

Einführung in LTspice/Switcher CAD

Inhalt:

1. 1 Einleitung

1.2 Kurzbeschreibung LTspice/SwitcherCAD

2.0 Simulationseinstellungen

2.1 Wechselspannungs-/Kleinsignalanalyse („AC Analysis“) *Frequenzganganalyse*

2.2 Transientenanalyse („Transient“) *Analyse im Zeitbereich*

2.3 Gleichstromberechnungen („DC op pnt“)

2.4 Simulationsdurchführung

1.1 Einleitung

Elektronische Schaltungen werden während der Entwicklung mit Hilfe von Schaltungssimulationsprogrammen auf ihre Funktionstüchtigkeit überprüft. Da der Aufbau eines Schaltkreises in der Regel sehr zeitaufwändig ist, können auf diesem Wege Entwicklungszeit und -kosten deutlich gesenkt werden. Im besonderen Maße gilt dieses auch für integrierte Schaltungen. Ihre Herstellung ist besonders zeit- und kostenintensiv, so dass gerade in diesem Bereich die Unterstützung der Entwicklung durch Simulationsprogramme unverzichtbar geworden ist.

In der SPICE-Aufgabe dieser Vorlesung werden einige einfache Schaltungen mit der Simulationssoftware LTspice/Switcher CAD simuliert, die wichtigsten Schaltungsanalysen durchgeführt und somit die Grundlagen von SPICE vermittelt.

Mein Dank geht an das Institut für Nanoelektronik der Universität Hamburg Harburg für die Bereitstellung ihrer Dokumentation die sich in Teilen in dieser Anleitung wieder findet.

1.2 Kurzbeschreibung LTspice/SwitcherCAD

Das für die Aufgabe benötigte Schaltungssimulationsprogramm LTspice/Switcher CAD III Version 2.24t kann auf der Internetseite der Firma Linear Technology (<http://www.linear.com/designtools/software/>) kostenlos heruntergeladen werden. Es basiert auf dem Programm SPICE2 („Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis“), welches an der University of California in Berkeley in der Mitte der siebziger Jahre des vergangenen Jahrhunderts entwickelt wurde. Seitdem ist es durch seine weite Verbreitung zu einem Quasi-Standard geworden. Das SPICE- Eingabeformat der Schaltungsnetzliste wird inzwischen von vielen anderen Programmen benutzt.

Nach dem Start von LTspice/Switcher CAD muss zunächst ein neuer Schaltplan („Schematic“) erstellt oder ein alter Schaltplan geladen werden. Ersteres geschieht durch Klicken auf „File“ und „New Schematic“ (Abb. 1).

In der leeren Arbeitsfläche können dann durch Klicken auf die entsprechenden Symbole oder durch Verwendung der Tastenkürzel (Abb. 2) die gewünschten Bauelemente platziert und verbunden werden. Verbindungsleitungen (= Netze, „Wire“ [F3]) werden automatisch durchnummeriert, können jedoch auch von Hand mit beliebigen Bezeichnungen versehen werden (Netzbezeichnung, „Label“ [F4]). Reserviert ist lediglich die Bezeichnung „0“ für die Masse („Ground“ [G]). Die Definition dieser Masse durch **Hinzufügen des Massesymbols für jeden Schaltplan** ist ganz besonders wichtig. Der Simulator bezieht nämlich später sämtliche Spannungen auf diese Masse. Ohne Masse können keine Berechnungen durchgeführt werden. Symbole lassen sich mit [STRG]+[R] („Rotate“) drehen und innerhalb eines Schaltplans ohne Verbindungsleitungen ausschneiden („Move“ [F7]) oder mit Verbindungsleitungen verschieben („Drag“ [F8]). SPICE-Befehle für den Simulator können direkt im Schaltplan eingegeben werden („SPICE Directive“ [S]). Darüber hinaus ist es möglich, zur Erläuterung der Schaltung im Schaltplan Kommentare zu platzieren („Text“ [T]), die der Simulator ignoriert. Regelmäßiges Speichern beugt Datenverlust im Falle eines Programmabsturzes vor („File“ ⇒ „Save“/„Save As“).

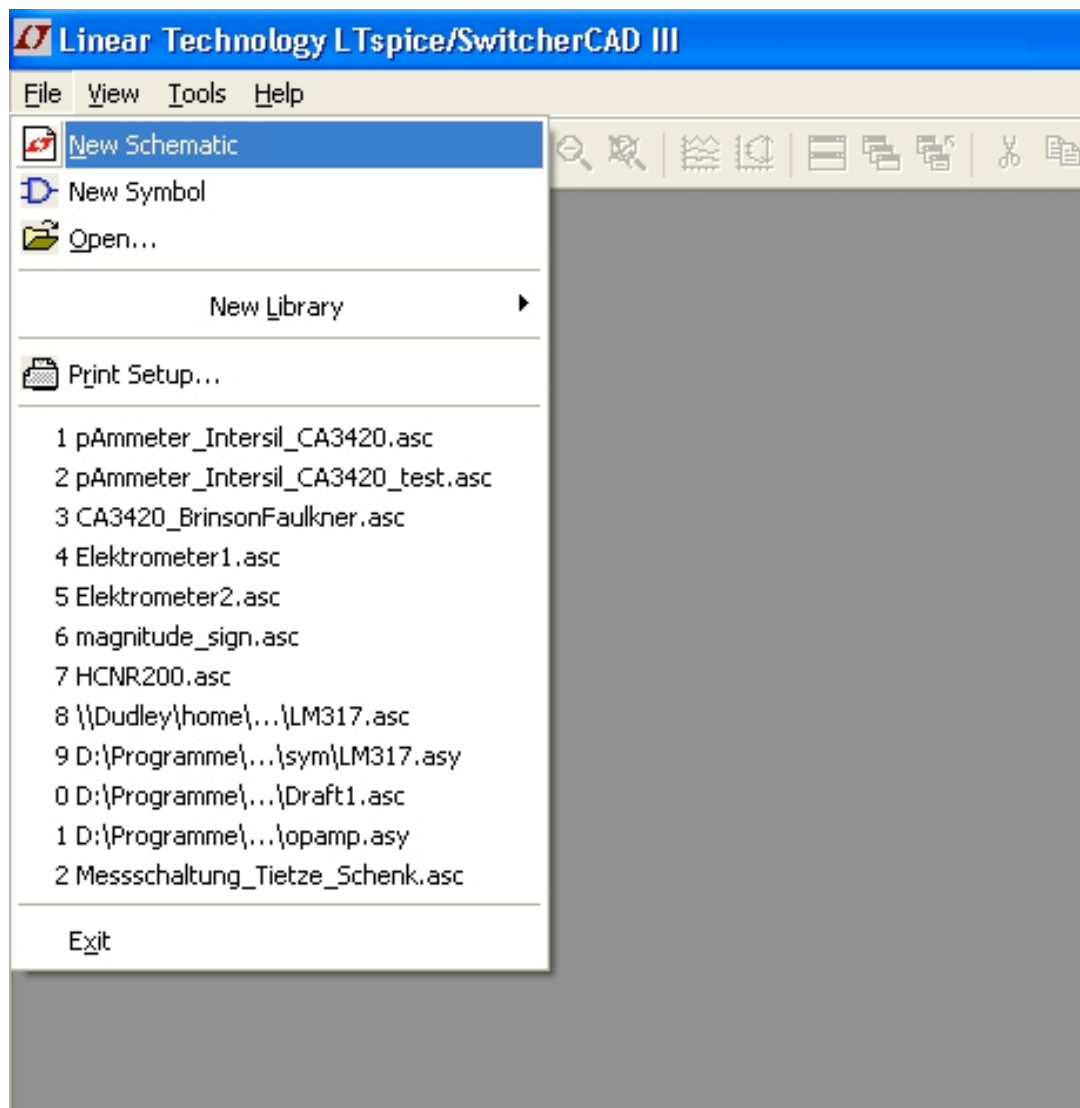


Abb. 1: Erstellen eines neuen Schaltplans

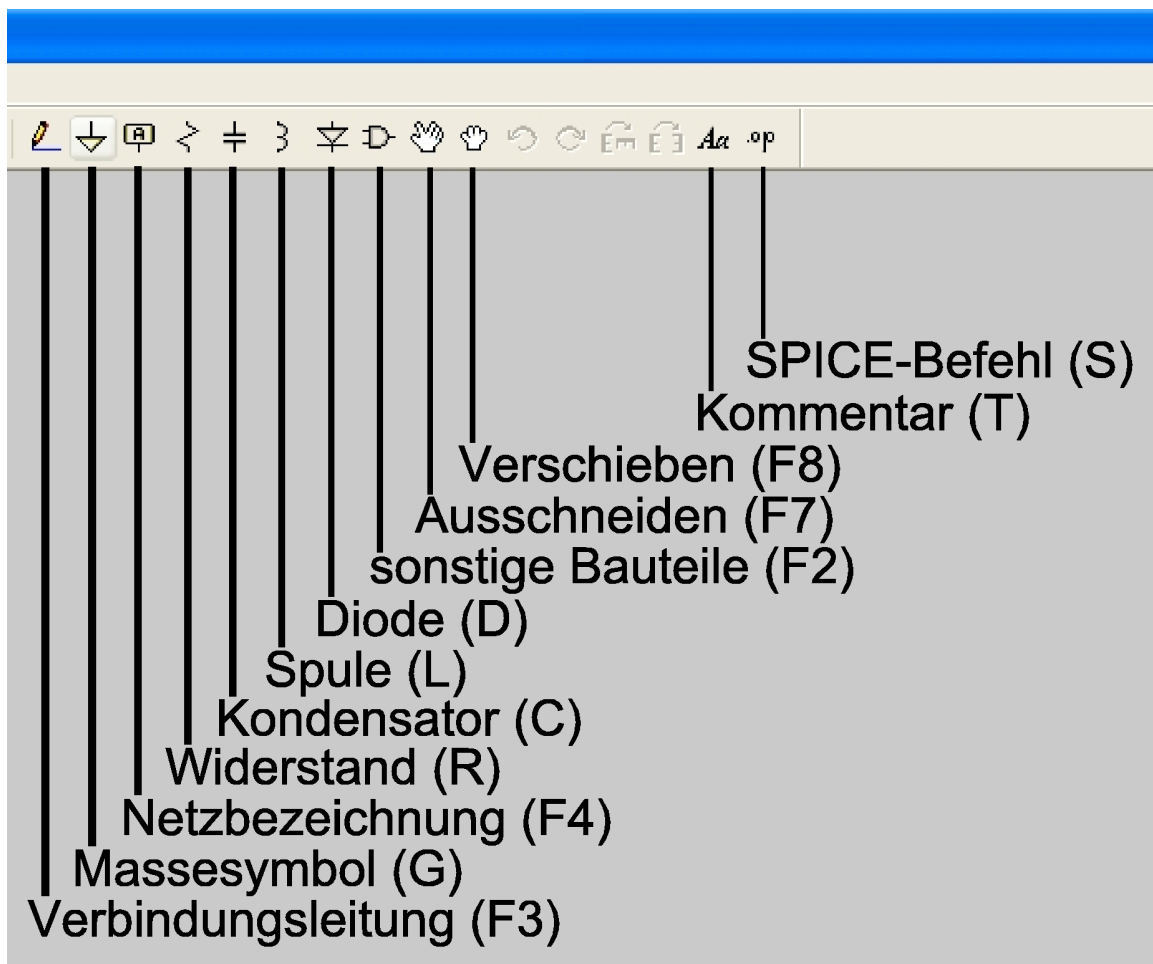


Abb. 2: Symbole und Tastenkürzel

Die SPICE-Netzliste der Schaltung kann jederzeit durch Klicken auf „View“ und „SPICE Netlist“ eingesehen werden. Fehlermeldungen werden unter „View“ und „SPICE Error Log“ angezeigt.

2.0 Simulationseinstellungen

Nach der Erstellung des Schaltplans folgt die Simulation. Hierzu müssen zuerst die Einstellungen des Simulators durch Klicken auf „Simulate“ und „Edit Simulation Cmd“ aufgerufen werden (Abb. 3). In dem sich öffnenden Fenster (Abb. 4) erfolgt die Auswahl der Simulationsart und die Eingabe der zugehörigen Simulationsparameter. Nach der Bestätigung der Eingaben mit „OK“ generiert LTSpice/Switcher CAD einen SPICE-Befehl, der mittels Linksklick im Schaltplan an geeigneter Stelle abzulegen ist.

Die Simulationsarten und deren Einstellungen werden in den folgenden Punkten beschrieben.

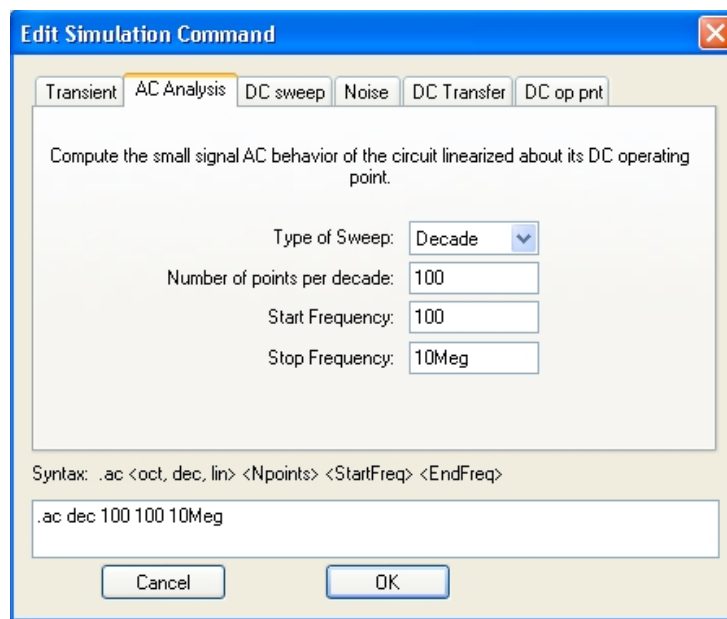


Abb. 3: Auswählen der Simulationsart und Eingeben der Parameter

2.1 Wechselspannungs-/Kleinsignalanalyse („AC Analysis“)

Frequenzganganalyse

Das Programm berechnet alle Spannungen und Ströme für verschiedene Frequenzen innerhalb des angegebenen Intervalls. Damit lassen sich in dieser Simulationsart Bodediagramme anzeigen. Es müssen die Startfrequenz, die Endfrequenz und die Anzahl der Berechnungspunkte innerhalb einer Dekade angegeben werden.

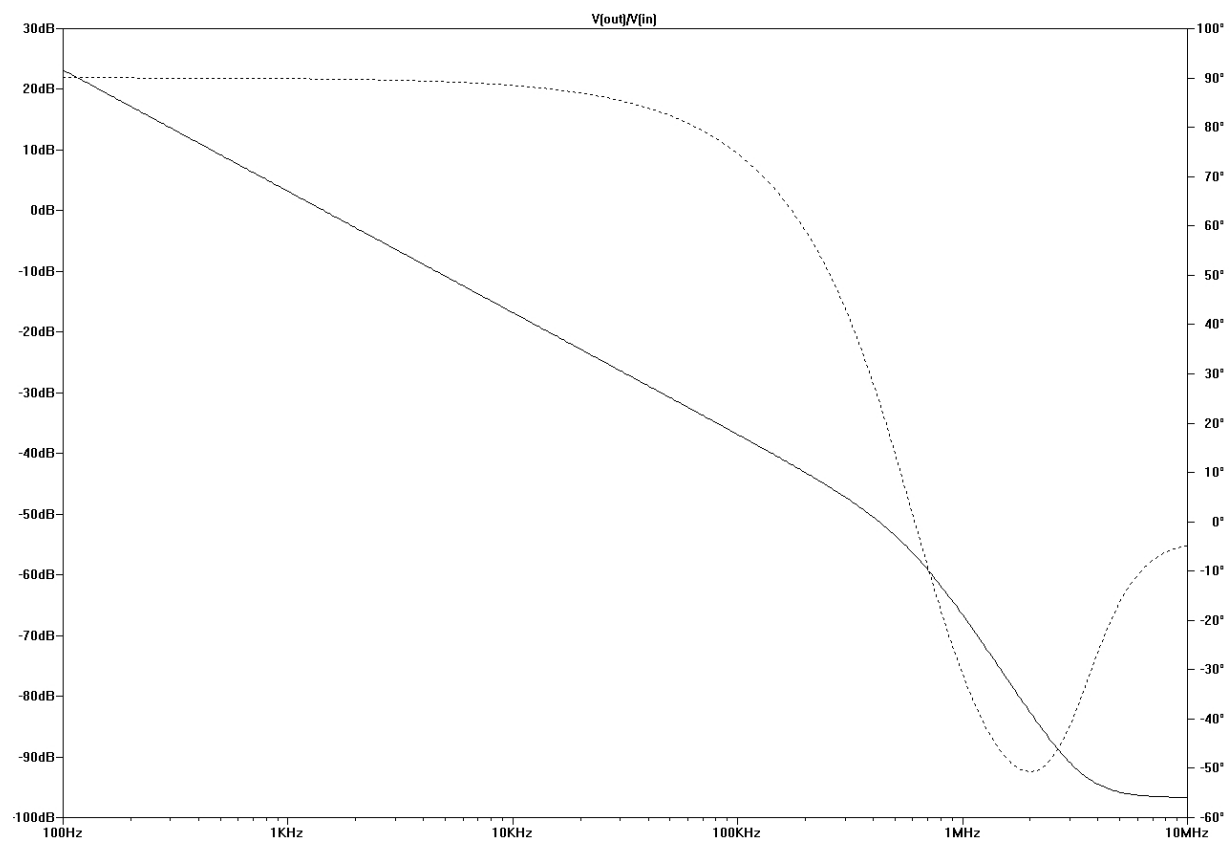


Abb. 4: Bodediagramm als Ergebnis der AC-Analyse

2.2 Transientenanalyse („Transient“)

Analyse im Zeitbereich

hier müssen die Angaben Startzeit, Endzeit und maximaler Zeitschritt für die Analyse gesetzt werden. Diese Analyse dient eigentlich der Beobachtung des Verhaltens einer Schaltung innerhalb eines Zeitintervalls. Zum Beispiel u Einschwingvorgänge sichtbar zu machen.

Hier können Spannungs- und Stromverläufe einzelner Punkte in der Schaltung über der Zeit sichtbar gemacht werden.

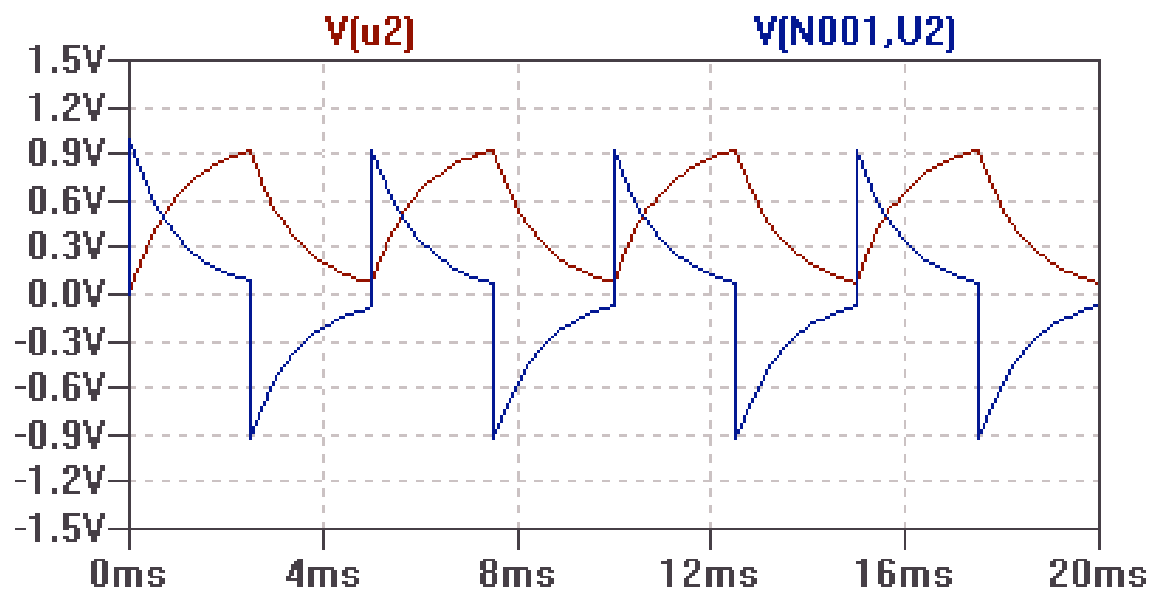


Abb. 5: Spannungsverlauf

2.3 Gleichstromberechnungen („DC op pnt“)

Hier wird der Gleichstromarbeitspunkt berechnet. Die Spannungen und Ströme werden in einer Tabelle angezeigt:

$V(n001) :$	12	voltage
$V(u2) :$	6	voltage
$I(R2) :$	0.006	device_current
$I(R1) :$	0.006	device_current
$I(V1) :$	-0.006	device_current

Abb. 6: Tabelle mit Spannungen und Strömen im Operating Point

2.4 Simulationsdurchführung

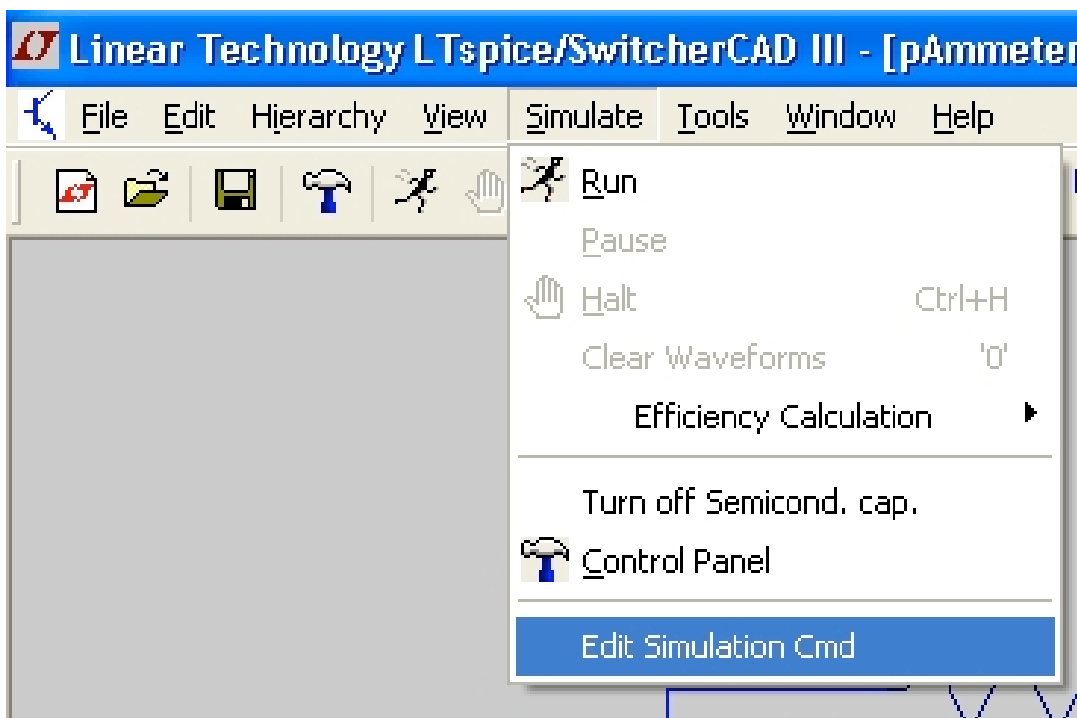


Abb. 7: Aufrufen der Simulatoreinstellungen

Die Simulation wird durch Klicken auf „Simulate“ und „Run“ oder das laufende Männchen („Run“, Abb. 5) in der Symbolleiste gestartet. Nach dem erstmaligen Start einer Simulation in einem neuen Schaltplan öffnet sich ein zunächst leeres Diagramm. Um das Diagramm zu füllen, müssen die darzustellenden Spannungen bzw. Ströme im Schaltplan ausgewählt werden. Im Falle der Spannungen geschieht dies durch Klicken auf eine Verbindungsleitung (der Mauszeiger ist dann ein Tastkopf, Abb. 6), im Falle der Ströme durch Klicken auf den Ein- bzw. Ausgang eines Symbols (der Mauszeiger ist dann eine Stromzange, Abb. 7). Abbildung 8 zeigt beispielhaft das Bode-Diagramm (Betrag/Phase) als Ergebnis einer AC-Analyse des auf der Titelseite dargestellten Pikoamperemeters.



Abb. 8:

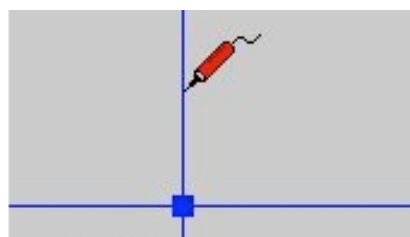


Abb. 9:

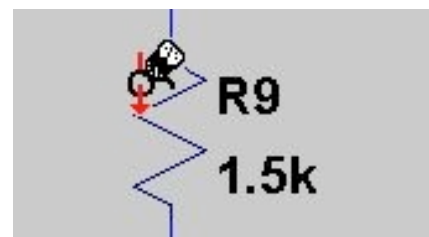


Abb. 10:

Abb. 8: Starten der Simulation

Abb. 9: Auswählen der darzustellenden Spannung (Tastkopf)

Abb. 10: Auswählen der darzustellenden Ströme (Stromzange)