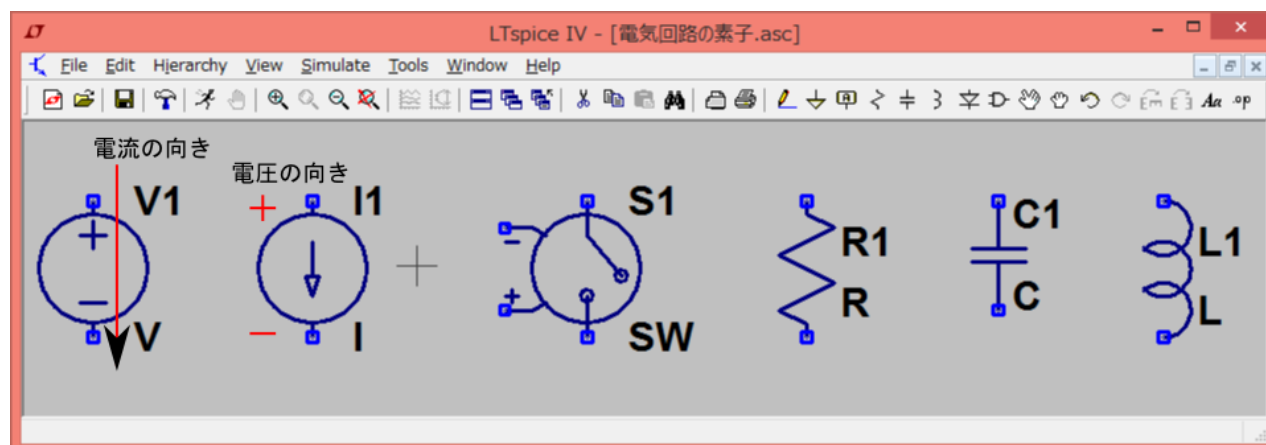


LTSpiceIV を用いた電気回路の学習

穂高一条

電気回路の素子（部品）



電圧源
voltage source
[V]

電流源
current source
[A]

スイッチ
switch

抵抗
resistor
抵抗値
resistance
[Ω]

コンデンサ
condenser
キャパシタ
capacitor
容量
capacitance
[F]

コイル
coil
インダクタ
inductor
インダクタンス
inductance
[H]

- 素子の電圧と電流の向き（正負）のとり方
「電圧の+から-へ電流の向きをとる」と覚えておこう。抵抗，コンデンサ，コイルについても同様。たとえばオームの法則： $V=RI$ は，そのように電圧，電流の向きを定めたときの式である。向きのとり方を間違えると， $V=-RI$ になったりする。
- 電圧源
時間の関数として電圧を与えることができる。電流については，制限がない。周辺にどのような回路を接続しようとも，与えた電圧を出すことができる。その意味で，独立電圧源とよぶこともある。
 $V=f(t)$
- 電流源
時間の関数として電流を与えることができる。電圧源の場合と同様，独立電流源とよぶこともある。
 $I=f(t)$
- スイッチ
時間の関数としてオン，オフを切り替えることができる。
 $V=0$ （オンの間）， $I=0$ （オフの間）
- 抵抗
オームの法則： $V=RI$ に従う素子。 V と I が比例。

- コンデンサ
 $C \, dV/dt = I$ に従う素子. dV/dt と I が比例. これを積分して, $V(t) = V(0) + (1/C) \int_0^t I(p) \, dp$ とも表される.
- コイル
 $L \, dI/dt = V$ に従う素子. dI/dt と V が比例. これを積分して, $I(t) = I(0) + (1/L) \int_0^t V(p) \, dp$ とも表される.

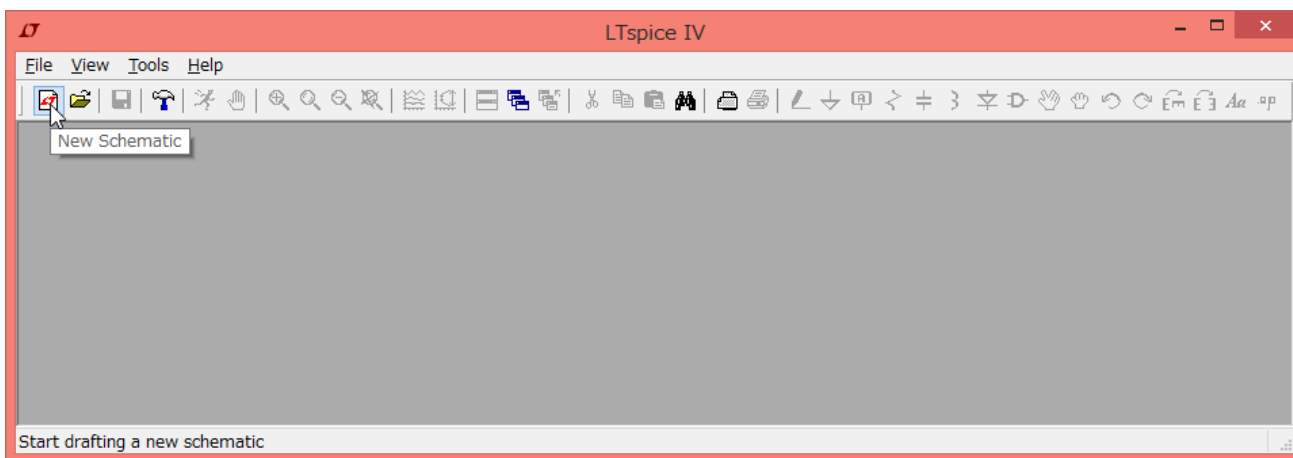
おすすめの設定

The image displays four screenshots of software control panels and a color palette editor, arranged in a 2x2 grid. Each window has a red title bar and a close button (X).

- Top Left: Control Panel** (Operation tab): Shows various settings such as "Allow direct component pin shorts", "Automatically scroll the view", "Mark text justification anchor points", "Mark unconnected pins", "Show schematic grid points", "Orthogonal snap wires", "Ortho drag mode", "Cut angled wires during drags", "Un-do history size: 500", "Draft with thick lines", "Show Title Blocks", and "Reverse Mouse Wheel Scroll". It also includes "Font Properties" (Arial, Size: 28, Bold) and "Color Scheme" buttons.
- Top Right: Control Panel** (Netlist Options tab): Shows "Style/Convention" (Convert 'μ' to 'u', Reverse comp. order) and "Semiconductor Models" (Default Devices, Default Libraries). It includes "Reset to Default Values" and "Hot Keys" buttons.
- Bottom Left: Control Panel** (Netlist Options tab): Shows "Plot data with thick lines", "Use radian measure in waveform expressions", "Replace 'ohm' with capital Greek omega", "Use 'XOR' type cross hair cursor", "Font: Arial", "Font point size: 14", "Bold Font", "Color Scheme", "Open Plot Defs", "Hot Keys", and a "Directory for .raw and .log data files" section with a "Browse" button.
- Bottom Right: Color Palette Editor** (WaveForm tab): Shows a waveform plot with 12 items labeled V(1) through V(12) in various colors. Below the plot, it says "Click on an item above to change its color." The "Selected Item" is "Background" with a color mix of Red: 255, Green: 255, and Blue: 255. Buttons for "OK", "Cancel", "Apply", and "Defaults" are visible.

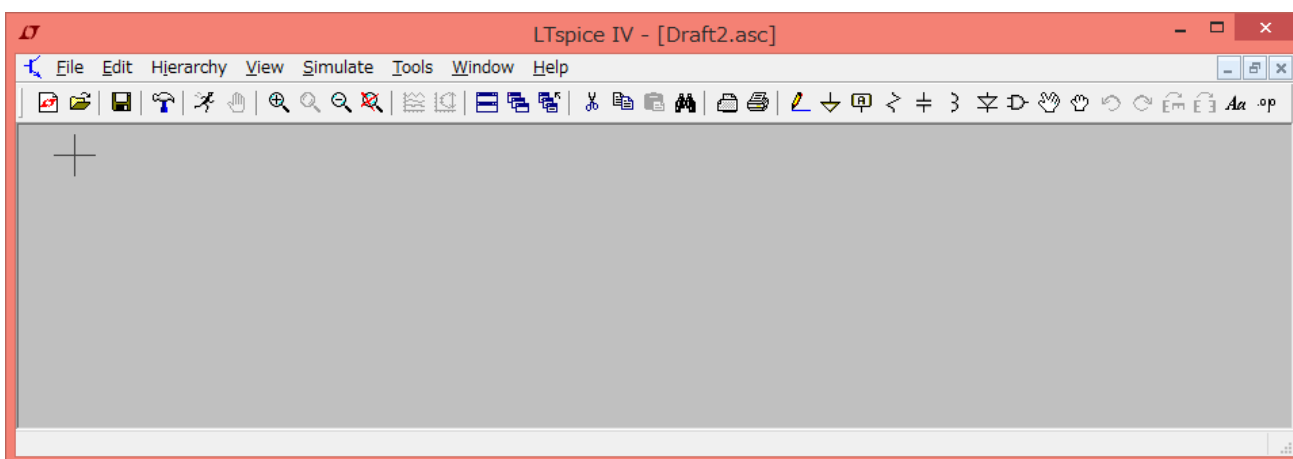
基本操作

起動直後

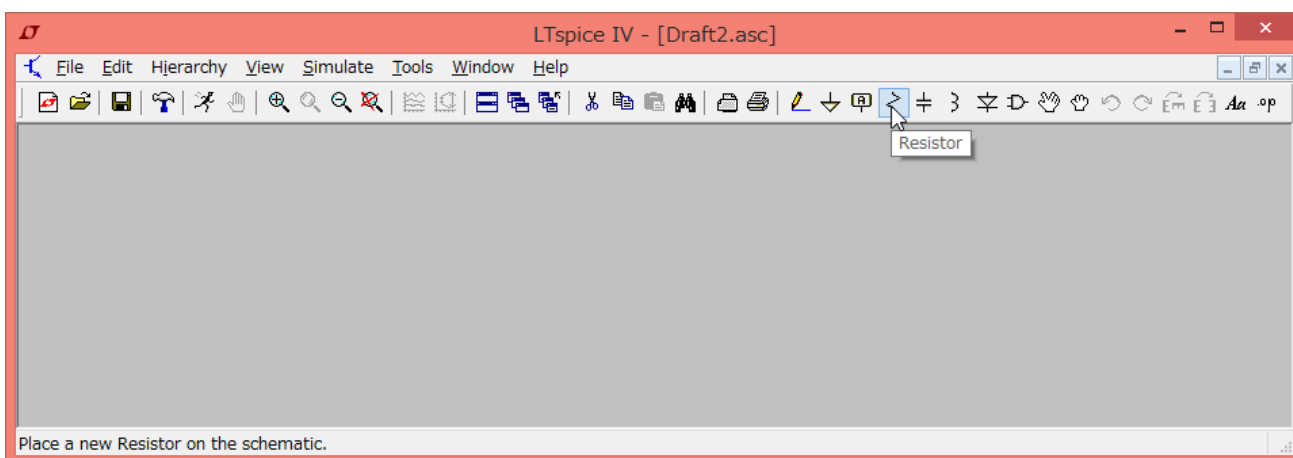


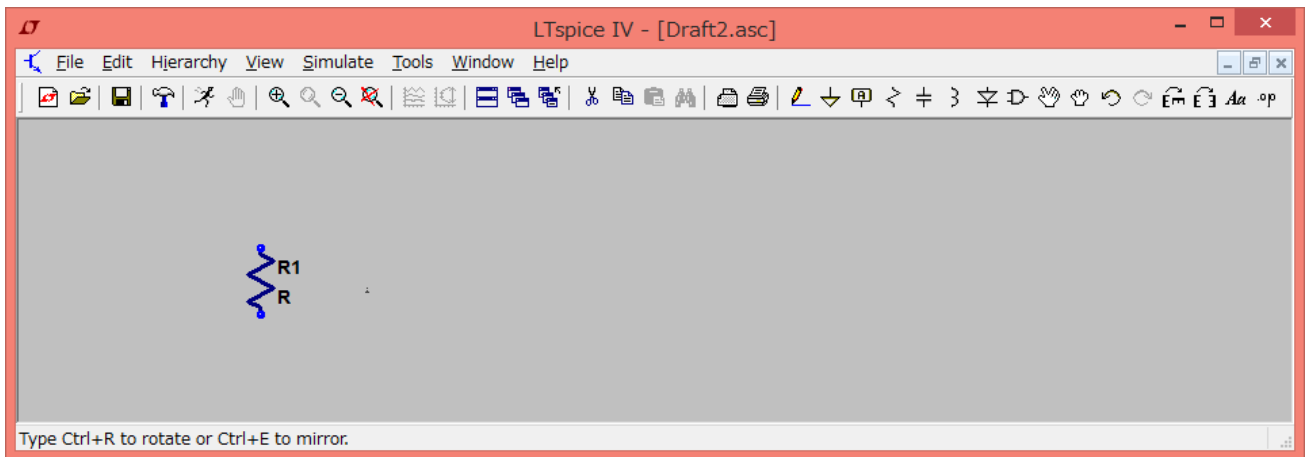
「New Schematic」をクリックすると回路をかける状態になる。

「File」「Save as...」でファイル名に名前をつけて保存する。

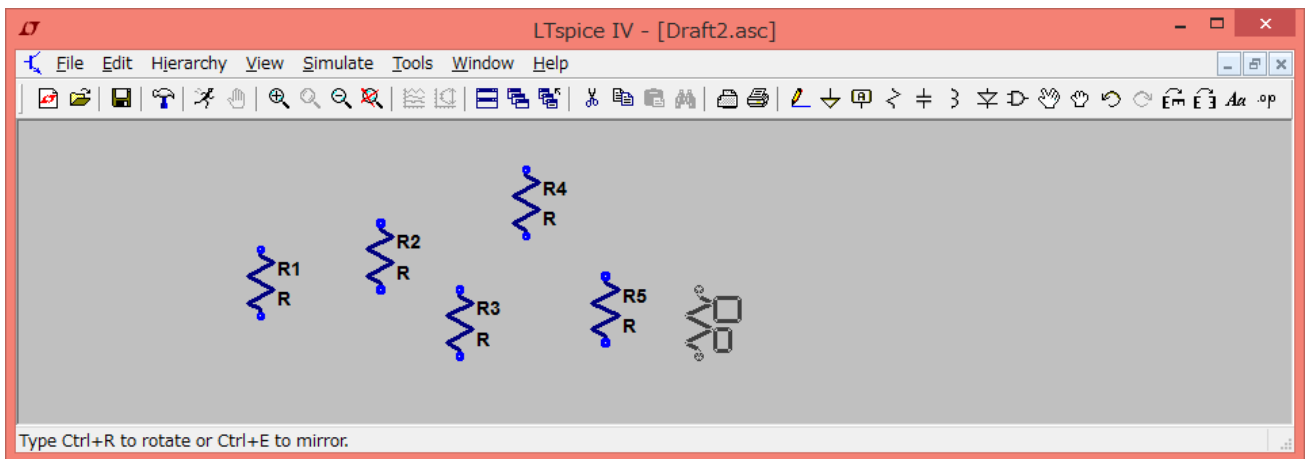


抵抗 (resistor) を配置するには、アイコンを左クリックして、配置したい場所で左クリック。

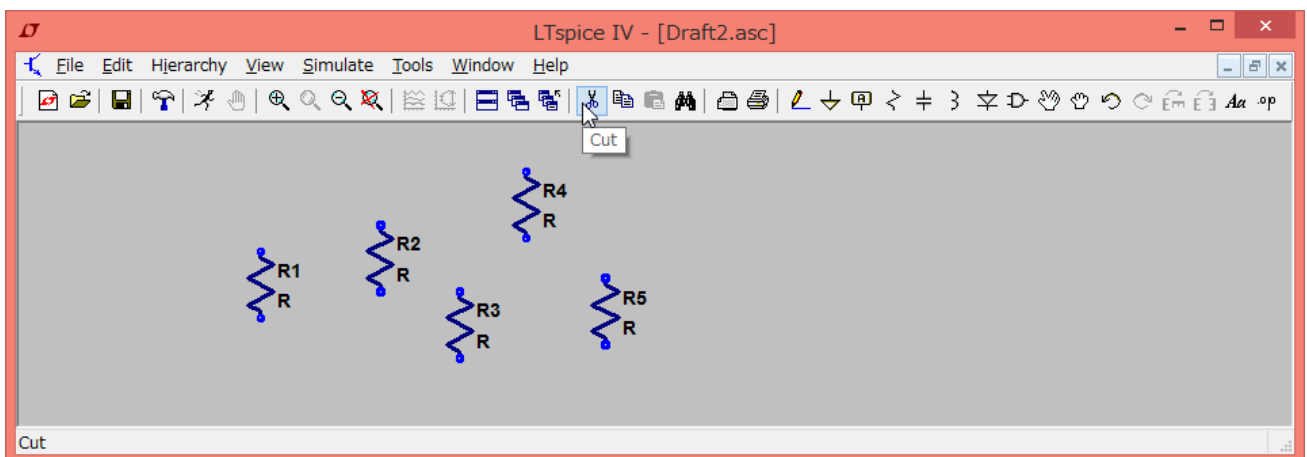


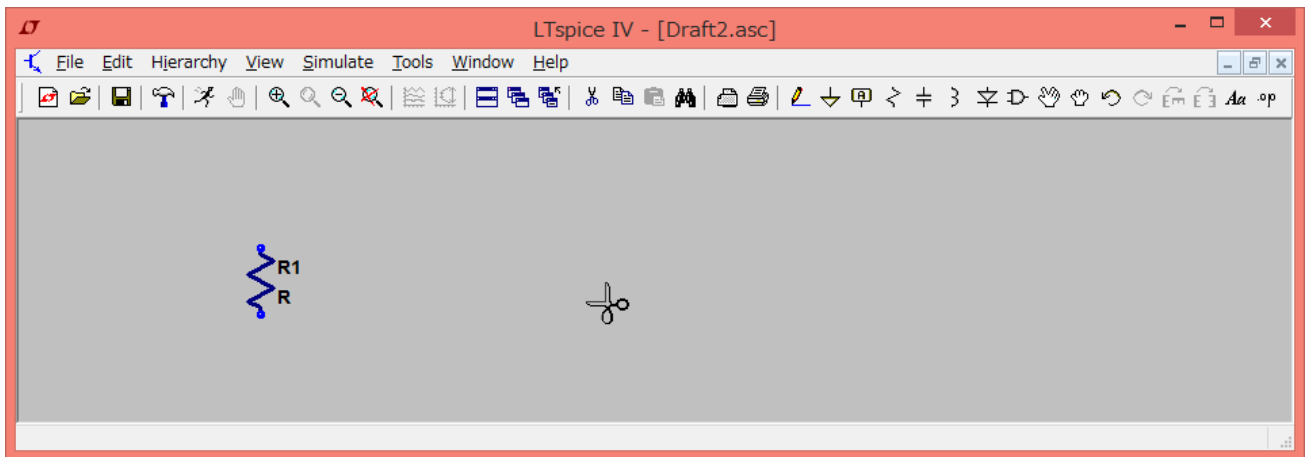


続けて左クリックしていくと、必要なだけ抵抗を配置できる。終わりたいときは右クリックか、エスケープキー。

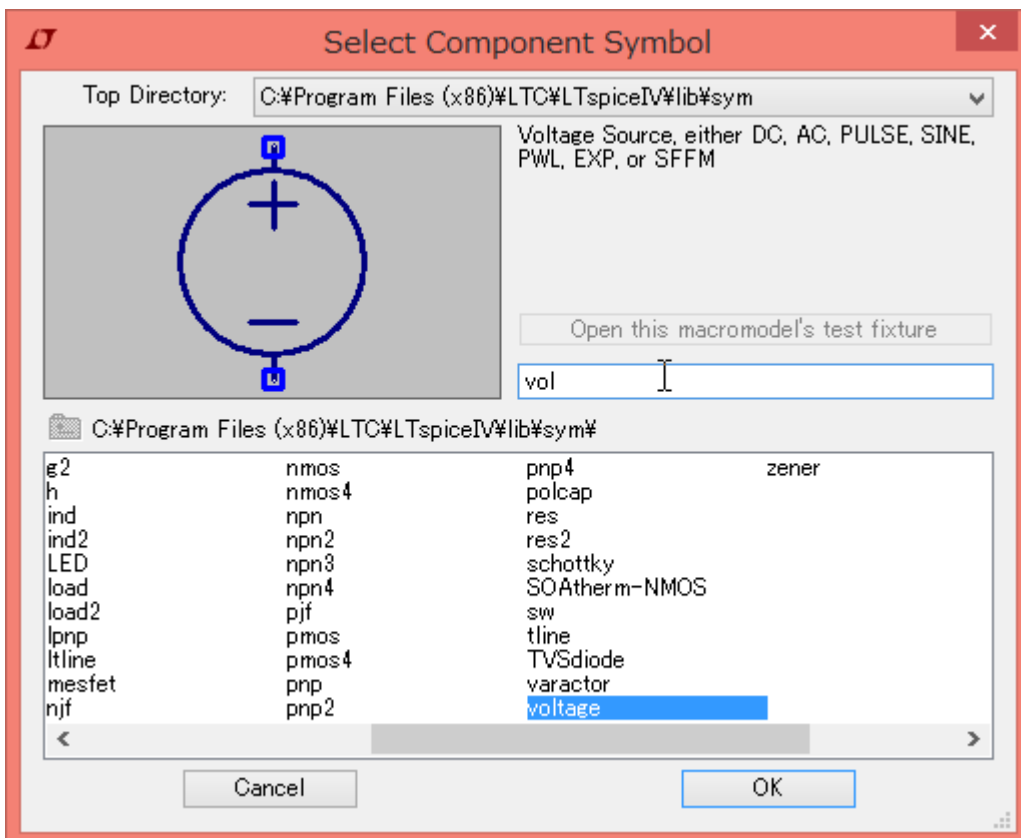
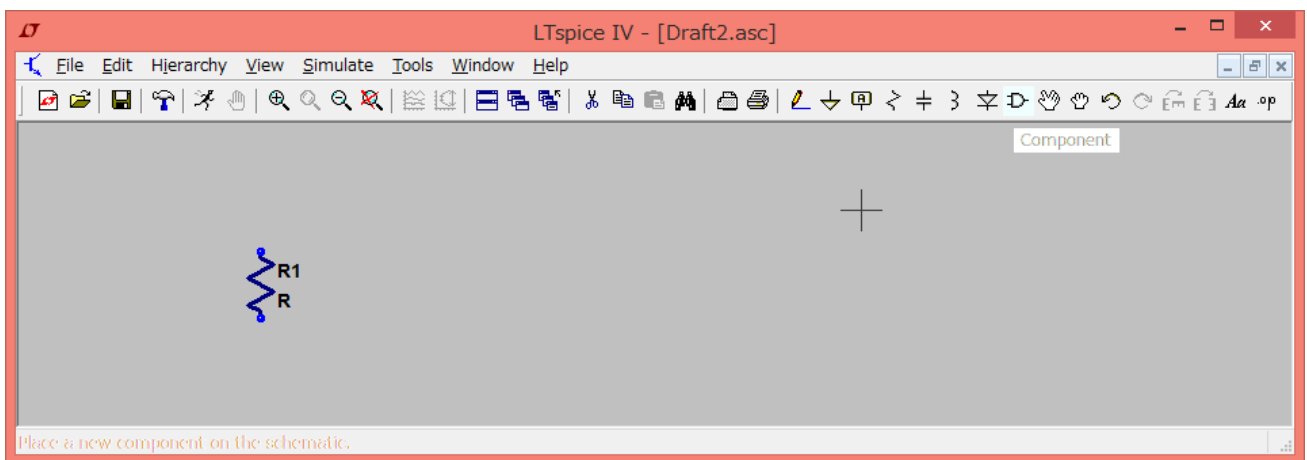


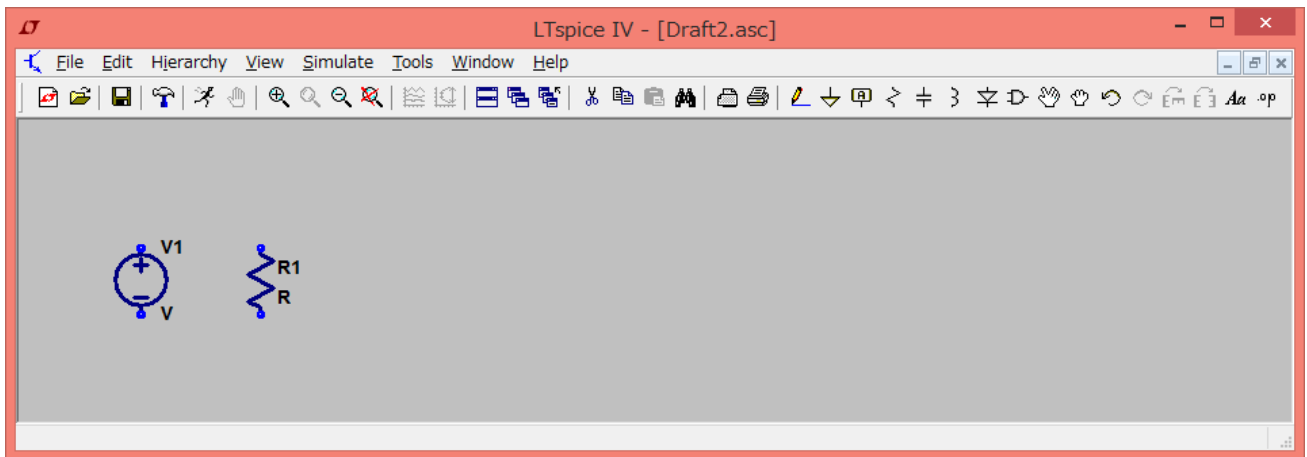
不要な部品を消すには、「Cut」ボタンを押して、消したい部品にマウスカーソルを合わせて左クリック。終わりたいときは右クリックか、エスケープキー。



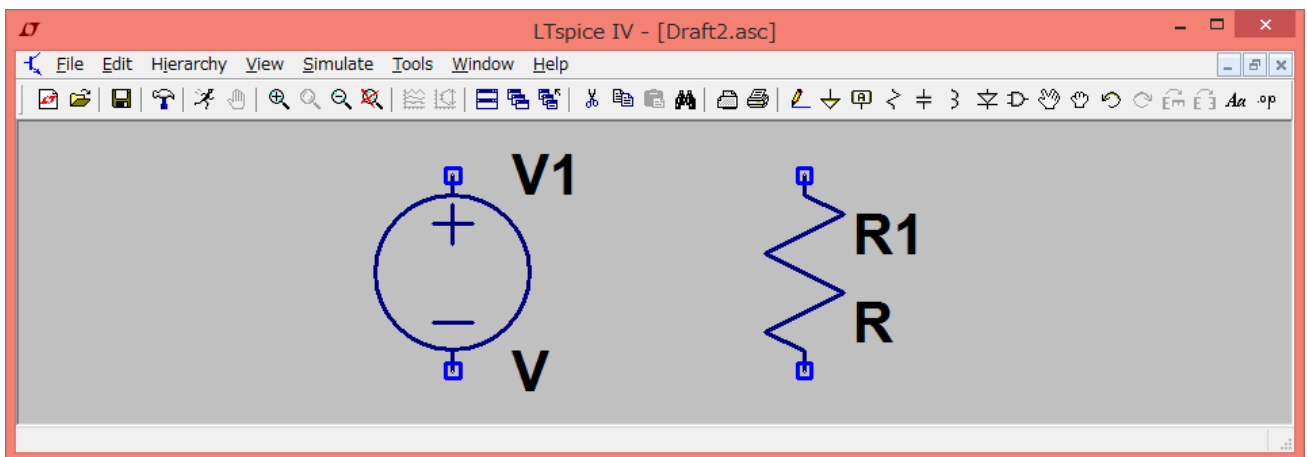
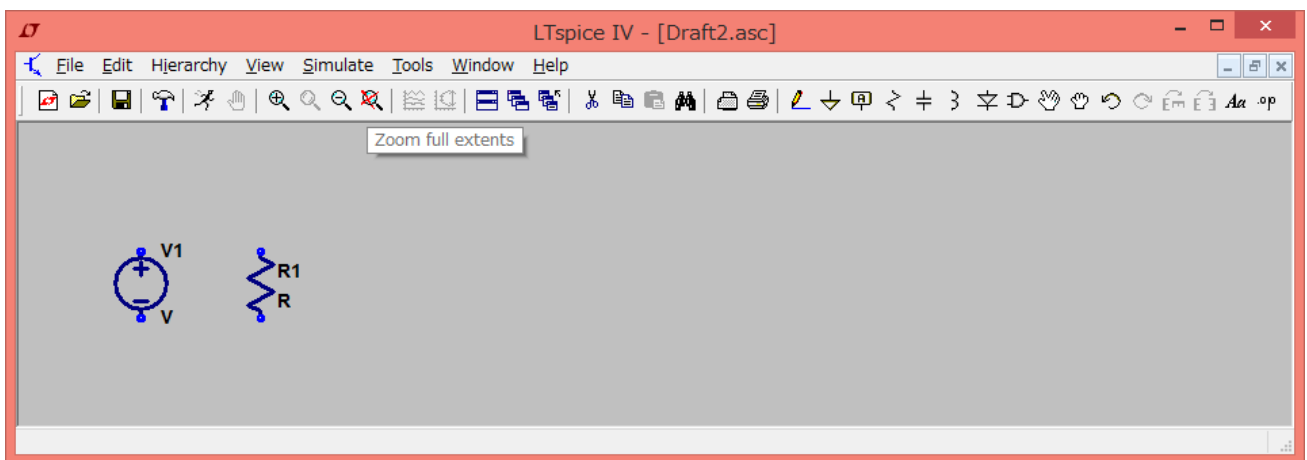


電圧源は、「Component」ボタンを押して、「voltage source」を検索し、配置.

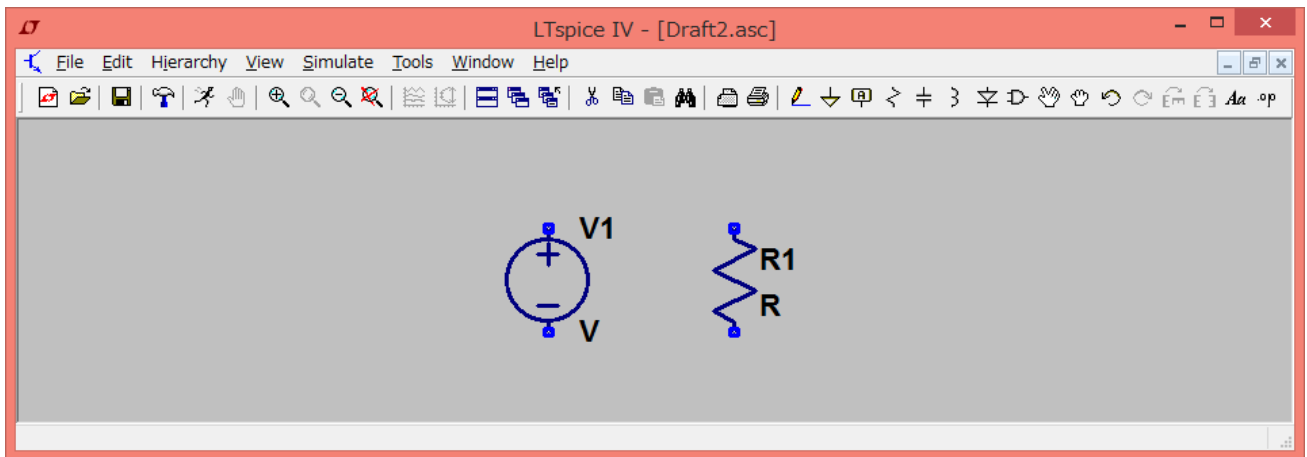




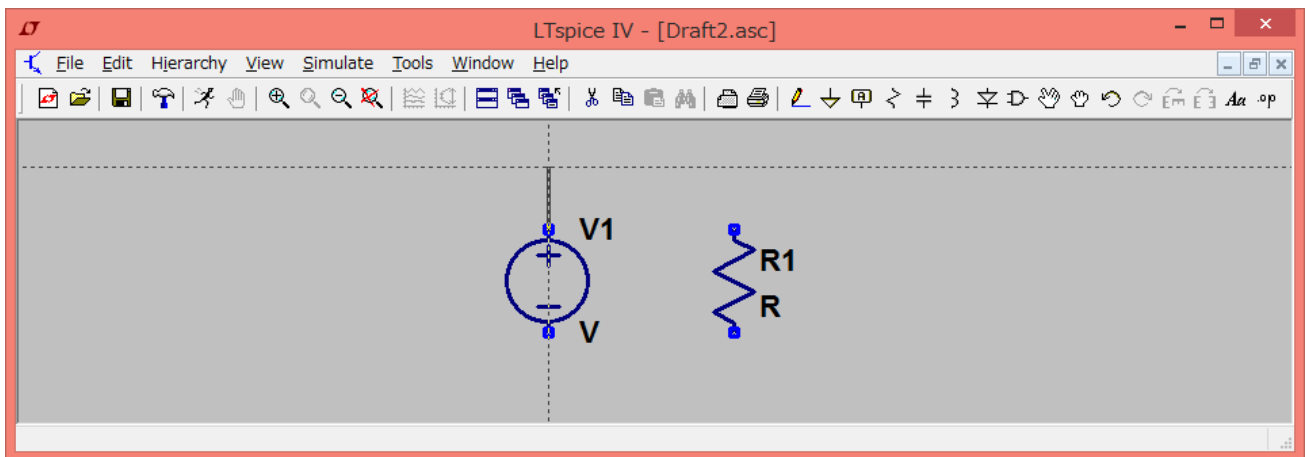
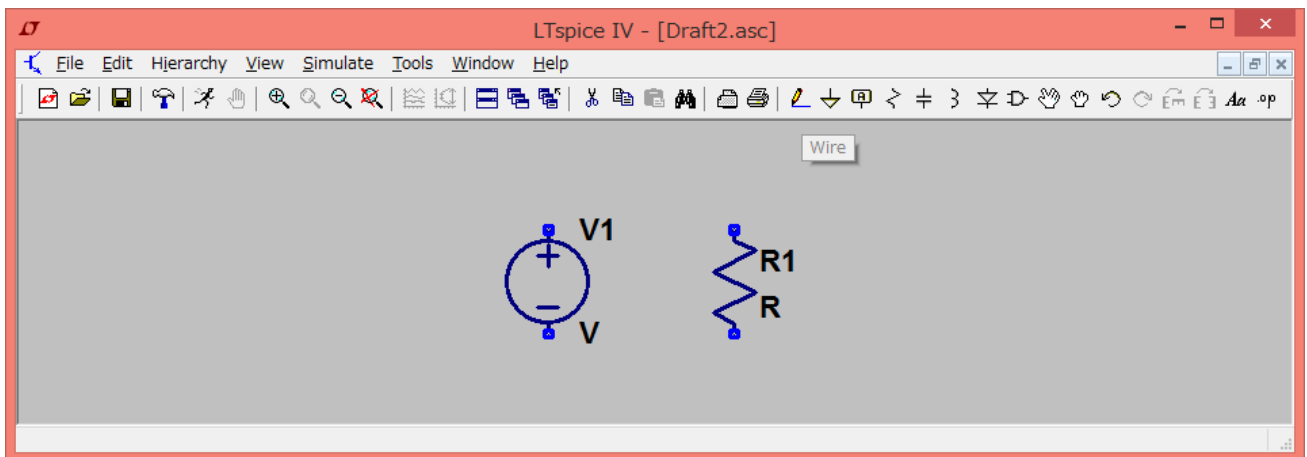
配置した部品周辺を大きく見たいときは、「Zoom full extents」



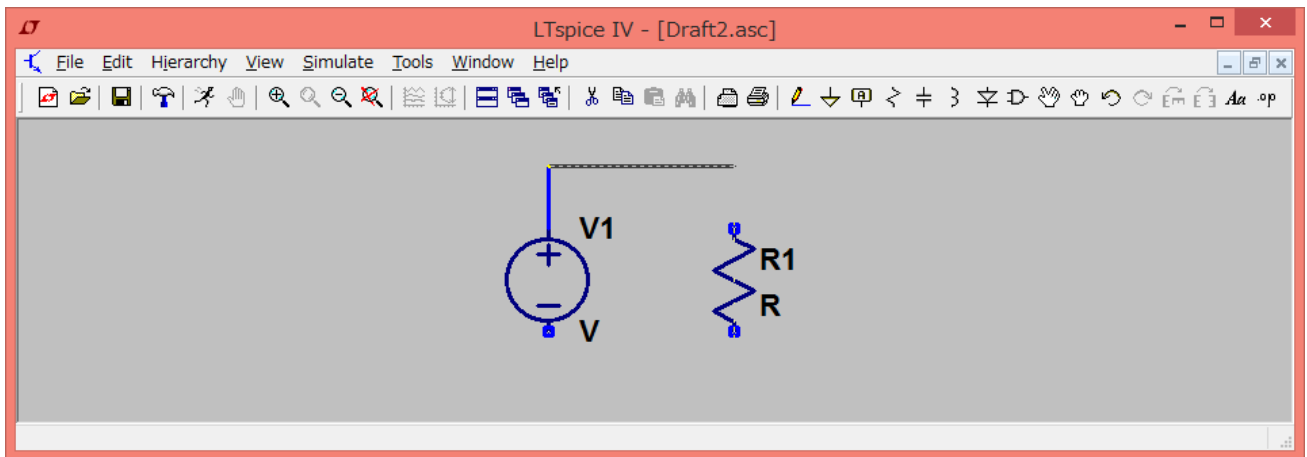
拡大・縮小したいときは、マウスカールを拡大・縮小の中心にもっていき、ホイールを回す。



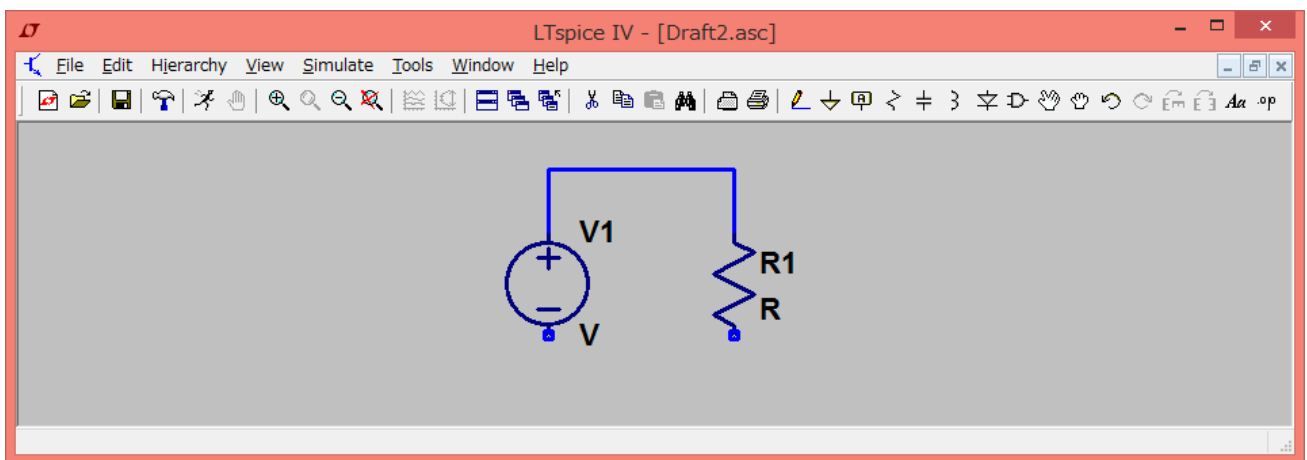
配線するには、「wire」ボタンを押して、端子で左クリック。配線を伸ばしたい方向にマウスを動かす。



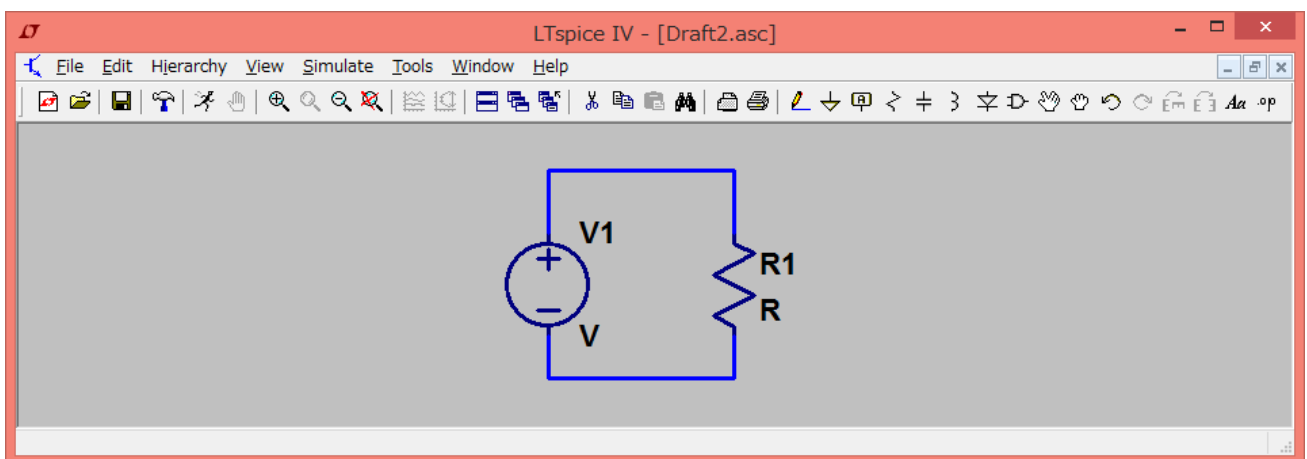
配線を曲げたいところで左クリックして、次の方向へ。



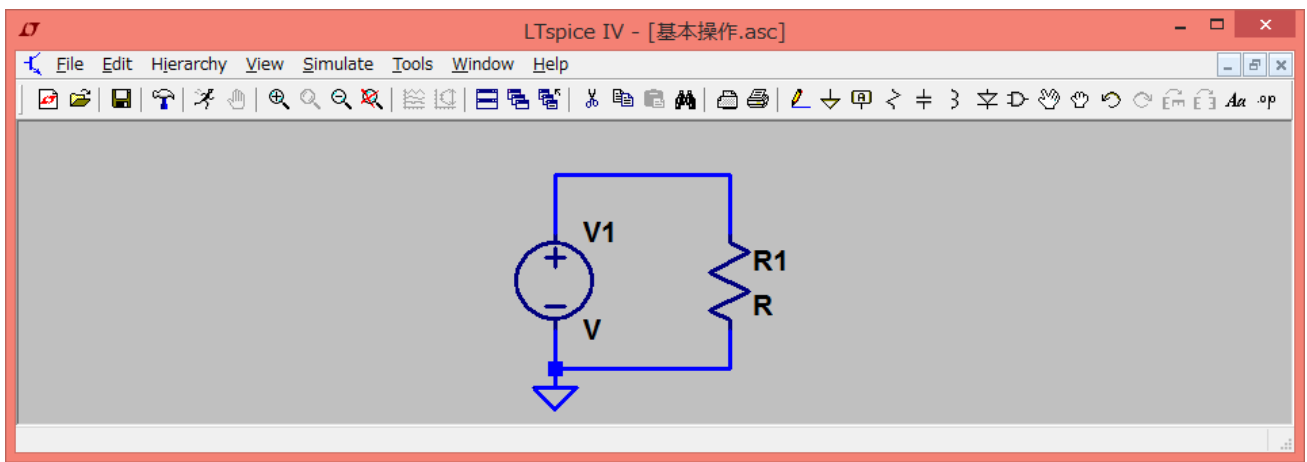
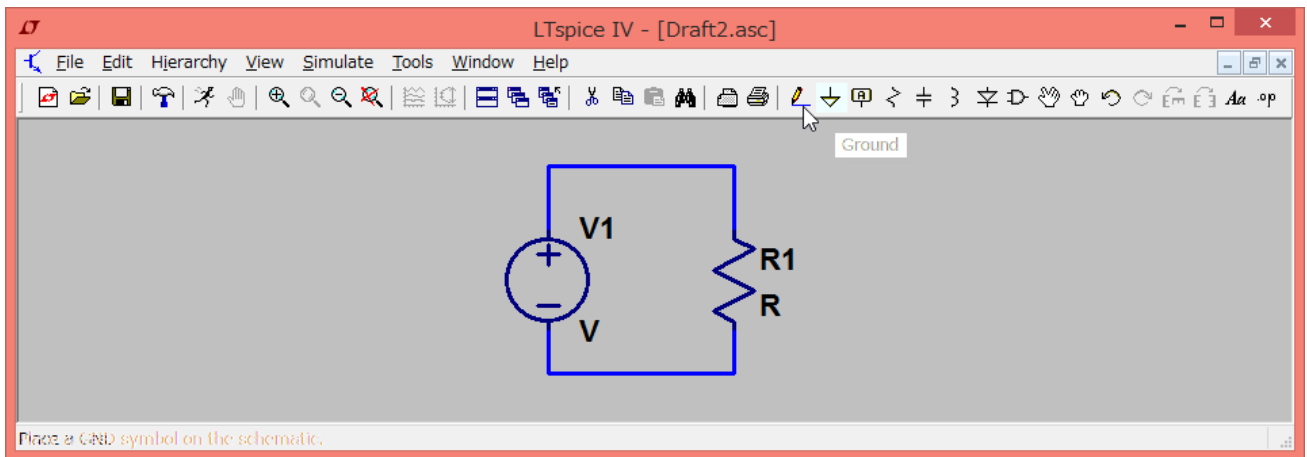
端子に合わせて左クリック、右クリックで解除。



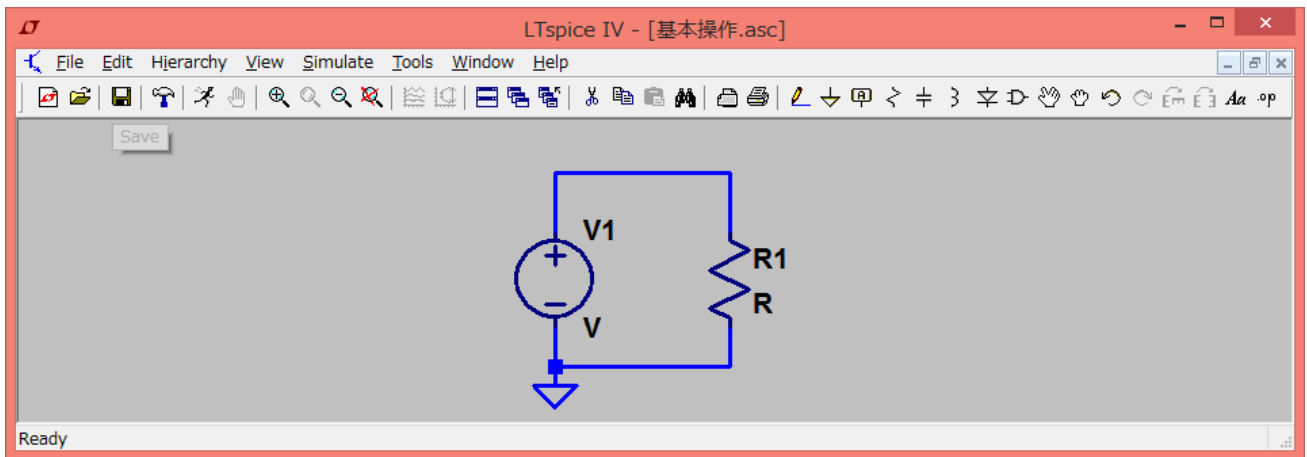
下半分も同様。



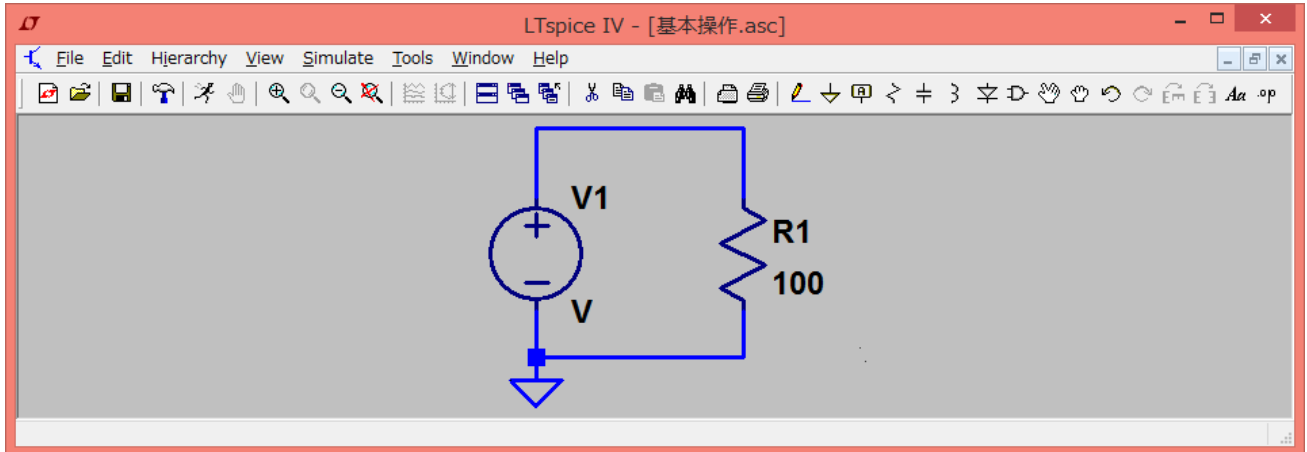
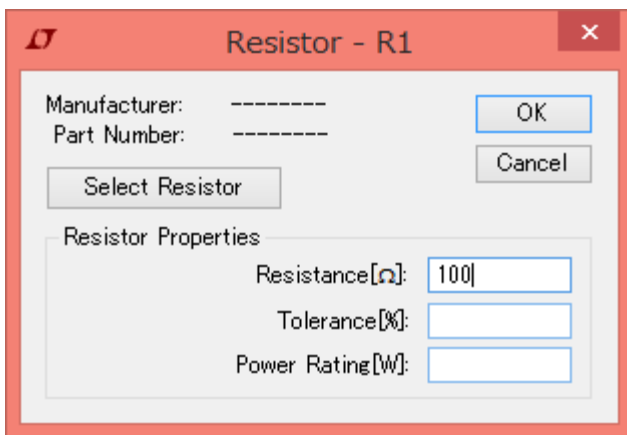
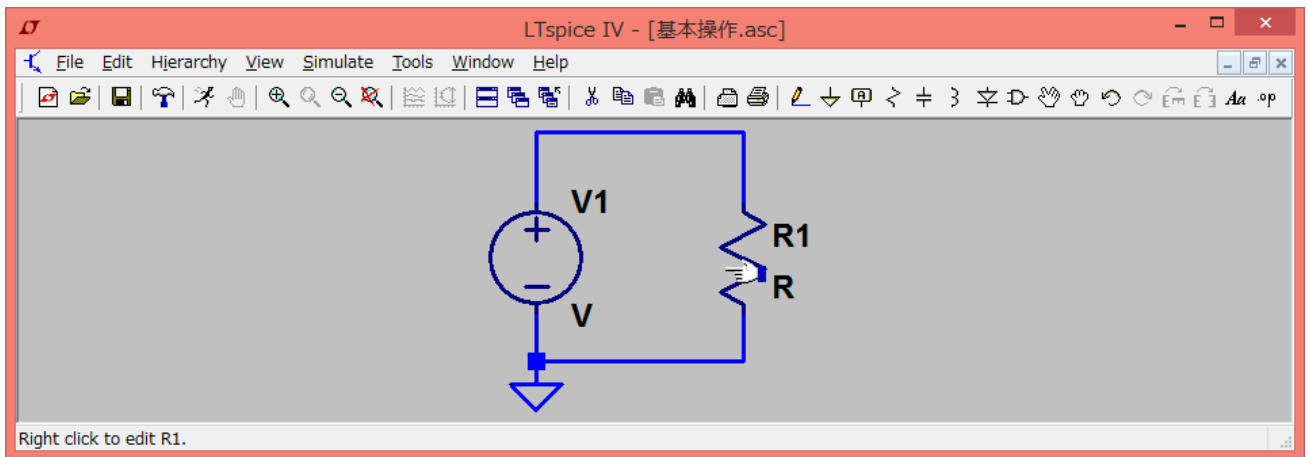
グラウンドを配置して、電圧源の下側に配線。



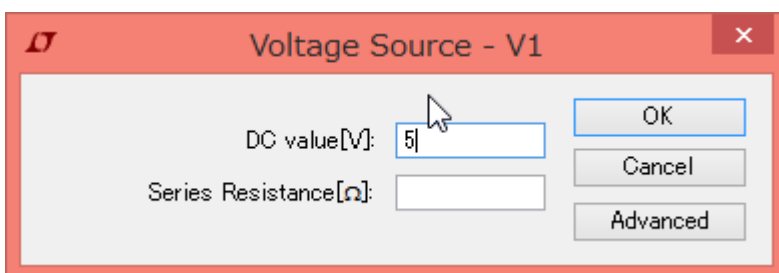
ときどき保存するのを忘れずに。

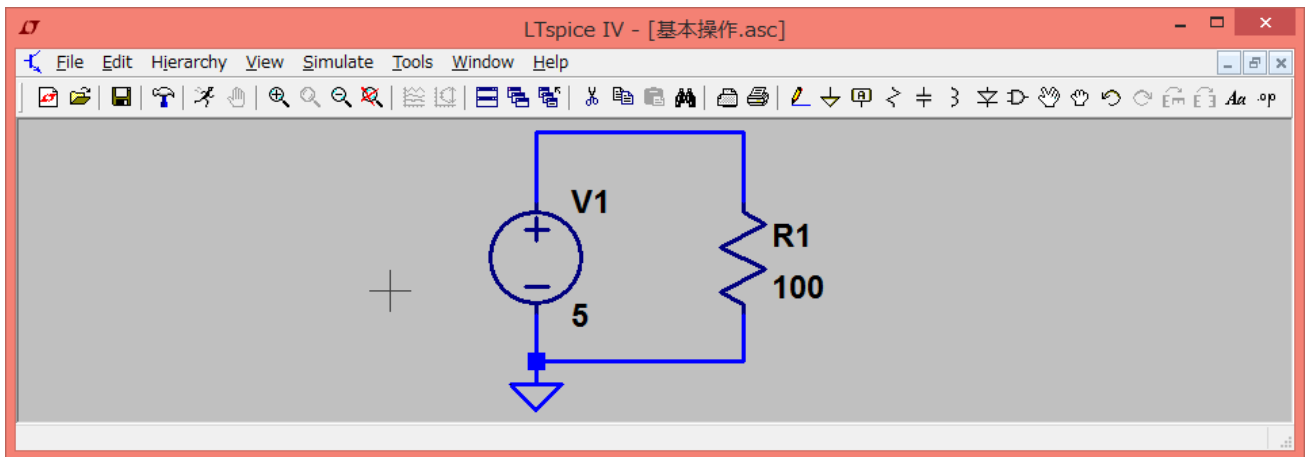


抵抗値を入力するには、抵抗の上で右クリックして、値を入力する。



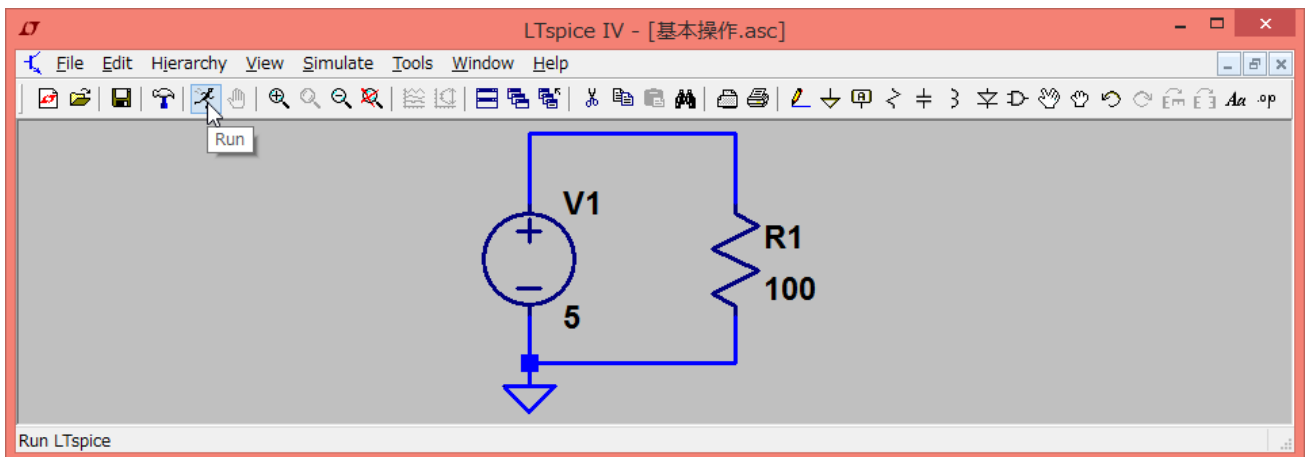
同様に，電圧源の電圧を入力する.

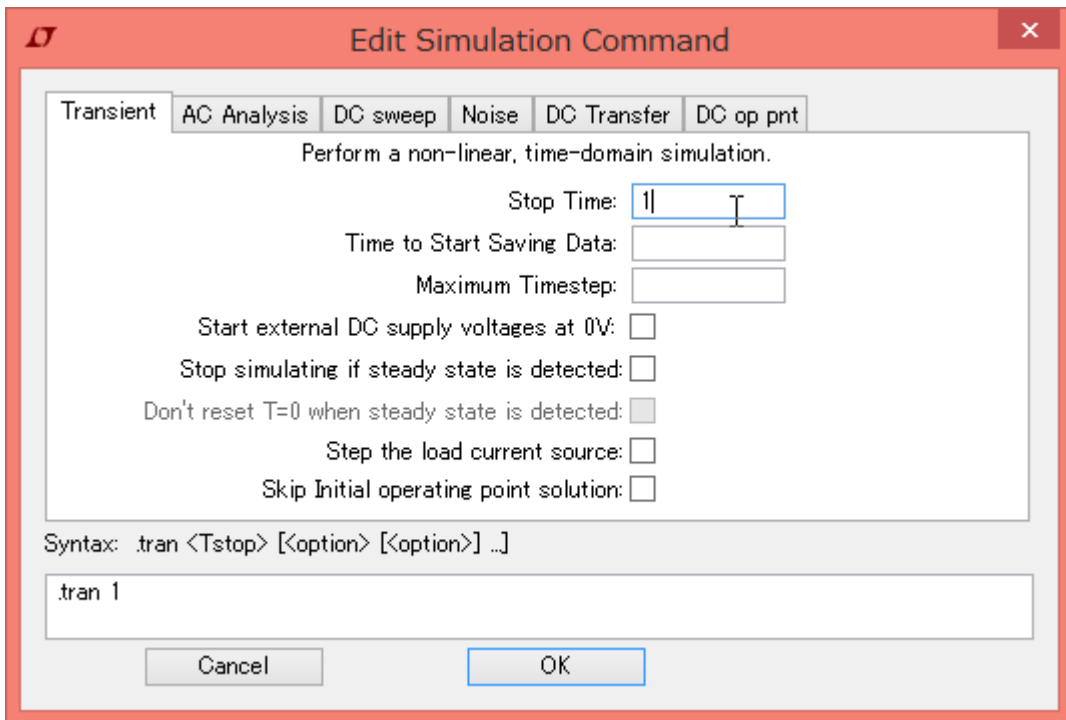




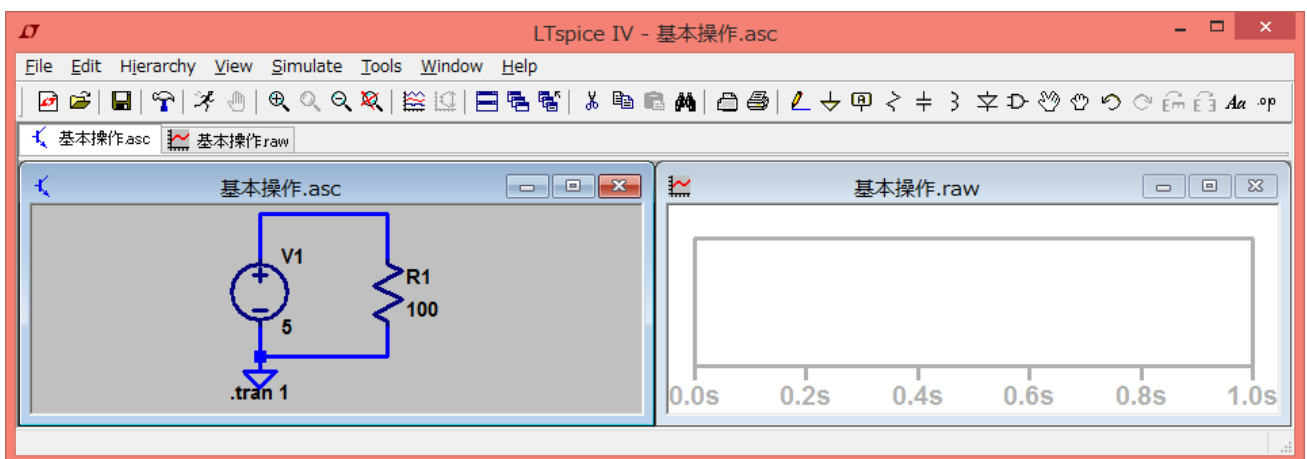
部品（ここでは電圧源と抵抗）の側に、2つの文字や数字が添えられている。V1 や R1 は部品を識別するための名前で、もう一方（ここでは5 と 100）は値を示す。

横軸時刻のグラフを見るには、「Run」ボタンを押して、「transient」タブでシミュレーション時間を指定する。

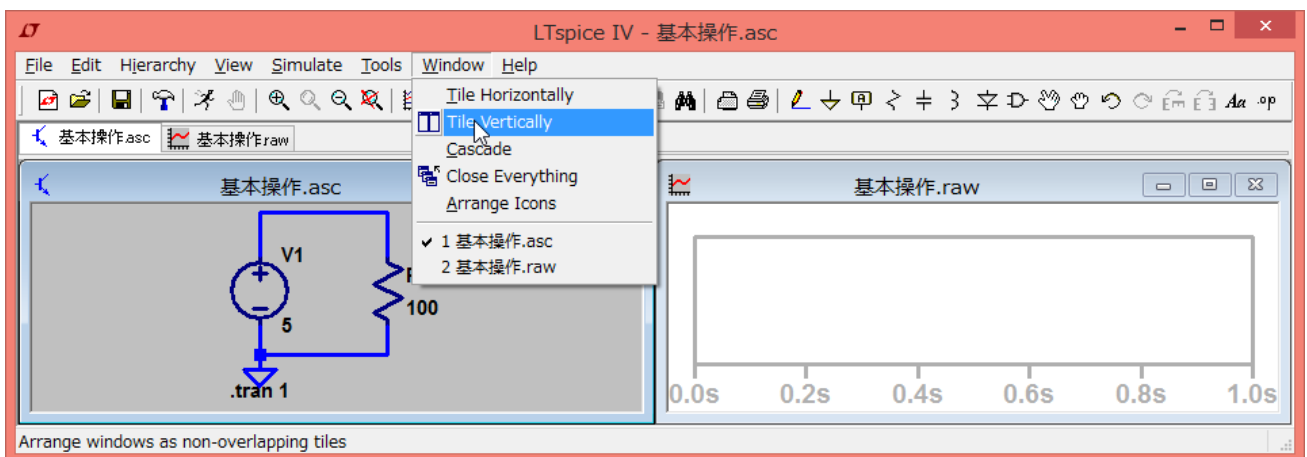




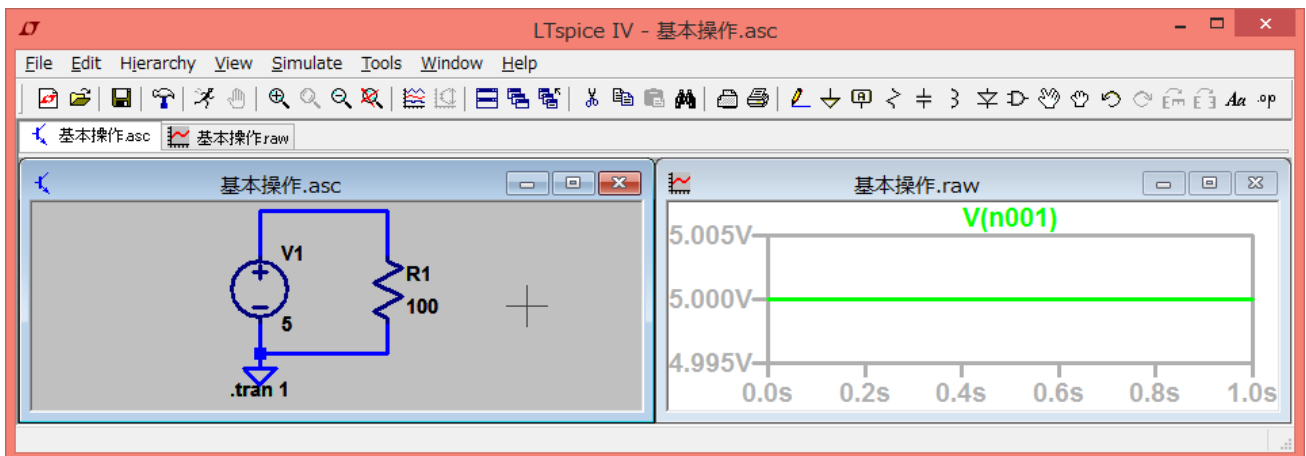
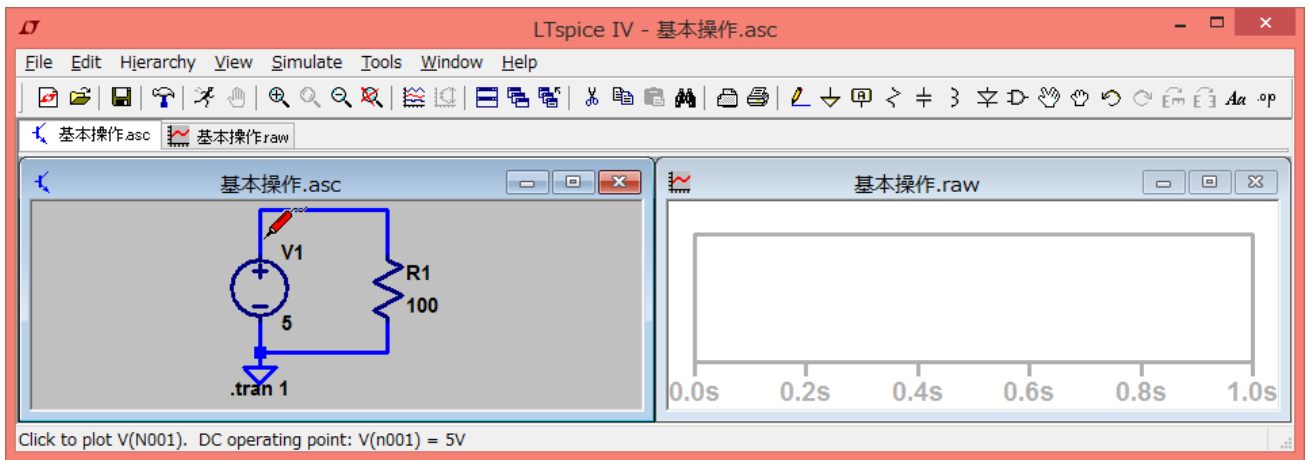
すると別のウィンドウが開く。



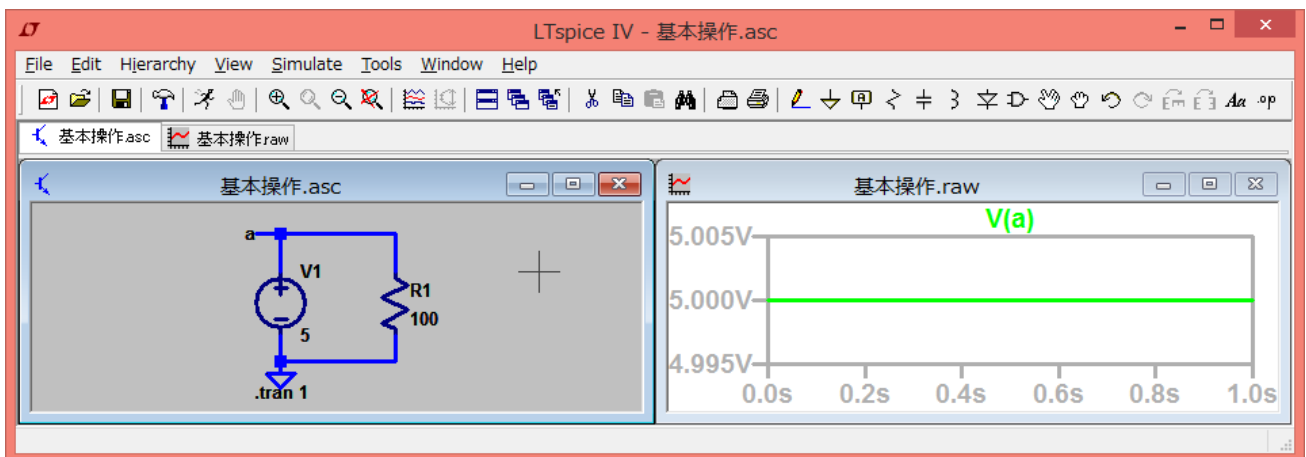
図のようにウィンドウを並べるには、「Window」から指定する。



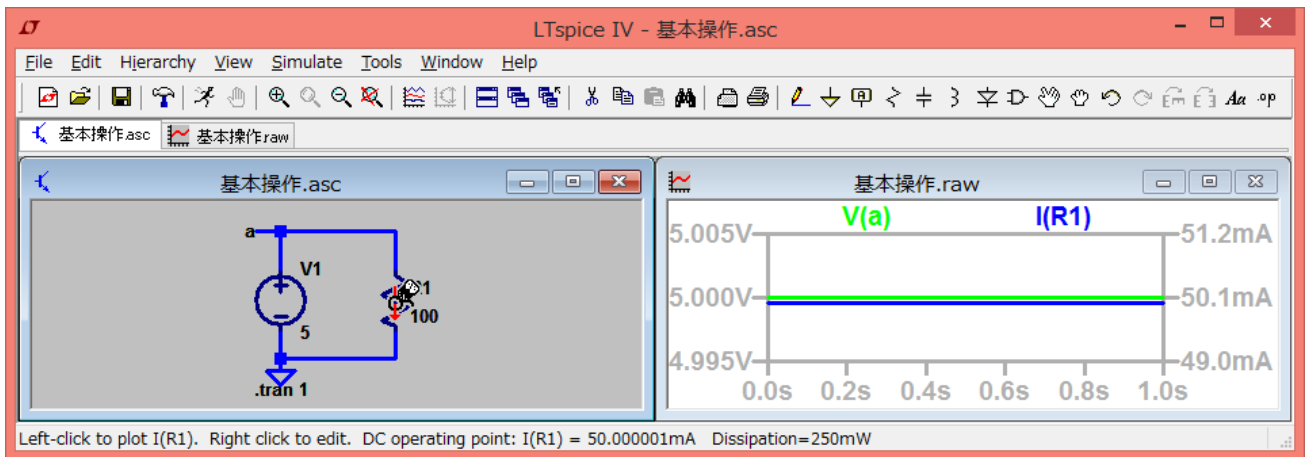
電圧源の正極側のノードの電圧をグラフに表示するには、そのノードを左クリック。ノードにマウスケールを合わせたときに、下に $V(N001)$ などと表示される。これは今指しているノードの名前が $N001$ で、もしクリックすると $N001$ の電圧が表示されるという意味。



しかし自分が見ているグラフがどのノードの電圧であるか、いちいちマウスケールを合わせないといけないので面倒である。そこで、「Label Net」ボタン（グラウンドボタンの右隣）を押して、部品と同じようにノードに配線する。回路図を書き換えたので、再度 Run する。そして見たいノードをクリックする。グラフのウィンドウで、 $V(a)$ のように表示され、回路図を見ると、どのノードの電圧が表示されているかわかりやすくなった。

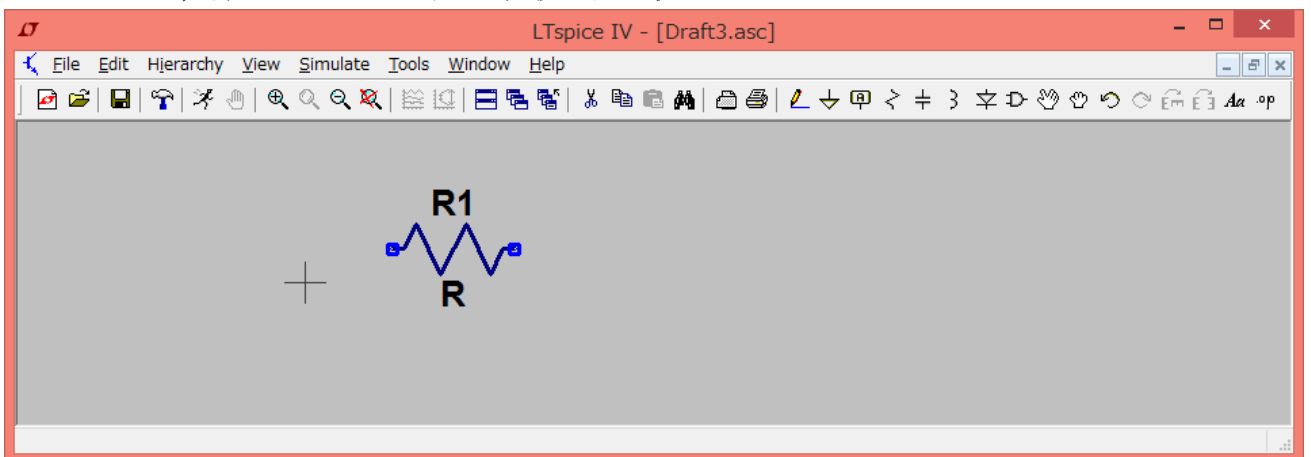


電流を見るには、部品の上にマウスケールを合わせ、左クリック。



その他の操作

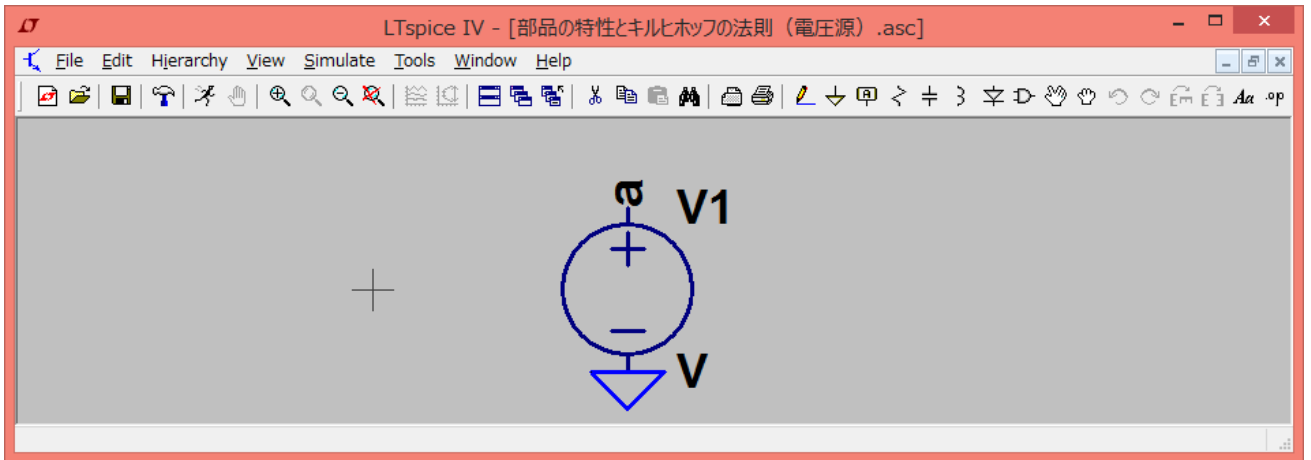
- 部品の回転：部品のボタンを押した後に、Ctrl キーを押しながら R キーを押す。すでに配置した部品を回転させる場合は、「Move」ボタン（手の平のアイコン）を押して、部品を左クリック。このとき、部品のボタンを押した直後と同じ状態になる。そして Ctrl+R.



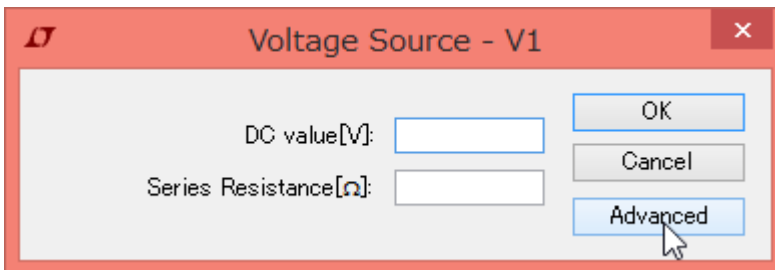
- 操作の取り消し：「Undo」「Redo」ボタンで.

電源（電圧源と電流源）の使い方

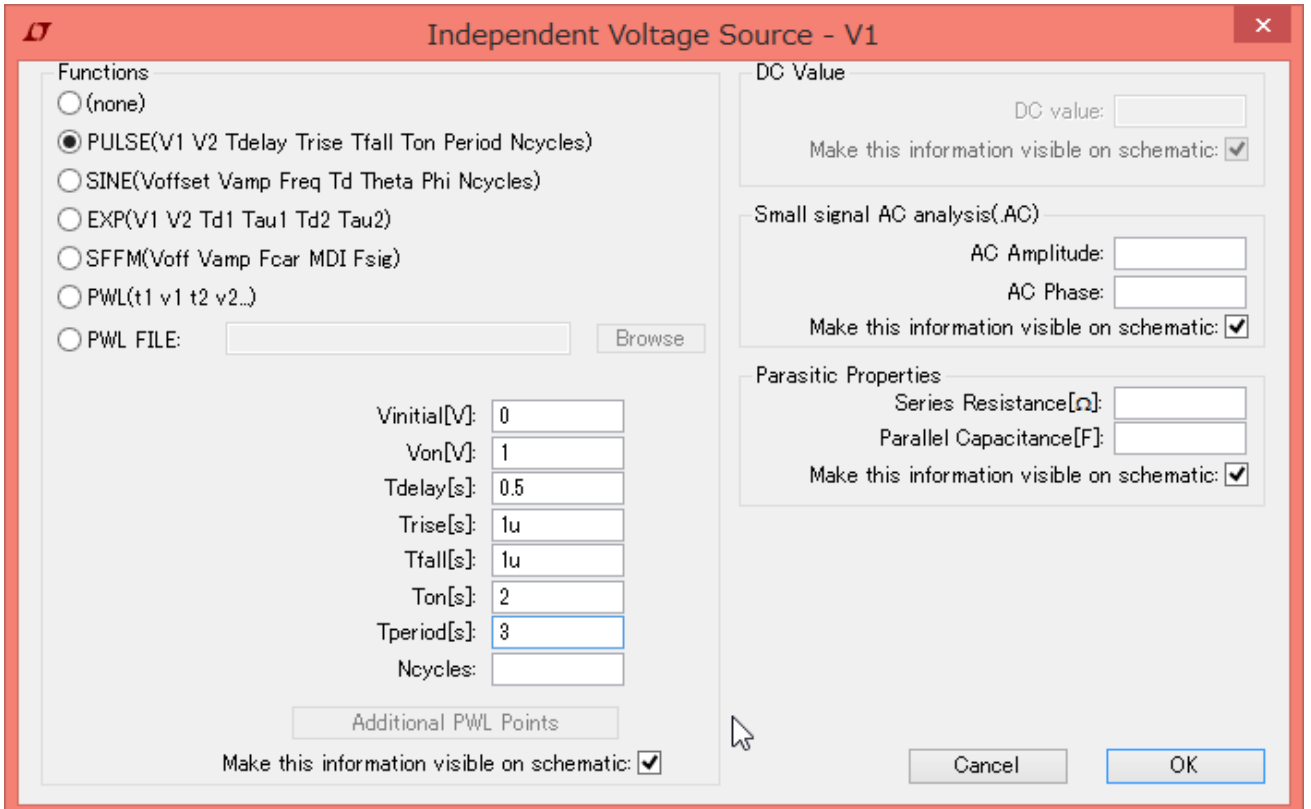
- 矩形波電圧出力



右クリックして advanced ボタンを押す.



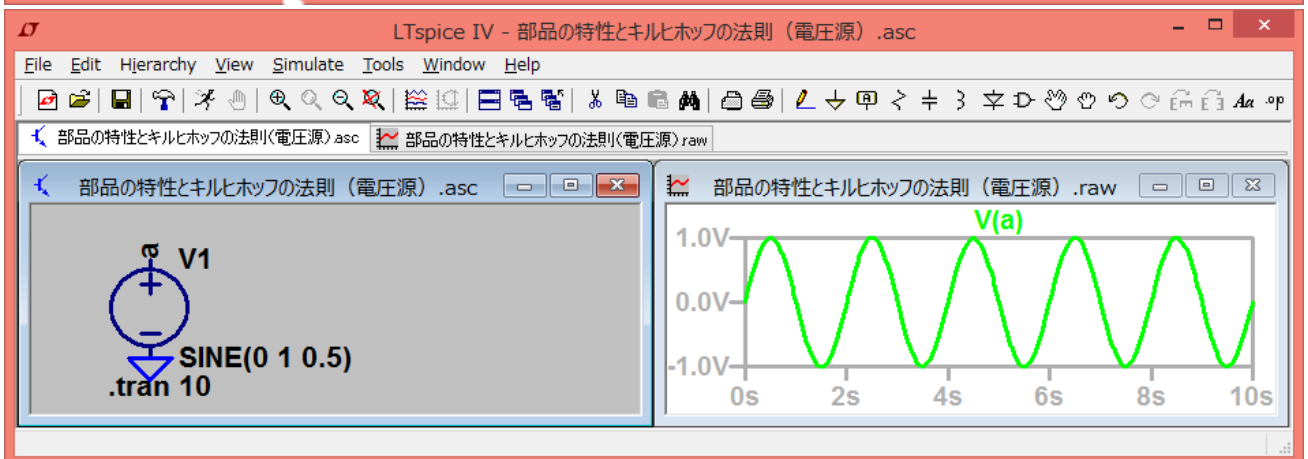
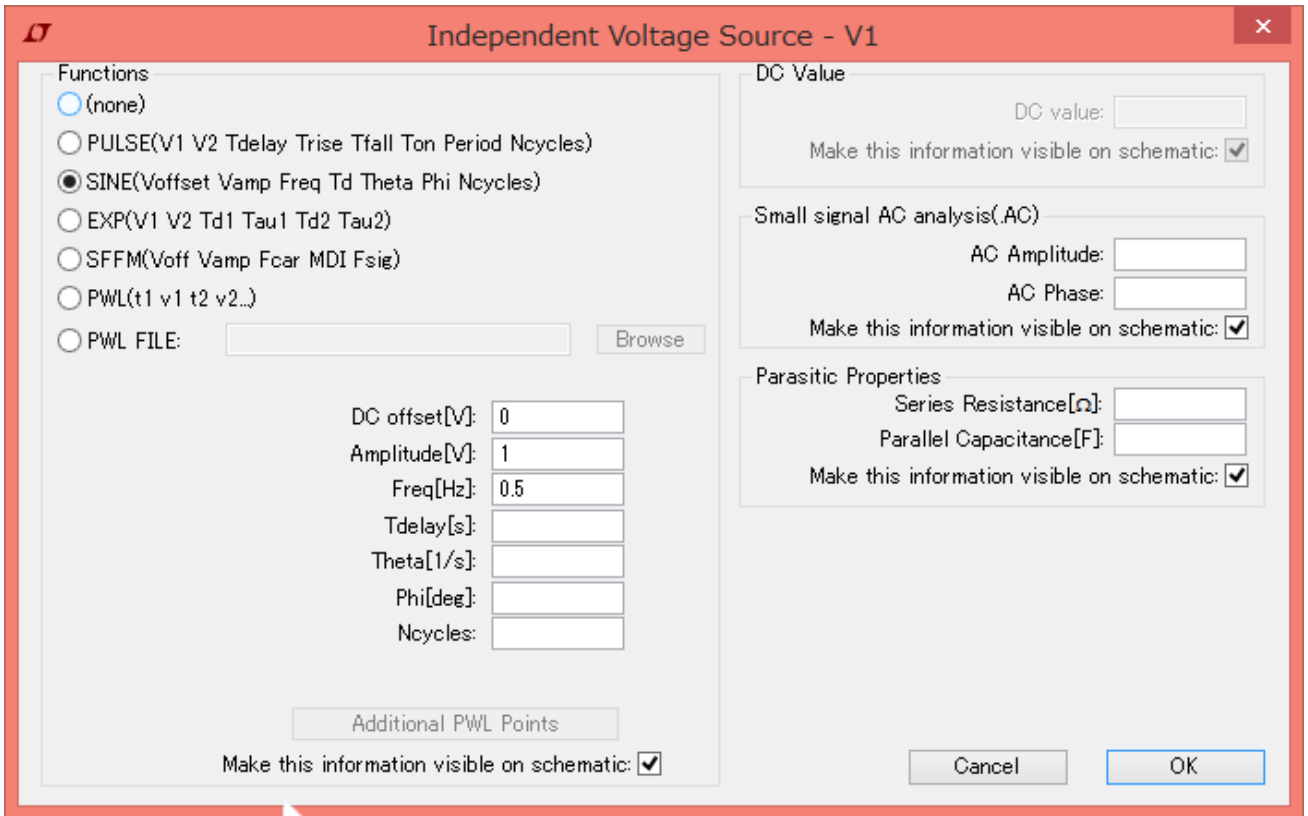
「pulse」を選択して、数字を入力.



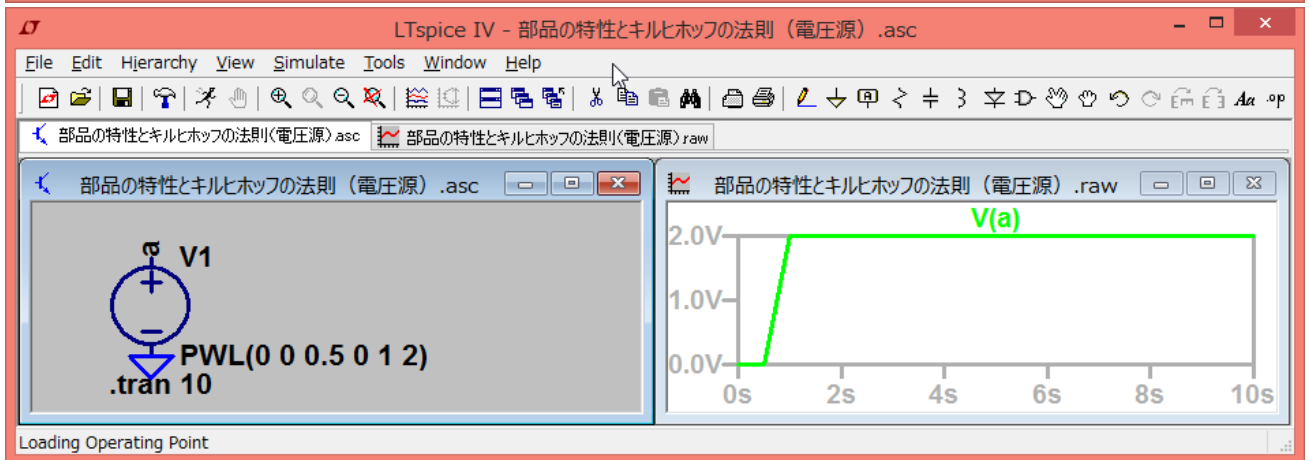
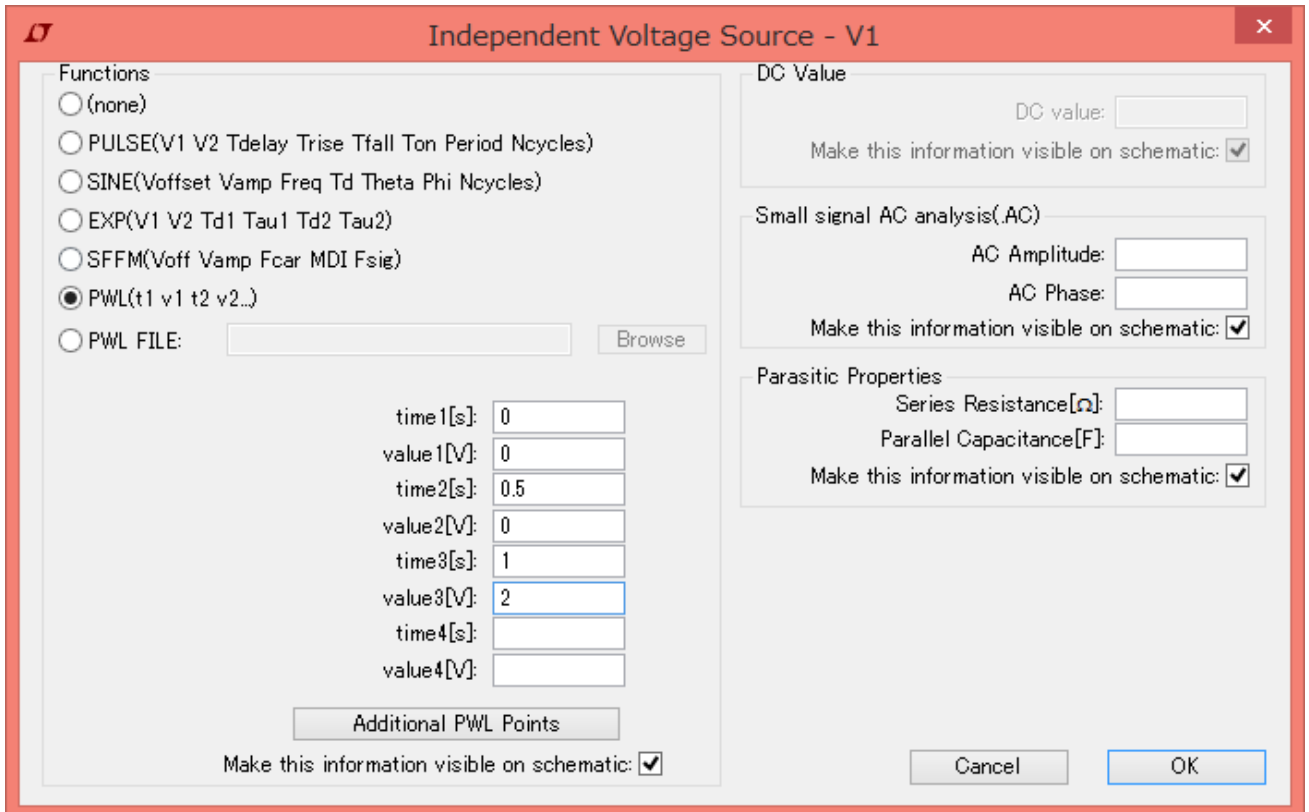
run を押して、stop time を 10 とし、ノード a の電圧を表示。



● 正弦波電圧出力

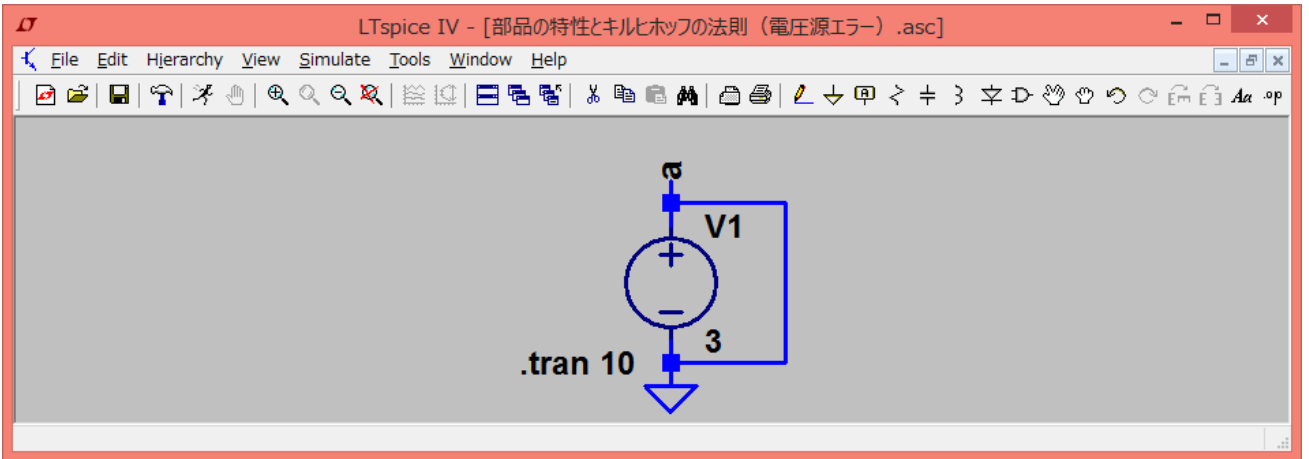


- 区分的線分状（折れ線）の電圧出力

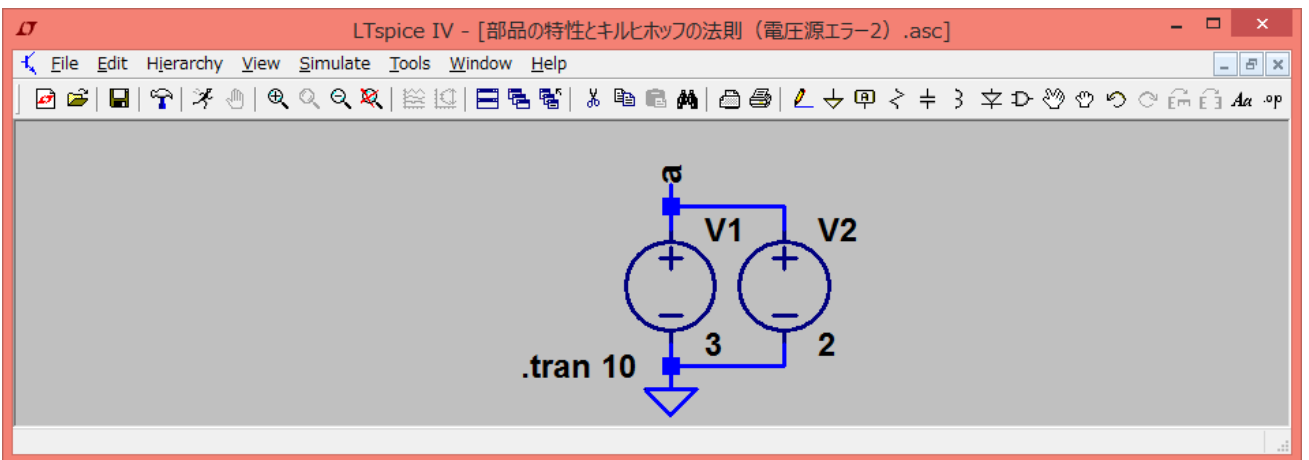


- エラー

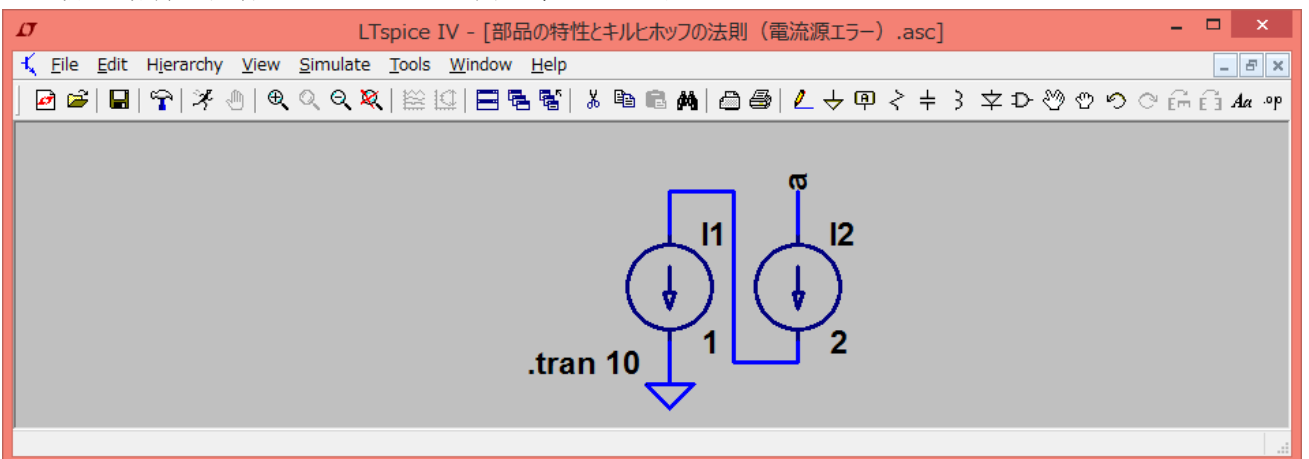
これは、電圧源が3Vを出力しようとしていることと、電圧源の両端が導線で配線されていることが矛盾している。いわゆる電圧源がショートしている状態。



2つの電圧源がそれぞれが独立に異なる電圧を出力しようとしていることと、それらが並列接続されていることによる矛盾。



- 電流源
電圧源の場合と同様. エラーとなる例を挙げておく.

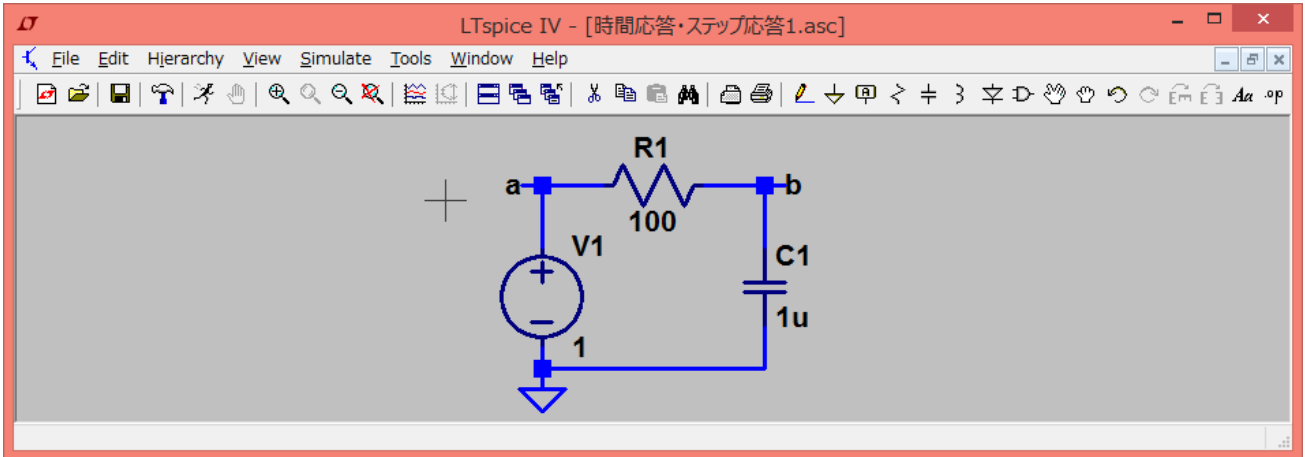


時間応答

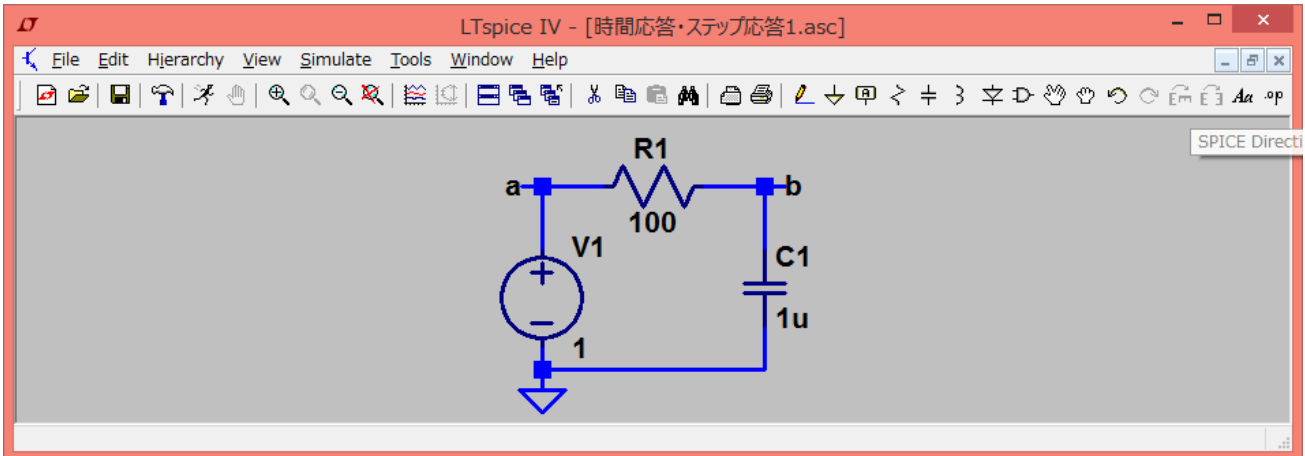
回路中の電圧や電流の時間的変化を観察する。Spice では、横軸が時刻のグラフを出すことに相当する。

ステップ入力

RC 回路を考える。



コンデンサには電荷が蓄えられていない状態からシミュレーションしたい。初期条件(initial condition)を設定する。 .op ボタンを押して、ノード b の電圧が 0 で始まるようにする。 OK ボタンを押したら、部品を配置するようにしてコマンドを置く。



Edit Text on the Schematic:

How to netlist this text
 Comment
 SPICE directive

Justification
Left
 Vertical Text

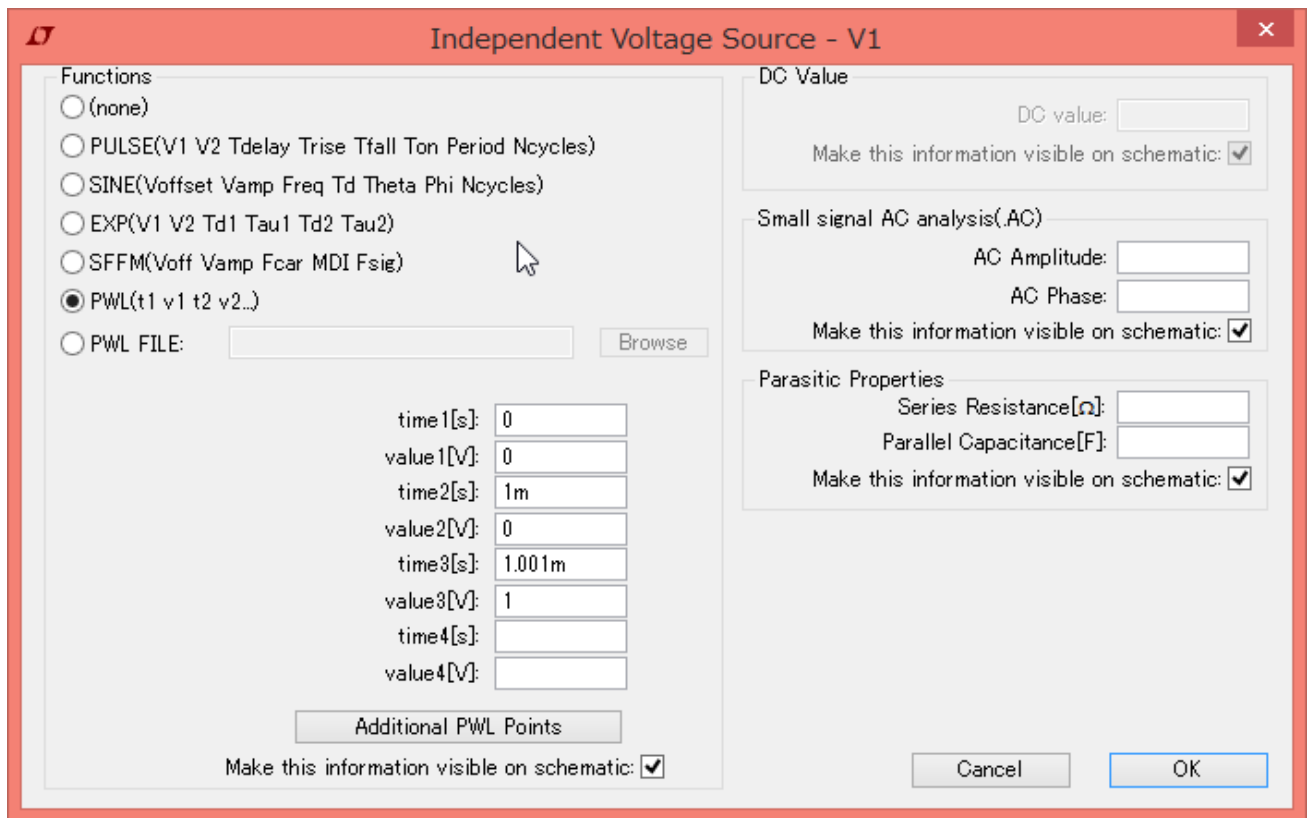
Font Size
1.5(default)

OK
Cancel

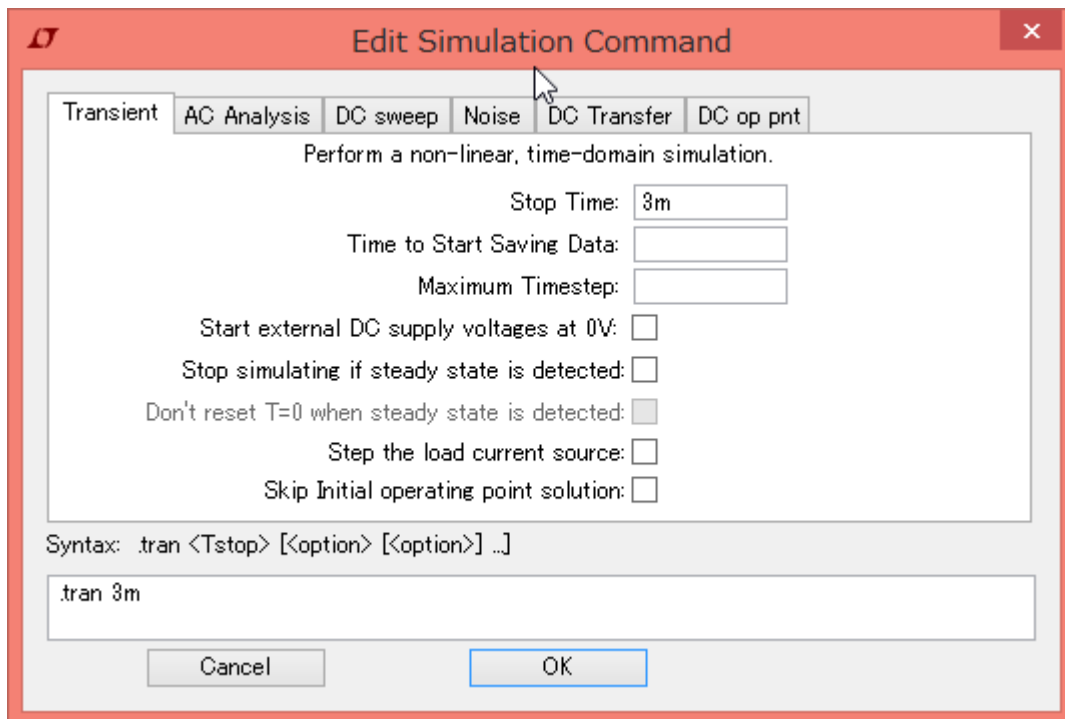
.ic v(b)=0

Type Ctrl-M to start a new line.

電圧源の電圧をステップ関数にするため、電圧源を右クリックして、PWL を選び、値を入力する。



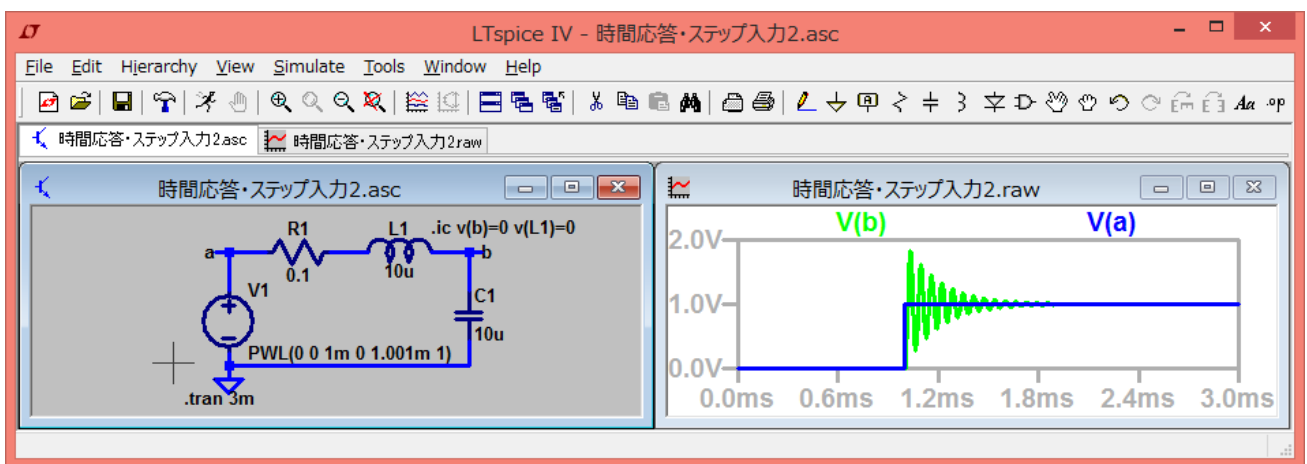
Run ボタンを押して、シミュレーション時間を指定する。



ノード a とノード b の電圧を表示させる。

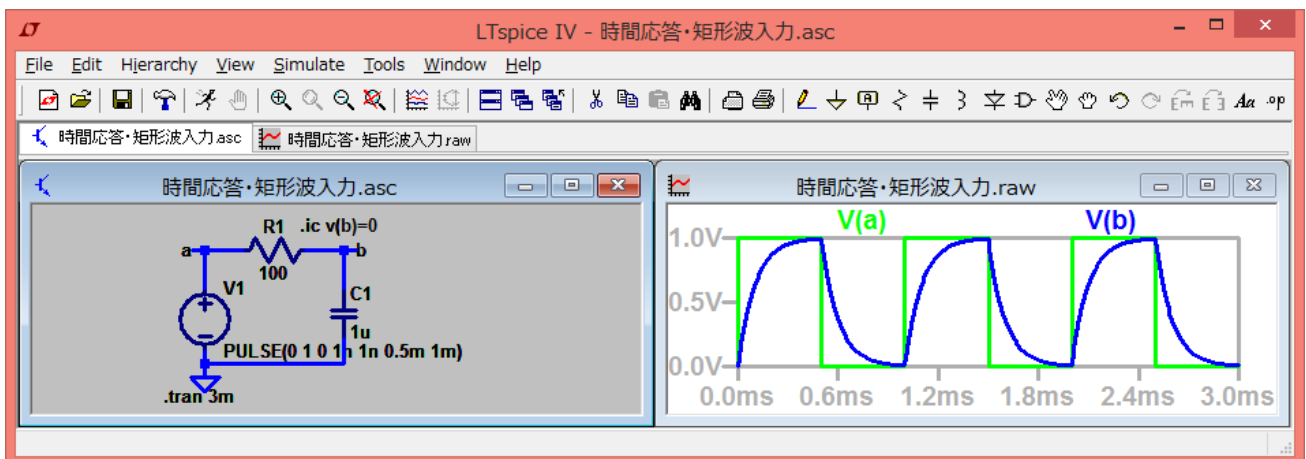
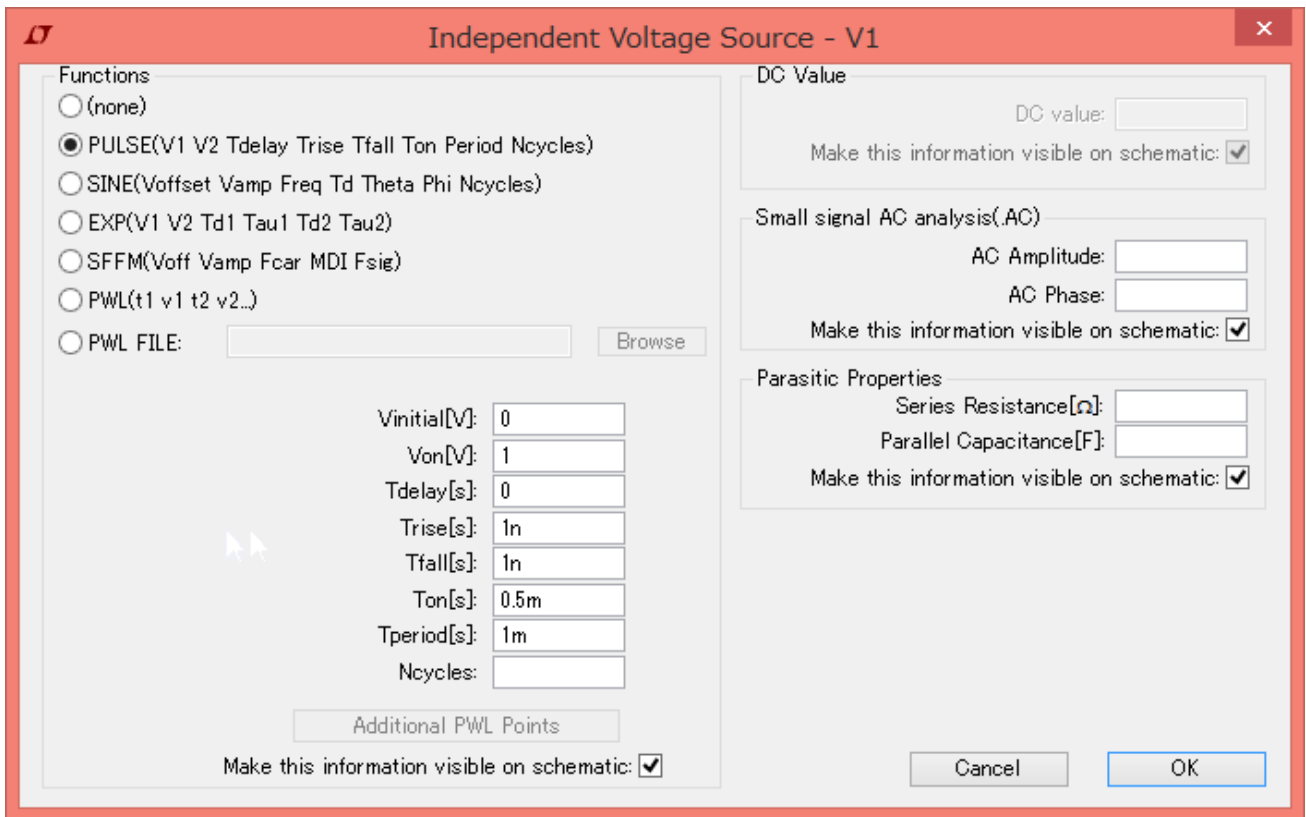


他の回路でも試してみよう。

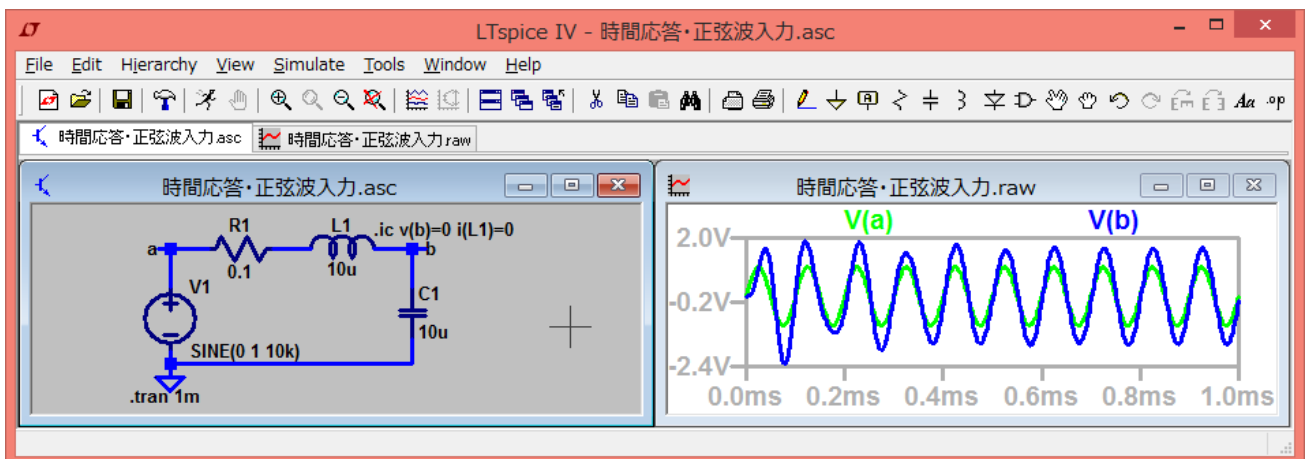
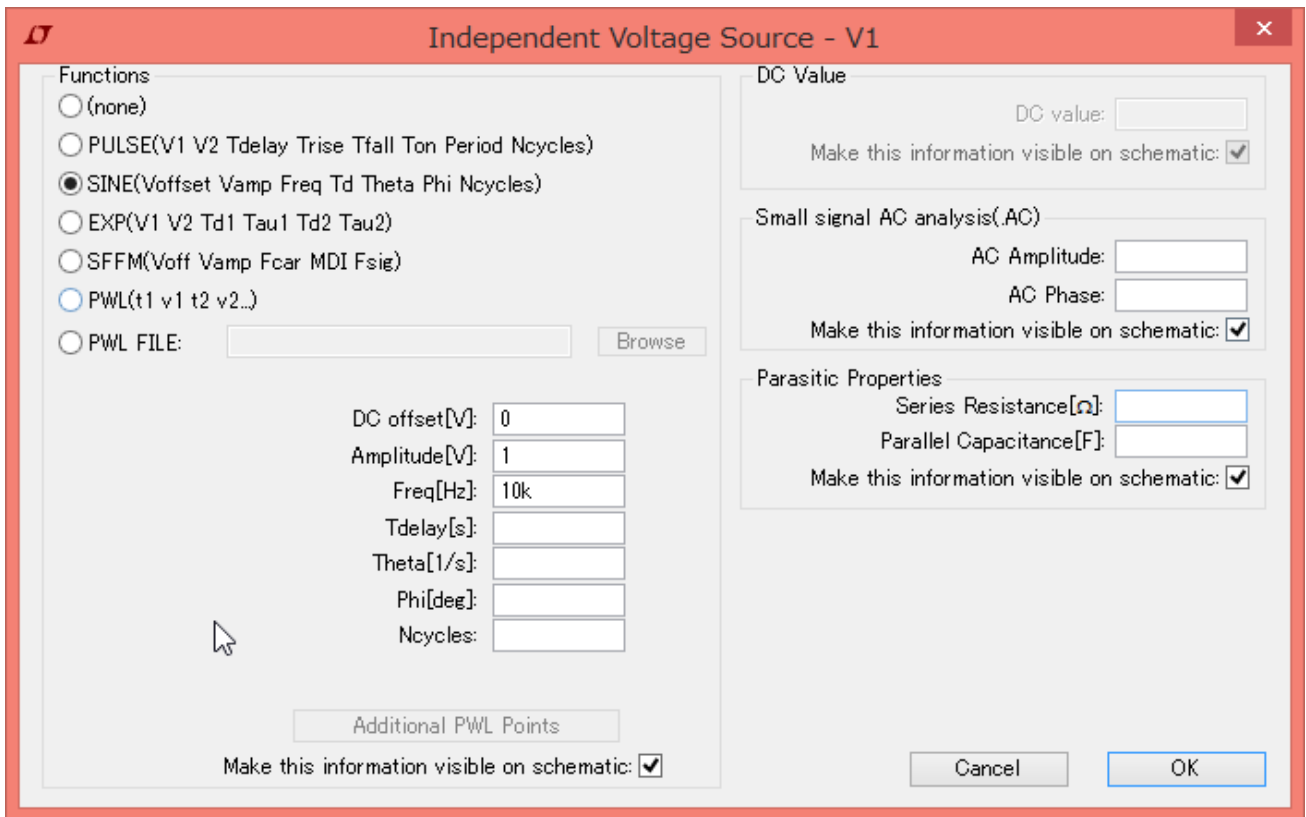


矩形波入力

得られる波形は、ステップ入力時の応答波形の断片の繰り返しとなる。周期を長く取れば、ステップ入力時と同じである。

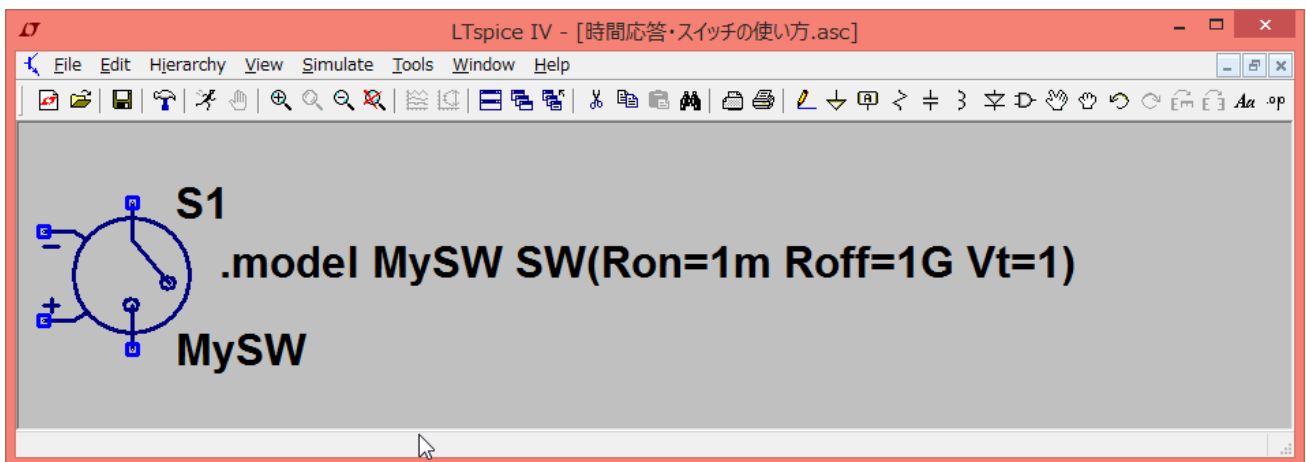
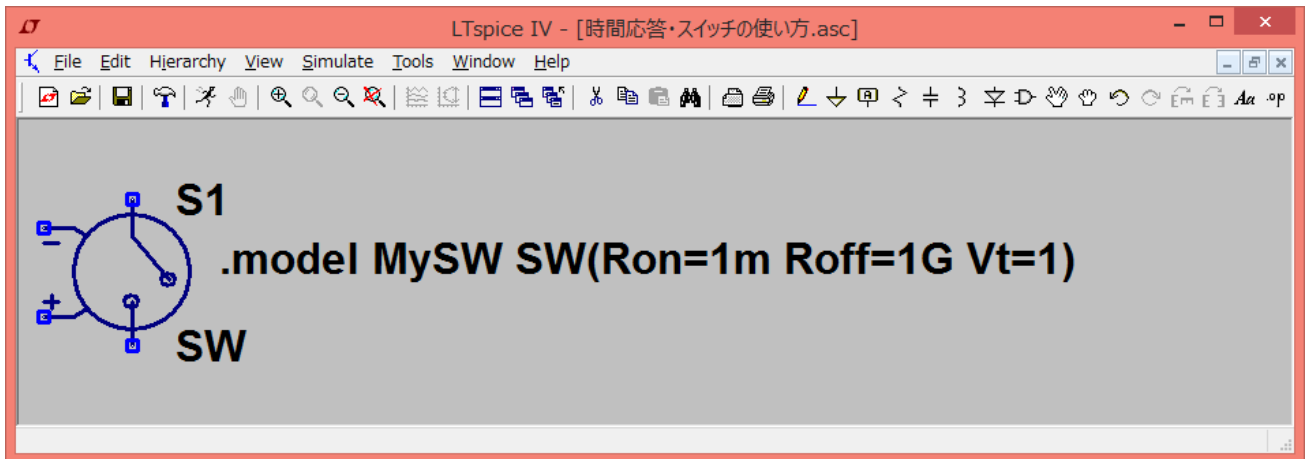


正弦波入力

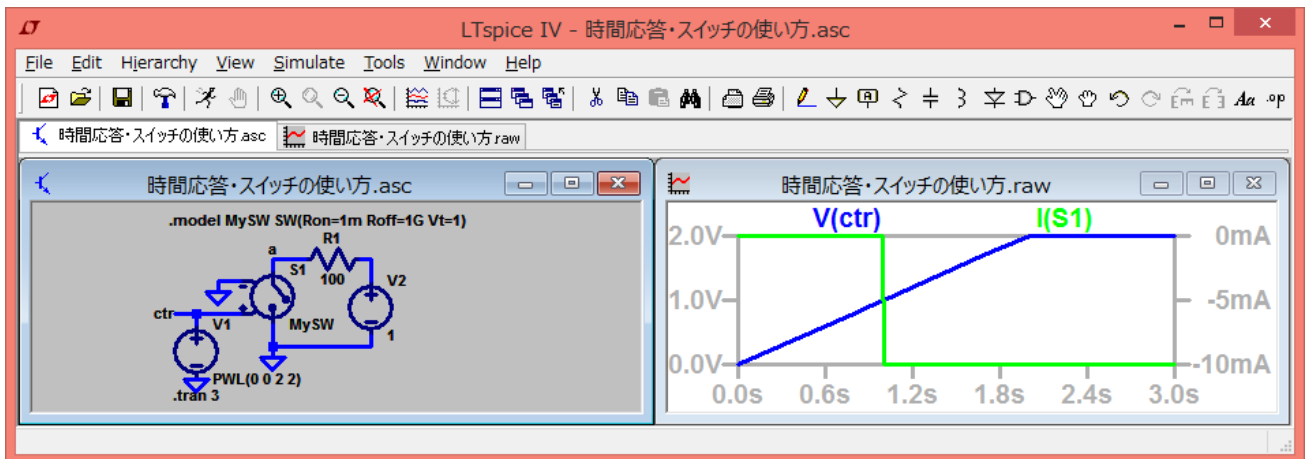


スイッチの使い方

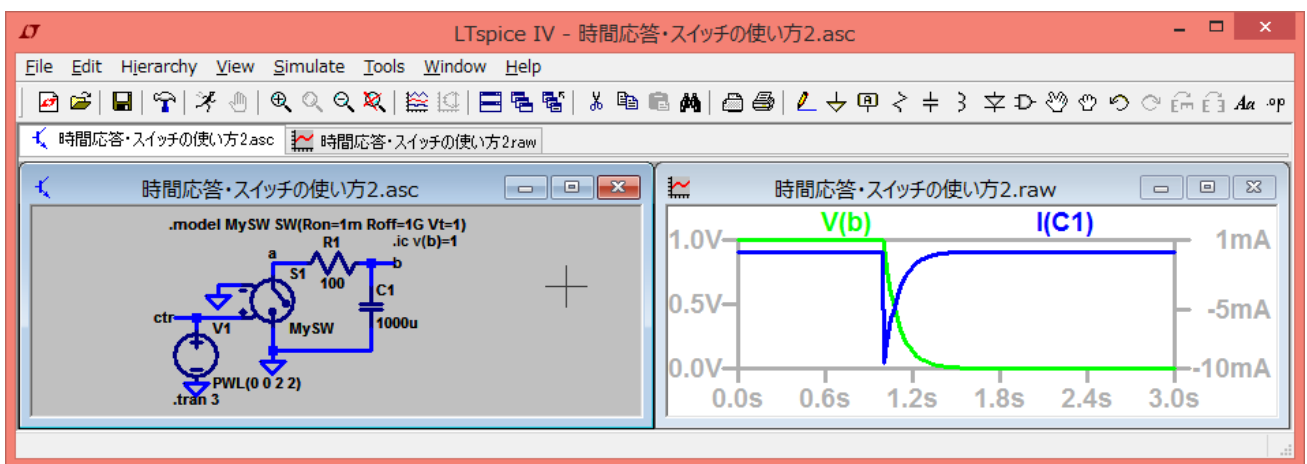
まず、スイッチ(voltage controlled switch)をカスタマイズする。スイッチを配置後、.op ボタンを押して、図のように入力し、コマンドを配置する。オンのときの抵抗値が $1\text{m}\Omega$ 、オフのときの抵抗値が $1\text{G}\Omega$ 、コントロール端子の電圧が 1V を越えたときにオンになるという意味である。スイッチの上にマウスカursorを合わせて右クリックし、value のところを MySW に書き直す。.model で書いたものと同じでなければならない。



電圧源を用意し、出力される電圧によってスイッチをコントロールする。ここでは、1秒のときに、スイッチがオンになるようにしてみよう。電圧源が出力する電圧をPWLによって生成する。スイッチの動きを見るために、別の電圧源と抵抗を接続しておく。

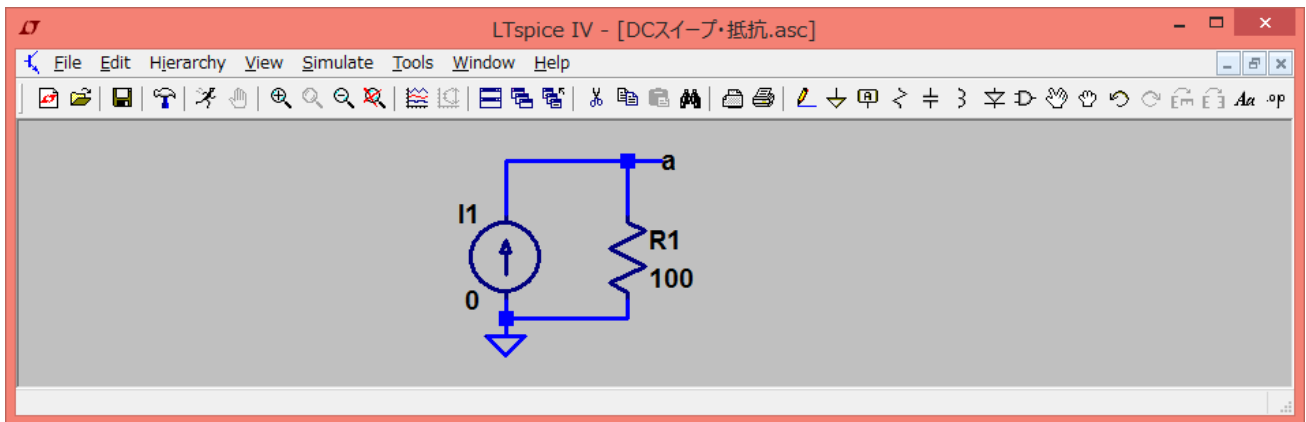


スイッチを使って、コンデンサに蓄えられた電荷が放電する様子を観察することができる。

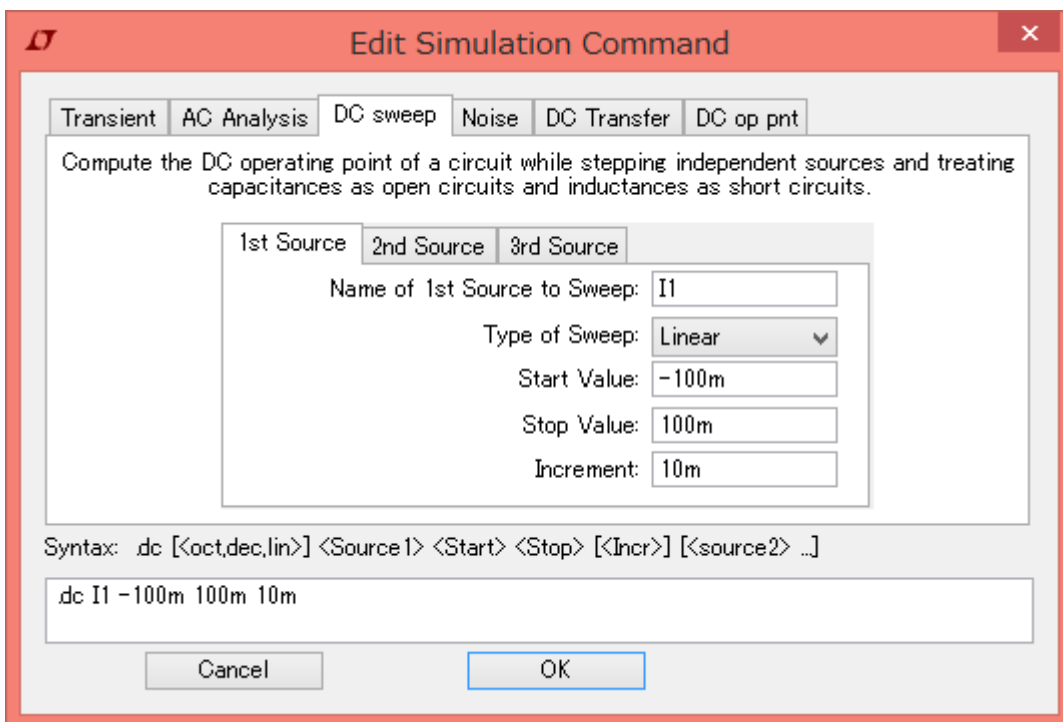


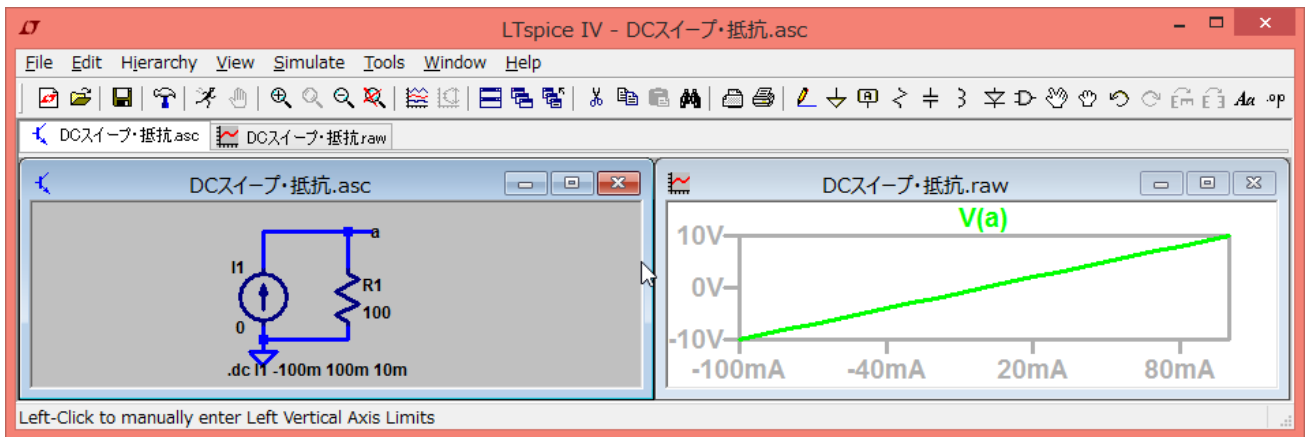
DC スweep

横軸を電圧源の電圧または電流源の電流にとったときのグラフを表示する。例として、オームの法則をグラフに表示する。電流源の値は0としておく。



Run ボタンを押して、DC sweep タブをクリックし、電流源の名前とスweepしたい電流の値を入力する。





次のようにすれば、合成抵抗に対するオームの法則を表示できる。

