

連載 再開!



シミュレーションを正しく使うために

PSpiceではじめる 回路動作解析入門

第8回 発振/スイッチング回路の 「周期定常状態解析」

菅谷 英彦 Hideyoshi Sugaya

発振回路やスイッチング回路の解析の難しさと「周期定常状態解析」

SPICE系シミュレータの解析(特にAC解析)は、線形時不変(Linear Time Invariant)な回路を対象としています。線形時変(Linear Time Variant)な回路にSPICEのAC解析を実行しても、適切な解を得ることができません。

要は、発振回路やスイッチング回路のような入力にかかわらずほぼ一定の周期で時間変化し続ける回路では、AC解析によって周波数特性を求めることはできないということです。そういった周期定常状態(Periodic Steady State)をもつ回路を解析するために、周期定常状態解析(Periodic Steady State Analysis)というものがあります。本稿ではこの周期定常状態解析について解説します。

周期定常状態解析は、PSpice for TIには用意されていませんが、複数の商用SPICEやngspice、Qucsなどのいくつかの回路シミュレータでは実行できます。これからますます重要になる解析ですので、SPICEの機能として紹介します。

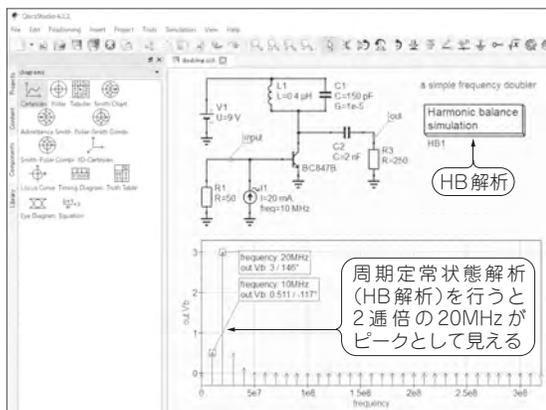


図1 HB法による周期定常状態解析①…10MHz周波数2通倍回路の解析

QucsStudioにて、Components of SimulationsからHBを選択し回路に配置して設定

周期定常状態解析の特徴

● できること

周期定常状態解析は周期的信号をもつ信号源が与えられた強制振動系(non-autonomous system, 回路の場合はdriven circuit)や自励振動系(autonomous system, 回路の場合は発振器)の周期定常状態を解析します。計算から得られた周期定常状態を基に、周期小信号AC解析を実行して周期定常状態の伝達関数を計算することができます。しかし、定常状態になる時間を求める方法ではないことに注意してください。例えば、発振器が何ms後に定常状態になったなどの定常状態になる時間は求めることができません。

● その1: 周波数領域で計算するHB法(ハーモニック・バランス法)

周期定常状態解析は、大きくハーモニック・バランス法(調波平衡法)とシューティング法の2種類の計算方法に分けられます。それぞれに特徴があります。

ハーモニック・バランス法は周波数領域の求解法で、HB解析と呼ばれることがあります。ハーモニック・バランス法では、解はフーリエ級数と仮定して定常状態解を計算します。信号がほぼ正弦波のような弱非線形の信号をもった回路の周期定常状態を解析することに向いています。解析精度は、解析する高調波数が主に影響します。

● その2: 時間領域で計算するシューティング法(PSS解析)

シューティング法(狙い撃ち法)は時間領域の求解法で、非線形振動系の周期解を求める数値解法の1つです。回路方程式では、ニュートン法の反復法と合わせて周期解を求めます。

シューティング法の解析はPSS解析と呼ばれることが多いです。矩形波や三角波のような強非線形の信号をもった回路の状態を解析することに向いています。

今回からは、PSpice for TIだけに限らない SPICEシミュレーション解析を紹介します。一部の結果は、日本ケイダンス・デザイン・システムズ社の協力を得ました。