

Nyquist 図 に軸線と円を描く

すでに「Frequency-TABLE」の項目でも述べたように、.AC解析結果は複素数で与えられるが、シミュレーションポイントの周波数ごとに、その複素数を「絶対値、位相」を横軸を周波数で表す・・・Bode表示か、「実部、虚部」の値を別々に横軸を周波数で表す・・・Cartesian表示か、「実部虚部」を複素平面にプロットしたように表示する（あるいは絶対値を半径として、位相を実軸（+側）を基準にした角度とみなしても等価）・・・Nyquist表示の3つの方法があり、グラフ表示の選択を行えるようになっている。

フィルター特性などを、Nyquist表示にすると、その表示結果（グラフの曲線）は、螺旋形の曲線を一部切り取ったように見えるが、曲線中に周波数表示がなく、かつ、縦軸・横軸も表示されず、絶対値の基準（目盛り）になる原点を中心にした半径1（など）の円も表示されない。

さらに、シミュレーションにおけるNyquist図は、単純な実軸・虚軸の一つの複素平面として見るのではなく、Bode線図との関係としてとらえなければならない。すなわち、周波数は完全に「0(=DC)」にはならず、絶対値も限りなく「0」に近づいても、「0」や「マイナス」になることはできない。これは、Bode線図で周波数特性を描くとき、横（周波数）軸も、縦（利得）軸もその真数（対数をとる前）は、その大きさは正の値になっているということである。言い換えると、原点はその点としての大きさはそもそもないが、深い穴ようになっておりその穴を通過して軸線を描くことはできない。したがって、Nyquist図上に、軸線を描く場合には4方向にそれぞれ直線を描く必要があり、「Frequency-TABLE」項のような回路図と、それによって得られたNyquist図になっている。

この項では、Nyquist図の見にくさを、少しだけでも改善する手法を示す。

Nyquist 図 に描く軸線の注意点

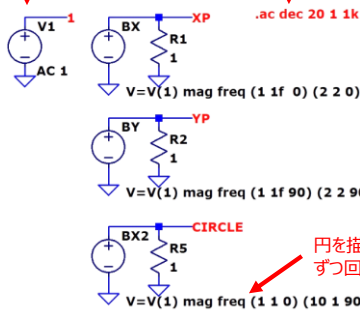
.AC解析のための基準「AC=1」の電源

ノード名「1」は各BVの基準値とするために使う

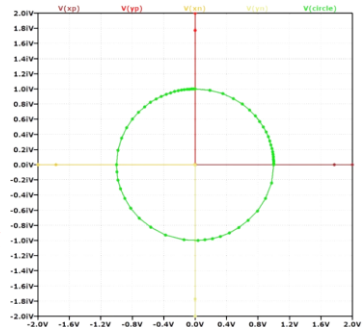
.AC解析の周波数範囲は、単に例題として1Hz～1kHzを設定し、20pts/decにしている。

BV電源のBX,BX1,BY,BY1にそれぞれノード名をつけ、XP,XN,YP,YN・・・（X・Y軸の正・負の意味）とした。

周波数は、.ACの範囲内であれば任意で、今回は1Hzと2Hzを使う。最小値は「1f」とし、軸の長さを「2」にした。角度は、それぞれの向きに相当する。

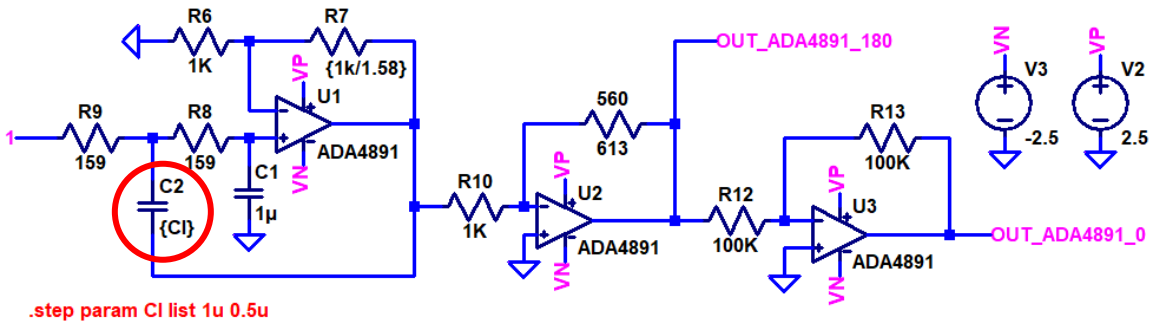


円を描くには、大きさは「1」のままで、周波数の一桁ごとに90度ずつ回転させ、最後は360度まで一周するようにしてある。

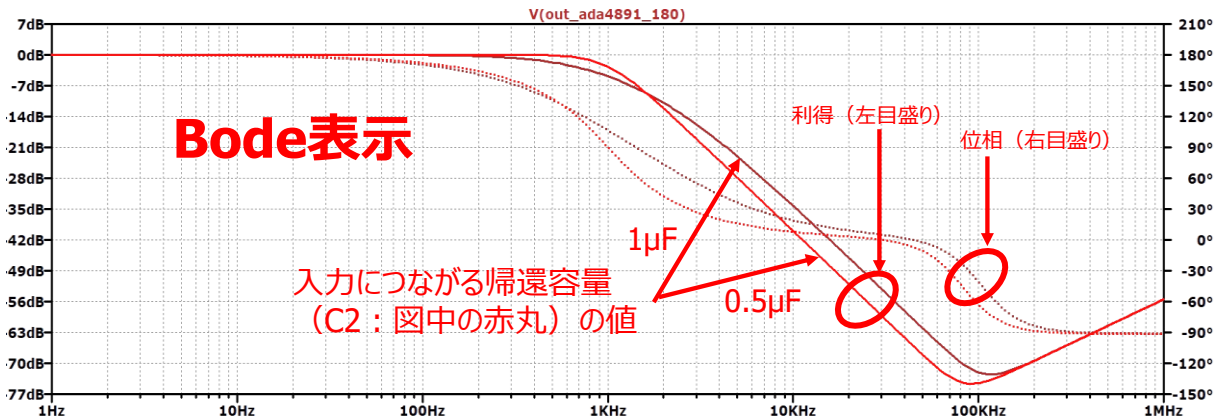


フィルター特性を表示してみる Bode と Nyquist の比較(1)

まず、例題としてのフィルター回路として、下図に示すサレンキー・タイプの回路を用意した。このフィルター構成で、入力につながる帰還容量（図中の赤丸）を変えて、特性の違いを比較するシミュレーション例である。
(ただし、この回路例は、完全なバタワース特性にはなっていないことに注意)
最終段にGain=1で位相を反転する増幅回路を入れたのは、Nyquist表示の差を示すためである。



フィルター特性を表示してみる Bode と Nyquist の比較(2)



グラフ表示は前ページの最終段のンプを通った特性は表示していない

フィルター特性を表示してみる Bode と Nyquist の比較(2)

Nyquist表示

目盛り線を、この項の初めに説明した方法で書き加えてある

入力につながる帰還容量
(C2 : 図中の赤丸) の値

1 μ F

0.5 μ F

半径=1の円 (0dBに相当する)
円の内側は利得が1よりも小さい領域

