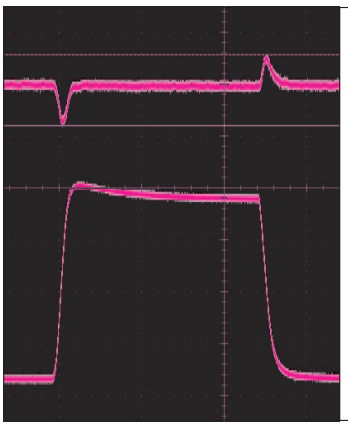
見本 PDF



第9章 市販の教育用ツールと簡単なアダプタを自作して安価に電源のボード線図を作る

レギュレータの動作安定性を実測して検証する

大貫 徹

レギュレータへ適切なマージン設計がなされないと，必要な性能が発揮されない，あるいは発振しないなどの問題を引き起こします．ここではマージンの測定方法を紹介し，性能調整方法を見ます．実験には Analog Discovery というツールを使用します．

● 動作検証の必要性

電源ICとしてシンプルなリニア・レギュレータを使う場合，ほとんどの人が位相補償を考慮せずに使っていると思います．しかし，スイッチング・レギュレータを使う場合は，外付け部品や負荷容量などにより，仕様の負荷変動範囲において安定した動作が期待できるかどうか確認する必要があります．

基本的に，レギュレータは負帰還がかかった直流増幅回路を構成しており，負帰還がかかっている範囲では期待した動作をします．しかし，位相遅れ要素の存在によって負帰還がやがて正帰還となってしまうような周波数で，増幅率が1であれば発振してしまいます．このような事態にならないよう，メーカから指定された計算方法や設計・計算ツールなどを用いて，ある程度までは周辺部品のパラメータを追い込むことができますが，果たして実際の回路は設計通りの特性になったのでしょうか．

レギュレータの安定性を決める尺度としては，ボード線図と呼ばれる負帰還回路の位相利得曲線を描き，位相余裕（フェーズ・マージン）と利得余裕（ゲイン・マージン）と呼ぶ二つの指標の値で判断するのが一般的です．**図1**の上半分が利得曲線を表し，下半分は位相曲線を表しています．

位相余裕とは，利得曲線が周波数の上昇に従って利得0 dBとクロスする周波数で，位相0度（360度遅れて正帰還になる位相）に対して何度の位相余裕が残っているかどうかを表します．

利得余裕は，位相曲線が完全な正帰還となってしまう0度をクロスする周波数で，利得が1（0 dB）の状態から何dB減衰できているかを表します．一般的に，位相余裕は30度以上あれば十分安定しており，20度程度でもほぼ支障は出ません．利得余裕は，位相0度において－20 dBまで減衰していれば安定状態と言えます．では，どのようにすれば実際の電源回路がこのようなボード線図の特性になっているかを測定できるでしょうか．

● ネットワーク・アナライザ

ボード線図を表示できる測定器としてネットワーク・アナライザを利用するのが一般的です．このような測定器は，どちらかというと高価な部類です．電源回路のような比較的低い周波数を対象としたネットワーク・アナライザとしてはFRA（周波数応答解析器）という機器が販売されています．高周波を対象とした測定器に比べると安価であっても，個人で入手できる人は限られるでしょう．

● Degilent社のAnalog Discoveryを使う

そこで今回紹介するのが，比較的安価に入手でき，教育用ツールとしてDigilent社から発売されているAnalog Discoveryです（**写真1**）．これはパソコンとUSB接続してアナログ入出力が可能な機器です．**表1**のように多機能な実験を行うことができます．付属ソフトウェア（Wave Forms）にネットワーク・アナライザがあり，これが電源回路のような帯域の分析ツールとしてちょうどよい性能を持っています．

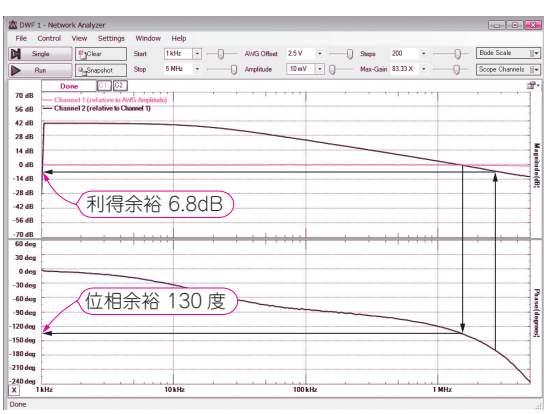


図1　ボード線図の例と位相余裕，利得余裕
各曲線状にカーソルを当ててクリックすると，周波数と利得/位相が表示される．縦軸方向の目盛り・スパンはゲイン；14 dB，位相；30 deg.