

第 4 章 FET ラジオ（同調回路と高周波増幅回路の直接接続）

古橋 武

4.1 FET 高周波増幅回路

4.1.1 組み立て

補記 2SK241 の代替品 2SK192A とバイアス回路

4.1.2 調整

4.1.3 理論

4.2 FET ソースフォロワ回路+2SC1815 の高周波増幅回路

4.2.1 組み立て

4.2.2 調整

4.2.3 理論

4.3 FET 高周波増幅回路+2SC1815 高周波増幅回路

4.3.1 組み立て

4.3.2 調整

4.3.3 理論

本稿の Web ページ

http://mybook-pub-site.sakura.ne.jp/Radio_note/index.html

4.1 FET 高周波増幅回路

[2.3.3 項](#)の同調回路について再考する。高周波増幅回路の入力インピーダンスを大きくすれば、同調回路の一次巻線から直接同調信号を取り出すことができるのではないかという着想が生まれる。

着想のヒントは[図 3.7.2](#)の FET を用いたソースフォロワ回路である。この回路の入力インピーダンスは抵抗 $R_{01} = 2 \text{ [M}\Omega\text{]}$ とゲート・ソース間の入力容量 $C_{iss} = 3 \text{ [pF]}$ が主な要素であった。FET と同調回路の一次巻線を直接接続しても、同調回路の周波数特性に影響を与えることは少ないと期待される。

4.1.1 組み立て

図 4.1.1 は FET(2SK241)を用いた高周波増幅回路である。2SK241 はデプレッション型の N チャネル MOSFET である。この FET はネット（例えば秋月電子通商(H21.10 時点)）等で入手が容易である。同調回路の二次巻線を用いずに、一次巻線をコンデンサ C_2 を介して FET のゲート電極に直接接続してある。図 4.1.2 に立体配線図を示す。また、図 4.1.3 は組み立て図を示す。抵抗 R_1 は FET のゲート電位を 0 [V]とするためのバイアス抵抗である。デプレッション型の FET はゲート・ソース間電圧が 0 [V]付近で動作するため、ゲートバイアス回路は抵抗 R_1 のみと簡単である。

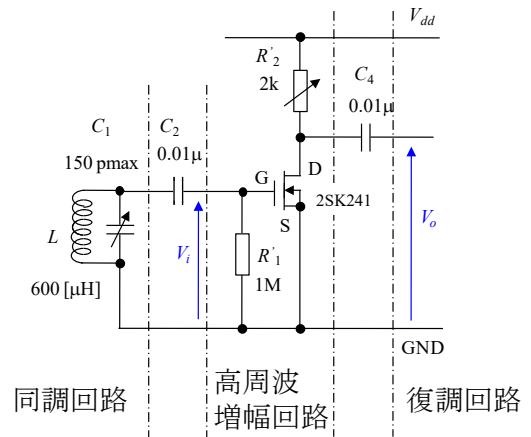


図4.1.1 FET増幅回路

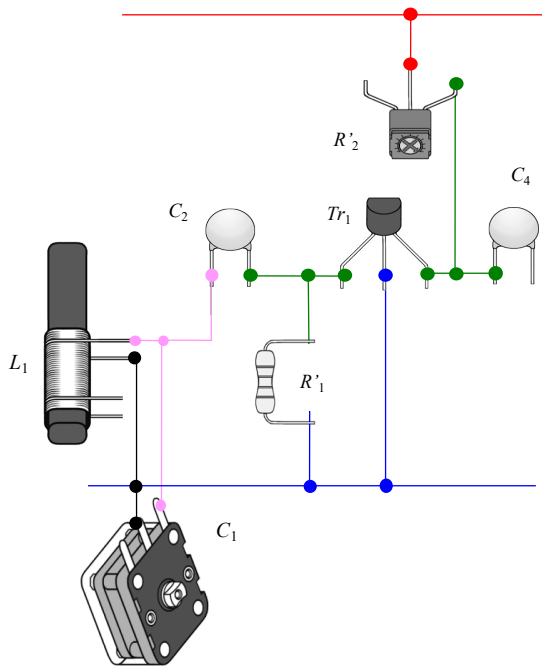


図4.1.2 FET増幅回路（立体配線図）

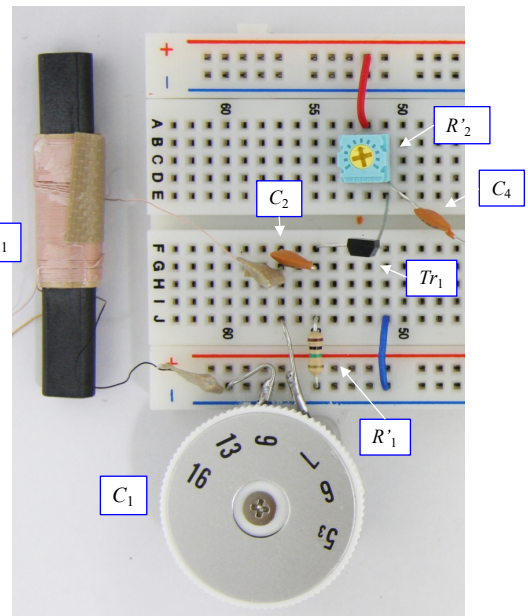


図4.1.3 FET増幅回路（組み立て図）

補記 2SK241 の代替品 2SK192A とバイアス回路 (2020.1 追記)

秋月電子通商の Web ページにて、「2SK241」で検索をかけると 2SK192A が表示される。2SK192A は 2SK241 の代替品と位置づけられている。図 4.補 1 は 2SK241 と 2SK192A の外観とピン配置および記号をしめす。両者の外観、ピン配置は同じである。ピン配置は写真の向きに左からドレイン(D: Drain), ソース(S: Source), ゲート(G: Gate)である。2SK241 はデプレッション型 MOSFET, 2SK192A はジャンクション型 FET であり、記号はそれぞれの特徴を模して表されている。

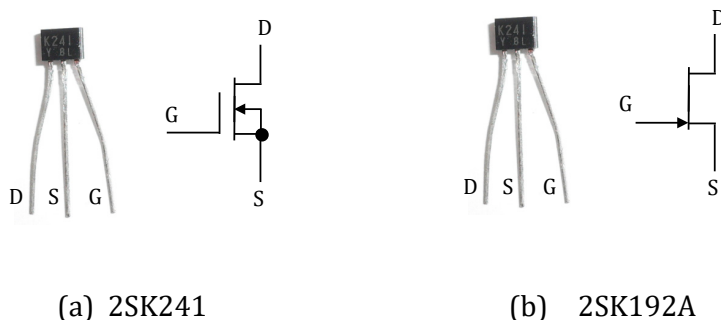


図4.補1 2SK241と2SK192Aの外観とピン配置および記号

ジャンクション型の FET は、ゲート・ソース間電圧がマイナス電圧で動作するため、ゲートバイアス回路を設けてゲート電極をソース電極よりも低い電位とする必要がある。図 4.補 2 は 2SK241 の代わりに 2SK192A を用いた場合の FET 増幅回路である。図 4.1.1 の回路に対して、新たにバイアス回路として抵抗 R_B 、コンデンサ C_B を挿入してある。 R_B を流れる直流成分の電圧降下によりゲート電位はソース電位よりも低くなる。

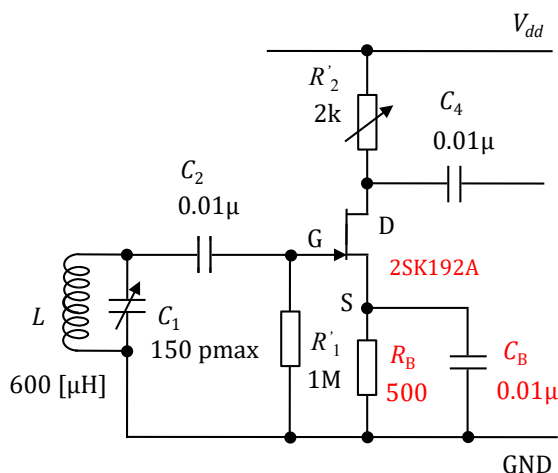


図4.補2 2SK192Aを用いた場合のFET増幅回路

4.1.2 調整

FET 増幅回路ではバイアス電圧の設定が要らないので，調整は簡単である．抵抗 R'_2 のつまみを写真の位置付近に設定し，電源スイッチを投入して，選局ダイヤルを回し，ラジオ放送が聞こえてきたら，音量が最大となるように抵抗 R'_2 を調整すればよい．

4.1.3 理論

図 4.1.4 は前項の要領で調整した場合の抵抗 R'_2 の抵抗値と各部の電圧値の例である。データシートには、ドレイン・ソース間電圧 V_{DS} に対する順方向伝達アドミタンスが載せられている。

図 4.1.5 に順方向伝達アドミタンスの特性を示す。 $V_{DS} = 1.6$ [V]にて $|Y_{fs}| \approx 6$ [mS] である。簡単のためコンダクタンスのみとし $g_m = 6$ [mS] として解析を進める。バイポーラトランジスタの 2SC1815 ではコレクタ・ベース間の接合容量 C_{Cj} (出力容量 C_{ob}) のミラー効果により、増幅回路の周波数特性は大きく低下していた (3.6.2, 3.6.3 項参照)。FET において C_{Cj} と同じ影響を与える要素が帰還容量 C_{rss} である。データシートによると 2SK241 の $C_{rss} \approx 0.035$ [pF] である。図 4.1.6(a) は図 4.1.1 の FET 高周波増幅回路の小信号等価回路である。帰還容量 C_{rss} はミラー効果により、3.6.2 項と同様にして、入力側からはおよそ $1 + A_v = 1 + g_m R'_2$ 倍の静電容量となって見える。

$$(1 + A_v)C_{rss} = (1 + g_m R'_2)C_{rss} = (1 + 0.006 \times 1.1 \times 10^3) \times 0.035 = 0.27 \text{ [pF]}$$

2SK241 では帰還容量は無視できるほどに小さい。

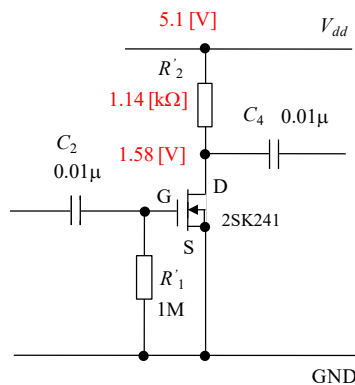


図4.1.4 直流特性

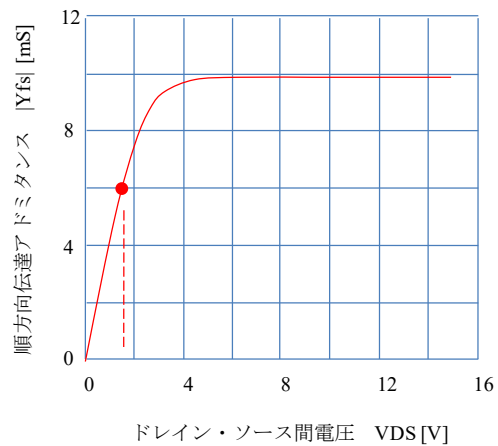


図4.1.5 順方向伝達アドミタンス

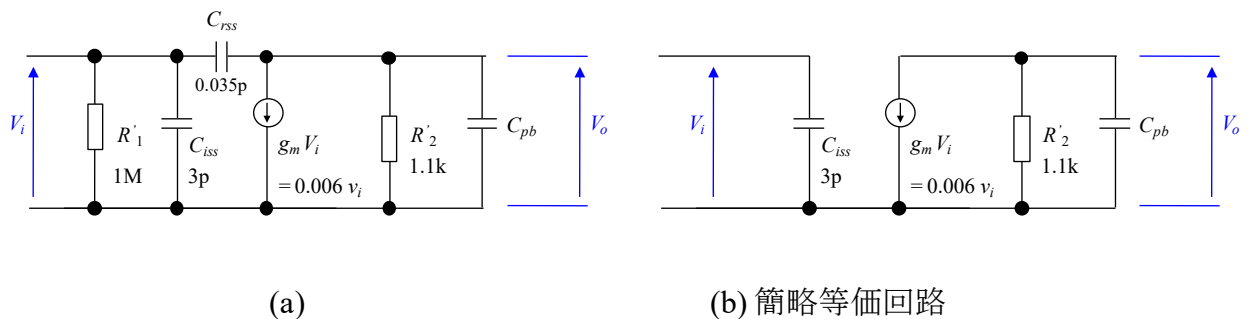


図4.1.6 FET増幅回路の等価回路

図 4.1.6(b)は抵抗 R'_1 と帰還容量 C_{rss} を無視した簡略等価回路である。出力にはプローブの静電容量 C_{pb} を入れてある。これまでの考察で、高周波域ではブレッドボードの漂遊容量も無視
本書の内容をまとめてアマゾンより

[古橋武著「電子回路の基礎 I2I \(FET 増幅回路, 復調回路, 低周波増幅回路\) 改訂版」kindle 版](#)

として出版しています。

4.2 FET ソースフォロワ回路+2SC1815 の高周波増幅回路

図 1.1.3 の 2SC1815 の増幅回路を使い、しかも、同調回路の一次巻線側から信号を取り出す方法がある。それは、同調回路と 2SC1815 を用いた増幅回路の間に、図 3.7.2 のソースフォロワ回路を挿入することである。このときソースフォロワ回路はインピーダンス変換回路として機能する。

4.2.1 組み立て

図 4.2.1 は同調回路と 2SC1815 を用いた高周波増幅回路の間に FET ソースフォロワ回路を挿入した回路図である。図 4.2.2 に立体配線図、図 4.2.3 に組み立て図を示す。
感度の良いラジオである。

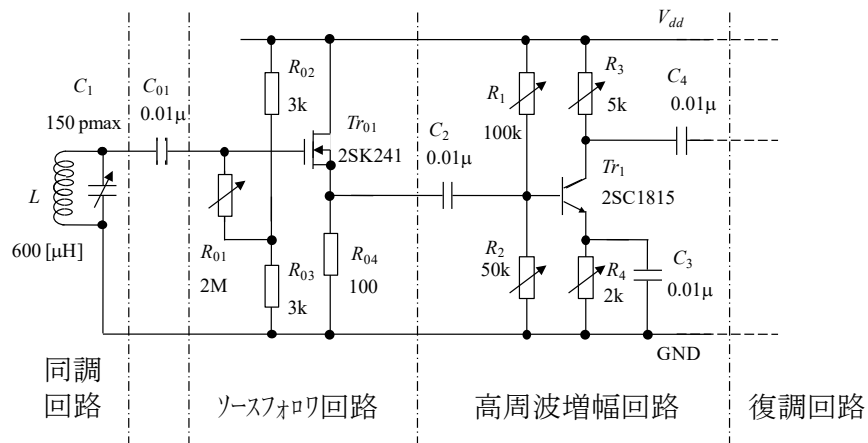


図4.2.1 FETソースフォロワ回路+バイポーラトランジスタ高周波増幅回路

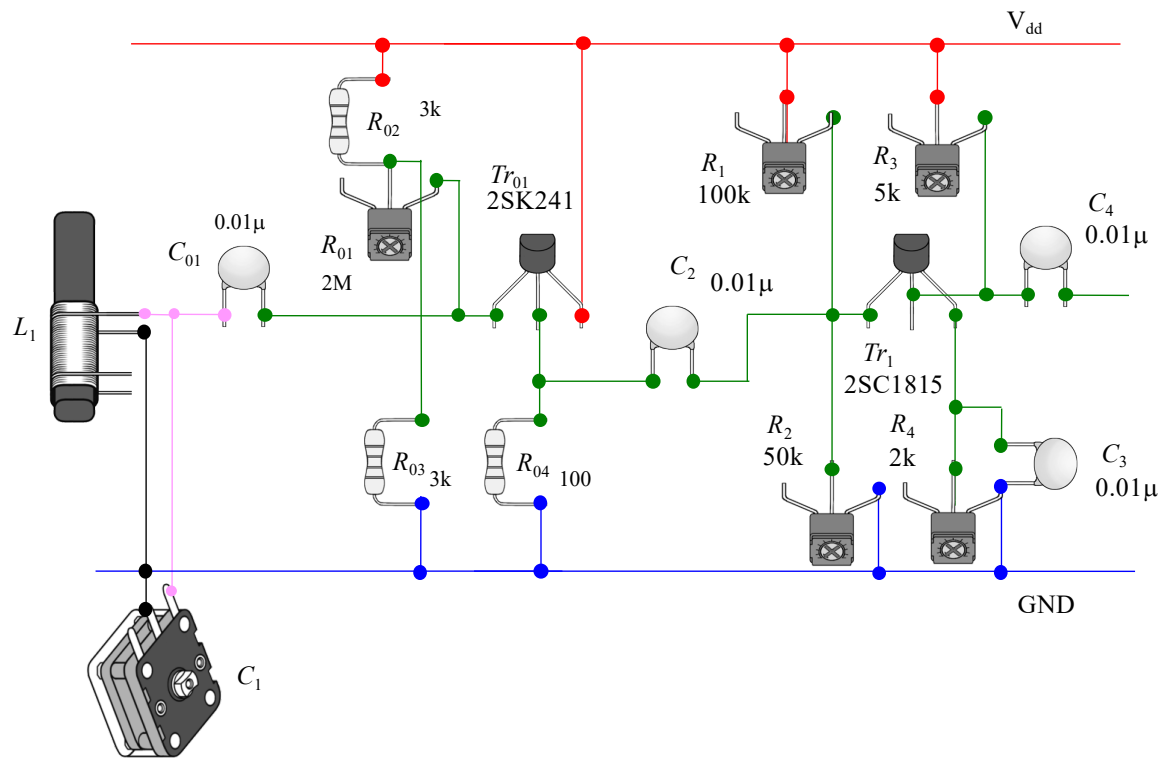


図4.2.2 FETソースフォロワ回路+バイポーラ
トランジスタ高周波増幅回路（立体配線図）

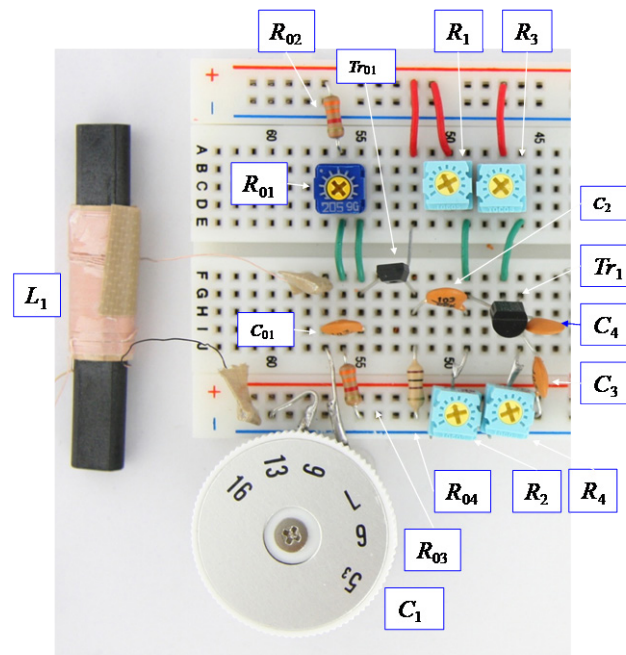


図4.2.3 FETソースフォロワ回路+バイポーラ
トランジスタ高周波増幅回路（組み立て図）

4.2.2 調整

高周波増幅回路は [1.2 節](#) の調整と同じでよい。FET ソースフォロワ回路は抵抗 R_{01} を調整要素として持つが、この値は $2 \text{ [M}\Omega\text{]}$ で固定して問題ない。

4.2.3 理論

本書の内容をまとめてアマゾンより

[古橋武著「電子回路の基礎 I2I \(FET 増幅回路, 復調回路, 低周波増幅回路\) 改訂版」kindle 版](#)

として出版しています.

4.3 FET 高周波増幅回路+2SC1815 高周波増幅回路

FET ソースフォロワ回路は電圧を増幅しない。FET 増幅回路なら同調回路の一次巻線から直接電圧を取り出すことができ、しかも、2SC1815 増幅回路と組み合わせれば合成の増幅度をさらに上げることができる。

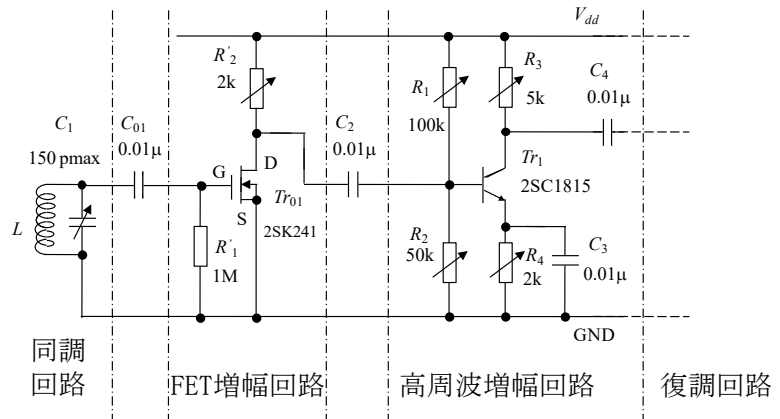


図4.3.1 FET増幅回路+2SC1815高周波増幅回路

4.3.1 組み立て

ブレッドボードの良いところはすぐ試してみることができるところにある。図 4.3.1 は FET 高周波増幅回路 + 2SC1815 高周波増幅回路を示す。図 4.3.2 に立体配線図、図 4.3.3 に組み立て図を示す。

高周波増幅回路を2段設けると、増幅度が大きくなりすぎて寄生容量により発振するのではと心配されたが、製作した回路では問題なくラジオ放送を聴くことができた。

とても感度の良いラジオである。

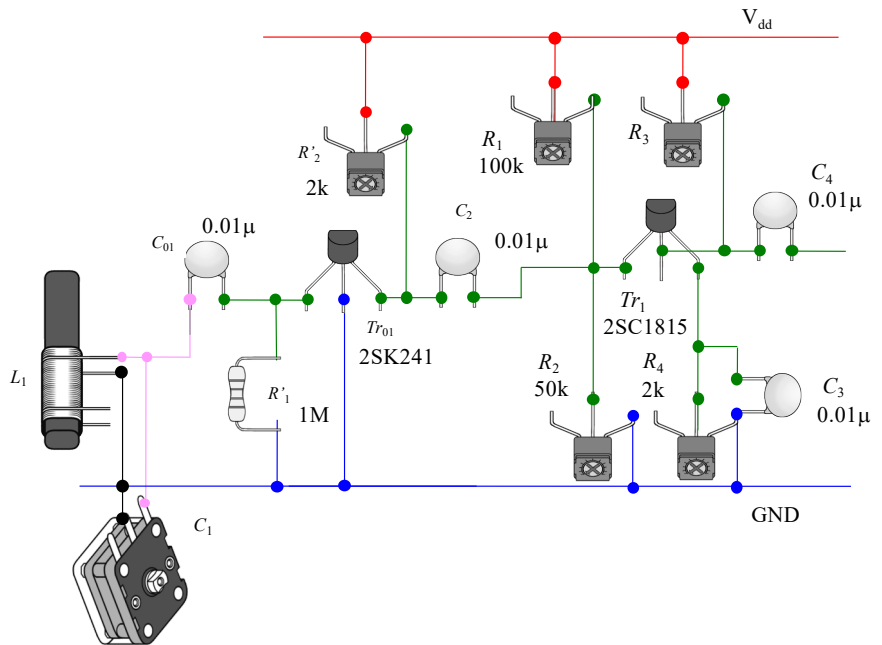


図4.3.2 FET高周波増幅回路+2SC1815高周波増幅回路 (立体配線図)

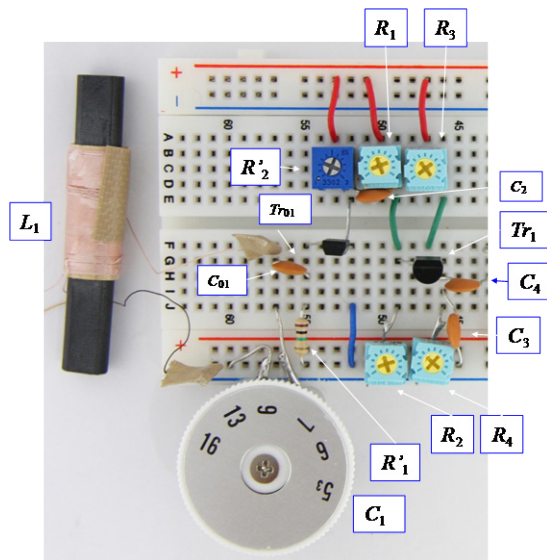


図4.3.3 FET高周波増幅回路
 +2SC1815高周波増幅回路
 (組み立て図)

4.3.2 調整

2SC1815 の高周波増幅回路は [1.2 節](#) の調整と同じでよい。FET 増幅回路と組み合わせることでラジオの感度が上がりすぎて、音が割れてしまう可能性が高い。製作した回路ではひどい音割れを起こした。その場合は、抵抗 R_2 の値を小さくして感度を下げ、音が割れないようにすればよい。

4.3.3 理論

本書の内容をまとめてアマゾンより

[古橋武著「電子回路の基礎 I2I \(FET 増幅回路, 復調回路, 低周波増幅回路\) 改訂版」 kindle 版](#)

として出版しています.

2010年1月

著者：古橋 武

名古屋大学工学研究科情報・通信工学専攻

`furuhashi at nuee.nagoya-u.ac.jp`

本稿の内容は、著作権法上で認められている例外を除き、著者の許可なく複写することはできません.