

# OrCAD PSpice 16.6

Ein Schnelleinstieg in die Elektroniksimulation  
mit interaktiver Demo Version

Jürgen Neundorf : 30.01.2005  
5.Überarbeitung: 29.10.2012 JN

# Inhaltsverzeichnis

- Einleitung
- Grundsätzliche Handhabung in Capture/PSpice
- Simulationsarten
- Design Beispiel (Netzteil)
  - Gleichrichter
  - Spannungsregler
  - Trafo

# Vorbemerkung

- Die vorliegende Dokumentation gilt dem Erstanwender der PSpice Simulationssoftware insbesondere der DEMO-Version. Sie soll weder als Trainingshandbuch noch als komplette Bedienanleitung verstanden werden.
- Grundkenntnisse in der elektronischen Schaltungstechnik werden vorausgesetzt.
- Auf Grund der Kürze und Kompaktheit dieser Dokumentation kann natürlich nicht auf alle vorhandenen Funktionen und deren Feinheiten eingegangen werden. Hierzu sei auf die umfangreiche Dokumentation innerhalb der Installation verwiesen, die sowohl als HTML- wie auch als PDF-Dokumentation vorliegt. Z.B.:  
**PSpice User Guide** (pspug.pdf unter <install\_dir>\doc\pspug),  
**PSpice A/D Reference Guide** (pspcref.pdf unter <install\_dir>\doc\pspcref) und  
**OrCAD Capture User Guide** (cap Ug.pdf unter <install\_dir>\doc\cap Ug)
- Sämtliche Befehle und Funktionen, die in dieser Anleitung verwendet werden, sind mit der DEMO-Version durchführbar.
- Fehlende erforderliche PSpice Symbole bzw. Modelle sind in einer separaten Bibliothek bereitgestellt.
- Nach einigen Vorabinformationen zur Software beginnt die Anleitung mit der Schaltungsvorlage.
- An Hand eines einfachen Schaltplanes für ein Netzteil sollen die wichtigsten Funktionen und Schritte mit PSpice dargestellt und erläutert werden, die es dem Erstanwender erlauben, mit einem Minimalaufwand an Einarbeitungszeit einen ersten Eindruck zu gewinnen und gegebenenfalls die ersten eigenen Aufgaben selbständig zu bewältigen.
- Um mit der Arbeit zu beginnen brauchen Sie lediglich die DEMO-Version zu starten und den PSpice\_Demo.zip File in einen Ordner Ihrer Wahl zu entpacken.
- Die einzelnen Projekte sind zur Hilfe nochmals vollständig in dem Ordner „Solution“ enthalten. Zusätzlich sind im Ordner „Solution\Sample“ weitere Simulationsbeispiele abgelegt.

# OrCAD PSpice

- **Einleitung**
- Grundsätzliche Handhabung in Capture/PSpice
- Simulationsarten
- Design Beispiel (Netzteil)
  - Gleichrichter
  - Spannungsregler
  - Trafo

# Systemvoraussetzung (Vollversion 16.6)

<b>Betriebssysteme:</b>	Windows 2008 Server (32- und 64-bit) Windows XP Professional SP3 oder höher (32-bit) Windows Vista SP2 oder höher (32- und 64-bit) außer Home Basic Windows 7 (32- und 64-bit) außer Home Basic und Starter
<b>Hardware:</b>	Intel IA-32 kompatibel (inklusive Intel P4 EMT und AMD Opteron™); 1.2 GHz Minimum; 2.4 GHz oder mehr ist zu empfehlen. Hinweis: Cadence SPB Produkte unterstützen IPF Chip nicht. DVD-ROM Laufwerk Netzwerkkarte (falls MAC/Ethernet Lizenzierung) Maus mit drei Tasten
<b>Minimum:</b>	1GB RAM 10GB Festplatte Virtueller Speicher sollte mindestens doppelt groß wie RAM sein 1024x768 Auflösung mit 64,000 Farben
<b>Empfohlen:</b>	4GB RAM 50GB Festplatte Virtueller Speicher sollte mindestens doppelt groß wie RAM sein 1280x1024 Farbe Qualität 32 Bit Grafik

# Einschränkungen der Demoversion

Die kostenlose Demo-Version ist ein voll funktionsfähiges Design-Paket inklusive PSpice, die lediglich in der Anzahl der Bauteile, Bauteilepins, Netzknoten und Einbindung zusätzlicher Simulationsmodelle beschränkt ist.

Sie können unbeschränkt **kleine** Schaltungen im Stromlaufplan entwerfen, diese simulieren, und davon ein Layout anfertigen, und auch Ausgaben für die Fertigung erstellen. Diese Daten können gespeichert werden.

**Größere** Schaltungen und Layouts können betrachtet, aber **nicht** abgespeichert werden.

**In der aktuellen 16.6 Version sind folgende Limits zu beachten:**

## Capture:

Maximal 60 Bauteile und 75 Netze inkl. Hierarchien, keine Bauteile mit mehr als 100 Pins, Maximal 1000 Parts in der CIS- Library, FPGA Flow ist nicht verfügbar, Electrical CSets werden nicht überprüft

## PSpice:

Maximal 75 Netzknoten, 20 Transistoren, keine Limits für Subcircuits aber maximal 65 digitale Primitive Devices und 10 Transmission Lines (ideal oder nicht ideal) mit nicht mehr als 4 paarweise gekoppelten Lines, PSpice Model Editor limitiert auf Dioden, library nomd.lib konfiguriert für Simulation, Level 3 Core Modelle (Tabrizi), MOSFET BSIM3.2 oder BSIM4 Modelle nicht verwendbar, nur Probe-Daten der Lite-Version darstellbar, nur Power Transformatoren im Magnetic Part Editor, Model Import Wizard limitiert auf 2 pins, maximal 250 Knoten in digitalen Circuits.

# Installation und Einstellungen

- In der Vollversion 16.6 ist die Demoversion enthalten .

**Hinweis:** Wenn Sie die 16.6 Vollversion installiert haben, wird beim Starten automatisch auf eine Demo Version umgeschaltet, falls kein Lizenzserver installiert wurde.

- Einlegen der DVD, das Setup-Programm startet selbständig
- Falls die Autorun-Funktion Ihres Rechners deaktiviert ist, öffnen Sie mit dem Windows Explorer den Ordner der DVD und starten Sie „setup.exe“.
- Starten Sie die Produktinstallation. Folgen Sie den Anweisungen des Installationsprogramms. Installieren Sie keinen LizenzManager!

**Hinweis:** Die offizielle Installationsanleitung (OrCAD\_install\_guide.pdf) finden Sie unter <DVD-Laufwerk>:\Disk1\Documents

Eine deutsche Installationsanleitung finden Sie auch in dieser DVD oder unter <http://www.flowcad.de/Download.htm> (Installationsanweisungen)

OrCAD erlaubt dem Benutzer ein Vielzahl von persönlichen Einstellungen, von der Produktkonfiguration über Designtemplates bis hin zur Farbwahl der verwendeten Designelemente. Auf diese Möglichkeiten wird hier nicht eingegangen, da sie über den Zweck dieser Dokumentation hinausgehen. Es sei nur erwähnt das viele dieser Einstellungen in entsprechenden INI-Dateien gespeichert werden.

# OrCAD PSpice

- Einleitung
- **Grundsätzliche Handhabung in Capture/PSpice**
- Simulationsarten
- Design Beispiel (Netzteil)
  - Gleichrichter
  - Spannungsregler
  - Trafo



# Bedienkonzept

OrCAD Capture sowie OrCAD PSpice sind grundsätzlich menügesteuert.

Es gibt keine Kommandozeile.

Es ist sehr zu empfehlen, nur **Unterstrich** als Sonderzeichen im Pfad und Namen zu verwenden.

Sämtliche Eingaben bzw. Befehle erfolgen über eine der folgenden Möglichkeiten:

- Pull-Down Menüs
- Ikons
- Kurztasten
- Pop-Up Fenster

Sowohl in Capture als auch in PSpice werden kontextsensitive Menüs verwendet. Dies bedeutet, dass sich in Abhängigkeit der selektierten Elemente, Arbeitsflächen oder Befehle, die resultierenden Pop-Up Fenster ändern, oder das Pull-Down Menü sein Aussehen verändert (Capture).

# Dateien in OrCAD (PSpice)

.OPJ	OrCAD Capture Projekt File
.DSN	OrCAD Capture Design File
.DBK	Design Backup
.OLB	Capture/PSpice Symbol Bibliothek
.UPD	Property Update File
.DRC	Design Rules Check
.BOM	Bill of Materials File
.EXP	Export Properties File
.LIB	PSpice Model Library File
.DAT	Probe Data File
.OUT	PSpice Output File
.SIM	Simulation Profile
.NET	PSpice Netlist
.PRB	Probe Configuration File
.STL	Stimulus Library File
.CIR	PSpice Circuit File

# Weitergabe von Projekten in OrCAD (PSpice)

- Archive-Kommando

Nutzen Sie zur Weitergabe von Projekten das Archive-Kommando.

Selekt **Design\_Name.dsn** > **File** > **Archive Project...** >

Es kopiert alle erforderlichen Files in den neuen Bereich.

- Weitergabe manuell

- .OPJ

- .DSN

- .STL Files

- .SIM Files

- Eigene .lib Files

- Alle anderen Files werden aus obigen Files während der Erzeugung der Netzlisten oder der Simulation automatisch generiert

# Masseinheiten in PSpice

PSpice rechnet nur mit reinen Zahlen, nicht mit Einheiten.

PSpice kennt aber die gängigen Massvorsätze, wie:

1f	(femto-)	=10exp-15
1p	(pico-)	=10exp-12
1n	(nano-)	=10exp-9
1u	(micro-)	=10exp-6
1m	(milli-)	=10exp-3
1K	(kilo-)	=10exp3
1Meg	(mega-)	=10exp6
1G	(giga-)	=10exp9
1T	(tera-)	=10exp12

## Tipp:

Einheiten wie Ohm, Volt, Farad, Henry usw. werden nicht berücksichtigt. Sie dienen bei Verwendung lediglich der besseren Lesbarkeit der betreffenden Schaltung.

Wenn im Anschluss an einen solchen Massvorsatz noch eine Eingabe erfolgt, dann wird dies von PSpice als Kommentar interpretiert.

**1KOhm = 1K**

PSpice unterscheidet nicht zwischen Gross und Kleinschreibung.

**1m = 1M**

„M“ oder „m“ bedeuten in PSpice „milli“ im Gegensatz zur gebräuchlichen Form „Mega“ in Europa.

Für **Mega** ist der Vorsatz „Meg“ zu verwenden.

## Hinweis:

Der Massvorsatz „μ“ ist grundsätzlich nicht erlaubt.

# Schaltungsvorlage Netzteil

Ziel der PSpice Einführung ist es, eine komplette Schaltung zu simulieren. Zur Vereinfachung wird die vorliegende Schaltung vorerst in drei Teilschaltungen (Trafo, Gleichrichter, Spannungsregler) aufgeteilt. Die dargestellte Schaltung enthält zwei zusätzliche Bereiche (Quelle und Last) die zur Simulation der Gesamtschaltung erforderlich sind. In der Direktorie „**Solution**“ befindet sich ein Beispiel zur Simulation der dargestellten Gesamtschaltung.

Auf den folgenden Seiten erhalten Sie einen kurzen Überblick, mit Hilfe welcher Aktionen Sie den nebenstehenden Stromlaufplan, bzw. die drei einzelnen Teilschaltungen erstellen können.

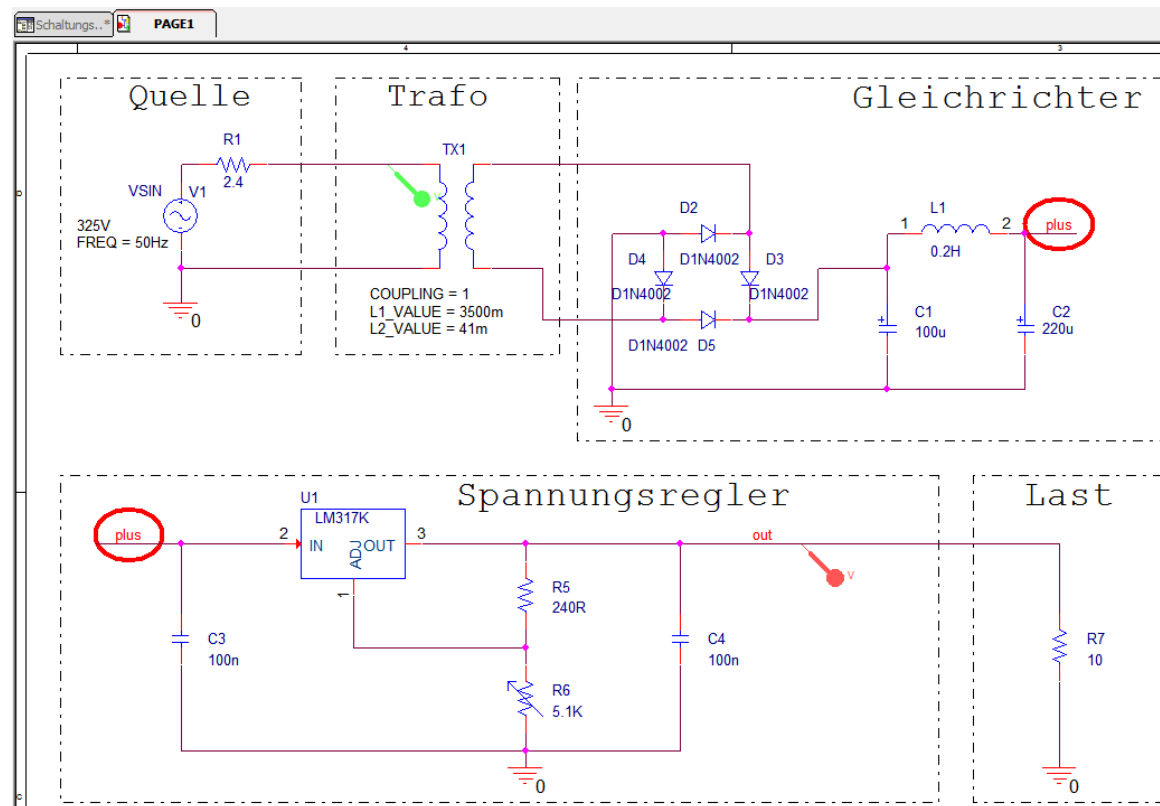
Für die Simulation Teilschaltungen sind jeweils noch zusätzliche Elemente wie **Stimulus**, **Last- oder Schutzwiderstand** erforderlich.

## Tipp:

Bitte achten Sie darauf, dass die Bauteile der PSpice Library entnommen werden, da ansonsten auf Grund fehlender Modellzuweisungen eine Simulation nicht möglich ist.

Ebenso ist auf die richtige Definition des Massepotentials zu achten.

→ “0”



# Start einer PSpice - Simulation

Es gibt zwei Möglichkeiten, mit PSpice eine Simulation zu starten.

- Direkter Start von PSpice:

**Start > Alle Programme > Cadence > Release 16.6 > PSpice AD**

hierzu benötigt PSpice allerdings den Netzlisten-File <\*.net>  
und den Circuit-File <\*.cir> der zu simulierenden Schaltung  
(hier nicht weiter erläutert.)

- Erstellen eines PSpice Projektes über Capture und Starten von PSpice aus Capture heraus:

**Start > Alle Programme > Cadence > Release 16.6 > OrCAD Capture**

Dies ist der bevorzugte Weg eine Simulation zu starten, indem zuerst mit Capture der Stromlaufplan erstellt wird, und die PSpice Simulation aus Capture heraus gestartet wird. Hierzu ist lediglich der erforderliche Simulation Profile anzulegen. Alle weiteren erforderlichen Daten werden vom System selbständig generiert.

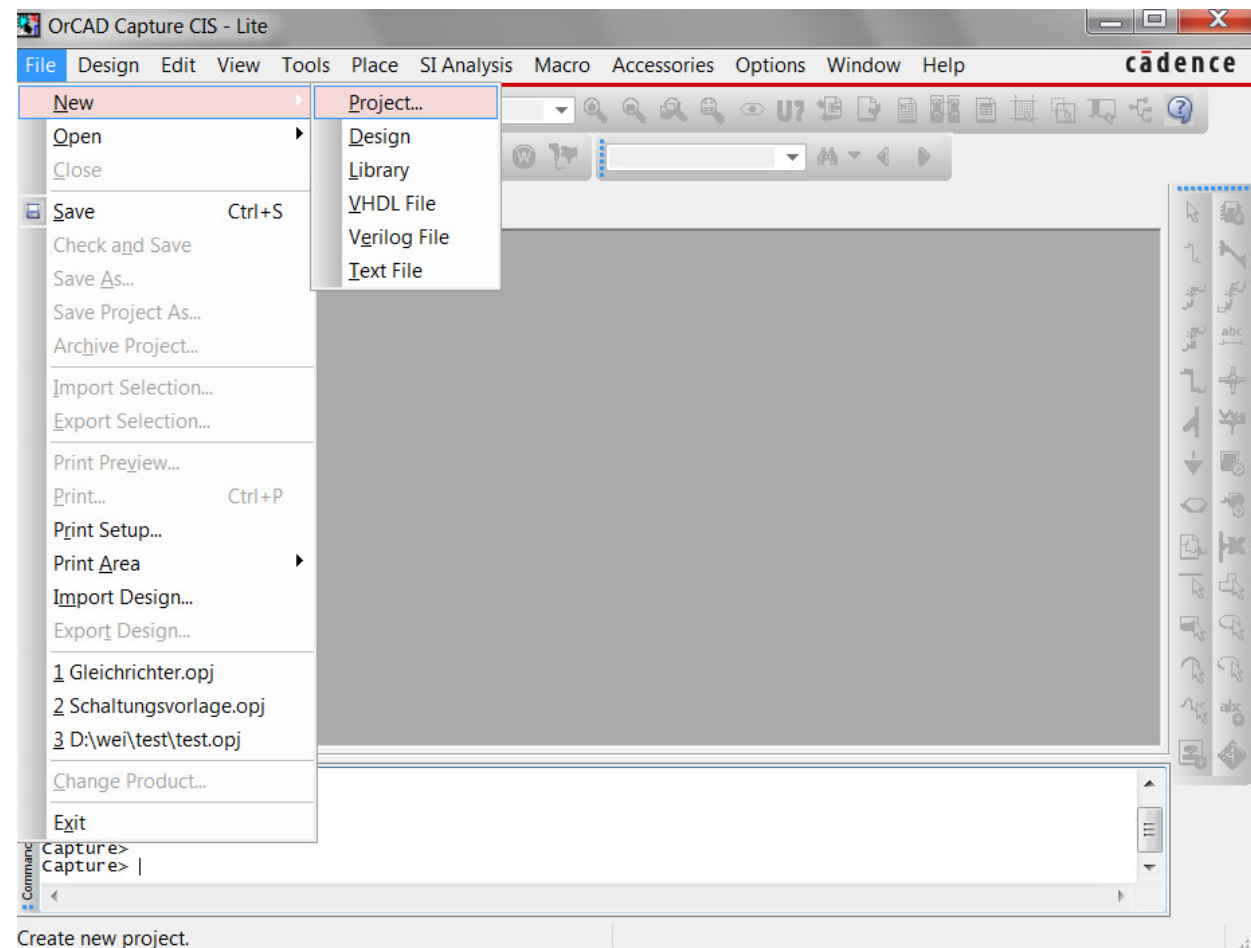
# Capture Session Frame

Start > Alle Programme > Cadence > Release  
16.6 > OrCAD Capture

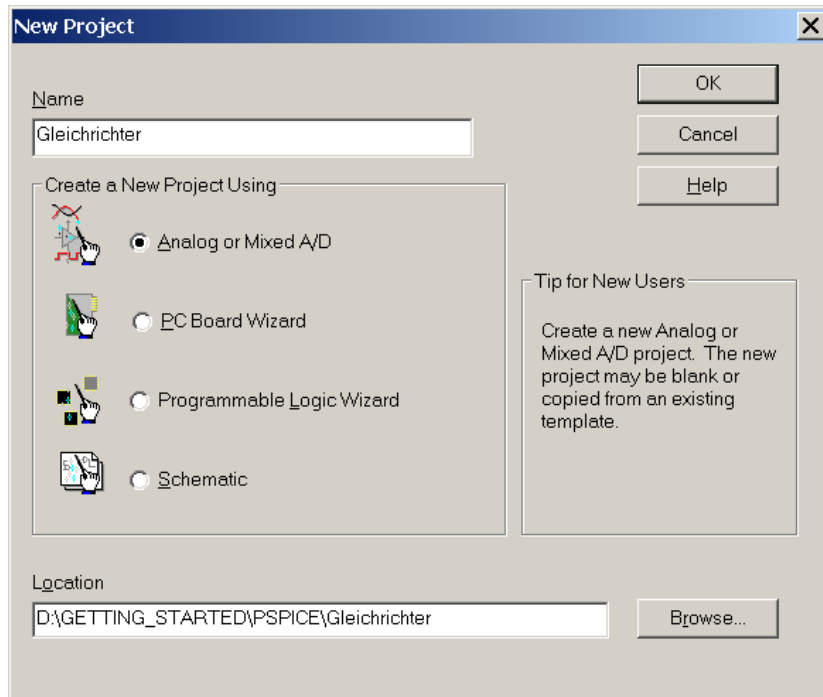
Alle nachfolgenden Prozesse werden aus diesem **Session Frame** Fenster gestartet.

**File > New > Project...**  
erstellt ein neues Projekt, in dem das eigentliche Design (z.B. Gleichrichter) definiert wird.

Sie gelangen in das nachfolgende Menü.



# Ein neues PSpice Projekt



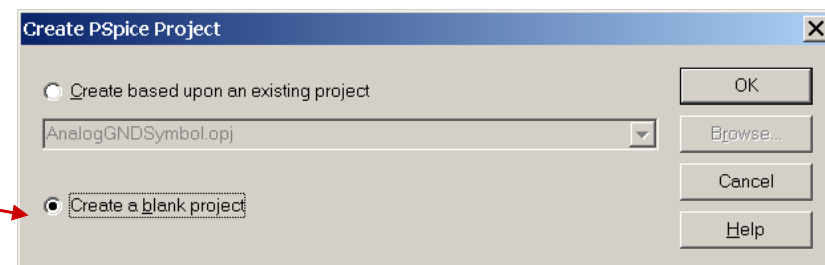
Im oberen Feld unter *Name* tragen Sie den Namen Ihres Projekts ein, z.B. **Gleichrichter**.

Als Projekt\_Typ wählen Sie **Analog or Mixed A/D**, da wir mit diesem Projekt eine Simulation durchführen wollen.

Im unteren Feld unter *Location* wählen Sie den Ordner, in dem Ihr neues Projekt abgelegt werden soll. Es wird dringend empfohlen, den Projektnamen nochmals als Ordneereintrag zu verwenden. Dadurch werden im weiteren Verlauf, alle anfallenden Projektdaten in diesem Ordner abgelegt, was die Übersicht wesentlich erhöht.

Anschließend klicken wir **OK**.

Da wir noch kein Simulationsprojekt haben, generieren wir ein vollkommen neues Projekt.





# Projekt Gleichrichter

Geschafft !

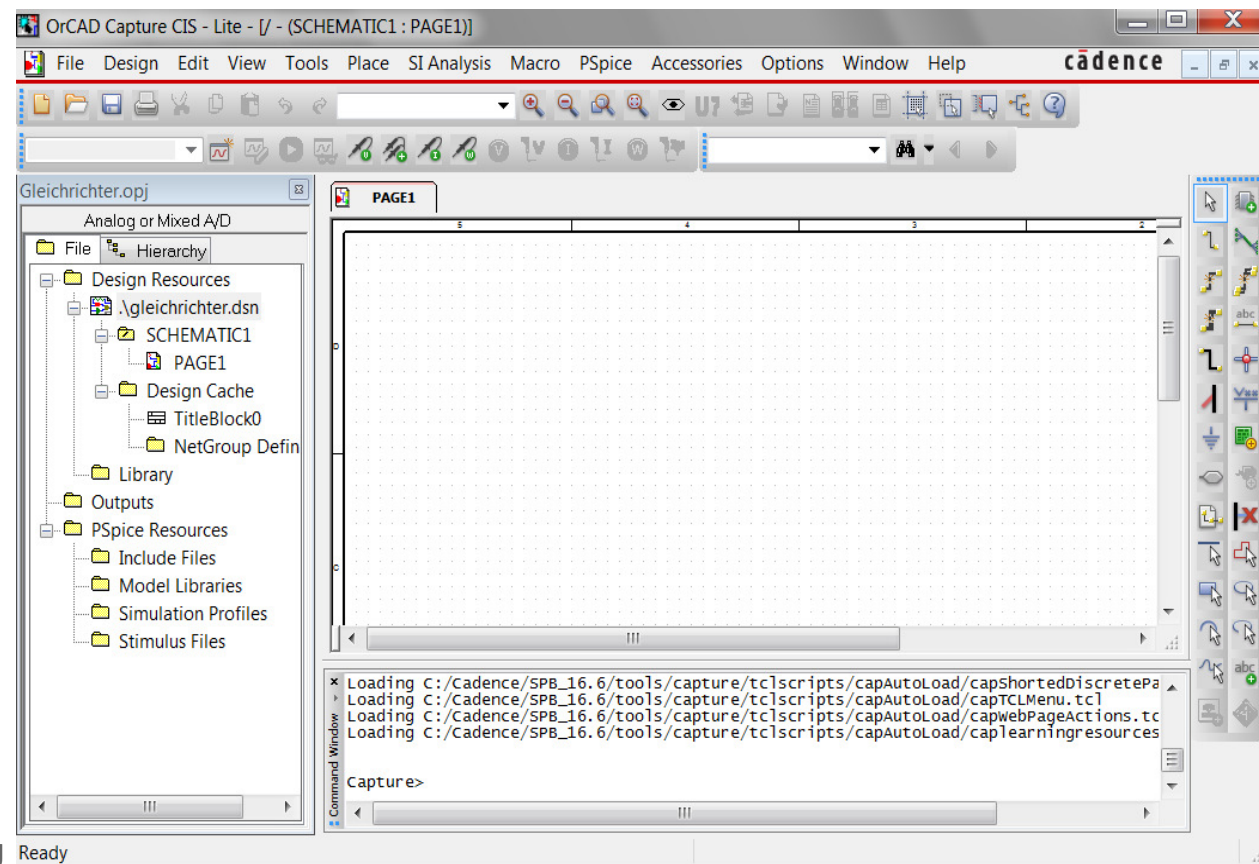
Ein neues Projekt namens **Gleichrichter** mit einem Design gleichen Namens **Gleichrichter.dsn**.

Gleichzeitig wurde die erste Seite Ihres Designs mit dem Namen **PAGE1** geöffnet. Ebenso wurden der Zeichnungsrahmen und der Schriftkopf automatisch platziert. Weitere Voreinstellungen sind möglich.

Bitte beachten Sie die Ordnerstruktur im Projektmanager auf der linken Seite des Bildes.

Die Ordnerstruktur ist virtuell, d.h. sie existiert nur innerhalb des Projektmanagers. Die unter Schematic1 befindliche PAGE1 ist nur innerhalb des **Gleichrichter.dsn** Files zu finden.

Auf der rechten Seite sind bereits die Ikonen für die Bauteilplatzierung und Verdrahtung zu erkennen.



# Bauteilplatzierung

Um neue Bauteile zu platzieren können Sie folgende Möglichkeiten nutzen:

- **Place > Part...** über das Pull-Down Menü

oder

- **P** (Tastatur)

oder

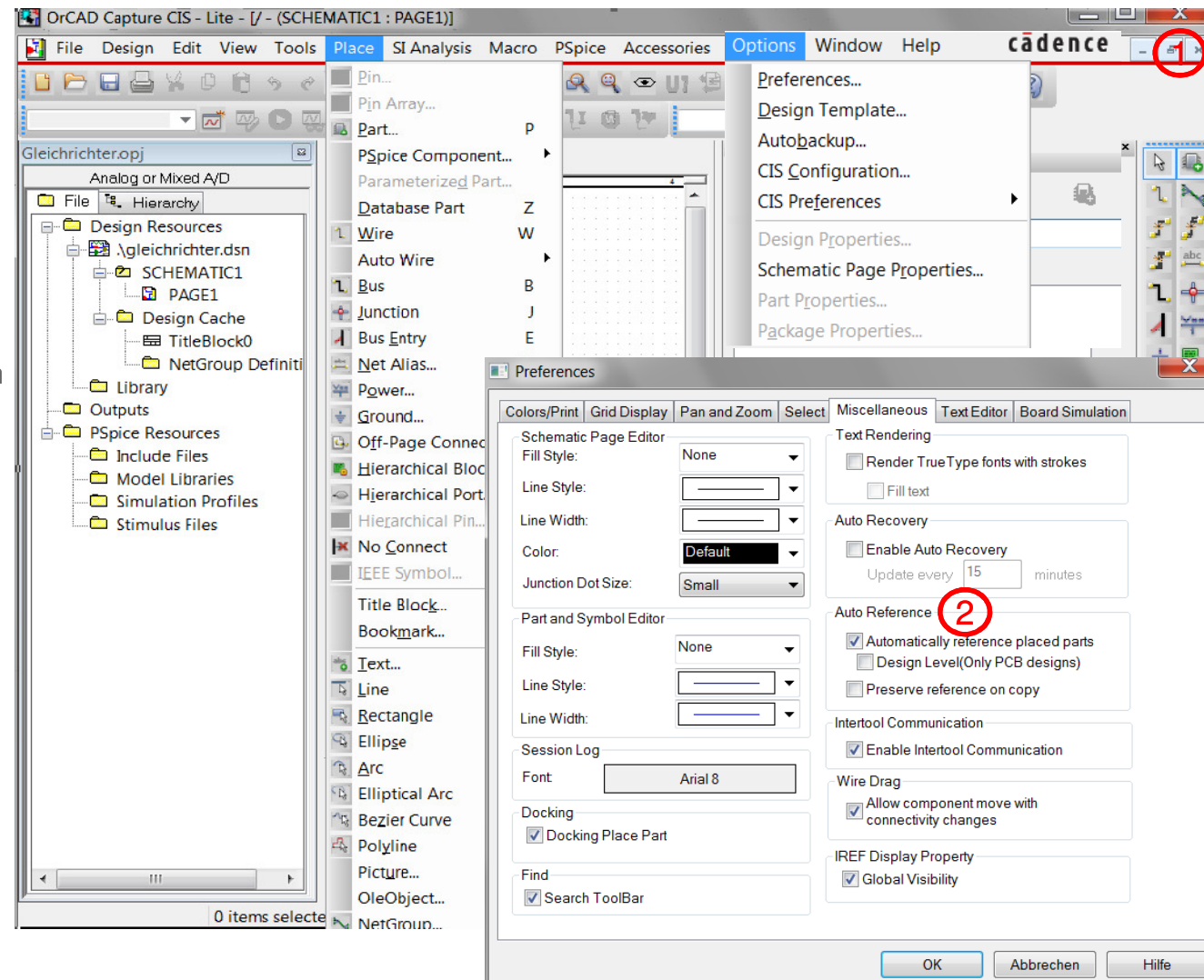
- **Place Icon**  am rechten Rand

## Tipp 1:

Damit die Schematic Icon-Leiste aktiv ist (rechter Rand), muss eine der in der Schematic vorhandenen Seiten geöffnet und aktiviert sein.

## Tipp 2:

Auto Reference ermöglicht automatisches Annotieren der Bauteilreferenzen während der Platzierung.



# Bibliothekszuweisung

Nach dem Platzierungskommando erhalten Sie das abgebildete **Place Part** - Menü.


Unter **Libraries** können Sie eine oder auch mehrere Bibliotheken anwählen, worin nach Ihrem Bauteil (Part) gesucht werden soll.

Unter **Part** wird die Bauteilbezeichnung eingegeben. Diese fungiert bereits als Filter, allerdings ohne Wildcards „\*“.

In der **Part List** wird das Suchergebnis und die zugehörige Bibliothek ausgegeben.

**Add Library**  erlaubt das Hinzufügen von Bibliotheken in den Suchpfad.

Unter **Packaging** wird angezeigt, ob ein Baustein aus mehreren Gattern bzw. Sektionen besteht (z.B. Widerstandsnetzwerk)

Rechts neben dem Vorschauenfenster zeigen die beiden Ikonen  an, ob dem betreffenden Bauteil ein PSpice-Modell und/oder ein PCB Footprint zugewiesen ist.

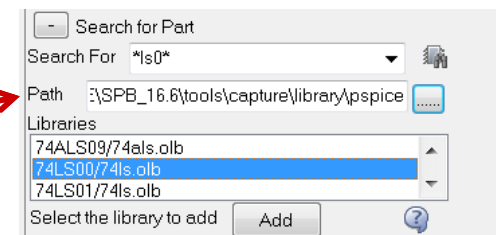
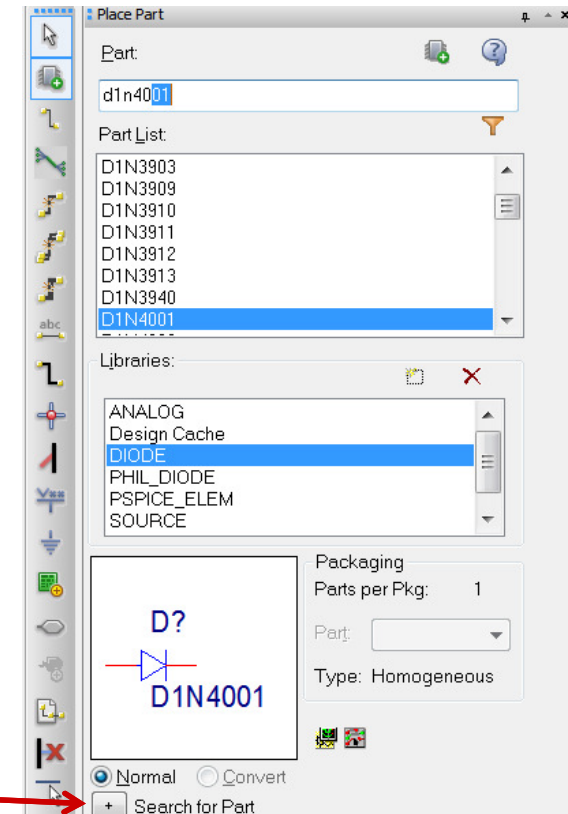
Mit einem **Doppel-Klick** in der Part List gelangen Sie zurück in die Schematic und können das Bauteil mit **LMB** (Left Mouse Button) platzieren.

**Search for Part** erlaubt ein Suchen auch mit Wildcards. 

## Tipp:

Mit **Add Library**  weisen Sie dem Projekt evtl. noch fehlende Bibliotheken zu.

Bitte achten Sie darauf, dass der Pfad der Bibliotheken auf den PSpice-Pfad verweist, da ansonsten die gefundenen Bauteile keine PSpice-Modelle enthalten, und eine Simulation somit nicht möglich.



# Fehlende Bauteile

In der Schaltungsvorlage sind alle Bauteile der Standard Installation und einer zusätzlichen Bibliothek (demo.olb) entnommen worden.

**analog.olb**

**eval.olb**

**source.olb**

**demo.olb**

Es wird jedoch sicher vorkommen, dass benötigte Bauteile nicht in der gewünschten Form und Bauart in den von OrCAD/Cadence bereitgestellten Bibliotheken enthalten sind. Dies trifft sowohl auf Capture PSpice-Symbole als auch auf PSpice-Modelle zu. In diesem Fall ist es nötig eigene Bibliotheken zu erstellen.

Bibliotheken können zu jeder Zeit des Projektfortschrittes ergänzt oder gar neu erstellt und eingebunden werden.

In der Demo Version ist dies auch möglich, jedoch mit einigen Einschränkungen wie z.B. Bauteilanzahl oder Pin-Anzahl.

# Bauteile verdrahten

Nach dem Platzieren erfolgt die Verdrahtung der Bauteile, entweder mit:

- **Place > Wire**
- **W (Tastatur)**

oder dem

- **Place Wire Ikon** 

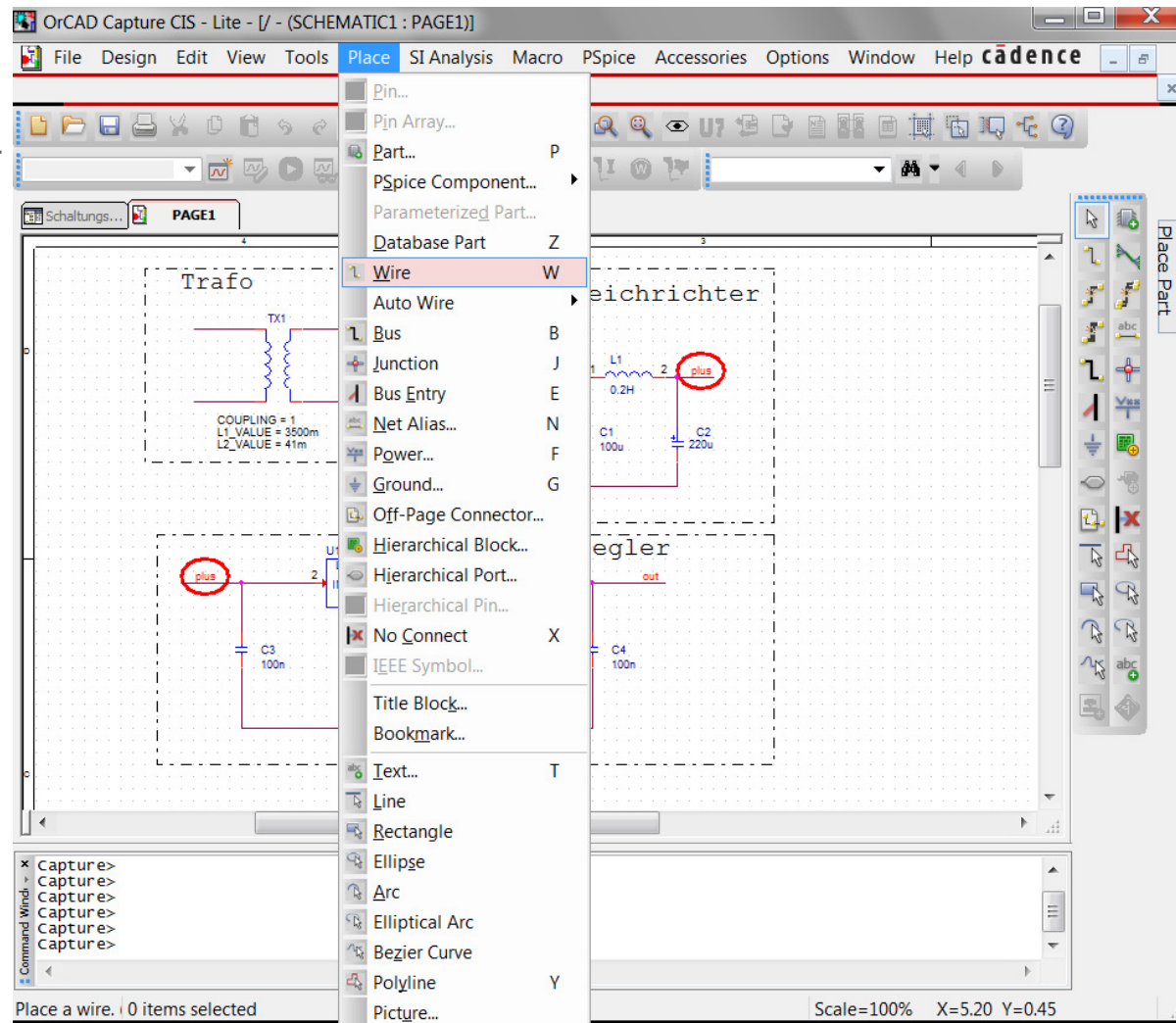
Reine Text Notes können mit

- **Place > Text...**
- **T (Tastatur)**

der dem

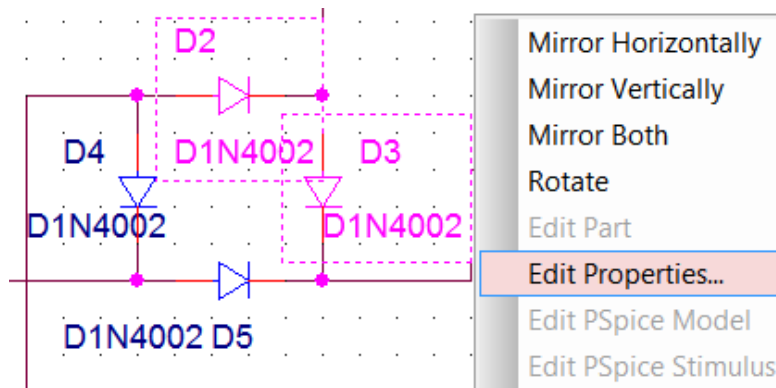
- **Place Text Ikon** 

der Schematic hinzugefügt werden.



# Stromlauf editieren (Properties)

REFDES und Value gemeinsam editieren



## Tipp:

Es können auch gleichzeitig mehrere, oder alle Symbole einer Seite, oder gar des gesamten Designs im Property Editor dargestellt werden.

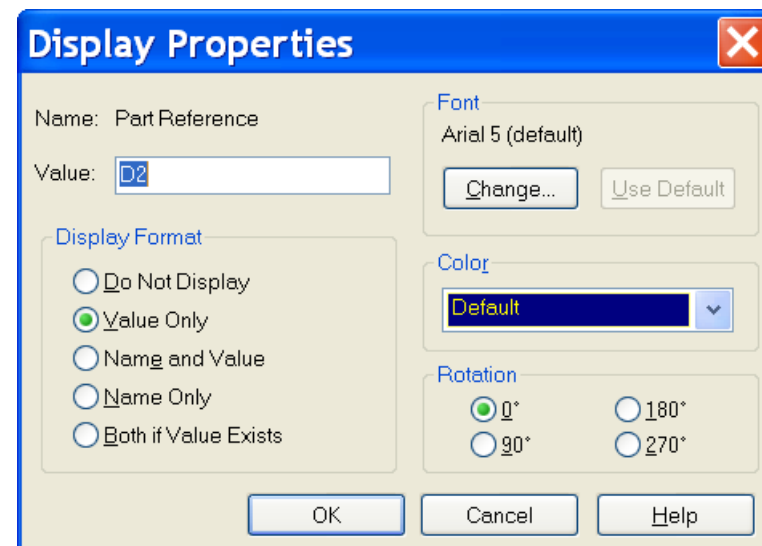
• Mit **Ctrl + LMB-Klick** oder **Ctrl +A** die Bauteile selektieren und anschließend **RMB > Properties...**

• Im Project Manager, Page oder Design (.dsn) selektieren, **Edit Object Properties** aus dem Pull Down Menü.

Nur REFDES oder Value editieren

Das selektive „Display Properties“ Fenster kann durch **Selektieren (LMB)** und **RMB > Edit Properties** oder durch einen **Doppelklick von LMB** der gewünschten Property geöffnet werden.

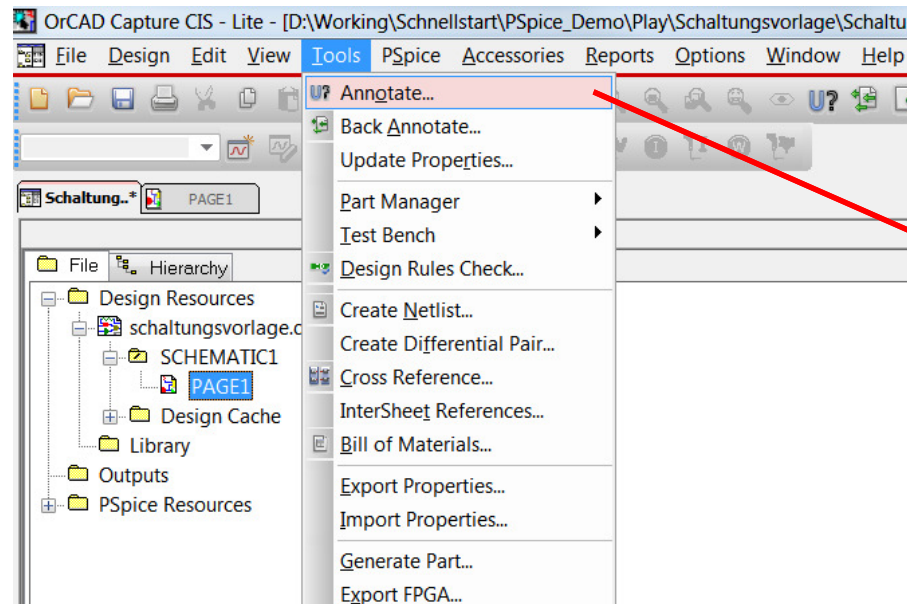
Über **Display Properties** sind verschiedene Einstellungen bezüglich der Sichtbarkeit im Stromlaufplan möglich.



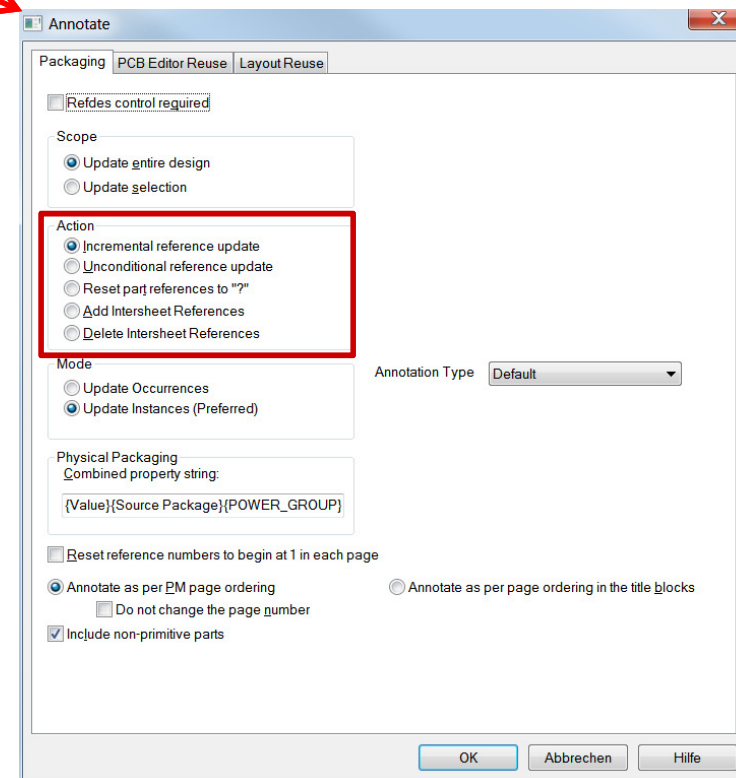


# Annotation - Packagen

Annotierung und Packagen von Bauteilen



Haben Sie die Referenzen der Bauteile manuell vergeben, kontrolliert Capture nicht sofort, ob Sie doppelte Bezeichner (z.B. 2x U1, oder 3x R5) vergeben haben, d.h. Sie sind in diesem Fall selbst für die Richtigkeit zuständig. Die Kontrolle erfolgt erst beim Generieren der Netzlisten.



Über **Tools > Annotate...** haben Sie die Möglichkeit diese Arbeit automatisch zu erledigen, und das ohne doppelte Bezeichner. Hierbei sind vielfache Optionen wählbar.

**Incremental ...** bedeutet, dass bestehende REFDES nicht verändert werden, auch wenn Sie doppelt definiert wurden.

**Unconditional ...** bedeutet, dass alle REFDES auf Fragezeichen zurückgesetzt und neu vergeben werden.

# Stromlauf editieren (Netznamen)

Netznamen vergeben

Sollen auf einer Seite Bauteilepins miteinander verbunden werden, so erfolgt dies mittels des **Place > Wire** Kommandos durch Ziehen von „Drahtverbindungen“.

Eine weitere Möglichkeit besteht in der Verwendung von **Net Alias**.

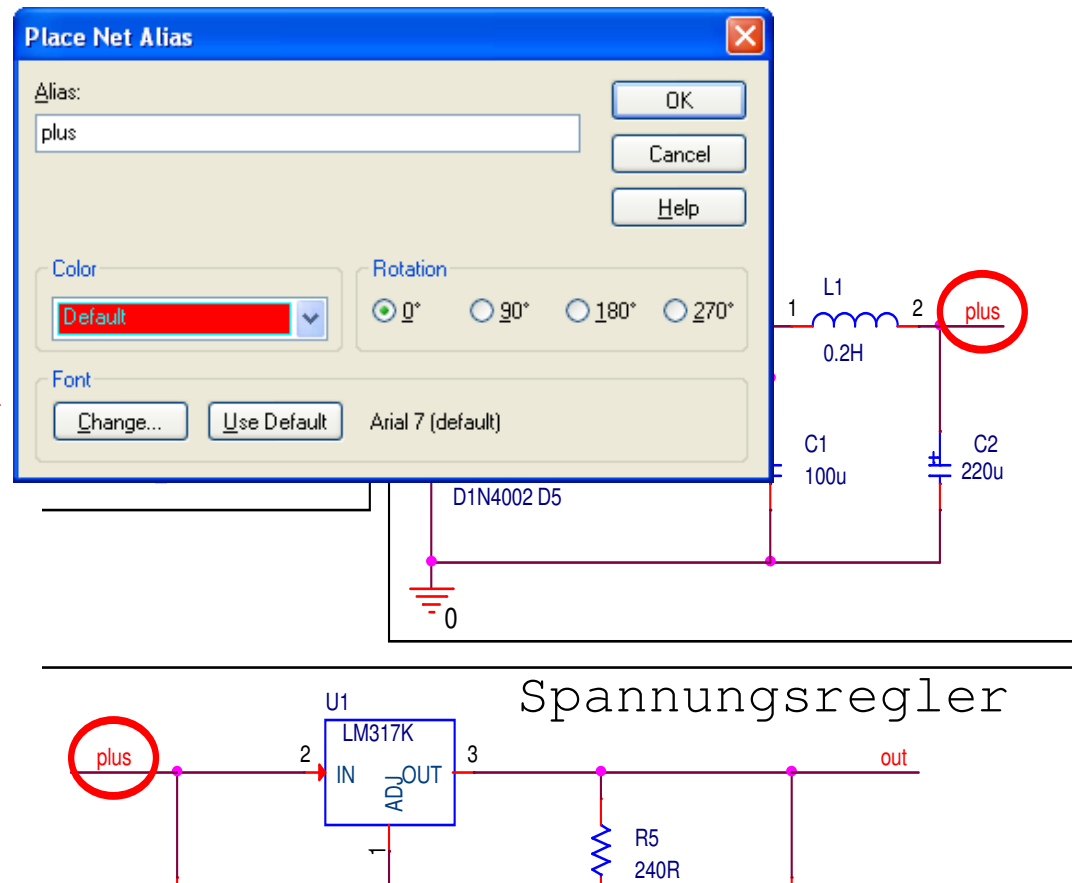
**Place > Net Alias...**

**Place Net Alias Ikon** 

Hierbei wird den Netzen ein Netzname vergeben, und darüber die Verbindung zweier Bauteile realisiert. Als Beispiel dient hier das Netz mit dem Namen „plus“.

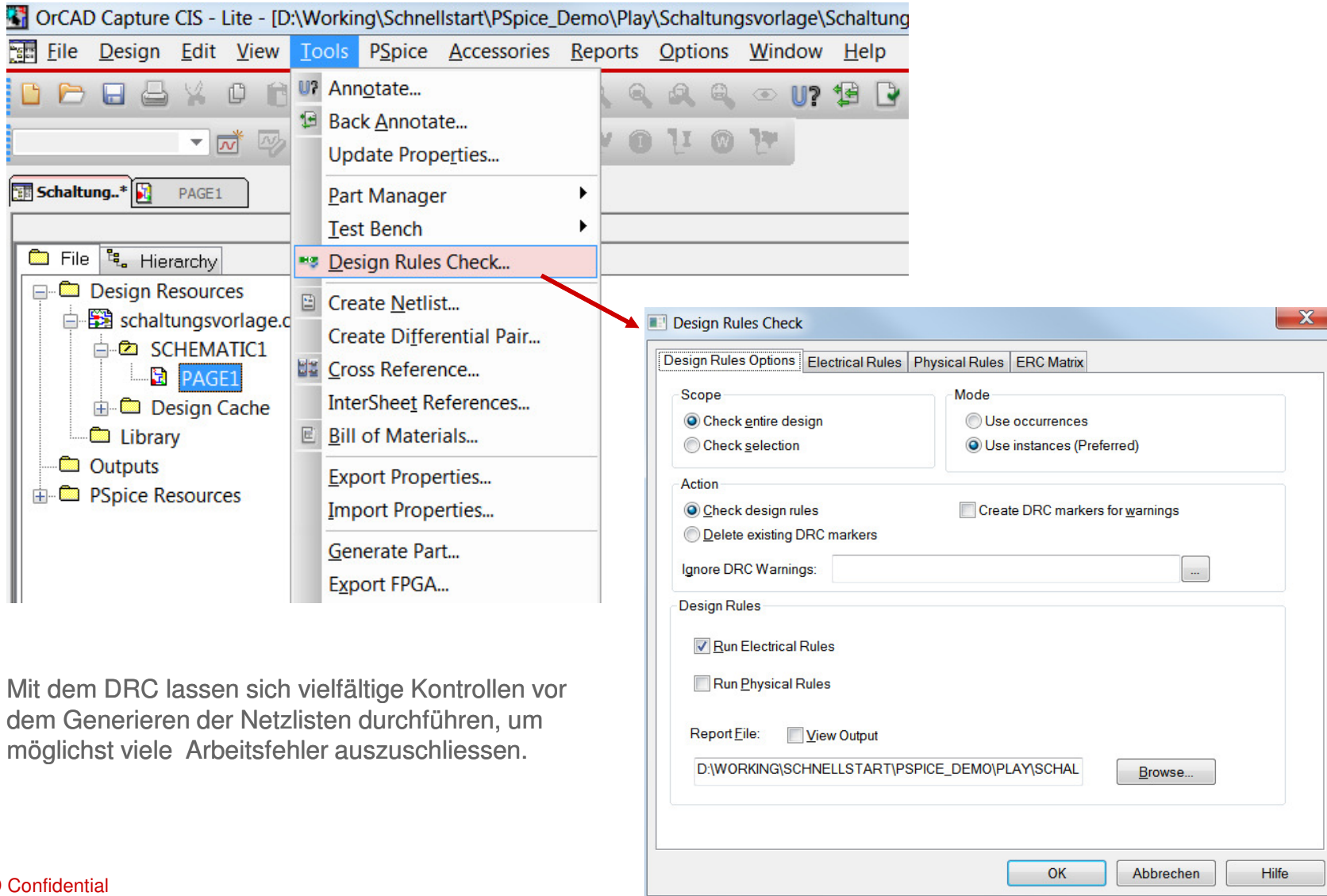
## Tipp:

Sollen Netze mittels Netznamen über mehrere Seiten oder auch Designs hinweg verbunden werden, so sind **Offpage Connectoren** bzw. **Port Connectoren** zu verwenden. Näheres hierzu in der Dokumentation.





# Design Rules Check



Mit dem DRC lassen sich vielfältige Kontrollen vor dem Generieren der Netzlisten durchführen, um möglichst viele Arbeitsfehler auszuschliessen.

# Simulationshinweise

Um eine Simulation von einem mit Capture erstellten Stromlaufplan erfolgreich zu starten, sollten folgende Hinweise beachtet werden:

1. Alle verwendeten Bauteil Symbole sollten aus der PSpice Library entnommen werden.

z.B. <install\_dir>\tools\capture\library\pspice oder

<install\_dir>\tools\capture\library\pspice\advanls

Die „normalen“ Capture Symbole enthalten keinen Eintrag für die Simulationsmodelle, die für eine PSpice Simulation zwingend erforderlich sind.

2. Für die Simulation wird ein Referenzpotenzial benötigt, das üblicherweise durch ein Ground Symbol  0 darstellt wird.

Dieses **MUSS** unbedingt den Wert „0“ als Potentialnamen haben.

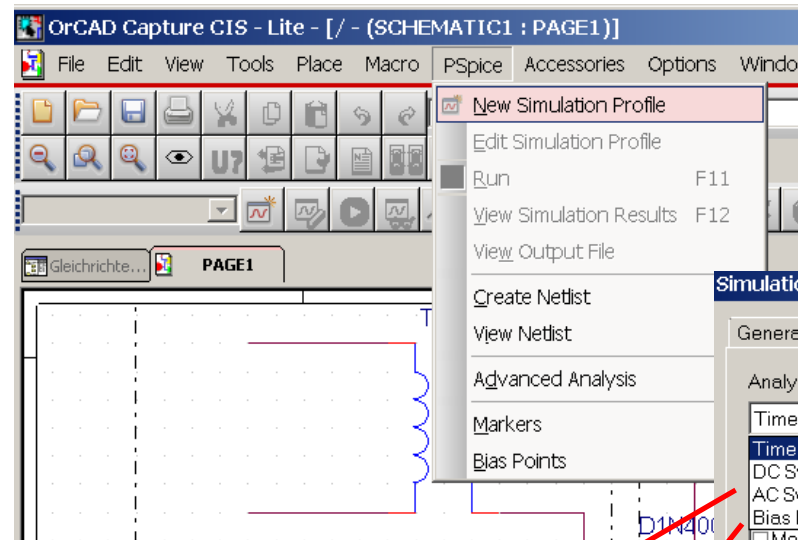
3. Grössere Schaltungen sollten zuerst in Teilschaltungen aufgeteilt werden falls dort bereits Probleme auftreten.

# OrCAD PSpice

- Einleitung
- Grundsätzliche Handhabung in Capture/PSpice
- **Simulationsarten**
- Design Beispiel (Netzteil)
  - Gleichrichter
  - Spannungsregler
  - Trafo

# Simulationsarten mit PSpice

Mit PSpice sind 4 Simulationsarten möglich. Über das Simulationsprofile erfolgt die Einstellung und Zuweisung der Simulationsart und der Parameter für das betreffende Projekt. Für alle 4 Simulationsarten finden Sie auf den folgenden 4 Seiten Beispiele. Im Ordner Solution/Samples ist je ein komplett vordefiniertes simulationsfähiges Beispiel abgelegt.



## Time Domain (Transient)

Analyse des Zeitverhaltens elektrischer Vorgänge

## DC Sweep

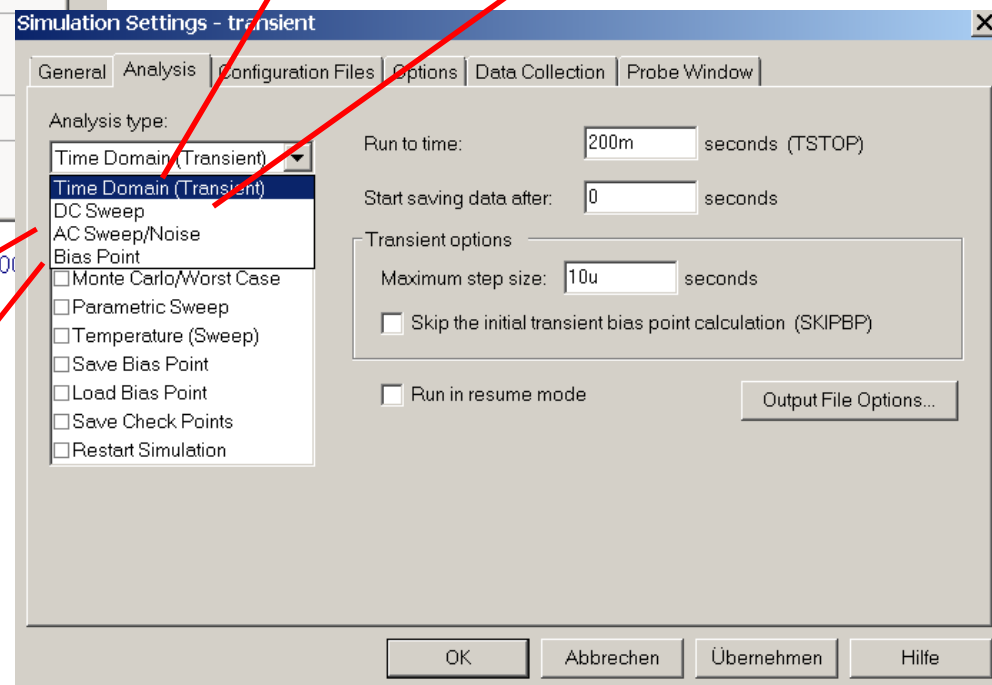
Gleichstrom-Analyse aller Knotenpunkt-Potenziale

## AC Sweep

Frequenz-Analyse von Spannung und Strom (Amplitude und Phase)

## Bias Point

Gleichstrom-Analyse  
Arbeitspunkt-Analyse



# Bias-Point (Gleichstromanalyse)

Die Gleichstrom-Simulation ist die einfachste Simulationsart die mit PSpice durchgeführt werden kann. Hierbei berechnet PSpice alle Gleich-Ströme zwischen den einzelnen Knotenpunkten und alle Gleich-Spannungen der einzelnen Knotenpunkte bezogen auf das Massepotenzial, welches durch das Platzieren des Massezeichens definiert wird.

Sie können diese Ergebnisse auch unter zu Hilfenahme eines Taschenrechners ermitteln, allerdings kann PSpice dies wesentlich schneller und übersichtlicher.

Die U-I-W Werte können über

**PSpice > Bias Points > Enable** oder **die Ikonen**

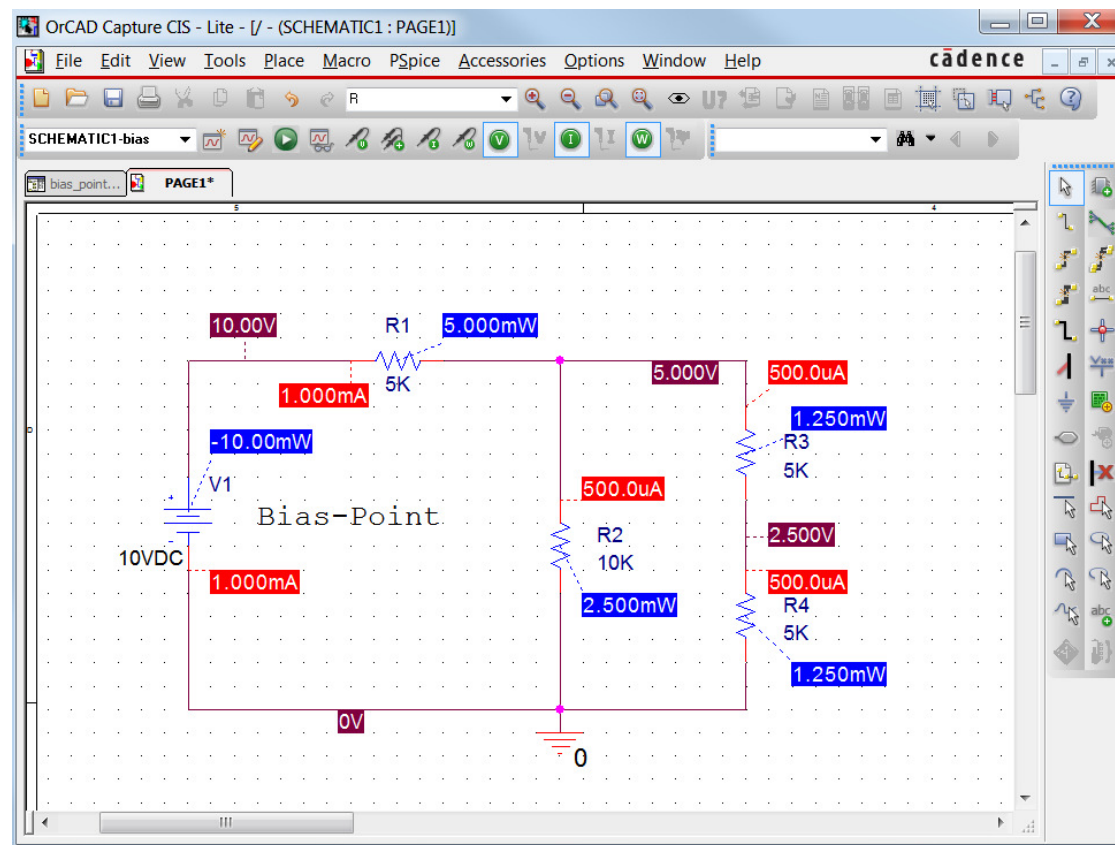


eingebildet werden.

Allerdings muss zuvor die Simulation einmal gelaufen sein. Das sich öffnende Probefenster kann danach sofort wieder geschlossen werden.

## Tipp:

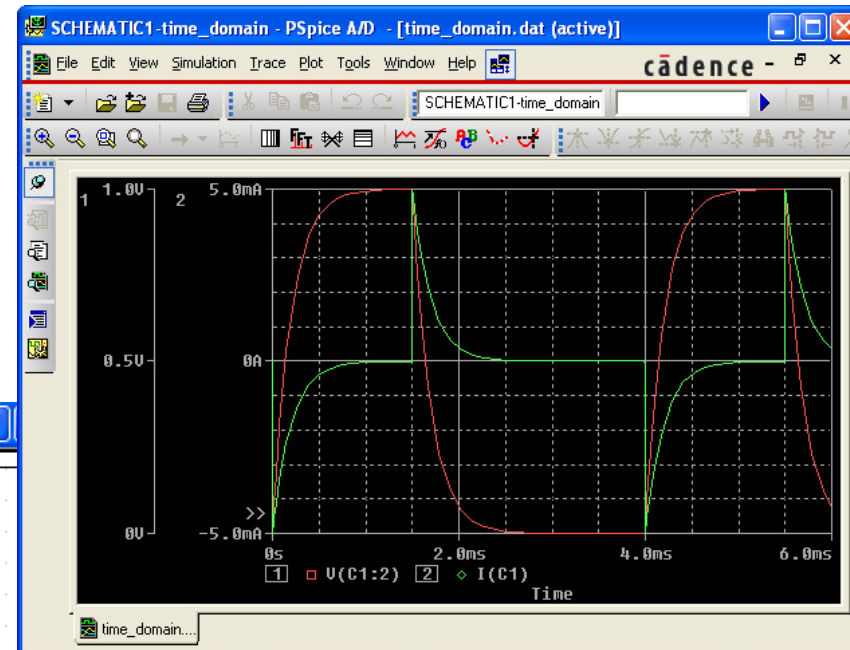
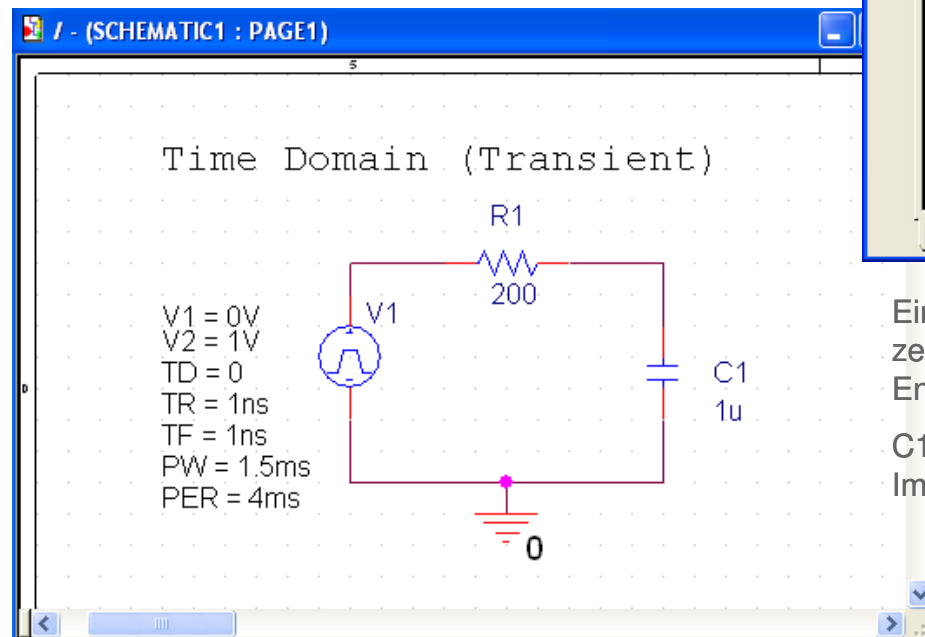
Beispiel „**bias\_point**“ unter Ordner „Solution\Sample“



# Time Domain (Transient Analyse)

Um den zeitlichen Ablauf elektrischer Vorgänge grafisch darzustellen braucht man in der Praxis ein Oszilloskop. Allerdings muss dazu ein entsprechender Schaltungsaufbau in Form einer konkreten Hardware existieren.

Wenn jetzt der zeitlichen Ablauf verschiedener, womöglich gar nichtlinearer Bauteile untersucht werden soll, ist dies mit herkömmlichen Mitteln (Hardware) eigentlich nicht mehr möglich.



Eine der einfachsten und geläufigsten Varianten eines zeitabhängigen Vorgangs stellt z.B. der Lade- und Entladevorgang eines Kondensators dar.

C1 wird über einen Vorwiderstand R1 und eine Impulsquelle periodisch aufgeladen und wieder entladen.

## Tipp:

Beispiel „*time\_domain*“ unter Ordner „Solution\Sample“

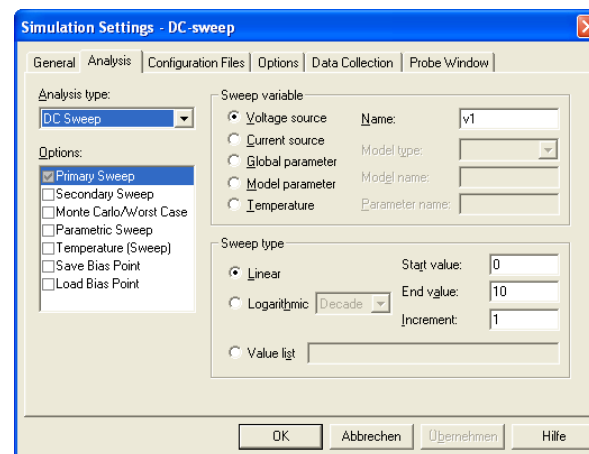
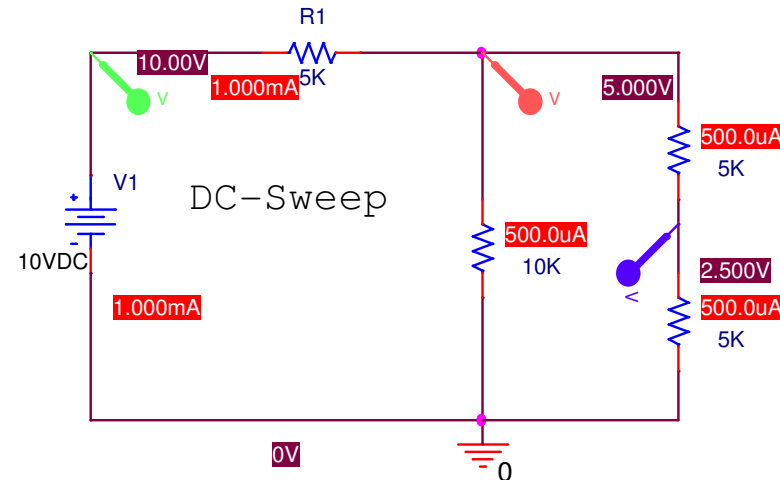
# DC Sweep

Der DC-Sweep berechnet die statischen Spannungen und Ströme einer Schaltung, wenn Quelle, Modell Parameter, globale Parameter oder Temperatur innerhalb eines bestimmten Bereiches variiert werden.

Das Ergebnis kann im Output-File oder im Probefenster dargestellt werden.

Das rechte obere Fenster stellt nur das Ergebnis des letzten Sweeps ( $V_1=10V$ ) dar, wobei diese Darstellung nur über eine Bias-Point Simulation möglich ist.

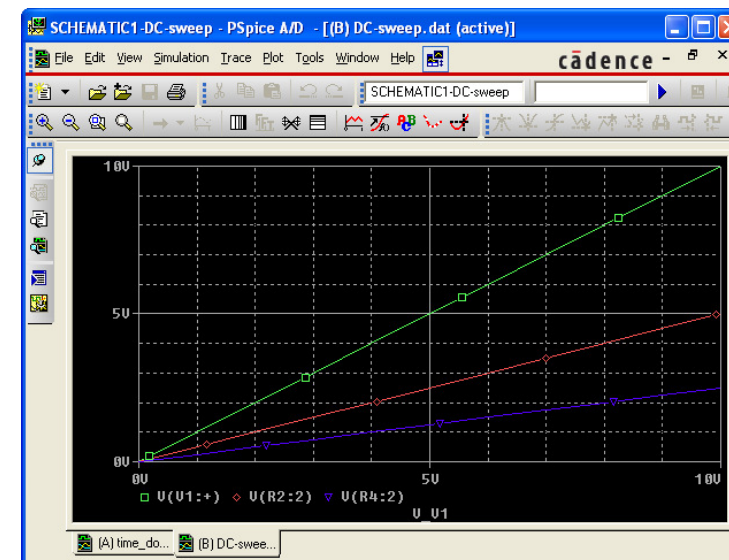
Im Simulations-Profil wird der DC-Sweep der Spannungsquelle  $V_1$  definiert, und im rechten unteren Fenster der Sweep im Probe-Fenster dargestellt.



**Tipp:**

Beispiel „**DC-Sweep**“ unter Ordner „Solution\Sample

FlowCAD Confidential



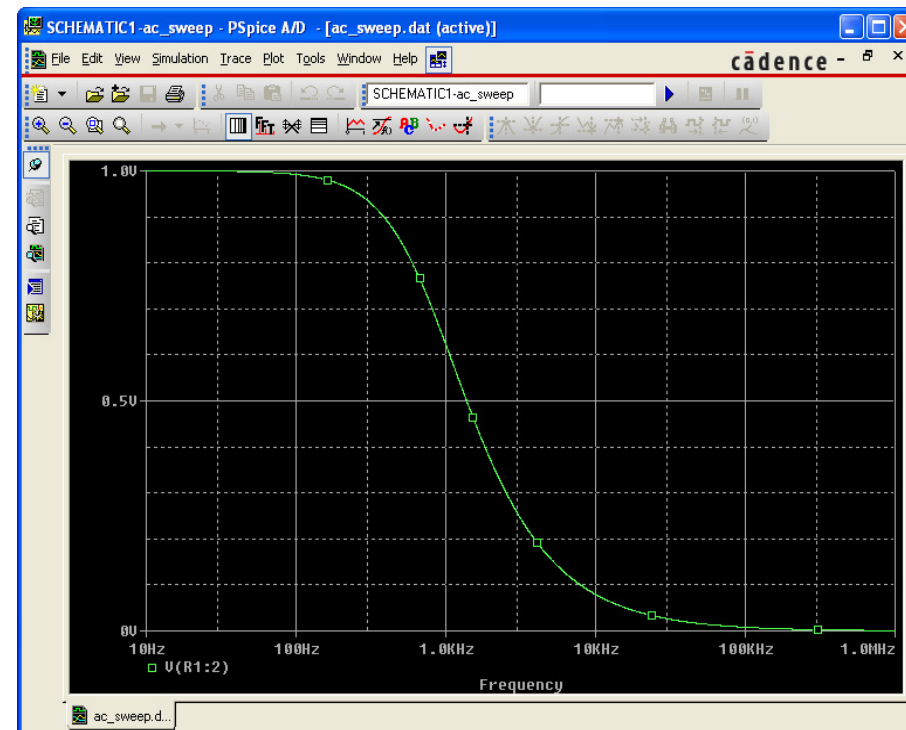
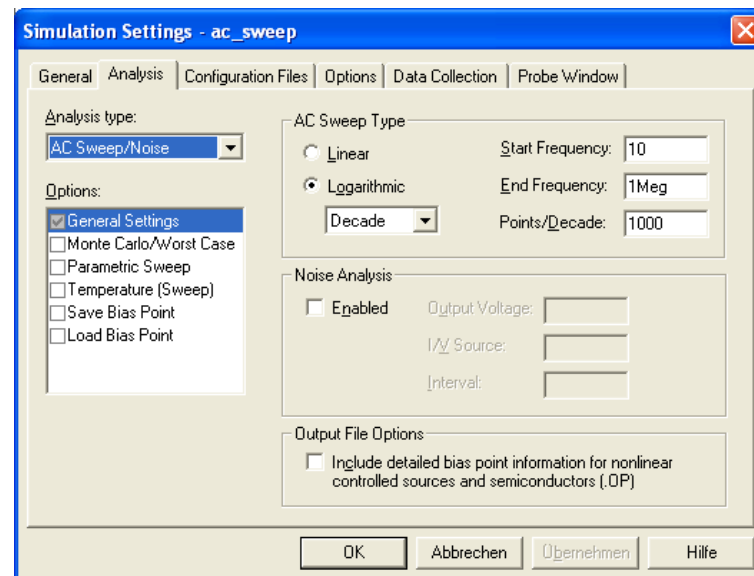
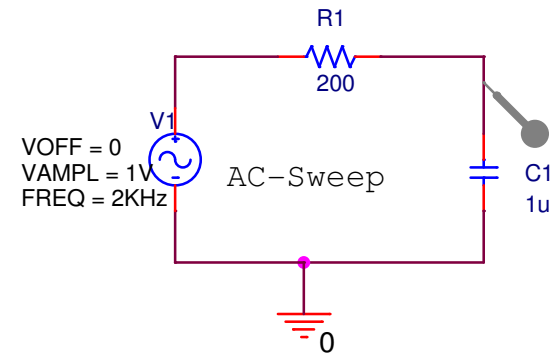
# AC Sweep

Die AC-Analyse berechnet das Kleinsignalverhalten einer linearen bzw. linearisierten Wechselstromschaltung in Abhängigkeit der Frequenz. Diese Schaltungen können aus linearen Bauteilen (RLC) oder/und nichtlinearen Bauteilen (Transistoren, Dioden usw.) bestehen.

Der AC-Sweep berechnet das Verhalten der Schaltung über einen vorgegebenen Frequenzbereich, indem eine ganze Serie einzelner AC-Analysen mit unterschiedlichen Frequenzen durchgeführt wird.

Typ:

Beispiel „AC-Sweep“ unter Ordner „Solution\Sample





# OrCAD PSpice

- Einleitung
- Grundsätzliche Handhabung in Capture/PSpice
- Simulationsarten
- **Design Beispiel (Netzteil)**
  - Gleichrichter
  - Spannungsregler
  - Trafo

# Simulation Netzteil - Teilschaltungen

Wie bereits erwähnt, wird zur Vereinfachung der Simulation, und auch zum besseren Verständnis der Simulationsergebnisse sowie deren Auswertung und Beurteilung die Gesamtschaltung in 3 Teilschaltungen aufgeteilt. Diese Aufteilung ist bereits in der Übersichtsschaltung dargestellt. Sie finden sowohl die Gesamtschaltung als auch die Teilschaltungen im Ordner „Solution“ als vorgefertigte Beispiele. Sämtliche Schaltungen sind als eigenständige Projekte abgelegt. Zum besseren Verständnis der Software wird empfohlen, die Schaltungen entsprechend den vorherigen Schritten selbst zu erstellen.

Die Teilschaltungen werden in folgender Reihenfolge betrachtet:

1. Gleichrichter
2. Spannungsregler
3. Transformator

Weiterhin sind einige Besonderheiten zu beachten, wenn diese drei Teilschaltungen einzeln simuliert und untersucht werden sollen. Näheres hierzu auf den Seiten der jeweiligen Teilschaltung.

# OrCAD PSpice

- Einleitung
- Grundsätzliche Handhabung in Capture/PSpice
- Simulationsarten
- Design Beispiel (Netzteil)
  - **Gleichrichter**
  - Spannungsregler
  - Trafo

# Design Gleichrichter

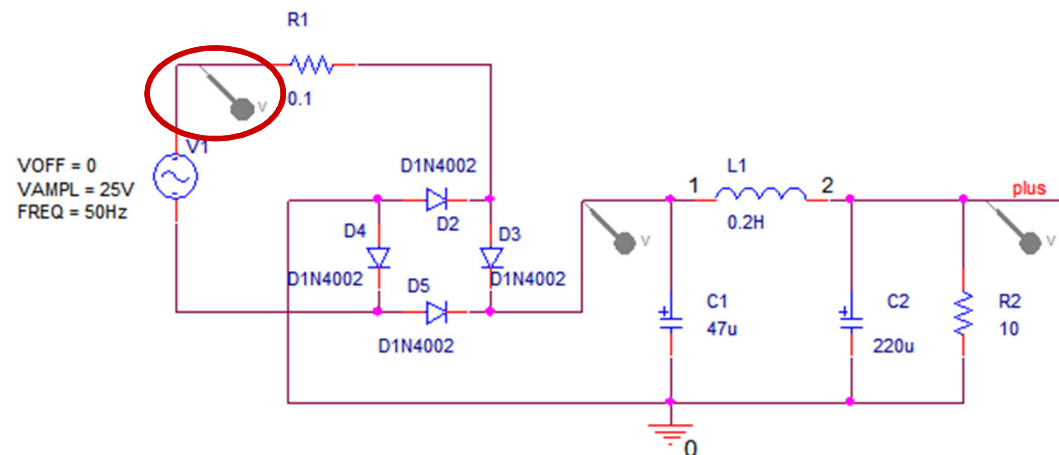
Bitte geben Sie unter dem Projektnamen „**Gleichrichter**“ nachfolgende Schaltung ein.

Achten Sie darauf, dass die Werte der Bauteile entsprechend den Angaben in dieser Schaltung gesetzt sind, um den logischen Ablauf der nachfolgenden Schritte der Simulation zu gewährleisten.

Den Ablauf zur Generierung eines neuen Projektes finden Sie ab Seite 38.

Setzen Sie bitte nach Fertigstellung der Schematic vorerst noch **keine** Voltage Marker!

Gleichrichterschaltung (1.5V ... 15V, ca.120mA)



# Gleichrichter Anmerkung

Wie Sie dem Schaltplan „**Gleichrichter**“ bereits entnehmen konnten sind einige Änderungen bezüglich der Schaltungsvorlage Netzteil (Seite 11) vorgenommen worden.

1. Geänderte Bauteile:  
Gleichrichterbrücke wurde durch einzelne Dioden ersetzt (Modell für Brücke nicht in Demo vorhanden)
2. Zusätzliche Symbole  
Stimulus zur Simulation der Eingangsspannung (Ausgang des Trafos)
3. Zusätzliche Bauteile  
R1 ist für Simulation erforderlich, um einen Kurzschluss des Stimulus gegen Masse zu verhindern  
R2 ist für eine Simulation mit verschiedener Last erforderlich.

Vorbereitung der Simulation:

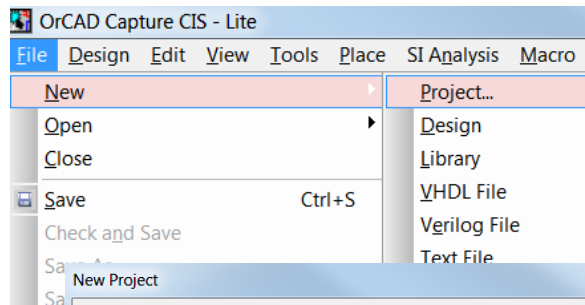
- Festlegen des Analysetyps über Simulation Profile
- Weitere Parameter
- Start der Simulation
- Auswertung

**Tipp:**

Im Ordner „*Solution\Gleichrichter*“ finden Sie **3** vorbereitete Varianten des Gleichrichter Projekts (\*\_start, \*\_marker, \*\_final)

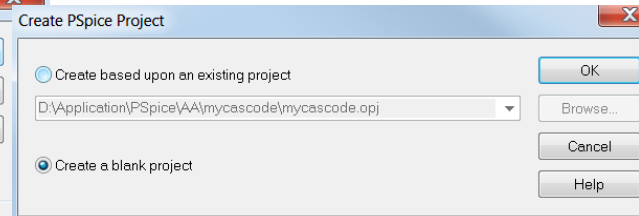
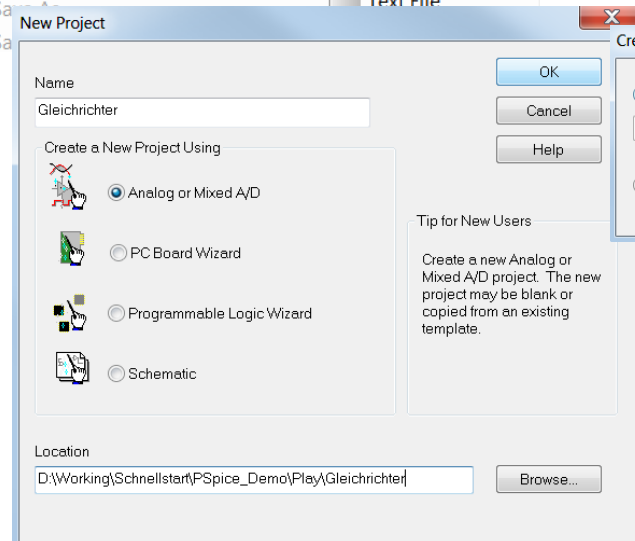
# Projekterstellung (Gleichrichter 1)

Mittels „**File > New > Project**“ erstellen Sie bitte in der Play – Direktory ein neues Projekt „**Gleichrichter**“



Achten Sie bitte darauf, dass Sie für die Location eine zusätzliche Subdirektorie angeben. Somit lassen sich dieses Projekt und alle zu diesem Projekt erstellten Daten leichter zippen und wenn erforderlich auf einen anderen Rechner portieren.

Nutzen Sie jetzt die Option „**Create a blank project**“.

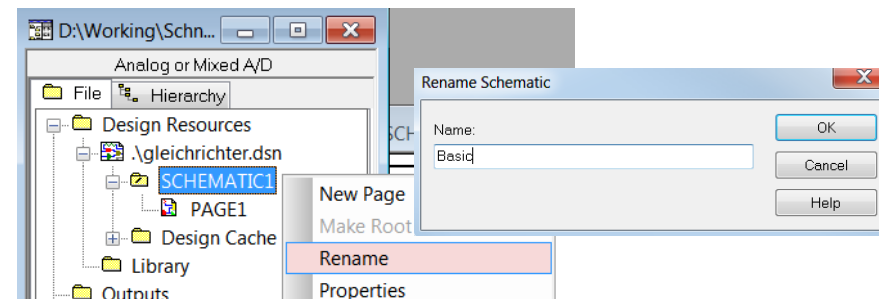


Die erforderlichen Libraries für die Bauteile können über „**Add Library**“ aus dem Place Part Menü hinzugefügt werden.

Für diese Schaltung werden folgende Libraries verwendet:

- Analog.olb, Eval.olb, Source.olb

Nachdem das Projekt und die erste Seite erstellt wurden, wechseln Sie in den ProjektManager, selektieren „**Schematic1**“ und ändern den Namen mittels **RMB > Rename** in „**Basic**“



# Simulation Profile (Gleichrichter 1)

Um zu Simulieren müssen Sie ein Simulationsprofile erstellen und die gewünschte Simulationsart festlegen:

PSpice > New Simulation Profile oder  Ikon

Die momentan aktive Schematic ist „Basic“

Klick „Create“

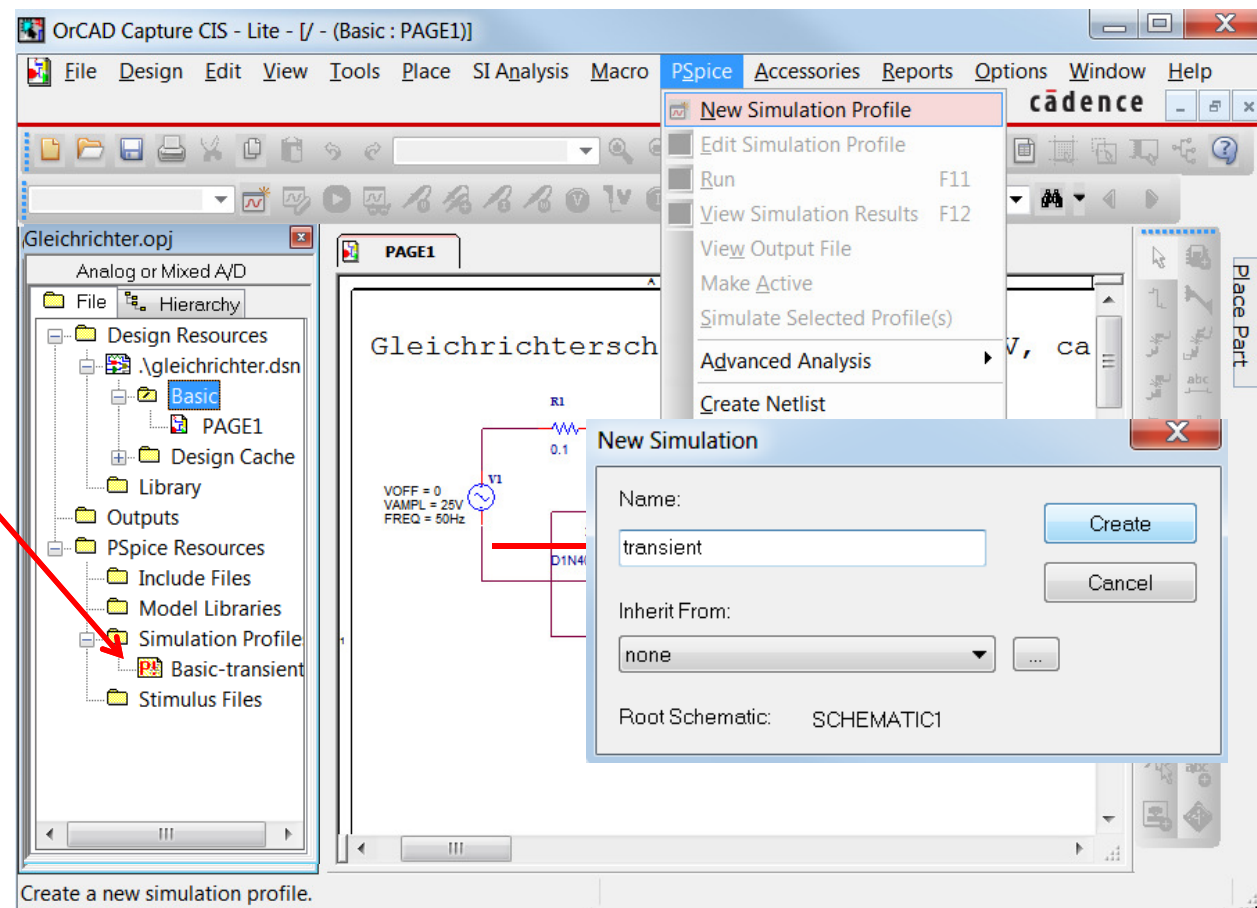
Im ProjektManager wird nun der Simulations-Profil „Basic-transient“ erzeugt.

## Tipp:

Es können in einem Projekt auch mehrere Simulation Profiles angelegt werden.

Diese können über

**Edit > Simulation Profile** oder  Ikon aufgerufen und editiert werden.



# Simulation Profile (Gleichrichter 2)

Es öffnet sich das

## Simulation Settings Window

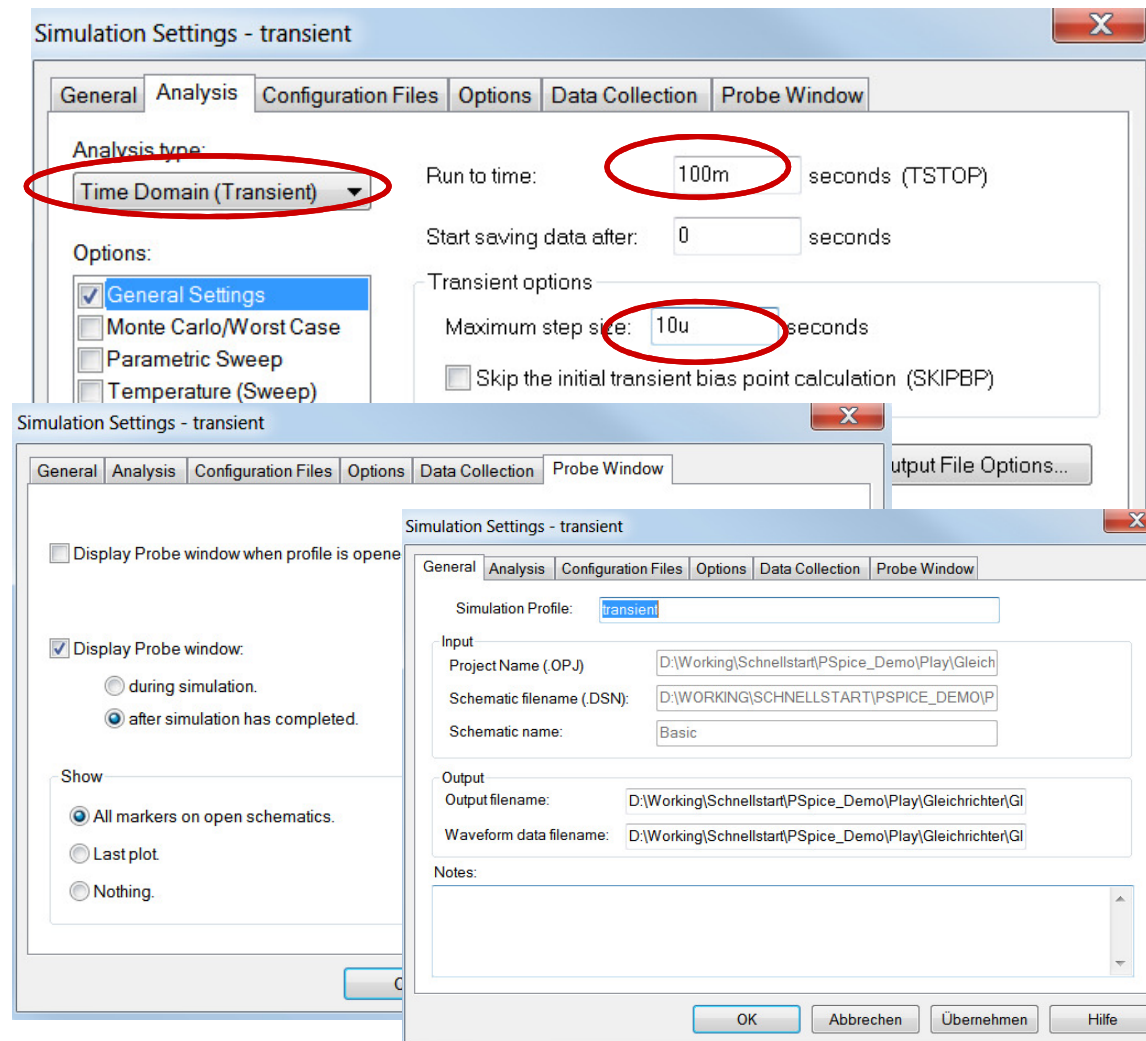
Unter **Analysis type** definieren Sie den Simulationstyp, die Zeitdauer der Simulation und die Schrittweite.

Unter **Probe Window** können Sie definieren, was im Probe Fenster angezeigt wird. Es ist die default Einstellung dargestellt.

### Tipp:

Wird kein Wert unter Maximum Step Size eingetragen wird ein default Wert (Final Time/50) verwendet, und der dargestellte Kurvenverlauf kann unter Umständen ungenau sein.

Eine zu kleine Schrittweite erhöht aber merklich die Rechenzeit.





# Time Domain (Transient) Simulation

Nach dem Definieren des Simulationsprofils kann die Simulation gestartet werden.

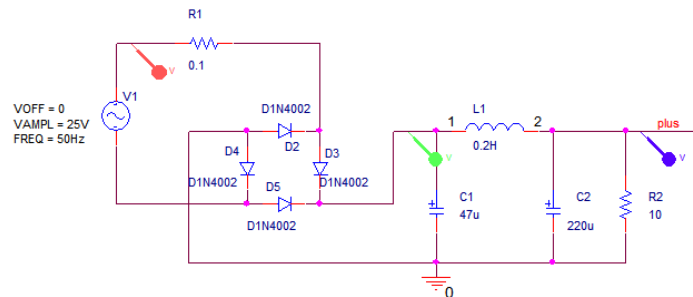
**PSpice > Run** oder **F11** oder  **Icon**

Wenn Sie die Schaltung wie auf Seite 36 beschrieben verwenden, dann werden Sie zwar ein Probefenster erhalten, aber es wird kein Kurvenverlauf dargestellt (schwarzer Hintergrund). (siehe auch \*\_start.opj)

*Was ist passiert?*

Sie haben im Simulation Setting unter Probe Window „**All Markers on open schematics**“ markiert. Da Sie aber keine Marker gesetzt haben, bleibt die Anzeige leer.

*Was tun?*



Sie haben jetzt zwei Möglichkeiten.

- Sie setzen **Marker** an den Stellen im Stromlaufplan, wo Sie einen Kurvenverlauf sehen wollen.
- Sie rufen im Probefenster „**Trace > Add Trace...**“ auf und wählen die Potenziale, die Sie sehen wollen.

Wir entscheiden uns vorerst für den ersten Fall, da dieser wesentlich einfacher ist.

Sie wechseln in den aktuellen Stromlaufplan. Setzen Sie jetzt die Voltage Marker an die in der Schaltung angegebenen Stellen. Eine erneute Simulation ist nicht zwingend erforderlich, da die Daten bereits vorliegen.

(siehe auch \*\_marker.opj)

**Tipp:**

**V - Marker** auf eine Netz-Verbindung, **I - Marker** auf das Pin eines Bauteils, **W - Marker** auf das Bauteil setzen

# Simulation Gleichrichter (1)

Was sehen wir?

**Rot:** die simulierte Trafospannung (hier nur positive Halbwelle).

**Grün:** beide Halbwellen (negative hochgeklappt).

**Blau:** Gleichspannung nach doppelter Siebung und Drossel Entkopplung.

Auswertung:

Die Gleichspannung steigt bis auf einen Wert von ca. 13,5V stetig an („Einschwingverhalten“) und ist recht wellig.

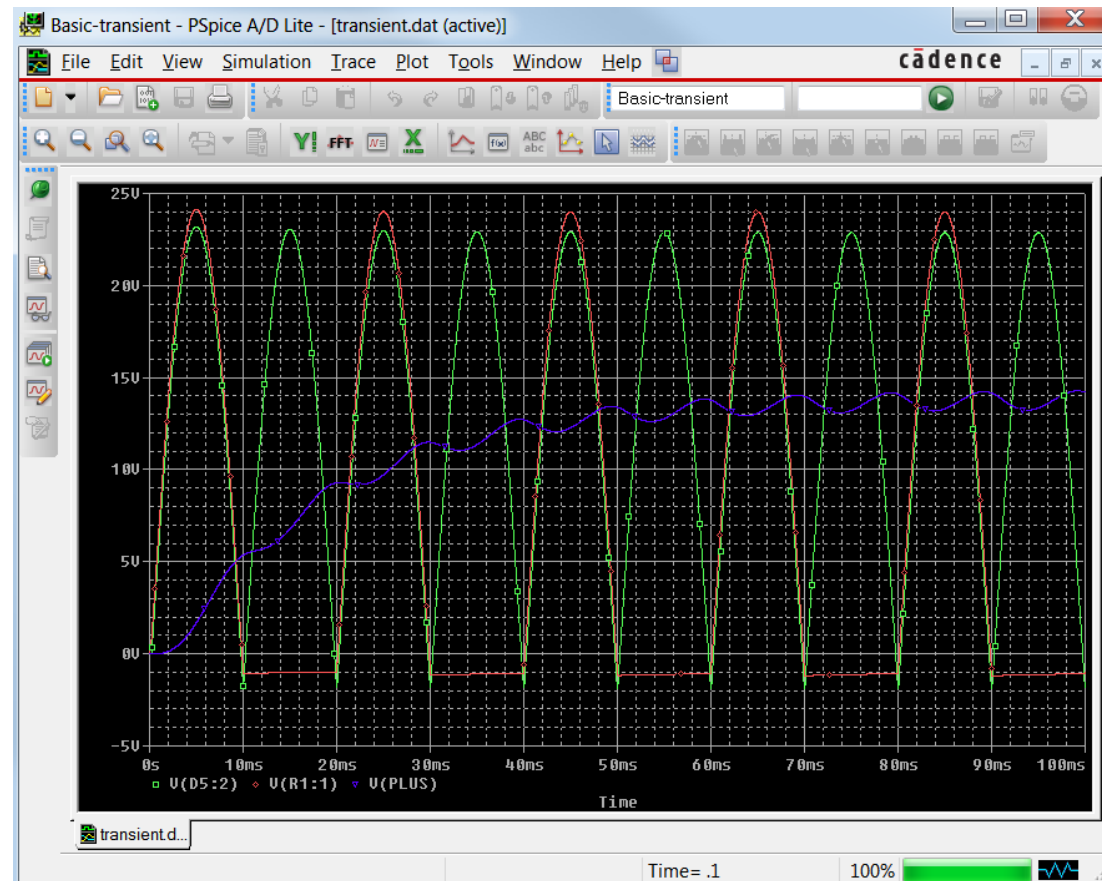
Der Kondensator C1 (47u) hat vermutlich keine ausreichende Wirkung.

Hauptursache sind der zu große Laststrom am Ausgang (ca. 1.35A) und die gewählten Kondensatoren..

Auf den nächsten 2 Seiten erfolgt eine Betrachtung des U-I-Verhaltens am Gleichrichter und C1.

## Tipp:

Die Farbzuoordnung erfolgt nach einer vorgegebenen Reihenfolge in der pspice.ini Datei, und der entsprechenden Eingabefolge.

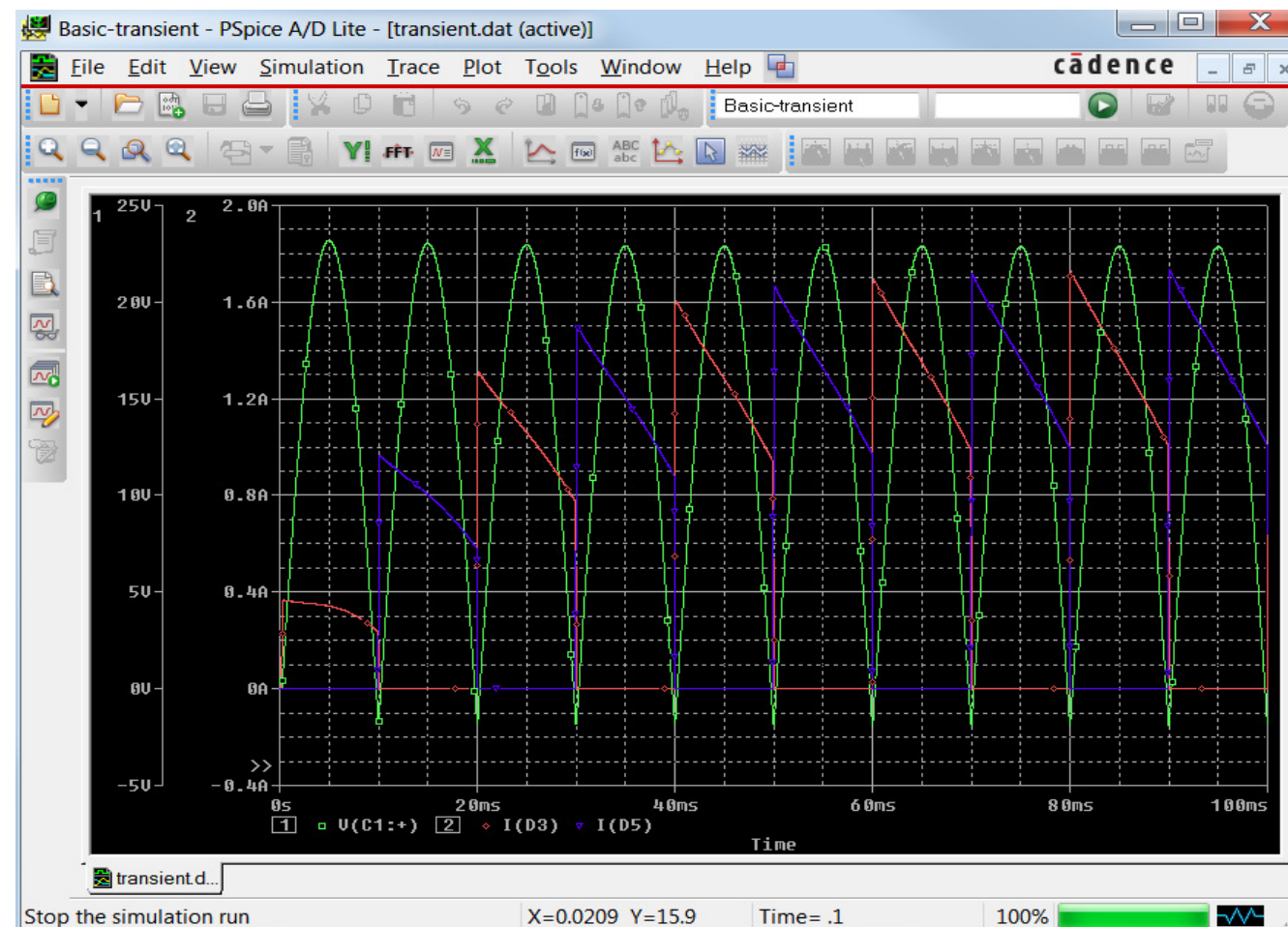


# U-I Verhalten an Gleichrichterbrücke

Die von der Spannungsquelle V1 gelieferte Wechselspannung wird wechselweise (je eine Halbwelle) über die Dioden D3, D5 an den Kondensator C1 durchgeschaltet. Dabei entstehen die im Bild dargestellten Stromverläufe an den Dioden. Der Spannungsverlauf an C1 ist das Resultat der sich an diesem Punkt addierenden Ströme von D3 und D5.

## Tipp:

- Start der Simulation
- Löschen evtl. vorhandener Kurven
- Add Trace V(C1:+) )
- Plot > Add Y Axis
- Add Trace I(D3)
- Add Trace I(D5)



# U-I Verhalten an C1

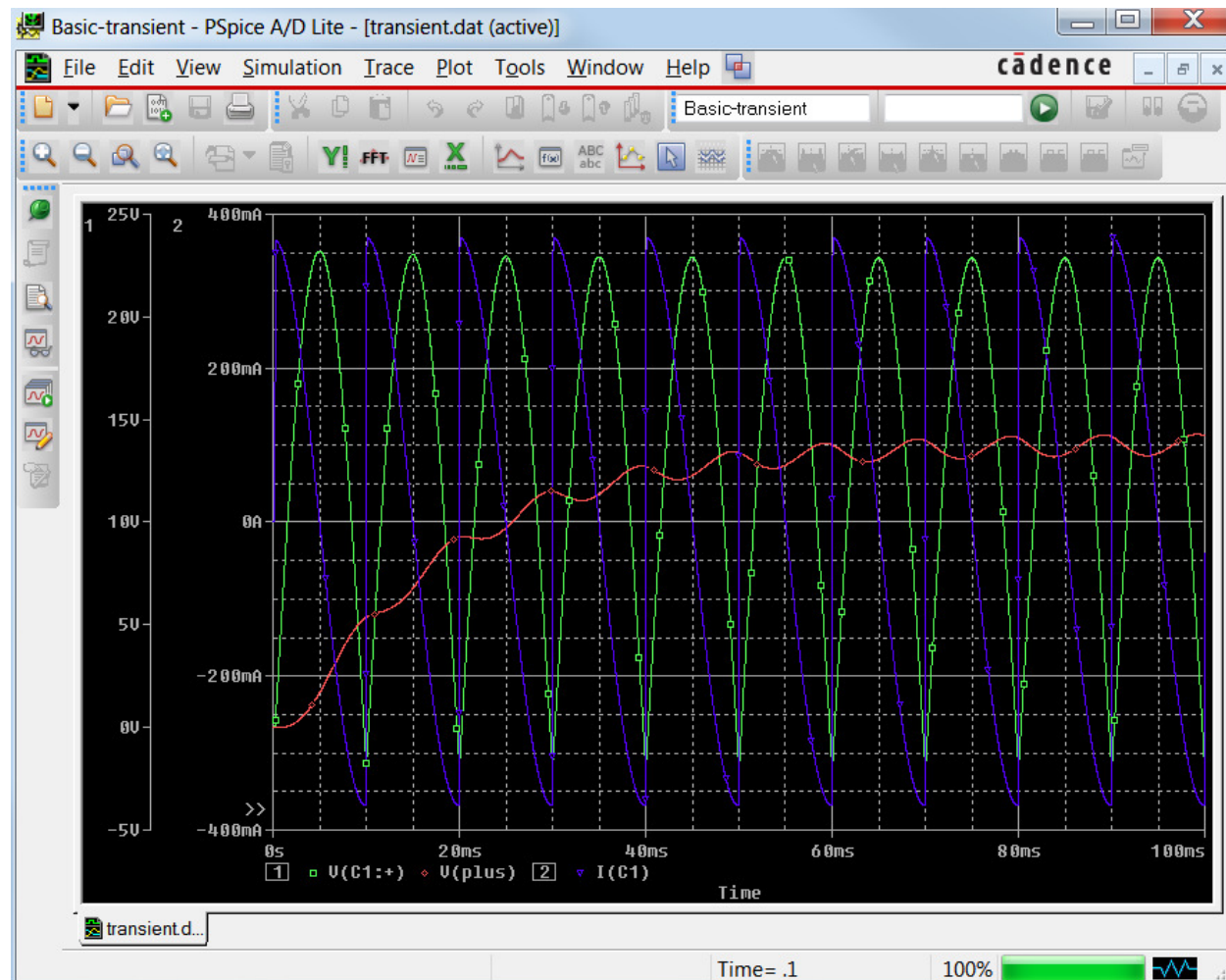
In diesem Plot wird das Strom- Spannungsverhalten am Kondensator C1 deutlich. Auf Grund der in dieser Simulation noch sehr hohen Last am Ausgang (10Ohm oder ca. 1.35A) ist auch die Welligkeit am Ausgangssignal recht deutlich ablesbar.

Werden die Strom- und Spannungsverlauf miteinander verglichen, ist auch hier deutlich der zeitliche Unterschied von 90Grd zu erkennen.

Der Strom eilt der Spannung um 90Grd voraus. Oder anders ausgedrückt, am Kondensator kann der Strom springen, nicht aber die Spannung.

## Tipp:

- Löschen aller Kurven
- Add Trace V(C1+)
- Add Trace V(plus)
- Add Y Axis
- Add Trace I(C1)



# Simulation Gleichrichter (2)

Um die Ausgangslast zu verringern simulieren wir jetzt mit:

$R_2=150\Omega$ , und gleichzeitig veränderten Werten für  $C_1=100\mu\text{F}$  und  $C_2=470\mu\text{F}$ .

Das Ergebnis überrascht nicht!

Jetzt wirkt auch der erste Kondensator ( $C_1$ ), d.h. er wird nicht mehr vollständig entladen. Auch die Ausgangsspannung wird jetzt durch die zweite Siebung (Drossel,  $C_2$ ) deutlich mehr geglättet, und der Pegel der Ausgangsspannung steigt deutlich, da der Spannungsabfall an der Drossel durch den geringeren Laststrom nicht mehr so groß ist.

Eine weitergehende schaltungstechnische Auswertung würde den Rahmen dieser PSpice Einführung sprengen.

## Schlussfolgerung:

Es ist ein Einschwingverhalten von ca. 75ms zu berücksichtigen.

Sie können mittels Variieren der Werte die optimale Einstellung Ihrer Schaltung ermitteln.

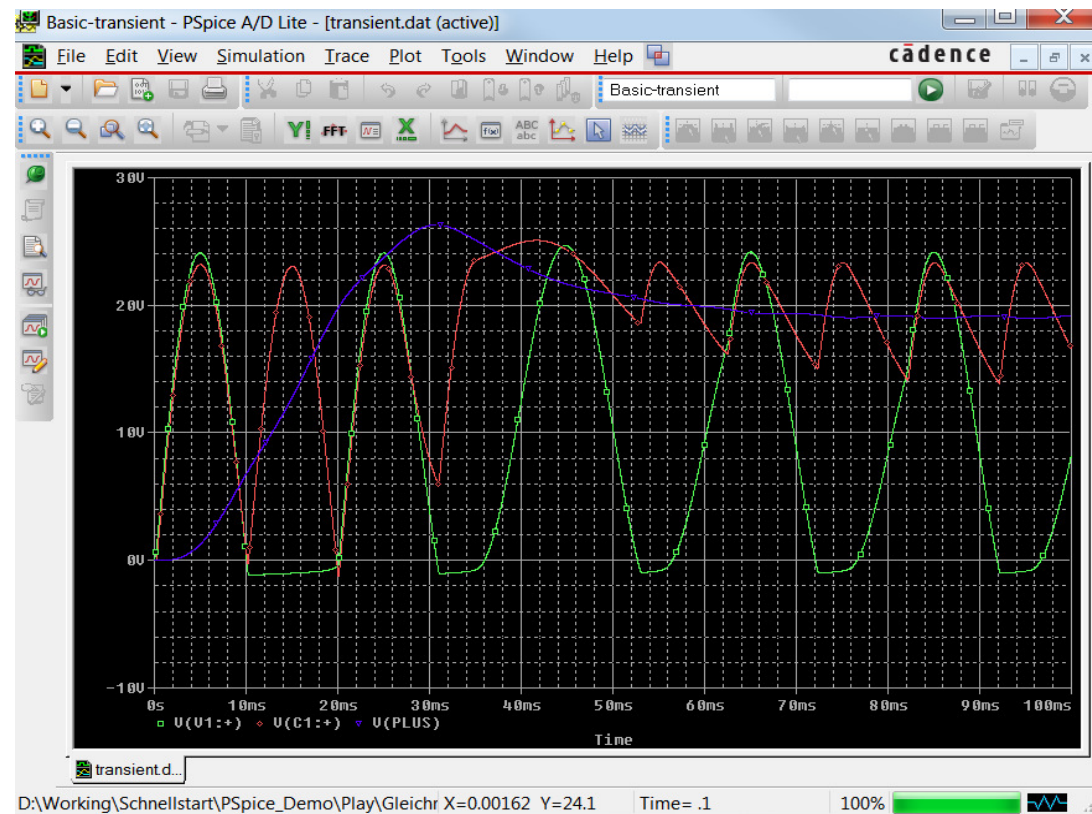
## Aber!

Es ist doch etwas aufwändig jedes mal die Werte zu ändern und die Simulation neu zu starten.

Lösung:

**Parametric-Sweep**

Siehe Nächste Seite





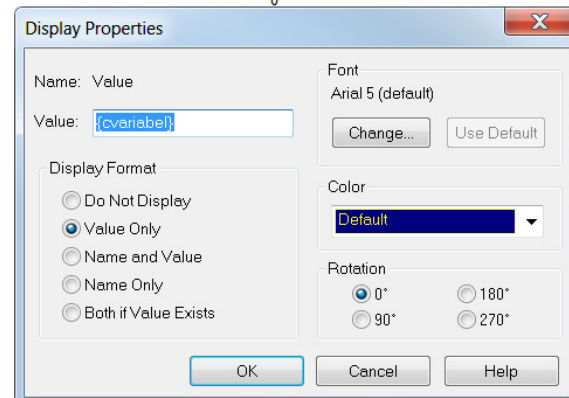
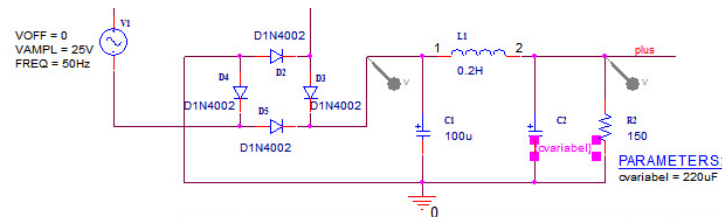
# Parametric Sweep (Setup 1)

Der **Parametric Sweep** erlaubt Ihnen mit einem **einzigem** Aufruf, die Simulationen einer Schaltung mit **verschiedenen** Werten eines Bauteils vorzunehmen, und die Ergebnisse in **einer** Ansicht darzustellen.

*Was ist zu tun?*

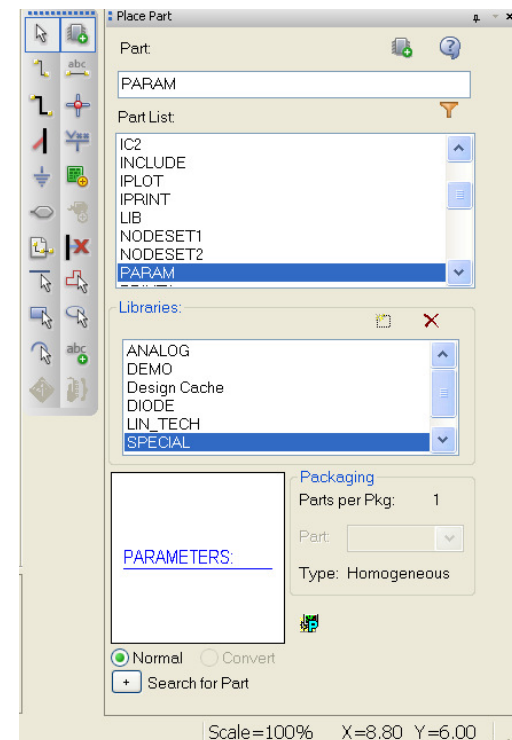
## 1. Definition einer Variablen

Doppelklicken Sie hierzu auf den Wert des gewünschten Bausteins und bestätigen Sie mit „OK“. Achten Sie unbedingt auf die geschweiften Klammern „{ }“



## 2. Fixieren des ursprünglichen Nominalwertes

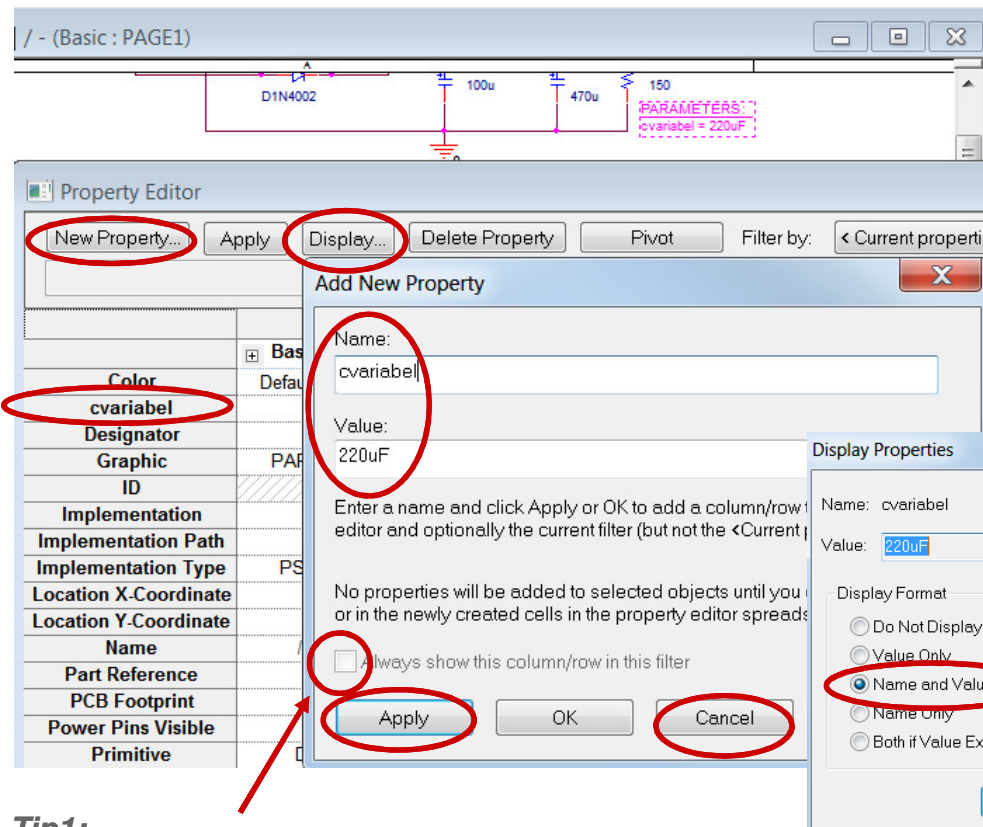
Platzieren Sie aus der Bibliothek **special.olb** das Part „Param“ irgendwo auf der Schematic, es dient nur als Platzhalter für den Nominalwert (hier 220u).



# Parametric Sweep (Setup 2)

## 3. Darstellen der Variablen in der Schematic

Doppelklick auf „Parameters“ und Ausführen folgender Schritte:



- **New Property** im Property Editor
- „cvariabel“, „220u“ in Add New Row Window
- **Apply** in Add New Row Window
- Verlassen von Add New Property mit **Cancel**
- **cvariable** wird als neue Property hinzugefügt
- **Selektieren** von „cvariabel“ und **Display**
- Display Properties auf „**Name and Value**“
- Nach Bestätigung mit „**OK**“ ist der Eintrag unter

Parameters in der Schematic sichtbar.

### Tip1:

Dieses Feld sollte nicht selektiert sein, da „cvariabel“ sonst in jedem weiteren Property Editor Fenster erscheint.

Ein Löschen ist dann nur über den **prefprop.txt** file im Ordner Capture möglich.


### Tip2:

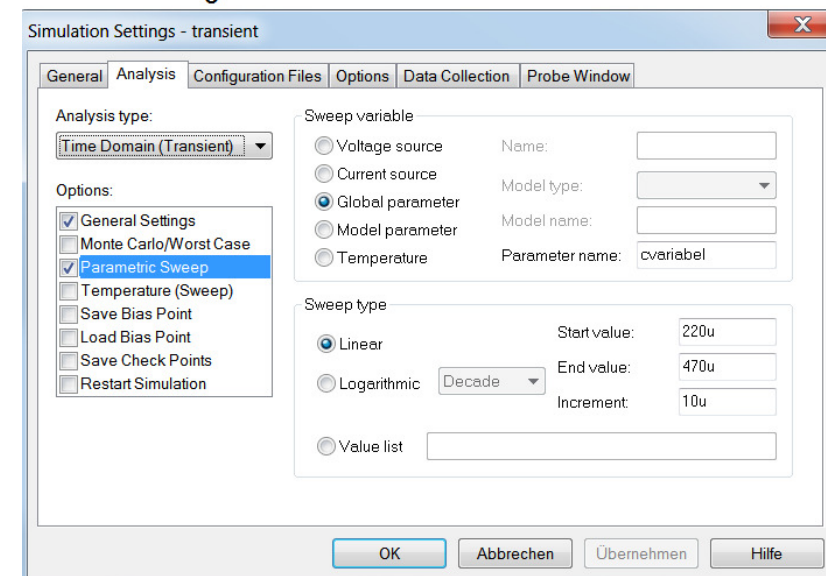
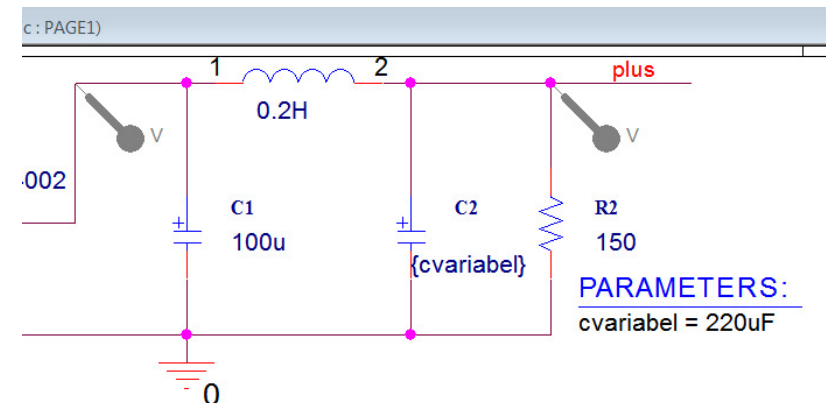
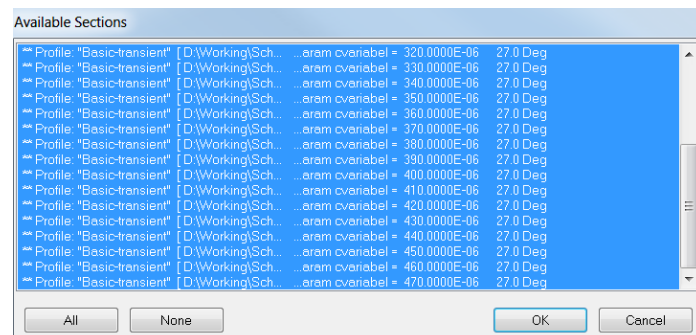
Es können auch **mehrere** Variablen unter Parameters eingetragen werden

# Parametric Sweep (Setup 3)

## 4. Simulations Profile um Parametric Sweep erweitern

Editieren Sie das existierende Simulationsprofil mit **PSpice > Edit Simulation Profile** oder  Ikon wie folgt:

- Analysis Type auf **Time Domain**
- Selektion von **Parametric Sweep**
- Sweep Variable auf **Global parameter**
- Parametername auf „**cvariabel**“
- Sweep Type auf **Linear**
- **Start- Endwert** und **Schrittweite** eintragen
- **Übernehmen** der Einstellungen und „**OK**“
- Start der Simulation mit z.B. **F11** oder  .
- Sie erhalten jetzt ein Auswahlfenster, da für jeden Parameter auch ein eigener Simulationsgraph erzeugt wurde.





# Parametric Sweep (Gleichrichter)

Entsprechend der Auswahl im vorigen Fenster (All) erhalten Sie nachfolgende Darstellung im Probe Window für Ihren Parameter Sweep.


**Fazit:** Eine Änderung des Kondensators C2 verändert bei gleich bleibender Last (ca. 120mA) im wesentlichen nur das Einschwingverhalten.

## Tipp 1:

Mit einem Klick **RMB > Trace Information** auf einen einzelnen Graphen wird der zugehörige Variablenwert angezeigt.

Über **Plot > Transient** erhalten Sie erneut das Auswahlfenster. Bei Auswahl einer einzelnen Simulation werden nur diese Kurven gezeigt.

## Tipp 2:

Über **Trace > Cursor > Display** oder  erhalten Sie das Probe Cursor Fenster.

Unter Verwendung verschiedener Sub-Menüs können Sie hiermit gezielte Abfragen der einzelnen Kurven durchführen.



# OrCAD PSpice

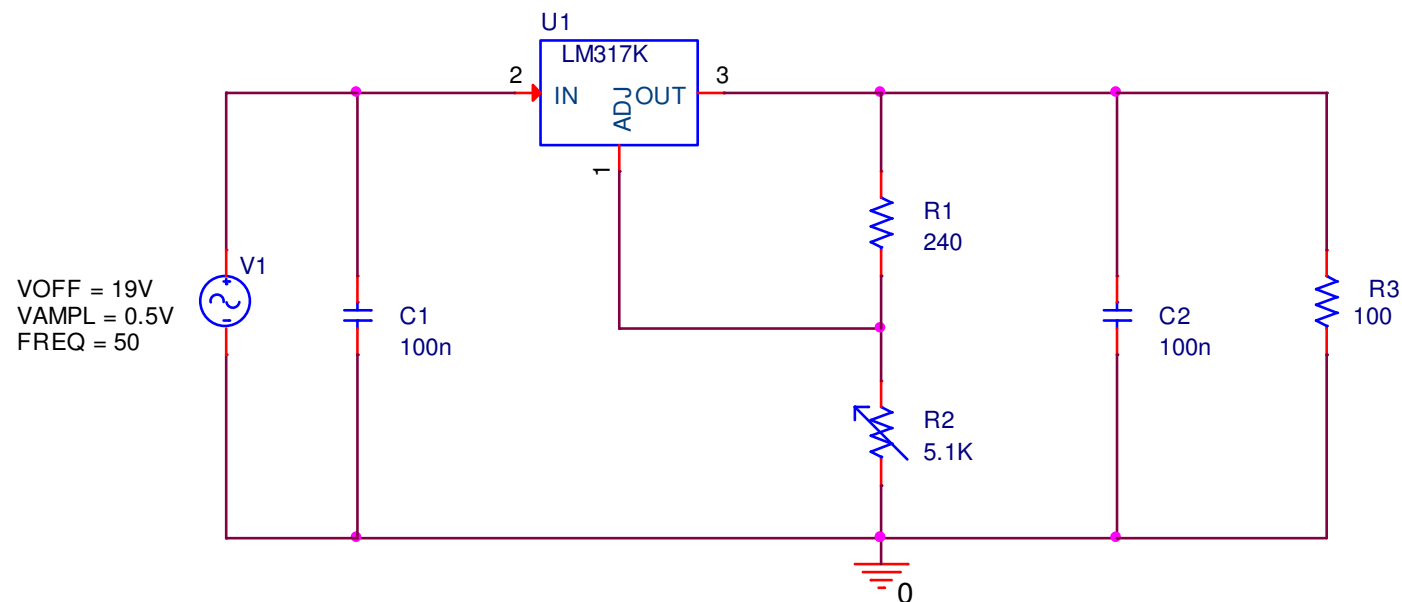
- Einleitung
- Grundsätzliche Handhabung in Capture/PSpice
- Simulationsarten
- Design Beispiel (Netzteil)
  - Gleichrichter
  - **Spannungsregler**
  - Trafo

# Design Spannungsregler

Erstellen Sie ein neues Projekt **U\_Regler** und geben Sie nachfolgende Schaltung ein.

R1, R2, R3, C1 und C2 aus analog.olb, V1 aus source.olb und U1 aus demo.olb

Achten Sie darauf, dass die Werte der Bauteile entsprechend den Angaben in dieser Schaltung gesetzt sind, um den logischen Ablauf der nachfolgenden Schritte der Simulation zu gewährleisten.



# Spannungsregler Anmerkung

Wie Sie dem Schaltplan „**Spannungsregler**“ bereits entnehmen konnten sind auch hier einige kleine Änderungen bezüglich der Schaltungsvorlage Netzteil vorgenommen worden.

1. Zusätzliche Bauteile:

- V1, Stimulus zur Simulation der Eingangsspannung (Ausgang des Gleichrichters)
- R3 ist für eine Simulation mit verschiedener Last erforderlich

2. Vorbereitung der Simulation:

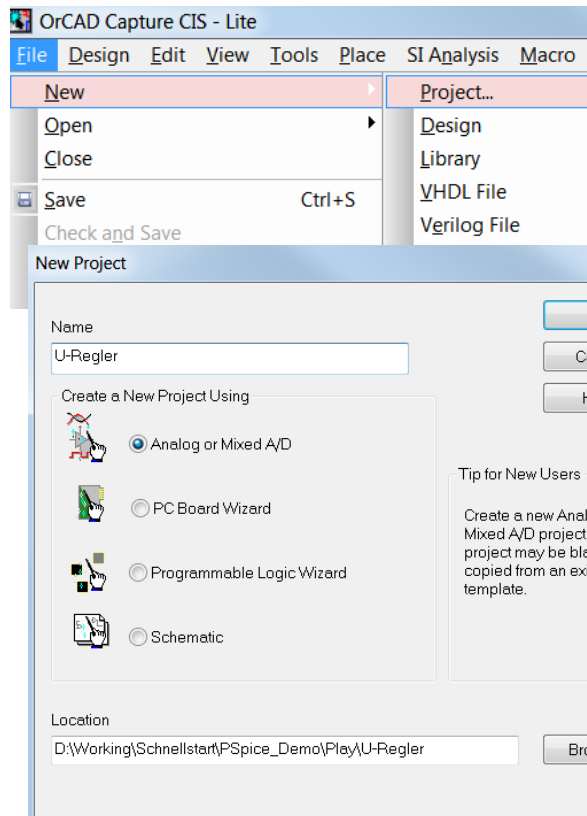
- Festlegen des Analysetyps über Simulation Profile
- Weitere Parameter
- Start der Simulation
- Auswertung

**Tipp:**

Im Ordner „*Solution\U\_Regler*“ finden Sie 3 Varianten des U\_Regler Projekts (\*\_start, \*\_final, \*\_sweep)

# Projekterstellung (U-Regler)

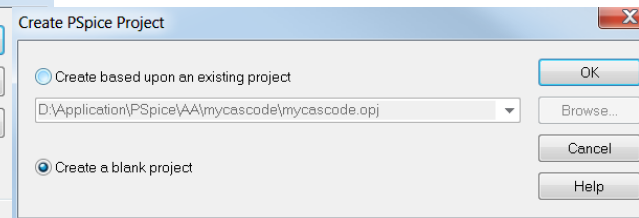
Analog dem Gleichrichterprojekt erstellen Sie in der Play – Direktory ein neues Projekt „Spannungsregler“



Nachdem das Projekt und die erste Seite erstellt wurden, wechseln Sie in den ProjektManager, selektieren „Schematic1“ und ändern den Namen mittels **RMB > Rename** in „Basic“

Achten Sie bitte darauf, dass Sie für die Location eine zusätzliche Subdirektorie angeben. Somit lassen sich dieses Projekt und alle zu diesem Projekt erstellten Daten leichter zippen und wenn erforderlich auf einen anderen Rechner portieren.

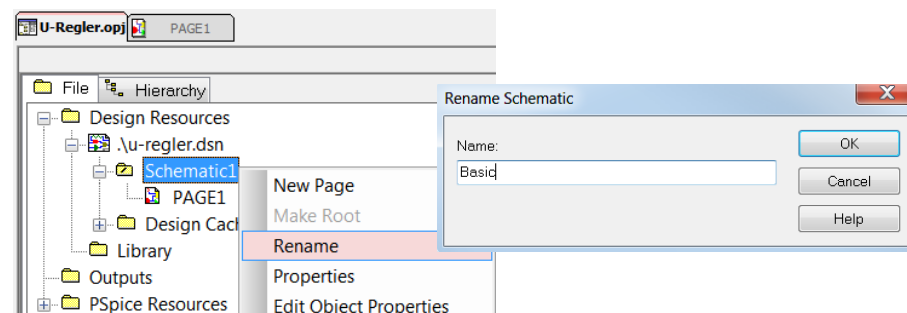
Nutzen Sie jetzt die Option „Create a blank project“.



Die erforderlichen Libraries für die Bauteile können über „Add Library“ aus dem Place Part Menü hinzugefügt werden.

Für diese Schaltung werden folgende Libraries verwendet:

- Analog.olb, Eval.olb, Source.olb



# Eingangsspannung U-Regler

Die für die Simulation erforderlichen Einstellungen der Properties der Spannungsquelle sind in der Schematic sichtbar geschaltet. Um die aus der vorherigen Gleichrichter-Simulation ermittelten Werte als Eingangssignal zu nutzen sind die folgenden drei Werte zu definieren.

**VOFF = 19V**

Gleichspannungsanteil

**VAMPL = 0.5V**

Welligkeit nach der  
Siebung

**FREQ = 50**

Netzfrequenz 50 Hz

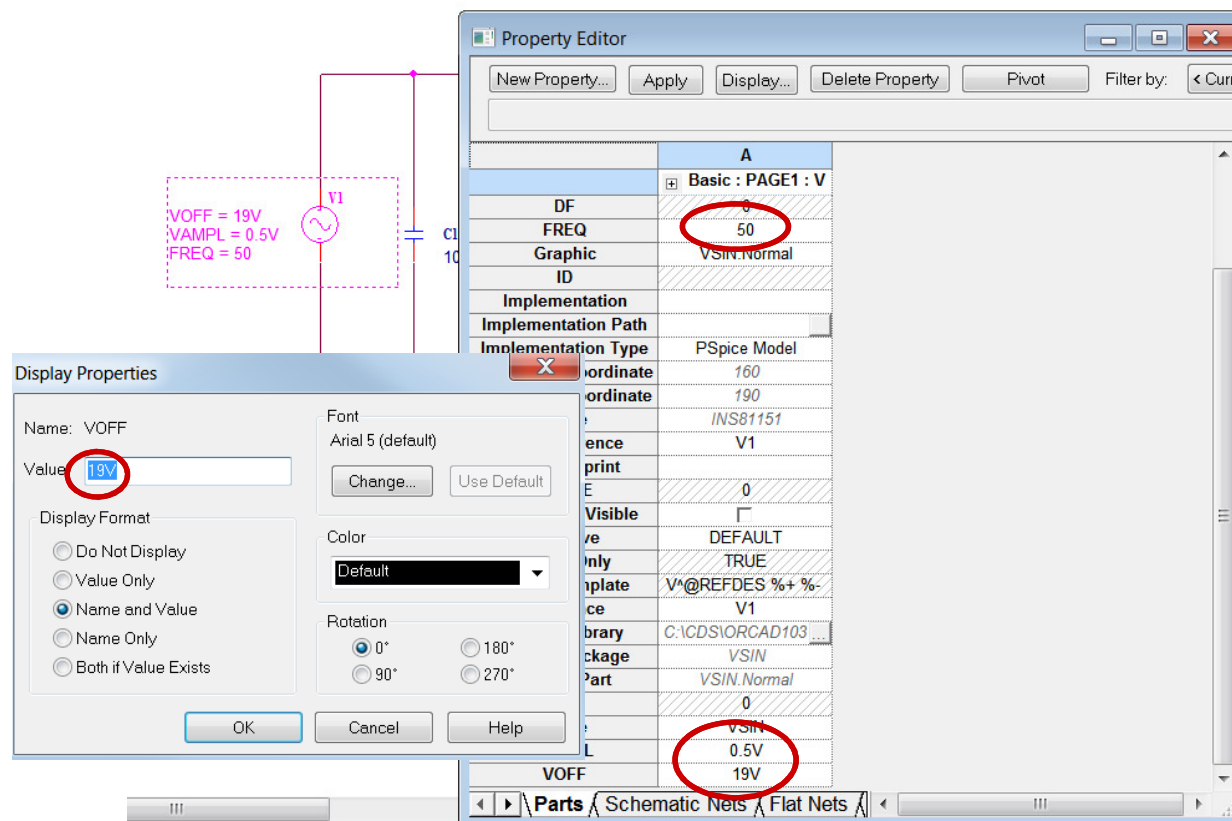
## Tipp:

Durch Doppelklick auf das Symbol der Spannungsquelle wird der Property Editor geöffnet. Den Wert einer Property kann man im Property Editor eingeben.

**Oder** Doppelklick auf das sichtbare Property und einen Wert eintragen.

GE1)

Spannungsregler (1.5V...15V, 120 mA)



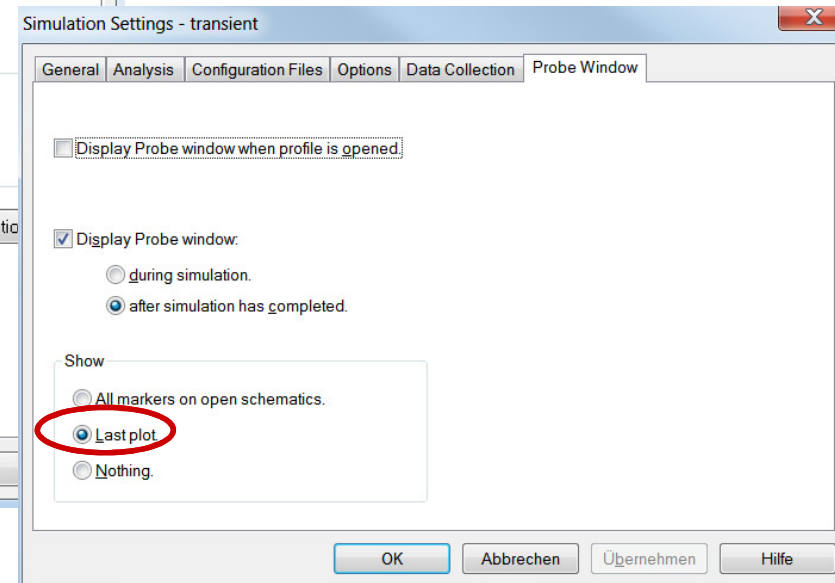
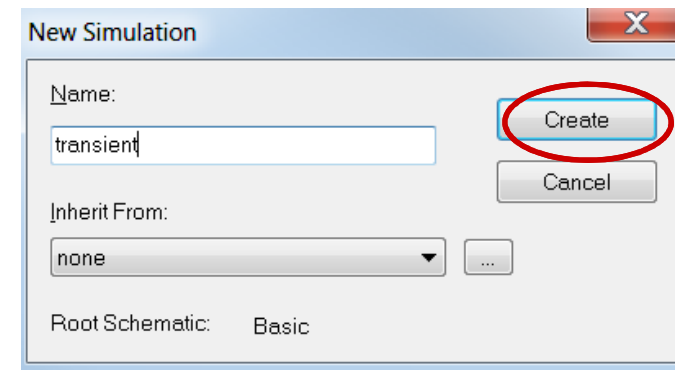
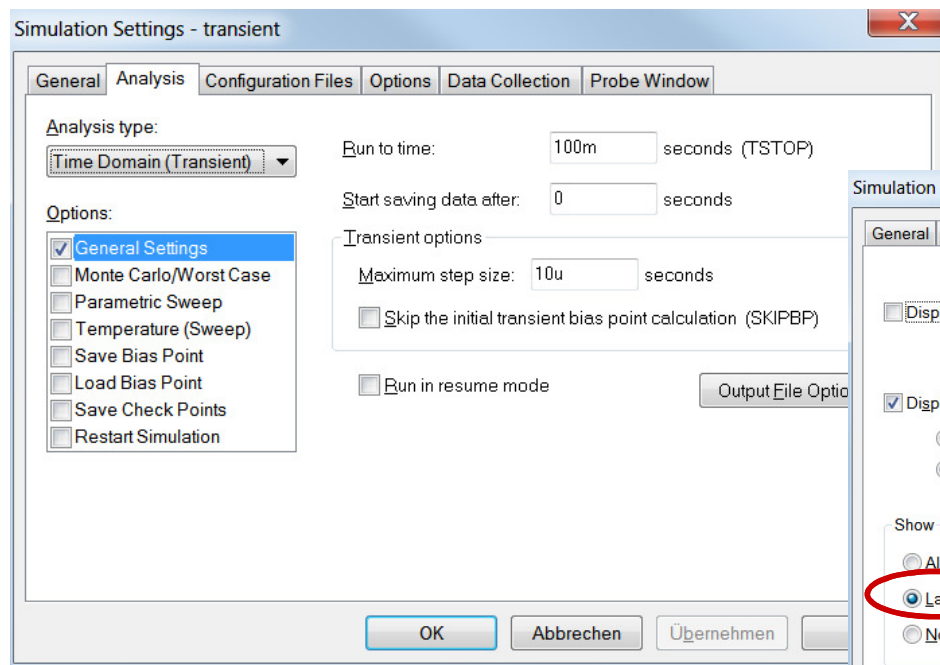
# Simulation Profile U-Regler (1)

Anlegen eines neuen Simulationsprofils zur Festlegung der Simulationsart wie unter Gleichrichter beschrieben

PSpice > New Simulation Profile oder  Ikon.

Wir benutzen auch hier wieder den Analysetyp **Time Domain** mit untenstehenden Einstellungen.

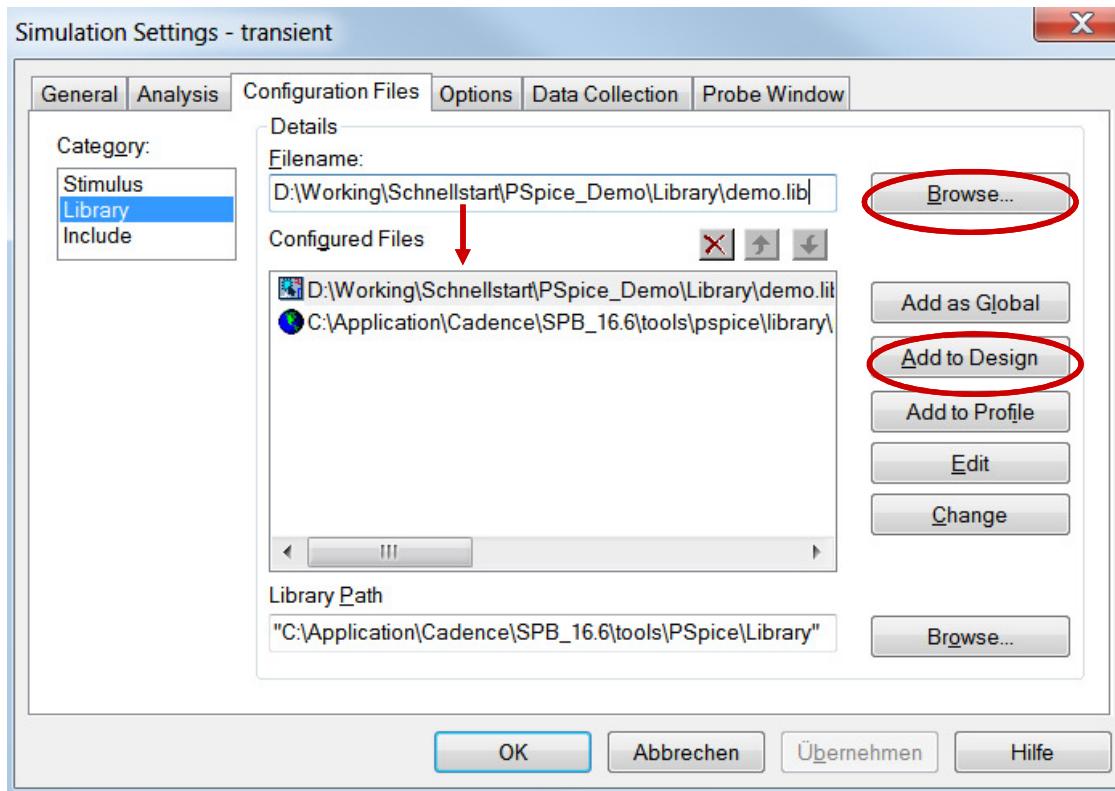
Allerdings verändern wir jetzt die Einstellungen unter **Probe Window**.



# Simulation Profile U-Regler (2)

Um speziell das Design für den Spannungsregler simulieren zu können, ist es erforderlich die Simulation Settings hinsichtlich der Modell-Bibliotheken um den Eintrag „**demo.lib**“ zu erweitern, da der Baustein LM317 nicht in der Demo-Version verfügbar ist.


Aus diesem Grund wird neben der PSpice-Symbol-Bibliothek „**demo.olb**“ auch eine Zusatzbibliothek mit dem Modell für diesen Baustein bereitgestellt.



Über **Browse...** können Sie den erforderlichen Pfad vorgeben und anschließend zuweisen.

## Tipp:

Um einen Baustein in jedem Projekt simulieren zu können nutzen Sie bitte „**Add as Global**“. Aber dies funktioniert nicht in Demo-Version.

Wenn Sie einen Pfad ändern wollen, müssen Sie die Pfadzuweisung erst löschen  und dann neu zuweisen.

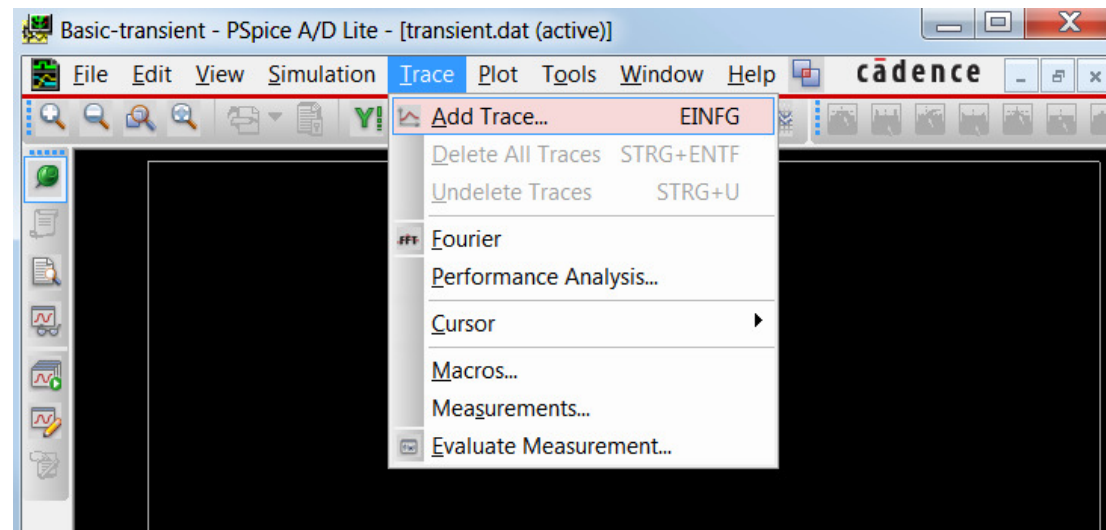


# Simulation U-Regler (1)

Start der Simulation mit **F11** oder 

Auch mit der geänderten Einstellung im Probe Window zeigt die erste Simulation ein leeres Probe Fenster.

*Warum?*



Sie haben in Simulation Settings unter **Probe Window** „Last plot“ markiert. Da dies die erste Simulation war, konnten wir natürlich nichts sehen.

*Was tun?*

Wir müssen dem Programm mitteilen, was wir sehen wollen. Da wir diesmal ohne Marker arbeiten wollen, muss dies also anders geschehen. Wir benutzen jetzt die schon vorhin genannte zweite Möglichkeit,

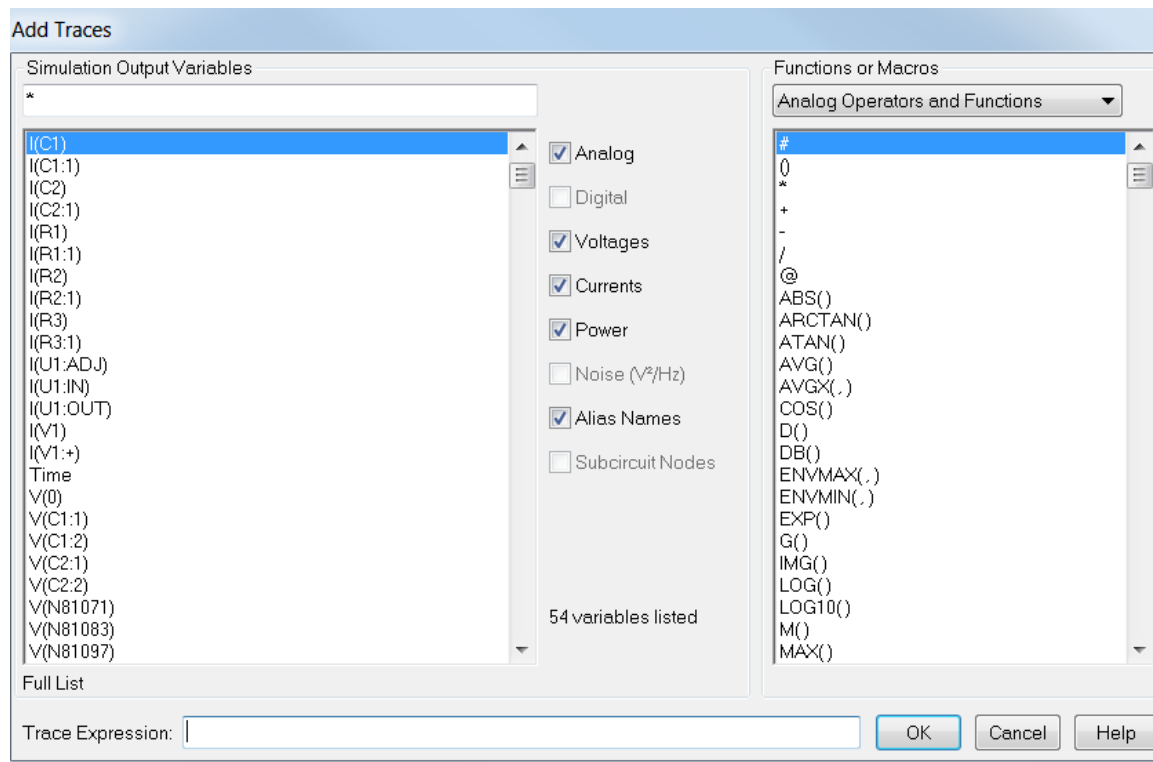
**Trace > Add Trace...**

# Simulation U-Regler (2)

Mit **Add Traces** haben Sie umfangreiche Möglichkeiten die Darstellung Ihrer Simulationsergebnisse zu beeinflussen.

Hier können Sie wählen, ob der Stromverlauf, der Spannungsverlauf oder der Leistungswert grafisch dargestellt werden soll.

In Verbindung mit der rechten Hälfte dieses Menüs sind Sie darüber hinaus in der Lage, einzelne Signale vor der grafischen Ausgabe mathematisch oder logisch zu verknüpfen.



## Tipp:

Wählen Sie eine Ausgabevariable. Diese wird in die untere Zeile übernommen. Anschließend nutzen Sie, wenn gewünscht die entsprechenden Operatoren

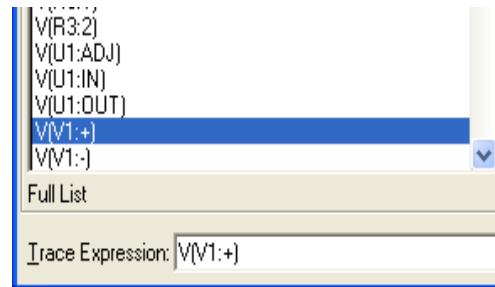
## oder

Wählen Sie erst die Funktion (rechts) und dann das betreffende Signal, das mit dieser Funktion verknüpft werden soll. Die nachfolgende Variable wird automatisch als Argument zwischen die vordefinierten Klammern gesetzt.

In der unteren Zeile können Sie die Eingaben jederzeit editieren bevor mit „**OK**“ bestätigen.

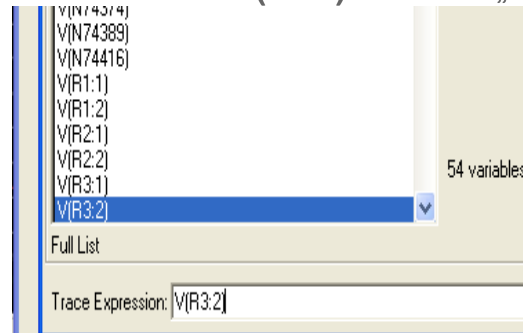
# Simulation U-Regler (3)

Wählen Sie **V(V1:\*)** und dann „OK“



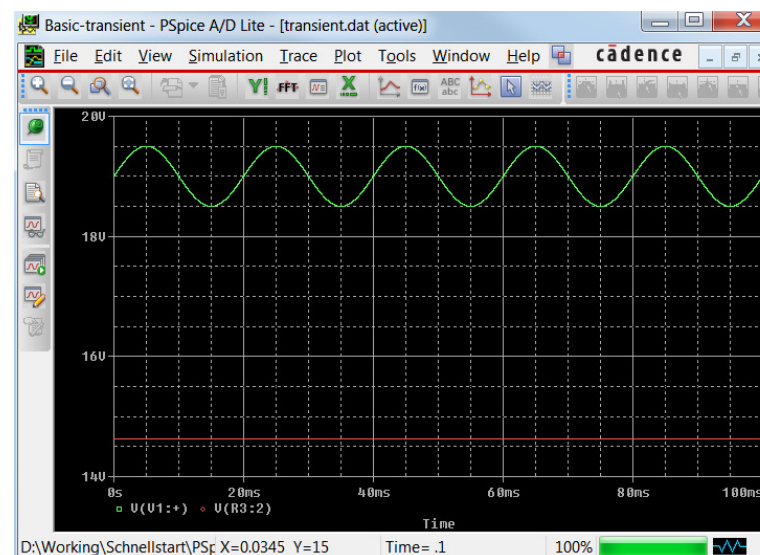
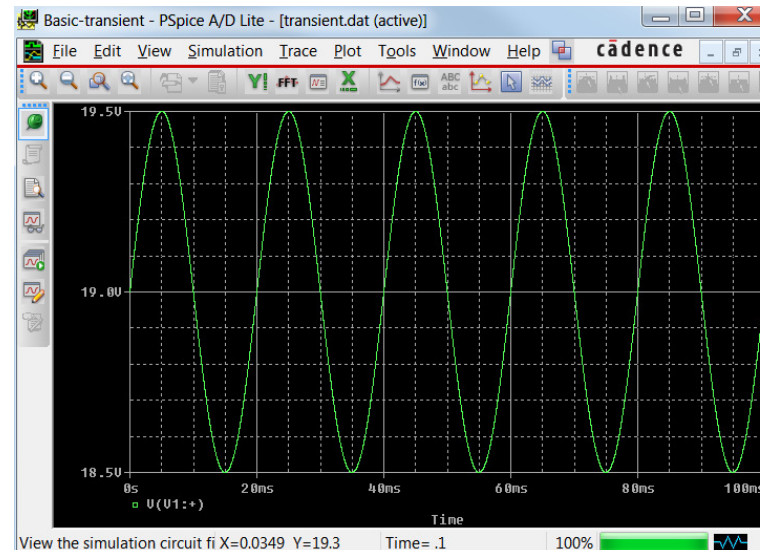
Der Plot erfolgt automatisch flächenfüllend.

Wählen Sie nun **V(R3:2)** und dann „OK“



Beide Kurven werden automatisch unter Verwendung der gleichen Y-Achse dargestellt.

Eingang und Ausgangsspannung in einem Plot.



# U-Regler (Auswertung 1)

Wollen wir z.B. die Welligkeit des Ausgangssignals untersuchen bzw. darstellen, hilft die gemeinsame Darstellung beider Signale auf einem Plot nicht weiter, da die gemeinsame Skalierung dem widerspricht. Alternativ kann man die Ausgangsspannung in anderer Y-Achse darstellen.

**Lösung:** *zweite Y-Achse mit separater Auflösung*

## Vorgehen:

1. Löschen Sie den Graphen **V(R3:2)** in Ihrem aktuellen Plot Window, indem Sie in der Legende die Variable **V(R3:2)** selektieren (LMB) und die „Entf“ –Taste drücken.
2. Sie sehen wieder die Darstellung nur eines Graphen **V(V1:+)**
3. Wählen Sie **Plot > Add Y Axis** oder **Ctrl +Y**
4. Eine weitere Y-Achse „2“ wird dargestellt
5. Wählen Sie **Trace > Add Trace** und Auswahl von **V(R3:2)**
6. Der neue Graph wird mit einer separaten Y-Auflösung dargestellt. Siehe nächste Seite

## Tipp:

Über **Plot > Axis Settings...** können Sie jede Achse des Plot Windows individuell anpassen.

# U-Regler (Auswertung 2)

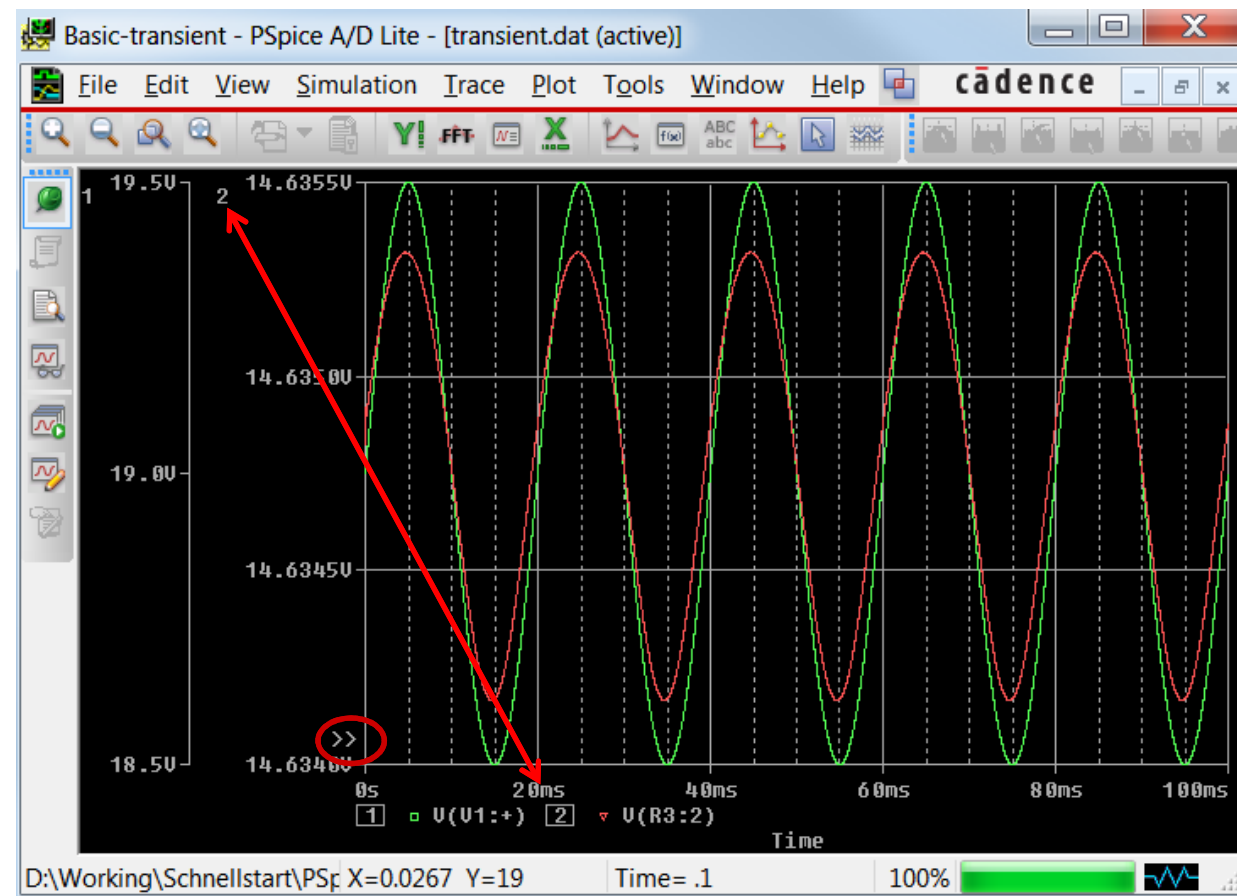
Das Probe Window stellt beide Signalverläufe unter Verwendung zweier verschiedener Y-Achsen dar.

Wie Sie dem Probe Window entnehmen können hat die Ausgangsspannung eine Welligkeit von ca. 1mV.

V(V1:+) und V(R3:2) wird jeweils zu Y-Achse 1 und 2 zugeordnet.

Der Doppelpfeil zeigt die momentan aktivierte Y-Achse, im Beispiel Y-Achse 2.

Das bedeutet, wenn Sie jetzt eine Kurve hinzufügen, wird Y-Achse 2 verwendet.



# U-Regler (Auswertung 3)

## Gleichstromverhalten:

Nach erfolgter Simulation können Sie mit **PSpice > Bias Points > Enable Bias XXX Display** die Werte für das Gleichstromverhalten (sofern vorhanden) abrufen.

Für unser Beispiel mit 100 Ohm Last wird z.B. ein Strom von 146.3mA angezeigt.

Gleichzeitig ist die Anzeige von Spannung und Leistung möglich.

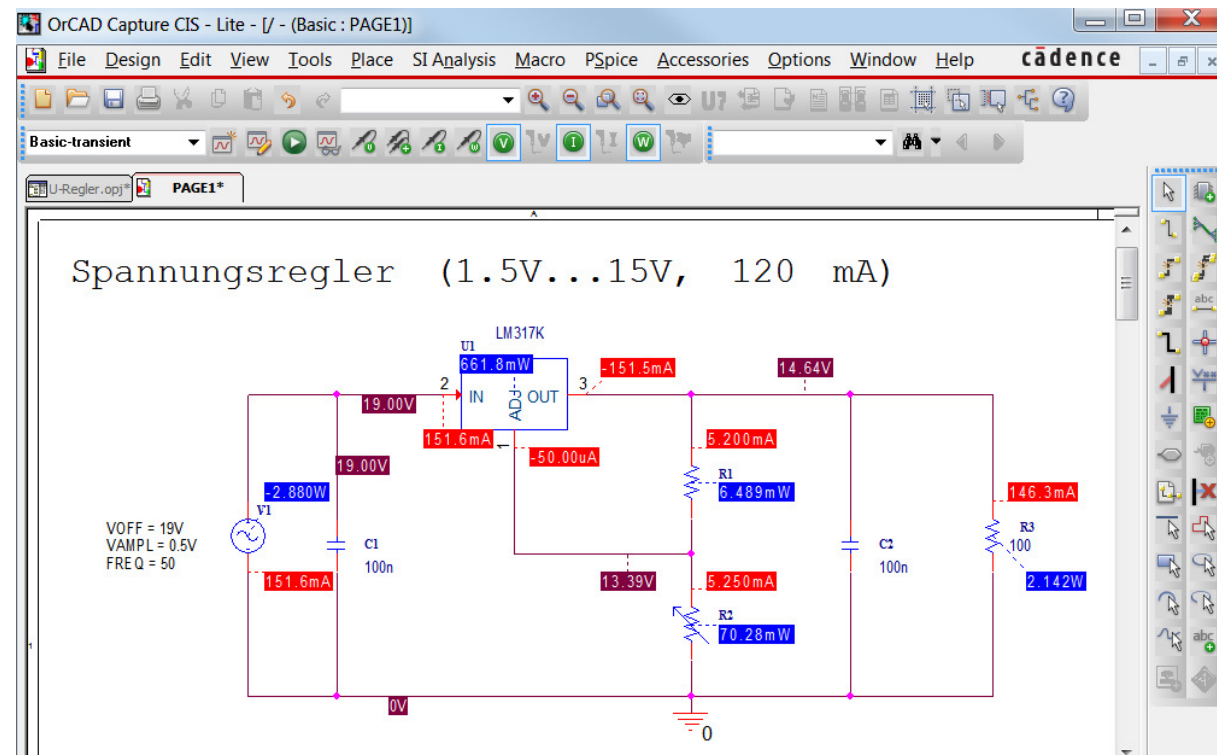
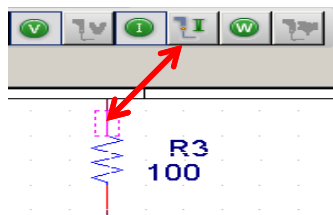
### Tipp:

Die Displays selbst können Sie verschieben, löschen und auch wiederherstellen.

Das Wiederherstellen erfolgt durch Selektieren der betreffenden Elemente:

**U = Netz; I = Pin; W = Part**

und Klick auf das zugehörige Toggle Icon



# Übung (Parameter-Sweep)

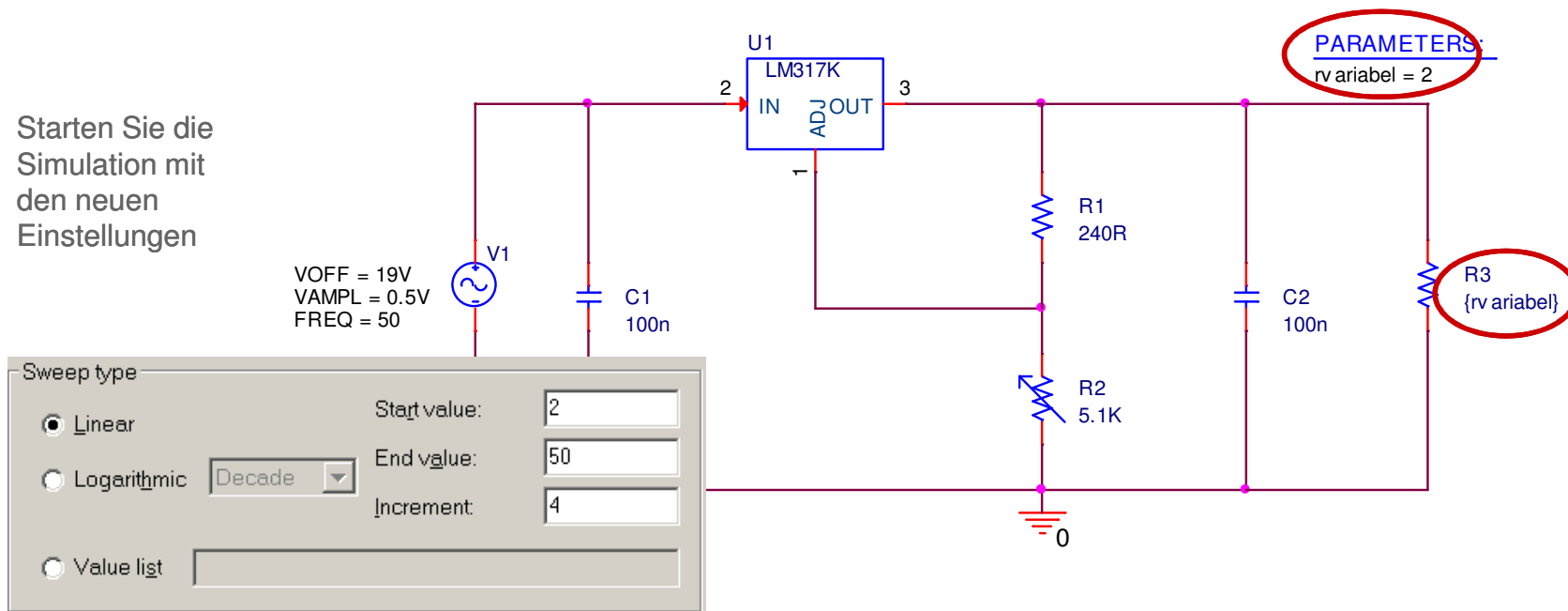
Senken Sie die **Eingangsspannung** oder **erhöhen** Sie die gewählte **Ausgangsspannung** (R2 vergrößern), die Welligkeit der Ausgangsspannung steigt, bis hin zum vollständigen Versagen der Spannungsreglung.

Gleiches gilt für die Last, wobei hier die Begrenzung im U-Regler selbst zu suchen ist, natürlich abhängig vom Modell.

Stellvertretend wollen wir hier einen **Parameter-Sweep** über den Lastwiderstand durchführen.

Hierzu werden Schematic und Simulation Profile wie folgt verändert:

Spannungsregler (1.5V...15V, 120 mA)



# Auswertung Parameter-Sweep (1)

Als erstes wollen wir den Spannungsverlauf am Ausgang betrachten. Stellen Sie hierzu den Kurvenverlauf von  $V(R3:2)$  wie folgt dar.

Zusätzlich wollen wir den Stromfluss durch den Widerstand R3 darstellen, allerdings auf eine zweite Achse normiert.

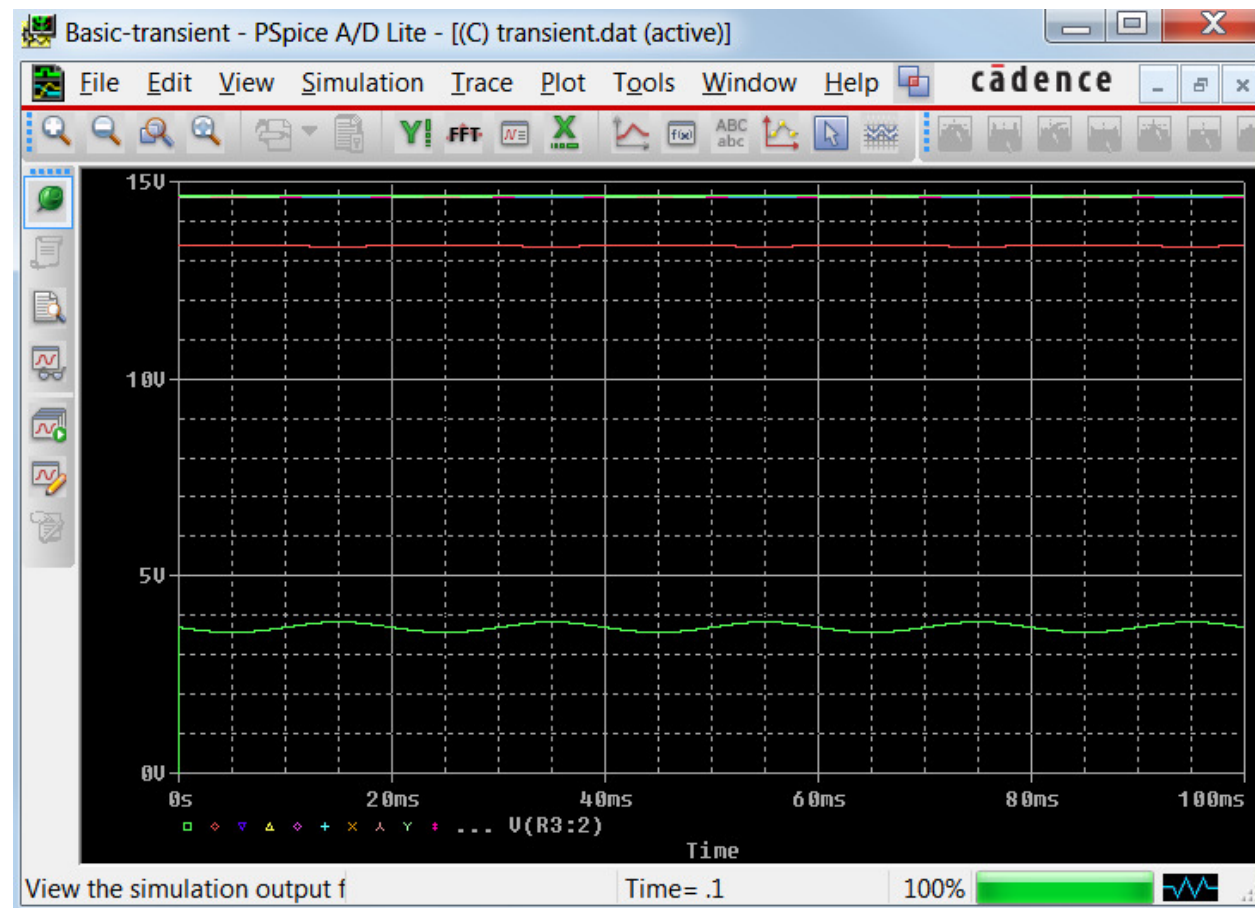
Hierzu erweitern wir den Plot mit:

**Plot > Add Y Axis**

**Trace > Add Trace...**

Auswahl  $I(R3)$  und „OK“

Sie erhalten die umseitige Darstellung.





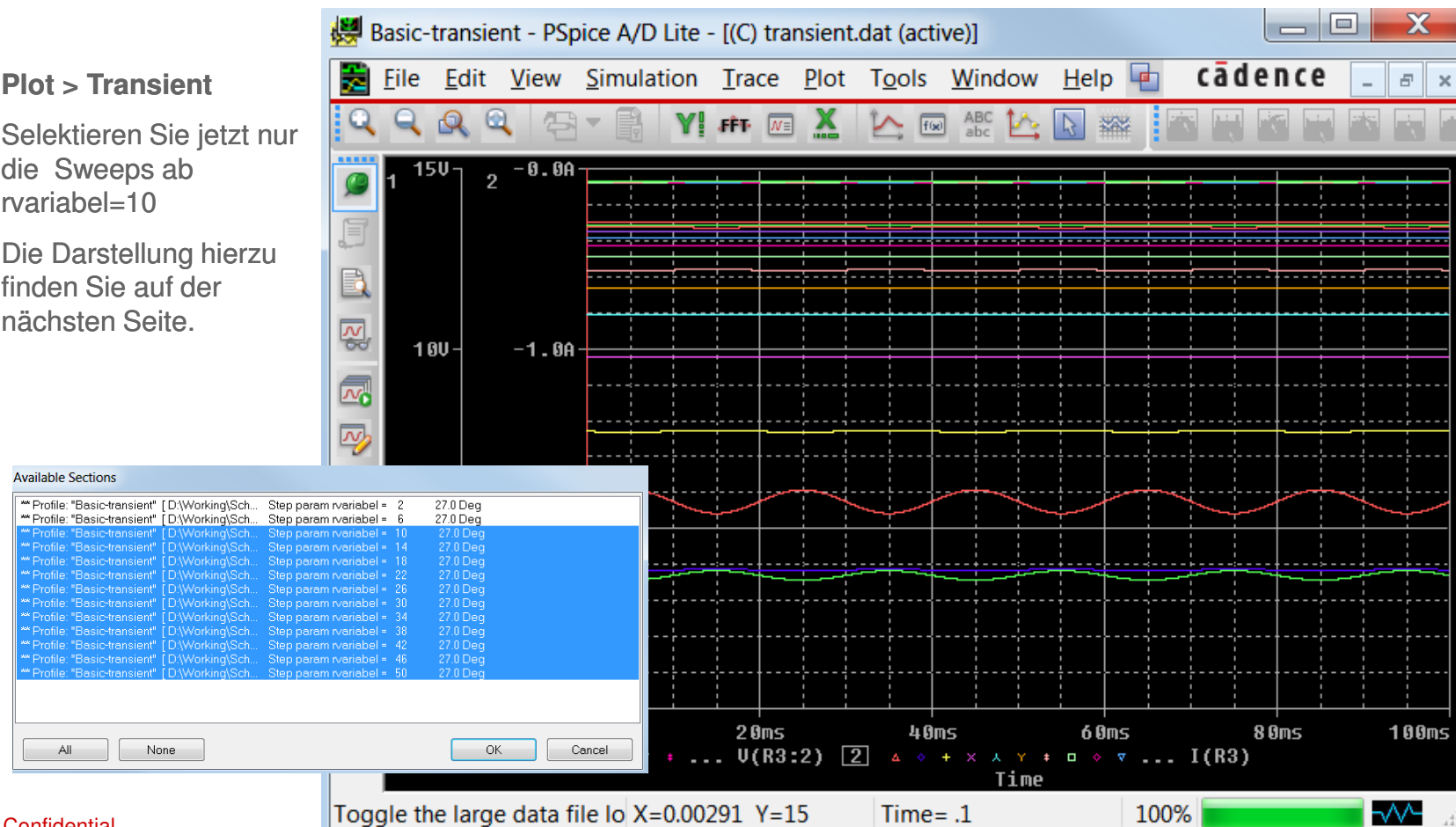
# Auswertung Parameter-Sweep (2)

Da der Spannungs- bzw. Strombereich der dargestellt wird zu groß ist, ist eine echte Auswertung nur schwer möglich. Allerdings sehen Sie sowohl hier als auch in der Darstellung der vorigen Seite, dass bei zu hohem Laststrom die Ausgangsspannung zusammenbricht. Zur besseren Kontrolle bzw. Darstellung wählen Sie aus dem Pull-Down Menü:

## Plot > Transient

Selektieren Sie jetzt nur die Sweeps ab rvariabel=10

Die Darstellung hierzu finden Sie auf der nächsten Seite.



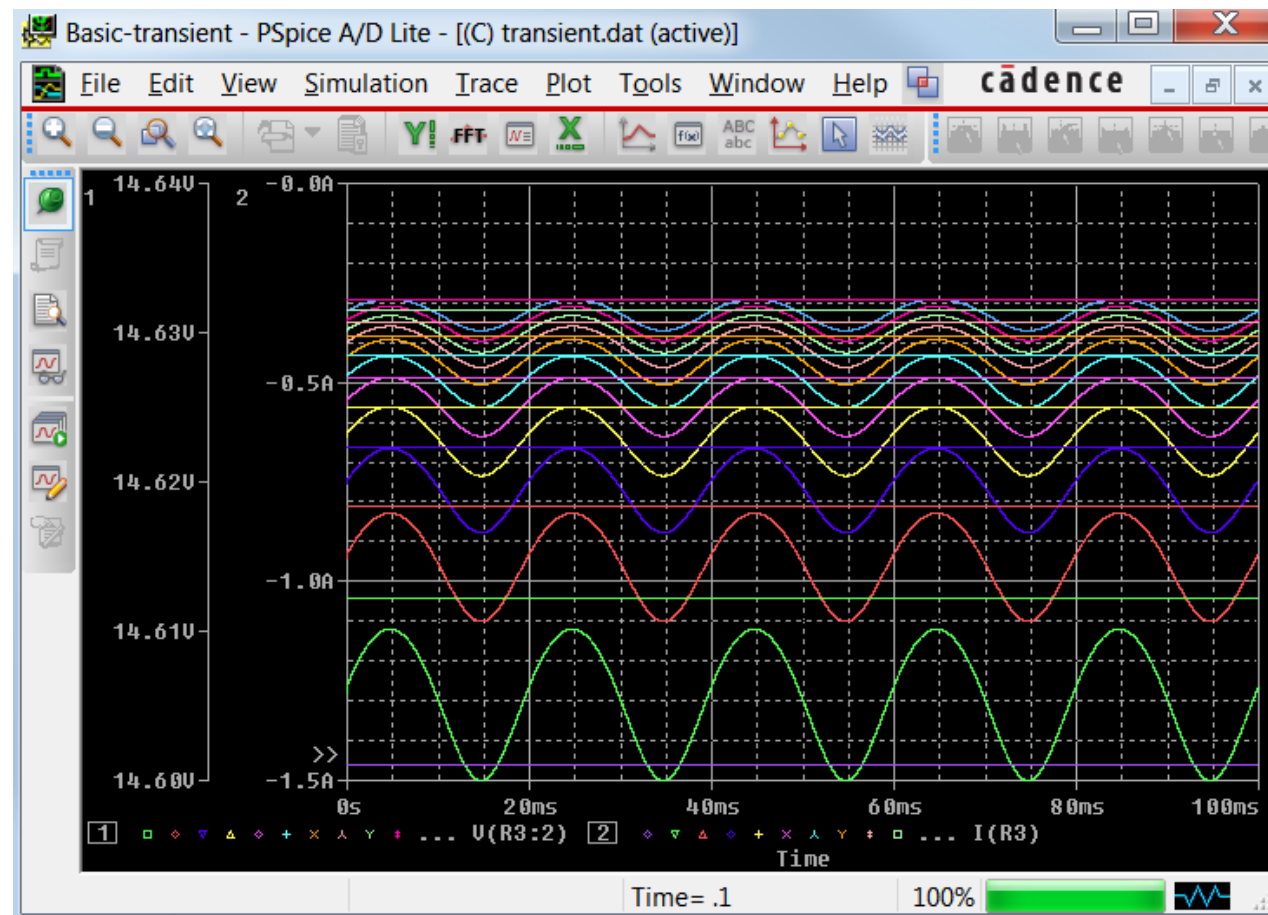
# Auswertung Parameter-Sweep (3)

Diese Darstellung lässt eine wesentlich bessere Auswertung und Beurteilung der Simulationsergebnisse zu..Man sieht deutlich, dass mit abnehmender Last sowohl die Ausgangsspannung geringfügig steigt, als auch gleichzeitig die vorhandene Restwelligkeit stark abnimmt.

Bei der größten hier dargestellten Last von ca. **1.46A** ist eine Restwelligkeit von ca. **10 mV** vorhanden, was durch verbesserte Siebung im Eingangsteil, (Gleichrichter) noch weiter verbessert werden könnte.

## Tipp:

Mit **RMB > Information** auf einen Graphen können Sie abfragen welche Kurve zu welchem Variablenwert gehört.



# OrCAD PSpice

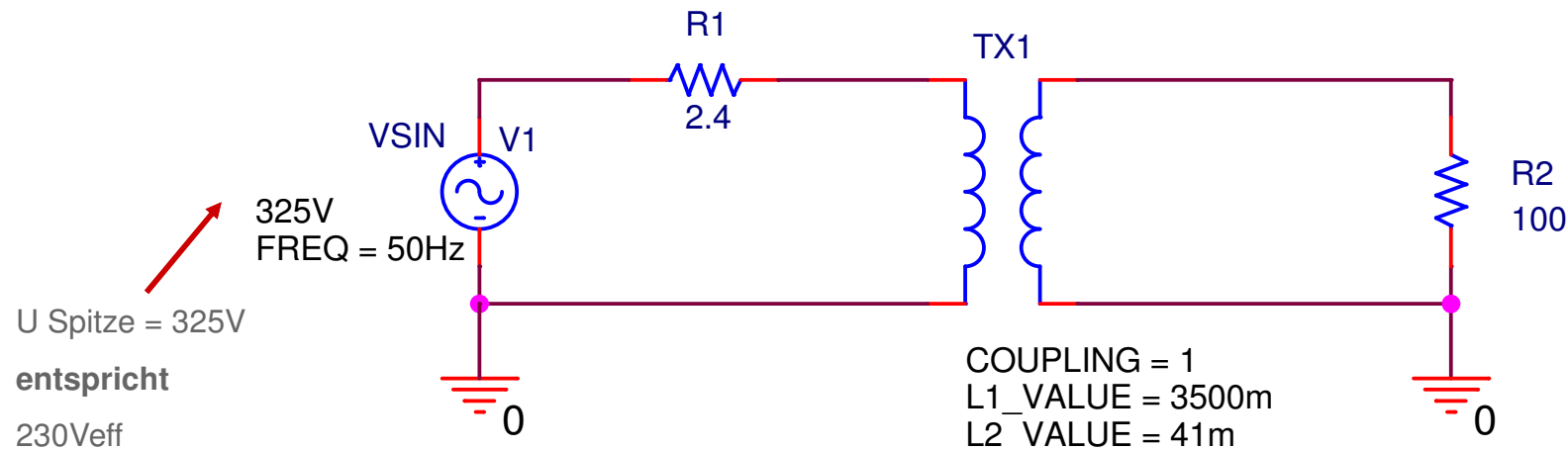
- Einleitung
- Grundsätzliche Handhabung in Capture/PSpice
- Simulationsarten
- Design Beispiel (Netzteil)
  - Gleichrichter
  - Spannungsregler
  - **Trafo**

# Design Trafo

Bitte geben Sie unter dem neuen Projektnamen „**Trafo**“ nachfolgende Schaltung ein. Der Ablauf entspricht dem der beiden vorherigen Projekte.

Achten Sie darauf, dass die Werte der Bauteile entsprechend den Angaben in dieser Schaltung gesetzt sind, um den logischen Ablauf der nachfolgenden Schritte der Simulation zu gewährleisten.

Trafo ( $U_{\text{ein}}=230\text{V}$ ,  $U_{\text{out}}=25\text{V}$ )



# Trafo Anmerkungen

Wie Sie dem Schaltplan „**Trafo**“ bereits entnehmen konnten sind auch hier einige kleine Änderungen bezüglich der Schaltungsvorlage Netzteil (Seite 13) vorgenommen worden.

1. Zusätzliche Symbole  
Stimulus zur Simulation der Eingangsspannung (Netz-Spannung)
2. Zusätzliche Bauteile  
R1 ist zu Vermeidung einer Kurzschlussmeldung während der Simulation erforderlich  
R2 ist in diesem Fall der Demo-Version als Abschluss erforderlich.
3. Eine Lastsimulation ist mit dem vorhandenen Modell nicht möglich (idealer Transformator)

Vorbereitung der Simulation:

- Festlegen des Analysetyps über Simulation Profile
- Weitere Parameter
- Start der Simulation
- Auswertung

# Simulationsprofil Trafo

Wir führen auch hier wieder eine Time Domain (Transient) Analyse durch. Bitte verwenden Sie nachfolgende Einstellungen für das Simulationsprofil.

Die Simulation der Trafoschaltung kann in der Demo Version nur bezüglich der Kopplung und der Übersetzung, Primärwindungen/Sekundärwindungen durchgeführt werden, wobei die Windungszahl selbst nicht direkt vorgegeben wird. Vielmehr wird das Verhältnis von Primär- zu Sekundär-Induktivität verwendet, siehe auch Stromlaufplan.

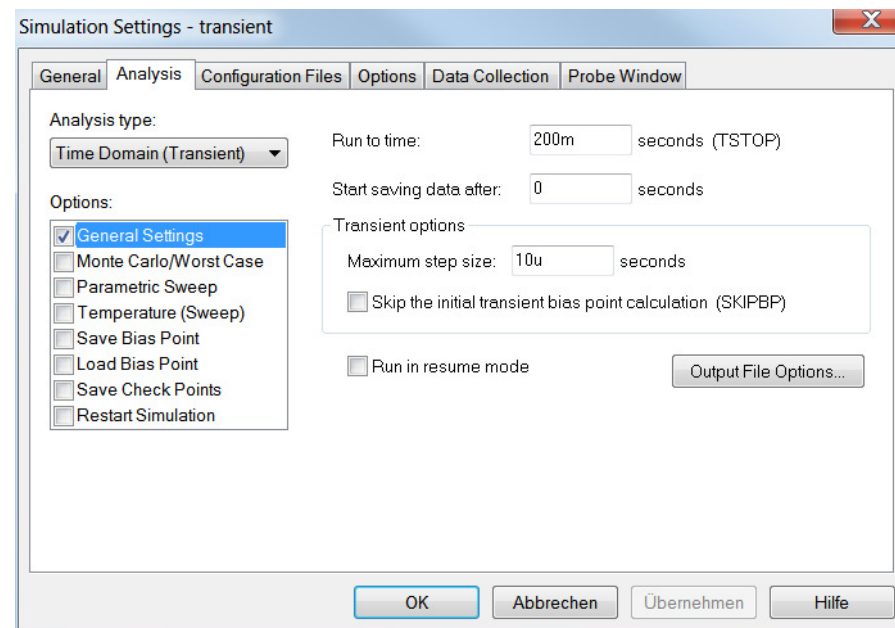
Um das auf der nachfolgenden Seite dargestellte Probediagramm zu erhalten, müssen Sie jedem einzelnen Kurvenverlauf eine eigene Y-Achse zuweisen.

Zusätzliche Achsen könne auch noch nach der Simulation hinzugefügt werden.

## Tipp:

Über Ctrl+X kann die zu „verschiebende“ Kurve ausgeschnitten werden. Wird jetzt die gewünschte Achse (Doppelpfeil) aktiviert, so kann die zuvor ausgeschnittene Kurve mittels Ctrl+V dieser neuen Achse zugewiesen werden.

Alternativ löschen Sie die Graphen und fügen jeden Graphen einzeln wieder über „**Trace > Add Trace**“ unter vorheriger Zuweisung einer weiteren Y-Achse „**Plot > Add Y Axis**“ hinzu.



# Simulation Trafo

In folgendem Bild sind die Ein- und Ausgangsspannung und der Laststrom als Grafik dargestellt.

Der 180° -Versatz des Stromes resultiert aus der Stromrichtung, die PSpice immer von Pin 1 zu Pin 2 des Bauteils vornimmt. Ein Umdrehen des Bauteils um 180 Grad verändert auch diese Darstellung.

Windungszahl (N), Induktivität (L) und Spannung (U) haben beim Trafo folgenden Zusammenhang:

Index <sub>1</sub> = Primärseite

Index <sub>2</sub> = Sekundärseite

$$U_1 : U_2 = N_1 : N_2$$

$$L_1 : L_2 = N_1^2 : N_2^2$$

Damit ergibt sich für die Übersetzung des Transformators:

$$U_1 : U_2 = (L_1 : L_2)^{1/2}$$

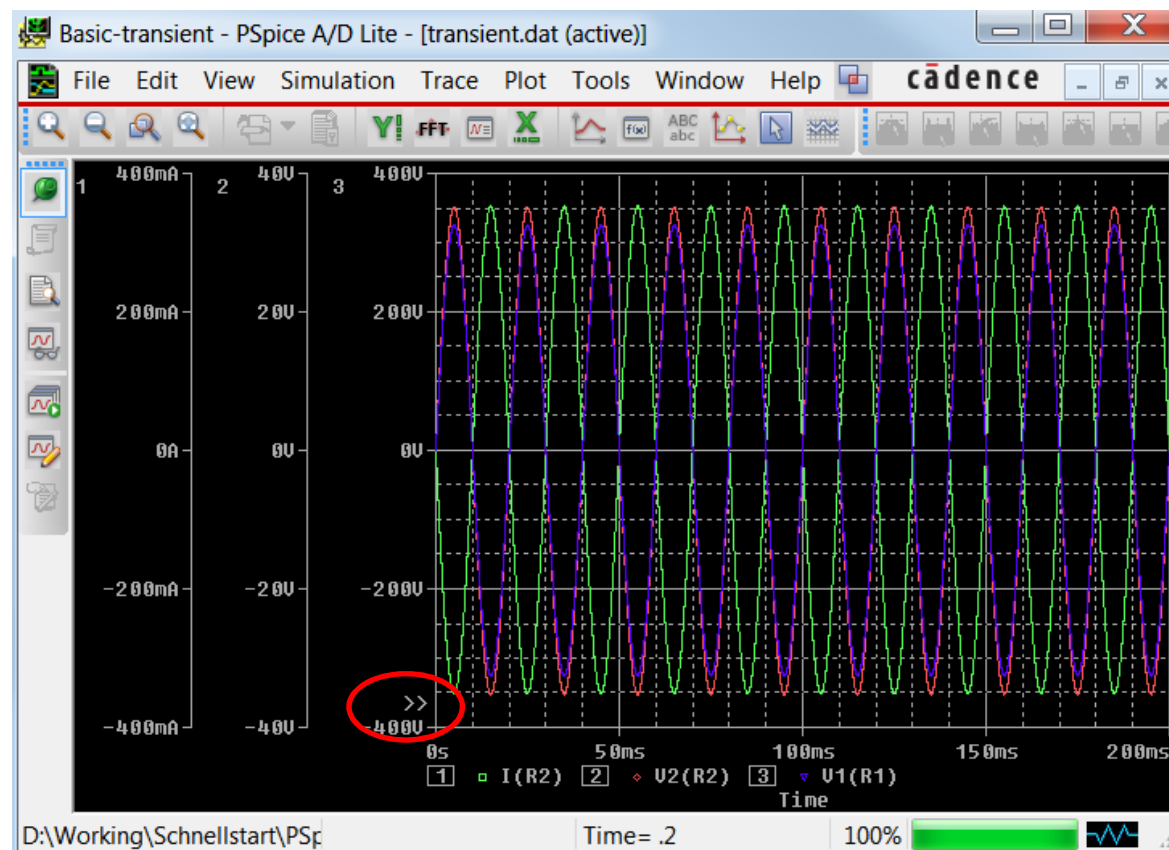
Mit einem Spannungsverhältnis

$$U_1 : U_2 = 9,2 : 1 \text{ (230V : 25V)}$$

ergibt sich bei Annahme einer Induktivität von 3500mH für L<sub>1</sub> für L<sub>2</sub> folgender Wert:

$$L_2 = L_1 : (U_1 : U_2)^2$$

$$L_2 = 41\text{mH}$$



# Abschlußbemerkungen

Nach dem Ausführen aller in dieser Schnelleinführung vorhandenen Beispiele, sollten Sie in der Lage sein, einfache Simulationen mit PSpice ausführen zu können, d.h. die Grundfunktionen von PSpice sinnvoll anwenden zu können.

Selbstverständlich ersetzt dieser Schnelleinstieg kein PSpice Training wie es z.B. von FlowCAD bzw. Cadence angeboten wird. Es soll lediglich die wichtigsten Schritte vermitteln, die nötig sind, um sich ein Bild über die Möglichkeiten von PSpice machen zu können.

Falls die PSpice Modelle nicht in der Standardbibliothek zu finden sind, kann man grundsätzlich direkt beim Hersteller nachfragen. Diese können auch in die Demo-Version eingebunden werden. Darüber hinaus verfügt PSpice natürlich auch über einen leistungsfähigen Model Editor, mit dessen Hilfe sich auch eigene Modelle generieren lassen. Dies erfordert allerdings gewisse Erfahrung und genaue Kenntnisse der betreffenden Bauelemente.

Wollen Sie PSpice zur Simulation mechanischer Elemente, wie z.B. des Stossdämpfers eines Fahrzeuges oder eines elektrischen Scheibenhebers einsetzen, was durchaus möglich ist, so müssen Sie für diese mechanischen Elemente elektrische Ersatzmodelle einsetzen, die natürlich nicht Bestandteil der üblichen Bibliotheken sein können.

Eine weitere Möglichkeit den Anwendungsbereich von PSpice wesentlich zu erweitern, besteht darin, PSpice mit Matlab zu verknüpfen, wofür Cadence eine definierte Schnittstelle SLPS (Simulink-PSpice) anbietet, die eine Co-Simulation mit Matlab ermöglicht.



# Support

Wenn Sie Fragen haben, steht FlowCAD Ihnen natürlich jederzeit gerne zur Verfügung.

Hotline:



Switzerland	Germany	Poland
+41 (56) 485 91 91 support@FlowCAD.ch	+49 (89) 4563 7777 support@FlowCad.de	+48 (58) 732 74 77 support@FlowCAD.pl

**Vielen Dank**

**für Ihr Interesse**