

Einführung in LTSpice

Wolfgang Puffitsch*

26. März 2010

LTSpice (auch als SwitcherCAD III bezeichnet) ist ein Program der Firma Linear Technology um das Verhalten elektronischer Schaltungen zu simulieren. Es basiert auf SPICE, das bereits in den 70er-Jahren an der University of California in Berkeley entwickelt wurde. LTSpice ist kostenlos verfügbar und kann neben der Evaluation von Produkten der Firma Linear Technology auch zur allgemeinen Schaltungssimulation verwendet werden (“and also to perform general circuit simulation”). Obwohl eigentlich für Windows-Betriebssysteme entwickelt, ist LTSpice mittels Wine auch unter verschiedenen GNU/Linux-Distributionen benutzbar.

Die Schaltungssimulation gestattet auf einfache Art und Weise den funktionellen Test einer eingegebenen Schaltung durch:

- Gleichspannungsverhalten (DC-Analyse, Ausgangsspannung als Funktion der Eingangsspannung)
- Zeitverhalten (Transient-Analysis, Spannung als Funktion der Zeit)
- Wechselspannungsverhalten (AC-Analyse, Ausgangsspannung als Funktion der Frequenz)

1 Installation

Folgende Schritte sind für die Installation notwendig:

1. LTSpice IV von <http://www.linear.com/designtools/software/ltspace.jsp> herunterladen
2. LTSpiceIV.exe ausführen (ggf. mit Wine öffnen)

Bei der Installation werden das Desktop-Icon und der Eintrag im Startmenü nur für den aktuellen Benutzer angelegt. Andere Benutzer finden LTSpice im Installationsverzeichnis (also z.B. C:\Programme\LTC\LTSpiceIV\scad3.exe.

*Basierend auf einer Einführung in PSpice von Martin Schöberl und Christof Pitter

2 Erste Schritte

Ein Schaltplan als Basis der Simulation wird wie folgt erstellt:

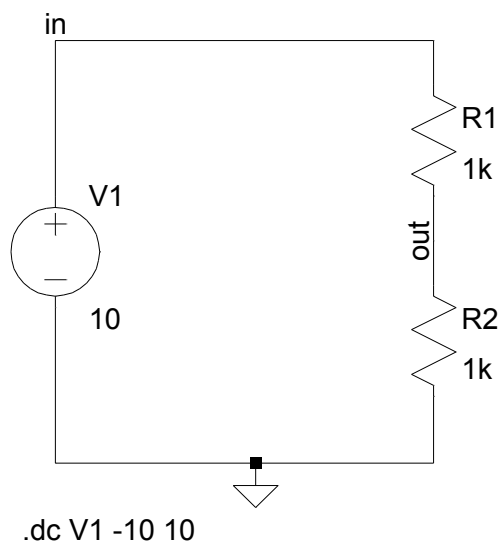
1. Start von *LTSpice IV*
2. *File - New Schematic*

In den leeren Schaltplan können nun Bauteile eingefügt werden. Häufig verwendete Bauteile finden sich direkt im Menü, also z.B. *Edit - Resistor*, andere Bauteile können mittels *Edit - Component* eingefügt werden.

Platzieren Sie nun folgende Bauteile in der Schaltung:

- *voltage* als Spannungsquelle
- Zwei Widerstände

Fügen Sie ebenso ein Bezugspotenzial hinzu (*Edit - Place GND*) und verbinden Sie die Bauteile mittels *Edit - Draw Wire*. Ändern Sie den Wert DC Value für die Spannungsquelle durch Rechtsklick auf 10 V. Benennen Sie mittels *Edit - Label Net* die vom positiven Pol der Spannungsquelle ausgehende Leitung als *in* und die Leitung zwischen den beiden Widerständen als *out*. Schaltplan 1 zeigt die fertige Schaltung.



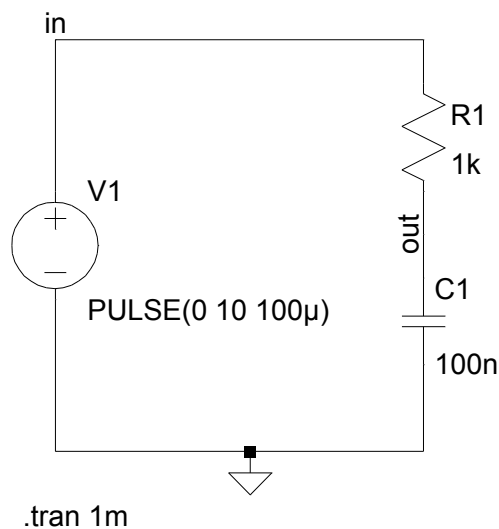
Schaltplan 1: Ein einfacher Spannungsteiler

Unter *Edit - SPICE Analysis* können Sie eine Gleichspannungsanalyse ("DC Sweep") hinzufügen. Wählen Sie die Spannungsquelle als 1st Source to Sweep aus und wählen Sie -10 V als Start Value und 10 V als Stop Value. Platzieren Sie die Simulationsanweisung passend und starten Sie die Simulation mit *Simulate - Run*. Das Plot-Fenster zeigt vorerst nichts an. Im Fenster das den Schaltplan anzeigt kann man per Mausklick auswählen, für welche Leitungen das Ergebnis geplottet werden soll. Wählen Sie die mit *out* bezeichnete

Leitung aus. Im Plot-Fenster erscheint eine Gerade von -5 V bis 5 V für Eingangsspannungen von -10 V bis 10 V. Mittels Rechtsklick - *Grid* im Plot-Fenster können Sie ein Raster anzeigen lassen, mit dem sich einzelne Werte besser abschätzen lassen.

3 Simulation im Zeitbereich

Wir ersetzen nun den Widerstand R2 durch einen Kondensator mit einem Wert von 100 nF. Durch Rechtsklick - *Advanced* auf die Spannungsquelle können auch andere Spannungsverläufe als Gleichspannung ausgewählt werden. Wählen Sie die Signalform PULSE aus und setzen Sie $V_{initial}$ auf 0 V, V_{on} auf 10 V und T_{delay} auf 100 μ s. Klicken Sie mit der rechten Maustaste auf die Simulationsanweisung und wählen Sie eine Transient Analyse mit einer Stop Time von 1 ms aus. Die Schaltung sollte jetzt wie in Schaltplan 2 aussehen.



Schaltplan 2: Ein RC-Tiefpass

Die Simulation können wiederum mit *Simulation - Run* starten. Wählen Sie die Leitungen *in* und *out* für die Anzeige aus. Unter *Windows* können Sie das Simulationsergebnis mit *Tools - Copy bitmap to Clipboard* exportieren. Eine weitere Möglichkeit ist es, den Plot in eine Datei zu drucken. Unter *Tools - Control Panel - Waveforms* können Sie das Aussehen entsprechend anpassen, insbesondere das Umstellen der Schriftart auf *Arial* erweist sich als sinnvoll. Als Papierformat für das Drucken in eine Datei eignet sich *Envelope DL/Landscape*. Diagramm 1 zeigt das Simulationsergebnis.

Wir überprüfen das Ergebnis. Der Verlauf der Spannung am Kondensator nach T_{delay} (dem Spannungssprung) ist

$$u_c = U(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) \quad (1)$$

mit der Zeitkonstante $\tau = RC$. Bei $t = \tau$ wird $e^{-\frac{t}{\tau}} = e^{-1} = \frac{1}{e} = \frac{1}{2.71828} = 0.36788$ und daher u_c zu $(1 - 0.36788) U = 0.6321 U$. Zum Zeitpunkt $t = \tau$ erreicht die Spannung am Kondensator also etwa 63% vom Endwert U . In unserem Fall ist $\tau = RC = 1 \text{ k}\Omega \times 100 \text{ nF} = 100 \mu\text{s}$. Nach $200 \mu\text{s}$ ($= T_{delay} + \tau$) sollte die Spannung daher 6.32 V betragen.

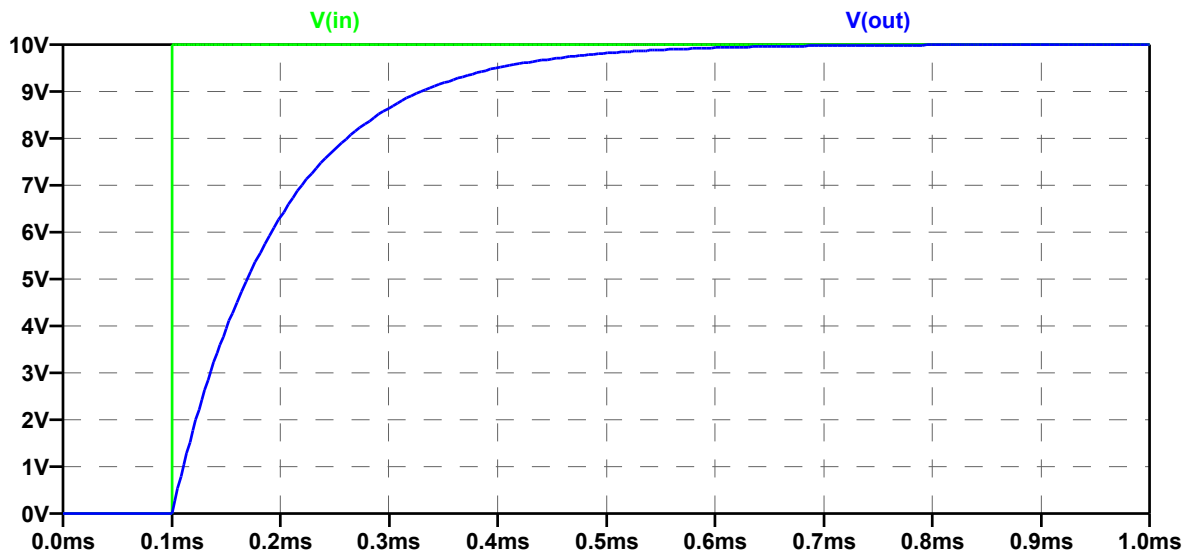


Diagramm 1: Sprungantwort eines RC-Tiefpasses

4 Simulation im Frequenzbereich

Für die Frequenzanalyse benötigen wir eine Wechselspannungsquelle; setzen Sie daher für die Spannungsquelle unter dem Punkt Small signal AC analysis die AC Amplitude auf 1 V. Ändern Sie die Simulationsanweisung, sodass eine AC Analysis durchgeführt wird mit Type of SweepDecade, Number of points per decade 100, Start Frequency 1 Hz und Stop Frequency 1 MHz. Führen Sie wiederum die Simulation aus und wählen Sie out als angezeigtes Signal aus. Diagramm 2 zeigt das Ergebnis der Simulation. Wir erkennen den Tiefpass-Charakter der Übertragungsfunktion mit dem Abfall von 20dB/Dekade und einer Grenzfrequenz $f_g = \frac{1}{2\pi\tau} = \frac{1}{2\pi \cdot 100 \mu\text{s}} \approx 1.6 \text{ kHz}$.

5 Tipps

- LTSpice ist nicht case-sensitive, d.h. ein Wert von 1M ist nicht “Mega” sondern “milli”. Schreiben Sie diesen Wert entweder als 1000k oder als 1meg.
- Bei der Simulation von Spulen nimmt LTSpice automatisch einen kleinen seriellen Widerstand der Spule an. Ändern Sie das unter *Tools - Control Panel - Hacks!*, indem Sie den Punkt Always default inductors to Rser=0 anhaken. Achtung: diese Einstellung muss nach jedem Programmstart vorgenommen werden! Alternativ können Sie bei Spulen auch den Wert Serial Resistance explizit auf 0 setzen.

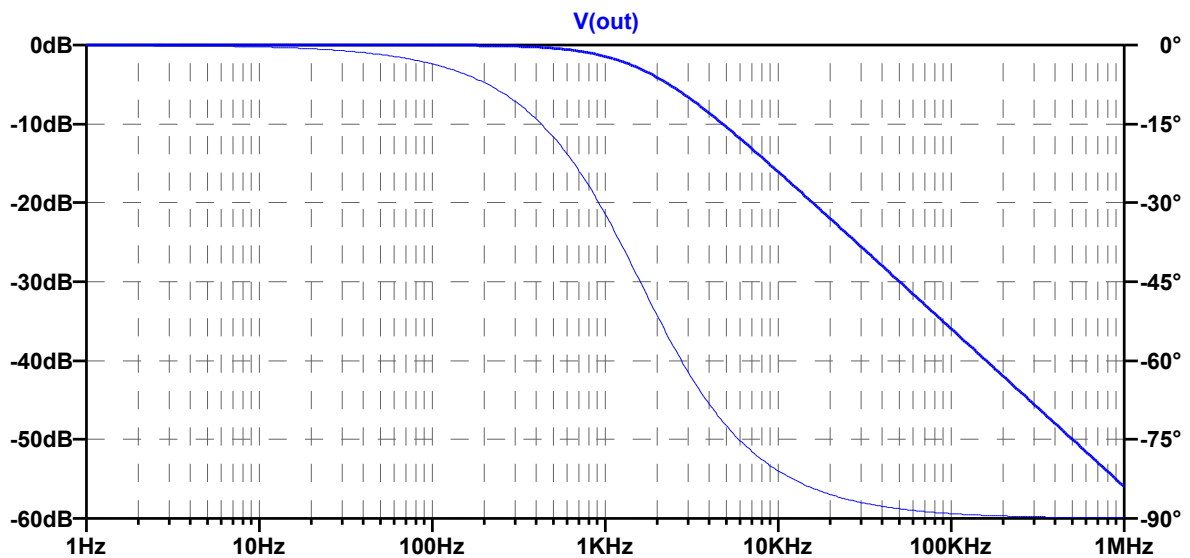


Diagramm 2: Bode-Diagramm eines RC-Tiefpasses

6 Links

LTSpice IV Download <http://www.linear.com/designtools/software/ltspice.jsp>

LTSpice User's Manual <http://ltspice.linear.com/software/scad3.pdf>

LTSpice Tutorial <http://denethor.wlu.ca/ltspice/> Von Terry Sturtevant, gehostet von der Wilfrid Laurier University, Waterloo, Canada. Dort finden sich auch Links zu weiteren Tutorials.