

電源の安定性

Moku:Lab周波数応答アナライザによる解析

このアプリケーションノートでは、リニア電圧レギュレータのゲインと位相の測定手法を紹介致します。インジェクション・トランスを使用して、フィードバック・ループに小信号を注入し、2つの異なる負荷コンデンサの位相マージンを解析します。



周波数応答アナライザ

Moku:Lab の周波数応答アナライザ(FRA)は、Moku の出力ポートより正弦波を発振し、同時に Moku の入力ポートで受信した信号の振幅(またはパワー)と位相を測定します。これにより、テスト対象のシステムやデバイスの伝達関数を測定し、ボード線図と呼ばれる振幅と位相の対周波数プロットを作成することができます。このアプリケーションでは、リニア電圧レギュレータのフィードバックループに掃引正弦波を注入し、制御ループの位相マージンを評価します。

リニア電圧レギュレータの設計では、電圧のレギュレーションを維持するためにフィードバックループが組み込まれています。制御ループの応答を測定するには、外乱信号(Disturbance signal)を注入する必要があります。これは通常、制御ループに小さな値の抵抗を挿入することで実現します。これは注入抵抗(Rinj)と呼ばれ、この抵抗を介してテスト信号や外乱信号を注入することができます。

Moku:Lab は、殆どのテスト機器と同様に、入力と出力が接地されています。注入抵抗(Rinj)には接地接続が無い場合、Moku の出力を分離する方法が必要です。これは変圧器を使用して行われますが、本アプリケーションノートではピコテスト社のインジェクション変圧器(モデルJ2101A)を使用しています。

*周波数応答アナライザの紹介ページはこちら

URL : <https://www.marubun.co.jp/product/system/a7ijkd000000min0.html>

テストデバイスとセットアップ

テストに使用するデバイスは、Picotest VRTS 1.5 ボードで、図 1 はその回路図となります。このボードは、BJT (Q1)を制御するシャントレギュレータ(U1)を実装しています。入力電圧範囲は7~10Vで、出力は抵抗R3とR4で3.3Vにプリセットされています。このVRTSボードはプロービングに適したブレイクアウトポイントを提供し、また、注入抵抗R2は4.99Ωの値でフィードバックループにあります。テストポイントTP3とTP4は、インジェクタ・トランスと測定プローブの両方に接続されています。

S1には、出力コンデンサC2またはC3(両方とも100μF)を選択するオプションが用意されています。C2はアルミ電解コンデンサ、C3はタンタルコンデンサです。さらに、25mAの負荷を供給するためにR6を選択することができます。LED は VRTS が電源を入れて動作していることを示します。

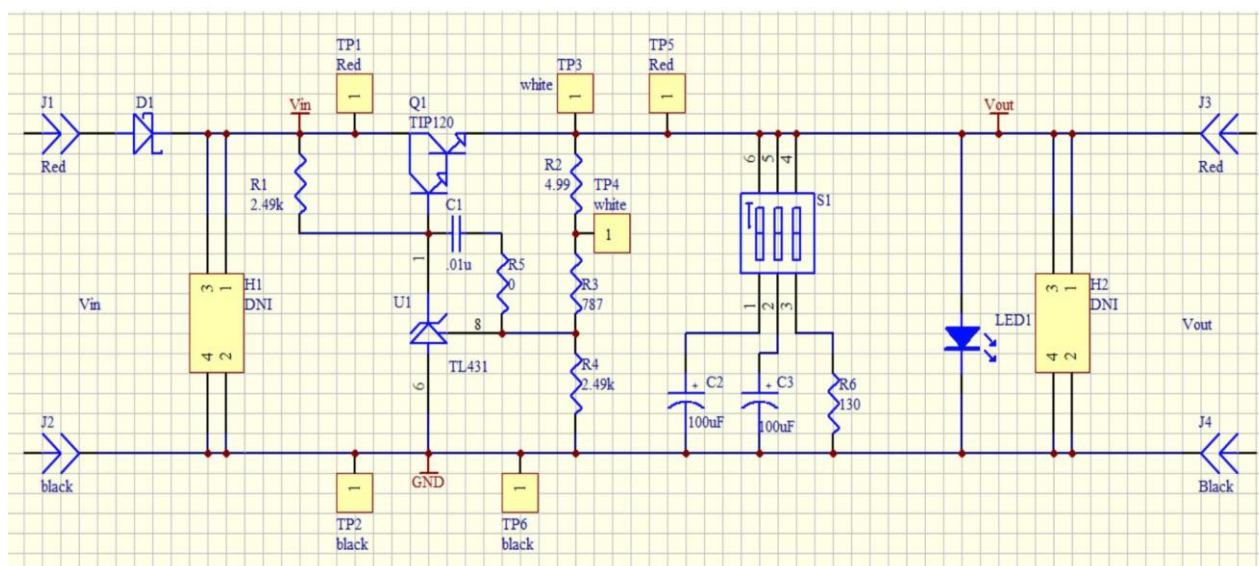


図 1: VRTS1.5 の回路図



図2: ラボでのセットアップ

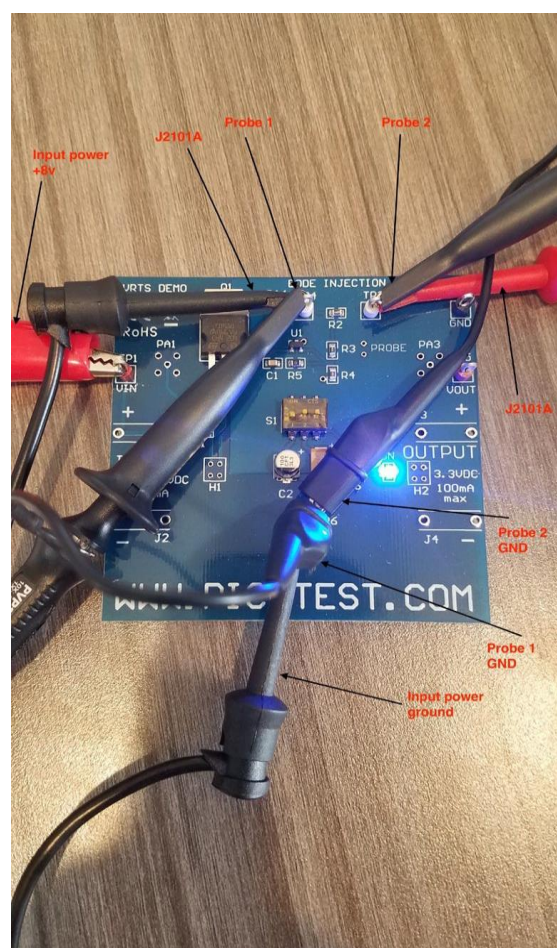


図3: クローズアップ図

図2はMoku:Lab、Picotestトランス、VRTS1.5評価ボードを使用したテストセットアップを示しており、図3は接続詳細を示しています。Moku入力#2プローブはTP3に、Moku入力#1プローブはTP4に接続されています。

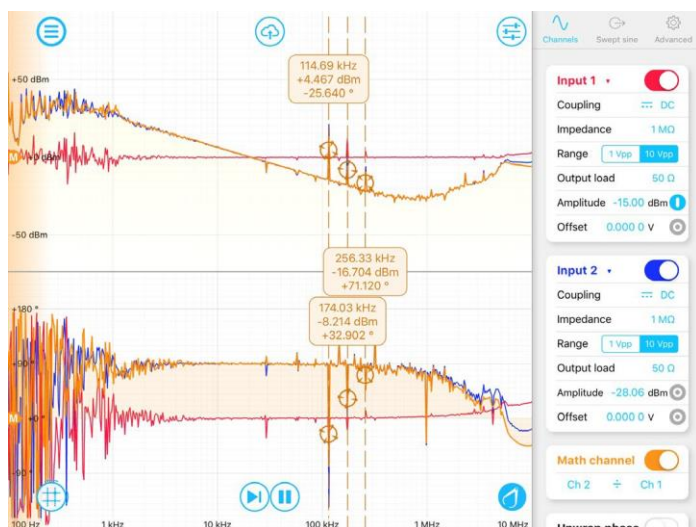
Moku:Labの出力#1では、インジェクショントランスを介して掃引正弦波を駆動し、そのタイミングで注入抵抗 (Rinj) 挿入しています。

ここではレギュレータの伝達関数に着目したいので、Moku:Labの入力#2と入力#1を使用し、注入抵抗の両側の信号を測定しています。

* なお、Moku:LabはiPadをベースとしたユーザーインターフェースを採用しており、ボードや伝達関数をプロットするため、入力2/入力1の計算が可能な演算チャンネルを設けております。

初期プロットの結果

Moku:Lab の周波数応答アナライザは、-15dBm の信号強度で 100 Hz から 10 MHz をスイープするように設定されています。この設定と結果を図4に示しています。プロット全体に大きなノイズがあり、特に1kHz以下ではかなりのノイズが発生しています。明らかに理想とは程遠い結果となっています。



演算チャンネル(オレンジ)は制御ループの伝達関数を示しています。

入力1(赤)・入力2(青)にてそれぞれスイープ結果を示しています。

* このプロット結果ではノイズが多く、モニタ値を調整する必要があります。

* Moku:Labのインターフェイスでは、測定用のカーソルを素早く簡単に配置することができます。

図4: 初期プロット

改善後のプロット

アベレーシング(平均化)を調整し(200msまたは100サイクル最小)、セトリング時間をわずかに長くする(20msまたは20サイクル最小)ことで、プロットにおけるノイズの影響を大幅に軽減することができます。



平均化とセトリング時間を調整した結果、ノイズが大幅に低減している事を確認。

0dBのクロスオーバーポイントにて、わずかな非線形が確認できます。これは、掃引正弦波が大きすぎる為に発生したと推察できます。

位相プロットでは、100-300kHzの範囲に明らかなノイズが確認できます。

次の図にて、上記事象を解消するために、より詳細な調整を行います。

図5: ノイズ低減(僅かにオーバードライブ)

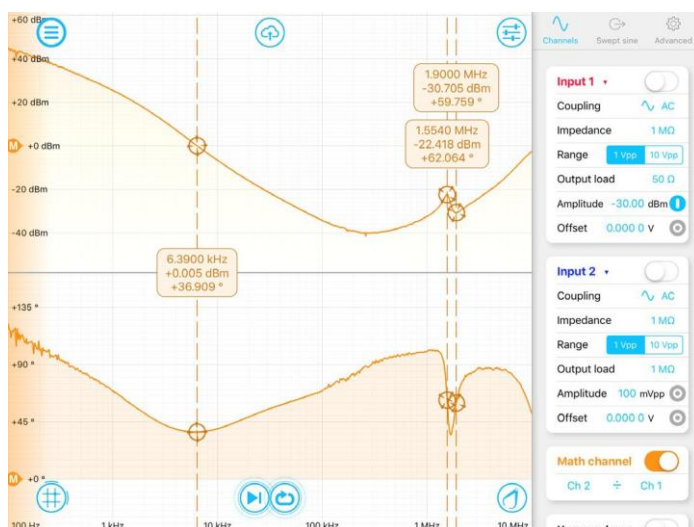


図6: タンタルコンデンサの最終ボード線図

ここで、負荷コンデンサを変更した場合のレギュレータの応答差異を確認します。先ほどのプロットでは、S1-2 を介してタンタル 100 μ F の負荷コンデンサを有効にしましたが、今回は S1-1 を介して電解コンデンサを有効にします。(その結果を図 7 に示します。)

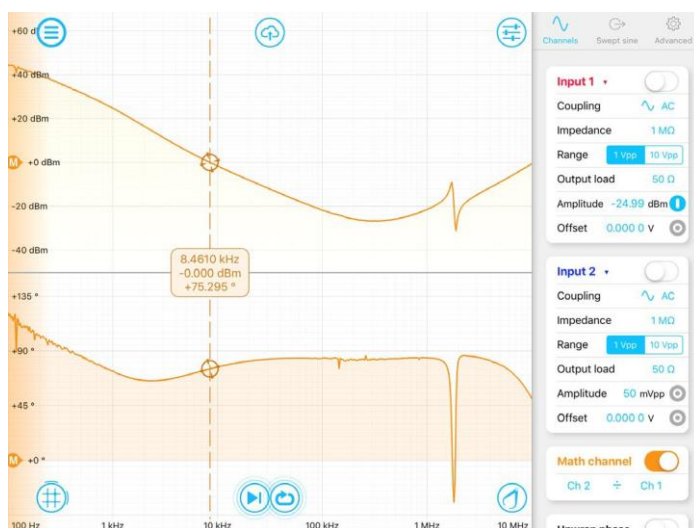


図7 : 電解負荷コンデンサを用いたボード線図

図5にて設定したアベレーシングとセトリング時間に加えて、1Vppの入力範囲にてACカップリングを使用し、-30dBmまで、駆動掃引正弦波を低減させています。

* 0dBのクロスオーバーは6.39kHzでリニア

* 位相マージンは36.9度

0dBのクロスオーバーは8.461kHzでリニアになり、位相マージンは75.295度と大幅に拡大しました。

サマリー

このアプリケーションノートでは、Moku:Lab の周波数応答アナライザとインジェクショントランスを用いて、リニア電圧レギュレータの周波数応答を解析しました。掃引された正弦波の出力電力を調整し、適切なサンプルアベレーシングを行うことで、レギュレータの伝達関数をボード線図上に、明確にプロットすることができました。

併せて、出力負荷容量の異なる2種類のコンデンサの位相マージンの差異も確認しています。

Moku:Labのインターフェースを使用すれば、装置のセットアップを素早く簡単に実施可能です。また、iCloudのスクリーンキャプチャを介してボード線図の共有も可能です。（本ドキュメントで使用されているグラフィックも同様の方法で効果的に準備しています） 解析内容の共有、レポートや論文の作成時に活用できる機能となっております。

ご意見・ご質問はこちらまで

丸文株式会社

システム営業第1本部 営業第1部 特機課

TEL: 03-3639-9814

Fax: 03-3661-7473

Mail: micro_wave@marubun.co.jp

<https://www.marubun.co.jp/>