

Quickstart OrCAD PSpice

Version 17.4

Vorbemerkungen

- Die vorliegende Dokumentation gilt dem Erstanwender von OrCAD PSpice. Sie soll weder als Trainingshandbuch noch als vollständige Bedienungsanleitung verstanden werden. Dieser Schnellstart kann mit der OrCAD Trial Version durchgeführt werden.
- Es werden Grundlagen von elektronischem Schaltungsentwurf vorausgesetzt.
- Aufgrund der Kompaktheit dieser Dokumentation kann nicht auf alle verfügbaren Feinheiten und Befehle eingegangen werden. Hierzu ist eine umfangreiche Dokumentation innerhalb der Online-Hilfe (Help > PSpice Documentation) vorhanden.
- Anhand eines einfachen Schaltplans werden die wichtigsten Schritte und Arbeitsweisen mit der Software dargestellt, die es dem Erstanwender erlauben, mit einem Minimalaufwand an Einarbeitungszeit die ersten eigenen Aufgaben zu bewältigen.
- Nach einer kurzen Einführung in die Benutzeroberfläche und zu den verschiedenen Analysearten beginnt das Training mit der Eingabe des Schaltplans ab Seite 33.
- Entpacken Sie das Archiv **PSpice_Demo.zip** in einen beliebigen Ordner und starten Sie die installierte OrCAD Capture Software.
- Zur besseren Lesbarkeit wurde für diese Anleitung das **Light Theme** der Software gewählt, obwohl seit OrCAD Version 17.4 **Dark Theme** Grundeinstellung ist. Man kann leicht zwischen dem hellen und dunklen Erscheinungsbild wechseln.

Inhaltsverzeichnis

- [Einführung](#)
- [Grundlegende Bedienungshinweise für Capture / PSpice](#)
- [Die verschiedenen Simulationstypen](#)
- [Schaltungsbeispiel: Ein Schaltnetzteil \(SMPS\)](#)
- [Anhang: PSpice A/D Erweiterungen](#)

Einführung

Systemvoraussetzungen

Betriebssystem	Windows 10 (64-bit) Professional, incl Dark Theme mode; Windows 2012 Server (All Service Packs); Windows 2012 R2 Windows 2016 Server
Empfohlene Hardware	Intel Core™ i7 4.30 GHz oder AMD Ryzen™ 7 4.30 GHz mit mindestens 4 Kernen 16 GB Arbeitsspeicher (RAM) 50 GB freier Festplattenspeicher (SSD empfohlen) 1920 x 1200 Pixel Bildschirmauflösung mit true color 32-bit Farbtiefe Eine separate Grafikkarte mit mind. 2 GB Grafikspeicher OpenGL und DX11 Unterstützung für 3D Anwendungen Breitband Internet Verbindung
Generell	Die oben genannten Angaben zu Hardware sind als Mindestanforderungen zu verstehen. Je nach gestellter Aufgabe muss die Hardware entsprechend „nach oben“ angepasst werden. PSpice nutzt das Vorhandensein von mehreren Prozessorkernen zur Simulation aus.

Installation und Einstellungen

- OrCAD Trial beinhaltet die Vollversion von PSpice A/D und PSpice Advanced Analysis.
- Die Trial Version kann von www.orcad.com heruntergeladen werden. Nach erfolgreicher Registrierung erhält man einen Link zum Download und eine Anleitung zur Installation.
- Eine ausführliche Anleitung **Quickstart PSpice 17.4 Trial** findet man unter <https://www.flowcad.com/de/download.htm>.

In OrCAD Capture CIS und/oder OrCAD PSpice Designer können eine Vielzahl von persönlichen Einstellungen (Produktkonfigurationen, Schaltplanvorlagen, Farbschemata usw.) vorgenommen werden. Diese Möglichkeiten werden in diesem Dokument nicht behandelt, weil sie weit über den Zweck der Dokumentation hinausgehen. Solche Einstellungen werden in speziellen Konfigurationsdateien (.ini) gespeichert.

Mehr zur Individualisierung des Front End Tools OrCAD Capture finden Sie im Quickstart zu Capture.

Grundlegende Bedienungshinweise für Capture / PSpice

Bedienkonzept, Sonderzeichen

OrCAD Capture und PSpice sind menügesteuerte Programme.

Die überwiegende Anzahl der Kommandos oder Eingaben werden gesteuert über:

- Aktionsmenüs (pull-down menu)
- Piktogramme (icons)
- Tastenkürzel (shortcuts)
- Dialogfenster (pop-up windows)
- Kommandozeilen Fenster
- Tcl Funktionen

Grundsätzlich werden in OrCAD / PSpice kontextabhängige Menüs verwendet, d.h. je nach ausgewähltem Element, Arbeitsbereich oder Kommando ändert sich das Erscheinungsbild der zugehörigen Dialogfenster und Aktionsmenüs so, dass nur die für das ausgewählte Element relevanten Funktionen und Objekte dargestellt werden (Fokussierung).

Es gelten Einschränkungen bei der Verwendung von Sonderzeichen in vielen Namen für Objekte, Projektnamen und Verzeichnissen. Als sicheres Zeichen zum Trennen gilt der Unterstrich (_).
Verwenden Sie keine Leerzeichen in Namen!

Wichtige Dateinamenerweiterungen in PSpice

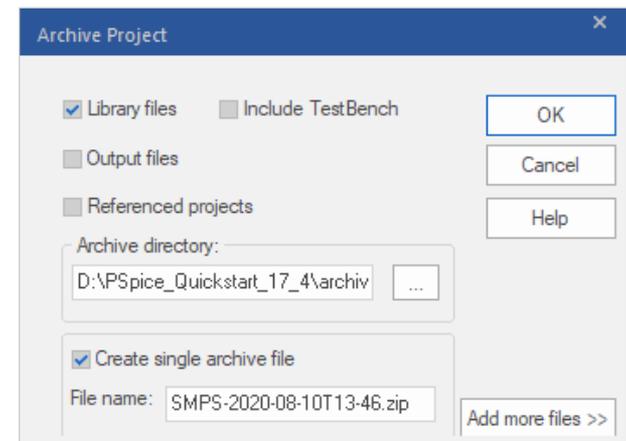
Im Laufe eines Projektes entstehen viele Dateien. Hier ein Überblick über die wichtigsten Dateinamenerweiterungen:

.OPJ	OrCAD Capture Projekt Datei
.DSN	OrCAD Capture Design Datei
.DBK	Design Sicherungskopie
.OLB	Capture / PSpice Symbol Bibliothek
.LIB	PSpice Modell Bibliothek
.DAT	Probe Datei
.OUT	PSpice Ausgabedatei
.SIM	Simulationsprofil
.NET	PSpice Netzliste
.PRB	Probe Konfigurationsdatei
.STL	Stimuli Datei
.CIR	PSpice Schaltungsdatei

Projekte Kopieren / Archivieren in PSpice

- Das Kommando **Archivieren** speichert das Projekt und alle dazugehörigen Dateien und Bibliotheken: Dazu erst die Capture Design Datei im Projektmanager selektieren (**<design>.dsn**). Dann **File > Archive Project ...** auswählen.
Das Ziel kann ein neues Verzeichnis oder ein ZIP Archiv sein.
- **Manuelles Kopieren**
 - .opj
 - .dsn
 - .stl
 - .sim
 - .lib

Alle anderen Dateien werden beim Generieren von Netzlisten oder Simulieren automatisch wieder erzeugt.



Einheiten, Größen, Präfixe in PSpice

PSpice rechnet nur mit Zahlenwerten und nicht mit Einheiten!

Folgende Präfixe werden erkannt:

1f	(femto-)	= 1 x 10 ⁻¹⁵
1p	(pico-)	= 1 x 10 ⁻¹²
1n	(nano-)	= 1 x 10 ⁻⁹
1u	(micro-)	= 1 x 10 ⁻⁶
1mil	(mil)	= 2.54 x 10 ⁻⁵
1m	(milli-)	= 1 x 10 ⁻³
1K	(kilo-)	= 1 x 10 ³
1Meg	(mega-)	= 1 x 10 ⁶
1G	(giga-)	= 1 x 10 ⁹
1T	(tera-)	= 1 x 10 ¹²

Tipp

- Einheiten (Ohm, Volt, Farad, Henry...) dienen ausschließlich der Lesbarkeit.
- PSpice liest den Zahlenwert einschließlich Präfix. Alles danach wird ignoriert (Kommentar).

1KOhm = 1K = 1000

Achtung

- PSpice unterscheidet nicht zwischen Groß- und Kleinschreibung. D.h.
1M = 1m = 0.001 milli (nicht Mega)
- 1 x 10⁶ = 1Meg = 1MEG = 1meg

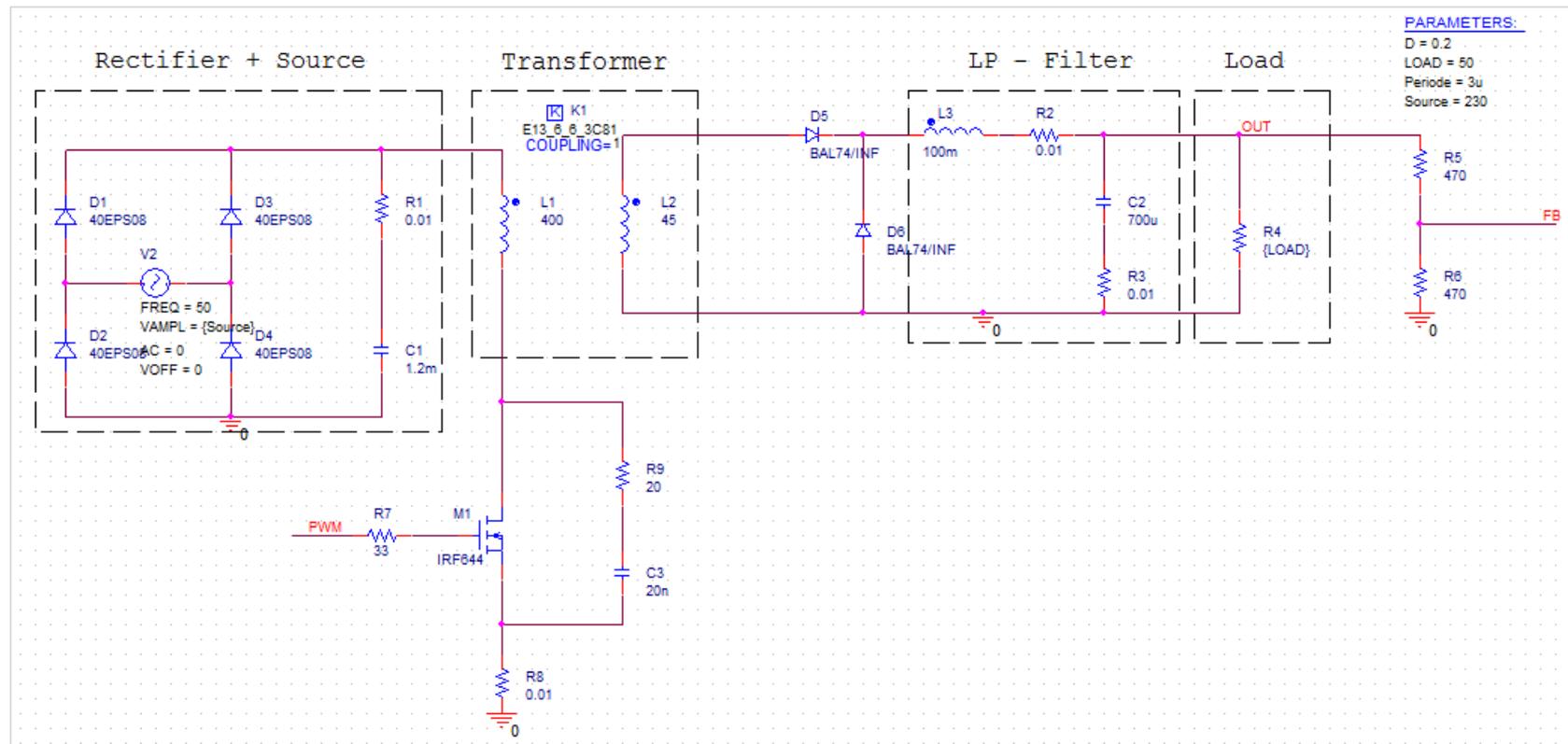
Schaltungsbeispiel (I)

- Ziel dieser Anleitung ist die Simulation einer vollständigen Schaltung. Als Beispiel dient ein Schaltnetzteil (Switched Mode Power Supply, SMPS). Diese besteht aus einer Quelle mit Gleichrichter, einer PWM-Steuerung, einem Trafo, einem Tiefpass Filter und einer Last.*
- Im beigefügten Archiv zum Schnellstart gibt es einen Ordner **Solution**, der die Schaltung und alle Simulationskonfigurationen enthält. Diese Lösung benutzt Symbole nach der europäischen IEC Norm. Diese Symbole werden in einer Symbol Bibliothek (Europe.olb) zur Verfügung gestellt.
- Sinn und Zweck des Schnellstarts ist, dass die Schaltung und alle Konfigurationen selbst eingegeben werden. Denn: Übung macht den Meister.
- Die nächsten Seiten geben einen Überblick über die notwendigen Aktionen zur Erstellung der Schaltung von Grund auf.

* und der obligatorischen Simulationsbezugsmasse „0“

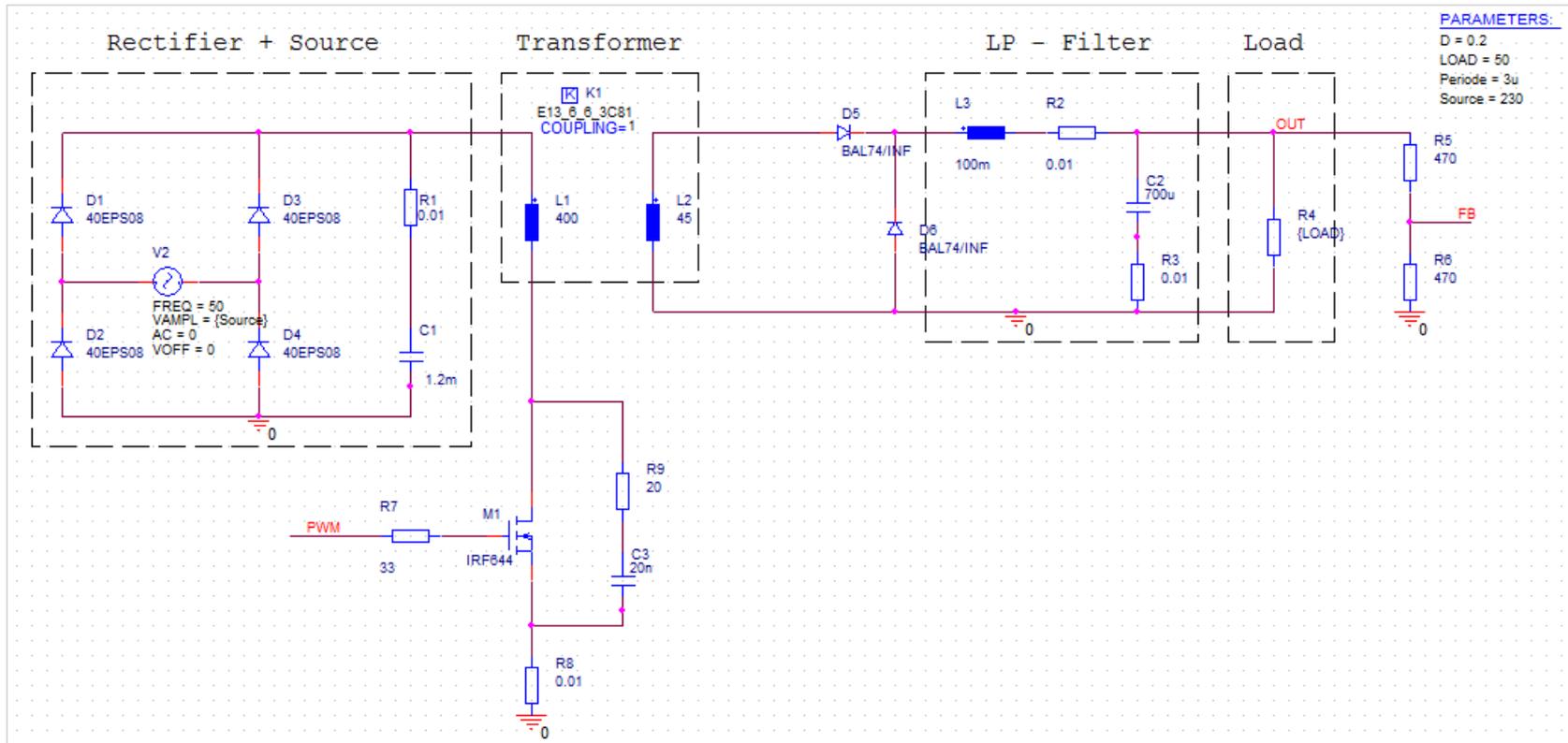
Schaltungsbeispiel (II)

Amerikanische Symbole



Schaltungsbeispiel (III)

Europäische Symbole



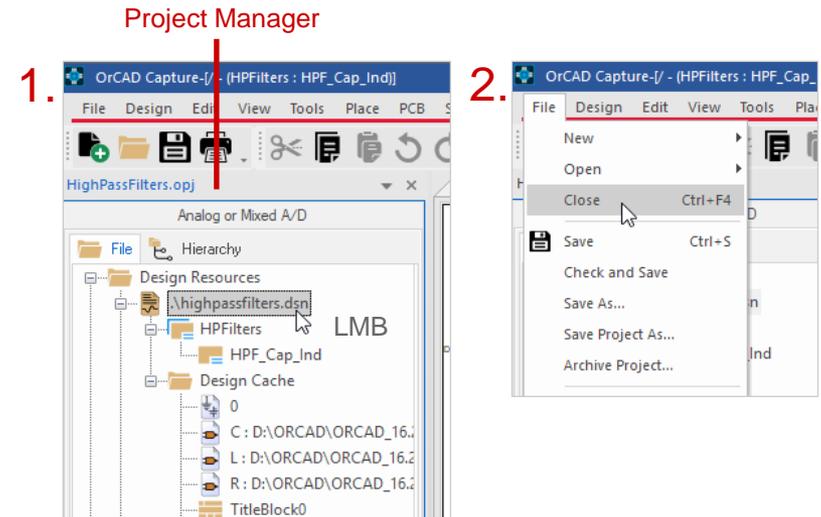
Starten einer PSpice Simulation

Es gibt zwei Möglichkeiten eine PSpice Simulation zu starten:

- Indirekter Start über OrCAD Capture:
 - **Start > OrCAD Trial 17.4-2019 > Capture CIS 17.4**
 - Dieses ist die bevorzugte Methode um die Simulation zu starten: Zunächst wird der Schaltplan erstellt, dann ein Simulationsprofil konfiguriert, um dann aus der Capture Umgebung die PSpice Simulation mittels eines Klicks auf **Run PSpice** zu starten. Das Erstellen der Netzliste übernimmt das Programm im Hintergrund.
- Direkter Start von PSpice:
 - **Start > OrCAD Trial 17.4-2019 > PSpice AD 17.4**
 - PSpice verlangt eine Netzliste <*.net> und eine Schaltungsdatei <*.cir> der zu simulierenden Schaltung
- Starten Sie Capture CIS.

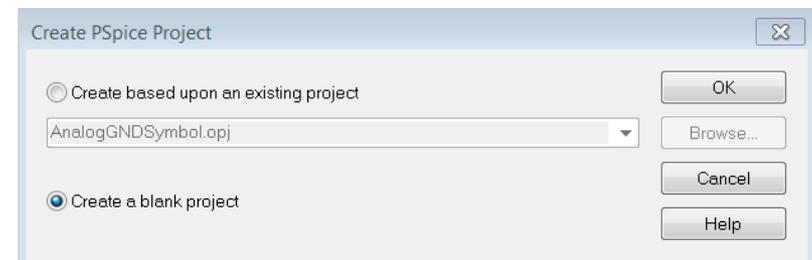
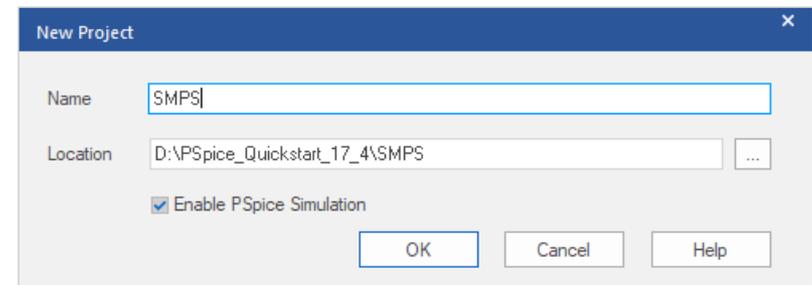
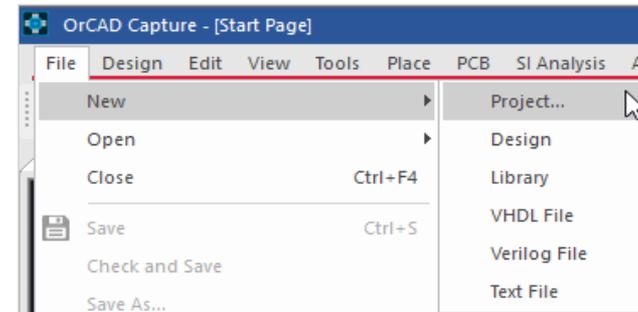
Starten von Capture

- Die Startseite von Capture zeigt nützliche Informationen, z. B. die Projekte mit denen Sie zuletzt gearbeitet haben.
- Ein bereits bestehendes Projekt wird mit **File > Open > Project** geöffnet (oder ggf. durch Anklicken des Projekts auf der Startseite).
- **Tipp**
 - Es stehen viele Demoprojekte zur Verfügung, die mit **File > Open > Demo Designs** geöffnet werden können.
 - Zum Schließen im Projektmanager das `<x.dsn>` selektieren, dann auf **File > Close** klicken.



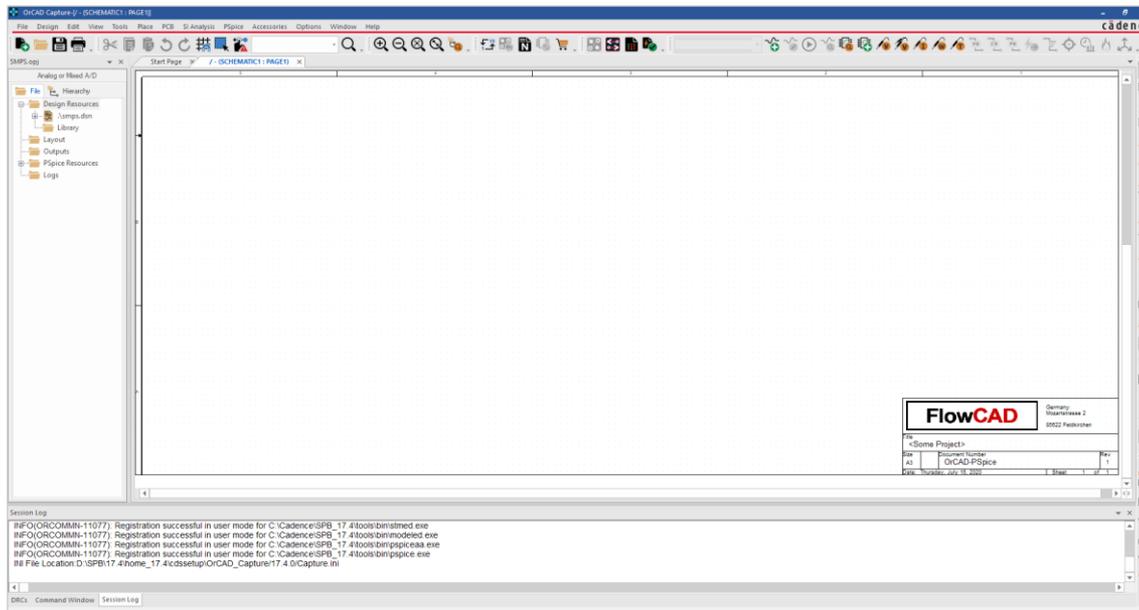
Ein neues PSpice Projekt anlegen

- **File > New > Projekt** öffnet den Dialog zum Anlegen eines neuen Projekts.
- Im Feld **Name** wird der Name des neu anzulegenden Projekts eingegeben. Geben Sie SMPS ein.
- Das Feld **Location** zeigt das Verzeichnis, in dem das Projekt gespeichert wird. Mit einem Klick auf kann man das Verzeichnis über einen Browser auswählen. Alle Daten für das Simulationsprojekt werden hier gespeichert.
- Für ein PSpice Projekt muss der Haken bei **Enable PSpice Simulation** gesetzt sein.
- Mit **OK** öffnet sich ein Fenster, welches es ermöglicht ein neues Projekt aus einem bestehenden zu generieren. Wir starten mit einem leeren (blank) Projekt.
- **OK** legt das Projekt an.



Projekt SMPS

- Sie haben ein neues Projekt (smps.opj) mit dem Namen **SMPS** angelegt. In dem Projekt befindet sich das Design smps.dsn.
- Gleichzeitig hat sich die erste Seite (PAGE1) des Schaltplans geöffnet. Unten rechts erscheint das Beschriftungsfeld. Diese Einstellungen sind konfigurierbar.
- Im Projekt Manager links sehen Sie eine virtuelle Ordnerstruktur (d. h. diese ist nur im .dsn file abgebildet, nicht im Dateisystem).
- Auf der rechten Seite erscheinen Piktogramme zum Platzieren und Verdrahten.



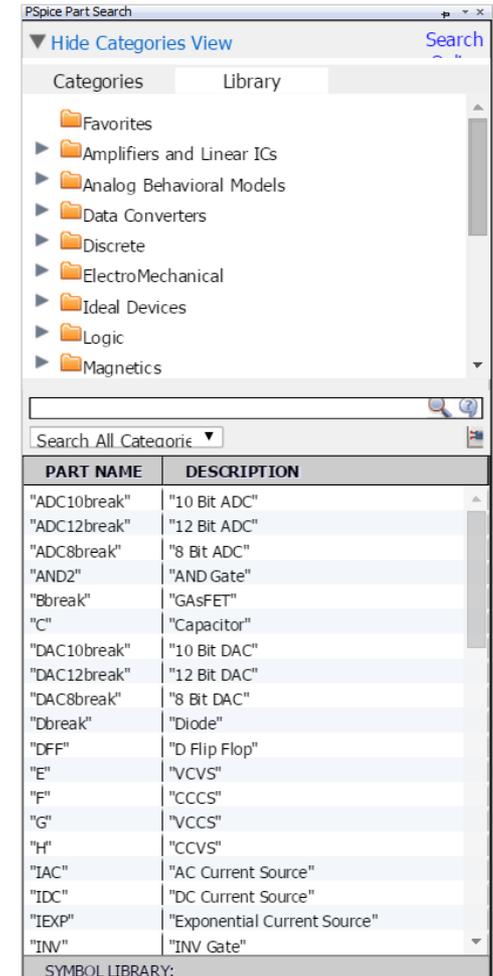
Auf den folgenden Seiten werden notwendige Schritte erläutert, die Sie später bei der Erstellung der Schaltung benötigen.

Bauteilsuche mit PSpice Part Search

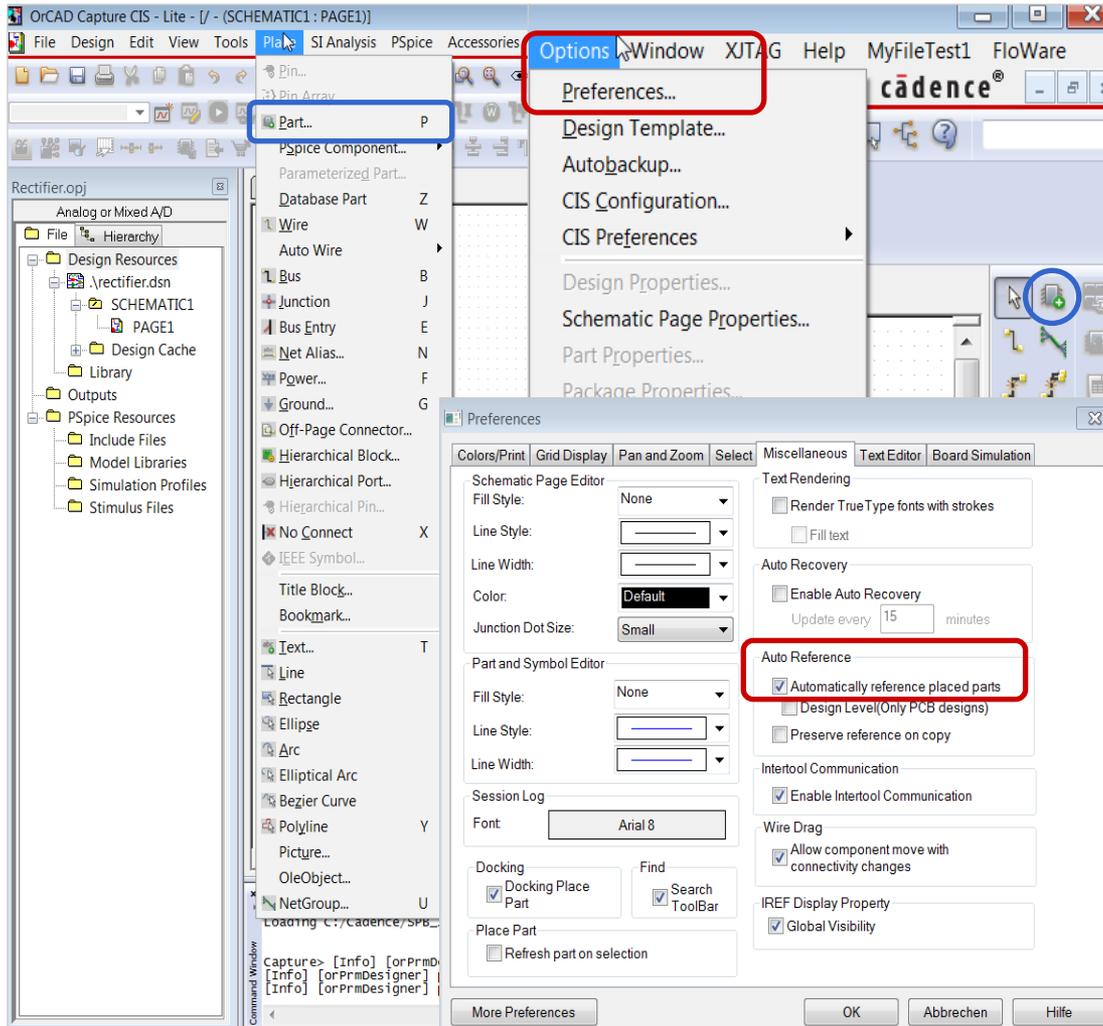
- Mit **Place > PSpice Component > Search** öffnet sich das **PSpice Part Search** Fenster.
- Hier kann man Bauteile nach ausgewählten oder allen Kategorien sowie in angelegten Bibliotheken suchen. Es erlaubt die Eigenschaften von vielen Komponenten auf einen Blick zu vergleichen, um so die gewünschte Komponente direkt auszuwählen. Die so selektierte Komponente kann direkt in den Schaltplan eingefügt werden.
- Die hier aufgeführten Bauteile sind in einer **PSpice Part Search** Datenbank gespeichert, die zentral oder dezentral verwaltet werden kann. So könnten Nutzer global auf eine zentrale Bauteildatenbank zugreifen.
- Der Bestand der Datenbank im Auslieferungszustand entspricht den Standardbauteilen, die von Cadence mit der Software ausgeliefert werden.
- Bauteile können zur Datenbank hinzugefügt werden; die Vorgehensweise ist nicht Bestandteil des Schnellstarts.

Tipp

Man kennt das Bauteil, weiß aber nicht in welcher Bibliothek es sich befindet, dann ist der Browser die Lösung!



Platzieren von Komponenten / Bauteilen



Um Bauteile zu platzieren gibt es alternativ folgende Möglichkeiten:

- **Place > Part** von der Menüleiste
- **P** auf der Tastatur drücken
- Piktogramm  (rechts)

Tipp 1

- Damit die Piktogramme aktiviert werden, muss eine Schaltplanseite geöffnet und aktiv sein.

Tipp 2

- Um eine automatische Annotation der platzierten Komponenten zu gewährleisten, sollte man unter **Options > Preferences Miscellaneous** den Haken bei **Automatically reference placed parts** gesetzt haben.

Symbolbibliotheken, Auswahl von Bauteilen

Im **Place > Part** Modus erscheint das Place Part Fenster auf der rechten Seite.

Sobald man eine oder mehrere Bibliotheken im **Libraries** Fenster selektiert, erscheinen deren Bauteile in der **Part List**. Die Eingabemaske **Part** dient als Filter um die Auswahl einzuschränken. Sobald man genau ein Bauteil in der Part List selektiert hat, kann man es mit , <Eingabe> oder einem Doppelklick im Schaltplan platzieren.

Mit  (**Add Library**) fügt man Bibliotheken in den Suchpfad ein. Die Standard Bibliotheken mit Cadence PSpice Symbolen befinden sich unter:

<installation_dir>\tools\capture\library\pspice

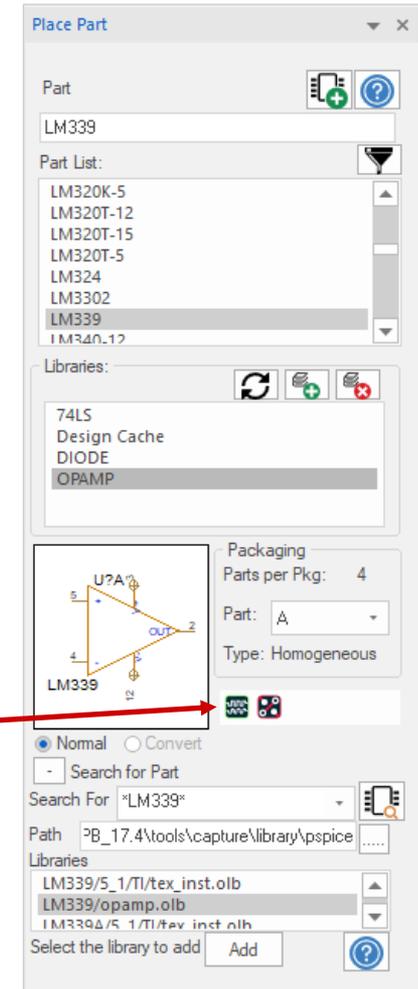
<installation_dir>\tools\capture\library\pspice\advanls

Die Standardbibliotheken sind in <installation_dir>\tools\bin\pspice.ini aufgeführt und stehen allen Projekten zur Verfügung.

Der Abschnitt **Packaging** zeigt, ob ein ausgewähltes Bauteil aus mehreren Teilen besteht, z. B. ein Widerstandsnetzwerk oder wie der hier gezeigte Operationsverstärker.

Die beiden Piktogramme   zeigen an, ob zu dem ausgewählten Bauteil ein PSpice Modell und / oder ein PCB Footprint zugeordnet ist.

Um ein Bauteil in allen konfigurierten Bibliotheken zu suchen, kann man dieses (auch mit Platzhaltern) in der **Search for Part** Maske eingeben. Anschließend fügt man die entsprechende Bibliothek mit dem Knopf **Add** in den Suchpfad ein.



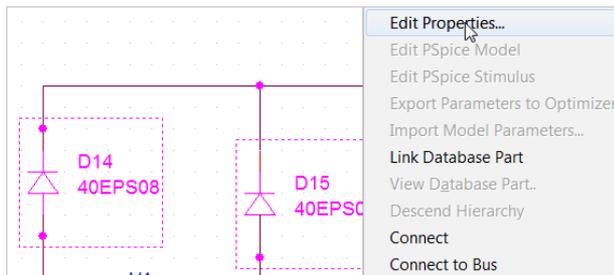
Bauteileigenschaften im Schaltplan Editieren

Gleichzeitiges Editieren von REFDES und Value

- Erst: Selektieren des Bauteils oder der Bauteile. Dann: **Rechte Maustaste > Edit Properties**
Jetzt die entsprechenden Eigenschaften im Property Editor bearbeiten.
- Um alle Bauteile gleichzeitig zu bearbeiten, selektiert man im Projektmanager das <*.dsn> Design, dann mit der rechten Maustaste **Edit Object Properties** auswählen.

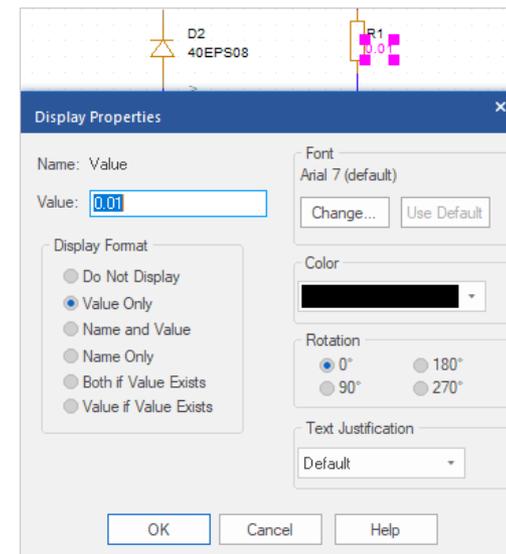
Tip

Um mehrere Bauteile zu selektieren, drücken und halten sie die <STRG> Taste und klicken nacheinander auf die Bauteile, die sie selektieren wollen.



Nur REFDES oder Value editieren

- Erst: Selektieren der angezeigten Eigenschaft, die man ändern möchte. Dann: **Rechte Maustaste > Edit Properties** oder Doppelklick auf die zu ändernde Eigenschaft.
- Das Display Properties Fenster öffnet sich. Hier können sowohl der ausgewählte Wert als auch Eigenschaften über die Sichtbarkeit im Schaltplan ausgewählt werden.

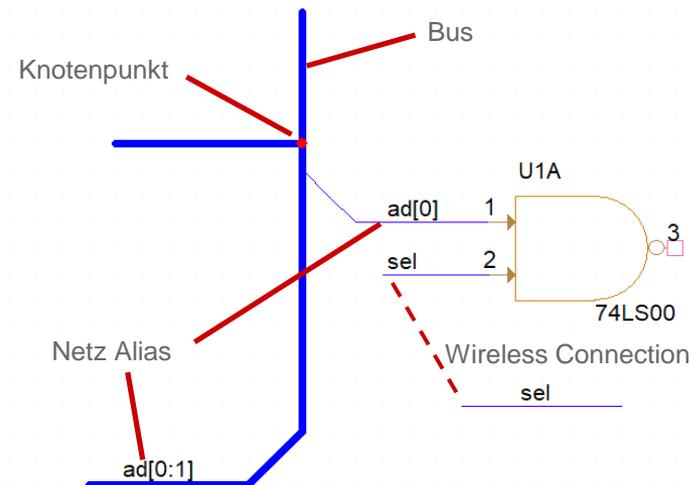
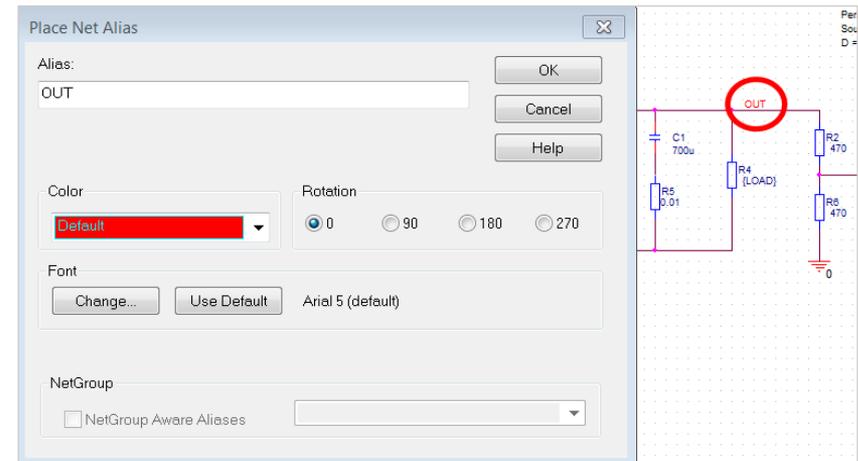


Schaltplan Editieren: Netz Alias

- Jede neue Leitung bekommt einen vom System generierten eindeutigen Netznamen.
- Den systemgenerierten Namen kann man durch einen **Netz Alias** (Net Alias) ersetzen.
- Auf einem Schaltplanblatt ist ein Netz mit einem Alias verbunden mit allen Netzen, Konnektoren, oder hierarchischen Verbindern mit dem gleichen Namen.
 - Man kann so mehrere Anschlüsse beliebiger Bauteile auf dem Schaltplanblatt miteinander verbinden, indem man einen Anschluss mit einem Leitungsstücke verbindet und dieses dann mit einem Netz Alias versieht. Dazu muss keine physikalische Verbindung zwischen den einzelnen Leitungsstücken bestehen (Wireless Connection).
- **Place > Net Alias**
- **Place Net Alias Piktogramm** 

Tipp

Um Netze über mehrere Schaltplanblätter oder sogar Design-Hierarchien miteinander zu verbinden, müssen Konnektoren (Off-Page Connector) oder Verbinder (Hierarchical Port) verwendet werden!



Tipps für die Simulation

Für die erfolgreiche Simulation einer mit Capture erstellten Schaltung sollte man folgende Dinge beachten:

1. Alle Bauteilsymbole müssen ein PSpice Modell besitzen, also aus einer PSpice Bibliothek kommen. Ein klassischer Fehler ist z. B. einen Widerstand aus der Capture Bibliothek `discretes.olb` ohne PSpice Modell im Schaltplan einzusetzen, statt den aus der `analog.olb` zu verwenden. Standard PSpice Libraries befinden sich:
`<$CDSROOT>\tools\capture\library\pspice` oder
`<$CDSROOT>\tools\capture\library\pspice\advanls`
2. Jede Schaltung muss ein Referenzpotential aufweisen, üblicherweise durch das Massesymbol gekennzeichnet. Dieses muss den Wert „0“ haben. 
3. Größere Schaltungen sollte man in kleinere Unterblöcke zerteilen, um ggf. Fehler besser einkreisen zu können.
4. Sich vor jeder Simulation darüber im Klaren sein, was man als Simulationsergebnis erwartet (Für Interessierte: Apply [Rule #9](#), Quelle: Signal Integrity Journal).

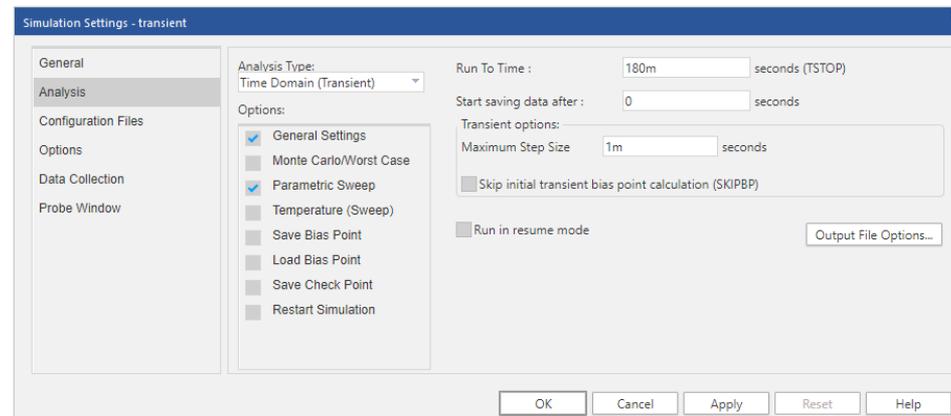
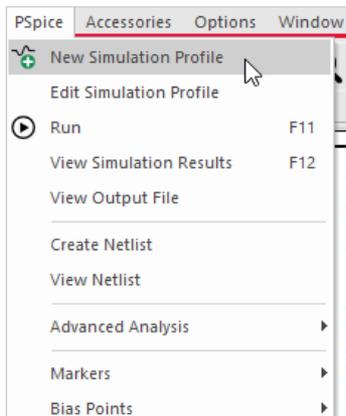
Die verschiedenen Simulationstypen

Die verschiedenen Simulationstypen in PSpice

In PSpice sind vier grundlegende Simulations- (oder Analyse-) Typen möglich. Die erforderlichen Analyseparameter werden in den **Simulationsprofilen** innerhalb eines Projekts definiert und gespeichert. Auf den nächsten Seiten werden alle vier Typen vorgestellt.

Im mitgelieferten Archiv befinden sich unter Solution / Samples die entsprechenden Beispiele.

- **Arbeitspunktanalyse (Bias Point)**
 - Spannungen und Ströme im Arbeitspunkt
- **DC Sweep**
 - Viele Gleichstromanalysen mit veränderten Parametern
- **Simulation im Zeitbereich, Transientenanalyse (Time Domain, Transient)**
 - Untersuchung zeitabhängiger elektrischer Vorgänge
- **Frequenzgänge (AC Sweep)**
 - Analyse der Frequenzabhängigkeit von Strömen und Spannungen (Amplitude und Phase)



Arbeitspunktanalyse (Bias Point)

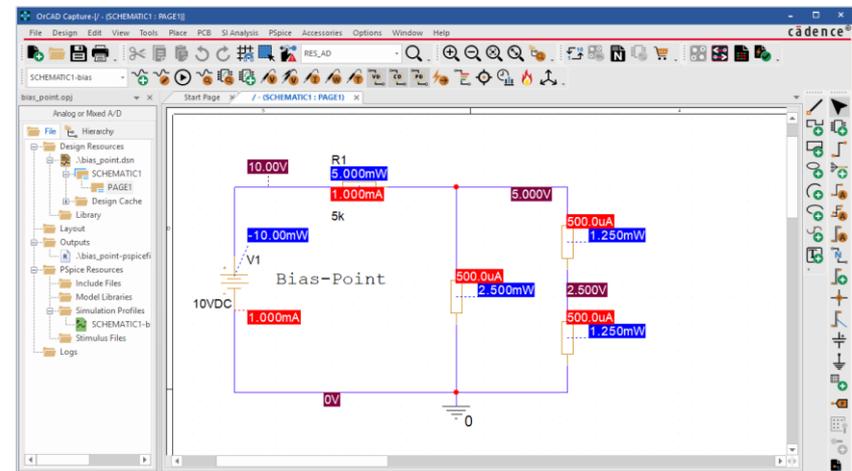
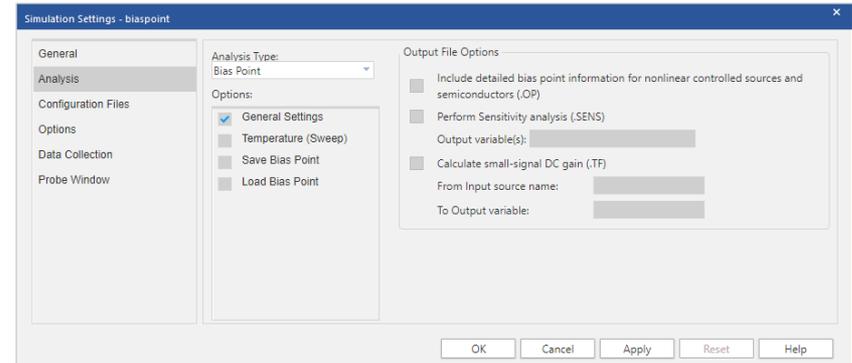
In dieser Simulation berechnet PSpice die Spannungen (Knotenpotentiale) und Ströme der Schaltung im Arbeitspunkt. Das Potential bezieht sich auf die Simulationsmasse (platziertes Masse-Symbol „0“ in der Schaltung).

- Die Spannungen, Ströme oder Leistungen kann man nach der Simulation durch **PSpice > Bias Points > Enable** oder durch die Verwendung der Piktogramme  im Schematic sichtbar machen.

- Varianten der Arbeitspunktanalyse
 - Kleinsignal Übertragungsfunktion
 - Empfindlichkeitsanalyse

Beispiel

- Projekt **bias_point.opj** im Ordner **Solution\Samples\bias_point**

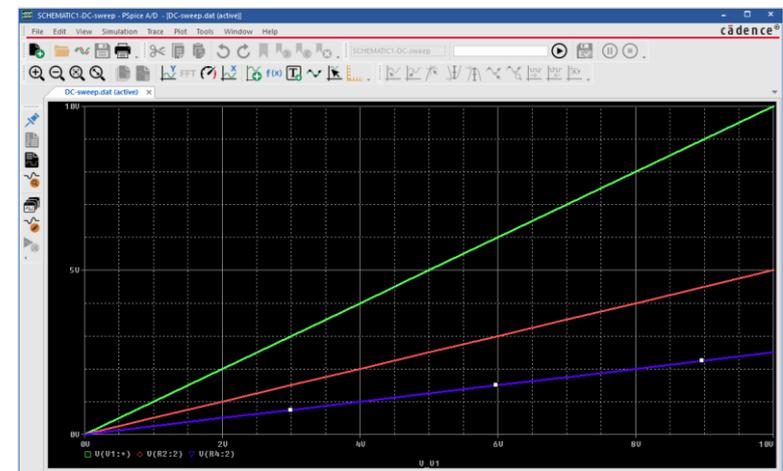
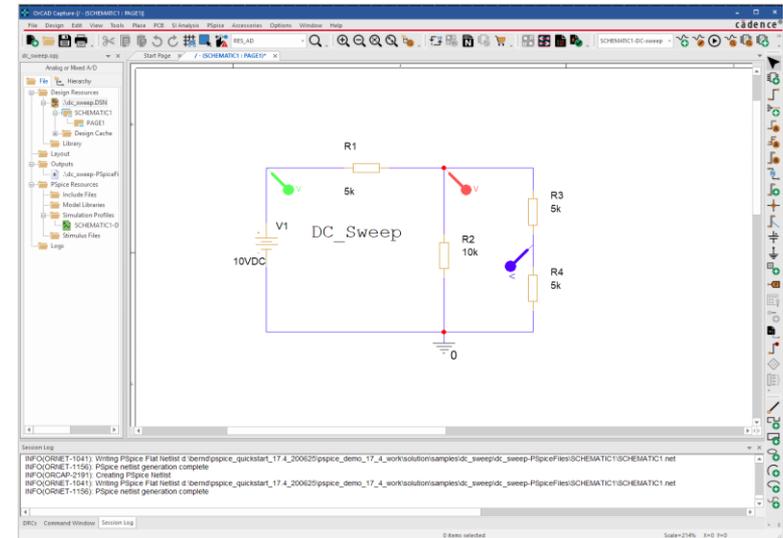
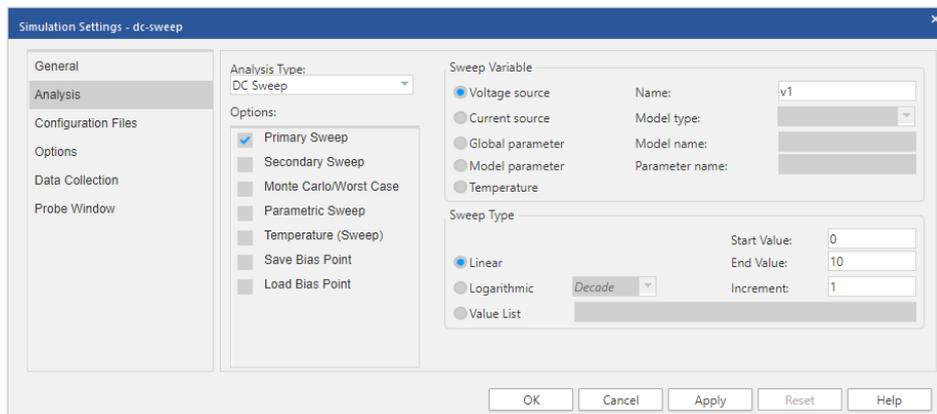


DC Sweep

- Um z. B. eine Kennlinie eines Bauelements zu ermitteln, muss man viele Arbeitspunkte berechnen. Die DC Sweep Analyse variiert eine Schaltungsgröße (Strom- oder Spannungsquellen, Schaltungs- oder Modellparameter oder Temperatur) und führt eine Reihe von Gleichstromanalysen durch.
- Das Ergebnis kann man sich im Probe Fenster oder in der Simulationsausgabedatei anschauen.

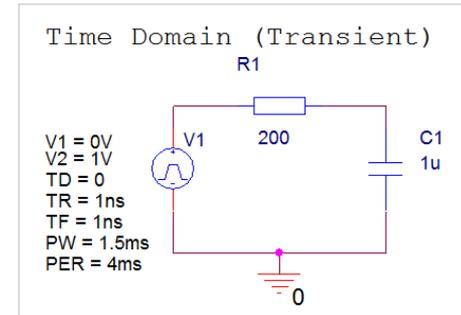
Beispiel

- **DC_Sweep.obj** im Verzeichnis **Solution\Samples\DC_Sweep**. Hier wird die Spannung der Spannungsquelle von 0-10V in 1V Schritten simuliert.



Analyse im Zeitbereich (Transienten-Analyse)

- Um die zeitliche Abhängigkeit von elektrischen Prozessen zu untersuchen, verwendet man im Zusammenhang mit realen Schaltungen ein Oszilloskop. Der Aufbau mit spezifischer Hardware bildet nur begrenzte Untersuchungsmöglichkeiten.
- Deutlich einfacher und günstiger ist eine Transienten-Analyse mit PSpice. Die Simulation löst die entsprechenden Differentialgleichungen im Zeitbereich und stellt die Ergebnisse mittels **Probe** grafisch dar (Software Oszilloskop).



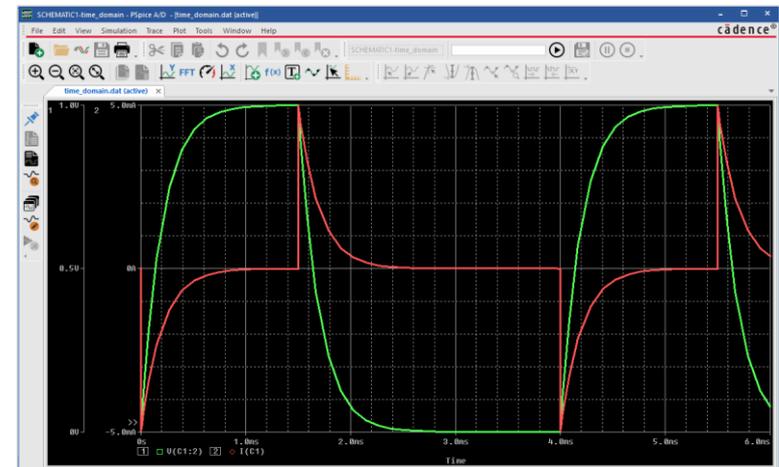
Der Kondensator C1 wird über einen Widerstand R1 mittels einer Pulsspannungsquelle periodisch gelad und entladen.

Beispiel

- Das Projekt **time_domain.opj** im Verzeichnis **Solution\Samples\time_domain**. Hier werden die Ströme und Spannungen beim Lade- und Entladevorgang eines Kondensators betrachtet.

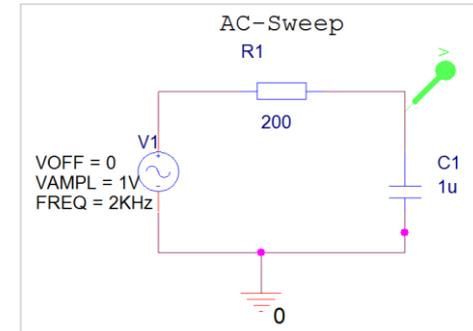
Tipp

- Farben kann man mittels **Tools > Options** in der **Color Settings** Mappe individuell anpassen.



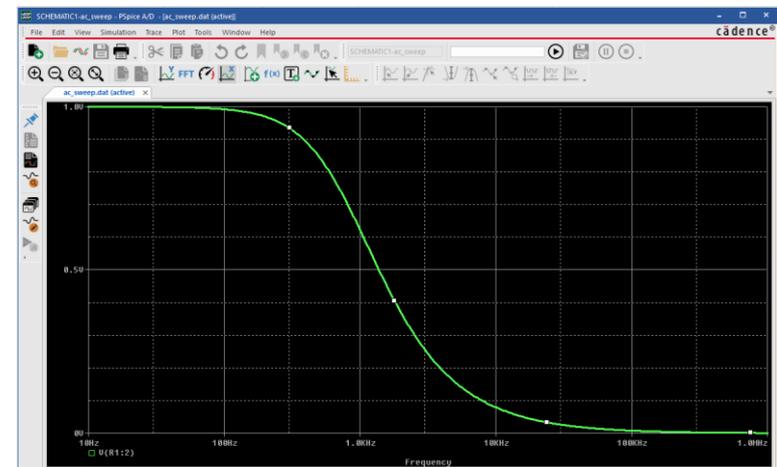
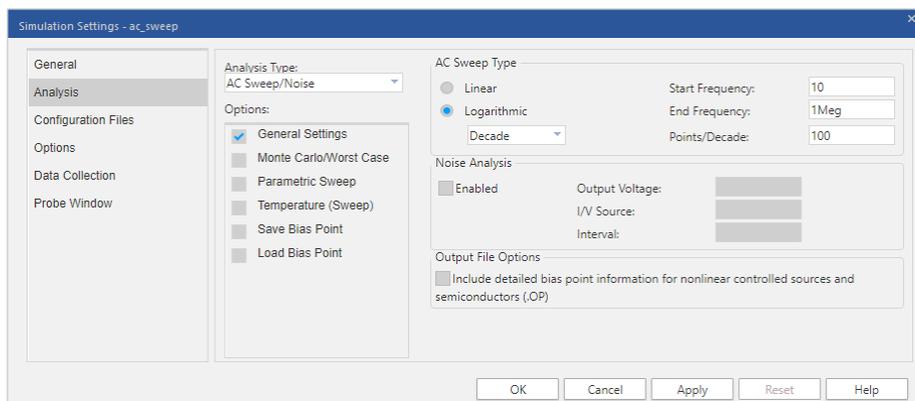
Frequenzgang (AC Sweep)

- Die Wechselstromanalyse berechnet das Kleinsignalverhalten (also Amplituden und Phasen von Spannungen oder Strömen um den Arbeitspunkt herum) einer linearen oder linearisierten Schaltung als Funktion der Frequenz. Die Schaltung kann dabei aus linearen Komponenten (RLC) und / oder aus nichtlinearen Bauteilen (Transistoren, Dioden, ...) bestehen. Diese werden um den Arbeitspunkt herum linearisiert.
- Die Simulation erfolgt durch eine Vielzahl von einzelnen AC Analysen bei unterschiedlichen Frequenzen.



Beispiel

- Projekt „AC_Sweep.opj“ im Ordner „Solution\Samples\AC_Sweep“



Weitere Analysen

- Ohne dass in diesem Schnellstart näher darauf eingegangen wird, sind mit PSpice weitere Analysen möglich, z. B.
 - Fourieranalyse (Spektralanalyse) als Teil einer Transienten-Analyse.
 - Temperatur-Sweep: Das Schaltungsverhalten bei unterschiedlichen Temperaturen simulieren.
 - Monte-Carlo Analyse: Die Simulation wird unter Berücksichtigung von Toleranzen der Bauteile durchgeführt und kann statistisch ausgewertet werden.
 - Empfindlichkeitsanalyse: Zum Ermitteln der zulässigen Toleranzen.
 - Rauschanalyse: Zur Bestimmung des Rauschabstands.
 - Worst-Case Analyse: Dient der Bestimmung von funktionalen Grenzen der Schaltung.
 - Digitale Analysen: Zum Simulieren von Digitalschaltungen.
- Im Schaltungsbeispiel später werden wir noch von der Parameter Analyse (Parametric Sweep) Gebrauch machen.
 - Die Parameter Analyse ist eine Erweiterung der Möglichkeiten der Parametervariation auf die Transienten- und AC Sweep Analyse.

Schaltungsbeispiel: Schaltnetzteil, Switched Mode Power Supply

Ziele

- Zunächst soll die Schaltung des Schaltnetzteils mittels Capture erstellt werden. Die Schaltung konvertiert eine 230 V / 50 Hz Eingangsspannung in eine konstante 5 V Gleichspannung. Statt einer integrierten Schaltung zur Steuerung der PWM, wird hier ein konstanter 333 kHz Spannungspuls mit 20 % relativer Einschaltdauer zur Ansteuerung des MOSFETs verwendet.
- Nun werden unterschiedliche Simulationsprofile erstellt und die Ergebnisse der Simulation mittels **Probe** analysiert.

Tipp 1

- Zum Nachschauen befindet sich die vollständige Schaltung mit allen Simulationsprofilen auch im Ordner **Solution\Demo_Proposed_Circuit**.

Tipp 2

- Zum besseren Verständnis der Software wird empfohlen die Schaltung gemäß der Anleitung Schritt für Schritt selbst zu erstellen.

SMPS Design (I)

- Sie haben bereits das SMPS Projekt angelegt. Falls nicht, finden Sie auf den Seiten 17 und 18 die Beschreibung zum Erstellen eines neuen Projekts.
- Öffnen Sie das eben generierte Projekt und geben Sie den auf der nächsten Seite dargestellten Schaltplan in OrCAD Capture ein.
- Schauen Sie sich gerne noch einmal die vorhergehenden Seiten an, wenn Sie nicht mehr wissen, wie man nach Bauteilen sucht, wie man die Verdrahtung durchführt oder wie man einzelne Werte von Bauteilen ändert.
- Achten Sie darauf, dass alle Bauteile die im Schaltplan spezifizierten Werte erhalten.
- Fügen Sie folgende Bibliotheken zum Projekt hinzu: Infineon.olb, irf.olb, magnetic.olb, PWRMOS.olb, source.olb, special.olb.
- Im entpackten ZIP Archiv finden Sie auch die Europe.olb wenn Sie europäische Symbole verwenden möchten.

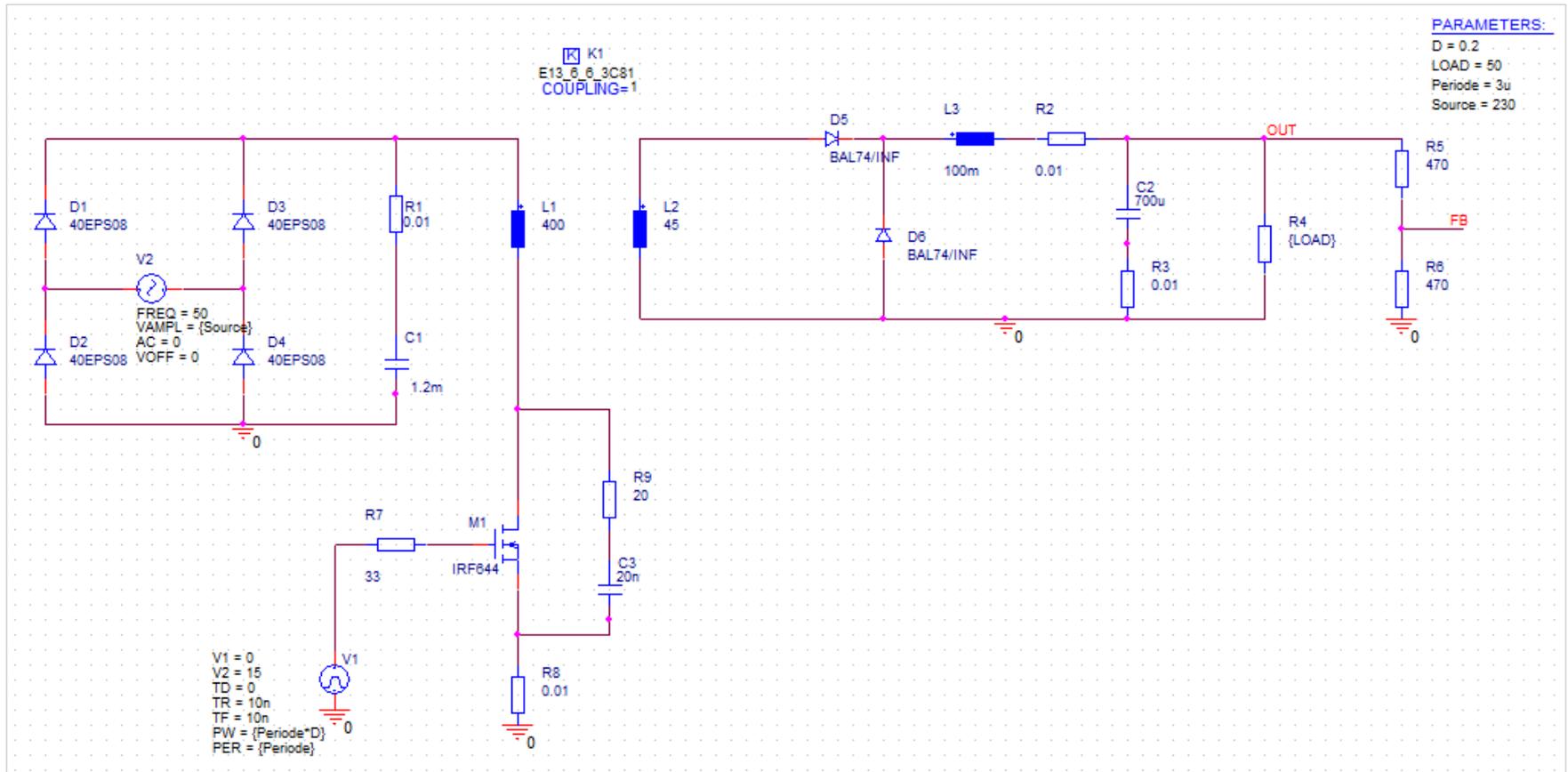
Tipp 1

- Falls Sie amerikanische Symbole für R, L und C, dann nehmen Sie die analog.olb.

Tipp 2

- V1 ist eine Quelle vom Typ VPULSE, V2 ist VSIN.

SMPS Design (II), Schaltplan



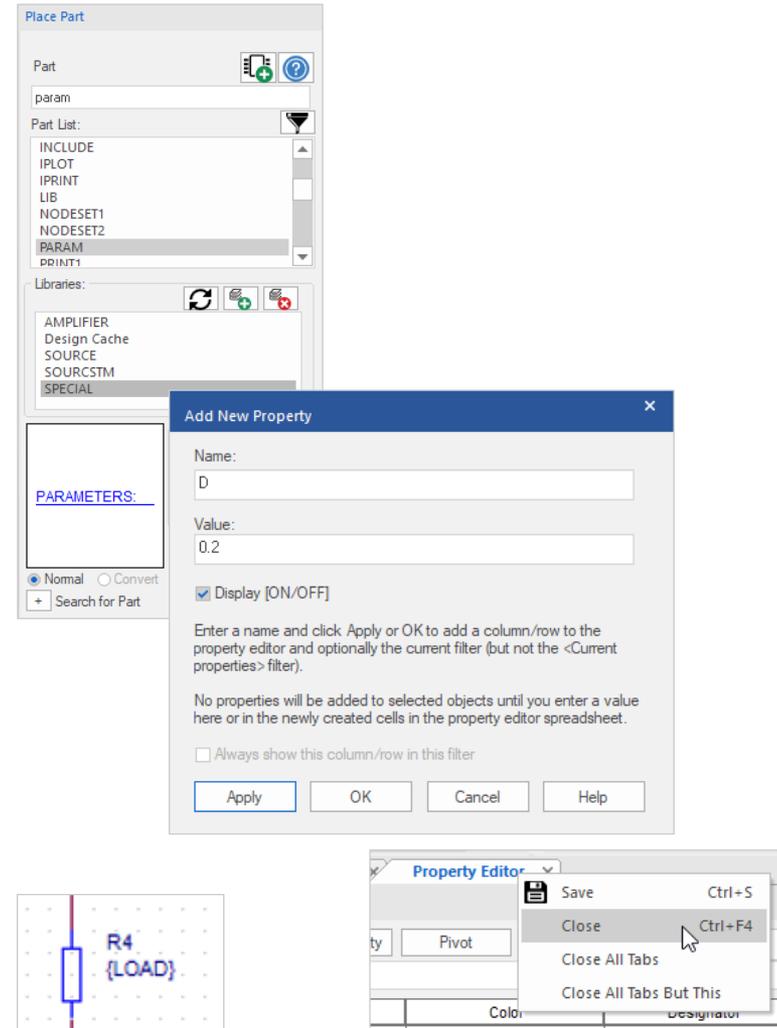
SMPS Design (III)

Neu ist die Komponente Parameters, die die globalen Parameter **D**, **LOAD**, **Periode** und **Source** definiert. Nachstehend wird gezeigt, wie man diese eingibt.

1. Platzieren Sie die Komponente **param** aus der **special.olb** Bibliothek. Mit einem Doppelklick darauf gelangen Sie in den Property Editor.
2. Hier gehen Sie auf **New Property** und fügen den neuen Parameter **D** hinzu. Genauso verfahren Sie mit allen anderen Parametern.
3. Schließen Sie das Property Editor Fenster, um zurück in den Schaltplan zu gelangen.

Tipp

Um auf z. B. globale Parameter als Werte für Komponenten zurückzugreifen, benutzt man geschweifte Klammern { }, die den Namen des Parameters umschließen.



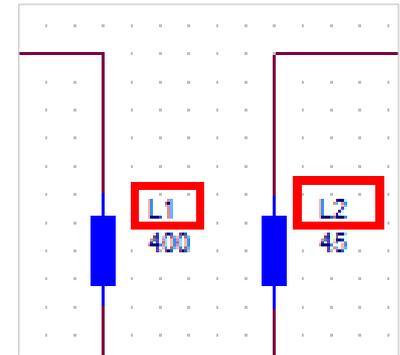
SMPS Design (IV)

Wie definiert man den Transformator?

1. Platzieren Sie den Kern **E13_6_6_3C81** aus der **magnetic.olb** Bibliothek und öffnen Sie den Parameter Editor mittels Doppelklick auf die Komponente.
2. Koppeln Sie die beiden Induktivitäten wie gezeigt ($L1 = L1$, $L2 = L2$).
3. Schließen Sie das Parameter Editor Fenster.

Tipp

Diese Komponente stellt einen nichtlinearen Transformator dar, der auf dem Jiles-Atherton Modell basiert. Die Werte der Induktivitäten entsprechen der Anzahl der Wicklungen auf der Primär-, bzw. Sekundärseite.



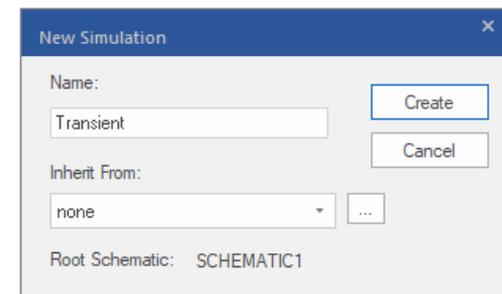
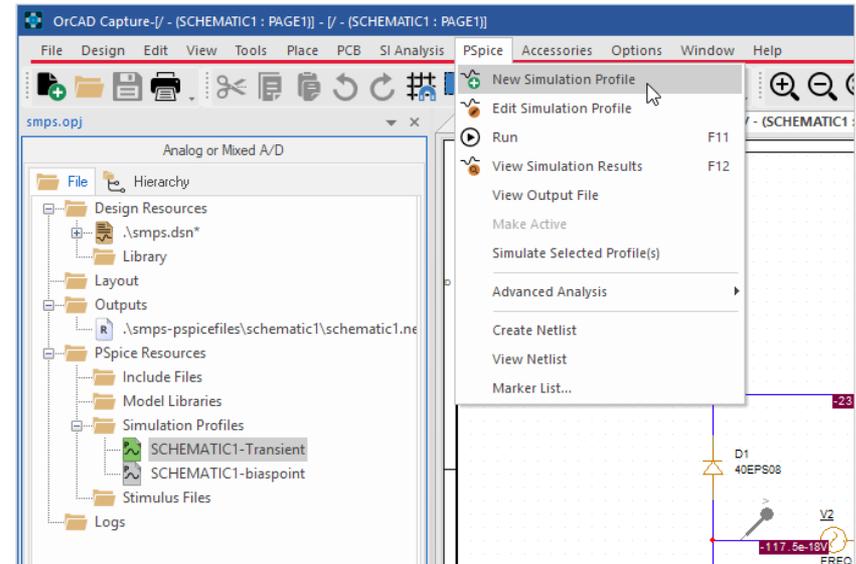
A	
	SCHEMATIC1 : PA
Color	Default
COUPLING	1
Designator	
Graphic	E13_6_6_3C81.Normal
ID	
Implementation	E13_6_6_3C81
Implementation Path	
Implementation Type	PSpice Model
L1	L1
L2	L2
L3	
L4	

Ein Simulationsprofil erstellen (I)

- Mittels **PSpice > New Simulation Profile**, oder einem Klick auf das Piktogramm  erstellt man ein neues Simulationsprofil.
- Geben Sie **Transient** im Feld **Name** ein und klicken Sie auf Create.

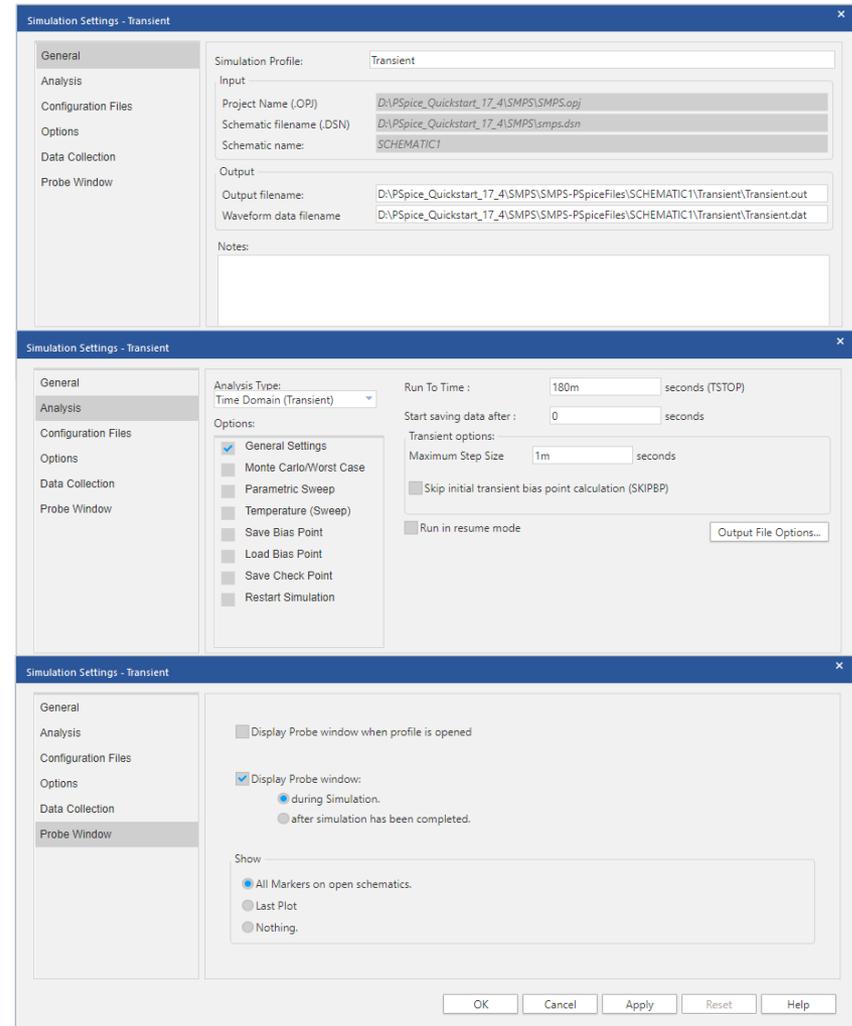
Tipp

- Zu einem Projekt kann selbstverständlich mehr als ein Simulationsprofil erstellt werden.
- Um ein aktives Profil zu ändern, selektieren Sie **PSpice > Edit > Simulation Profile** oder klicken Sie auf .



Ein Simulationsprofil erstellen (II)

- Das **Simulation Settings** Fenster öffnet sich.
 - Auf der linken Seite wählen Sie **Analysis**. Dann wählen Sie **Time Domain (Transient)** als Analysis Type aus. Unter Options den Haken bei **General Settings** setzen und rechts die Simulationsdauer (TSTOP) auf 180 ms und die max. Step Size auf 1 ms setzen.
 - In **Probe Window** kann man das Verhalten der grafische Anzeige der Simulationsergebnisse beeinflussen.
- Tipp**
- Die Schrittweite wird während der Simulation dynamisch angepasst. Falls keine max. Schrittweite eingegeben wird, unterschreitet PSpice niemals den Wert von 2 % von TSTOP. Ein zu großer Wert der Schrittweite lässt die Kurven zu grob erscheinen. Ein zu geringer Wert hingegen erhöht die Simulationsdauer und das Datenaufkommen.



Starten der Simulation

- Nachdem das Simulationsprofil erstellt und gespeichert ist, kann man die Schaltung simulieren.
- Start mit: **PSpice > Run** oder auf  drücken.
- Wenn Sie den Schaltplan so wie auf Seite 36 eingegeben haben, wird sich das Probe Fenster zwar öffnen, Sie werden aber keine Signale sehen. Sie haben noch keine **Marker** im Schaltplan gesetzt.
- Im Normalfall werden alle Daten über alle Knoten während der Simulation aufgezeichnet und stehen so später zur Verfügung.*
 - Um die Kurven für einzelne Knoten nach der Simulation anzuzeigen, kann man entweder nach der Simulation Marker  im Schaltplan setzen, oder
 - man fügt im Probe Fenster mit **Trace > Add Trace** den Knoten hinzu, den man beobachten möchte.

Tipp 1

- Einen **Spannungsmarker V** setzt man auf ein Netz, einen **Strommarker I** auf einen Bauteil Anschluss und einen **Leistungsmarker W** auf das Bauteil selbst.

Tipp 2

- Je nach CPU Ihres Computers läuft die Simulation ca. 5 Minuten.

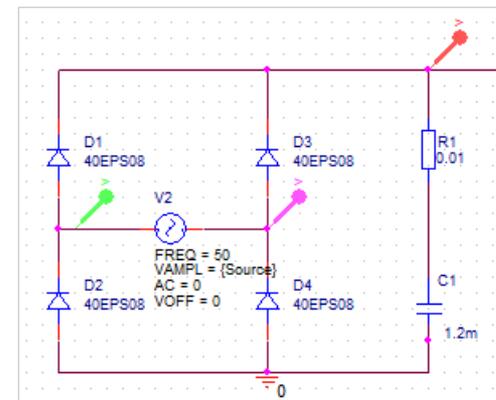
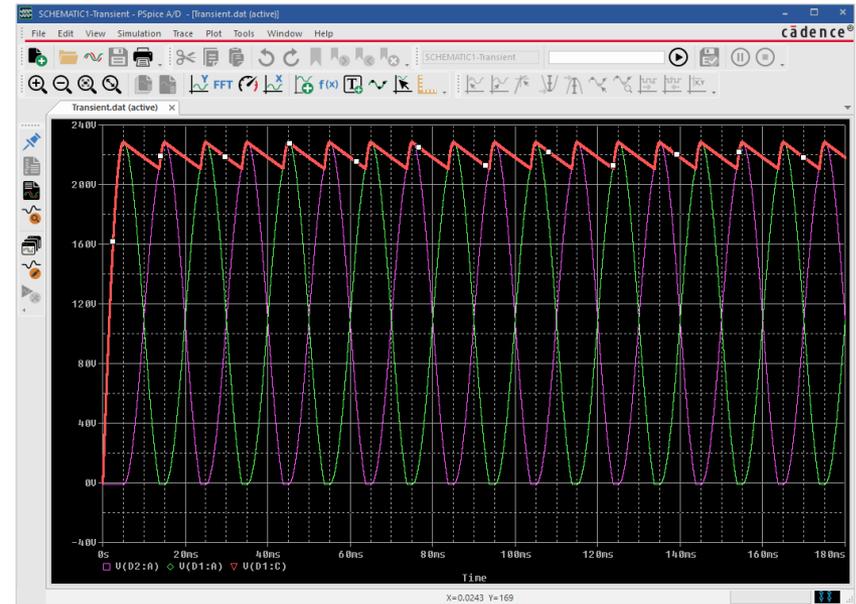
*Das Verhalten kann im Simulationssetup unter Data Collection eingestellt werden.

Analyse (I): Gleichgerichtete Spannung

- Platzieren Sie, wie in der Abbildung, je einen Spannungsmarker links und rechts von der Spannungsquelle V2 und einen am Ausgang des Gleichrichters.
- Was sehen wir?
 - Rot: Ausgangsspannung des Gleichrichters
 - Grün: Positive Eingangswechselspannung
 - Lila: Negative Eingangswechselspannung
- Auswertung
 - Die Wechselspannung wird über die Dioden gleichgerichtet. Der großzügig dimensionierte Kondensator C1 glättet die gleichgerichtete Spannung.
 - Auf der nächsten Seite untersuchen wir die Ströme und Spannungen an C1.

Tipp

- Die Farbzordnung findet nach einer vorgegebenen Reihenfolge in der pspice.ini Datei statt und hängt von der Reihenfolge der Vergabe der Marker ab.



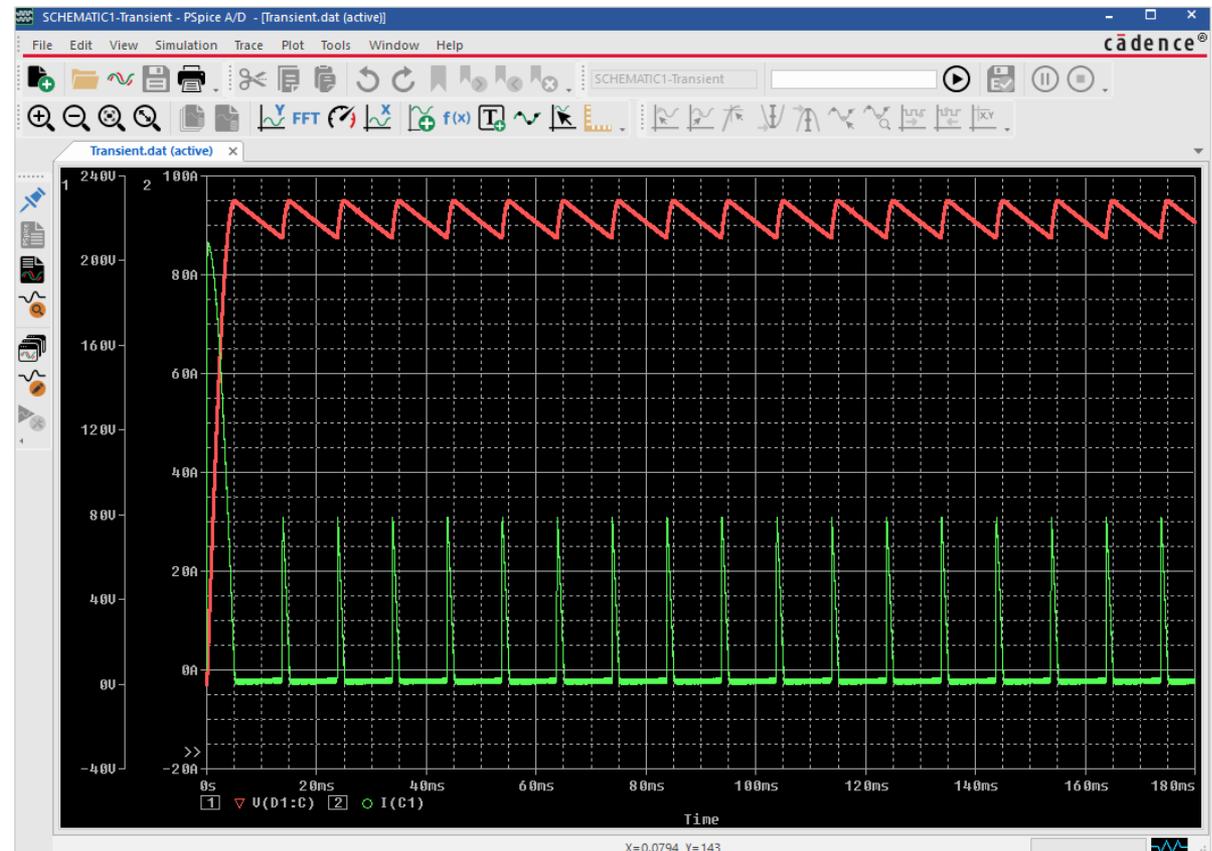
Analyse (II): Strom und Spannung an C1

Der Plot zeigt den Strom / Spannungsverlauf am Kondensator C1. Man sieht alle 10 ms (100 Hz) die Stromspitzen beim Laden von C1 und einem hochfrequenten negativen Strom. Die Welligkeit der Ausgangsspannung hängt vom Kapazitätswert von C1 ab.

- Löschen Sie die vorherigen Kurven durch Selektieren des Namens unterhalb der x-Achse. Drücken Sie dann die **Entf** Taste.
- **Trace > Add Trace** oder  Wählen Sie V(L1:A).
- **Plot > Add Y Axis**
- **Trace > Add Trace** Wählen Sie I(C1).

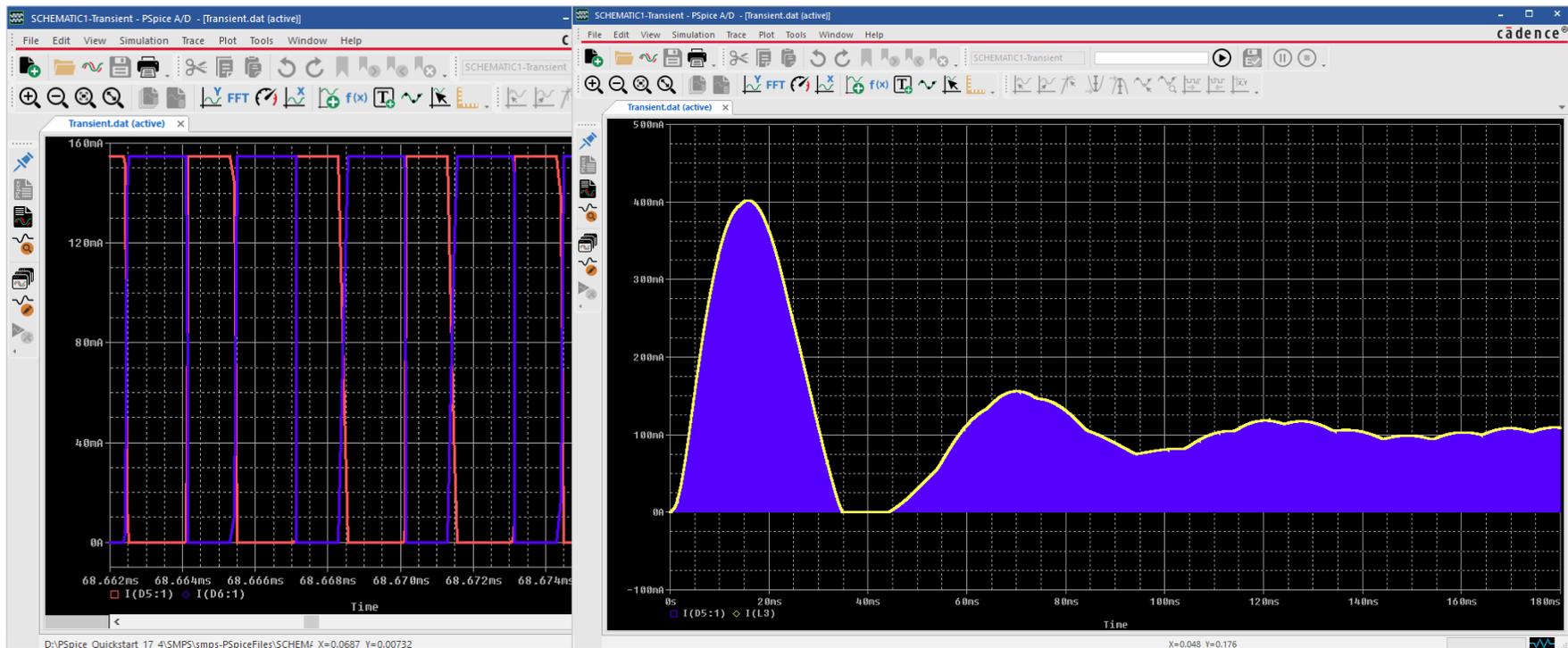
Tipp

In PSpice ein positiver Strom fließt von Pin 1 zu Pin 2. Das erklärt die Vorzeichen in diesem Fall.



Analyse (III): Die HF-Signale

Der MOSFET wird durch ein 330 kHz Signal periodisch ein- und ausgeschaltet. Über den Transformator bestehend aus L1 und L2 wird in L2 eine hochfrequente Wechselspannung induziert, deren Halbwellen abwechselnd durch die Dioden D5 oder D6 geleitet, und an der Spule L3 wieder zusammengeführt werden. Wir schauen uns die Ströme durch beide Dioden (blau und rot) und den zusammengesetzten Strom (gelb) durch die Spule L3 an.



Analyse (IV): Der Tiefpassfilter

Der so erzeugte Strom durch L3 enthält noch hochfrequente Anteile, die mit Hilfe eines Tiefpassfilters eliminiert werden sollen. Wir analysieren dazu die Frequenzanteile vor und nach dem Tiefpass mittels Fourier-Analyse.

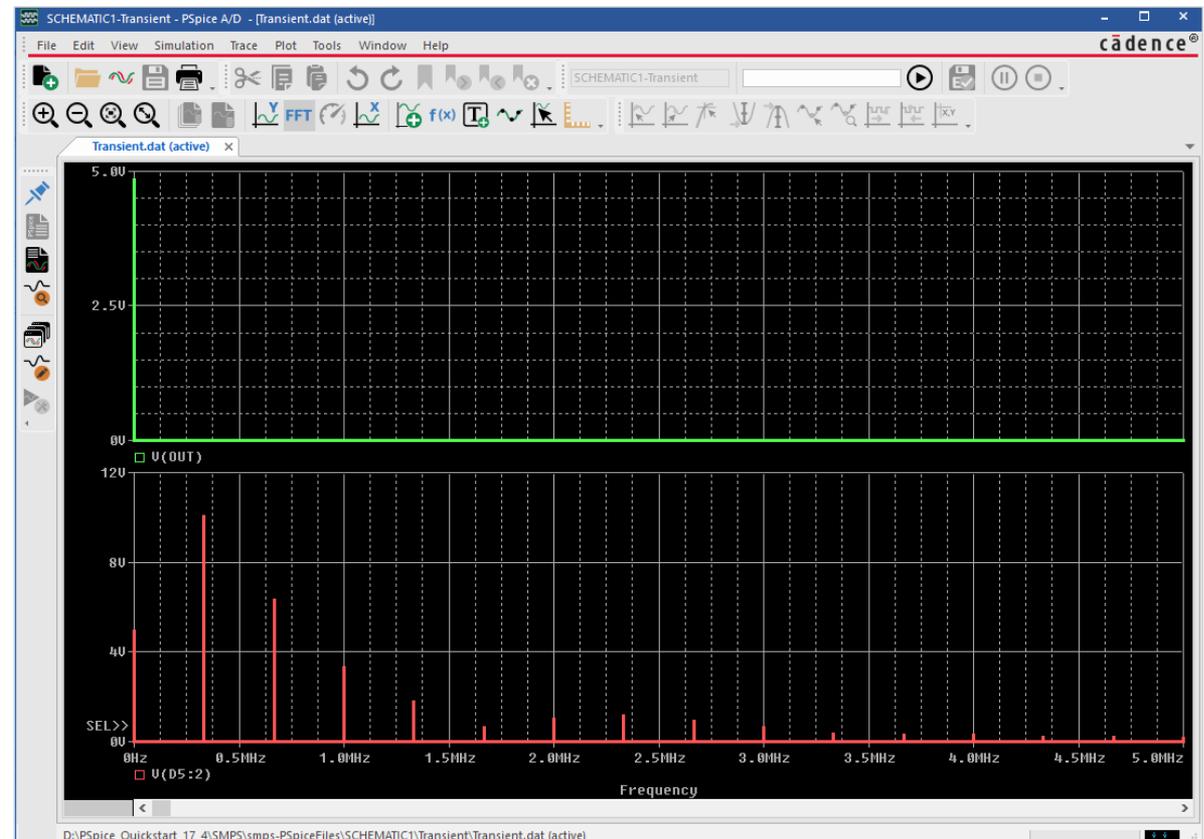
- Stellen Sie in zwei unterschiedlichen Fenstern die Spannungen z. B. an der Diode D5 und die Ausgangsspannung V(OUT) dar.

Tipp 1

- **Plot > Add plot to Window** erzeugt einen 2. Plot.

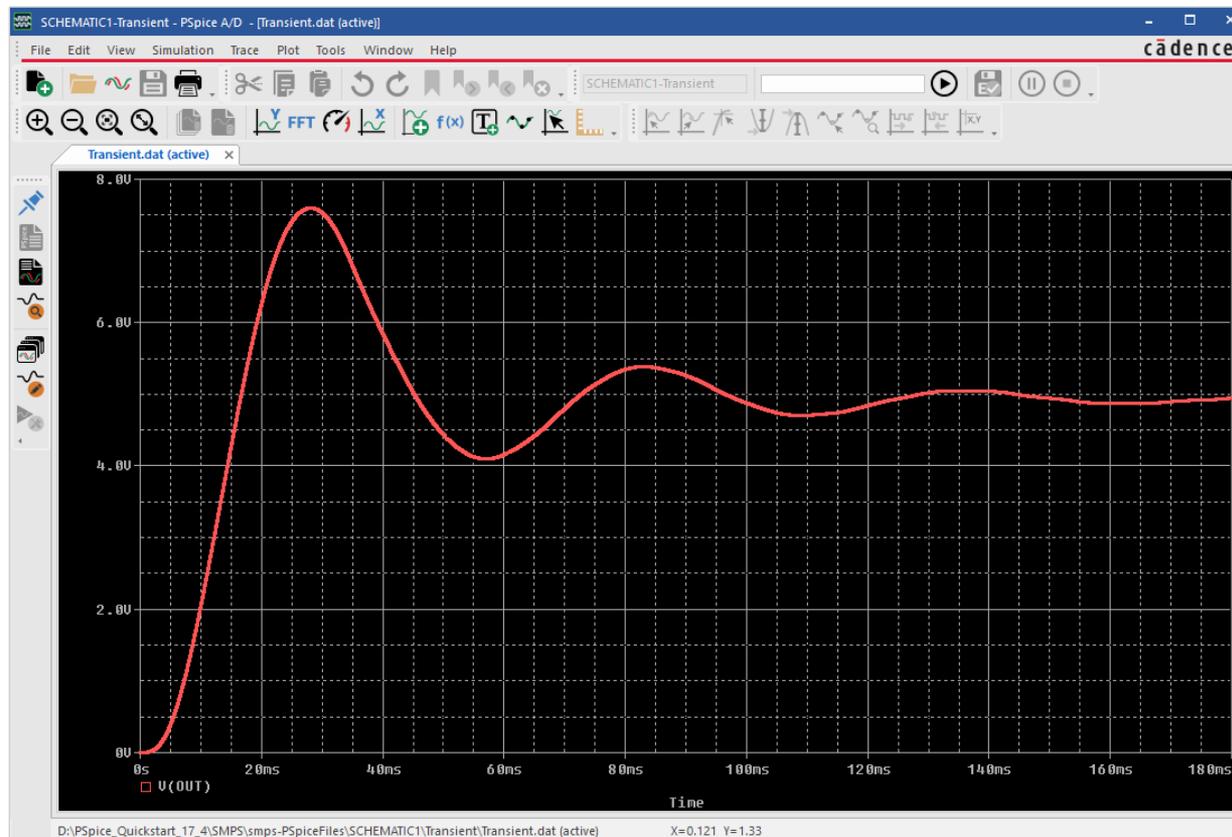
Tipp 2

- Die Fourier Analyse kann mit **Trace > Fourier** oder mit dem Button **FFT** berechnet werden.



Analyse (V): Die Ausgangsspannung

Die Ausgangsspannung nähert sich oszillierend der Spannung von ca. 5 V an. Die geringe Restwelligkeit ist unter anderem dem großen Kondensator C1 und dem Tiefpassfilter zu verdanken.

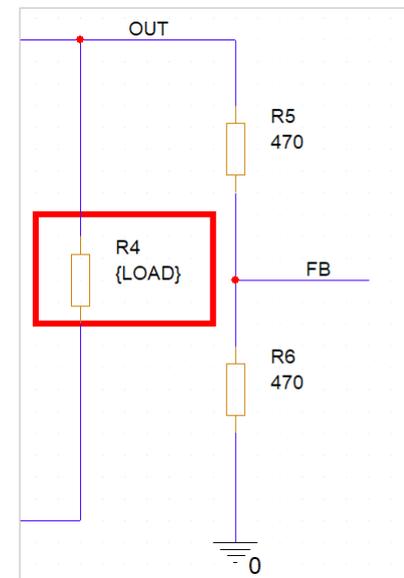


Parameter Analyse (I)

Bei der Parameter Analyse kann eine Schaltung mit verschiedenen Parametern (z. B. Werten für Komponenten) simuliert werden.

Die Schaltung ist schon für den Einsatz von Parametern vorbereitet. Nachstehend noch einmal die vier wichtigsten Schritte zusammengefasst:

- **Definition der globalen Parameter**
 - Platzieren Sie das Symbol **PARAM** aus der special.olb auf dem Schaltplan. Es dient als Platzhalter für globale Parameter. Hier z. B. für den nominalen Widerstandswert von 50 Ohm für R4
- **Ersetzen des fixen Wertes einer Komponente mit dem Parameter**
 - Doppelklicken Sie auf den Wert der Komponente, welchen Sie durch einen Parameter ersetzen wollen. Dazu wird der Wert mit dem Namen des Parameters ersetzt und in geschweifte Klammern geschrieben {}.



Place Part

Part: param

Part List:

- INCLUDE
- IPLOT
- IPRINT
- LIB
- NODESET1
- NODESET2
- PARAM**
- PRINT1

Libraries:

- AMPLIFIER
- Design Cache
- SOURCE
- SOURCSTM
- SPECIAL**

Packaging
Parts per Pkg: 1

Part:

Type: Homogeneous

Normal Convert

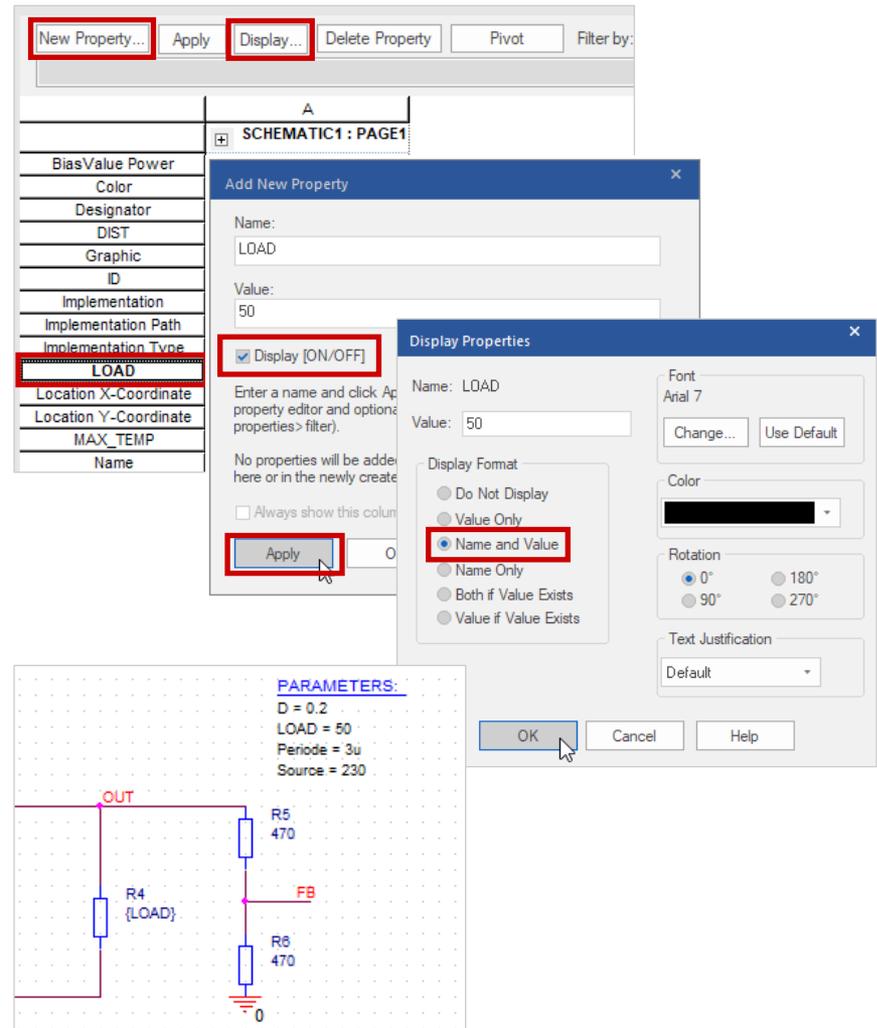
Search for Part

PARAMETERS:

D = 0.2
 Period = 3u
 Source = 230
 LOAD = 50

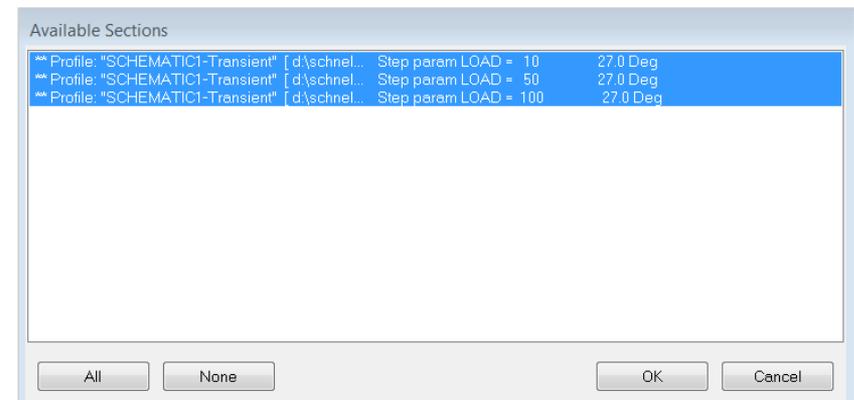
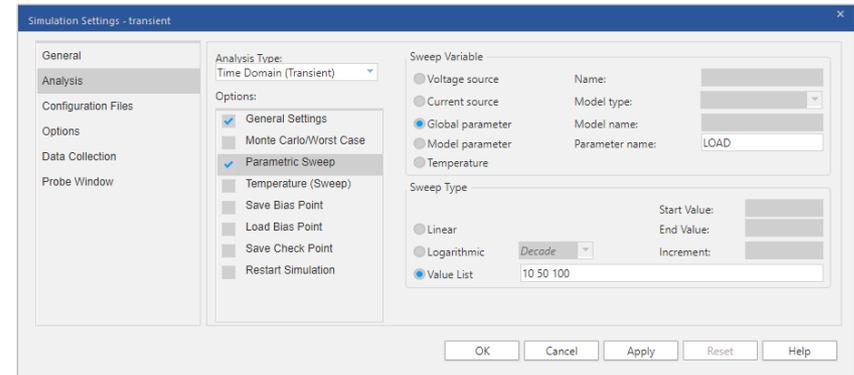
Parameter Analyse (II)

- **Globale Parameter zuweisen und im Schaltplan anzeigen**
 - Doppelklick auf das Symbol **PARAMETERS** um den Property Editor zu öffnen.
 - Klick **New Property** um einen neuen Parameter zu generieren.
 - **LOAD, 50** in Name und Value eingeben.
 - **Apply** generiert neuen Parameter.
 - **Cancel** um das Fenster zu schließen.
 - **LOAD** selektieren und auf **Display** klicken. Das Display Properties Fenster öffnet sich.
 - Display **Name and Value** auswählen.
 - Wiederholen für die anderen Parameter **D**, **Periode** und **Source**.
 - Nach **OK** sind sowohl die Parameter als auch die Werte im Schaltplan sichtbar.



Parameter Analyse (III)

- Ein Simulationsprofil für die Parameter Analyse bearbeiten
 - Editieren Sie das bestehende Simulationsprofil mit **PSpice > Edit Simulation Profile** (oder mit ).
 - Analyse Typ auf **Time Domain** setzen.
 - **Parametric Sweep** auswählen.
 - Als Sweep Variable **Global parameter** wählen.
 - Den Parameter Namen **LOAD** eingeben.
 - Als Sweep Type **Value List** auswählen.
 - In die Liste die Werte **10, 50 und 100** eingeben (mit Leerzeichen getrennt).
 - **OK** zum Akzeptieren der Einstellungen.
- Starten der Simulation mit F11 oder .
- Die Simulation benötigt etwa 15 Minuten. Nach der Simulation erscheint ein Auswahl-Fenster. Alle Simulationen auswählen und mit **OK** bestätigen.



Ergebnis der Parameter Analyse (I)

Gemäß der Auswahl der Simulationen im Auswahlfenster (All) erhalten Sie drei Kurven für die verschiedenen LOAD Werte.

Ergebnis

Man sieht, dass sich sowohl das zeitliche Verhalten als auch der Wert der Ausgangsspannung mit der Last ändert.

Tipp 1

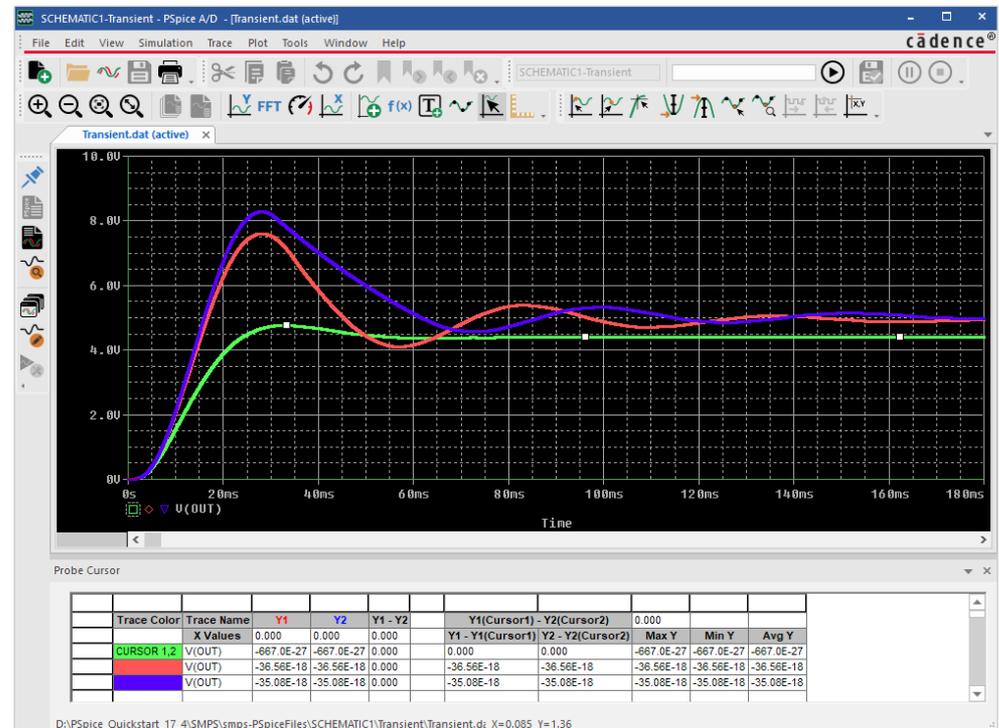
Mit einem **rechten Mausklick** und **Trace Information** erhält man Auskunft über den Parameter Wert.

Mit **Plot > Transient** erhält man das Auswahlfenster wieder.

Tipp 2

Das Probe Cursor Fenster erhält man mit **Trace > Cursor > Display** (oder mit ).

In den Untermenüs finden Sie eine Vielzahl von Untersuchungsmöglichkeiten der Kurven.



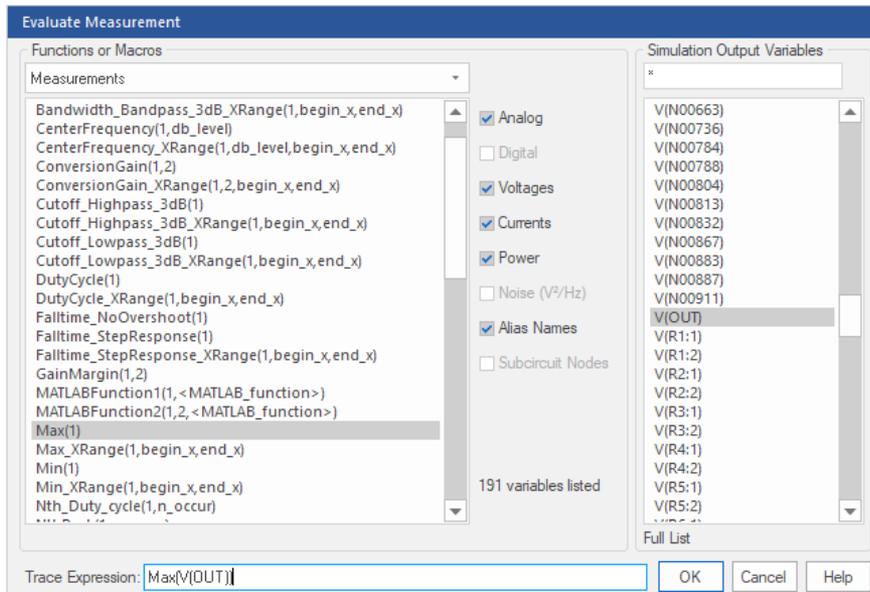
Ergebnis der Parameter Analyse (II)

Probe erlaubt eine Vielzahl von Messungen an den dargestellten Kurven.

- **View > Measurement Results** oder ein Klick auf  öffnet das folgende Fenster unterhalb des Simulationsfensters (Fenster mit den Kurven):

Time			
Measurement Results			
Evaluate	Measurement	Value	
Click here to evaluate a new measurement...			

- Ein Klick auf **Click here to evaluate a new measurement** öffnet ein neues Fenster. Wählen sie unter **Measurements Max()** und dann die Variable **V(OUT)**.



Ergebnis der Parameter Analyse (III)

- Die Maximalwerte der Spannungen aus den drei Simulationen werden angezeigt:

Measurement Results						
Evaluate	Measurement	1	2	3		
<input checked="" type="checkbox"/>	Max(V(OUT))	4.76254	7.59829	8.28274		
Click here to evaluate a new measurement...						

- Um Messungen an gleichen oder unterschiedlichen Kurven vorzunehmen, nimmt man die **Toggle Cursor** Funktionalität.
- Es stehen zwei Positionsmarken (**Cursor**) mit zwei verschiedenen Auswertefenstern zur Verfügung.
 - Klicken Sie auf  und dieses Fenster erscheint:

Trace Color	Trace Name	Y1	Y2	Y1 - Y2	Y1(Cursor1) - Y2(Cursor2)				
X Values					Y1 - Y1(Cursor1)	Y2 - Y2(Cursor2)	Max Y	Min Y	Avg Y
CURSOR 1	V(OUT)	4.762595382	4.627701665	134.89371709m	0.00000000	-2.959169963	4.762595382	4.627701665	4.695148523
CURSOR 2	V(OUT)	7.228815258	7.586871628	-358.05636918m	2.466219877	0.00000000	7.586871628	7.228815258	7.407843443
	V(OUT)	7.881059180	8.270256740	-389.19756044m	3.118463798	683.38511272m	8.270256740	7.881059180	8.075657960

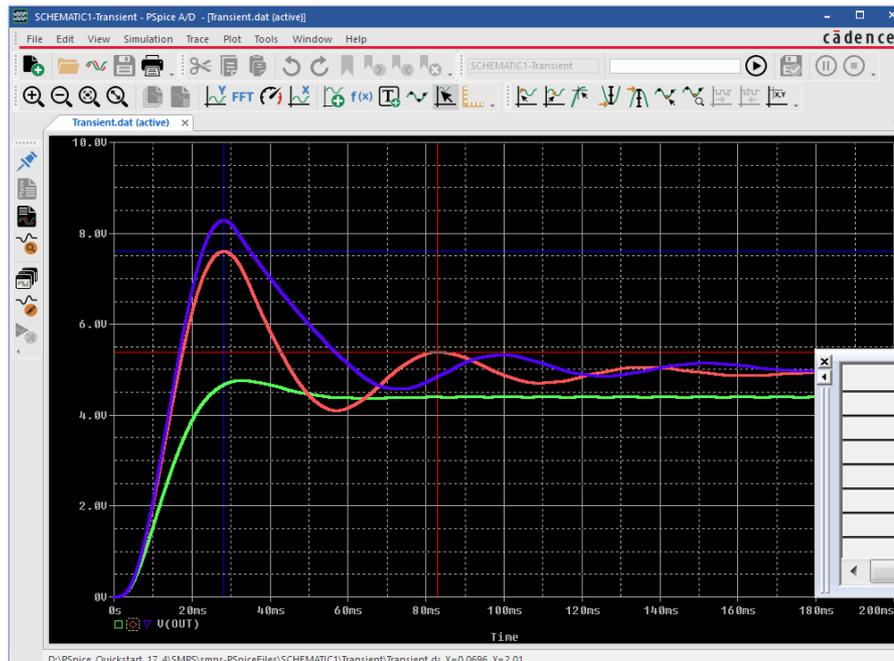
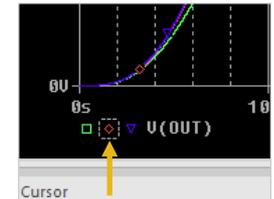
- Die Darstellung der Positionsmarken kann mit **Tools > Options > Cursor Settings** angepasst werden.

Ergebnis der Parameter Analyse (IV)

- Cursor 1 wird mit der linken Maustaste (LMT) gesteuert, Cursor 2 mit der rechten Maustaste (RMT), z. B. um die Zeitdifferenz zweier lokaler Maxima einer Kurve zu bestimmen.

Tipp

- Zunächst festlegen, welche Kurve man mit welchem Cursor messen möchte. Dazu mit LMT oder RMT auf das Kurvensymbol klicken (in der unteren linken Ecke der Kurvenanzeige). Cursor mit RMT oder LMT setzen.



Max Values are:
5.3853 V and 7.5983 V

Time between is:
54.817 ms

Trace Color	Trace Name	Y1	Y2	Y1 - Y2
	X Values	82.929m	28.112m	54.817m
	V(OUT)	4.3980	4.6653	-267.240m
CURSOR 1,2	V(OUT)	5.3853	7.5983	-2.2130
	V(OUT)	4.8483	8.2827	-3.4344

Schlussbemerkungen

- Nachdem man sich mit den Beispielen im Schnellstart auseinandergesetzt hat, sollte man in der Lage sein, erste einfache PSpice Simulationen durchführen zu können.
- Dieser Schnellstart ersetzt kein PSpice Training wie es von FlowCAD oder Cadence angeboten wird. Es dient nur der Vermittlung von ersten essentiellen Schritten, um einen Einblick in die Möglichkeiten von PSpice zu erhalten.
- Sollten benötigte PSpice Modelle nicht in den Standardbibliotheken vorhanden sein, fragen Sie beim Hersteller nach. Diese Modelle können über die Simulationseinstellungen im Simulationsprofil mit eingebunden werden. Darüber hinaus bietet PSpice auch einen leistungsstarken Model Editor an, mit dem man seine eigenen Modelle nur anhand von Datenblättern erstellen kann.
- Es ist durchaus möglich mit PSpice auch mechanische Simulationen, wie z. B. die eines Stoßdämpfers oder eines Fensterhebers durchzuführen. Sie benötigen dazu elektrische Ersatzmodelle für diese mechanischen Elemente. Diese sind allerdings nicht Teil der üblichen Bibliotheken, die mit der Software von Cadence ausgeliefert werden.
- PSpice unterstützt die Simulationen von Schaltungen, in denen analoge und digitale Signale gleichzeitig zu simulieren sind.

PSpice Erweiterungen

- PSpice ist nicht nur ein analog / digital Simulator, sondern dient auch als Werkzeug um die Leistungsfähigkeit, Zuverlässigkeit, Produktivität, Machbarkeit, Kosten und Qualität von Schaltungen zu verbessern. Dies geschieht z. B. mittels Einsatz der Empfindlichkeitsanalyse, Parameter Analyse, Monte-Carlo Analyse, Langzeit-Zuverlässigkeitsanalyse (Smoke) und durch Optimierung mit der PSpice Advanced Analysis Option.
- PSpice erlaubt die Simulation auf Systemebene aufgrund der Eigenschaft die Funktionalität von Mikrocontrollern, Mikroprozessoren über abstrakte Modelle in C/C++, SystemC und VerilogA abzubilden. In Kombination mit der akkuraten analogen und Mixed-Signal Simulation ist es möglich, ein gesamtes System inklusive aller Algorithmen in einer Plattform zu simulieren.
- Eine weitere Anwendungsmöglichkeit besteht darin, dass PSpice mit MATLAB verbunden werden kann. Cadence stellt einen modifizierbaren Programmieradapter (SLPS, Simulink-PSpice) zur Verfügung. Dieser erlaubt eine Co-Simulation mit MATLAB sowie eine Nachverarbeitung von PSpice Daten durch MATLAB. Außerdem können MATLAB Block Funktionen in der PSpice Umgebung genutzt werden.

Contact us / Kontakt zu FlowCAD

Please do not hesitate to contact us.

Für weitere Fragen und Informationen stehen wir gerne zur Verfügung.

FlowCAD Deutschland

Mozartstr. 2
85622 Feldkirchen bei München
T +49 89 45637-770
info@FlowCAD.de



FlowCAD Schweiz

Hintermättlistr. 1
5506 Mägenwil
T +41 56 485 91 91
info@FlowCAD.ch



FlowCAD Polska

ul. Sąsiedzka 2A
80-298 Gdańsk
T +48 58 727 90 90
info@FlowCAD.pl



Follow Us



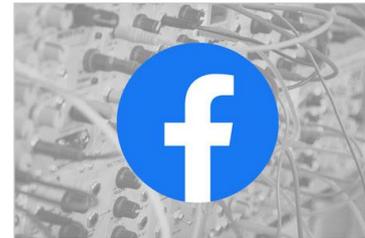
[FlowCAD.com/ newsletter](http://FlowCAD.com/newsletter)

The FlowCAD newsletter for PCB designers appears about every two months. It is free of cost and will be sent by e-mail.



[youtube.com/ FlowCAD](http://youtube.com/FlowCAD)

On our YouTube channel you can find 100+ tutorials to learn more about electronic circuits. Our playlists also offer product news and webinars.



[twitter.com/ FlowCAD](http://twitter.com/FlowCAD)

On FlowCAD's Twitter we provide press releases, news articles, films and images as well as reports from events.



[facebook.com/ FlowCAD](http://facebook.com/FlowCAD)

Join our Facebook page. You will find selected news, events, success stories and insights.

Don't forget to subscribe, share and like!

FlowCAD