

# VK5JST AERIAL ANALYSER

## Instructoins

VK5JST がデザインし、Adelaide Hills Amateur Radio Society (AHARS) がキットとして \$145AUD で販売しているアンテナアナライザーです。

eHam.net の Review では 4.7/5 の評価を得ています。

キットとしては製作が難しい部類に入るもののようで、使われている PCB には部品名などの表示がなく、簡単なマニュアルを参考にしながら組み立てることが求められます。

ネットで検索するとたくさんの方が製作され、活用しているようです。また、改良記事もたくさん見つけることができます。

ここでは、Complete Analyzer Instructions March2012.pdf 記載の内容のうち、図などを除いた記述部分について翻訳しています。なお、十分に注意して訳していますが、記述について疑義のある場合には原本に当たってください。(翻訳の正確を保証するものではありません)

copyright (C) XRQ Tech Lab 2013.12

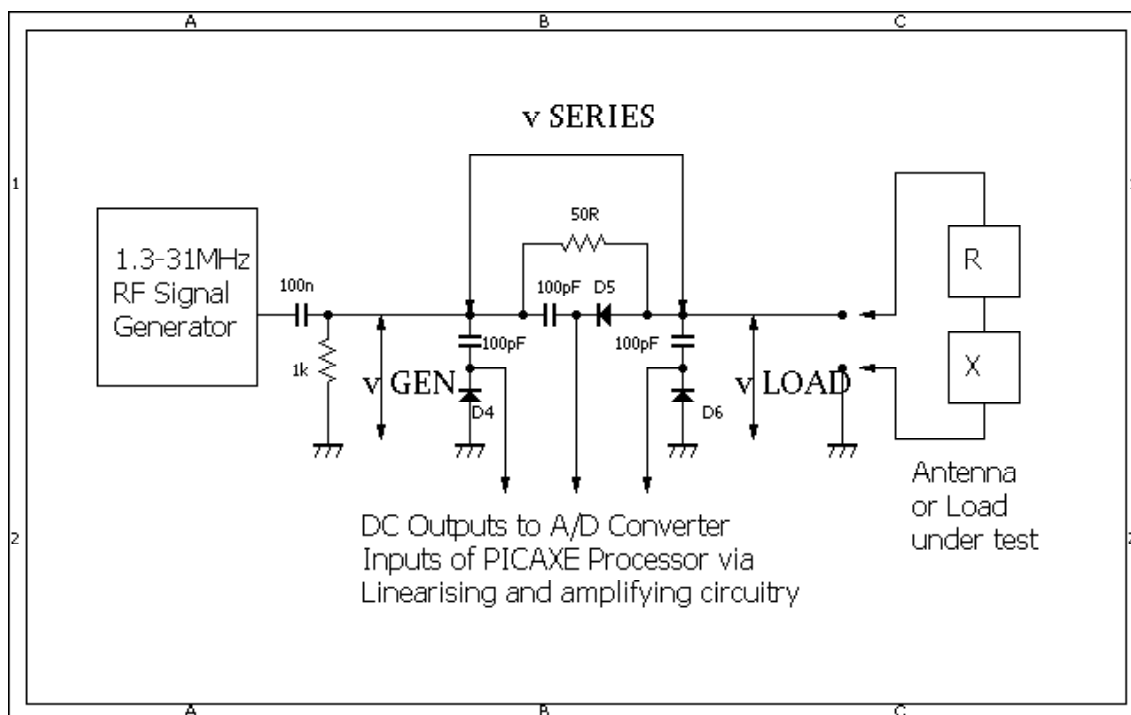
Complete Analyzer Instructions March2012.pdf 5 ページから

どうぞ、ここに記載している手順は、キットを完成するために必要最小限のものであることに注意してください。

包括的な診察のデータを含む詳細なデータやその他の資料、および追加のソフトウェアは、VK5JST のウェブサイト上で見つけることができます。

(<http://www.users.on.net/~endsodds>)

**重要**…… Picaxe チップと液晶ディスプレイは静電気に敏感な機器です。正しく扱って、破損することを避けてください。そのために、どのような放電も起こらないように、すべてを接地されている状態にしてください。これはあなた自身の身体も、開封され扱っているチップも、はんだも、ハンダごても、および基板などもすべてが接地されているようにします。



## 理 論

組み立てを始める前に、組み立てを論理的に進めることができるように、簡単に操作の概要を考えておきましょう。

ユニットの心臓部は、上に示されたテスト回路です。

負荷の特徴が忠実に測定できるように、50 Ωの抵抗器がテスト回路と周波数可変の RF ジェネレータの間に置かれています。

3つの AC 電圧は、DC（直流）に整流することによって測定されます。

各交流電圧のピーク値はコンデンサーに蓄えられ、直流に整流された結果は Picaxe プロセッサに手渡されます。

3つの電圧とは、ジェネレータ出力電圧(vGEN)と、50 Ωの直列抵抗を通り負荷電流を示す電圧(vSERIES)、そして、負荷電圧(vLOAD)です。

これらの3つの出力から、SWR、直列負荷抵抗、および直列負荷のリアクタンス(ただしサイン波ではない)が算出されます。この計算については、上で示されたホームページのオリジナルな記事の中で詳細に述べています。

これは、負荷リアクタンスが容量性か誘導性かをどのように判断するかの問題を残しています。

これに答えるためには、使用者はわずかにジェネレータ周波数を変更するだけです。周波数が高くなるときに、直列リアクタンスの値が増大するならば、それは誘導性です。逆もまた同様で、(周波数を上げるとリアクタンスが下がるなら)容量性と判断できます。

負荷抵抗が純粋な 50 Ωの抵抗器であるならば、正確に、テスト回路に適用された交流ジェネレータ電圧の半分が 50 Ωの負荷を通過して、そしてもう一方の半分はテスト回路の

中の 50 Ω の抵抗器を通して現れることに注意してください。

このコメントはまたこれらの交流電圧から引き出された直流電圧にもあてはまり、この便利な事実は、50 オームで SWR = 1 と設定されている時に機器の目盛り設定するために使われます。

### この機器はどのように、作動するのでしょうか。

測定手順は RF シグナルジェネレータから始まります。これは、低い出力インピーダンスで結合されて、テスト回路の中に安定しフラットで、ハイレベルな正弦曲線の出力を提供しなければなりません。低い出力インピーダンスとフラットな出力特性によって、テスト回路の検出器からマイクロプロセッサのアナログ・デジタル変換器への入力は、可能な限り大きい信号であることが求められる一方、周波数の安定性が必要なのは明らかです。

これによって、テスト回路に接続される負荷から独立して、測定計算が最も高い精度で行われることになります。正弦曲線の出力は、測定が特定の周波数でだけ行われ、ジェネレータ周波数の高調波で起こされた乱れではないようにしています。

これは、AGC 回路を含んだ RF 発振器によって実現されています。Q3 と Q4 は、広帯域の利得(コレクターとベースの結合、そしてエミッターからエミッターへ)を提供し、発信器の周波数は可変コンデンサー 160pf と L1 ~ L5 のインダクターによって設定されます。微調整は Q1 と Q2 の逆バイアスをかけられたコレクター・ベース接合からなるバラクターダイオードによって行われます。発振のレベルは、Q5 と Q6 の AGC 回路により設定された Q3 と Q4 を通って流れる電流によって決まります。スイッチオンで、発振が始まらない時には、Q6 のコレクターの 2.7k Ω の抵抗器が、Q3 と Q4 を通る最大の電流を起こす Q5 をオンにするのを難しくします。それによって、急速に発振を始めさせます。発振が大きくなると、Q6 はエンベロープ検出器として作動し、そのコレクター電位が低下し、Q5 のベース電位がなくなり、Q3 と Q4 を通る電流を制限することになります。

このプロセスは、発振のレベルを安定させます。AGC システムが非常に高利得を持っているので、AGC の動作はすばらしく、結果として Q7 のエミッターで約 600mVp-p の安定した発振レベルになっています。

この出力は、Q8 から Q12 で構成される高帯域電力増幅器によって緩衝、増幅されます。約 3Vp-p でテスト回路を動かすために、増幅器は 5 の電圧増加と数 Ω の出力インピーダンスを提供します。Q8 のエミッターフォロワーは Q9 と Q10 の cascode 電圧増幅器に低いインピーダンスドライブを提供します。(cascode 構造はミラー効果を取り除き、非常に広い帯域幅を実現します)。

これらのトランジスタは、次々に Q11 をアクティブプルダウンする Q12 をエミッターフォロワー駆動し、電流入力を同じにし、機能を落ち着かせます。

70MHz の帯域幅は、RF が 30MHz まで平坦なレベルをテスト回路に送ることを実現しています。

マイクロプロセッサの機能をカウントしている周波数の駆動は、Q10 のエミッターから取り込まれ、74LS04 を使って緩衝され、増幅されます。これはその後、74LS93 と 4040 のディバイダーチップによって 1024 に分割されて、結果として生じる周波数が、Picaxe で形成される周波数ディスプレイで測定されます。

デュアルゲートでコントロールする間隔はマイクロプロセッサのピン 13 上のロジックレベルのコントロールによって約 0.1 秒または 1 秒で行われます。

より長いゲート間隔でコントロールすることは、大変まれな機会に必要な正確な周波数値を可能にし、一方、より短いゲート間隔でコントロールする場合は、ユーザーが「追跡し」、容易にジェネレータ周波数を設定することを可能にします。

実際の場面では、この精度が本当に必要なのは複数エレメント八木アンテナなどの非常に狭帯域の HF アンテナの場合だけなので、5 桁の周波数精度を得るための 1 秒のゲートはほとんど使われません。

また、標準の周波数カウンタの使用では、各ゲートでコントロールする間隔の終わりに新しい情報にアップデートするために、ディスプレイが「点滅する」ということに注意してください。

貴重なマイクロプロセッサメモリーを節約するために、1 つだけのディスプレイルーチンが使われて、4 桁のモードの中で、5 桁めの周波数ディスプレイの最後の数字は常に 0 に設定されます。

「理論」セクションの中で以前に議論された 3 つの電圧は、ゲルマニウムダイオードエンベロープ検出器を使って、テスト回路から引き出されます。ここでは点接触ゲルマニウムダイオードだけが使われます。(D4 - D9) ゲルマニウムダイオードは、それを動かす負荷抵抗が十分に高い場合(この回路の中ではおおよそ 50M  $\Omega$ ) 学校が通常教えることにも関わらず、0 ターンオンの可能性を持っています。

これはシリコンダイオード(ターンオンの可能性 500mV)や、事実上ターンオンの可能性がおおよそ 100mV の”ゼロバイアス”ホットキャリアダイオードではあり得ないことです。SWRs 1.0 のとき(テスト回路の上で 5  $\Omega$  負荷とした場合の)、D6 のピークはわずかに約 150mV になります。正確な計算にとって、リニアの検出を行うことは非常に重要です。

ゲルマニウムダイオードによってさえ、検出器特性の下端は非常に非線形で、何とかして直線化されなければなりません。

これは IC1A、B そして C の辺りのネガティブ・フィードバックループで、自身に対してのダイオード特性を使って達成されます。それぞれの直線化された出力は、マイクロプロセッサの A / D 変換器入力に供給される前に、4.3(IC2A、B、および C)によって増幅されます。そして、多くのソフトウェアの力によって、抵抗、リアクタンス、および SWR をディスプレイに表示します。

## アナライザの組み立て

組み立てる最初のアイテムは機器ケースです。

まだ部品を取り付ける前の PCB は、すべてのターミナル、取り付けビス、およびスイ

ツチの位置を正確に箱のふたにマークし、穴を開けるためのテンプレートとして使うことができます。

これを行ったなら、ふたの真ん中辺りにある周波数選択スイッチの穴は、フロントパネル（銘板）を貼り付ける位置決めに使えます。（それは次に、液晶ディスプレイの窓を決めるために使えます。）

この穴や窓は慎重に開けてください。フロントパネルは接着剤や両面接着テープを使ってふたに貼り付けます。

次に、提供された部品配置図を使って、すべての部品を最も背の低い順に、部品配置面（グラウンドプレーン側）から PCB に設置してください。

6 つのスルー接続（それはトラック側＜パターンがある面＞の様々なパッドをグラウンドプレーン側と接続します）に続いて、2 つの LM324 op amps の隣にある 4 つのジャンパー線を最初に取り付けます。

部品のリード線をはんだ付けする時にボードのトラック側で曲げないことを強く推奨します。もし取り付けに誤りがあった場合に、リード線が曲げてあることで部品の取り外しを非常に難しくし、ことによると pcb への永久的な損傷を起こすことがあるからです。

IC ソケットを使ってください。これは、「電源を全体に供給して、一か八かでテストする」よりも、IC を除いた状態でテストをすることができるようにするためです。

思いこみを避けるように注意しましょう！！

取り付ける前にすべての抵抗器の値をチェックするために、DVM（デジタル電圧計）を使ってください。DVM の増幅率チェック機能を使って、トランジスタのピン配置をチェックしてください。増幅率が 50 より大きく示されれば、正しいピン配置であることがわかります。

たくさんの部品のリード線が直接グラウンドプレーンにはんだ付けされるという点で、使われたプリント回路レイアウトは少し変わっています。

これによってスルーホール設定をしなくても、高周波的に良好に働き、安価に作ることもできます。また必要ならば家庭でもボードを作ることを可能にします。

モノリシックのバイパスコンデンサーのリード線はできる限り最小の長さになるようにしてください。

テスト回路の中の浮遊容量を最小化することは重要です。それは負荷と合わさって出現し、高周波や高い SWR の場合に、わずかですが測定値を狂わすからです。

それは、(a) D5 と関連した 100pf と 47K (b) D6 と関連した 100pf と 47K (c) テスト回路の 2 つの 100 Ω シリーズ抵抗器 をグラウンドプレーンから 1-2mm 離して設置することによって最小化することができます。

バンドスイッチを設置する前に、ナットとロックワッシャを取り去り、軸を動かして一番端のポジションになるまで回しておきます。これは、ここからスイッチ回転を 5 つのポジションに制限するためです。そして、ピン 1 がポリバリコンに近くなるように、プリン

ト基板にスイッチを置いてください。このとき、スイッチの回転止めの出っ張りが pcb に開けられた 4 つの穴の一つに入るようにします。

あいにく、この単一ポール 12 ポジションロータリースイッチデザインには多くのバリエーションがあります。そのため、同時にたくさんのまったく同じユニットを私達の供給業者から得ることができないかもしれません。

どうぞ、スイッチで困難にぶつかった場合は、VK5JST ウェブサイトにあるコメントを見てください。ウェブのそれと反対のコメントにもかかわらず、スイッチを分解することは必要ではありません。実のところ、これをするには災難を招いています。

すべてのはんだ付けと部品の方向を非常に慎重に再確認してください。特に、LCD を取り付けたときその下になる部分については注意してください。

最終的に、薄い発泡ポリスチレンを使って PCB から 5-6mm 離れるように間隔をおいて LCD を設置してください。

これらの 2 つのボードを相互接続するために、細い柔軟なスズメッキされた銅線 (0.5 mm dia) を使ってください。これは、過りや付け忘れがあった場合、LCD をメインボードから離すように曲げることができるようにするためです。

最初にディスプレイを正しい位置に置き、ディスプレイとメインボードの間を外側の 2 本のワイヤだけを挿入し、それから最終的な位置を確認しディスプレイを固定するためにこれらをはんだ付けします。そして、ディスプレイとメインボードを繋ぐ中側のワイヤを通し各ワイヤを調整して、はんだ付けします。

メインボードはフロントパネルに取り付けられます。

それは、一端は皿穴に埋められる皿ねじと 10mm の長さのナイロンスペーサーを使ってサポートされ、他の端は 2 つのテストターミナルによってサポートされます。

主調整コンデンサーのノブがケースの側に出るように、ケースの側面を削る必要があるでしょう。

同様に、小型の微調整ボリュームに合わせて、ケースに穴を開けなければなりません。(それはケース底のバッテリーの隣に設置します。)

2 つのスイッチ、バッテリーホルダー、周波数微調整のボリュームのすべての配線を完成してください。

バッテリーホルダーをケースの底に接着剤または両面接着テープによって取り付けてください。

ユニットは供給電圧として 12VDC が必要なことに注意してください。これは、8 本の @1.5V の亜鉛炭素電池を供給されたバッテリーホルダーの中で使うことを意味していません。NiCd または NiMH 充電セル (1.2 VDC) を使う場合は、10 個のセルが必要です。その場合、ケースのどちらかの端の補強リブを慎重に取り去る (鋭い彫刻刀を使ってください) ことで、10 個のセルホルダー (キットに含まれない) を取り付けることができるでしょう。

充電可能な AAA セルの代わりに、最近のずっと高容量のバッテリーを使うこともできます。以上で、ケースのすべての作業は完成です。

## セットアップとテスト

すべての IC を抜き取り、12 ボルトを PCB に供給してください。  
マルチメーターで 5 ボルトのレギュレーターの出力をチェックしてください。(4.75-5.25VDC)

LCD の最上段が真っ黒なスクエアを表示するように、コントラスト VR ポットを調整します。

オシロスコープ(50MHz またはそれ以上)を持っているならば、正しくセットアップされた X10 プロブをそれに取り付けて、Q7 のエミッターを見てください。両端に便利なコネクタを持つ約 1 メートルの同軸ケーブルである X1 プロブでは、過度な静電容量の負荷によって測定を台無しにすることがあることに注意してください。

どの周波数選択においても、7Q のエミッターには 600mVp-p +/- 10% のレベルのクリーンな正弦波が存在するべきです。

同様に、テスト回路ターミナルの「ホット」RF 端子、及び 12Q のエミッター/11Q のコレクターの接合において、peak to peak で 3V が出ているならば、発振器とバッファ増幅器が適切に作動していることを示します。

2 つの LM324 を挿入してください。スコープを持っていないならば、発振器とバッファ増幅器が正しく動作していることは、すべての周波数で IC1 ピン 14 に出現する 1.4VDC (テスト回路への入力が整流された交流のピーク値)を確認することでわかります。

「TRIM FREQUENCY」によって、ポットを中心にセットします。主調整ポリバリコンを最小にセットし、12.5 から 30MHz の範囲にします。周波数カウンタによって「hot」テスト回路ターミナルを監視し、主調整ポリバリコンのトリマーを使って 31MHz まで出力周波数を設定します。すべての範囲の周波数カバーレンジをチェックしてください。最終的に、2MHz まで発振器周波数を設定してください。  
スイッチを切ります。

74LSO4、74LS93、および 4040 に差し込んでください。  
スイッチを入れます。プリ・スケラーが正しく動作しているならば、PICAXE のピン 14 で 2KHz 5Vp-p 矩形波を確認することができますでしょう。

すべての他の周波数レンジでプリスケラー動作(1024 分周する)をチェックします。  
それから、約 2MHz に周波数を再設定します。

スコープがない場合は、Picaxe が挿入され、プリスケラー動作がチェックされるまで待つ必要があるでしょう。これは LCD が正しい周波数を示していることによって確かめられます。

2 つの 100 Ω 1%、1/4W の金属フィルム抵抗器をテストターミナルに接続してください。  
(合成抵抗値 50 オーム)

DVM を使って TP2 を監視し、P1 を調整して、ちょうど 4.500V の DC 電圧が出現するようにします。

次に、P2 と P3 を調整して、DVM でチェックしながら TP3 と TP4 にちょうど 2.250V が出るようにします。

これで初期の校正は終わりです。スイッチを切って、Picaxe に差し込んでください。スイッチを入れます。

この状態でアナライザーは動作しているはずですよ！

最初の 1.5 秒の間、バッテリー電圧が  $\pm 5\%$  あまりの精度で示されるでしょう。それから、ディスプレイは、おおよそ 2MHz、R=050ohms、X=000ohms、および SWR=1.00 と表示するでしょう。

もし、このように表示しない場合は、TP2、3、および 4 で電圧を再チェックし、また、バッテリー電流を測定してください。(約 100mA の合計)

また、速く、ゆっくりのゲート間隔が正しくコントロールされていること(4 または 5 桁のモード)をチェックしてください。

示された周波数が 8MHz あまりで、ゲートコントロールが非常に遅いならば、Picaxe は外部の 16MHz のクリスタルの代わりに 4MHz のその内部の RC デフォルトクロックを使っていて、Picaxe のピン 9 と 10 と接続されたクリスタル回路に誤りがあります。

また、キットに含まれるあらかじめプログラムされた Picaxe 28X1 を使わずに、Picaxe 28X のために書かれたソフトウェアの初期のバージョンを Picaxe に自身で書き込んだ場合にも、このようなことが起こります。

修正のためには VK5JST ホームページを見てください。

2 つの 100  $\Omega$  の負荷抵抗器を取り去り、それを短いリード線の 330  $\Omega$ 、0.25W、金属フィルム抵抗器と交換してください。

アナライザーは抵抗を 330  $\Omega$   $\pm 10\%$ 、SWR おおよそ 6.6、リアクタンス 0 と表示するでしょう。

もしリアクタンス X が 0 ではないならば、P2 または P3 調整して、0 になるようにしてください。

再び 50  $\Omega$  の負荷によってアナライザーの再チェックを行います。

(Picaxe のクロックは) クリスタルが作られた回路条件に依存していますので、アナライザーがより正確な周波数を示すようにするためには、ソフトウェアの中の「計算」ステートメントの中で指定されるカウント間隔をわずかに変更することで改良することができます。

スイッチを入れたとき示されるバッテリー電圧も修正することができます、これは 2 つの方法で調整できます。Picaxe ピン 5 に接続している電圧分配器を構成する抵抗器(16K と 3K9)の 1 つの値を調整するか、Picaxe ソフトウェアの中のバッテリー測定ルーチンで使っている定数を修正するかのいずれかです。

アナライザー・ソフトウェアを修正することを望むならば、どうぞ、VK5JST ホームページに詳細な手順があるのを見てください。

テスト端子の間に 300mm 長のフックアップワイヤを接続し、約 30MHz の周波数を選



お選びください。あなたの作ったシングルターンのコイルの長さや形によって、表皮効果抵抗はおよそ  $80 \Omega$ 、誘導リアクタンスはおよそ  $4-10 \Omega$  になっていると思います。

ワイヤを取り外すと、機器はテスト回路の中の浮遊容量の少数 pF のリアクタンスと損失抵抗を表示するでしょう。また周波数が約 15MHz を下回るまで、開回路を示さないでしょう。

これを別の言い方をすると、機器がテスト回路(ターミナル)に接続している非常に短い長さの送電線の特徴を表示しているということです。

テスト回路の中には一般に、浮遊容量がおよそ 4pf があり、標準の同軸ケーブルは 100pf/m の静電容量を持っていて、従って、浮遊容量は終端していない約 40mm の同軸ケーブルの長さに同等視することができます。

実際の HF 測定においては、これは測定されているアンテナと供給ラインに吸収されるでしょうし、とても小さな誤差ですので無視してよいでしょう。

おめでとうございます。これで完成です。アナライザを使うことを楽しんでください。

AHARS 2011年11月

## 機器操作



A テスト端子。ダイポールのような平衡システムを測定するときにはバランを使用します。

B 周波数範囲選択

C 大まかな周波数調整

D 細かな周波数調整 1.3MHz において約 4KHz

31MHz において約 500KHz

E 液晶表示部 F の選択によって決定されるゲート間隔に応じて 100ms または 1s ごとに表示が更新されるため点滅します。

F ゲート間隔選択スイッチ このスイッチは周波数カウンターのゲート間隔を切り替えます。それによって有効な表示桁数も変わ

ります。4桁(4digits)の場合、最後の桁は常に0と表示し、分解能は 10KHz です。表示は 100ms 毎に更新され、これにより使用者は迅速に動作周波数を知ることができます。

5桁(5digits)の場合はすべての桁が動作し、ゲート間隔は 1 s (1秒) になり、分解能は 1KHz になります。

G パワースイッチ この機器の消費電流はおおよそ 100 ミリアンペアです。安価の 400mA 容量の亜鉛炭素電池を使ったとき少なくとも 4 時間使うことができます。

## 操作要領

- 1 機器の内部に用意された電池ケースに単三サイズの電池を入れます。充電電池を使いたい場合は、キット説明書に記載されているコメントを参考にしてください。
- 2 電源スイッチを入れると、最初の画面で 1.5 秒間、電池電圧を表示します。そしてスクリーンの上の段には測定した周波数が表示され、つぎに負荷抵抗が表示されます。2 段目には負荷リアクタンスと 50  $\Omega$  システムにおける SWR が表示されます。
- 3 表示を 4 桁にするか 5 桁にするかの選択をします。大変に狭帯域の HF アンテナの測定をするのでないならば、通常 4 桁の分解能を使用します。
- 4 できるだけリアクタンスが 0 に近づくように周波数を調整します。リアクタンス 0 というのはあなたのアンテナが共振したときの周波数で起こります。アナライザはあなたのアンテナシステムの給電抵抗と SWR を表示します。

## その他の注意

- 1 4mm のコネクタが意図的に使われていますので、テスト回路の浮遊容量が最小にされています。そのため部品やワイヤーアンテナを便利にこの機器に接続することができます。バランや同軸ケーブルのためのアダプターについては VK5JST のホームページを見てください。
- 2 エアリアル・アナライザに使われている Picaxe は Revolution Education のサイト <http://www.picaxe.co.uk> からダウンロードできる (BAS805.exe と呼ばれる) プログラミングエディターを使って容易に再書き込みをすることができます。VK5JST のウェブサイトには他のアマチュアによって書かれた新しいソフトウェアがたくさんあります。人気のあるオプションはこの機器を立ち上げたとき、最初の画面にあなたのコールサインを含ませるものです。
- 3 実験好きな人はアナライザの周波数範囲を上方や下方に広げたいと試みるでしょう。周波数レンジの切り替えスイッチの部分にはすでにその場所が用意されています。詳細は VK5JST のサイトを見てください。