

第 7 章

トランジスタ・モデルの分類


本章では、モトローラ社の研究員であった Ian.E.Getreu によるトランジスタ・モデルの分類について紹介する。この分類の方法は、回路設計者にとってわかりやすく、回路設計に適用しやすい形に分類されている。大きくは EM1, EM2, EM3, それにガンメル・ブーン・モデルというように分かれている。

Getreu の考案したトランジスタ・モデルの分類は、発明された時代順ではなく、理論的に簡単なモデルから複雑なモデルへと変化させた構成になっている。


7.1 EM1 モデル

EM1 モデルはエバース・モル・モデルの中でもっとも簡単で非常によく使用されているトランジスタ・モデルである。injection, transport, static という三つのモデルがあり、形こそ違いますがすべて同じ内容を表現している。

7.1.1 Injection version of EM1 model

このモデルは、 7.1 に示すように二つの逆向きに接続されたダイオードと、そこに流れる電流を基準にした従属電流源によって表されている。

この injection version と次の transport version では、ベース接地の直流電流増幅率 α が用いられていることと電流源を二つも使っているため、やや使いにくいモデルになっている。実際の測定においても、 α は 1 に非常に近いため測定が難しいパラメータである。

このモデルが transport version に変形され、さらに Ebers-Moll static へと発展していくことになる。 7.1 の injection version の等価回路は、式 (6.36), 式 (6.37)

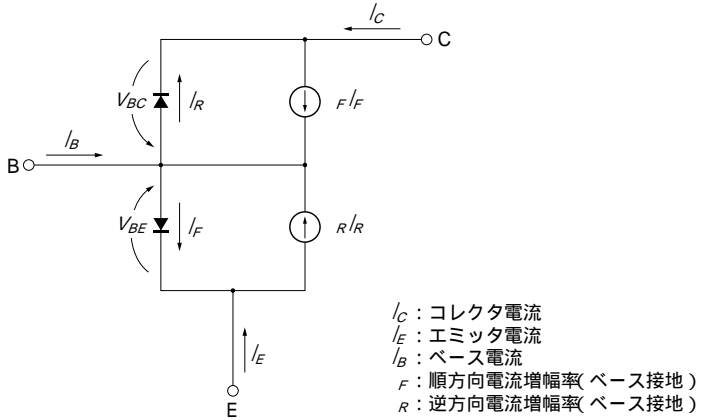


図7.1 EM1 Injection version

から次に示す式によって与えられる .

$$I_C = \alpha_F I_F - I_R \quad \dots\dots\dots (7.1)$$

$$I_E = -I_F + \alpha_R I_R \quad \dots\dots\dots (7.2)$$

$$I_B = (1 - \alpha_F) I_F + (1 - \alpha_R) I_R \quad \dots\dots\dots (7.3)$$

ここで、 I_F と I_R はダイオードに流れる電流で次の式で示される値になる .

$$I_F = I_{ES} \left[\exp\left(\frac{qV_{BE}}{kT}\right) - 1 \right] \quad \dots\dots\dots (7.4)$$

$$I_R = I_{CS} \left[\exp\left(\frac{qV_{BC}}{kT}\right) - 1 \right]$$

ただし、 I_{ES} : ベース・エミッタ接合における短絡飽和電流

I_{CS} : ベース・コレクタ接合における短絡飽和電流

ここで、バイポーラ・トランジスタの飽和電流 I_S は次のように定義される .

$$I_S = \alpha_F I_{ES} = \alpha_R I_{CS} \quad \dots\dots\dots (7.5)$$

したがって、コレクタ電流 I_C は、

$$I_C = I_S \left[\exp\left(\frac{V_{BE}}{V_T}\right) - 1 \right] - I_R \quad \dots\dots\dots (7.6)$$

となる .