



The screenshot displays the LTspice IV interface. The top window shows the 'IGBT Electrical Parameters' for the IXGH80N65B4H1 model, including product, package, and model format information. A context menu is open over the parameter list, showing options like Run, Halt, Undo, Redo, Cut, Copy, Paste, Find, Visible Traces, Create Symbol, Generate Expanded, and Open .inc/.lib File. The bottom window shows a schematic diagram of the IGBT model with pins labeled G, C, and E. A 'Pin/Port Properties' dialog box is open, showing pin justification options (TOP, LEFT, RIGHT, BOTTOM) and other settings. The schematic also includes a yellow rectangular component and the text 'Unnn IXGH80N65B4H1'.

Spice-Modelle in LTspice einbinden

Prof. Dr.-Ing. A. Klönne

07.06.16

Vorwort

Immer wieder muss man externe Spice-Modelle in seine LTspice-Simulationen einbinden. Diese kleine Anleitung soll dem Nutzer bei der Einbindung helfen und ihm einige Mühsal im Erstellen ersparen.

Die Anleitung ist als Schritt-für-Schritt-Anleitung konzipiert. Über Anregungen oder Verbesserungen freue ich mich natürlich.

07.06.16 *Alfons Klönne, Hochschule Karlsruhe*

Email: alfons.kloenne@hs-karlsruhe.de

Revision

Erste Erstellung: 07.06.16

Inhaltsverzeichnis

1	Verwendung von externen SPICE-Modellen	4
1.1	Modelle von Basiselementen einbinden	4
1.1.1	Schnelle Lösung mit Spice-Text in Simulationsoberfläche	5
1.1.2	Schnelle Lösung mit include-Anweisung	5
1.1.3	Mehrfache Nutzung für Basiselement.....	6
2	Spice-Modell als Subcircuit einbinden	8
2.1	Symbollayout anpassen	10
3	Literaturverzeichnis.....	14

1 Verwendung von externen SPICE-Modellen

Viele Hersteller bieten für ihre Bauelemente SPICE-Modelle für die Simulation an. Damit soll der Kunde das Bauteilverhalten in seiner Anwendung simulieren können. Sollen externe Spice-Modelle eingebunden werden, sind folgende Fragen zu stellen:

- Handelt es sich bei dem zu simulierenden Bauelement um ein Basiselement (so z.B. Widerstand, Diode, Transistor)?
- Soll das neue Modell nur einmalig verwendet werden?
- Handelt es sich um ein neues Bauelement, welches kein Basiselement ist?

1.1 Modelle von Basiselementen einbinden

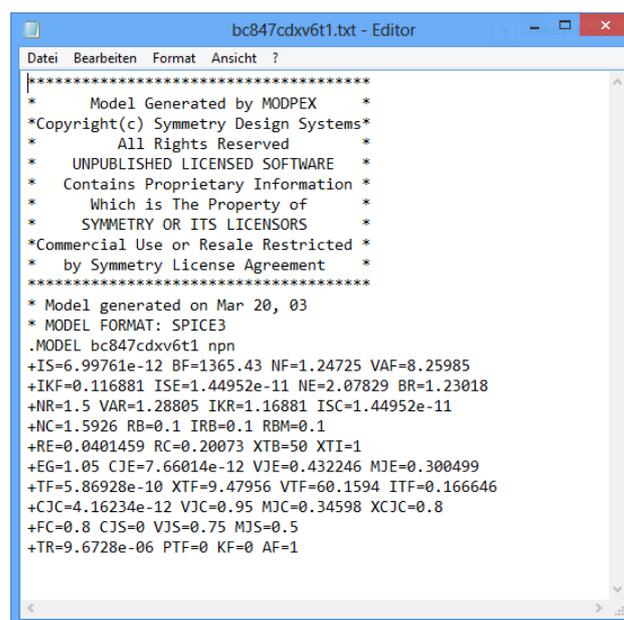
Basiselemente sind bereits vordefinierte Bauelemente. Dazu gehören z.B. Bipolartransistoren, Dioden, Widerstände oder dergleichen.

Die Verwendung von Modellen für Basiselemente soll am Beispiel des Transistors BC847C erläutert werden. Beim Bipolartransistor handelt es sich um ein solches Basiselement. LTspice stellt bereits eine Vielzahl von Bauteilmodellen für den Bipolartransistor zur Verfügung.

Viele Hersteller von Halbleitern bieten nun für die Basiselemente ihre Parametersätze zur Simulation in Spice an. Damit wird das allgemeine Basiselement mit einer Liste von produktspezifischen Parametern versorgt. Im Fall des BC847C wird die Modelldatei vom Hersteller ON Semiconductor unter

http://www.onsemi.com/pub_link/Collateral/BC847CDXV6T1.SP3

angeboten. Sie kann mit einem Texteditor geöffnet werden, siehe Abb. 1.1.



```

*****
* Model Generated by MODPEX *
*Copyright(c) Symmetry Design Systems*
* All Rights Reserved *
* UNPUBLISHED LICENSED SOFTWARE *
* Contains Proprietary Information *
* Which is The Property of *
* SYMMETRY OR ITS LICENSORS *
*Commercial Use or Resale Restricted *
* by Symmetry License Agreement *
*****
* Model generated on Mar 20, 03
* MODEL FORMAT: SPICE3
.MODEL bc847cdxv6t1 npn
+IS=6.99761e-12 BF=1365.43 NF=1.24725 VAF=8.25985
+IKF=0.116881 ISE=1.44952e-11 NE=2.07829 BR=1.23018
+NR=1.5 VAR=1.28805 IKR=1.16881 ISC=1.44952e-11
+NC=1.5926 RB=0.1 IRB=0.1 RBM=0.1
+RE=0.0401459 RC=0.20073 XTB=50 XTI=1
+EG=1.05 CJE=7.66014e-12 VJE=0.432246 MJE=0.300499
+TF=5.86928e-10 XTF=9.47956 VTF=60.1594 ITF=0.166646
+CJC=4.16234e-12 VJC=0.95 MJC=0.34598 XCJC=0.8
+FC=0.8 CJS=0 VJS=0.75 MJS=0.5
+TR=9.6728e-06 PTF=0 KF=0 AF=1

```

Abb. 1.1: Spice-Modelldatei des Transistors BC847C (Quelle: ON Semiconductor)

Die Beschreibung des Bauteils in Abb. 1.1 beginnt mit der Direktive `<.model >`, gefolgt von einer Liste von Wertzuweisungen. Daran zeigt sich, dass diese Modelldatei lediglich Parameter für das Basiselement zur Verfügung stellt. Deshalb wurde sie (entgegen dem Beispiel des Herstellers) im `.mod` Format abgespeichert.

Welches Format gewählt wird, spielt für den Simulator keine Rolle, da es sich bei den zulässigen drei Formaten ausschließlich um ASCII-Formate handelt, die alle mit einem Texteditor geöffnet und verändert werden können.

Die zulässigen Dateiformate für LTspice sind

- `.lib`
- `.sub`
- `.mod`

1.1.1 Schnelle Lösung mit Spice-Text in Simulationsoberfläche

Für die schnelle Anwendung wird einfach die Spice-Datei als Spice-Befehl in die Schematic-Oberfläche hineinkopiert, siehe nachfolgende Abbildung Abb. 1.2:

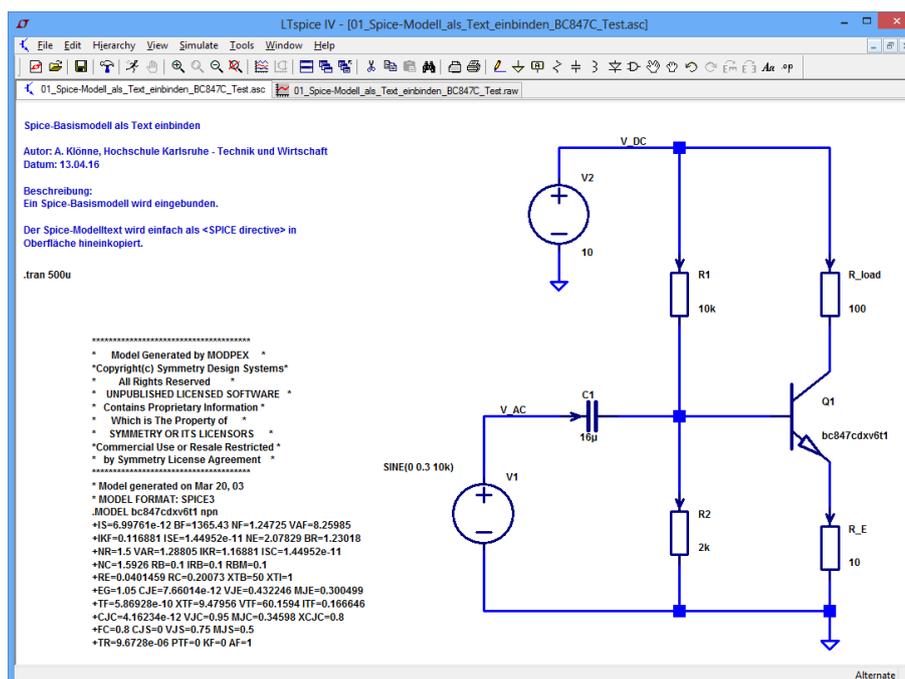


Abb. 1.2: Spice-Modelldatei als Spice-Directive hineinkopiert in die Simulationsoberfläche. Man beachte, dass der Transistor Q1 die Bezeichnung des „MODEL“ haben muss.

1.1.2 Schnelle Lösung mit include-Anweisung

Soll das Spice-Modell nur schnell einmal in der aktuellen Simulation benutzt werden, bietet sich die Einbindung über die `include`-Anweisung an.

Dazu wird die Spice-Modellbeschreibung (hier: `BC847CDXV6T1.mod`) als ASCII-File im Arbeitsverzeichnis abgespeichert. Um das Transistormodell zu verwenden, wird ein Bipo-

lartransistor auf dem Schaltplan platziert. Danach wird ein Rechtsklick auf die Bauteilbeschriftung „NPN“ (Name des verwendeten Modells) ausgeführt. Im erscheinenden Attributfenster wird die Bezeichnung „NPN“ durch den Namen des Modells (Ausdruck hinter der .model Direktive, hier: BC847CDXV6T1) ersetzt. Zusätzlich muss dem Simulator noch mitgeteilt werden, wo er das Modell findet. Hierzu wird die SPICE Direktive

```
< .include bc847cdxv6t1.mod >
```

auf dem Schaltplan platziert. Jetzt steht das Modell des BC847C zur Simulation bereit. Sollte es in einer anderen Simulation nochmals benötigt werden, muss die .mod- Datei im Arbeitsverzeichnis der neuen Simulation abgespeichert sein. Dann kann auch hier mit dem BC847C simuliert werden. Da die Modelldatei als Text-Datei eingebunden wird, darf sie auch mit dem Namen .txt, .lib, .sub enden.

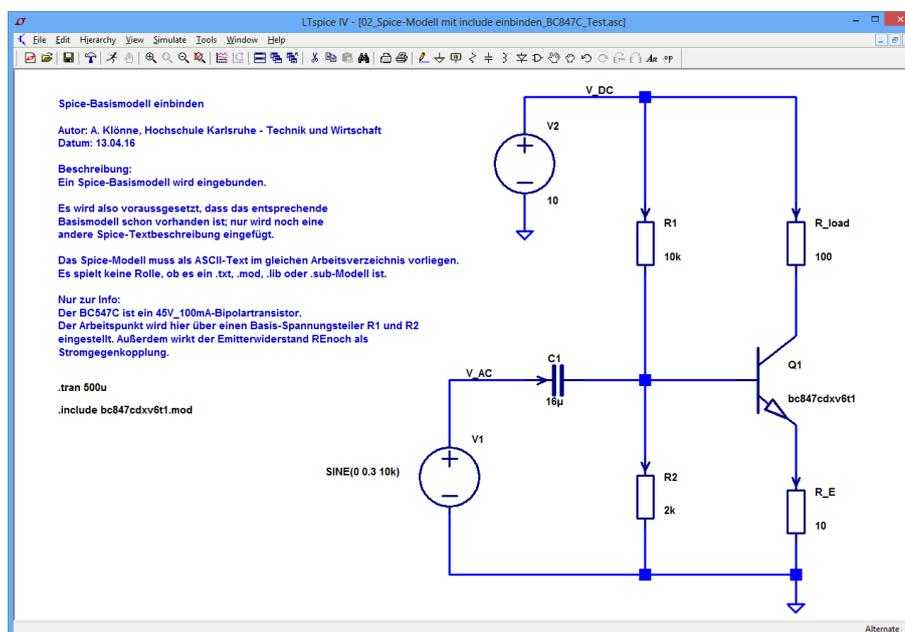


Abb. 1.3: Spice-Modell über `< .include >` Befehl einbinden. Die Spice-Datei muss im gleichen Verzeichnis wie die Simulation liegen.

1.1.3 Mehrfache Nutzung für Basiselement

Will man immer wieder auf ein neues Spice-Basiselement zugreifen, so bindet man es am besten gleich in die Standardbibliotheken ein. Dann kann man bei jeder neuen Simulation direkt das neue Element auswählen.

In diesem Beispiel wird der Spice-Text in die Bibliothek des entsprechenden Basiselements – in diesem Fall des Bipolartransistors – hineinkopiert, siehe Abb. 1.4. Die Standard-Libraries sind im Installationspfad unter

```
C:\Programme\LTspiceIV\lib\cmp
```

zu finden. Dann kann das Bauelement im Attributfenster des Basiselements mit dem

```
<Pick New>
```

Button erreicht werden, siehe Abb. 1.5.

```

standard.bjt - Editor
Datei Bearbeiten Format Ansicht ?
+ Vceo=20 Icrating=0.02 mfg=Philips)
*
.MODEL BF314 NPN(
+ BF = 40 RB = 15 RE = 1 RC = 40 TF = 0.2n
+ CJC = 0.3p MC = 0.4 VA = 50 RC = 1
+ CJE = 0.5p ME = 0.6
+ Vceo=20 Icrating=0.02 mfg=Philips)
*
*****
* Modell BC847C von ON Semiconductor
* eingebunden von AK am 1304.16
* Quelle: http://www.onsemi.com/pub_link/Collateral/BC847CDXV6T1.SP3
*****
* Model Generated by MODPEX
* Copyright(c) Symmetry Design Systems*
* All Rights Reserved
* UNPUBLISHED LICENSED SOFTWARE
* Contains Proprietary Information
* Which is The Property of
* SYMMETRY OR ITS LICENSORS
* Commercial Use or Resale Restricted
* by Symmetry License Agreement
*****
* Model generated on Mar 20, 03
* MODEL FORMAT: SPICE3
.MODEL bc847cdxv6t1 npn
+IS=6.99761e-12 BF=1365.43 NF=1.24725 VAF=8.25985
+IKF=0.116881 ISE=1.44952e-11 NE=2.07829 BR=1.23018
+NR=1.5 VAR=1.28805 IKR=1.16881 ISC=1.44952e-11
+NC=1.5926 RB=0.1 IRB=0.1 RBM=0.1
+RE=0.0401459 RC=0.20073 XT8=50 XT1=1
+EG=1.05 CJE=7.66014e-12 VJE=0.432246 MJE=0.300499
+TF=5.86928e-10 XTF=9.47956 VTF=60.1594 ITF=0.166646
+CJC=4.16234e-12 VJC=0.95 MJC=0.34598 XCJC=0.8
+FC=0.8 CJS=0 VJS=0.75 MJS=0.5
+TR=9.6728e-06 PTF=0 KF=0 AF=1 mfg= ON Semiconductor

```

Abb. 1.4: Ergänzung des Spice-Modells BC847C in Standardbibliothek. Die Original-Basiselementdatei „standard.bjt“ ist hier um die Spice-Modell-Beschreibung des Transistors ergänzt worden (siehe markierten Text).

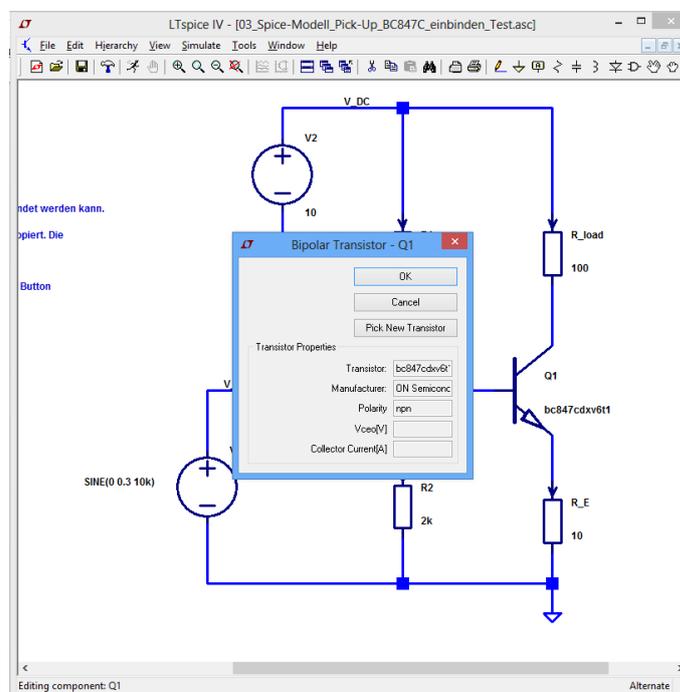


Abb. 1.5: Zugriff auf neues Basiselement über < Pick New Transistor > . Man klickt dazu mit der rechten Maustaste auf Q1 und öffnet das Attributfenster.

2 Spice-Modell als Subcircuit einbinden

Alternativ kann unter Nutzung des bereits bestehenden Transistorsymbols ein Subcircuit erstellt werden, mit dem das neue Modell aufgerufen wird. In diesem Fall erscheint das neue Modell in der Bauteildatenbank als neues, zusätzliches Element.

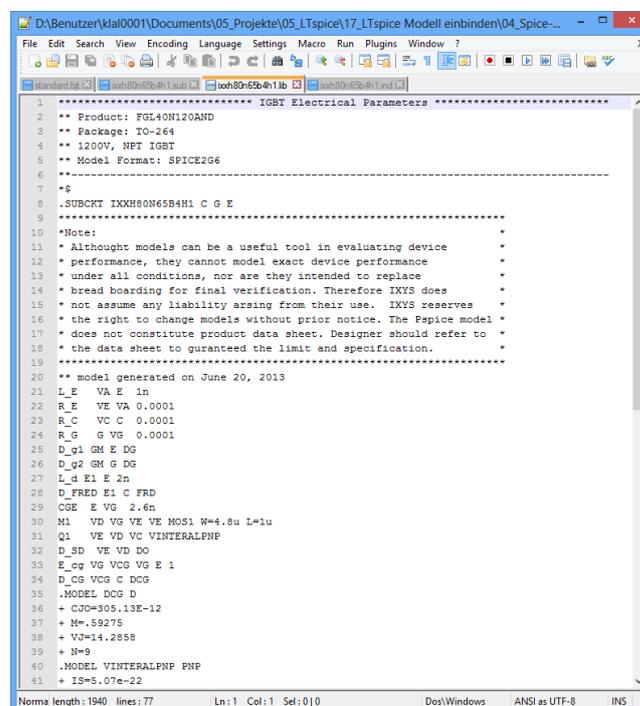
In dem folgenden Beispiel soll das Spice-Modell eines IGBTs eingebunden werden. Der IGBT ist in LTspice kein Basiselement wie z.B. der Widerstand oder Transistor. Deshalb muss man hier den Spice-Code in ein Bauteilmodell umsetzen. Ein Bauteil besteht in LTspice aus zwei Anteilen:

- Netzliste (Spice-Code)
- Symbol (grafische Darstellung)

In dem Beispiel hier wird die PSpice-Modellbeschreibung des 650V-80A-IGBTs direkt von der Herstellerseite heruntergeladen:

<http://www.ixys.com/technicalsupport/pspice.aspx>

Das Spice-Modell sieht in einem Texteditor wie folgt aus, siehe Abb. 2.1 (am besten nutzt man hier nicht den Standard-Editor, sondern z.B. „Notepad“, weil dieser den Text nicht in eine Zeile presst). Weil es sich um eine Netzliste handelt, speichert man diese mit der Endung „*.net“ im Arbeitsverzeichnis ab. (Das ist nicht unbedingt notwendig, dient aber der Übersicht).



```

1 ***** IGBT Electrical Parameters *****
2 ** Product: FGL40N120AND
3 ** Package: TO-264
4 ** 1200V, NPT IGBT
5 ** Model Format: SPICE2G6
6 *****
7 *$
8 .SUBCIR IXXH80N65B4H1 C G E
9 *****
10 *Note:
11 * Although models can be a useful tool in evaluating device
12 * performance, they cannot model exact device performance
13 * under all conditions, nor are they intended to replace
14 * bread boarding for final verification. Therefore IXYS does
15 * not assume any liability arising from their use. IXYS reserves
16 * the right to change models without prior notice. The Spice model
17 * does not constitute product data sheet. Designer should refer to
18 * the data sheet to guaranteed the limit and specification.
19 *****
20 ** model generated on June 20, 2013
21 L_E VA E 1n
22 R_E VE VA 0.0001
23 R_C VC C 0.0001
24 R_G G VG 0.0001
25 D_g1 GM E DG
26 D_g2 GM G DG
27 L_d E1 E 2n
28 D_FRED E1 C FRD
29 CGE E VG 2.6n
30 M1 VD VG VE VE MOS1 W=4.8u L=1u
31 Q1 VE VD VC VINTERALFNP
32 D_SD VE VD DO
33 E_cg VG VCG VG E 1
34 D_CG VCG C DCG
35 .MODEL DCG D
36 + CJD=305.13E-12
37 + M=.5925
38 + VJ=14.2858
39 + N=9
40 .MODEL VINTERALFNP FNP
41 + IS=5.07e-22

```

Abb. 2.1: Spice-Modell des IGBTs IXXH80N65B4H1 der Firma IXYS.

In LTspice ruft man nun die Netzliste unter <File> <Open> <Dateityp Netlists > auf, siehe Abb. 2.2. Man kann auch das Textfile der Spice-Netzliste öffnen, muss dazu aber beim Öffnen darauf achten, dass beim Dateityp „All Files“ angegeben wird.

2.1 Symbol erzeugen

Anschließend erzeugt man automatisch ein Symbol aus der Netzliste. LTspice ist in der Hinsicht recht komfortabel:

- Zeile „SUBCKT IXXH80N65B4H1 C G E“ markieren
- → Rechte Maustaste → „Create Symbol“

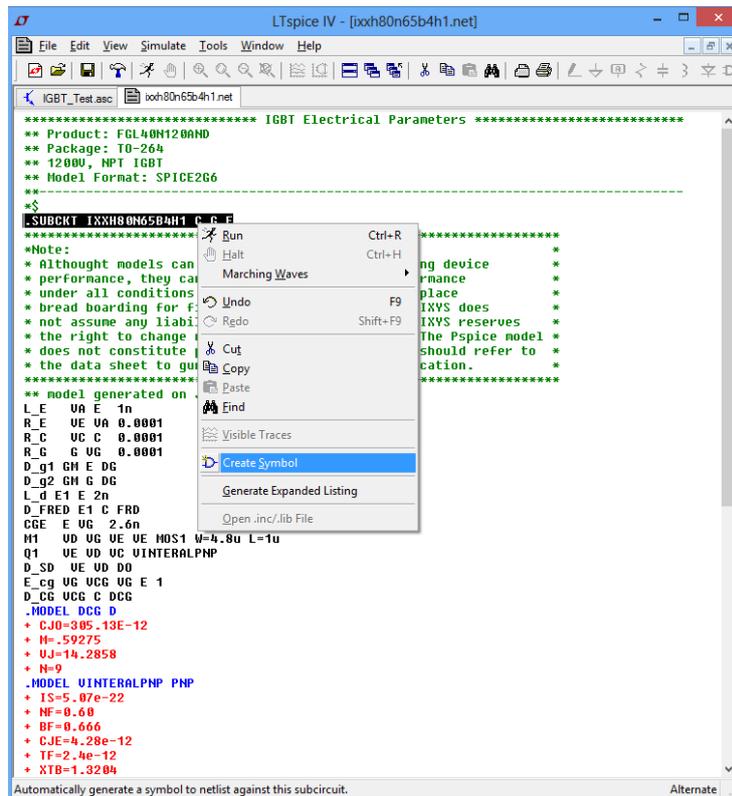


Abb. 2.2: Spice-Modell für automatische Modellerzeugung vorbereiten. Dazu wird die Titelzeile „SUBCKT IXXH80N65B4H1 C G E“ markiert und per Rechtsklick < Create Symbol > aufgerufen.

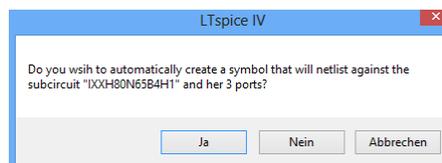


Abb. 2.3: Symbol automatisch erzeugen

Das Symbol wird daraufhin automatisch erzeugt und sieht folgendermaßen aus, siehe Abb. 2.4. Das „U“ im Namen zeigt, dass es sich um ein selbsterstelltes Symbol mit einer Unterstruktur handelt.

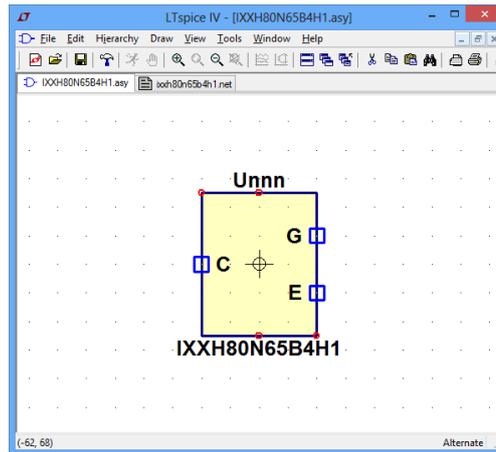


Abb. 2.4: Erzeugtes Symbol

Das Symbol trägt die Endung „.asy“. Das zeigt, dass es sich um ein Symbol handelt. Das Symbol wird automatisch im Verzeichnis

- LTspiceIV\lib\sym\Autogenerated

gespeichert und steht dann für die allgemeine Nutzung zur Verfügung. Man kann in der Simulation auf das Modell unter

→ Select → Select Component Symbol → AutoGenerated

zugreifen.

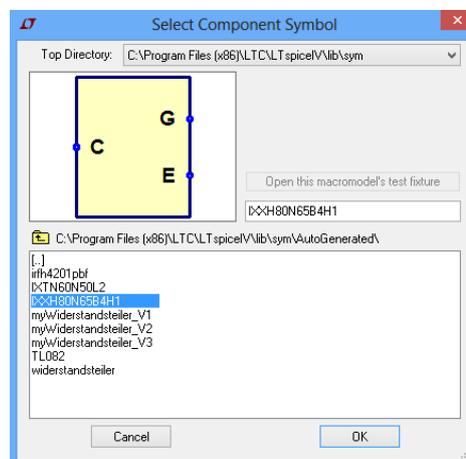


Abb. 2.5: Zugriff auf neues Symbol für IGBT

2.2 Symbollayout anpassen

Oftmals möchte man das Symboldesign den eigenen Vorstellungen anpassen. Dieses wird an dem obigen Beispiel demonstriert. Dazu werden mit dem Move-Befehl (F7) die Ports an die neue gewünschte Stelle geschoben. Mit dem → Draw → Line (Tastenkürzel "L") zeichnet man das gewünschte Layout und speichert dieses ab. Das Kreuzsymbol zeigt die Mitte des Symbols für den späteren Zugriff.

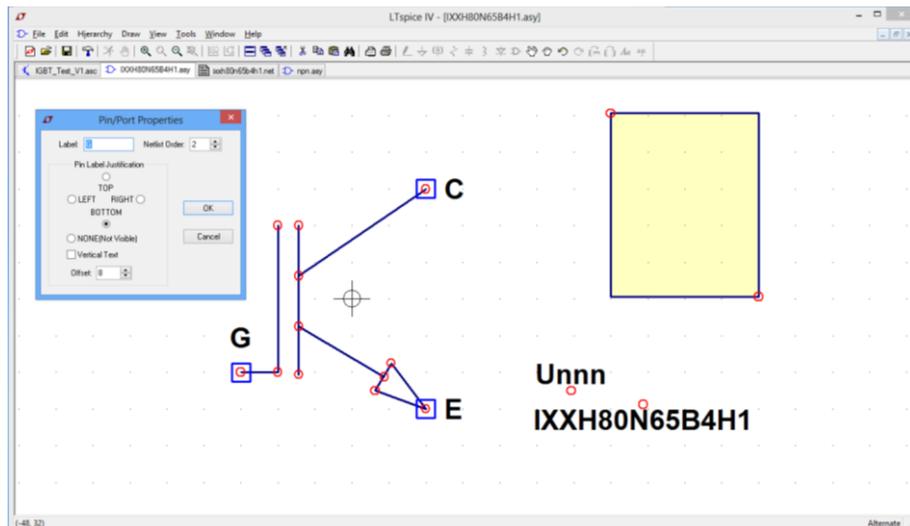


Abb. 2.6: Neues Symbol zeichnen

Standardmäßig wird das neue Symbol in der Symbolbibliothek (LTspiceIV \ lib \ sym \ Autogenerated) abgelegt. Die zugehörige Netzliste liegt weiter im ursprünglichen Arbeitsverzeichnis der Simulation.

Man speichert nun Symbol unter einem brauchbaren Namen in dem Ordner der Symbole im Installationspfad in einem z.B. selbsterstellten Ordner „EIT_AK_Eigene_Modelle_sub“ ab:

- Symbol in LTspiceIV \ lib \ sym \ EIT_AK_Eigene_Modelle_sub

Die Netzliste wird nach dem gleichen Prinzip in dem Ordner der Netzlisten im Installationspfad abgelegt. Natürlich muss man dem Symbol noch mitteilen, wo denn sich die neue Netzliste befindet, siehe Abb. 2.7 :

→ Edit → Attributes → Attributes Window → Symbol Attributes Editor → ModelFile

Hilfreich ist es auch, wenn man in der Zeile „Description“ noch eine Kurzinfo angibt. Diese wird später vom Editor als Beschreibungshilfe angezeigt.

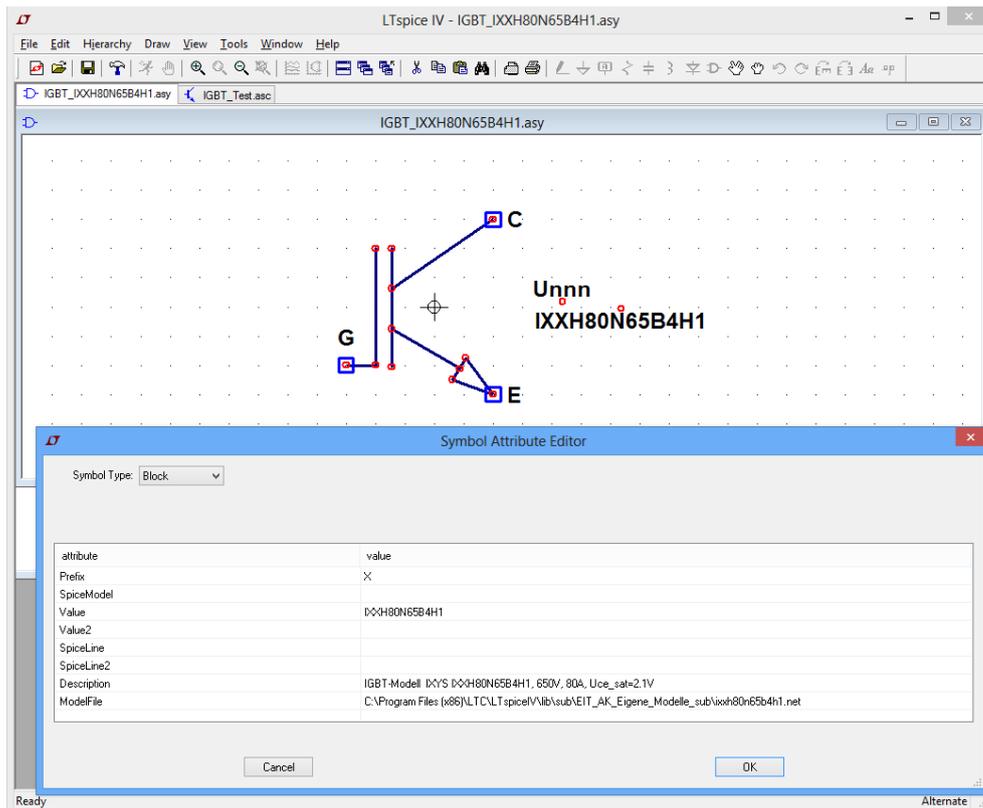


Abb. 2.7: Pfad für ModelFile angeben und Beschreibung hinzufügen

Will an einem anderen Anwender sein Modell weitergeben, muss man sowohl das Symbol als auch die Netzliste weitergeben.

Als Ergebnis erhält man ein eigenes Bauteilmodell, welches nun in die Simulation eingebunden werden kann, siehe Abb. 2.8. Das Einbinden des Modells geschieht, indem man es aus seiner Bauteilebibliothek aufruft:

→ Component → Select Component Symbol → EIT_AK_Eigene_Modelle

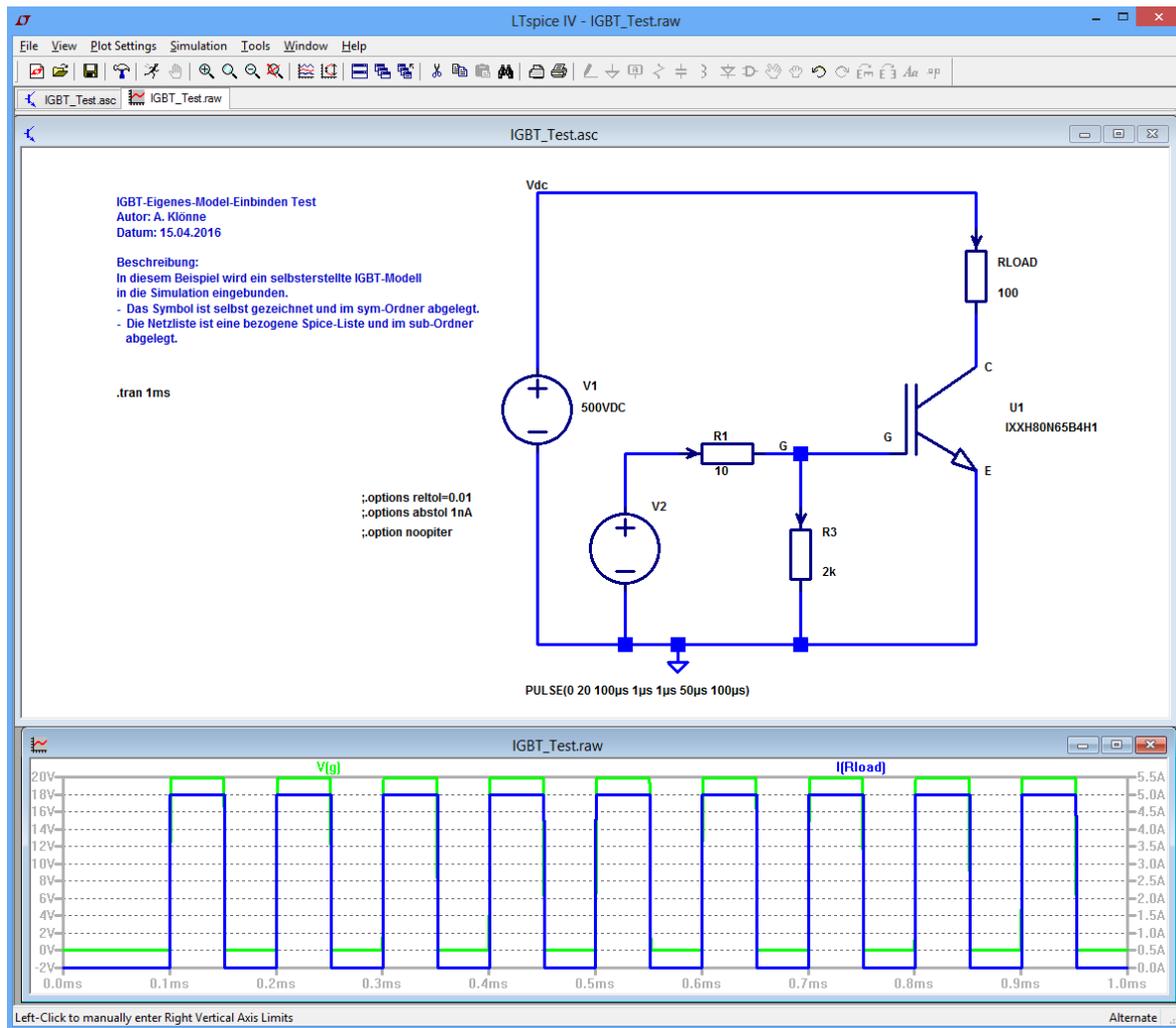


Abb. 2.8: Ergebnis: Das neue IGBT-Modell ist erfolgreich eingebunden.
Es kann über \rightarrow Component \rightarrow Select Component Symbol \rightarrow EIT_AK_Eigene_Modelle eingebunden werden.

3 Literaturverzeichnis

- [1] D. Tritschler, „LT Spice IV Tutorial,“ Hochschule Karlsruhe, Fakultät für Elektro- und Informationstechnik, Karlsruhe, 2012.
- [2] N. Kennedy, „Beginner's Guide to LTSpice,“ Uni Toronto, Computer Engineering Research Group, 10 Februar 2006. [Online]. Available: <http://www.eecg.toronto.edu/~ali/spice/LTspice/LTSpiceShortGuide.pdf>. [Zugriff am 7 Juni 2016].
- [3] G. Brocard, „Import von Bauteilmodellen,“ in *Simulation in LTspice IV, Handbuch, Methoden und Anwendungen*, Waldenburg, Würth Elektronik, 2011, p. 337 ff..