

Allgemeine Tips und Tricks

Simulation vorhandener Beispiele

1. Schaltplan-Editor **Schematics** starten.
2. Beispiel mit **File/Open** öffnen. Die Beispiele befinden sich im Ordner **MSimEv_8\Projects**, sofern bei der Installation kein anderer Ordner angegeben wurde.
3. Simulation mit **Analysis/Simulate** starten. ACHTUNG: Beim ersten Start wird automatisch eine Indexdatei **TS.ind** erstellt; dabei treten die Warnmeldungen **Unable to find index file...** und **Making index file...** auf. Sie können ignoriert werden.
4. Nach dem Start von **Probe** ggf. **Analysis Type** auswählen (**AC**, **DC** oder **Transient**).
5. Darstellung der Simulationsergebnisse in **Probe**: Bei unseren Beispielen sind bereits geeignete Einstellungen gespeichert. Man ruft sie mit **Tools/Display Control** auf und wählt dann **Restore**.
6. Andere, bereits berechnete Analysen (**AC**, **DC** oder **Transient**) kann man über das Menü **Plot** auswählen, das im unteren Teil eine Auflistung der durchgeführten Analysen enthält.
7. In unseren Beispielen haben wir alle Simulationen eingeschaltet, für die wir Simulator-Einstellungen gespeichert haben.

Zu vielen Beispielen gibt es eine Textdatei (.txt), die Erläuterungen zur Schaltung und den durchgeführten Analysen enthält. Diese Dateien können mit einem Texteditor, z.B. **Nodepad**, angezeigt werden.

Ausdrucken von Ergebnissen

Während sich die Diagramme des Anzeigeprogramms **Probe** auf einfache Weise seitenfüllend ausdrucken lassen, ist das beim Schaltplan-Editor **Schematics** nicht ohne weiteres möglich. Hier wird immer die ganze Zeichenfläche auf eine Seite gedruckt, obwohl meist nur ein kleiner Teil genutzt ist. Die Folge ist, daß die Schaltung ganz klein in einer Ecke des Ausdrucks auftaucht. Um die Schaltung seitenfüllend auszudrucken, muß man einen Rahmen um den gewünschten Druckbereich ziehen, in das Menü **File/Print** gehen und dort **Auto-fit** und **Only print selected area** markieren.

Weitere Simulationsbeispiele

Wir werden weitere Simulationsbeispiele über den Web-Server von Springer zur Verfügung stellen. Die Adresse lautet: www.springer.de/engine-de/tietze-schenk.

Feedback

Wenn Sie Fehler finden oder Anregungen haben, senden Sie uns bitte eine Email an die Adresse tietze-schenk@springer.de. Auch für Simulationsbeispiele sind wir dankbar.

Erste eigene Schaltungen

Wenn Sie eine eigene Schaltung erstellen wollen, besteht der einfachste Weg darin, eine möglichst verwandte, bestehende Schaltung zu modifizieren. Das kann auf folgende Weise geschehen:

1. Laden Sie ein vorhandenes Beispiel.
2. Speichern Sie die Schaltung unter einem neuen Namen.
3. Entfernen Sie die störenden Verbindungsleitungen.
4. Ordnen Sie die Bauelemente neu an.
5. Duplizieren Sie vorhandene Bauelemente mit **Strg C** und **Strg V** nach Bedarf.
6. Achten Sie darauf, daß keine Bezeichnung doppelt auftritt.
7. Stellen Sie die neuen Verbindungen her. Achten Sie darauf, daß kein Anschluß offen bleibt.
8. Überarbeiten Sie die Werte aller Bauelemente, vor allem die Einstellungen der Quellen und die Substrat-Anschlüsse (Parameter BULK) integrierter Transistoren.
9. Aktivieren Sie in den Simulationsanweisungen zunächst nur die Analyse **Bias Point Detail**.
10. Starten Sie die Simulation mit **Analysis/Simulate**.
11. Lassen Sie alle Spannungen (Werkzeug **V**) und Ströme (Werkzeug **I**) anzeigen und überprüfen Sie die Arbeitspunkte.
12. Jetzt können Sie weitere Analysen (**AC**, **DC** oder **Transient**) aktivieren. Bevor Sie die Simulation starten, müssen Sie die benötigten Signalquellen konfigurieren. Diese besitzen ggf. Parameter, die nicht standardmäßig im Schaltplan angezeigt werden; sie können über den Dialog **Edit/Attributes** oder durch einen Doppel-Klick auf das Schaltsymbol angezeigt und geändert werden. Mit der Funktion **Change Display** im Dialog **Edit/Attributes** kann man die Anzeige der einzelnen Parameter im Schaltplan nach Belieben ändern. Bei einer AC-Analyse muß bei der gewünschten Signalquelle der Parameter **AC** (AC-Amplitude) angegeben werden. Wir tragen als Amplitude bei Spannungsquellen 1V und bei Stromquellen 1A ein; dadurch ist der Betrag der Ausgangsampieude gleich der Verstärkung. Die AC-Amplitude kann prinzipiell frei gewählt werden, weil die AC-Analyse ein lineares Modell der Schaltung verwendet.
13. Nach der Simulation können Sie im Anzeigeprogramm **Probe** die gewünschten Signale mit **Trace/Add** auswählen. Dabei ist eine algebraische Verknüpfung verschiedener Signale zulässig z.B. $\text{dB}(V(Ua)/(V(UP)-V(UN)))$.
14. Die Einstellungen einer Anzeige in **Probe** kann man im Dialog **Tools/Display Control** nach Eingabe eines Namens mit **Save** speichern. Man kann sie später mit **Restore** wieder aufrufen.
15. Alle Informationen zu einer Simulation sind in der Schaltplandatei **<name>.sch** und der Anzeigedatei **<name>.prb** gespeichert. Alle übrigen Dateien, insbesondere die zum Teil großen Datendateien **<name>.dat** muß man nicht dauerhaft aufbewahren; sie werden bei Bedarf neu generiert. Deshalb finden Sie in unseren Beispielen ausschließlich Dateien vom Typ ***.sch** und ***.prb**.

Benutzung der Bibliotheken

In den TS-Bibliotheken befinden sich die meisten Bauelemente, die für Simulationen erforderlich sind. Um Ihnen eine Übersicht zu geben, haben wir jeweils alle Bauteile einer Bibliothek in einem Schaltplan zusammengefaßt und in dem Verzeichnis **UserLib** gespeichert. Natürlich lassen sich diese Schaltungen nicht simulieren, aber man kann sie ausdrucken.

In dem Verzeichnis **UserLib** befinden sich auch Textdateien (.txt) mit Erklärungen über die Benutzung der Bauelemente und die Bedeutung der Parameter. Außerdem gibt es im Ordner **Projects\Modelle** Simulationsbeispiele zur weiteren Erläuterung der Modelle.

Für Schaltungen mit diskreten Transistoren gibt es in den Bibliotheken **TS_Bipolar**, **TS_Fet** und **Eval** eine Auswahl diskreter Bauelemente. Da heute aber kaum noch Schaltungen aus diskreten Transistoren aufgebaut werden, sind diese Bauelemente nicht mehr zeitgemäß. Für einen integrierbaren Schaltungsentwurf haben wir deshalb Modelle für integrierte Transistoren in der Bibliothek **TS_Integriert** zusammengestellt. Sie unterscheiden sich schon auf den ersten Blick von diskreten Transistoren durch Parameter, die die geometrische Größe angeben; sie sind also skalierbar. So läßt sich zum Beispiel der npn-Transistor **N1**, der in der Basisgröße $A=1$ für einen Nennstrom von 100uA vorgesehen ist, auch mit 10mA betreiben, wenn man die Größe $A=100$ verwendet. Bei der Skalierung werden auch die Transistor-Kapazitäten, wie z.B. die Substratkapazität, skaliert. Bei integrierten Feldeffekttransistoren wird der Substrateffekt berücksichtigt; er wird bei diskreten Fets nicht wirksam, da dort der Substrat-Anschluß im allgemeinen mit dem Source-Anschluß verbunden ist. Aus diesem Grund besitzen alle integrierten Transistoren einen Substrat-Anschluß (Parameter **BULK**), der bei npn-Transistoren und n-Kanal-Fets in der Voreinstellung am Knoten $Ub-$, bei den pnp-Transistoren und p-Kanal-Fets am Knoten $Ub+$ angeschlossen ist. Deshalb muß ein Anschluß der Betriebsspannungsquelle mit $Ub-$ bzw. $Ub+$ bezeichnet werden oder der Substrat-Anschluß der Transistoren umbenannt werden. Wenn man das vergißt, erhält man die Fehlermeldung **Node $Ub-/Ub+$ floating**.

Die Bibliothek **TS_Modelle** enthält Modelle für Operationsverstärker, Stromspiegel und Stromquellen, bei denen die Parameter frei wählbar sind. So kann man z.B. die Differenzverstärkung **AD**, die Transitfrequenz **FT** oder die Slew-Rate **SR** eines Operationsverstärkers in einer Simulation als Variable verwenden und ihren Einfluß auf die Schaltung untersuchen. Auf dieselbe Weise kann man auch die Early-Spannung **UA** von Stromquellen und Stromspiegeln variieren und den Einfluß auf die Schaltung untersuchen.