



GRUNDSCHALTUNGEN DER LEISTUNGSELEKTRONIK

ÜBUNG

SCHALTUNGSSIMULATION MIT LTSPICE

Inhalte:

- Erste Schritte
 - Erstellen eines einfachen Simulationsmodells
 - Festlegung sinnvoller Simulationseinstellungen
 - Simulieren und Auswerten
 - Transiente Simulation und FFT

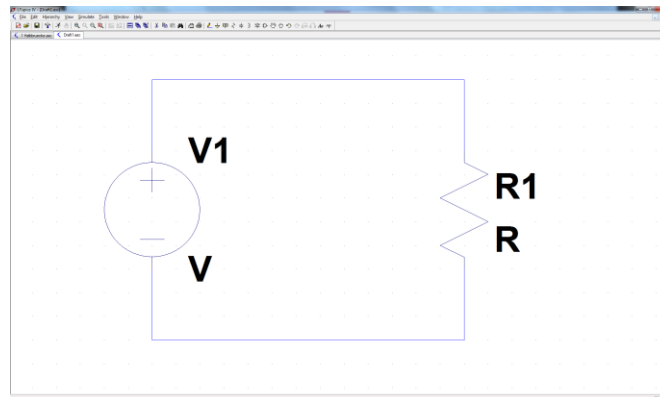
- Simulation eines Einphasen-Spannungswechselrichters
 - Erstellen des Simulationsmodells
 - Simulationen

1 Erste Schritte

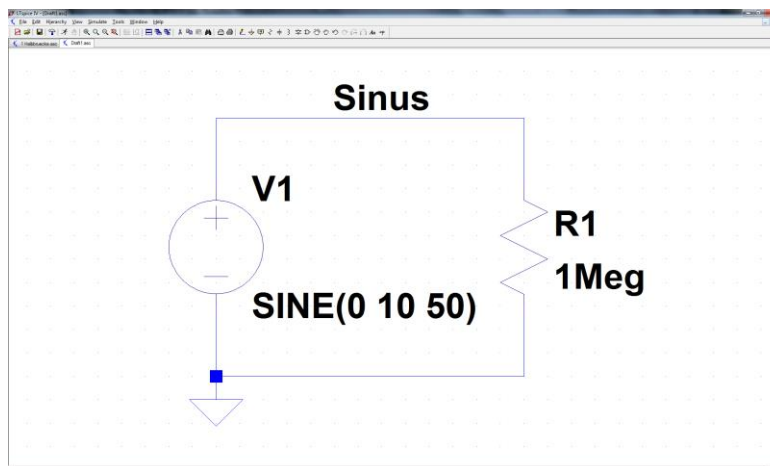
In diesem Kapitel wird ein einfaches Simulationsmodell aufgebaut und simuliert.

1.1 Simulationsmodell Spannungsquelle mit ohmscher Last

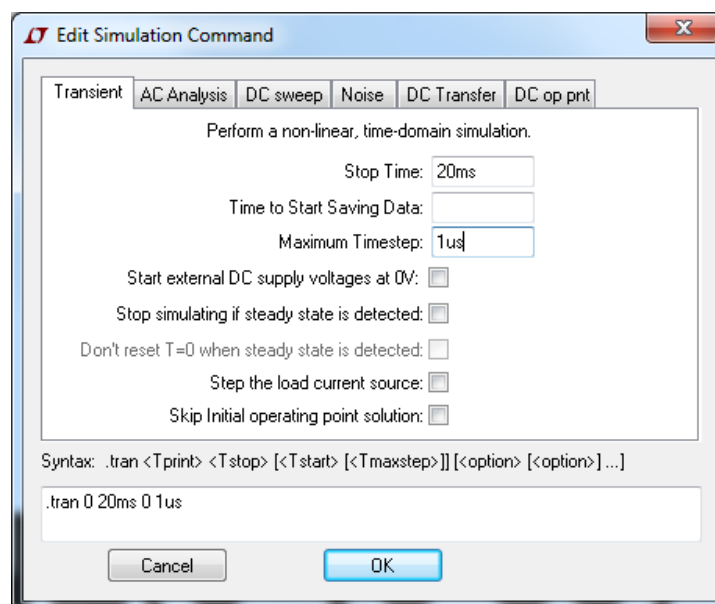
Komponenten platzieren ('component' - Icon) und Verbindungen zeichnen ('wire'-Icon)



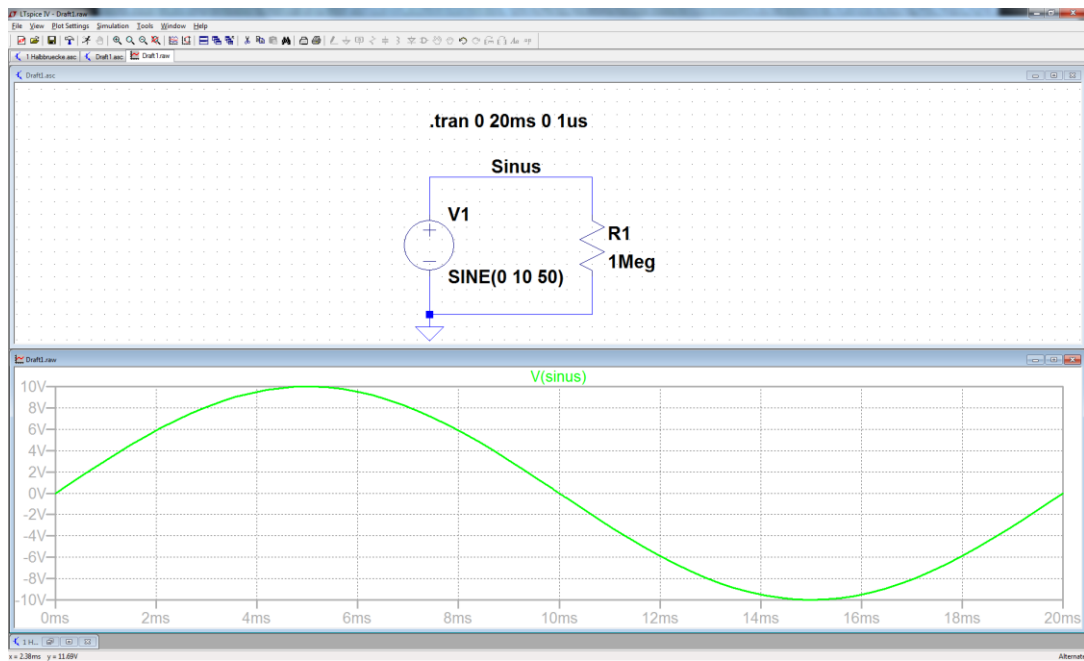
Komponenten parametrieren und Massepotential definieren



Simulationsbefehl konfigurieren

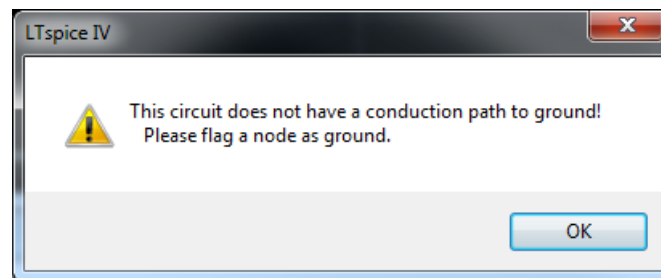


Simulation und Erstellen erster Plots

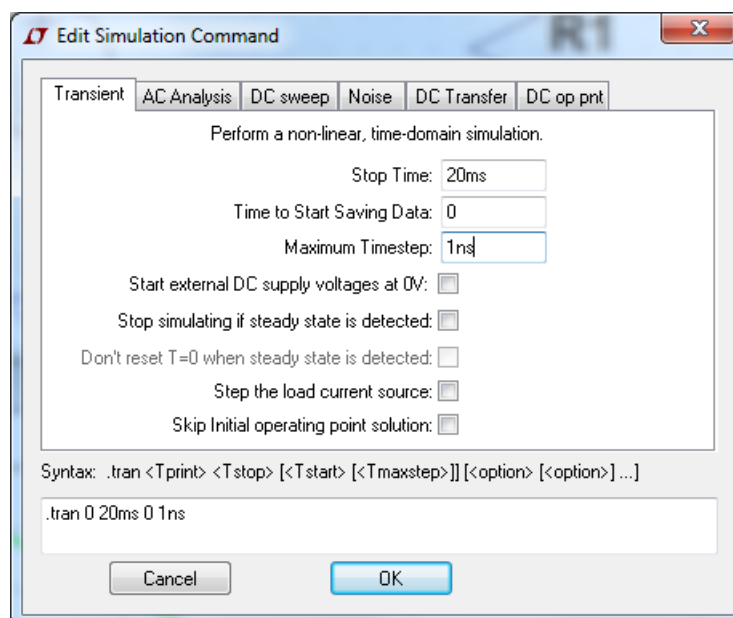


1.2 Mögliche Fehler

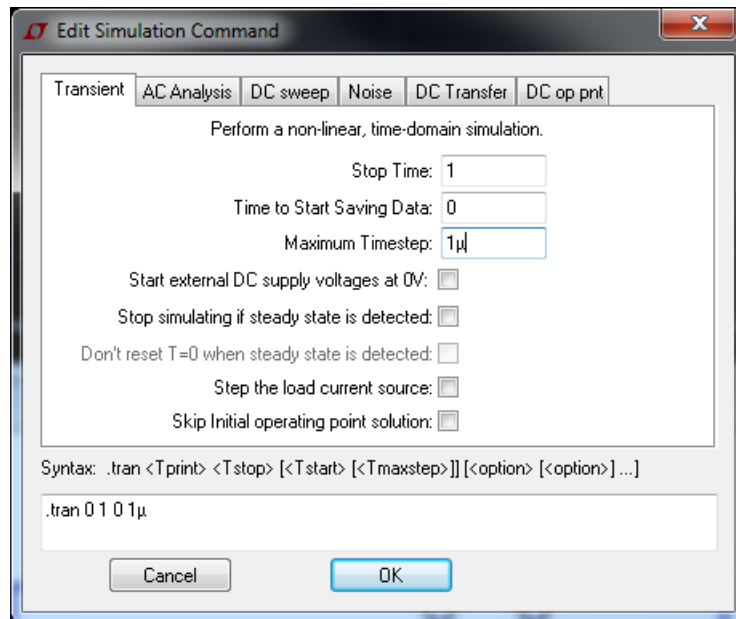
Fehlender Masseknoten



Unnötig kleine Schrittweite

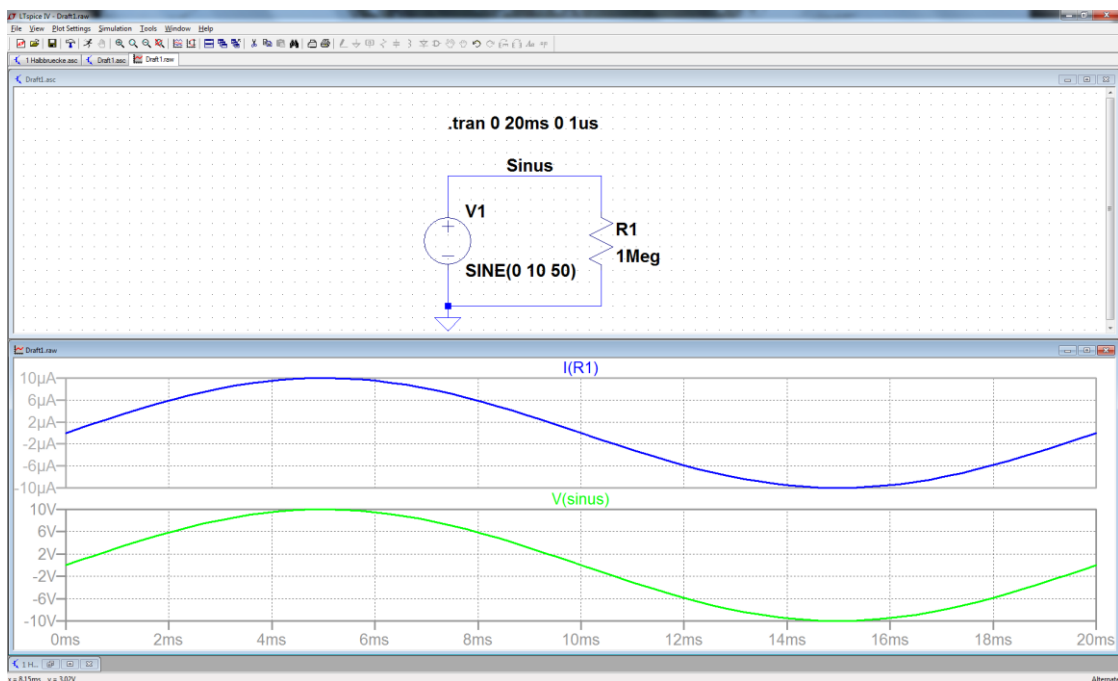


Unnötig lange Simulationszeit



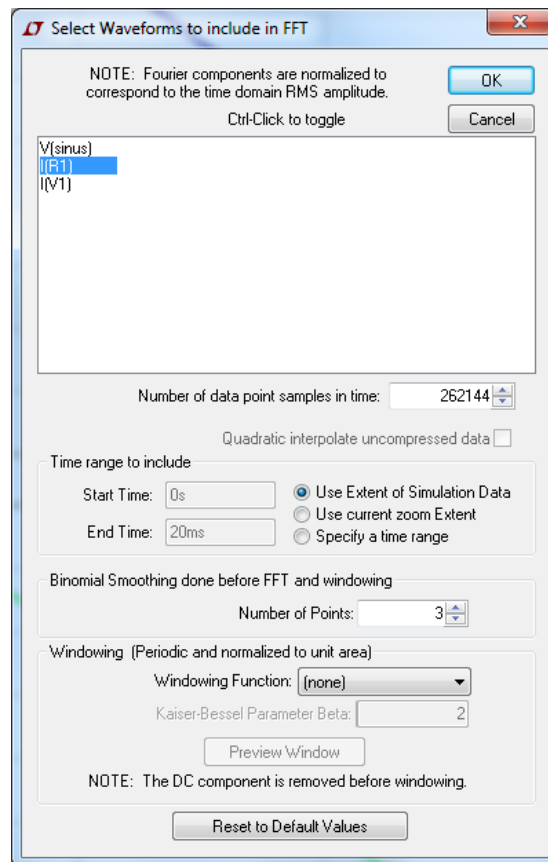
1.3 Funktionen der Darstellung

Nutzung mehrerer Achsen, Anzeige von Differenzspannungen und Strömen



1.4 Transiente Simulation und FFT

Durchführen einer FFT

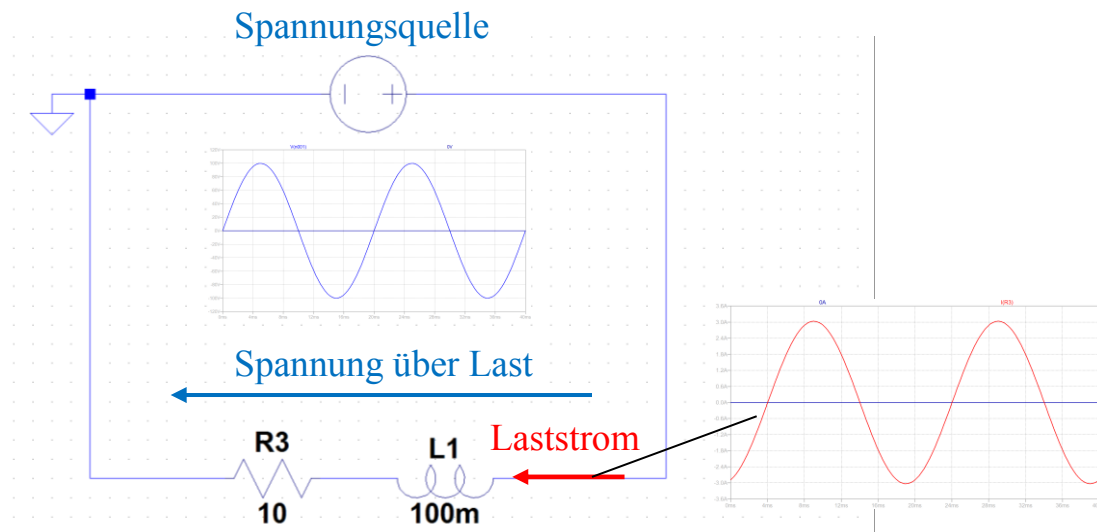


Darstellung der Simulationsergebnisse als FFT im Frequenzbereich. Achtung, es werden jeweils die Effektivwerte der jeweiligen Frequenzanteile angezeigt!



2 Simulation eines Einphasen-Spannungswechselrichters

Für das Verständnis ist zunächst das Ziel der Schaltung zu beschreiben: Für den Betrieb von ein- oder mehrphasigen Anwendungen (z. B. Motoren) soll in der Regel in eine ohmsch-induktive Last ein Strom eingepreßt werden. Dies kann ein Gleichstrom oder ein Wechselstrom mit variabler Frequenz und/oder variabler Amplitude sein. Um diesen Strom einzuprägen, muss eine passende Spannung aus einer (steuerbaren) Spannungsquelle zur Verfügung gestellt werden.



Eine Beeinflussung des Laststroms erfolgt durch Ändern der Ausgangsspannung der Spannungsquelle. Diese Änderung der Ausgangsspannung konnte früher teilweise nur sehr aufwändig realisiert werden. Heute kann durch den Einsatz von schnell schaltenden Leistungshalbleitern, die pulswise eine (Zwischenkreis-)Gleichspannung an die Last anlegen, die gewünschte Laststromform deutlich einfacher realisiert werden:

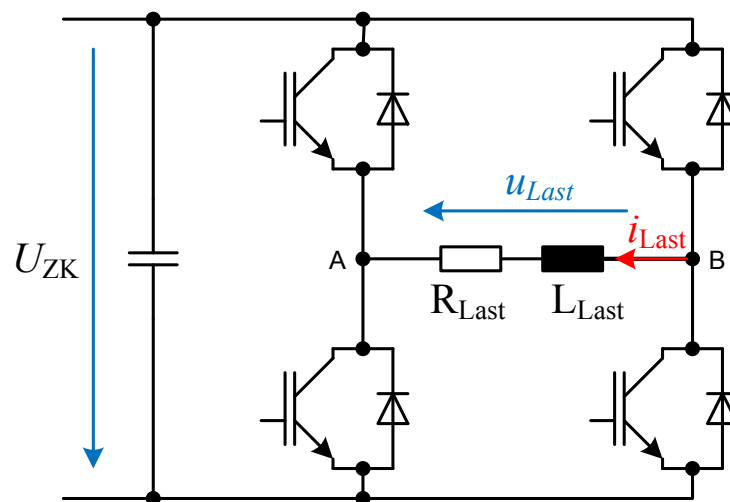
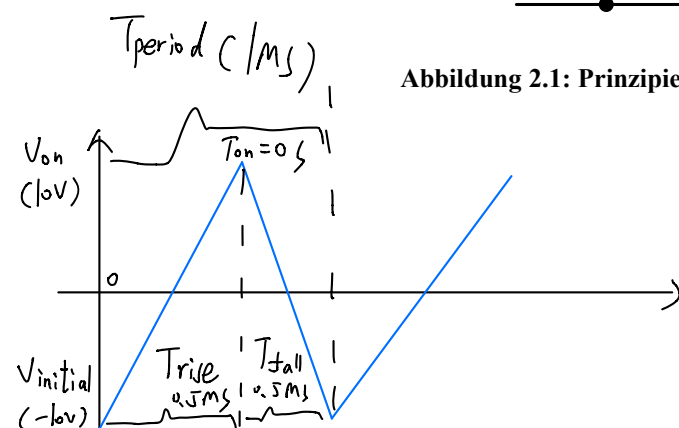


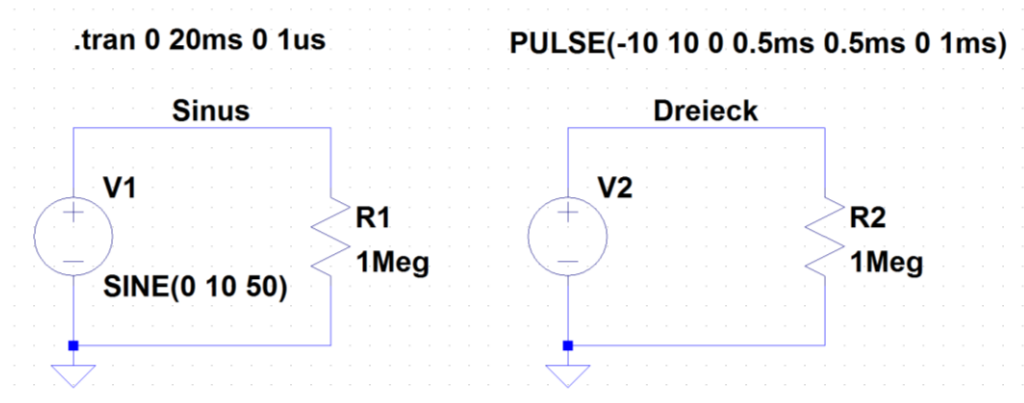
Abbildung 2.1: Prinzipieller Schaltplan eines Einphasen-Wechselrichters



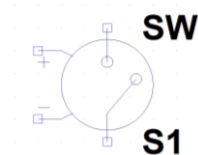
2.1 Aufbau des Simulationsmodells

In diesem Kapitel wird zunächst ein einfaches Simulationsmodell mit Schaltern statt Leistungshalbleitern aufgebaut.

a) Realisierung einer Dreiecksspannung durch Nutzen des 'Edit' -> 'Duplicate'-Befehls

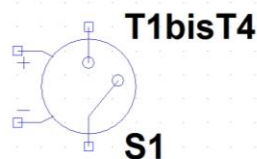


b) Nutzen eines idealen spannungsgesteuerten Schalters als Ersatz für einen realen Leistungshalbleiter, wie z. B. Mosfet oder IGBT ('component' -> 'sw'), spiegeln durch 'Edit' -> 'mirror' und drehen durch 'Edit' -> 'rotate'.



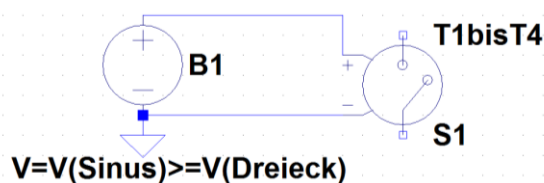
c) Festlegen der Eigenschaften des Schalters (Steuerspannung zum Einschalten und Ausschalten, Durchlasswiderstand, Sperrwiderstand) durch 'SPICE Directive' -> '.model'-Anweisung

.model T1bisT4 SW(Ron=1m Roff=1Meg Vt=0.5 Vh=-1)

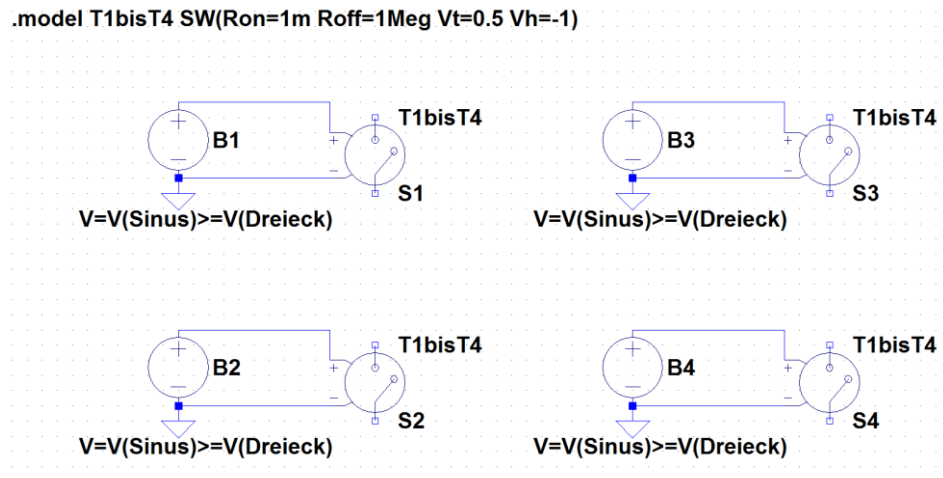


d) Ansteuern des Schalters durch frei definierbare Spannungsquelle (arbitrary behavioral voltage source): 'component' -> 'bv'

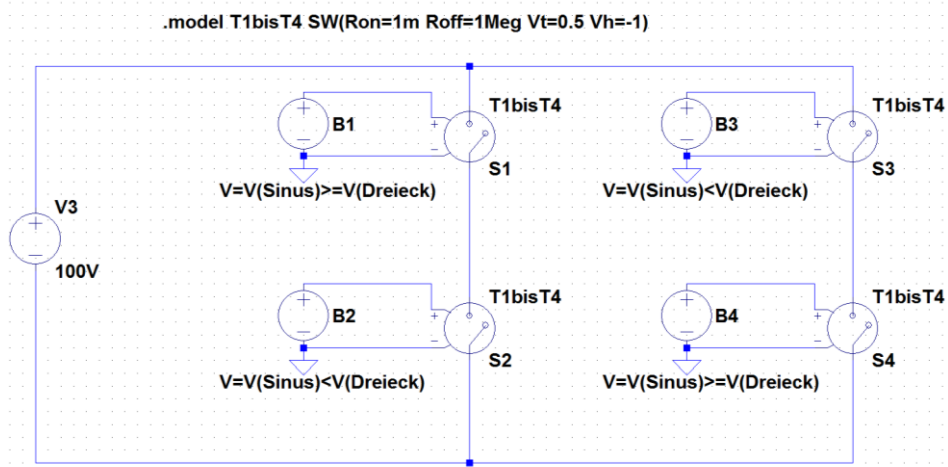
.model T1bisT4 SW(Ron=1m Roff=1Meg Vt=0.5 Vh=-1)



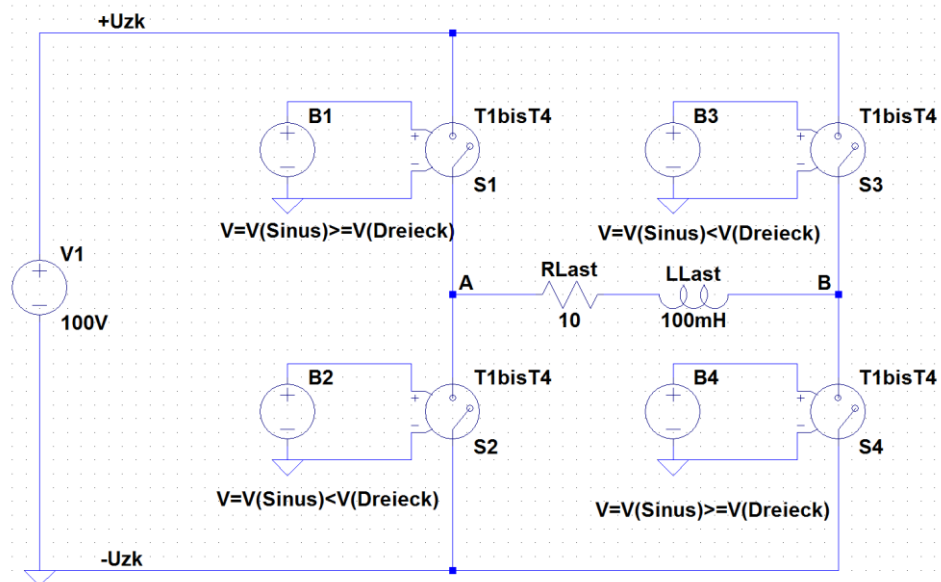
e) Realisierung von insgesamt vier Schaltern durch 'Edit' -> 'Duplicate'



f) Anpassen der Schaltbedingungen und Einfügen einer DC-Zwischenkreisspannung

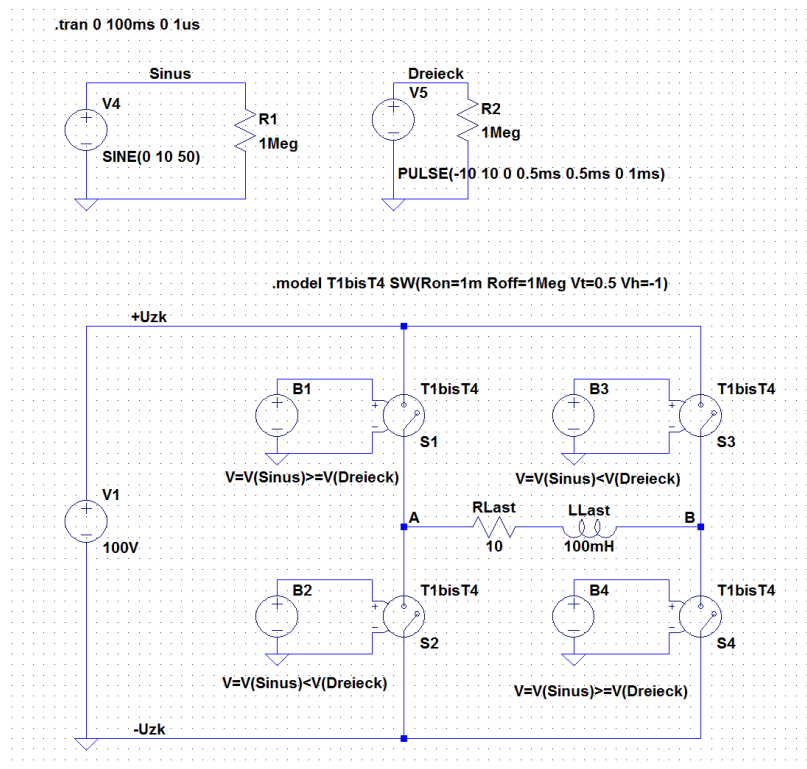


g) Einfügen einer RL-Last, Bezugspotential/GND für Zwischenkreis festlegen und für Anschauung einige Potentiale (+Uzk, -Uzk, A, B) mit 'Edit' -> 'Label Net' kennzeichnen



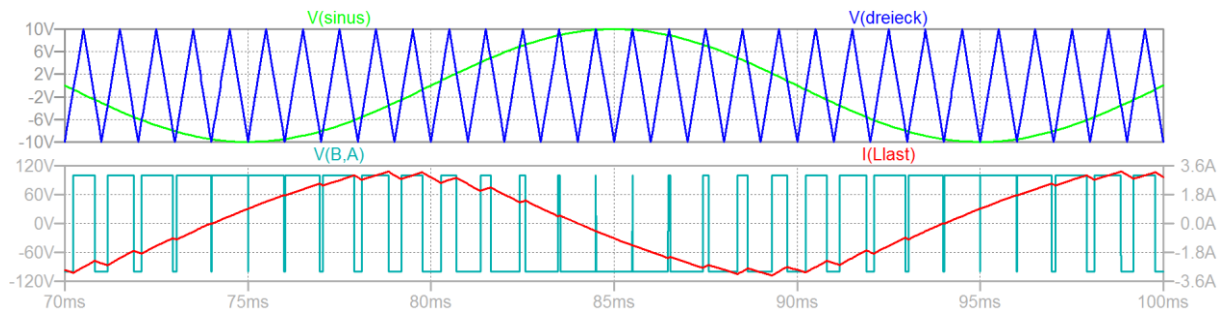
2.2 Simulationen

Mit dem vollständigen Simulationsmodell können jetzt unterschiedlichste Simulationen durchgeführt werden:



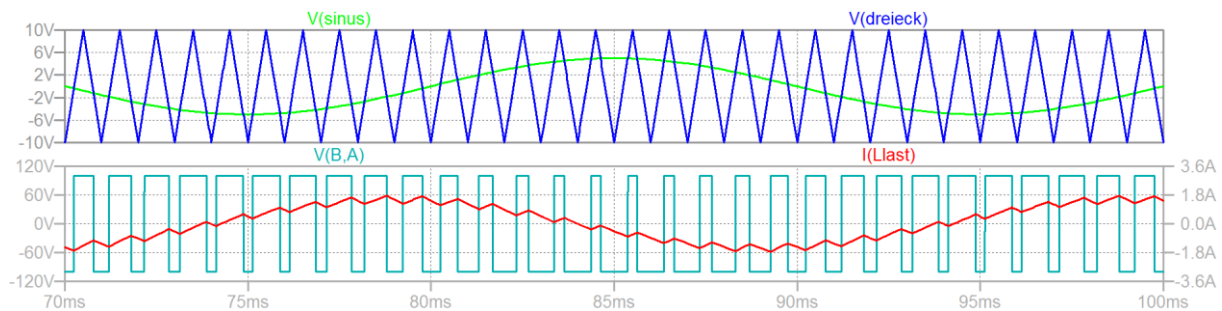
1. Simulation:

Amplitude der Steuerspannung $V(\text{Sinus})$ und Amplitude der Dreiecksspannung $V(\text{Dreieck})$ sind jeweils 10 V \Rightarrow Modulationsgrad bzw. Aussteuergrad $m = 1$



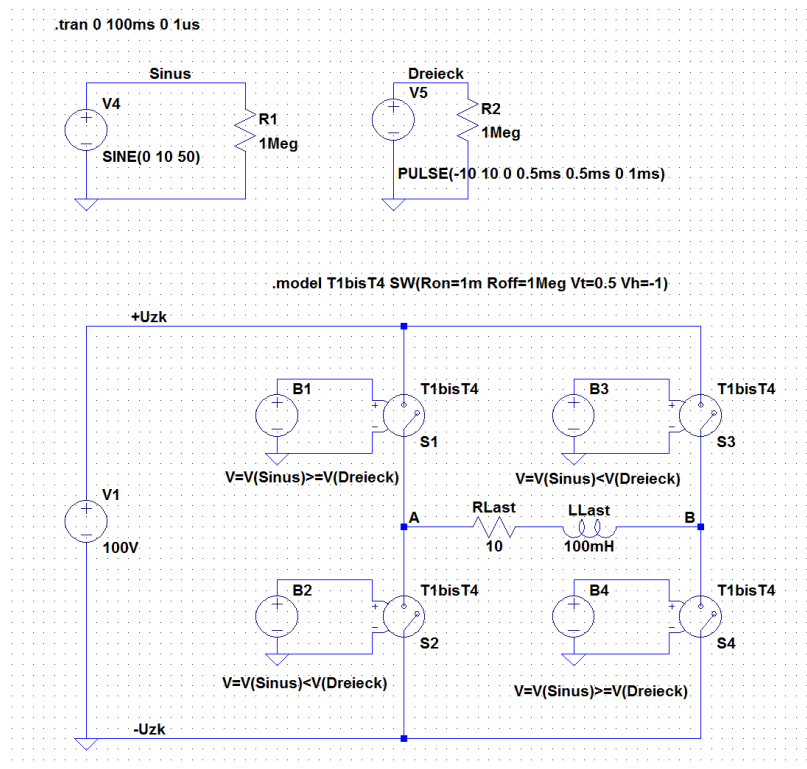
2. Simulation:

Amplitude der Steuerspannung $V(\text{Sinus})$ beträgt 5 V und Amplitude der Dreiecksspannung $V(\text{Dreieck})$ beträgt weiter 10 V \Rightarrow Modulationsgrad bzw. Aussteuergrad $m = 0,5$



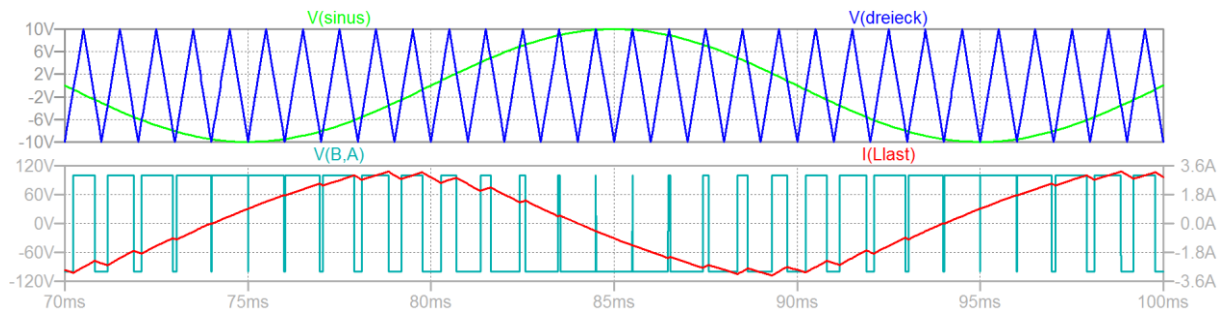
2.2 Simulationen

Mit dem vollständigen Simulationsmodell können jetzt unterschiedlichste Simulationen durchgeführt werden:



1. Simulation:

Amplitude der Steuerspannung $V(\text{Sinus})$ und Amplitude der Dreiecksspannung $V(\text{Dreieck})$ sind jeweils 10 V \Rightarrow Modulationsgrad bzw. Aussteuergrad $m = 1$



2. Simulation:

Amplitude der Steuerspannung $V(\text{Sinus})$ beträgt 5 V und Amplitude der Dreiecksspannung $V(\text{Dreieck})$ beträgt weiter 10 V \Rightarrow Modulationsgrad bzw. Aussteuergrad $m = 0,5$

