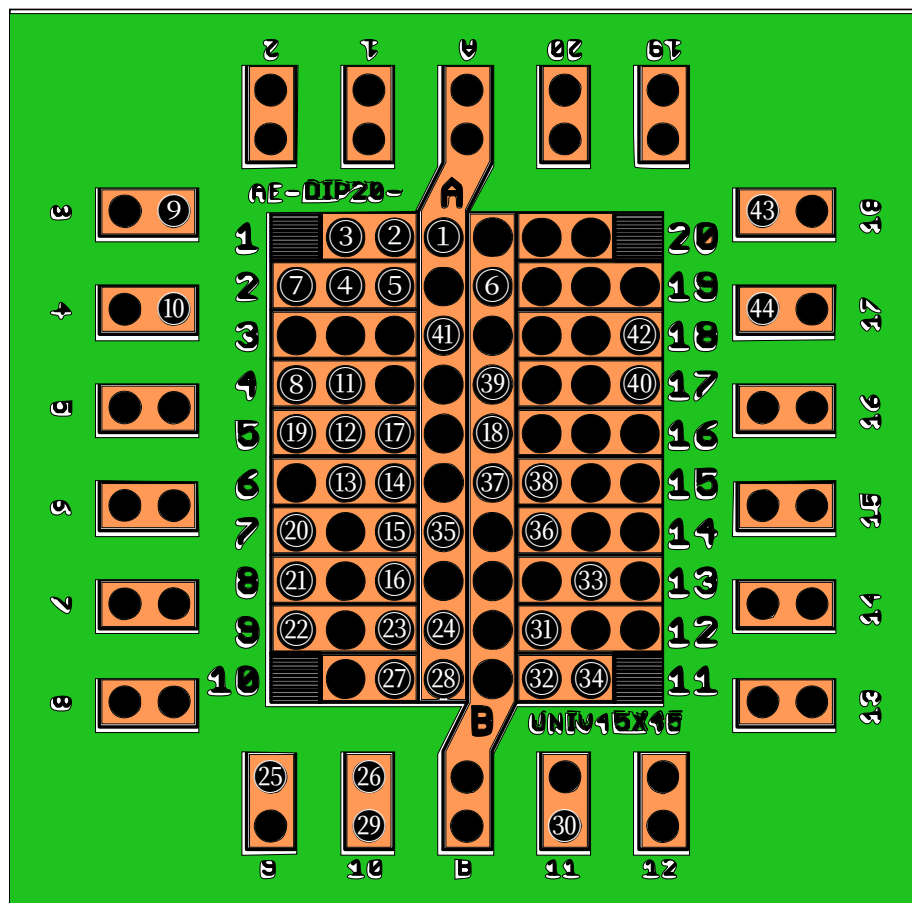


図 6: 基板配置

部材	端子	基板の番号
抵抗R3	抵抗R3の一端	①
	抵抗R3の他端	②
抵抗R2	抵抗R2の一端	③
	抵抗R2の他端	④
抵抗R1	抵抗R1の一端	⑤
	抵抗R1の他端	⑥
ジャンパ・ワイヤ1	ジャンパ・ワイヤ1の一端	⑦
	ジャンパ・ワイヤ1の他端	⑧
キャパシタC1	キャパシタC1の一端	⑨
	キャパシタC1の他端	⑩
トランジスタQ1	トランジスタQ1の3端子(ベース)	⑪
	トランジスタQ1の2端子(コレクタ)	⑫
	トランジスタQ1の1端子(エミッタ)	⑬
トランジスタQ2	トランジスタQ2の3端子(ベース)	⑭
	トランジスタQ2の2端子(コレクタ)	⑮
	トランジスタQ2の1端子(エミッタ)	⑯
ジャンパ・ワイヤ2	ジャンパ・ワイヤ2の一端	⑰
	ジャンパ・ワイヤ2の他端	⑱
ジャンパ・ワイヤ3	ジャンパ・ワイヤ3の一端	⑲
	ジャンパ・ワイヤ3の他端	⑳
ジャンパ・ワイヤ4	ジャンパ・ワイヤ4の一端	㉑
	ジャンパ・ワイヤ4の他端	㉒
抵抗R4	抵抗R4の一端	㉓
	抵抗R4の他端	㉔
キャパシタC2	キャパシタC2の+端子	㉕
	キャパシタC2の-端子	㉖
抵抗R5	抵抗R5の一端	㉗
	抵抗R5の他端	㉘
ジャンパ・ワイヤ5	ジャンパ・ワイヤ5の一端	㉙
	ジャンパ・ワイヤ5の他端	㉚
抵抗R6	抵抗R6の一端	㉛
	抵抗R6の他端	㉜
抵抗R7	抵抗R7の一端	㉝
	抵抗R7の他端	㉞
抵抗R8	抵抗R8の一端	㉟
	抵抗R8の他端	㊱
ダイオードD2	ダイオードD2のカソード	㊲
	ダイオードD2のアノード	㊳
ジャンパ・ワイヤ6	ジャンパ・ワイヤ6の一端	㊴
	ジャンパ・ワイヤ6の他端	㊵
ジャンパ・ワイヤ7	ジャンパ・ワイヤ7の一端	㊶
	ジャンパ・ワイヤ7の他端	㊷
キャパシタC3	キャパシタC3の-側端子	㊸
	キャパシタC3の+側端子	㊹

図 7: 基板上の部材配置

▶実際に作ってみましょう

図4で示される回路図をもとに実際に作ってみましょう。

回路規模が小さいので秋月電商の片面ユニバーサル基板を使って回路を組みました。基板上の電子部材の配置は図6と図7を参照してください。

「ジャンパ・ワイヤ」は端子と端子を電気的につなぐもので、電子部材の切断した金属の脚などを使えば良いと思います(普段から切断した脚はジャンパ・ワイヤ用にとっておきましょう。)。電子部材は背の低いものからハンダ付けしてください。本工作では、「ジャンパ・ワイヤ」→「導電性高分子アルミ固体電解キャパシタ(OS-CON)」→「トランジスタ」→「残りの部材」の順にハンダ付けするとよいでしょう。

基板は適当なユニバーサル基板を自分で選べば良く、提示した基板や基板配置に縛られる必要はありません。

ダーリントン接続を構成する NPN 型トランジスタ「2SC1815」(図8参照、表面のプリントは実物と異なります。)は、オリジナル品を製造・販売してきた東芝は手引いてしまいました。しかし、セカンド・ソース品(代替品)が簡単かつ安価に入手可

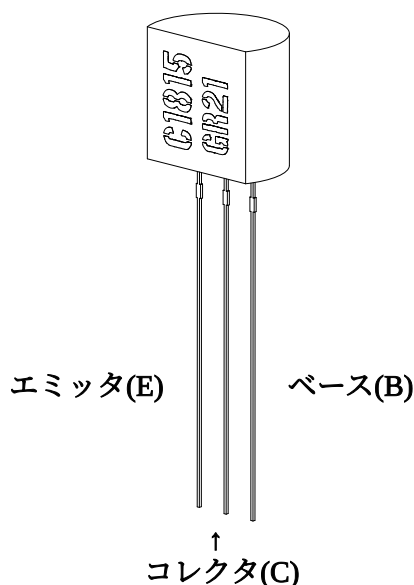


図 8: 2SC1815

能なので問題ありません。私が秋月電商で手に入れたセカンド・ソース品(通販コード106477)は、電流増幅率(h_{FE})が実測で250以上あり、問題なく作動しました。また、使用するトランジスタは「2SC1815」でなければ絶対にダメというわけでもなく、NPN 型で電流増幅率が150以上のトランジスタであれば別品でも問題ないです(ただし、エミッタ端子、コレクタ端子、ベース端子の位置が2SC1815と違うことがあるので注意してください)。

ダイオード D2 には極性があります。端部に線がある方が「カソード」でない方が「アノード」です(図9参照)。

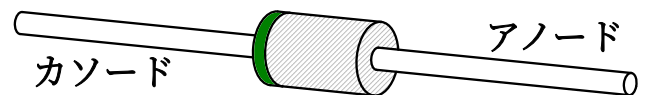


図 9: ダイオードの極性

固体電解キャパシタ C2 及び C3 も極性があります。脚の短い方が-で長い方が+です(図10参照)。

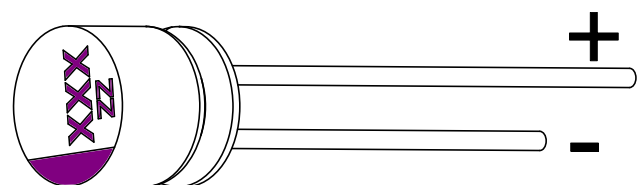
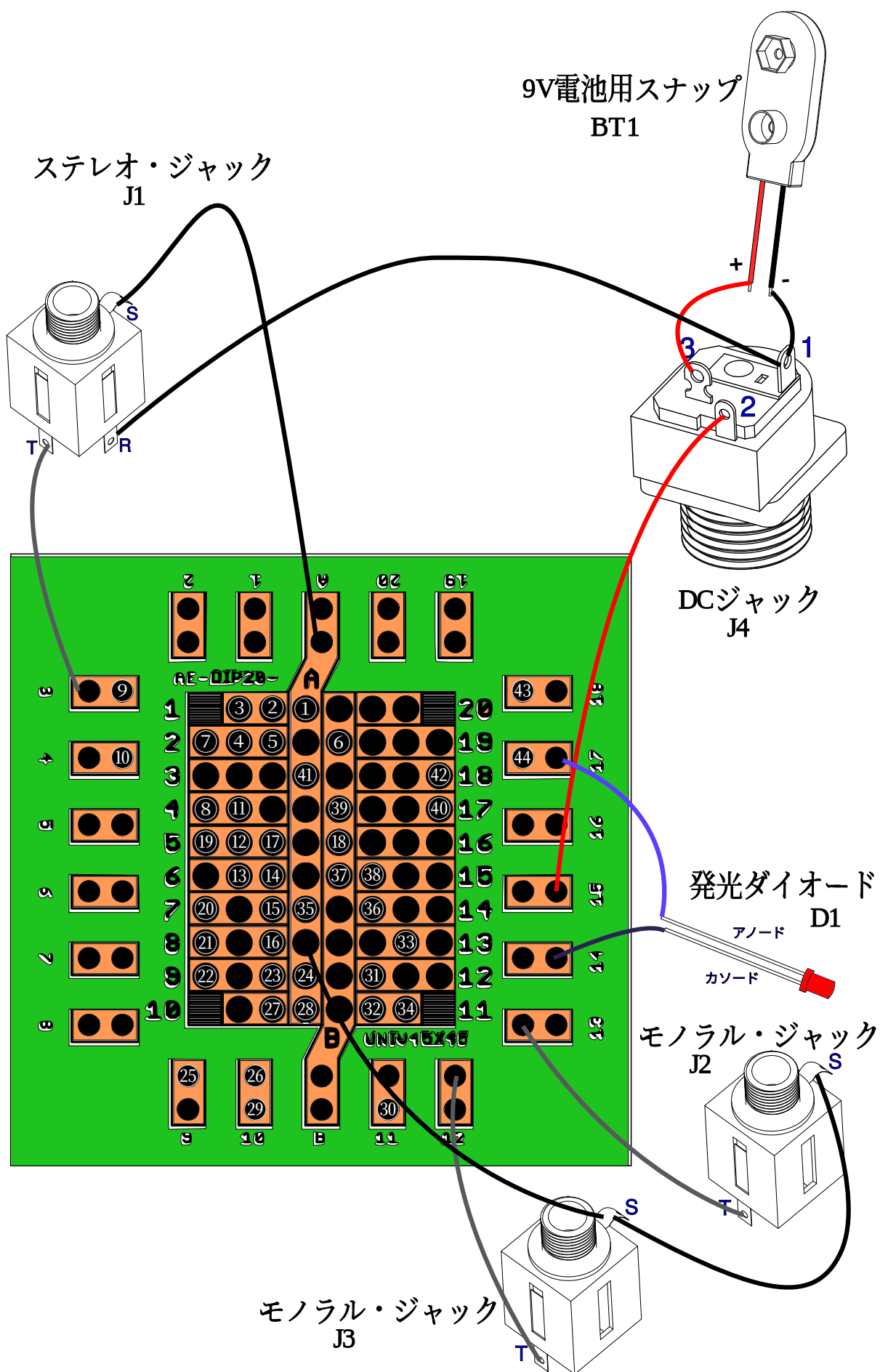


図 10: 固体電解キャパシタの極性

図5の部品一覧で示した秋月電商の片面ユニバーサル基板を使う場合、スペーサが電導部に、ほんの少しだけ重なってしまいます。ショートしてしまう可能性があるので、金属製は避けてプラスチック製を選んでください。

次に電池用スナップやジャックと基板を配線でつなぎます。図11の配線図をもとに配線してください。



配線するに当たり、発光ダイオード(LED)には極性があるので注意してください。脚の長い方が「アノード」で、短い方が「カソード」です。

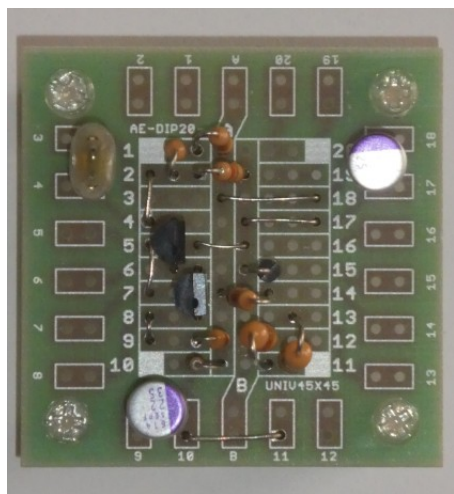


図 12: 部材ハンダ付け後の基板

▶ ケースの加工

ケースの加工をして、配線された基板を取り付ければ作業は終了です。

ケースは何でも良いのですが、金属製のものを使用してください。部品一覧(図 5)で提示した秋月電子通商のステレオ・ジャック J1 は、回路のグラウンドとケースを電氣的に接続する仕様なので、ケースが金属製

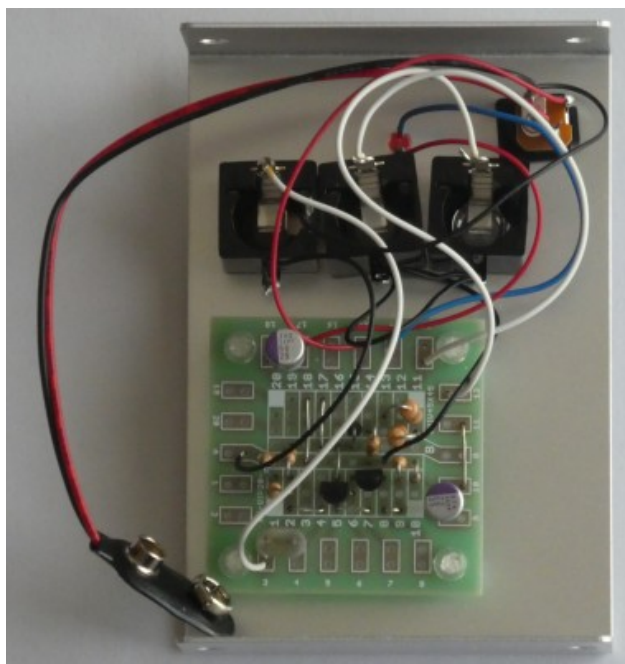


図 13: 回路のケースへの組み込み

ならばケースはグラウンド・レベルにバイアスされ、ノイズを防いでくれます。



図 14: 完成品その 1



図 15: 完成品その 2

このダイレクト・ボックスはフット・スイッチやコントロール用ボリュームがないのでスペースに余裕があり、ケースへの組み込みが楽です。しかし、どのような工作でも無計画に進めると失敗するので、きちんとレイアウトを考えてから穿孔しましょう。

次のページでダイレクト・ボックスの使い方を示します。

▶使い方

まず、9V 乾電池をスナップに接続してケースの中に収めるか、9V の AC-DC アダプタ(BOSS や ZOOM で販売しているもの)を付けてください。

次に、モノラル・ケーブルの一方をギター又はベースに差します。他方をダイレクト・ボックスのステレオ・ジャックに差します。すると LED が点灯します。ケーブルがステレオ・ケーブルだと、正しくスイッチが入らないので注意してください。

次にダイレクト・ボックスのモノラル・ジャックと出力先のジャックをケーブルで結んでください。

使い方は以上です。調整するところはありません。

なお、出力先はギターやベース独特の出力インピーダンスに対応していない「録音機」や「PA 卓(ミキサー)」を想定しているのですが、対応している「録音機」や「PA 卓(ミキサー)」だけでなくギター・アンプやエフェクターを出力先にしても問題ありません。

入力元もパッシブ・タイプのギターやベースだけでなく、アクティブ・タイプのギターやベース、キーボードであってもかまいません。特にキーボードの出力を分岐させたいときは便利だと思います。

出力からは入力と同じ信号が出力されますが、インピーダンス変換されているので高音であっても振幅が小さくなりやすく「ハイ落ち」が大幅に緩和されます。

▶スペック

入力インピーダンス：1470k Ω (1.47M Ω)

出力インピーダンス：1.8k Ω

増幅率：0dB(=1 倍)

なお、入力インピーダンス及び出力インピーダンスは人間の可聴範囲 20～20kHz で一定です。

▶感想

ダイレクト・ボックスをギターとライン入力アンプの間に入れて、実際に音を出してみました(ライン入力アンプの入力インピーダンスは、可聴範囲で 10k Ω 程だと思います。)。高音がクリアになり音量も増したようです。「ハイ落ち」が解消され、「ロー出しハイ受け」が徹底された結果といえそうです。

ディストーションのようなエフェクターと比べて効果が地味な上に、録音や PA 卓に音を送るときぐらいしか出番がない影の薄いエフェクターです。しかも電子スイッチ搭載のギター用エフェクター(例えばほとんど全ての BOSS や ZOOM のエフェクターはこれに該当しています。)で代用できるので、大半のギタリストやベーシストに一生縁のないエフェクターかもしれません。

By 荻窪のおっちゃん

公開日:2024 年 3 月 30 日

最新更新日:2024 年 8 月 24 日

[「ダイレクト・ボックスの制作例」](#)に行く

[「エフェクターの制作例」](#)に行く

[「ホーム」](#)に行く

- i パッシブ・タイプ：出力インピーダンスを下げるための電子回路を組み込んでいない形態です。電池を必要としません。対の言葉は「アクティブ・タイプ」で、出力インピーダンスを下げるための電子回路を組み込んでいる形態を示します。「アクティブ・タイプ」のギターやベースは、電池を必要とします。
- ii ロー出しハイ受け：オーディオ信号の受け渡しの形態です。信号を渡す側の出力インピーダンスが、信号を受け取る側の入力インピーダンスよりも相対的に小さい形態のことです(言い方を変えれば、信号を受け取る側の入力インピーダンスが、信号を渡す側の出力インピーダンスよりも相対的に大きい形態のことです)。現代の電子楽器では、高い確率で「ロー出しハイ受け」を採用しています。電圧で信号を伝えることを前提としており、「ハイ落ち」を緩和させる機能も持っています。
- iii ハイパス・フィルタ：周波数の高い電気信号を通し、低いものは減衰させるフィルタです。直流信号を遮断し、あらたにバイアス電圧を付与する機能も持っています。通常、エフェクターの入力部はハイパス・フィルタになっています。