

Poor man's PLL Sweeper – Performance (#2)

お手軽 PLL スイーパー – 特性 (#2)

武安義幸 / JA6XKQ

再測定

前回の測定において出力レベルの周波数特性に生じたリップルが気になりましたので、測定条件を変えて再測定してみました。

リップルのうち、約200 MHz周期のものは、F型コネクタから先の測定系ケーブルとレベル計(今回はスペクトラム・アナライザで読取り)での各接続点でのインピーダンス不整合による多重反射で生じたものと推定していました。したがって、今回はこの不整合を改善するために 6 dBのパッドを挿入して測定を行いました。

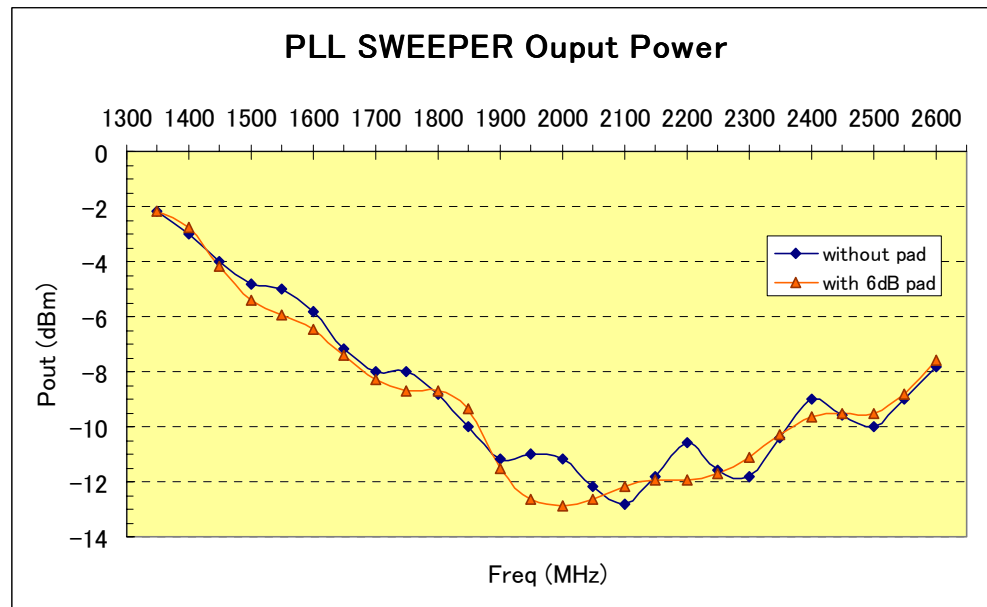


図-1 : 出力レベル周波数特性

た。

出力レベル周波数特性

出力レベルの周波数特性を図-1 に示します。図には前回の測定値(青いライン: 6 dBパッド無し)と今回の測定値(オレンジ色: 6 dBパッド有り)を比較のためにプロットしています。

パッド無しでは約2 dB/200 MHzのリップルであったものが、パッド有りでは0.5 dB程度まで軽減されています。

整合(マッチング)といえは不整合損失を気にしがちですが、特に不整合点間の距離が長く、広帯域でのアプリケーションでは、多重反射による周波数特性のリップルに注意を払うべきでしょう。この観点から、内部の配線については、F型コネクタを 50 Ω系のコネクタに変更し、VCO 出力にパッドを追加するという改善を計画しています。

測定系について

今回のレベル測定はスペクトラム・アナライザではなく、ダイオード・デテクタ(HP 8472A)を使用しました。ケーブルは同一のもので、6 dBパッドを入れているため、読取り値は前回測定値よりも 6 dB低いものになりますが、リップルの具合を比較するために、1350 MHzでの値を同一点にプロットしていることにご注意ください。

簡単な考察

不整合による多重反射で生じたリップルと、パッドによるリターンロスの改善の関係を数字で押さえておきましょう。

図-2 は、進行波(f)と反射波(r)の電圧ベクトルを示したものです。進行波と反射波の位相は、周波数に応じて変化しますので、ベクトルで表現すると、反射波が回転しているように表すことができます。

図-3 は、反射波が回転した結果の合成波を、横軸を周波数として表現したものです。進行波と反射波が同相で合成波は最大となり、逆相で最小となります。結果、周波数に対応してリップ

ルを生じます。

反射係数を Γ (ガンマ) とすると、リップルの最大値と最小値の比は次式となります。

$$\text{リップルの振幅} = \frac{1+\Gamma}{1-\Gamma}$$

リップルの振幅を α として、この式から反射係数を求めると、

$$\Gamma = \frac{-1}{\alpha + 1}$$

これらの式に実測値を代入してみます。パッド無しの場合、リップルの振幅が約2 dBだったので、 α は 1.26 (電圧での真値)。

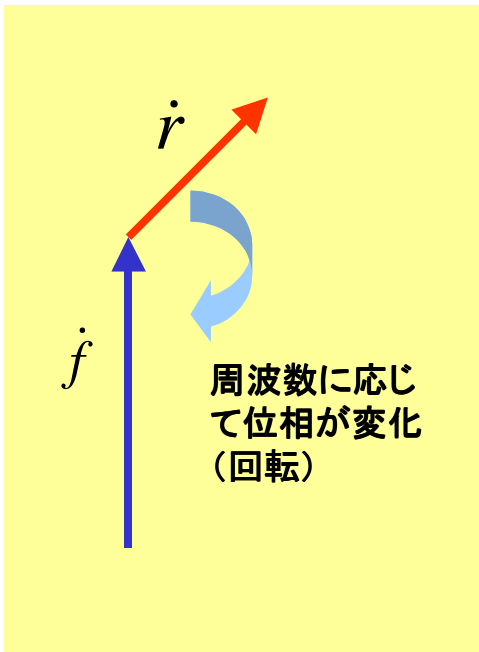


図-2 : 進行波と反射波の電圧ベクトル

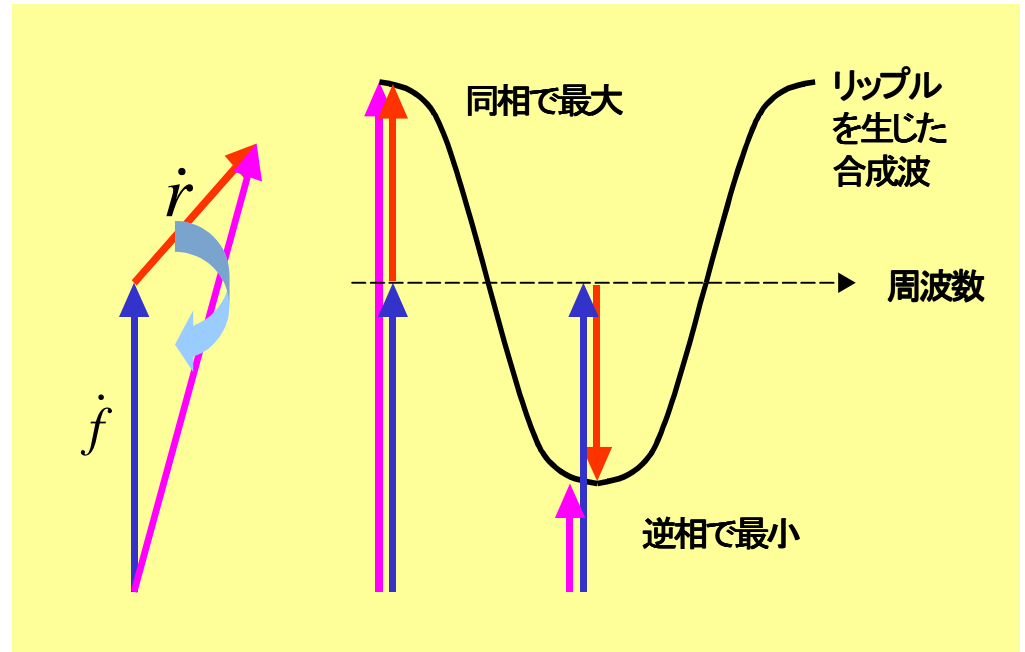


図-3 : リップルを生じる様子

第2式から Γ を求めると 0.115 となり、パッド無しのリターンロスとしては 18.7 dBと算出されます。

ここに 6 dB のパッドを挿入したので、リターンロスは 30.7 dB に改善されています。 Γ としては、0.029 。第1式からリップルの振幅を求めると 1.06 となり、デシベルで表すと 0.5 dB 。

パッド有りでのリップルの測定値と一致しています。

