

Dr. Claus Kühnel

# Rauschende Signale

## Wirklichkeitsnähere Schaltungssimulationen mit dem „Design Center for Windows“

Das an der University of California in Berkeley entwickelte Simulationsprogramm „Spice“ ist zusammen mit seinen kommerziellen Derivaten „PSpice“ und „Design Center for Windows“ der De-facto-Standard zur Simulation elektronischer Schaltungen. Zur wirklichkeitsnahen Simulation von verrauschten Signalen muß den im Simulationsprogramm enthaltenen rauschfreien Signalquellen ein Rauschanteil überlagert werden. Diese funktionelle Erweiterung bietet das Programm „NoiseGen“ durch die Verwendung von Zufallszahlen.

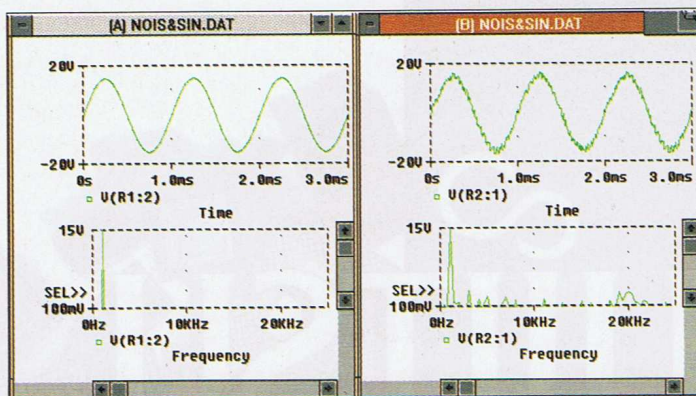


Bild 1. Der Vergleich eines rauschfreien (links) und eines verrauschten Sinussignals im Zeit- und im Frequenzbereich.

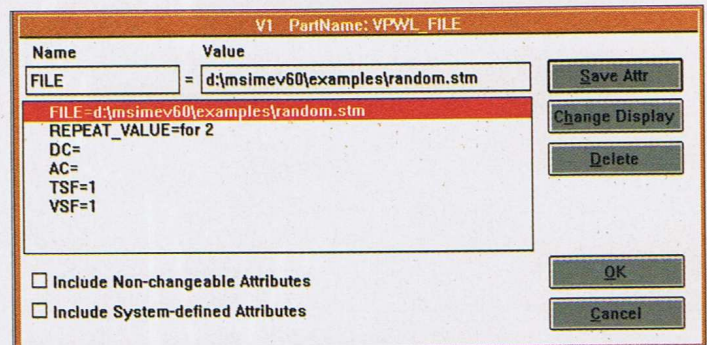


Bild 2. Die Parameter der Signalquelle VPWL\_FILE. Die Wertepaare zur Definition der Spannungs-Zeitfunktion sind in der Datei „random.stm“ abgelegt. Durch die Angabe „REPEAT\_VALUE = for 2“ erfolgt eine zweimalige Abarbeitung dieser Wertepaare.

Schaltungssimulationen werden im Rahmen des Designzyklus zur Verifizierung oder zur Optimierung bestimmter Schaltungsparameter durchgeführt. Dabei wird die elektronische Schaltung durch eine Signalquelle mit einer Eingangserregung versehen, also z.B. mit einem sinusförmigen Spannungsverlauf. Durch die Form des Ausgangssignals dieser Schaltung kann auf bestimmte Schaltungsparameter rückgeschlossen werden. Optimiert man die zu entwickelnde Schaltung mit den „klinisch reinen“ Signalen der Simulationsumgebung, dann kann das Einwirken realer Signale beim anschließenden Testaufbau durchaus unerwartete Reaktionen auslösen.

Bild 1 verdeutlicht beispielhaft die Unterschiede eines rauschfreien und eines verrauschten Sinussignals im Zeit- und im Frequenzbereich. Wurde im hier vorgestellten Fall die Schaltung ohne Berücksichtigung der unerwünschten Signalanteile optimiert, können Hochpaßanteile die Optimierung sehr schnell hinfällig werden lassen.

### Die Spannungsquelle VPWL\_FILE

In PSpice werden grundsätzlich zwei unabhängige Signalquellen zur Verfügung gestellt, die als Eingangserregungen für Simulationen verwendet werden können. Da nach den Regeln des Grundstromkreises Stromquellen in Spannungsquellen überführt werden können, wird im folgenden nur die Spannungsquelle betrachtet.

Beliebige Erregungsverläufe (also Spannungen als Funktionen der Zeit) lassen sich durch einen stückweise linearen Signalverlauf approximieren. Der stückweise lineare Signalverlauf wird dabei durch Wertepaare  $(t_n, v_n)$  beschrieben, die mit Geradenstücken miteinander verbunden werden. Diese Wertepaare können sich z.B. in einer Datei befinden, wobei zu beachten ist, daß die Zeitwerte  $t_n$  streng monoton ansteigen. Auf IBM-kompatiblen PCs sind maximal 3995 Wertepaare erlaubt.

Die Spannungsquelle VPWL\_FILE erreicht man im Programm „Schematics“ durch Anwahl von „Get New Part“ im Menü „Draw“. Sie kann in der Zeichnungsebene platziert werden. Durch einen Doppel-Klick auf das Symbol öffnet sich ein Fenster zur Eingabe der Wertepaare  $(t_n, v_n)$ .

In der in *Bild 2* abgebildeten Situation sind diese Eingaben bereits vorgenommen. Die Wertepaare zur

### Das Buch zum Thema

**Schaltungsdesign mit PSpice unter Windows – Das Design Center für Windows, Version 6.0. Erschienen im Franzis-Verlag, München 1994.**

In diesem Anwenderbuch wird der praktische Einstieg in Design und Simulation analoger und digitaler Schaltungen mit dem Design Center für Windows vermittelt. Die vier mit dem Buch ausgelieferten Disketten enthalten die Demo-Versionen des Design Centers, des Programmes Polaris und alle im Buch behandelten Design- und Simulationsbeispiele.

Entwickler, die bereits Erfahrung mit der DOS-Version von PSpice gesammelt haben, können das vorliegende Buch als Umstiegshilfe in die Windows-Version mit ihren



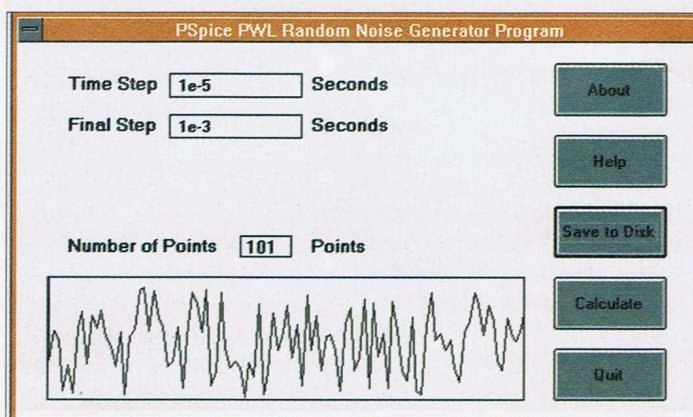
Er erfährt,

- wie die Demo-Version in die Windows-Umgebung installiert wird;
- wo die Windows-Version des Design Centers Vorteile gegenüber der DOS-Version besitzt;
- welche zusätzlichen Möglichkeiten die Version 6.0

Grundstromkreis vorgenommen werden kann, muß die Datei „random.stm“ erzeugt werden. An dieser Stelle soll das Programm NoiseGen den gewünschten Rauschanteil erzeugen und in „random.stm“ abspeichern.

### Erzeugen eines Rauschvorgangs mit NoiseGen

Das Programm NoiseGen steht in der Mailbox der Firma Thomatronik in Rosenheim (Tel.: 08031/12044) kostenlos zum Download zur Verfügung. Es wurde so konzipiert, daß es sich problemlos in die Design-Center-Programmgruppe integrieren läßt. Für diesen Beitrag wurde die Evaluationsversion vom Design Center for Windows, Version 6.0, verwendet, wie sie in [1] als Beilage enthalten ist. *Bild 4* zeigt die um das Icon NoiseGen erweiterte Programmgruppe.

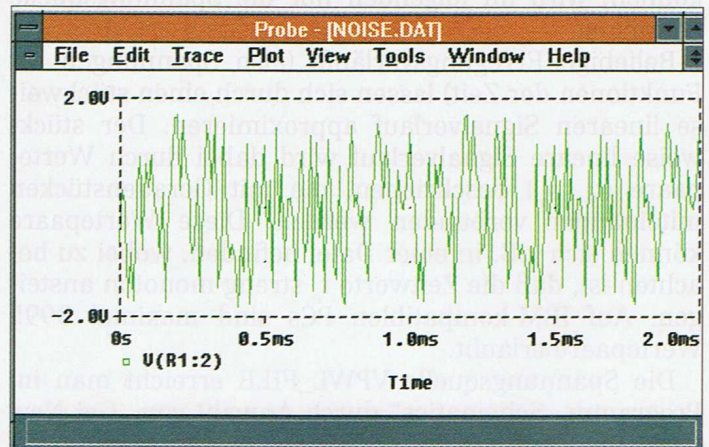


**Bild 5.** Die Bedieneroberfläche des Programmes NoiseGen. Time Step definiert den Abstand der Stützstellen und Final Step die gesamte zeitliche Dauer des Rauschvorganges.

NoiseGen wurde in Visual Basic for Windows geschrieben. Zum Generieren des Rauschvorgangs wurde der dort enthaltene Pseudo-Zufallszahlengenerator verwendet. Wie sich die Bedieneroberfläche präsentiert, ist in *Bild 5* dargestellt. Für das Erzeugen des Rauschvorgangs sind nur die beiden Zeitangaben „Time Step“ und „Final Step“ erforderlich. Durch den Parameter Time Step ist der Abstand der Stützstellen definiert, der Parameter Final Step hingegen bestimmt

die zeitliche Dauer des Rauschvorgangs. Beide Parameter bestimmen damit die Anzahl der zu erzeugenden Wertepaare.

Nach Eingabe der beiden Parameter kann der Rauschvorgang durch Klicken auf das Tastenfeld „Calculate“ berechnet werden. Damit man einen qualitatativ



**Bild 6.** Das Ergebnis der Transientenanalyse für den Rauschvorgang in *Bild 5*. Da er nicht-periodisch ist, wird er lediglich reproduziert.

ven Eindruck vom generierten Rauschvorgang erhält, wird dieser im Grafkfenster normiert ausgegeben (siehe *Bild 5*). Ist man mit dem Rauschvorgang nicht zufrieden, kann das Spiel solange wiederholt werden, bis ein zum Abspeichern geeigneter Rauschvorgang gefunden ist. Das Abspeichern geschieht nach einem Klick auf das Tastenfeld „Save to Disk“. Dabei wird immer die Datei „random.stm“ beschrieben.

Der in *Bild 5* erzeugte und abgespeicherte Rauschvorgang kann nun einer Transientenanalyse unterzogen werden. Wenn dieses Rauschen wie gewünscht nicht-periodisch ist, dann muß das Ergebnis der Transientenanalyse der Rauschvorgang selbst sein. *Bild 6* zeigt dieses Ergebnis sehr deutlich. Der erzeugte Rauschvorgang hatte eine Dauer von 1 ms. Da der Wiederholungsfaktor in *Bild 2* auf „2“ gestellt war, hat der resultierende Rauschvorgang in *Bild 6* eine Dauer von 2 ms und reproduziert die Vorgabe aus *Bild 5* zweimal hintereinander. Mit den Skalierungsfaktoren TSF und VSF lassen sich weitere Anpassungen an die Simulationserfordernisse vornehmen. Über das Spektrum des generierten Rauschvorgangs kann man sich mit einer Fouriertransformation mit Hilfe des Programmes „Probe“ (s. *Bild 4*) Klarheit verschaffen. hg

**Dr.-Ing. Claus Kühnel** wurde in der Oberlausitz geboren. Er studierte und promovierte an der Technischen Universität Dresden in der Fachrichtung Informationstechnik. Nach mehreren Jahren Entwickler-tätigkeit in Hard- und Software ist er heute im technischen Management eines Schweizer Unternehmens beschäftigt. In seiner Freizeit entstanden zahlreiche Publikationen und einige Fachbücher.

### Literatur

- [1] Kühnel, C.: Schaltungsdesign mit PSPICE unter Windows. Das Design Center für Windows, Version 6.0. Franzis Verlag, Poing 1994.