

LTspice – Installation und Inbetriebnahme

Installation

Um die Simulation durchführen zu können, muss die Software LTspice unter folgender Adresse heruntergeladen werden:

<http://www.linear.com/designtools/software/ltpspice.jsp>

Falls ihr euch nicht bei dem Hersteller registrieren möchtet, wählt **"No thanks, just download the software"**. Für zukünftige automatische Updates müsst ihr euch registrieren und **"Register for a new MyLinear account"** wählen. Dann müsst ihr das selbstextrahierende Archiv *„LTspiceIV.exe“* anklicken und die Installation durchführen. Klickt **„Accept“** und wählt ein Installationsverzeichnis. Anschließend klickt **„Install Now“**. Die Installation dauert ein paar Minuten (ca. 5 Minuten) und am Ende erscheint ein Fenster **„LTspice IV has been successfully installed“** als Zeichen, dass die Installation erfolgreich durchgeführt wurde. Klickt **„OK“**, damit LTspice automatisch startet.

Inbetriebnahme

Erstellt das Verzeichnis *„c:\lca3_ltpspice“*, in dem alle Simulationsdateien gespeichert werden. Kopiert die Datei *„Uebertragungsleitung2.asc“* in das Verzeichnis, die ihr von der Intel® Leibniz Challenge Webseite heruntergeladen könnt. Öffnet die Datei, indem ihr im Menü **„File“** den Eintrag **„Open“** auswählt. Anschließend müsst ihr in dem Fenster **„Open an existing file“**, die Datei *„Uebertragungsleitung2.asc“* auswählen und öffnen.

Mit der geöffneten Datei ist es möglich zu testen, ob die Installation erfolgreich war. Startet die Simulation über den Menüpunkt **„Simulate → Run“** und überprüft, ob in dem Verzeichnis *„c:\lca3_ltpspice“* die Datei *„Uebertragungsleitung2.raw“* erstellt wurde. Falls dies der Fall ist, war die Installation erfolgreich. Über den Menüpunkt **„File → Exit“** könnt ihr das Programm beenden.

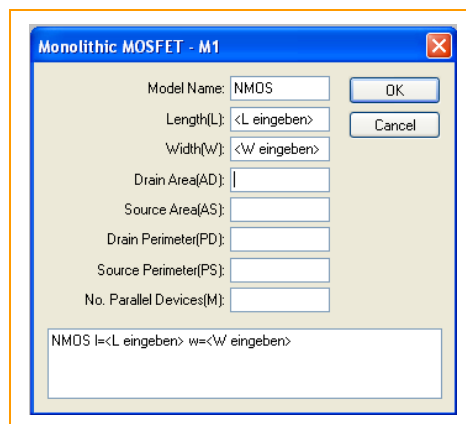
Tipps und Tricks

- Verschieben eines Symbols/Elementes im Schaltplan (*schematic*)
„Edit → Move“ bzw. **F7 →** mit der linken Maustaste Element auswählen und verschieben → **Esc**
- Drehen eines Symbols/Elementes im Schaltplan
Auswahl des Elementes (vgl. Verschieben eines Symbols“) → **„Edit → Rotate“** bzw. **Strg + R → Esc**
- Löschen eines Symbols/Elementes im Schaltplan
„Edit → Delete“ bzw. **F5 →** mit der linken Maustaste ein Element löschen → **Esc**
- Verändern des Namens eines Symbols/Elementes
Mit der rechten Maustaste den Namen eines Elementes auswählen → den Namen in dem Fenster **„Enter new reference designator for“** ändern.
Beispielsweise kann der Name einer Spannungsquelle von V1 in V2 umbenannt werden.
- Verändern der Eigenschaften eines Symbols/Elementes
Mit der rechten Maustaste ein Element auswählen → in dem sich öffnenden Fenster die Eigenschaften ändern.
- Eine Veränderung rückgängig machen
„Edit → Undo“ bzw. **F9**

LTspice – Aufgabe 3.2

Für **Aufgabe 3.2.1)** soll das Schaltbild nach Abbildung 5 erstellt werden, wobei folgende Vorgehensweise empfohlen wird.

1. Startet LTspice
2. Erstellt neues Schaltbild: **File → New Schematic**
3. Speichert das Schaltbild als „*Kennlinien1.asc*“: **File → Save As**
4. Wählt den Transistor aus der Liste von Komponenten aus: **Edit → Component** bzw. **F2** → Gebt „**nmos4**“ in das Eingabefeld ein. → **OK**
5. Platziert den NMOS-Transistor in die Mitte des Schaltbildes. Klickt mit der linken Maustaste, um den Transistor zu platzieren. Schließt den Vorgang mit der Taste **Esc** ab.
6. Verändert die Eigenschaften des Transistors, indem ihr mit der rechten Maustaste auf das Symbol des Transistors klickt, sodass folgendes Fenster erscheint:



7. Setzt folgende Parameter:

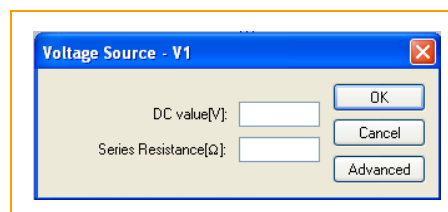
Model Name: **NMOS** (ist bereits eingetragen)

Length (L): **32u**

Width (W): **100u**

Weitere Werte sollen nicht festgelegt werden, damit Standardwerte verwendet werden. Schließt den Vorgang mit **OK** ab.

8. Wählt eine Spannungsquelle aus der Liste der Komponenten aus: **Edit → Component** bzw. **F2** → Gebt „**voltage**“ in das Eingabefeld ein. → **OK** → Platziert die Spannungsquelle im Schaltbild (vgl. Punkt 5) → Klickt auf die Spannungsquelle mit der rechten Maustaste, sodass folgendes Fenster erscheint:

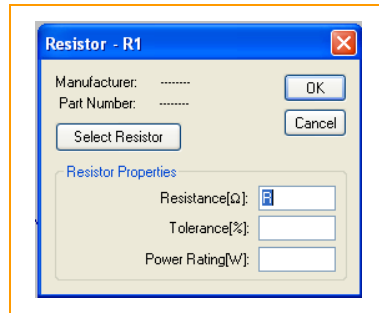


Beendet die Eingabe mit **OK**, wobei hier **keine Werte** eingetragen werden soll. Dieser Punkt ist wichtig und darf nicht übergangen werden.

9. Erzeugt eine zweite Spannungsquelle im Schaltbild, indem ihr den Punkt 8 vollständig wiederholt.

LTspice – Aufgabe 3.2

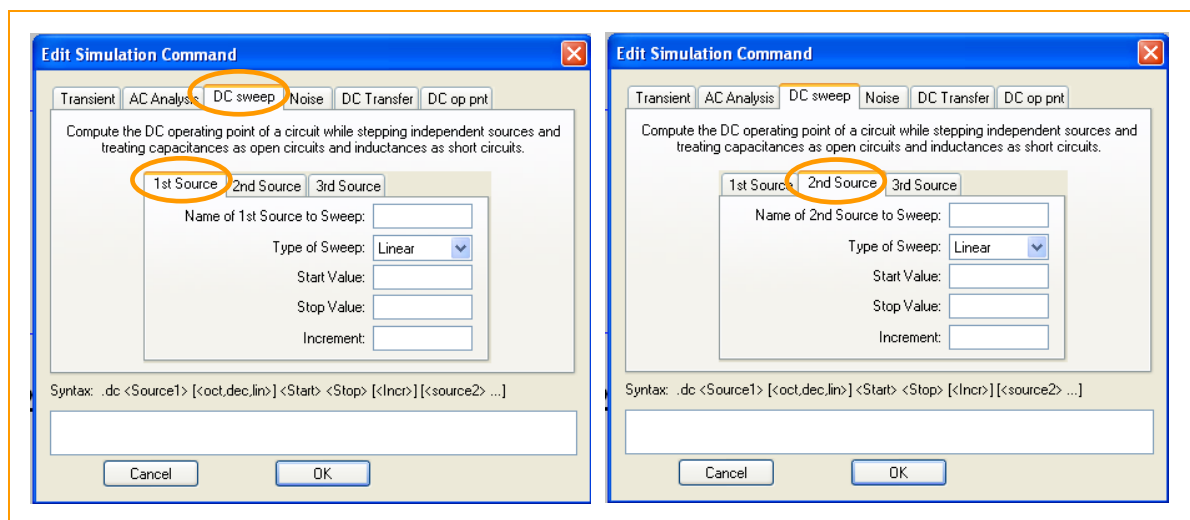
10. Wählt einen Widerstand aus der Liste der Komponenten aus: **„Edit → Component“** bzw. **F2** → Gebt **„res“** in das Eingabefeld ein. → **„OK“** → Platziert den Widerstand im Schaltbild (vgl. Punkt 5) → Klickt auf den Widerstand mit der rechten Maustaste, sodass folgendes Fenster erscheint:



11. Setzt den Parameter **„Resistance[Ω]“** auf den Wert **100**. Die anderen Parameter sollen nicht festgelegt werden. Beendet die Eingabe mit **OK**.
12. Erzeugt einen zweiten Widerstand, indem ihr die Punkte 10 und 11 wiederholt. Dieser Widerstand muss über den Befehl **„Edit → Rotate“** bzw. **Strg + R** gedreht werden.
13. Nun müssen die einzelnen Bauelemente untereinander elektrisch verbunden werden. Wählt dazu **„Edit → Draw Wire“** bzw. **F3**. Zeichnet die Verbindungen, indem ihr mit der linken Maustaste jeweils den Anfangs- und Endpunkt der Verbindungsleitung festlegt. Die Anschlüsse der einzelnen Elemente sind mit blauem Rechteck markiert.
14. Jede Schaltung benötigt ein Referenzpotential (Masse, GND). Erzeugt ein solches Referenzpotential, indem ihr das GND Symbol auswählt (**„Edit → Place GND“** bzw. **g**) und platziert. Verbindet dieses Symbol mit dem Anschluss **„-“** der Spannungsquelle (vgl. Punkt 13).
15. Speichert nun das Schaltbild: **„File → Save“**

In **Aufgabe 3.2.2)** soll die erstellte Schaltung simuliert werden:

16. Um die Simulation vorzubereiten, müssen einzelnen Simulationsparameter festgelegt werden: **„Simulate → Edit Simulation Cmd“**. Da die Spannungen V1 und V2 verändert werden sollen, wählt **„DC sweep“**:



LTspice – Aufgabe 3.2

17. Setzt folgende Parameter fest:

1st Source:

Name of 1st Source to Sweep: **V1**
 Type of Sweep: **Linear**
 Start Value: **0**
 Stop Value: **30**
 Increment: **1**

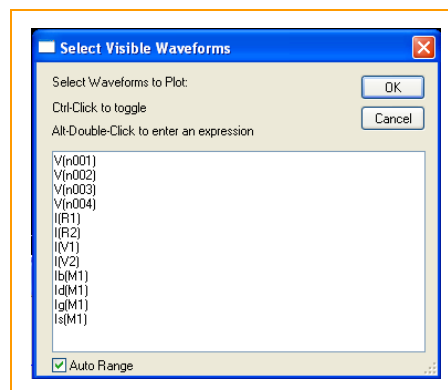
2st Source:

Name of 1st Source to Sweep: **V2**
 Type of Sweep: **Linear**
 Start Value: **0**
 Stop Value: **10**
 Increment: **1**


Schließt die Eingabe mit „**OK**“ ab und platziert die Simulationsanweisung („**.dc V1 0 30 1 V2 0 10 1**“) in dem Schaltbild.

18. Startet die Simulation: „**Simulate → Run**“, wobei sich hier ein Fenster „*Kennlinie1.raw*“ automatisch öffnet.

19. Auswahl der Signale wird durch „**View → Visible Traces**“ bzw.  zur Verfügung gestellt:



20. Wählt I(R1), um den Strom durch den Widerstand R1 darzustellen. Das Ergebnis wird in dem Fenster „*Kennlinie1.raw*“ angezeigt.

21. Um das Ergebnis an uns zu senden, muss die Datei „*Kennlinie1.raw*“ (Fenster „*Kennlinie1.raw*“ anklicken → ) gespeichert **und** ein Screenshot („**Tools → Write plot to a .wmf file**“ → „*Kennlinie1.wmf*“) erstellt werden.

Für **Aufgabe 3.2.3**) und **Aufgabe 3.2.4**) muss die Weite des Transistors (**W = 100 μm** bzw. **W = 300 μm**¹) verändert werden (vgl. Punkt 6 und Punkt 7). Anschließend muss jeweils die Simulation wiederholt werden.

In **Aufgabe 3.2.5**) werden die Werte des Stromes I_{DS} gesucht, wobei dieser Strom in der Simulation als I_D bezeichnet wird. Lest zunächst für die Transistorweite W = 200 μm die entsprechenden Werte aus Abbildung 6 ab und tragt sie in Tabelle 2 ein. Anschließend bestimmt ihr die Werte des Stromes I_{DS} für die Weiten W = 32 μm, W = 100 μm und W = 300 μm aus den Ergebnissen eurer Simulation.

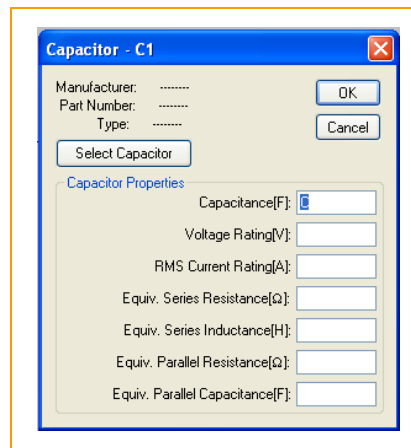
Für **Aufgabe 3.2.7**) muss der Strom I(R2) bestimmt werden, wobei hier die erste Simulation (**W = 32 μm**) verwendet werden soll.

¹ Beachtet, dass unter LTspice statt „μ“ ein „u“ eingegeben werden muss.

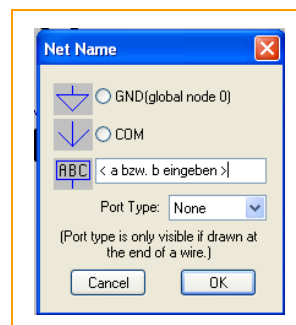
LTspice – Aufgabe 3.4

Für **Aufgabe 3.4.1)** soll das Schaltbild nach Abbildung 10 erstellt werden, wobei hier zunächst die Schritte 1 - 14 durchgeführt werden müssen. Das Schaltbild soll dabei als „*Uebertragungsleitung1.asc*“ gespeichert werden. Folgende Punkte müssen zusätzlich durchgeführt werden:

- Wählt einen Kondensator aus der Liste der Komponenten aus: „**Edit → Component**“ bzw. **F2** → Gebt „**cap**“ in das Eingabefeld ein. → „**OK**“ → Platziert den Kondensator im Schaltbild (vgl. Punkt 5) → Klickt auf den Kondensator mit der rechten Maustaste, sodass folgendes Fenster erscheint:



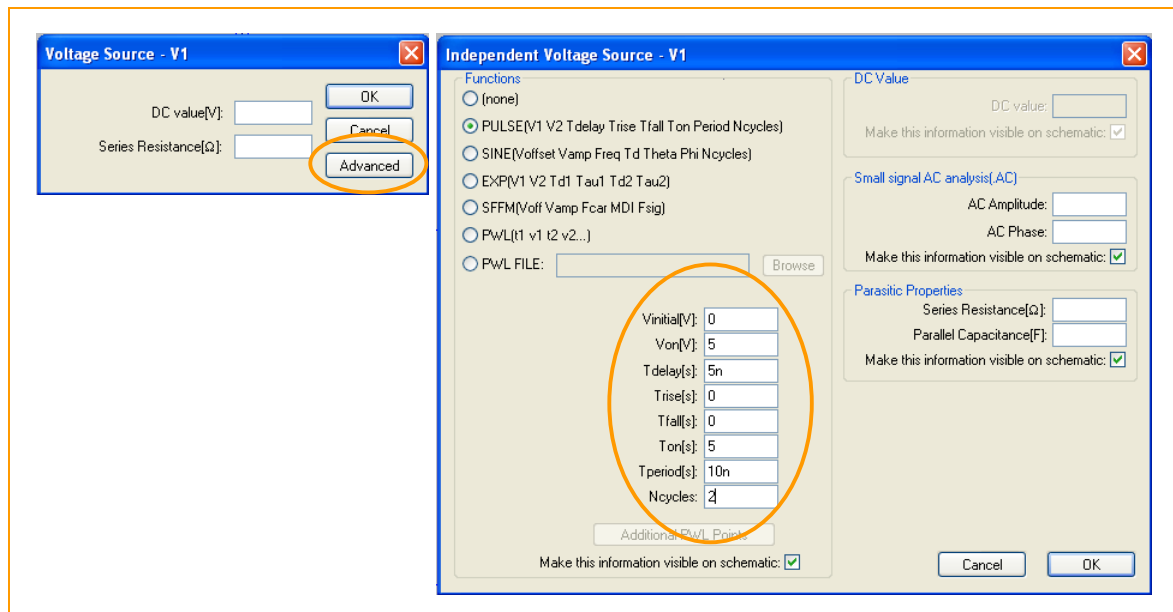
- Setzt den Parameter „**Capacitance[F]**“ auf den Wert **340f**. Die anderen Parameter sollen nicht festgelegt werden. Beendet die Eingabe mit „**OK**“.
- Erzeugt einen zweiten Kondensator und setzt den Parameter „**Capacitance[F]**“ auf den Wert **40f**.
- Zwei Signale sollen mit den Buchstaben „**a**“ und „**b**“ benannt werden: „**Edit → Label Net**“ bzw. **F4** → Tragt den gewünschten Namen (zuerst „**a**“ und dann „**b**“) unter **ABC**:



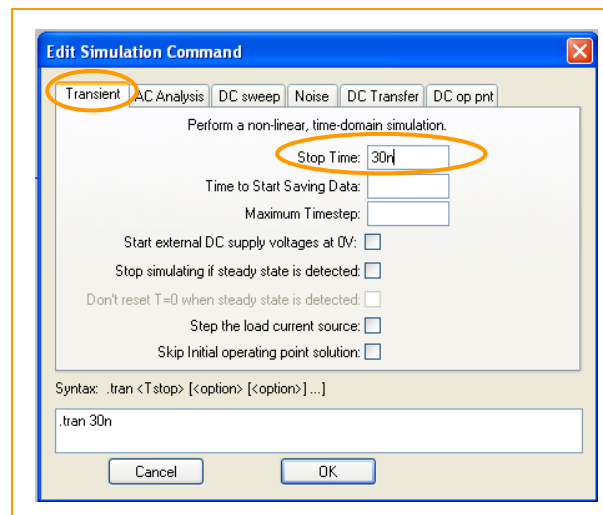
- Platziert die Beschriftung so, dass das blaue Rechteck auf der entsprechenden Leitung liegt (vgl. Abbildung 10).
- Nun muss die Spannungsquelle spezifiziert werden. Klickt auf die Spannungsquelle mit der rechten Maustaste. Im „**Voltage Source V1**“-Fenster wählt „**Advanced**“. Unter „**Functions**“ findet ihr „**PULSE**“ (für eine Pulsspannungsquelle). Setzt folgende Parameter:

Vinitial[V]: **0**
 Von[V]: **5**
 Tdelay[s]: **5n**
 Trise[s]: **0**
 Tfall[s]: **0**
 Ton[s]: **5n**
 Tperiod[s]: **10n**
 Ncycles: **2**

LTspice – Aufgabe 3.4



28. Um die Simulation vorzubereiten, müssen einzelnen Simulationsparameter festgelegt werden: **„Simulate → Edit Simulation Cmd“**. In diesem Fall wird eine sogenannte transiente Simulation verwendet, die für 30n durchgeführt wird (Parameter „Stop Time“: **30n**)



29. Startet die Simulation und wählt die Signale V(a) und V(b) aus, um sie im Fenster *„Uebertragungsleitung1.raw“* zu sehen (vgl. Punkt 18 - 20).
30. Speichert die Ergebnisse der Simulation als *„Uebertragungsleitung1.raw“* und *„Uebertragungsleitung1.wmf“* (vgl. Punkt 21).

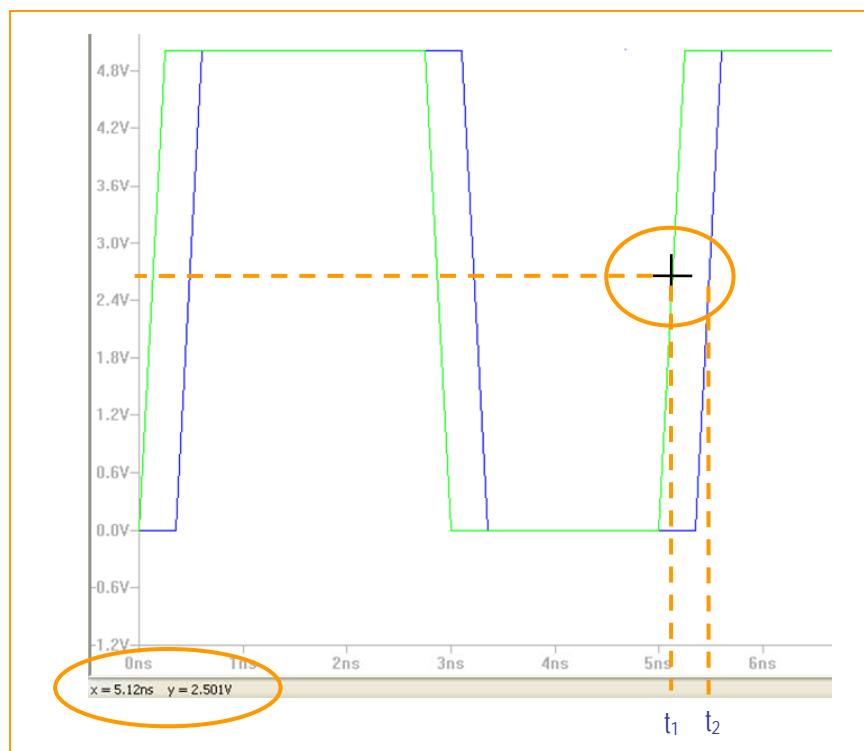
LTspice – Aufgabe 3.4

In den **Aufgaben 3.4.3) – 3.4.5)** verwendet ihr die Datei „*Uebertragungsleitung2.asc*“, die ihr von der Intel® Leibniz Challenge Webseite herunter laden könnt.

31. Öffnet die Datei „*Uebertragungsleitung2.asc*“: „**File → Open**“

In **Aufgabe 3.4.5)** solltet ihr die die Signalverzögerung zwischen zwei Signalen bestimmen.

32. Die Signalverzögerung muss zwischen zwei identischen Werten des Signals gemessen werden. In dieser Aufgabe werden wir die Stellen betrachten, an denen die Signale 50% der maximalen Spannung erreichen (positive Flanke), wobei in der Aufgabe dieser Wert einer Spannung von 2,5V entspricht. Wenn ihr nun in der „*Uebertragungsleitung2.raw*“-Fenster mit der Maus auf die einzelnen Punkte der Signalverläufe zeigt, wird in der linken Ecke der genaue Wert (Zeitpunkt (x-Wert) und Spannungswert (y-Wert)) dargestellt:



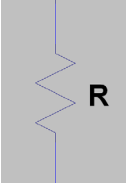

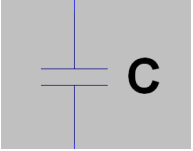

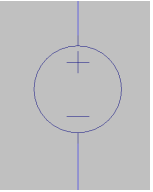

33. Nachdem ihr die Zeitpunkte bestimmt habt, an denen die Signale den Wert 2,5V überschreiten, könnt ihr die Signalverzögerung bestimmen ($t_2 - t_1$).

Für **Aufgabe 3.4.6)** müsst ihr die Parameter der einzelnen Transistoren verändern.

34. Die Vorgehensweise ist in den Punkten 6 und 7 erläutert. Nach jeder Änderung muss eine Simulation durchgeführt werden, um die Auswirkung der Änderungen beurteilen zu können.

Amerikanische Symbole vs. DIN-Symbole

LTSpice verwendet die amerikanischen Symbole zur Darstellung elektronischer Bauelemente. Die folgende Tabelle stellt die verwendeten Symbole und deren Entsprechung in der DIN-Norm zusammen:

Bezeichnung	LTSpice - Symbol	DIN - Symbol
Widerstand		
Kondensator		
Spannungsquelle		
Masse (GND)	