

LTspice の使い方(上級)

v1.2 Oct.2020

【目的】

電子回路シミュレータ LTspice(無償・素子数制限なし)の使い方を習得する。

【インストール】

インターネットで“LTspice”で検索または、下記リアテクノロジーホームページから **ダウンロード!** LTspice XVII を選択する。

URL → <https://www.analog.com/jp/design-center/design-tools-and-calculators/ltspice-simulator.html>

パッケージング、クオリティ、シンボル & フットプリント

回路設計 / 計算ツール

- アンプ & リニアツール
- クロック&タイミングツール
- データコンバータツール
- **LTspice**
- パワーマネジメントツール
- RF / シンセサイザツール

プロセッサとDSP

LTspiceを使用する利点

通常のSPICEシミュレータと比較して、スイッチング・レギュレータのシミュレーションが非常に高速化され、ほとんどのスイッチング・レギュレータの波形を数分で表示できます。このビデオでは、アナログ回路設計でLTspiceを使用する利点と、どれだけ気軽に使用開始できるかをご説明します。



Download LTspice

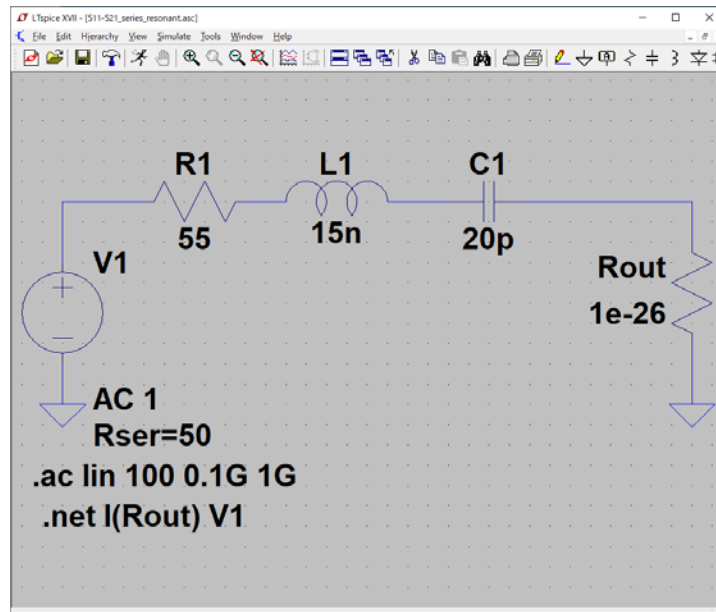
Download our LTspice simulation software for the following operating systems:

- Windows 7, 8 and 10用 ダウンロード** 更新日: 2020年10月03日*
- Mac OS X 10.7+用 ダウンロード** 更新日: 2020年09月26日*
- Windows XP用 ダウンロード (サポートは終了しております)

*date displayed reflects the most recent upload date

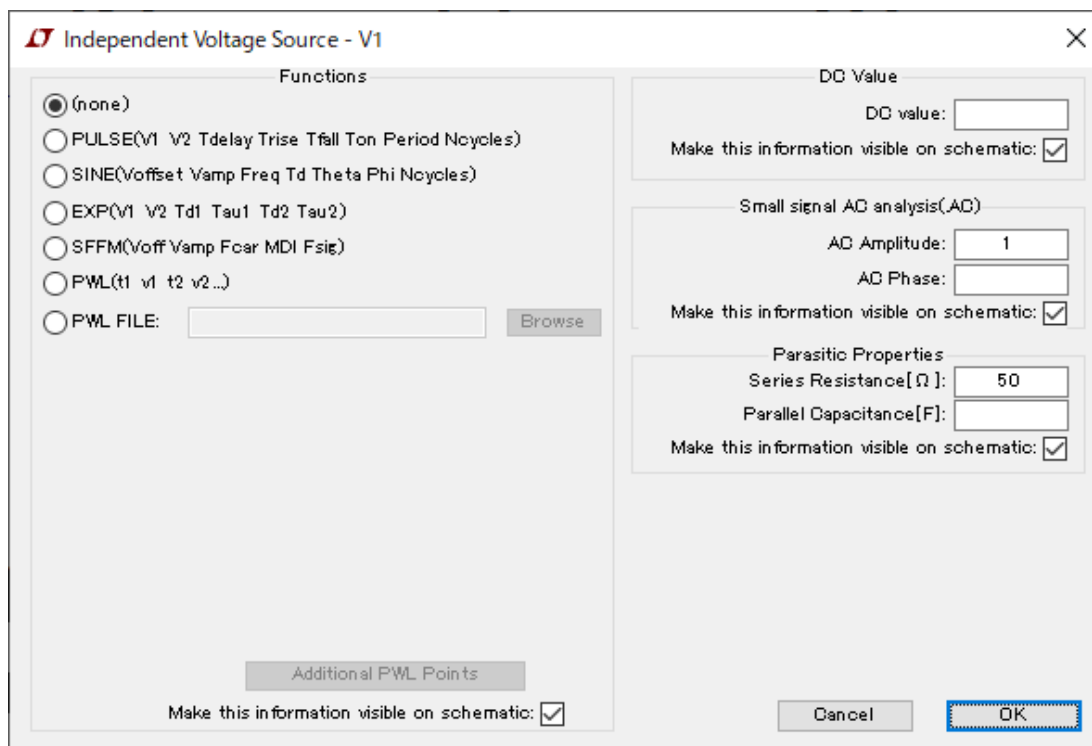
【例題 1】 次の直列共振回路の S パラメータ特性を解析する。

V1=1 V, R1=55Ω, L1=15 nH, C1=20 pF, Rout=1e-26 とする。(必要に応じてこれらの値を変える)



(電源の設定)

AC Amplitude → 1 を入力(下図)、Parasitic Properties → Series Resistance [Ω] を 50 にする。これで内部抵抗 50 Ω かつ振幅 1 V の電源を設定したことになる。



(周波数特性の設定)

Simulate → Run を選択する。Edit Simulation Command が表示されるので、

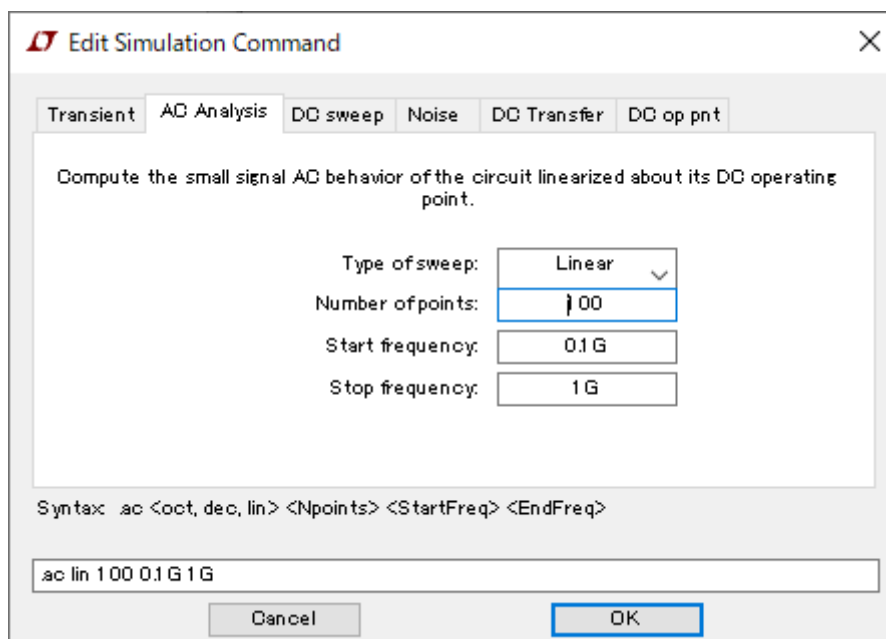
Type of sweep: Linear,

Number of points: 100,

Start frequency: 0.1G,

Stop frequency: 1G

を入力する。入力が終わると、下の空欄に `.ac lin 100 0.1 G 1 G` が自動的にテキスト入力される。これはスタート周波数 0.1 GHz からストップ周波数 1 GHz までを線形スイープで 100 ポイント計算をすることを意味する。

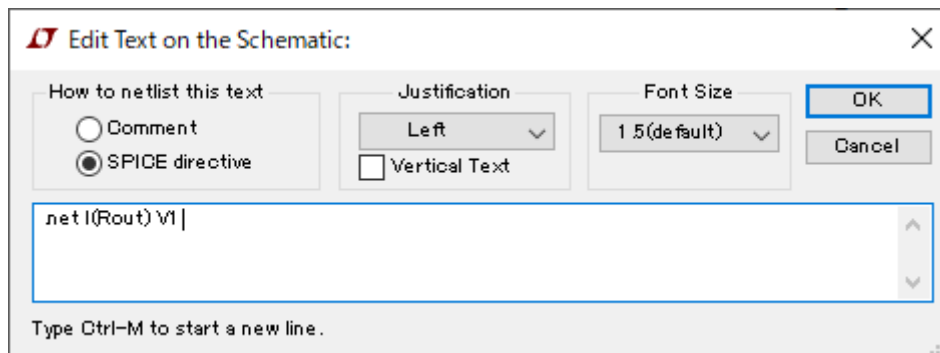


(Sパラメータの設定)

Edit → SPICE directive を選択する。Edit Text on the Schematic: が表示されるので、空欄に

.net I(Rout) V1

と入力する。これは.net コマンド(回路ネットワーク解析コマンドのこと)で出力抵抗 Rout の電流(出力電流)と電圧 V1(入力電圧)の間の2端子対パラメータ(Z, Y, H, S)を計算するためのオプションコマンドを示す。つまり、入力ポートが電圧源 V1 で、出力ポートが Rout の二端子対回路を意味する。



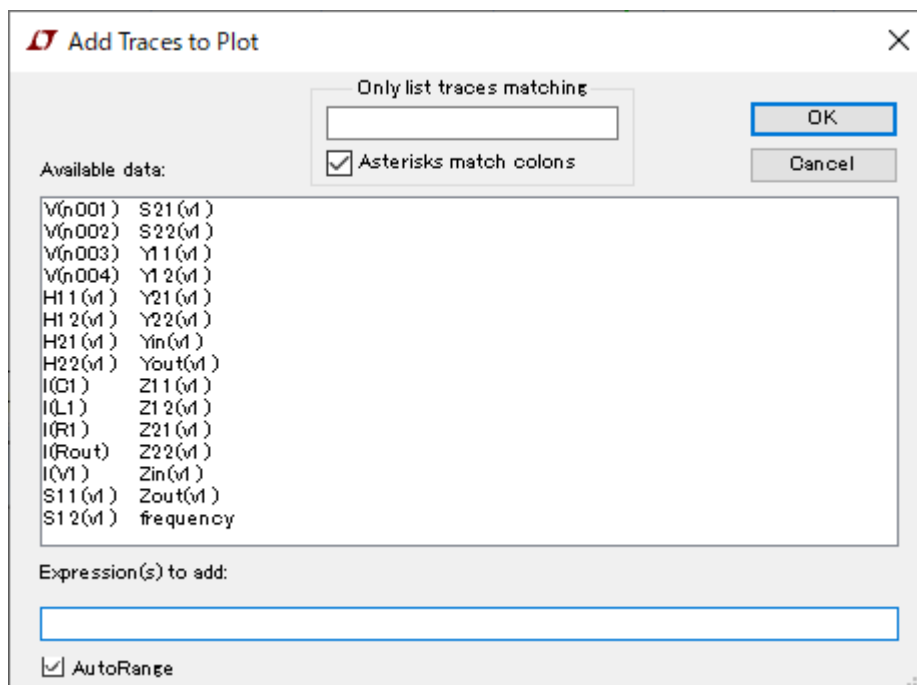
(Sパラメータの出力)

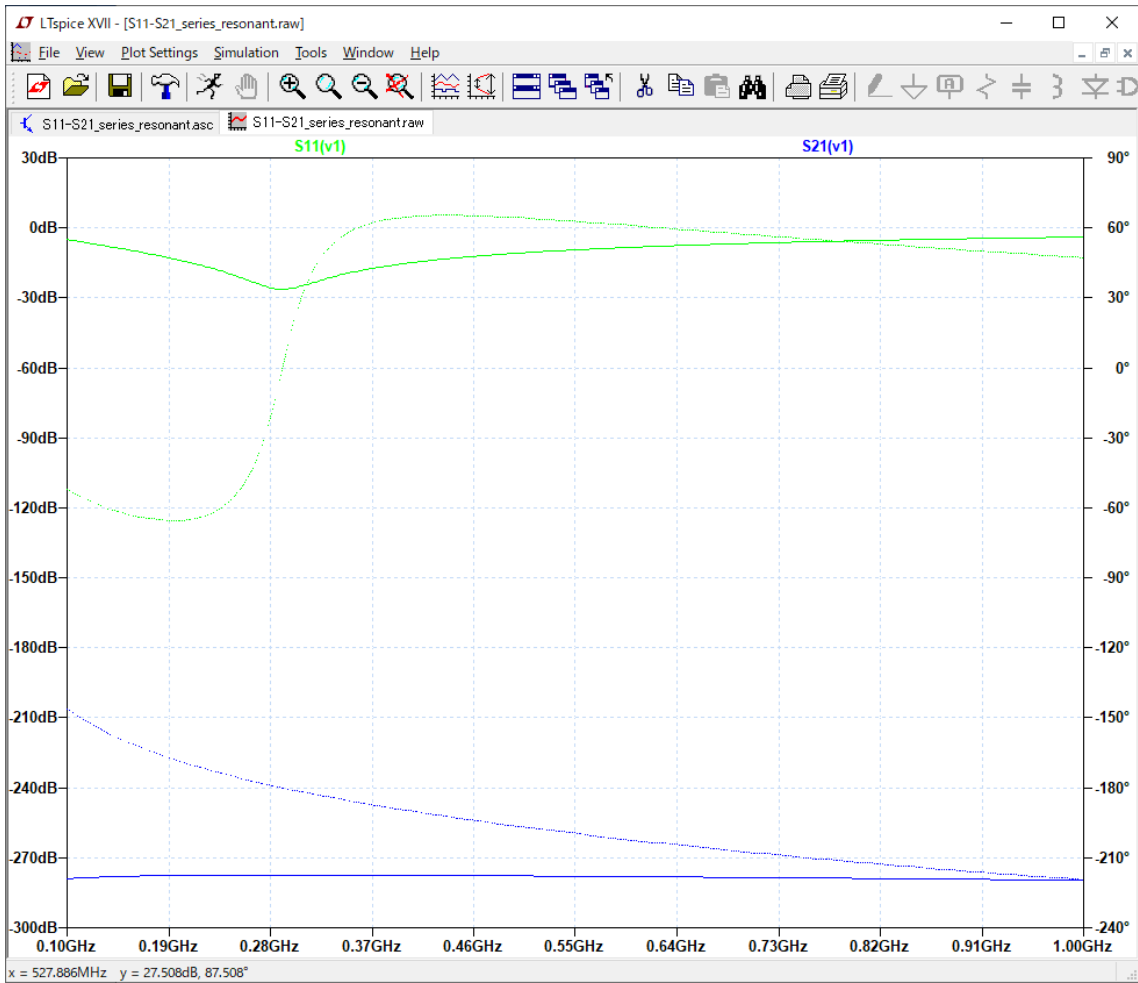
グラフ上で右クリックして Add Traces を選択する。Add Traces to Plot: が表示されるので、

S11(v1)

S21(v1)

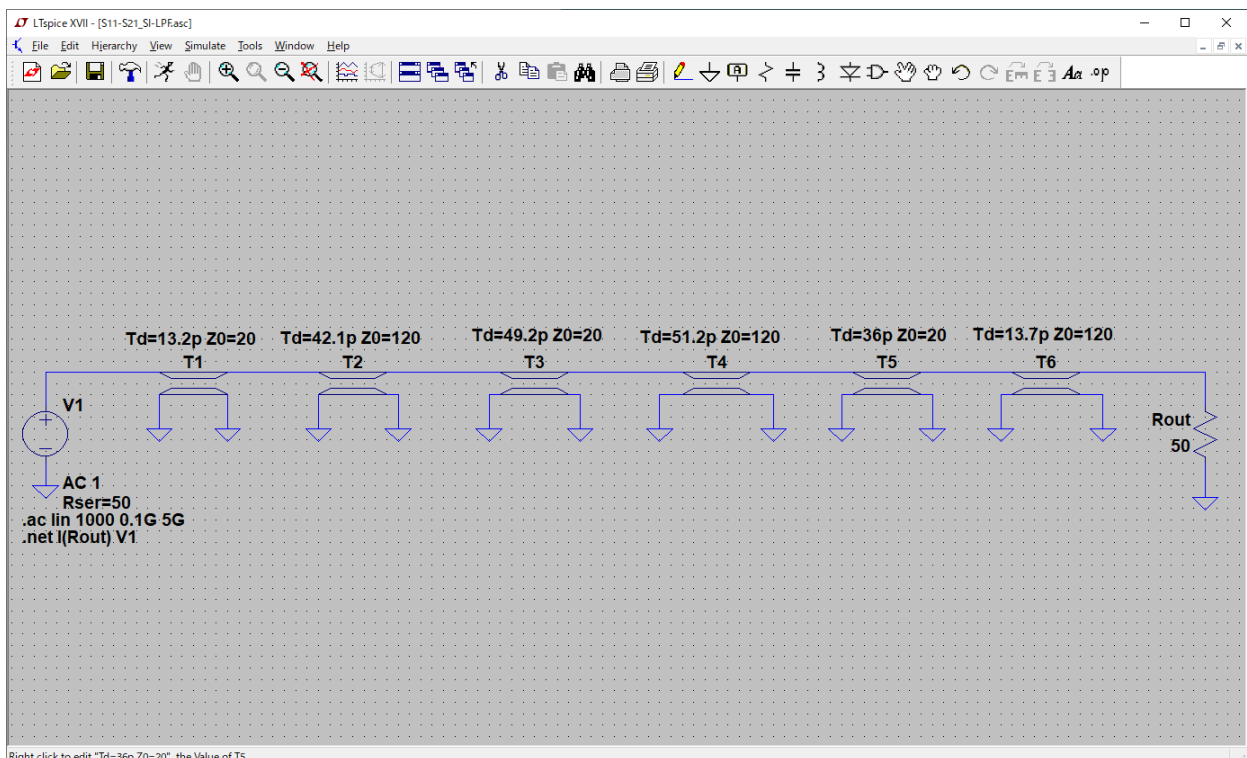
を選択する。.net コマンドを追加するだけで、Sパラメータ以外の回路ネットワークパラメータであるH行列、Y行列、Z行列、入力インピーダンス Zin、出力インピーダンス Zout も計算表示してくれる。ただし、.net コマンドを使わずに、回路のV-I値からSパラメータを導出することも可能である。





【例題2】 次の6段ステップドインピーダンスLPFのSパラメータ特性を解析する。

V1=1 V, R1=50, T1: Td=13.2p, Z0=20, T2: Td=42.1p, Z0=120, T3: Td=49.2p, Z0=20, T4: Td=51.2p, Z0=120, T5: Td=36p, Z0=20, T6: Td=13.7p, Z0=120, Rout=50 とする。(必要に応じてこれらの値を変える)



(電源の設定)

AC Amplitude → 1 を入力、Parasitic Properties → Series Resistance [Ω] を 50 にする。これで内部抵抗50Ωかつ振幅1Vの電源を設定したことになる。(例題1と同じ)

(周波数特性の設定)

Simulate → Run を選択する。Edit Simulation Command が表示されるので、

Type of sweep: Linear,

Number of points: 1000,

Start frequency: 0.1G,

Stop frequency:5G

を入力する。入力が終わると、下の空欄に `.ac lin 1000 0.1 G 5 G` が自動的にテキスト入力される。これはスタート周波数0.1GHzからストップ周波数5GHzまでを線形スイープで1000ポイント計算をすることを意味する。(Number of pointsとStop frequency以外は例題1と同じ)

(Sパラメータの設定)

Edit → SPICE directive を選択する。Edit Text on the Schematic: が表示されるので、空欄に

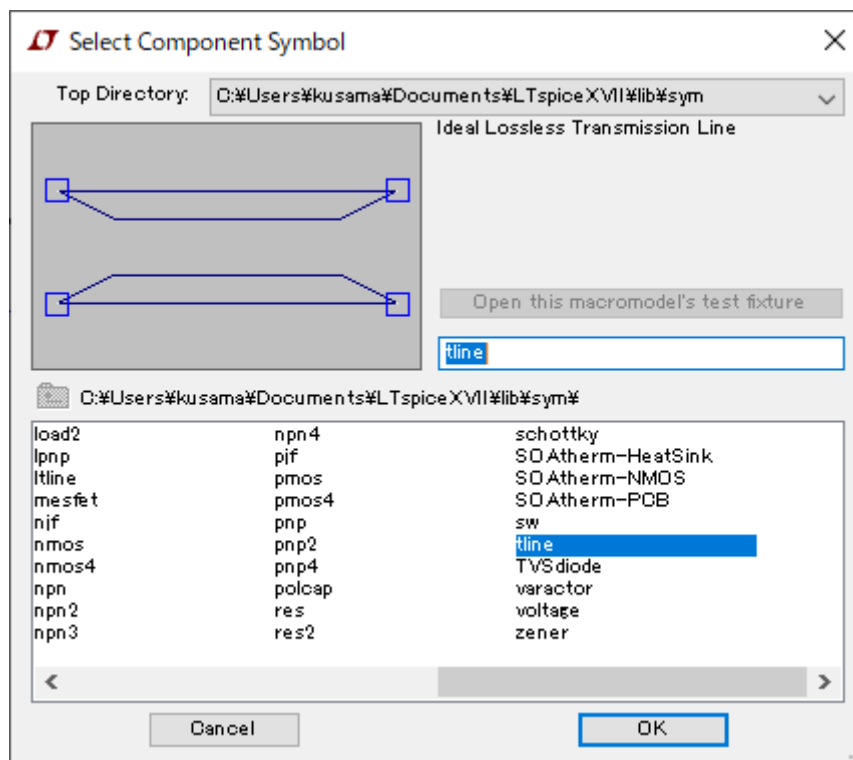
`.net I(Rout) V1`

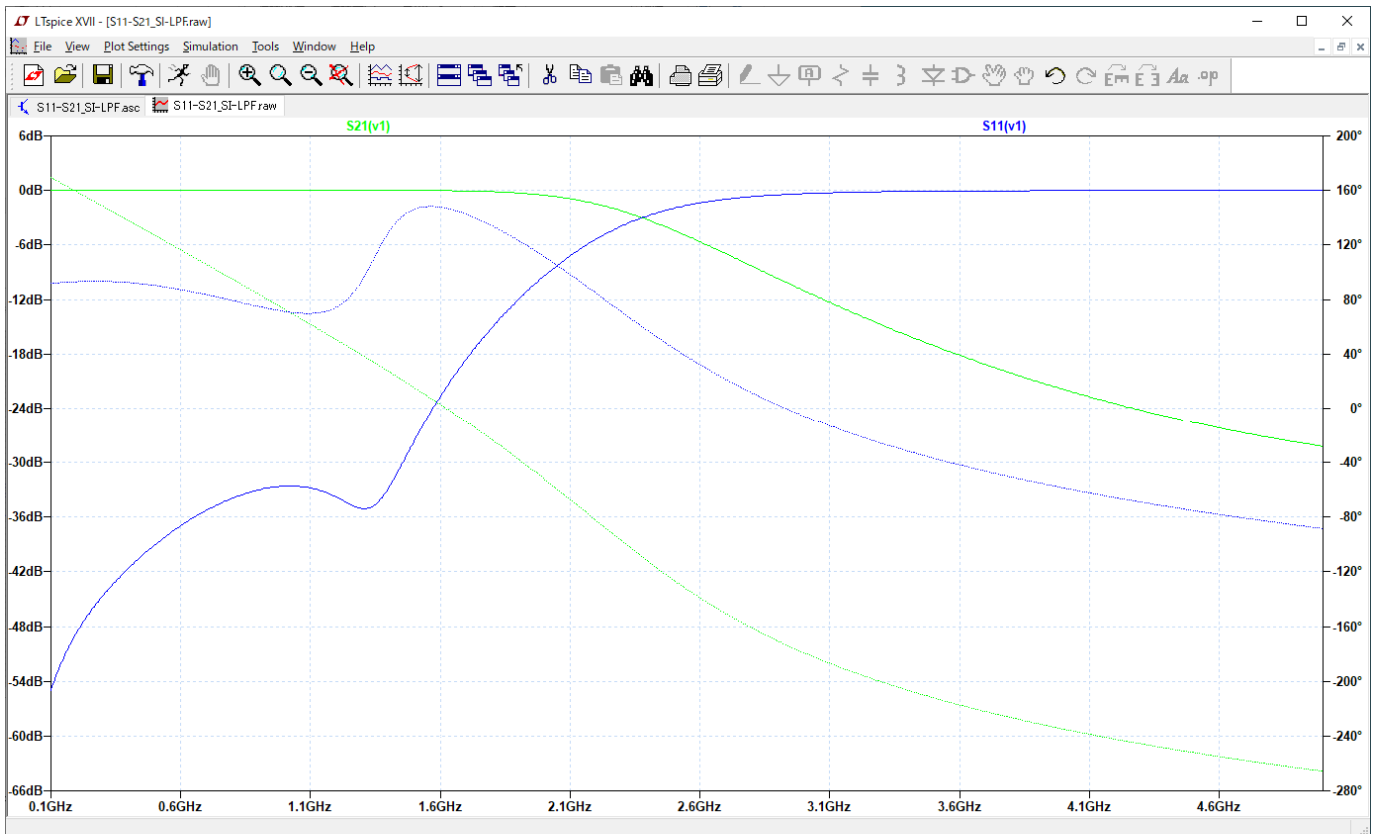
と入力する。これは`.net`コマンド(回路ネットワーク解析コマンドのこと)で出力抵抗Routの電流(出力電流)と電圧V1(入力電圧)の間の2端子対パラメータ(Z, Y, H, S)を計算するためのオプションコマンドを示す。つまり、入力ポートが電圧源V1で、出力ポートがRoutの2端子対回路を意味する。(例題1と同じ)

(伝送線路の設定)

Edit → Component → `tline` を選択する(損失を考慮した伝送線路の場合は`ltline`を選択する。)。配置したら、遅延時間Tdと特性インピーダンスZ0に設計値を入力する。遅延時間は基板の実効誘電率を ϵ_{eff} 、物理長をl[m]すると次式となる。

$$T_d = \frac{l}{v_c} = \frac{l\sqrt{\epsilon_{eff}}}{c}$$





詳しい使い方を知りたいときは参考文献を見て下さい。

【参考文献】

- [1] Manou Ghanevati “Fundamentals of RF and Microwave Circuit Design 2nd ed.” pp.45-47
- [2] <https://wireless-square.com/2016/11/01/s-parameters-with-ltspice/>
- [3] 富井里一, ziVNAuを製作するに至った動機, RFワールド No.35, pp. 12-19.
- [4] 市川, 高周波回路設計のためのSパラメータ詳解, CQ出版社
- [5] 草間裕介, 小松直樹, 関洋平, 藤田春輝, “ステップドインピーダンスローパスフィルタの設計と製作に関する一検討,” 電子情報通信学会技術研究報告, vol. 119, no. 37, MW2019-12, pp. 13-18 (2019.5)