

作成日: 2023 年 07 月 05 日

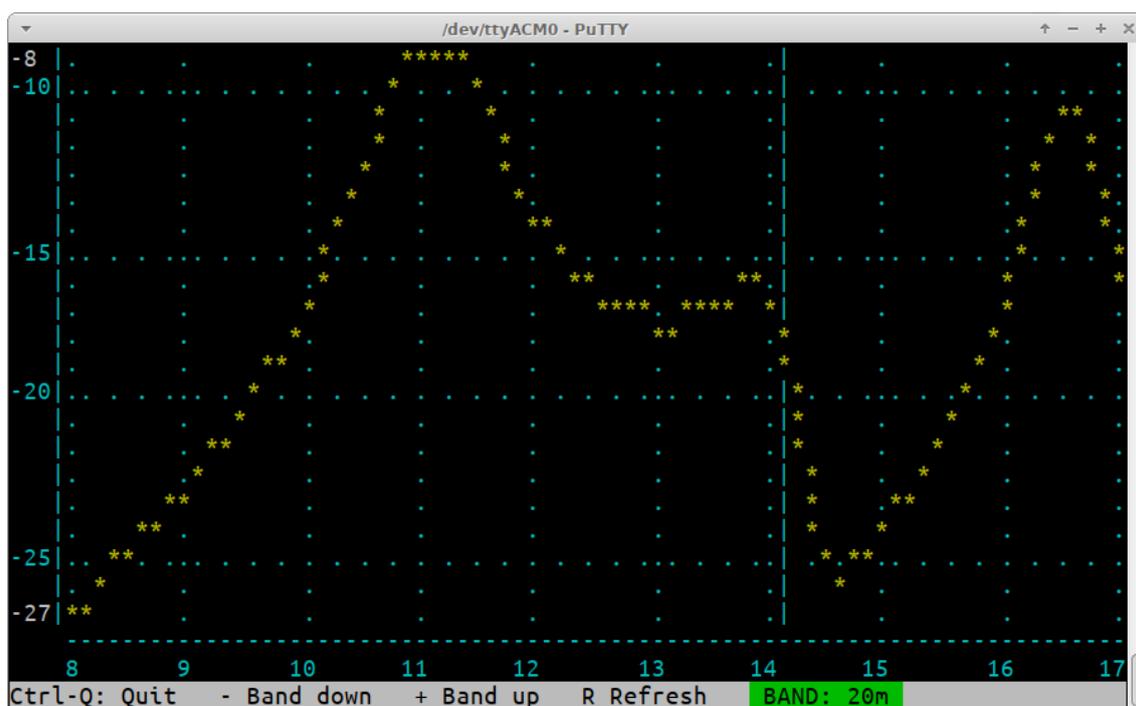
最終更新日: 2023 年 07 月 09 日

この記事では、20m での低感度の問題に対するいくつかの可能な解決策について説明します。

UPDATE 09-Jul-2023: モディフィケーション #2 が公式の QMX アセンブリマニュアルと回路図に組み込まれました。ファームウェア 1_00_003 がリリースされ、新しい QMX では、この設定に合わせて、最初の電源投入時にバンド設定画面が自動的に表示されます。既存の QMX に変更を適用するユーザーは、以下のソリューション #2 セクションに示すスクリーンショットに従って、[バンド構成] 画面で帯域を構成する必要があります。

バックグラウンド

元の組み立て説明書で構築された QMX は、20m での受信感度が低いことがわかっています。以下はスイープです、これは私が巻線をどれだけ調整したとしても、公開された指示を使用して私が得ることができる最高のものです。他の人はまた、20-m で 20~25dB 程度の感度ダウンを報告しています。以下のスクリーンショットは、ターミナルエミュレータで QMX にログインしたときに利用できる QMX の組み込み信号発生器と BPF スイープツールを使用して生成されました。



この問題は、groups.io フォーラムで広く議論されています。1つの要因は、20/30m バンドのローパスフィルタ(C525 および C516)の 270pF および 180pF コンデンサが QDX と比

較して誤ってスワップされていることです。これにより、LPF の応答を変更することで出力電力を少し減らすことがあります。ただし、この間違いを修正するためにコンデンサを交換しても(これは私が行ったことであり、以下の分析で暗示されています)、20m での受信バンドパスフィルタの応答が大幅に改善されることはありません。

コイルタップのオフスイッチ MUX 位置の浮遊容量が寄生共振を生成し、そのうちの 1 つが 20MHz 近くで発生し、15m 帯域にノッチを入れるという理論が提唱されています。一部の人は、浮遊容量(オフスイッチ入力で約 5pF)について仮定してシミュレーションを行い、80m の巻線と想定された浮遊容量が 14MHz の領域にノッチを引き起こすと結論付けました。

QMX は 6 層 PCB 上にあるため、トレースは 1.6mm(2 層基板のボードの厚さ)ではなくグラウンドプレーンに近いことに注意してください。コイル タップから MUX スイッチまでの太いトレースも QMX で使用されています。それにもかかわらず、これらの約 1cm の長さのトレースの静電容量を、内部グラウンドプレーン層から所定の幅と間隔とともに大まかに計算すると、約 1pF の静電容量しか示されません。もう一つの要因は、T50-2 バンドパスフィルタインダクタの内部層の下にグラウンドプレーンがあることです。QDX では、どの層のインダクタの下にもグラウンドプレーンはありません。したがって、これはまた、いくつかの余分な静電容量が追加されている可能性があります。

QDX と比較して QMX の浮遊容量の追加の可能性にもかかわらず、QDX がこの問題に悩まされないことは驚くべきことですが、QMX では問題を抱えているという違いがあります。これはまだ私には謎です。

私自身の広範な調査では、20m のシングルワインディングから始めました。その後、30m、40m と徐々に追加されました。14MHz の巻線を追加するとすぐに 40m のノッチが現れました。したがって、20m の性能を悩ませている寄生共振は、40m 巻線と組み合わされた浮遊容量によって引き起こされると結論付けなければなりません。この問題の解決策を探すために、さまざまな巻線とコンデンサを使用して他の多くの実験を行いました。

提案

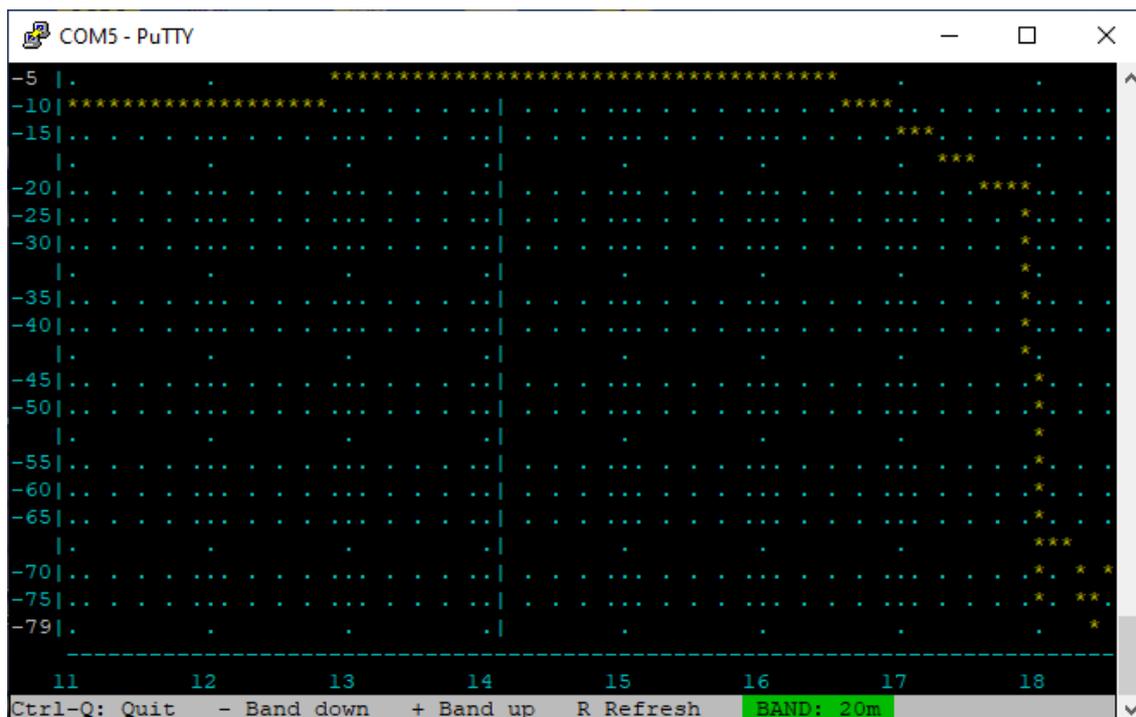
1. FT50-61 などのフェライトコアを使用して、必要な巻数をはるかに少なくなり、浮遊容量をはるかに低くなり、より高い周波数で共振し、うまくいけば邪魔にならないようにすることを勧めます。
2. もう 1 つのアイデアは、直交サンプリング検出器には、サンプリングコンデンサの動作

によってすでに組み込まれている固有の高 Q 狭帯域パスフィルタ特性を備えているため、BPF はまったく必要ないというものでした。

私はこの groups.io 投稿で、これら 2 つの潜在的な解決策のどちらにも本当に賛成しない理由を説明しました。

PLL が範囲外です

先に進む前に、フィルタスイープで表示される可能性が非常に高いものについて話したいと思います。下記参照：



具体的には、スイープの右側について話しており、この例では約 18MHz で信号が---80dB に低下します。この-80dB ノイズに対応するために垂直スケールを圧縮するため、興味があれば、その領域の共振で実際に何が起きているのかがわかりにくくなります。

この効果の理由は、MS5351M シンセサイザチップの PLL 範囲(正式には 600~900 MHz) が、実際にはどちらの側でもこれをはるかに超えるためです。しかし、無期限ではありません。スイープのコーディング方法、MS5351M マルチシンセの分周比は、スイープ全体の固定 (偶数整数) 値に設定されます。したがって、周波数が高くなると PLL 帰還比が増加し、これは内部 PLL 周波数が増加し続けることを意味します。約 1200 MHz のどこかで終了し、ランダムなゴミがたくさんあるので、-80dB のノイズが表示されます。

さて、歴史的な理由(QDX)と、誰もうまくいくものを変えることを敢えてしないという理由で、すでに他に多くの問題が発生する場合、80~20mのMultiSynthディバイダーは固定されており、QMXバンド構成画面でのバンド名の認識に基づいてハードコードされています。たとえば、20mの場合、仕切りは64です。ここで、 $18\text{ MHz} * 64 = 1152\text{ MHz}$ と考えると、VCOが1200 MHz付近で上昇してあきらめたときに、VCOが軌道から外れることについて私が何を意味するのかがわかります。

ここで、80、60、40、30、または20mではないバンド構成バンド名(および今のところ2200、630、600、および160を無視)で何が起こるかという、分周器は600MHz/動作周波数未満の次に低い偶数整数と見なされます。その結果、14MHzの場合、分周器は42になります。確かに、生命、宇宙、そしてすべてに対する答え。VCOが再び1152MHzで終了した場合、今回は27MHzの動作周波数になることがわかります。一方、設定可能な最低PLL周波数は $15 * 25\text{ MHz}$ リファレンス(375 MHz)で、 $375 / 42 = 9\text{ MHz}$ であるため、スイープの最低周波数は9 MHzです。

したがって、以下に示す結果の「20m幅」スイープで行ったことは、19m帯域のすぐ上にある「20」と呼ばれる別の帯域(構成された制限に従って)で構成され、9~27MHzをカバーするはるかに広いスイープを持つように設定されており、20mBPFのバンドパスフィルタ一応答の全体形状を実際によく見ることができます。

それは巧妙なトリックです。

ソリューションの黙想

20mを悩ませる寄生共鳴を取り除くための最善の解決策は、危害を加えないように周波数をさらに上に動かすことです。これは、直列共振BPFのL:C比を下げることで実現できます。インダクタンスが小さいほど、静電容量が大きくなります。インダクタンスが小さいほど、周波数の高い固定浮遊容量と共振するため、必要に応じて寄生ノッチを上に移動します。注意すれば、約14MHzまで十分にプッシュできます。L:C比を上げると、バンドパスフィルタのピークが広がり、BPFが帯域外信号を制限する効果が低下します。これは私たちが払わなければならない犠牲であり、QSDはとにかく高ダイナミックレンジ、高IP3ミキサーであるため、より少ないミキサーよりも重要ではありません。しかし、とにかく、私たちはそれを必要以上に進めたくないはずで

したがって、異なるコンデンサを選択し、異なるインダクタンス値と整合させることで、寄生共振を回避しようとすることができます。

ただし、執筆時点(2023年07月05日)には、すでに約500のQMXが世界に出回っています。多くの方がコンデンサを壊したり、PCBを損傷したりすることなくコンデンサを取り外すことは容易ではありません。また、コイルの手直しも危険です。異なるコンデンサ値が指定されている場合、ジャンクボックスに必要なコンデンサがなく、正しい値を送る必要がある人の割合が多くなり、すぐに法外に高価になり、ポケットは無限に深い訳ではありません。

したがって、既存のコンデンサ値(22pF、30pF、56pF、および220pF)を引き続き使用する必要があるという制約を適用することは理にかなっています。ボードから削除されない場合に最適です。少なくとも、可能であれば、そのような制約を適用すると非常に便利です。

ソリューション #1

さまざまなことが試された後、共振はほぼ正確に14MHzをノッチしたいという願いに非常に頑固であり、それを上向きに動かそうとする試みに非常に抵抗がありました。次の非常に単純なソリューションは非常にエレガントでパフォーマンスが優れています。簡単に言えば:

- 1, L40 BPF インダクタの 80m と 40m のセクションを完全に切断します
- 2, 30m のコイルタップからコイル巻線の 80m の端にジャンパー線を追加します
- 3, 40, 60, および 80m のバンドパスフィルターがすべて 80m タップ(終了)を使用するようにバンド構成画面を再構成します

これは、40、60、80m が実際にはすべて1つのシングルバンドパスフィルターであり、コイルの残りの20m + 30m セクションを使用し、220pF と共振することを意味します。これにより、60m 帯を中心とした単一のブロードな共鳴ピークが得られます。欠点は、40m と 80m のバンドがこの共振でピークに達しておらず、側面から外れていることです。ただし、共振が広いと、それほどひどく減衰することはありません。私の例では、5つのバンドの感度は次のとおりです。

20m: ---6 デシベル

30m: ---3 デシベル

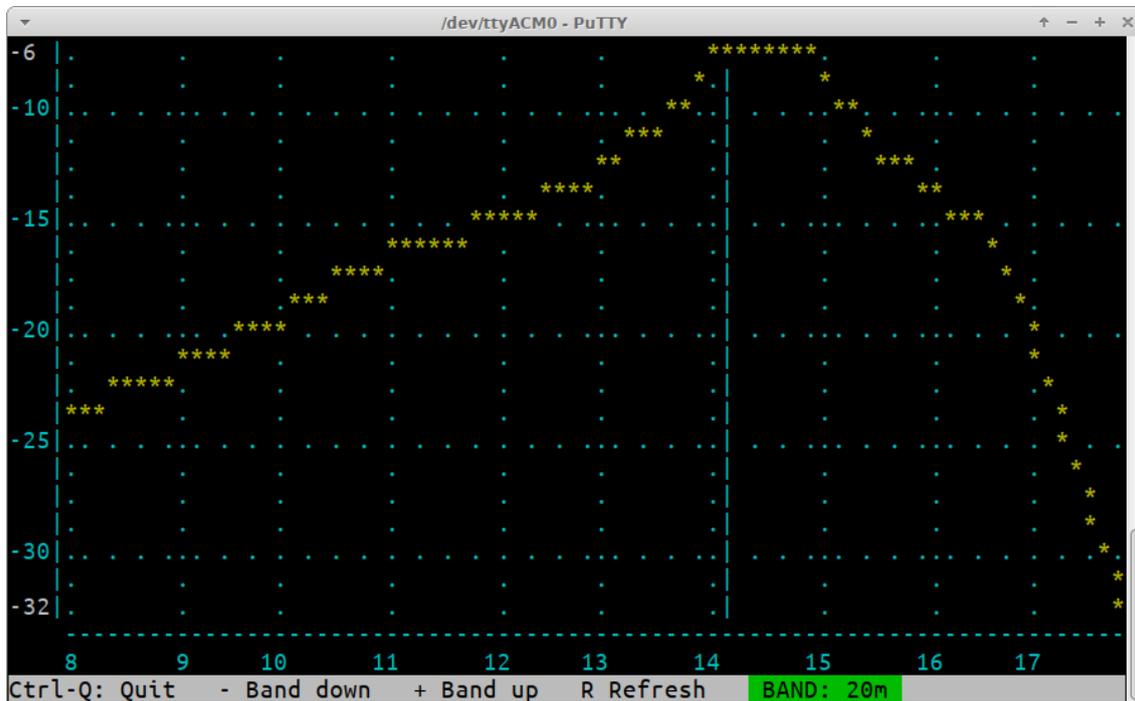
40m: ---5 デシベル

60m: ---1 デシベル

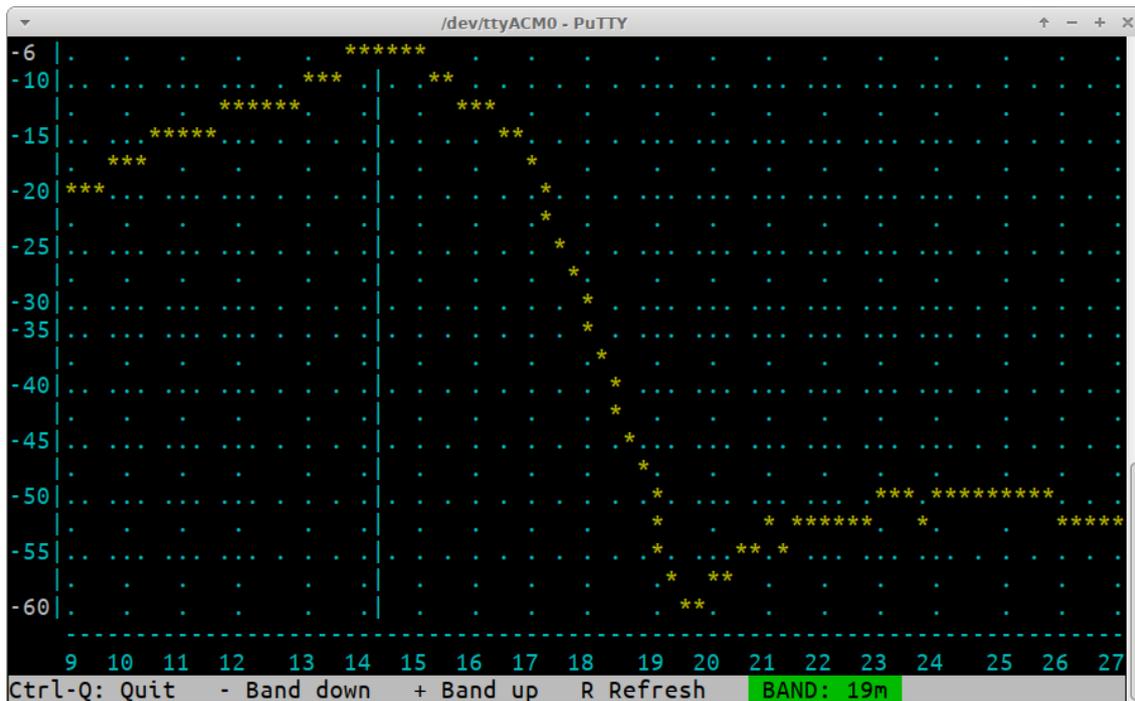
80m: ---7 デシベル

これらの感度は任意に参照されているため、相互に、および他の潜在的な解決策との有用な比較としてのみ役立つことを忘れないでください。次のスクリーンショットでは、私が使用したバンド構成を見ることができます。PIN ダイオードの順方向バイアス電流を5mA

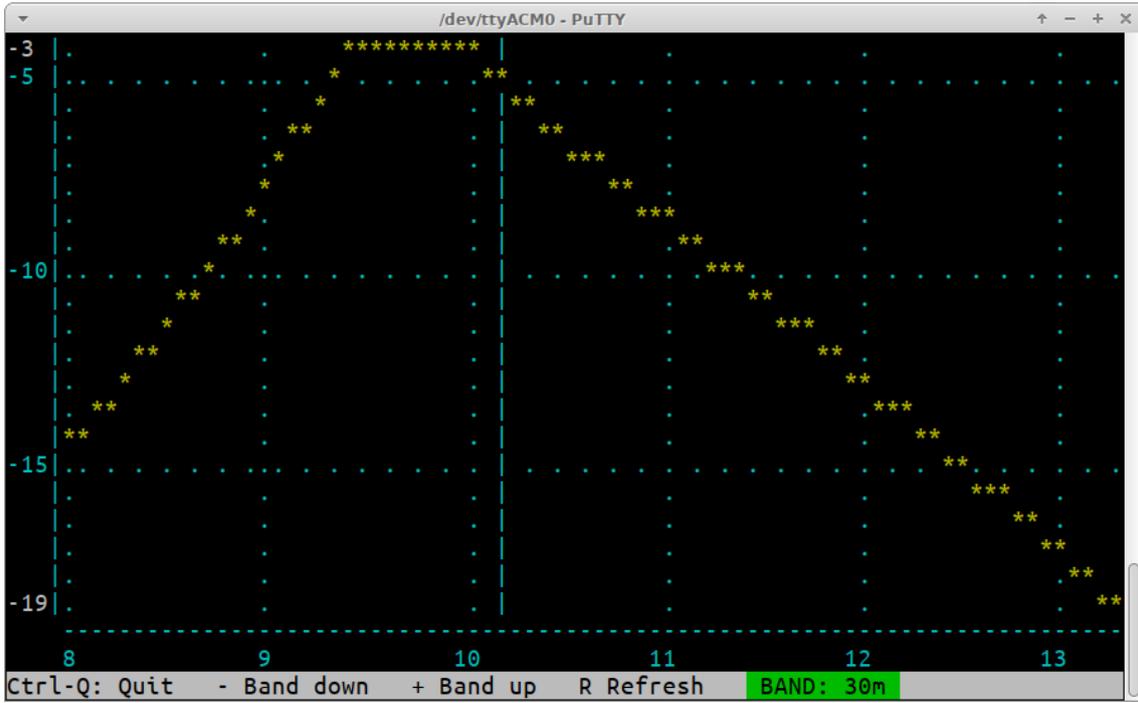
に設定する必要はありませんが、これは以前の実験から残したもので、そこにあることを忘れていました。この設定は送信にのみ適用されるため、受信感度とは関係ありません。この記事の前のセクションで説明した「19」帯域にも注意してください、それは以下のスクリーンショットで9から27MHzまでの広いスイープを得るためにのみ使用されます。



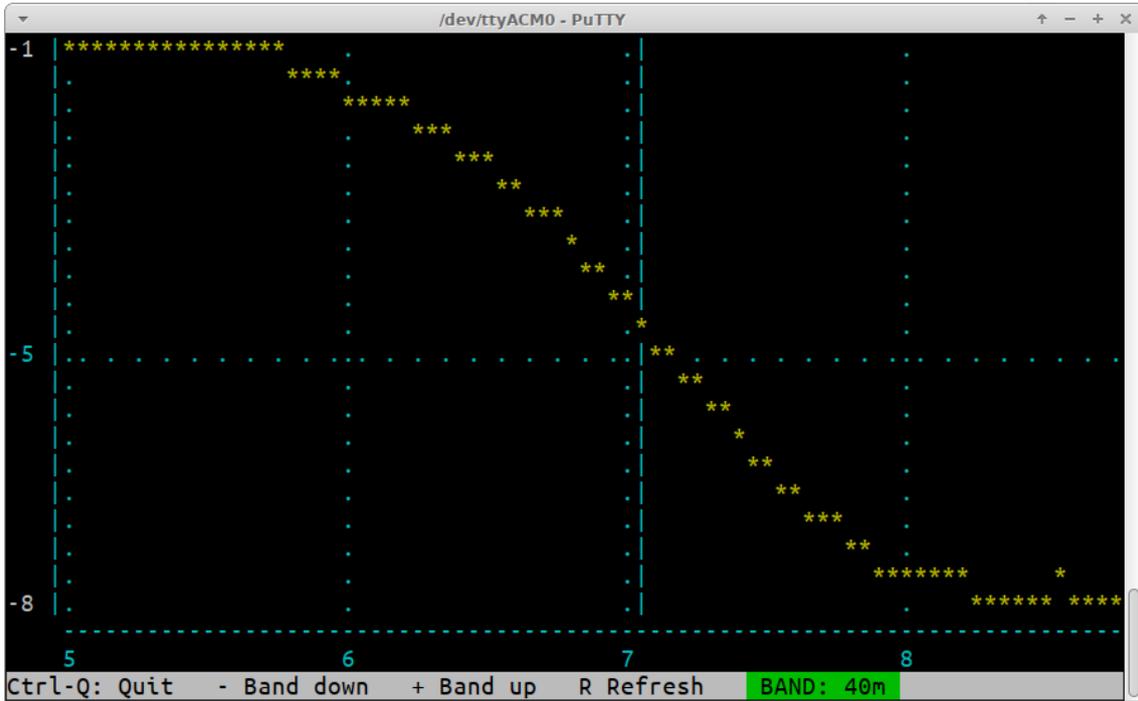
10_R1_19_11_20m.png



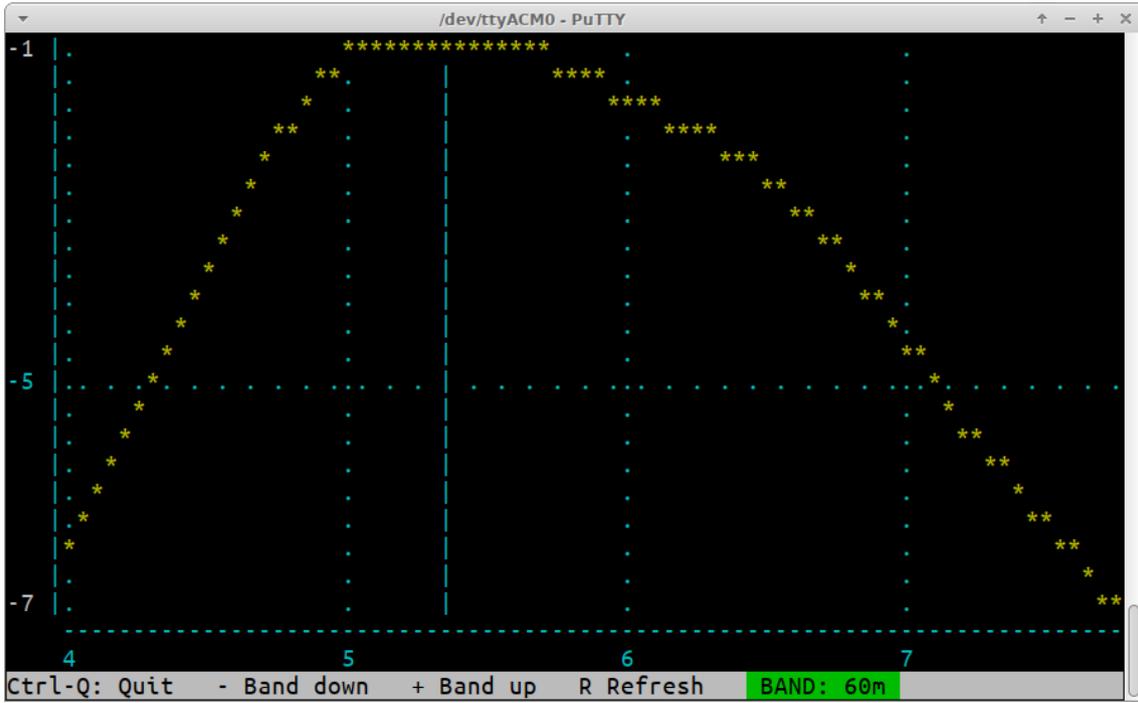
10_R1_19_11_20m_wide.png



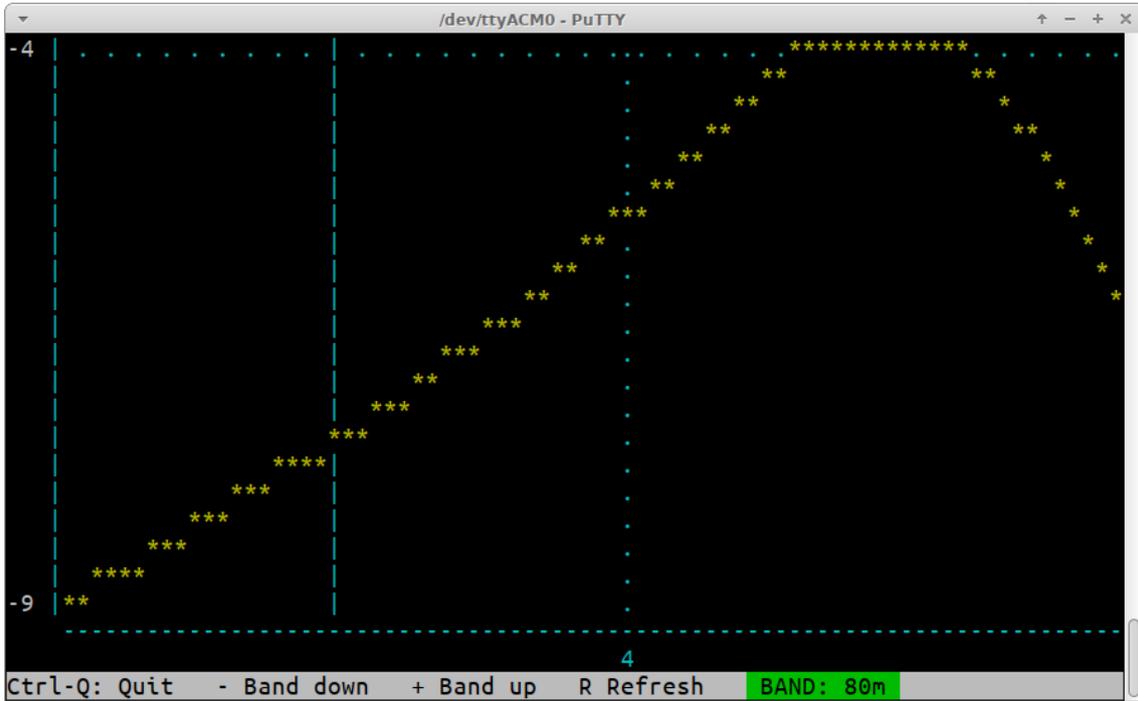
10_R1_19_11_30m.png



10_R1_19_11_40m.png



10_R1_19_11_60m.png



10_R1_19_11_80m.png

```
QMX v1_00_00
QRP Labs, 2023
+---Band configuration+---
|
| Band name (m)      80      60      40      30      20      19
| Audio gain (dB)   54      54      54      54      54      54
| Frequency min.    3200000  4000000  6000000  7500000  10600000  14200001
| Frequency center  3573000  5357000  7074000  10136000 14074000  14200002
| Frequency max.    4000000  6000000  7500000  10500000 14200000  20000000
| Sweep start       3200000  4000000  5000000  8000000  8000000  9000000
| Sweep step        20000   50000   50000   70000   130000  240000
| BPF number (0-3)  3        3        3        1        0        0
| LPF number (0-2)  0        1        1        2        2        2
| PIN fwd bias (mA) 30       30       30       30       5        5
| Transmit          ENABLED  ENABLED  ENABLED  ENABLED  ENABLED  DISABLED
| TX PTT +5V       DISABLED DISABLED  DISABLED  DISABLED  DISABLED  DISABLED
| TX PTT grounded  DISABLED DISABLED  DISABLED  DISABLED  DISABLED  DISABLED
| RX PTT +5V       DISABLED DISABLED  DISABLED  DISABLED  DISABLED  DISABLED
| RX PTT grounded  DISABLED DISABLED  DISABLED  DISABLED  DISABLED  DISABLED
| Tx/Rx param 1    0        0        0        0        0        0
| Tx/Rx param 2    1        1        1        1        1        0
+---Ctrl-Q = Quit+---
```

10_R1_19_11_BC.png

このソリューションの利点は、QMX をすでに構築している人にとって非常に簡単に実装できることです。コンデンサを取り外したり交換したりする必要はなく、コイル L401 を取り外す必要はなく、40m と 80m の巻線を慎重に切断し、30m から 80m のタップをジャンパーするだけです。パフォーマンスはすべてのバンドで非常に合理的です。40m バンドが 40-60-80m の共振曲線の右側から少し外れていることのわずかな欠点です。

ソリューション #2

これは私がさらに好きで、実装が少し難しいだけです:

- 1, L40 BPF インダクタの 80m と 40m のセクションを完全に切断します
- 2, 私は 20m のセクションを 19 ターンから 17 ターンに減らしました-後でそれらをすべて一緒に絞らなければならないことがわかったので、これは必要ではないかもしれません。それは 19 ターンのままで、広げることで調整可能です。
- 3, 30m のセクションを 11 ターンから 9 ターンに減らしました-これも必要なかったかもしれませんが、巻き線の間隔を広げることで可能かもしれません
- 4, 20m の巻き線タップを 20m の穴から外し(取り外し)、代わりに「30m」の穴に接続する必要があります。
- 5, 現在コイルの端である 30m の巻き線タップは、30m の穴から取り外し、代わりに 40m の穴に接続する必要があります。

6, 80m の穴は 40m の穴にジャンパーされます

7, 20m が BPF #1(#0 ではない)を使用し、30m が BPF #2(#1 ではない)を使用し、40、60、および 80m がすべて BPF #3 を使用するよう、バンド設定画面を再設定します。

これは、20m BPF のインダクタンスが減少し、(22pF ではなく) 30pF の増加する容量を使用することを意味します。30m BPF のインダクタンスが減少し、(30pF ではなく) 56pF の増加する容量が使用されます。一方、40、60、80m はすべて、220pF コンデンサに対して低減された総インダクタンスを使用しました。

現在、220pF での全インダクタンスの単一の広い共振は、40m 帯域に一方のコーナーがあり、60m 帯域にもう一方のコーナーがあり、80m は曲線の左端の少し下にあります。とにかく 80m での高感度は要件ではないので、これはあまり重要ではありません。また、QDX では 80m もカーブの端から外れていました(結局のところ、BPF の組み合わせには最大 4 つのスイッチ位置しかないため、5 つのバンドで完璧になることはできず、どこかで妥協する必要があります)。私の例の比較感度は次のとおりです。

20m: --4 デシベル

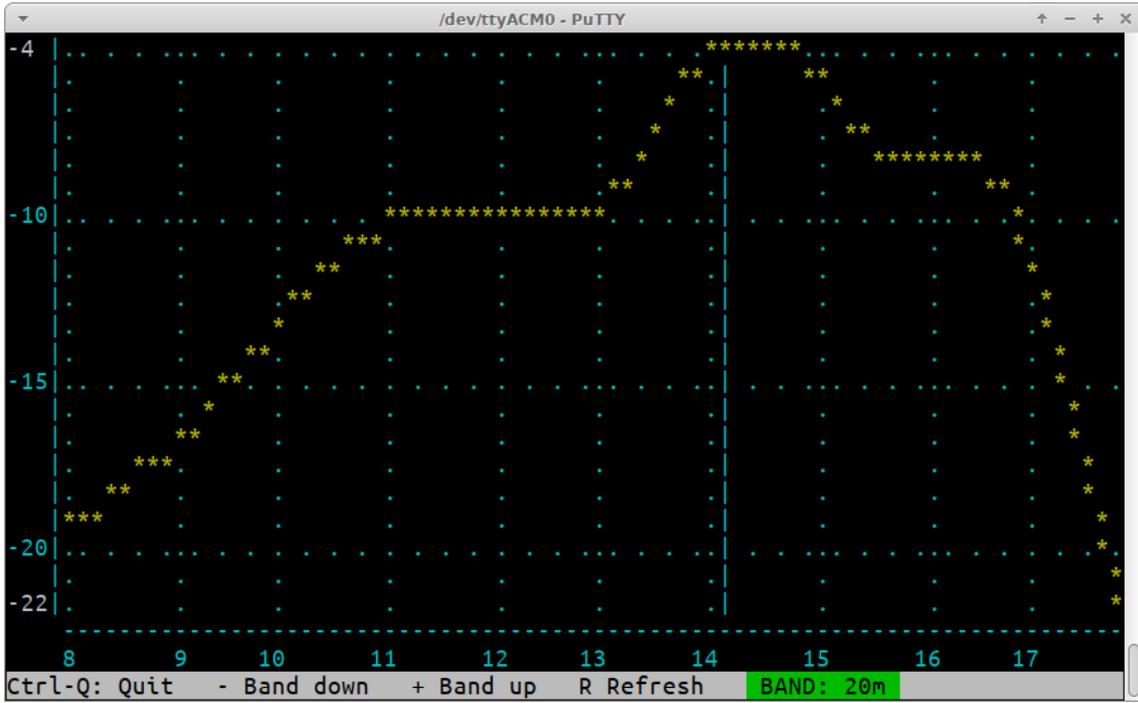
30m: --2 デシベル

40m: 0 デシベル

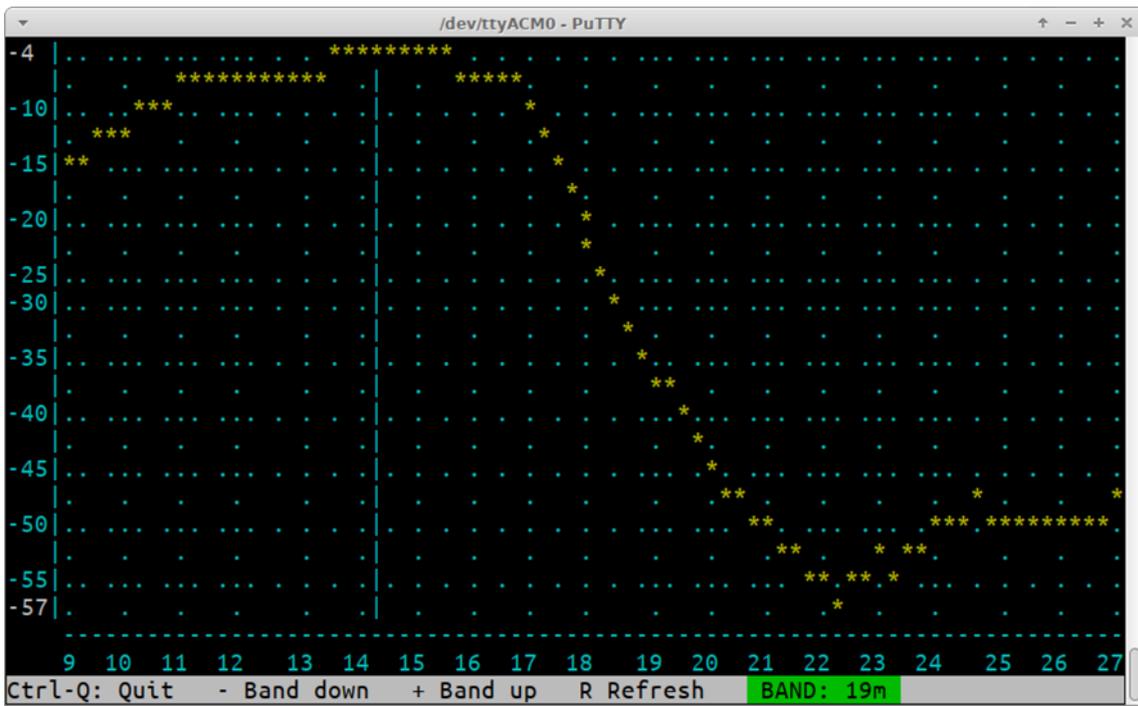
60m: 0 デシベル

80m: --7 デシベル

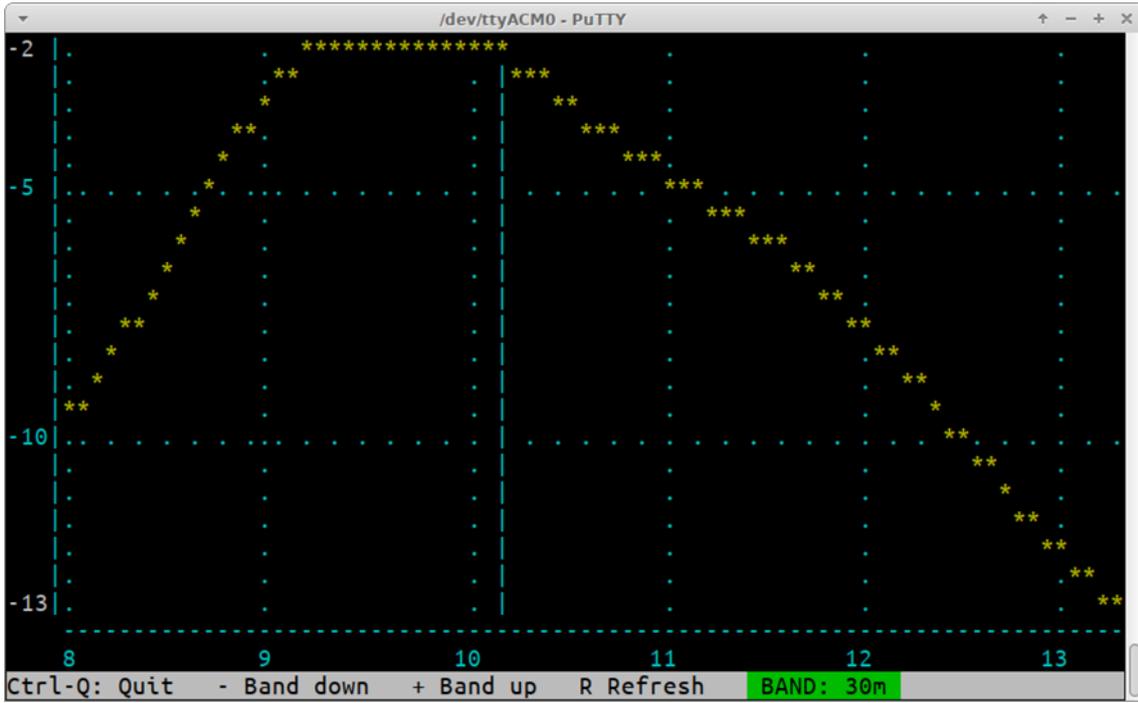
これは解決策#1 よりも少し優れています。



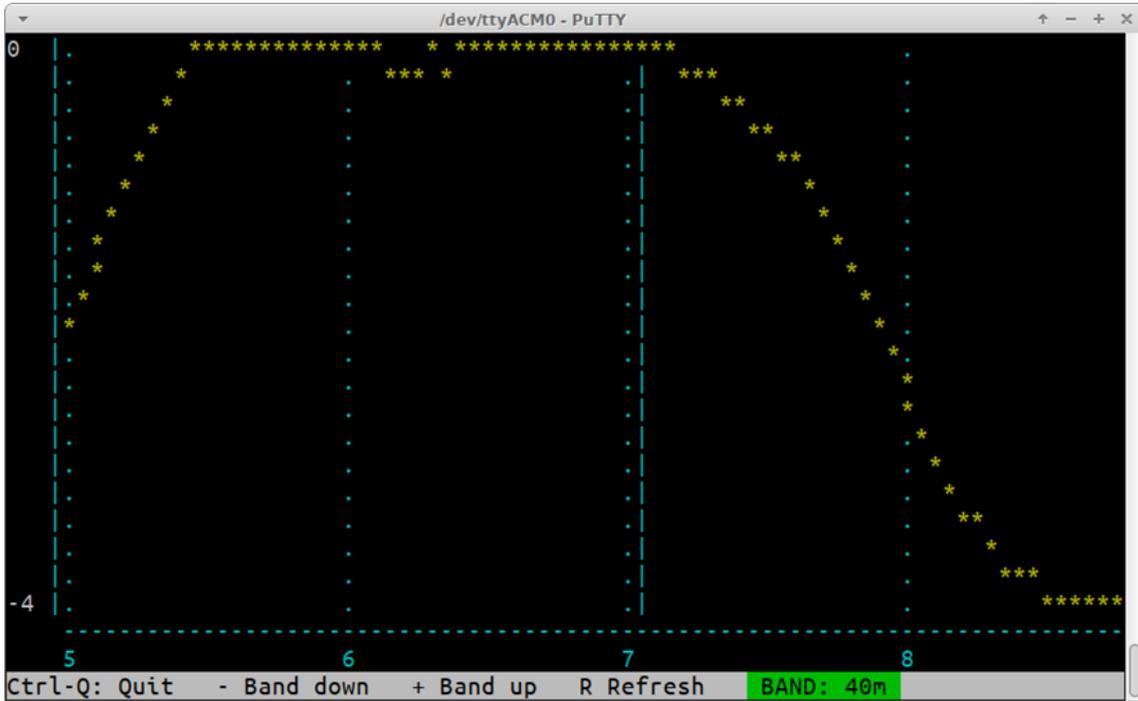
12_17_9_30_56_220_20m.png



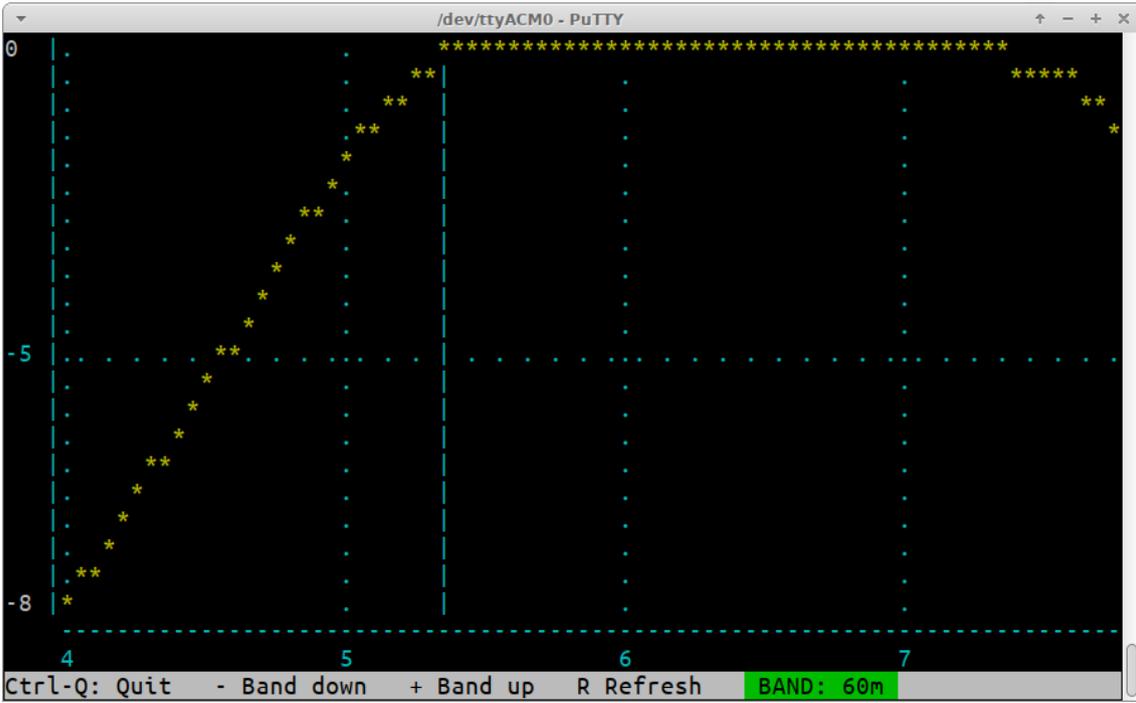
12_17_9_30_56_220_20m_wide.png



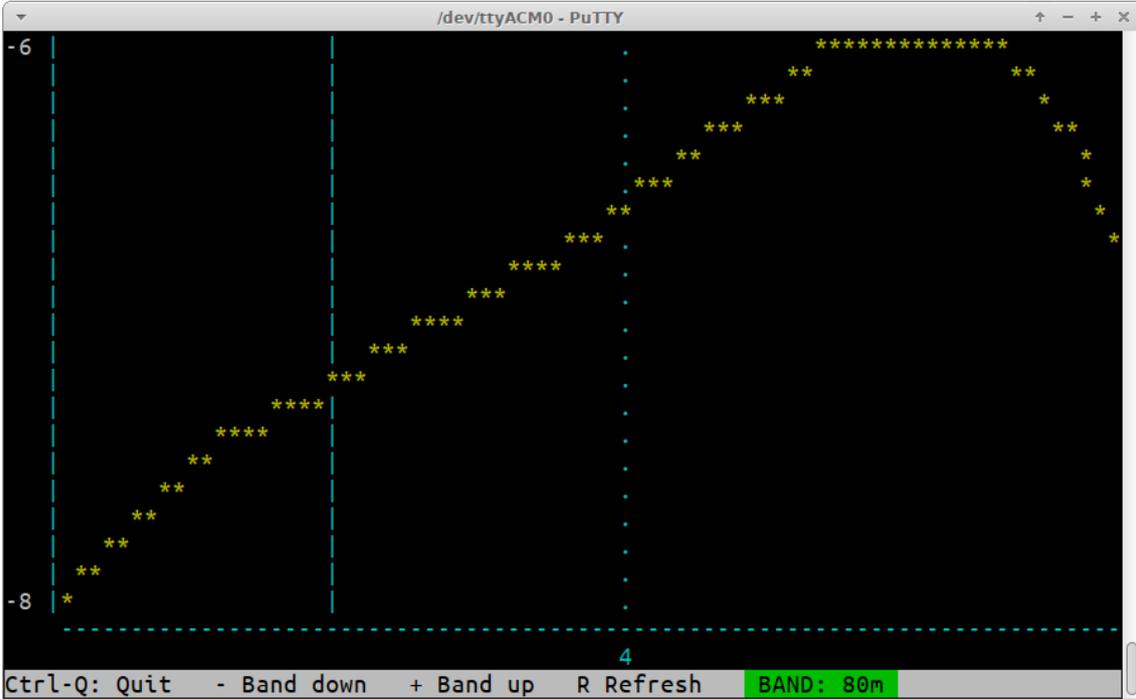
12_17_9_30_56_220_30m.png



12_17_9_30_56_220_40m.png



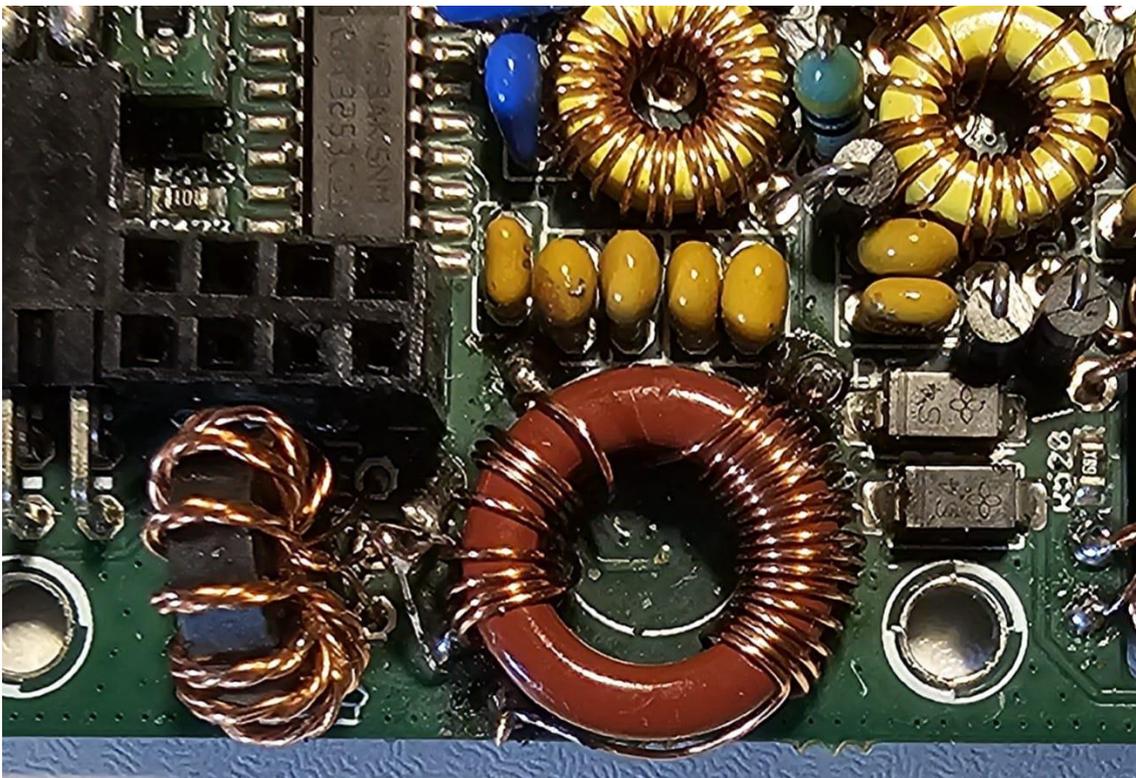
12_17_9_30_56_220_60m.png



12_17_9_30_56_220_80m.png

```
/dev/ttyACM0 - PuTTY
QMX v1_00_00
QRP Labs, 2023
+--- Band configuration ---+
| Band name (m) 80 60 40 30 20 19
| Audio gain (dB) 54 54 54 54 54 54
| Frequency min. 3200000 4000000 6000000 7500000 10600000 14200001
| Frequency center 3573000 5357000 7074000 10136000 14074000 14200002
| Frequency max. 4000000 6000000 7500000 10500000 14200000 20000000
| Sweep start 3200000 4000000 5000000 8000000 8000000 9000000
| Sweep step 20000 50000 50000 70000 130000 240000
| BPF number (0-3) 3 3 3 2 1 1
| LPF number (0-2) 0 1 1 2 2 2
| PIN fwd bias (mA) 30 30 30 30 5 5
| Transmit ENABLED ENABLED ENABLED ENABLED ENABLED DISABLED
| TX PTT +5V DISABLED DISABLED DISABLED DISABLED DISABLED DISABLED
| TX PTT grounded DISABLED DISABLED DISABLED DISABLED DISABLED DISABLED
| RX PTT +5V DISABLED DISABLED DISABLED DISABLED DISABLED DISABLED
| RX PTT grounded DISABLED DISABLED DISABLED DISABLED DISABLED DISABLED
| Tx/Rx param 1 0 0 0 0 0 0
| Tx/Rx param 2 1 1 1 1 1 0
+--- Ctrl-Q = Quit ---+
```

12_17_9_30_56_220_BC.png



繰り返しになりますが、このソリューションにはコンデンサを変更する必要がないという利点があります。また、#1 よりもパフォーマンスが数 dB 向上しますが、L401 インダクタ

巻線を取り外して別の場所に再接続する必要があるため、少し難しくなります。

フレッド WD9HNU によるソリューション

Fred WD9HNU は、インダクタンスとキャパシタンスのさまざまな組み合わせでも、この問題を広範囲に実験してきました。フレッドがコメントしているように、「私はおそらくもっと何週間も巻き上げたりいじったりすることができます」-それは確かにこの種の実験で行く方法です。あなたは際限なく続けることができます。

フレッドは言う：「新しいコイルは 30 ターン、#30 ワイヤー(#28 はありません)は 15T、18T、および 22T でタップされます。20MHz の場合は 39pF に 22pF で、30MHz の場合は 120pF に 30pF、40MHz の場合は 270pF に 56pF、既存の 80MHz の場合は 390pF に 220pF を追加しました。」

要約すると：

- ・ 20m: 15 ターン、61pF(既存の 39pF と並列に 22pF)
- ・ 30m: 18 ターン(15 + 3) および 150pF(既存の 120pF と並列に 30pF)
- ・ 40m: 22 ターン(15 + 3 + 4) および 326pF(既存の 270pF と並列に 56pF)
- ・ 80m: 30 ターン(15 + 3 + 4 + 8) および 610pF(既存の 390pF と並列に 220pF)

また、FLL 範囲の問題を解決する方法をフレッドに伝えましたが、その理由により、下の 20m のスイープには「21」というラベルが付いています(「20」でハードコードされた分周器を回避するため)。感度は明らかです：

20m: --5 デシベル

30m: --3 デシベル

40m: --2 デシベル

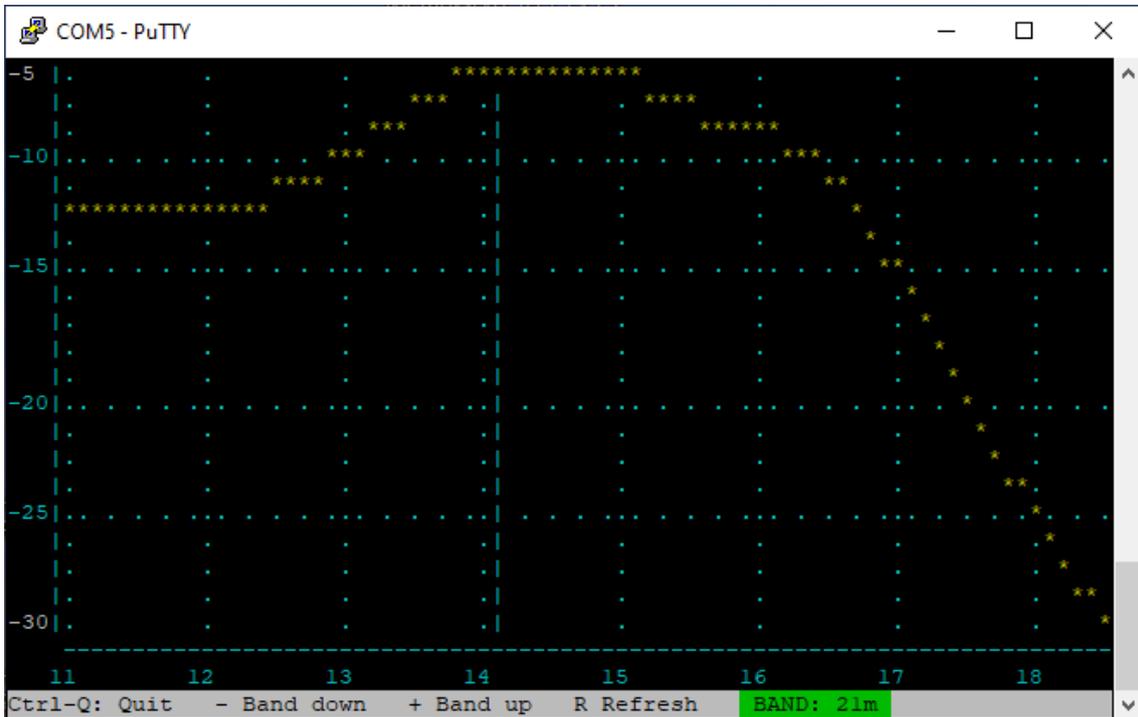
60m: --4 デシベル

80m: --4 デシベル

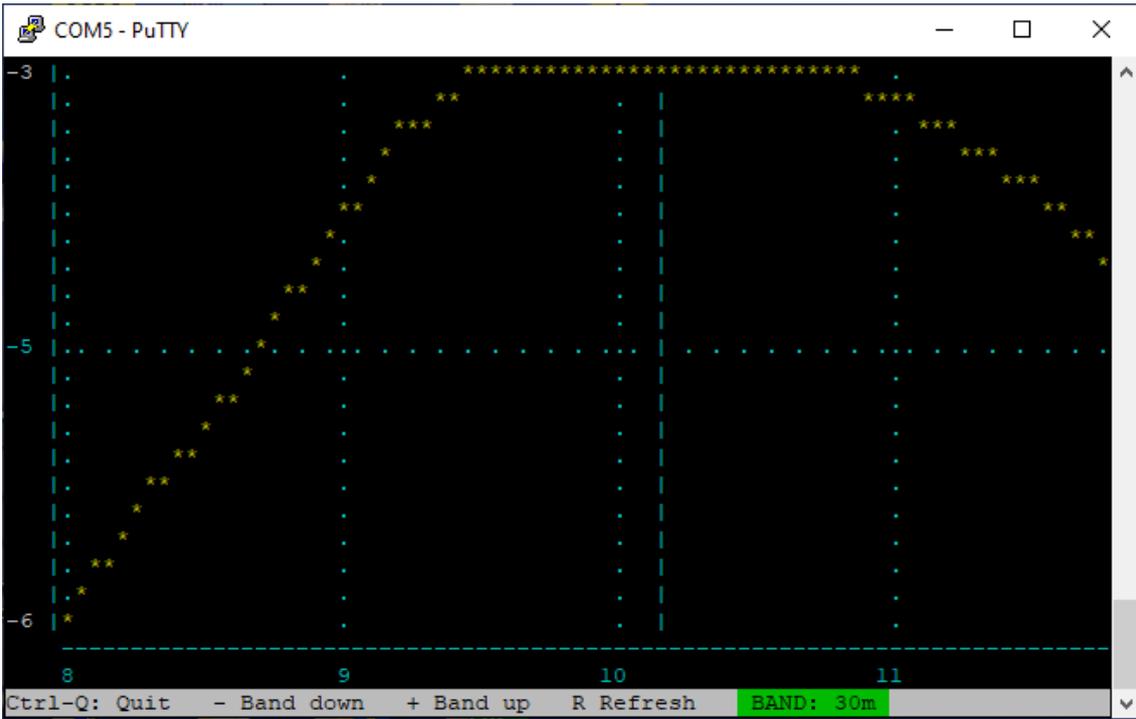
BPF は各バンドでうまくピークされ、感度は各バンドで良好に見えます。フレッドは私に 60m のスイープを提供しませんでした。相対感度は、異なる QMX であり、調整された LPF が異なり、すべてがわずかに異なるため、私自身の結果(上記のソリューション#1 および#2)と直接比較できない場合があります。大幅に低下した L:C 比が寄生共振ノッチをどのように除去したか(または遠くに移動したか)をはっきりと見るすることができます。また、L:C 比の低下によりピークが大幅に広がる方法もあります。QDX および QMX では、垂直スケールはスイープ中に記録された最小値と最大値に自動的に調整されるため、垂直スケールの dB 数値を調べて傾斜が浅いことに注目するまで、この BPF 形状の広がりはずぐにはわか

りません。

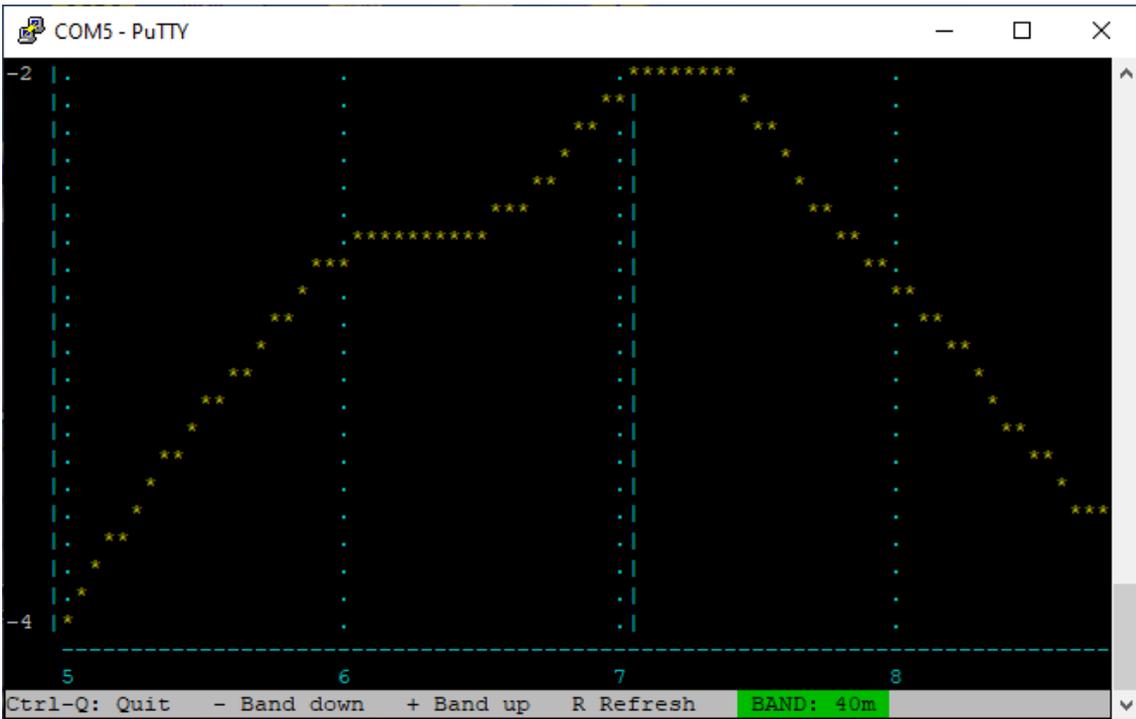
私もフレッドのソリューションが好きですが、主な欠点はいくつかの追加のコンデンサが必要なことです。これらはボードの底面にはんだ付けすることができますが、それは少し圧迫され、そこにはあまりスペースがありません。0603 または 0805 セラミックを使用し、非常に注意を払っていない限り。



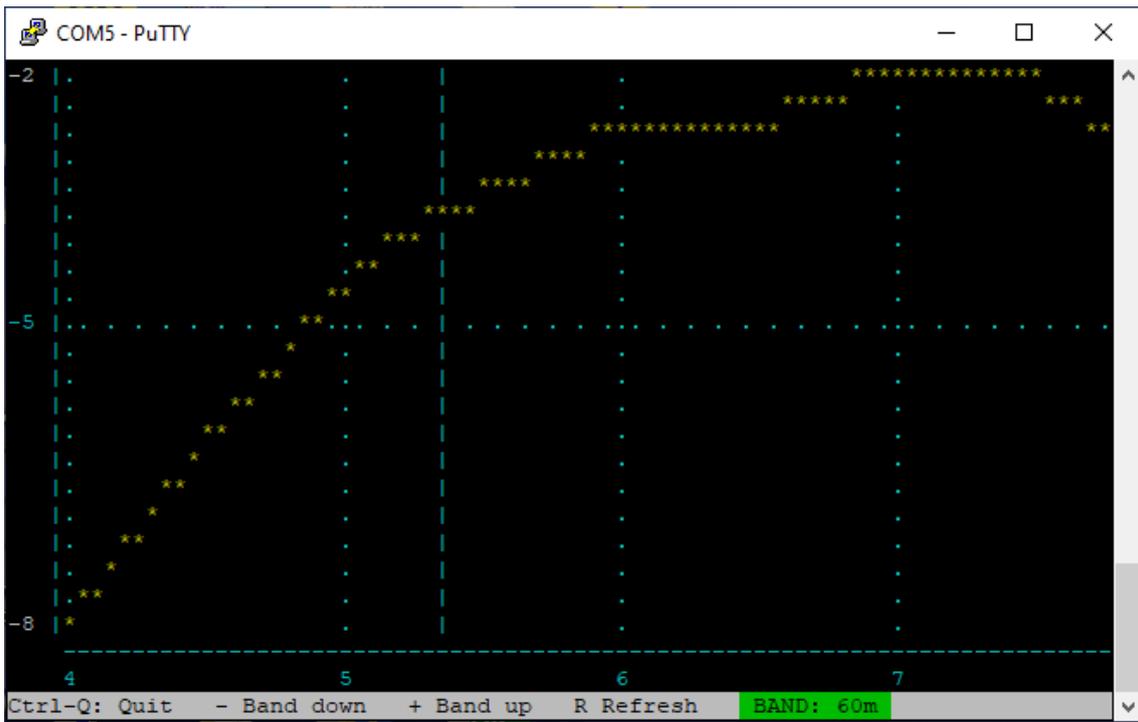
20m.png



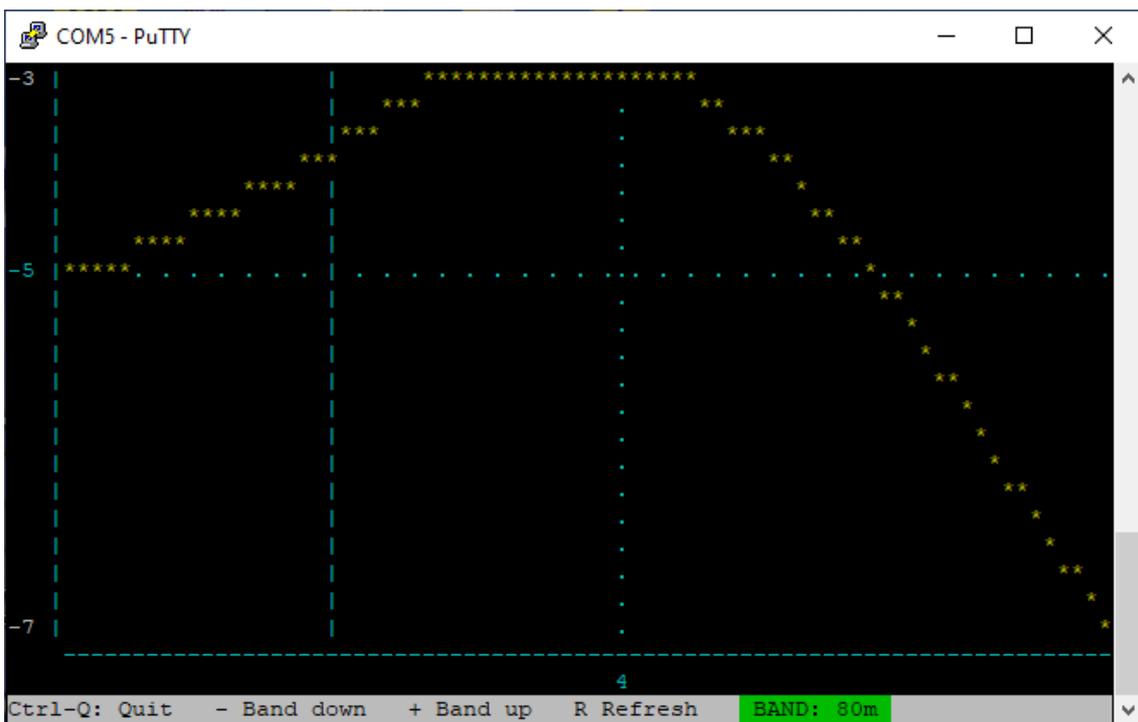
30m.png



40m.png



60m.png



80m.png

私のお気に入り

結論として、私のお気に入りには上記の解決策#2 です。既存のビルドされた QMX に対して

行うのは難しくありません。L401 を再度巻くために、新しいコンデンサや新しいワイヤは必要ありません。そして、パフォーマンスは 5 つのバンドすべてで良好です。共振ノッチは、トラブルの手の届かないところに移動します。

© 2023 qrp-labs.com