

# PSpice 活用

使いたい部品のモデルを組み込んでより正確に

# ワンランク・アップ!

## 第6回 アナログ・ビヘイビア・モデルの応用

森下 勇  
Isamu Morishita

アナログ・ビヘイビア・モデルは、抵抗/コンデンサ/トランジスタなどの標準的な部品を使って回路を解析するだけならば、必要ないでしょう。

むしろ、電子部品以外のもの…例えば理論上の素子や電子回路でないものを表現するときに、その実力を発揮します。今回は、そのような例を紹介します。

〈編集部〉

### 理想的なリミッタを簡単に作る

● 入出力の関係を折れ線で表せるなら GTABLE が便利  
GTABLE は、入力値と出力値をテーブルに記述することによって表す **ルックアップ・テーブル** と呼ばれるアナログ・ビヘイビア・モデルの PSpice 等価パーツです。

図 6-1 に示すのは、GTABLE を使った電流リミッタ回路です。

$V_1$  は、DC 解析および過渡解析用の入力信号を発生させる信号源です。SOURCE ライブラリ内の VPWL シンボルを使っています。過渡解析に使用する波形は、三角波としました。 $V_1$  の設定を図 6-2 に示します。

電流リミッタには、ABM ライブラリの GTABLE デバイスを使っています。回路記号 G1 となっている電圧制御電流源です。これはアナログ・ビヘイビア・モデルの等価パーツの一つで、ルックアップ・テー

ブル形式のモデルです。

GTABLE デバイスを配置すると、シンボルの下に EXPR の項目の  $V(\%IN_+, \%IN_-)$  が表示されています。 $V(\%IN_+, \%IN_-)$  の部分に数式を書き入れて、部品同士の接続の関係を定義することもできますが、ここでは配線により入力信号源に接続します。これで  $V(\%IN_+, \%IN_-)$  の部分に入力信号が加わります。

G1 のシンボルをダブルクリックすると現れる Property Editor の TABLE 欄には、デフォルト値である、

$(-15, -15) (15, 15)$

が記入されています。図 6-1 ではこれを書き換えて、

$(-2\text{ V}, -100\text{ mA}) (2\text{ V}, 100\text{ mA})$

としています。この記述は、G1 の入力電圧と出力電流のペアを示しています。つまり、

- G1 の入力電圧が  $-2\text{ V}$  のとき、出力電流は  $-100\text{ mA}$
- G1 の入力電圧が  $2\text{ V}$  のとき、出力電流は  $100\text{ mA}$

となります。その間は 2 点を直線で結んだ値になります。 $-2\text{ V}$  以下は指定されていないため  $-100\text{ mA}$  一定に、 $2\text{ V}$  以上では同様に  $100\text{ mA}$  一定になります。

ここでは 2 点だけを指定しましたが、さらに多くの点を指定することも可能です。

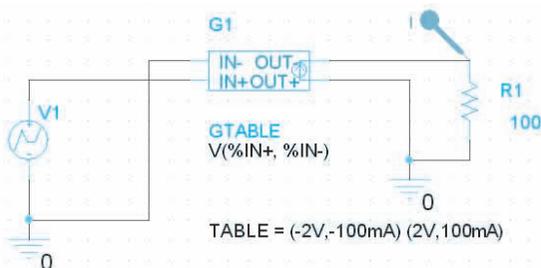


図 6-1 GTABLE を使ったリミッタの実験回路図

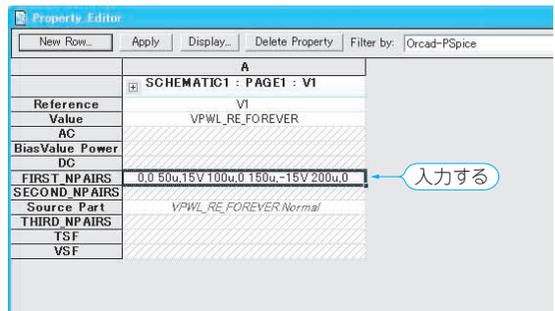


図 6-2 図 6-1 で信号源に使っている三角波の設定

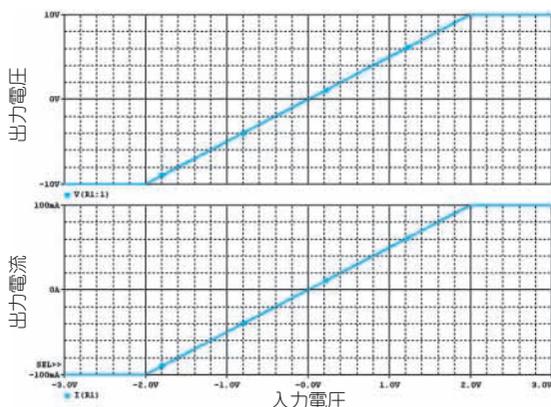


図6-3 図6-1のDC解析結果

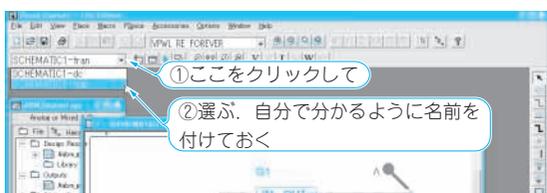


図6-5 解析の切り替え

### ● 解析の実行

図6-3に示すのは、図6-1のDC解析結果です。入力電圧と出力電流、出力電圧の関係が表示されています。シミュレーション名はdcとしました。負荷抵抗100Ωのときは、電圧ゲイン5倍の増幅器です。

次に、同じ回路図を使って過渡解析を行います。

Captureメニューから [Pspice] - [New Simulation Profile] をクリックして、シミュレーション名を tran と入力してください。最終時間は 300 μs とします。解析結果を図6-4に示します。±100 mA で正確にリミットがかかっています。

なお、図6-5に示すように、Captureのツール・バーにあるプルダウン・メニューを使用すると、同じ回路で複数の解析結果を切り替えることができます。

## LCR直列回路を アナログ・ビヘイビア・モデルで表す

### ● 回路方程式で記述された回路を簡単に解く

SPICEは、回路図を作成してシミュレーションを実行すれば、各ノードの電圧と電流を求めてくれます。古典的な解析方法では、回路方程式を立ててそれを解く必要があったのですが、その必要がないわけです。

しかし本項では逆に、Pspiceのアナログ・ビヘイビア・モデルを使って回路方程式を表し、それを解いてみましょう。

これは実用というよりも、回路方程式やアナログ・ビヘイビア・モデルを理解するのに役立ち、微分/積

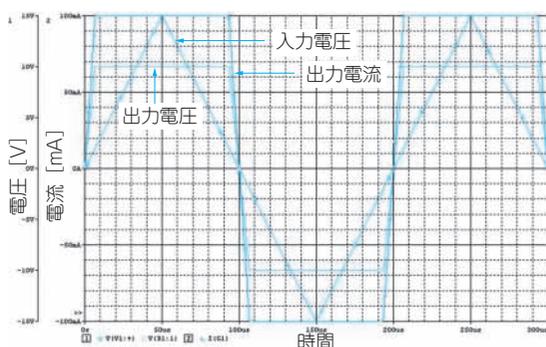


図6-4 図6-1の過渡解析結果

分方程式によって、回路以外のシステム解析をSPICEで行う場合のヒントになります。

### ● 題材は LCR 回路

回路は、図6-6(a)に示したLCR直列回路です。積分と微分の両方の要素が含まれていて、過渡解析の例として定番になっているものです。

時間0でスイッチをONし、10Vの直流電圧を加えたときの過渡現象を解析します。回路方程式は、以下のようになります。

$$E = Ri(t) + L \frac{di(t)}{dt} + \frac{1}{C} \int i(t) dt \quad \dots\dots (6-1)$$

この式を変形すると次式が得られます。

$$\frac{di(t)}{dt} = \frac{E}{L} - \frac{R}{L} i(t) - \frac{1}{LC} \int i(t) dt \quad \dots\dots (6-2)$$

この式(6-2)をアナログ・ビヘイビア・モデルを使って表したのが図6-6(b)です。

パーツ ABM3 が3入力の加算器、パーツ INTEG が積分器です。ABM3の出力ポイントを  $di(t)/dt$  と設定して構成しています。ABM3で各項の加算を行い、INTEG1の出力が  $di(t)/dt$  の積分で  $i(t)$ 、INTEG2の出力がさらにその積分で  $\int i(t) dt$  を表します。

#### ▶ 微分表示もできる

Pspiceには微分器 DIFFER もあるので、これを使って同様に表すことができます。

式(6-1)を変形すると次式が得られます。

$$\int i(t) dt = CE - CL \frac{di(t)}{dt} - CRi(t) \quad \dots\dots (6-3)$$

この式(6-3)をアナログ・ビヘイビア・モデルを使って表したのが、図6-6(c)です。パーツ ABM3 が3入力の加算器で、パーツ DIFFER が微分器です。ABM3の出力ポイントを  $\int i(t) dt$  と設定して構成しています。DIFFER1の出力が  $\int i(t) dt$  の微分で  $i(t)$ 、DIFFER2の出力がその微分で  $di(t)/dt$  を表します。

回路を流れる電流の解析結果を図6-7に示します。

アナログ・ビヘイビア・モデルの出力は、電流では