

LTspice活用コーナ

高精度化の
ヒントも



最新/製造中止品から国産/アジア製まで、データシートにフィッティング!

基本動作から温度テストまで! トランジスタSPICEモデルの 作り方

加藤 隆志 Takashi Kato

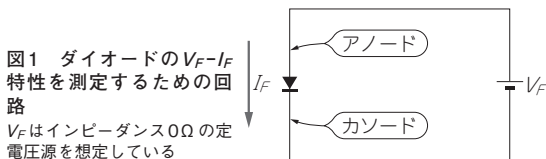


図1 ダイオードの V_F - I_F 特性を測定するための回路
 V_F はインピーダンス0Ωの定電圧源を想定している

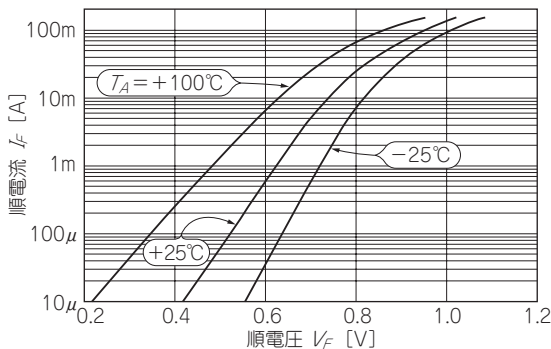


図2 本稿の例題ダイオード1SS352(東芝)の V_F - I_F 特性
 $V_F=0.5\sim 0.7$ VでダイオードがONする。通常の使用温度範囲で V_F が0.2V以上も変動することを考慮して回路設計する。本データを利用してダイオードのSPICEモデルを作成するためのパラメータを抽出する

本稿では電子回路設計でよく使う半導体部品「トランジスタ」と「ダイオード」のシミュレーション・モデルの作成方法について紹介します。

LTspiceには、日本製のバイポーラ・トランジスタは数えるほどしかライブラリに登録されていません。半導体メーカーからSPICEモデルが入手できないこともあります。

今回はデータシートの特性データからSPICEモデルを推定し算出する方法を解説します。カーブ・データから比較的正確にパラメータを推定できるのは主に直流特性です。ここでは過渡応答などの交流特性についても可能な限り解説します。

作成するSPICEモデルはDC～数MHzまでの電源、オーディオ/計測アンプなどのアナログ回路の基本動作だけでなく、温度特性に効くパラメータも調整できるため、高信頼な回路設計にも利用できます。

まずダイオード・モデルから

■ キーとなる特性データ

ダイオードのモデルを考える際に、最も気にする項目は V_F - I_F 特性や温度特性です。そこに焦点を当ててSPICEモデルの作り方を説明します。

● 半導体と温度

1個の電子が1Vの電圧で加速されたときのエネルギーは $q = 1\text{eV}$ です。これは $1.6 \times 10^{-19}\text{J}$ というエネルギーをもちます。

KT は絶対温度とボルツマン定数の積で、温度 T のときの熱エネルギー [J] を指します。これらのエネルギーどうしの比を取ると次式で表せます。

$$V_T = \frac{KT}{q} \dots\dots\dots (1)$$

式(1)から $T = 300\text{K}$ (室温 27°C)のときの電圧は 26mV です。これは電子1個を 26mV で加速したエネルギーと、 300K の熱エネルギーが同じと言い換えることもできます。

半導体の動作にはこの、 $V_T = KT/q$ が常に関わってくるため、温度に対してリニアな特性の変化があります。半導体のSPICEモデルではこの温度に対するモデル化が大変重要です。

● V_F - I_F 特性

ダイオードのデータとしては、図1に示す V_F - I_F 特性がよく知られています。図2にその測定回路を示します。シリコン・スイッチング・ダイオードの場合、 $V_F > 0.7\text{V}$ で I_F が流れ始めます。

この特性は次式で表すことができます。

$$I_F = I_S \left(e^{\frac{V_F}{NV_T}} - 1 \right) \dots\dots\dots (2)$$

I_S は大きな温度特性を持っている

V_F はダイオードの両端に加わる電圧、 V_T は前述した式(1)で温度によって変化する値です。

SPICEパラメータの伝達飽和電流 I_S とエミッショ

【セミナー案内】 ビギナのためのトランジスタ回路設計
—— トランジスタの基礎から、エミッタ接地増幅回路まで

【講師】 鈴木 雅臣 氏, 9/9(土) 4,000円(税込み) <http://seminar.cqpub.co.jp/>