

Kochbuch

Eine Monte-Carlo-Analyse durchführen

1. Öffnen Sie das Fenster ANALYSIS SETUP, aktivieren Sie MONTE CARLO / WORST CASE, betätigen Sie die zugehörige Schaltfläche und öffnen Sie dadurch das Fenster MONTE CARLO OR WORST CASE (Bild 9.42).
 2. Markieren Sie im Feld ANALYSIS den Kreis MONTE CARLO und geben Sie bei MC RUNS an, wieviele Monte-Carlo-Läufe durchgeführt werden sollen.
 3. Geben Sie bei ANALYSIS TYPE an, welche Analyse den Monte-Carlo-Durchläufen zugrunde liegt.
 4. Füllen Sie das Fenster FUNCTION aus. Die Bedeutung der verschiedenen Funktionen können Sie der Tabelle auf S. 210 entnehmen.
 5. Füllen Sie das Fenster MC OPTIONS aus. Die Bedeutung der verschiedenen Monte-Carlo-Optionen können Sie der Tabelle auf S. 210 und S. 211 entnehmen.
 6. Verlassen Sie das Fenster mit OK und starten Sie die Simulation.
 7. Nach dem Start von PROBE öffnet sich das Fenster AVAILABLE SECTIONS. Falls Sie einzelne Monte-Carlo-Runs nicht in PROBE darstellen wollen, dann müssen Sie in diesem Fenster deren blaue Markierung löschen.
 8. OK.
- (Aktionen 9.20 bis 9.23)

Eine Worst-Case-Analyse durchführen

1. Öffnen Sie das Fenster ANALYSIS SETUP, aktivieren Sie MONTE CARLO / WORST CASE und öffnen Sie durch Anklicken der zugehörigen Schaltfläche das Fenster MONTE CARLO OR WORST CASE (Bild 9.47).
2. Markieren Sie im Feld ANALYSIS den Kreis WORST CASE.
3. Füllen Sie das Feld FUNCTION aus. Die Bedeutung der Funktionen können Sie der Tabelle auf S. 210 entnehmen.
4. Wählen Sie bei W CASE OPTIONS die gewünschten Worst-Case-Options. OUTPUT ALL sammelt alle Daten zur Darstellung in PROBE und im Output-File. LIST sorgt dafür, dass detaillierte Informationen ins Output-File geschrieben werden. DEV müssen Sie markieren, wenn Sie Toleranzen des Typs TOL verwenden (das ist der Normalfall).
5. Wählen Sie bei DIRECTION die Richtung, nach der die größte Abweichung vom Nominal-Run gesucht werden soll. Markieren Sie H, dann wird die größte Abweichung nach oben gesucht, markieren Sie L, dann geht die Suche nach unten.
6. Bei DEVICES können Sie einzelne Bauelemente eintragen, deren Einfluss untersucht werden soll. Bleibt das Feld leer, dann werden alle Bauelemente berücksichtigt. Das ist der Normalfall.
7. OK.

DIGITAL-SIMULATION

10
Lektion

Bevor Sie mit der Digitalsimulation beginnen, müssen Sie die Bibliothek MISC, in der sich eine Reihe von IEC-Schaltzeichen der Digitaltechnik befinden, in das Programm einbinden. Das wird Ihnen nicht schwer fallen, denn Sie werden in den folgenden 7 Aktionen ausführlich dazu angeleitet:

1. Öffnen Sie aus SCHEMATICS heraus das Menü OPTIONS und markieren Sie darin EDITOR CONFIGURATION...(Bild 10.1).

Aktion
10.1

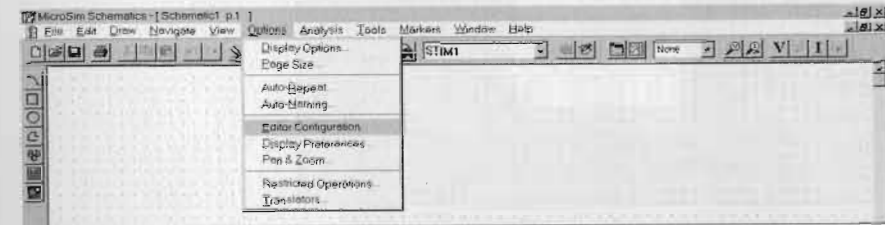


Bild 10.1 Das Menü OPTIONS mit markierter Option EDITOR CONFIGURATION

Es öffnet sich das Fenster EDITOR CONFIGURATION (Bild 10.2).

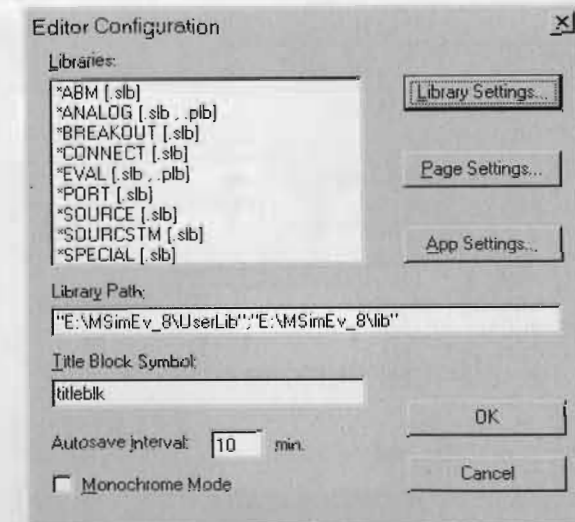


Bild 10.2: Das Fenster EDITOR CONFIGURATION

Der Inhalt des Fensters EDITOR CONFIGURATION kann in Ihrem Programm leicht anders aussehen als in Bild 10.2. Das ist nicht von Bedeutung.

Aktion
0.2

2. Betätigen Sie die Schaltfläche LIBRARY SETTINGS.... und öffnen Sie dadurch das Fenster LIBRARY SETTINGS (Bild 10.3):

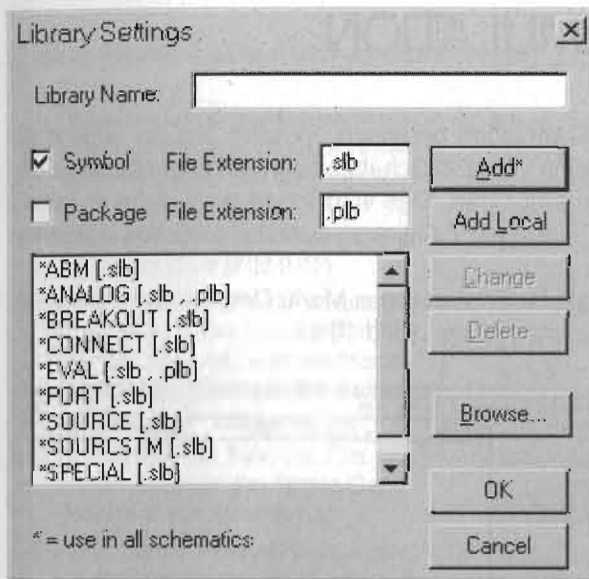


Bild 10.3: Das Fenster LIBRARY SETTINGS

Aktion
0.3

3. Markieren Sie EVAL[.slb,.plb] und bringen Sie dadurch den Eintrag EVAL in die Eingabezeile LIBRARY NAME. (Bild 10.4):

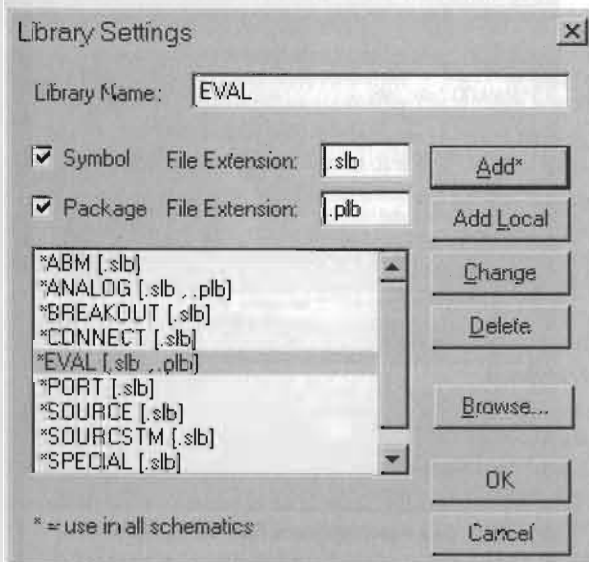


Bild 10.4: Das Fenster LIBRARY SETTINGS nach dem Markieren von EVAL [.slb,.plb]

Aktion
10.4

4. Setzen Sie in der Eingabezeile LIBRARY NAME den Schreibcursor direkt hinter den Eintrag EVAL (Bild 10.4) und löschen Sie durch viermaliges Drücken der Taste <Backspace> den Eintrag EVAL. Schreiben Sie anschließend MISC in die Eingabezeile (Bild 10.5).

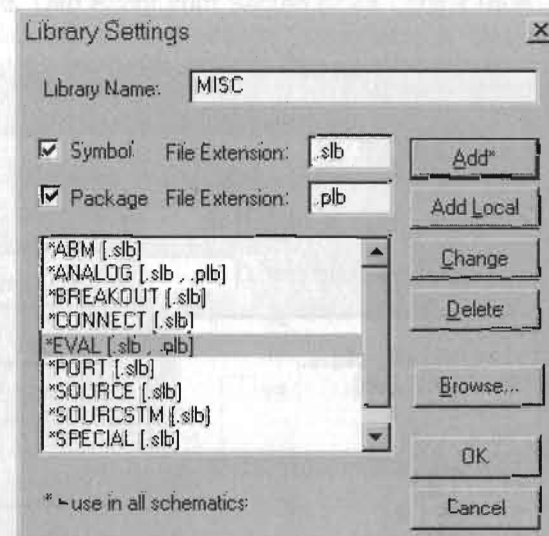


Bild 10.5: Das Fenster LIBRARY SETTINGS mit Vorbereitung zur Aufnahme der Datei MISC

5. Achten Sie darauf, dass die Enable-Fläche neben SYMBOL abgehakt ist und löschen Sie den Enable-Haken neben PACKAGE (Bild 10.6).

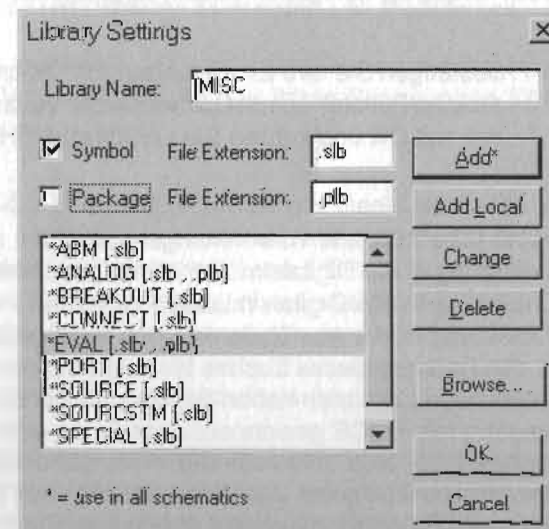
Aktion
10.5

Bild 10.6: Das Fenster LIBRARY SETTINGS. Die Enable-Fläche vor PACKAGE wurde deaktiviert

Aktion
10.6

- 6. Klicken Sie jetzt die Schaltfläche **Add*** an und fügen Sie dadurch die Datei **MISC [.slb]** direkt oberhalb von **EVAL [.slb, .plb]** in die Liste der verfügbaren Bibliotheken ein. Sie können fortan in allen Schaltungen über die Datei **MISC** verfügen.

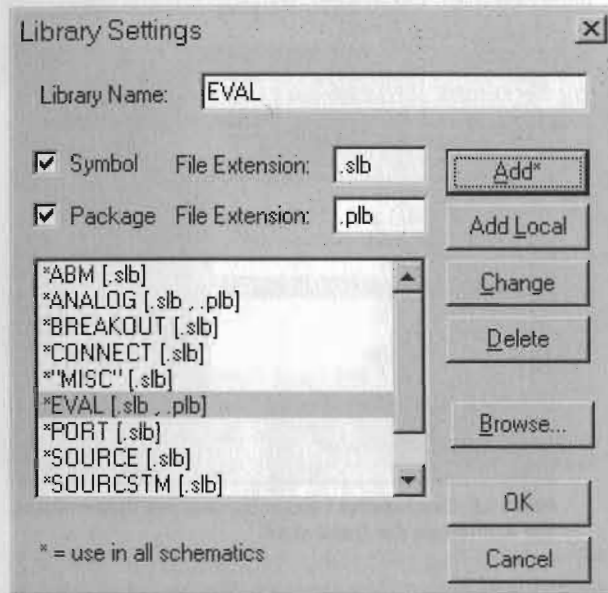


Bild 10.7: Das Fenster **LIBRARY SETTINGS**. Die Datei **MISC [.slb]** ist in den Katalog der verfügbaren Dateien aufgenommen

Aktion
10.7

- 7. Bestätigen Sie Ihre Eintragungen mit **OK** und kehren Sie dadurch zurück ins Fenster **EDITOR CONFIGURATION**. Verlassen Sie auch dieses Fenster mit **OK** und kehren Sie zurück zu **SCHEMATICS**.

Damit haben Sie alle Vorbereitungen getroffen, um mit der nachfolgenden Einführung in die Digitalsimulation erfolgreich beginnen zu können. Diese Einführung in die Digitalsimulation ist relativ knapp gehalten, denn eine Darstellung in der Ausführlichkeit des vorangegangenen Analogteils würde den Rahmen dieses Buches bei weitem sprengen. In den vorausgegangenen neun Lektionen haben Sie aber so viel Erfahrung und Sicherheit im Umgang mit PSPICE gewonnen, dass Ihnen eine knappe Darstellung ausreichen wird, sich selbstständig weitergehende Kenntnisse der Digitalsimulation anzueignen. Zur Unterstützung steht Ihnen das komplette (englische) PSPICE-Handbuch auf der diesem Buch beiliegenden CD zur Verfügung.

PSPICE als statischer Logik-Analysator 10.1

Zeichnen Sie die Schaltung von Bild 10.8. Die Bauelemente finden Sie in der Bibliothek **EVAL.SLB**. Den Editor zum Setzen eines Labels (*out*) öffnen Sie durch Doppelklick auf das betreffende Leitungsstück. Speichern Sie die fertige Schaltung als **DIG1.SCH** im Ordner **PROJECTS**.

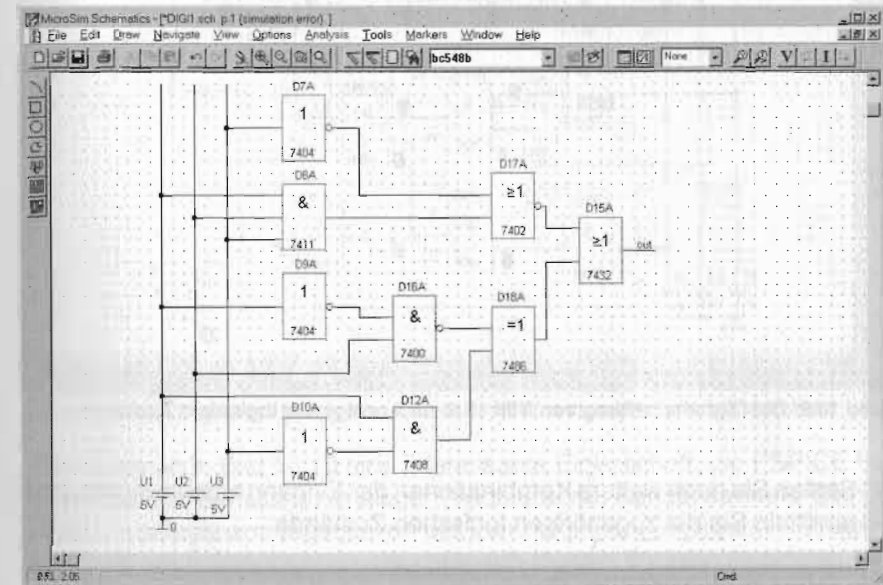
Aktion
10.8

Bild 10.8: Logische Schaltung mit verschiedenen Bauelementen der Digitaltechnik

Sie können die Spannungsquellen U_1 , U_2 und U_3 wahlweise auf die TTL-Pegel $L = 0\text{ V}$ oder $H = 5\text{ V}$ setzen. Für die gewählten Spannungen führt PSPICE dann eine Logikanalyse durch:

Stellen Sie in **SCHEMATICS** z.B. $U_1 = U_2 = U_3 = 5\text{ V}$ ein. Deaktivieren Sie im Fenster **ANALYSIS SETUP** sämtliche Simulationen und starten Sie die Simulation durch Anklicken der gelben Schaltfläche. PSPICE berechnet jetzt nur das, was es in allen Simulationen berechnet, und dazu gehören auch die logischen Zustände an allen Knotenpunkten der Schaltung. Die logischen Zustände werden allerdings nicht automatisch angezeigt, sondern deren Anzeige muss erst extra angefordert werden:

Aktion
10.9

Schließen Sie das nach Abschluss der Simulation gegebenenfalls noch geöffnete PSPICE-Fenster und betätigen Sie dann die Schaltfläche mit dem großen **V**, die Sie in Lektion 2 zur Anzeige der Spannungen im Arbeitspunkt kennengelernt haben (Rezept 2.2). PSPICE zeigt Ihnen jetzt die logischen Zustände an den Knoten der Schaltung an (Bild 10.9).

Aktion
10.10

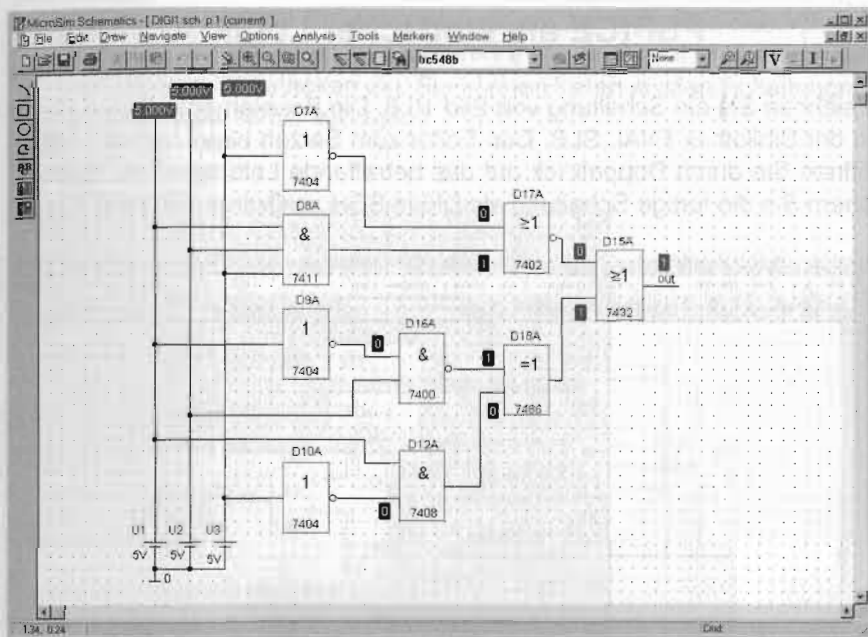


Bild 10.9: Die Digitalschaltung von Bild 10.8 mit Anzeige der logischen Zustände

Aktion
10.11

Stellen Sie noch weitere Kombinationen der Eingangsspannung ein und ermitteln Sie die zugehörigen logischen Zustände.

Das macht PSPICE sehr schön, aber mit etwas Geduld und Konzentration hätten Sie das nicht schlechter gemacht. Richtig beeindruckend wird die Logikanalyse von PSPICE erst dann, wenn Sie digitale und analoge Bauteile gemeinsam in einer Schaltung verwenden.

Nehmen Sie einmal an, die Schaltung von Bild 10.8 solle so ergänzt werden, dass bei 1-Signal am Ausgang des Exklusiv-ODER-Gliedes D18A eine rote Lampe (5V / 200 Ω) leuchtet. 200 Ω sind für den Ausgang einer TTL-Schaltung eine ansehnliche Belastung. Es muss untersucht werden, ob das Exklusiv-ODER-Glied (X-OR) damit noch eine Spannung abgeben kann, die ausreicht, um von dem folgenden ODER-Glied D15A als 1-Signal verstanden zu werden. Bei der TTL-Technik sind dazu mindestens 2 V erforderlich.

Aktion
10.12

- Ergänzen Sie Ihre Schaltung durch einen 200 Ω-Widerstand am Ausgang des X-OR (Bild 10.10) und speichern Sie die Schaltung als DIGI2.SCH. Simulieren Sie dann die Schaltung mit einer Kombination der Eingangsspannungen, die am Ausgang des X-OR ein 1-Signal erwarten lässt. Nach Betätigen der Schaltfläche mit dem großen V ergibt sich Bild 10.10:

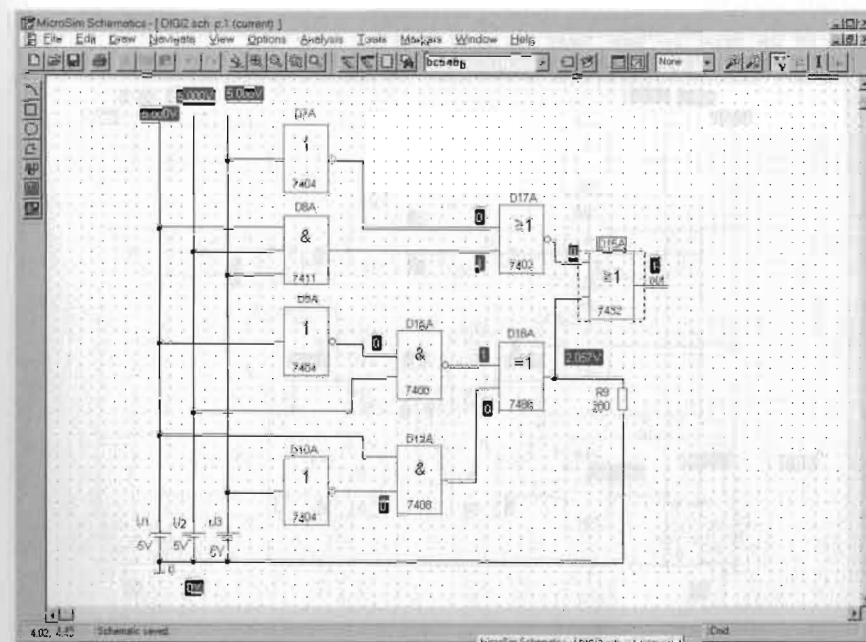


Bild 10.10: Die Digitalschaltung von Bild 10.8 mit einem zusätzlichen Widerstand

Sie erkennen in Bild 10.10 eine interessante Eigenschaft, die PSPICE bei gemeinsamer Simulation analoger (Widerstände, Kondensatoren, Transistoren, Analogspannungsquellen etc.) und digitaler (Logikgatter) Bauteile hat: Dort, wo Knotenpunkte ausschließlich digitale Bauteile verbinden, liefert die Simulation digitale Zustände (1 oder 0). Dort, wo an einem Knoten auch mindestens ein analoges Bauteil angeschlossen ist, liefert der Simulator Spannungswerte. Die Spannung am Ausgang des Exklusiv-ODER-Gliedes ist gerade noch über 2 Volt. Der Widerstand könnte somit direkt, d.h. ohne Treiber angeschlossen werden.

Aktion
10.13

- Verringern Sie den Widerstand auf 180 Ω, speichern Sie als DIGI3.SCH und überzeugen Sie sich davon, dass mit diesem Widerstand die TTL-Grenze von 2 V unterschritten wird (Bild 10.11). Spannungen zwischen 0,8 V und 2 V gelten in der TTL-Technik als unbestimmte Zustände. Beachten Sie, dass dieser unbestimmte Zustand des X-OR-Gliedes dazu führt, dass auch der Ausgang der Schaltung einen unbestimmten Zustand einnimmt, der von PSPICE durch ein X gekennzeichnet wird.

Übung:

Testen Sie die Intelligenz von PSPICE, indem Sie für die Schaltung mit dem unzulässigen Widerstand $R=180\ \Omega$ eine Eingangsspannungskombination wählen, die 1-Signal am Ausgang des NOR-Gliedes erzeugt und folglich trotz des unbestimmten Zustandes des X-OR-Gliedes für einen eindeutigen Zustand des Ausgangs (1-Signal) sorgt. Erkennt PSPICE das?

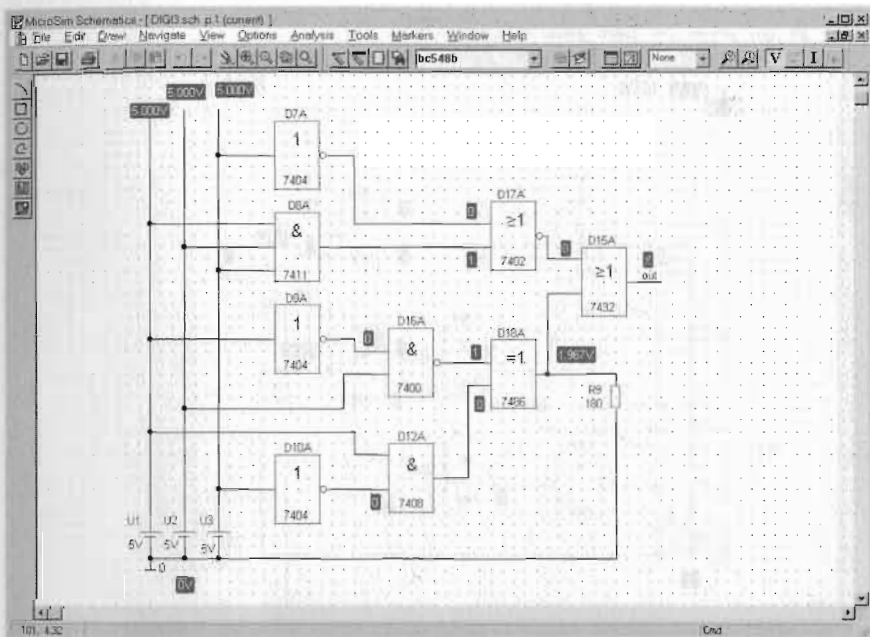


Bild 10.11: Digitalschaltung von Bild 10.8. Der Ausgang des X-OR-Gliedes D18A wird überlastet und liefert kein ausreichendes 1-Signal mehr

Sie haben oben herausgefunden, dass die Lampe mit ihrem Widerstand von 200 Ω die Digitalschaltung nicht dazu führt, unbestimmte Zustände einzunehmen, aber eine gute Lösung ist es dennoch nicht: Die Lampe (5V Nennspannung) arbeitet bei der Spannung von etwa 2 V, die am Ausgang des X-OR zur Verfügung stehen, als Funzel. Außerdem wird die Forderung ignoriert, bei der TTL-Technik einen Störabstand von 0,4 V einzuhalten, danach wären am Ausgang des X-OR mindestens 2,4 V erforderlich.

Aktion
0.14

- Ergänzen Sie die Schaltung durch einen Transistor BC548B als Treiber (Bild 10.12) und speichern Sie die Schaltung als DIGI4.SCH. Nehmen Sie für die veränderte Schaltung eine erneute Simulation vor. Ihr Simulationsergebnis sollte dem aus Bild 10.12 gleichen¹⁾.

Übung:

Der zulässige Kollektorstrom des Transistors beträgt $I_{Cmax} = 200$ mA. Ermitteln Sie damit den kleinstmöglichen Lampenwiderstand, der mit der Schaltung von Bild 10.2 betrieben werden kann. Simulieren Sie die Schaltung mit diesem Widerstand und finden Sie heraus, ob die Schaltung damit zufriedenstellend arbeitet. Korrigieren Sie die Schaltung gegebenenfalls.

1) Die Fähigkeit zur Simulation gemischt analoger und digitaler Schaltungen ist eine Besonderheit von PSPICE. Sie wird als Mixed-Mode-Simulation bezeichnet. Mit der Fähigkeit zur Mixed-Mode-Simulation ist PSPICE anderen Logik-Analysatoren klar überlegen.

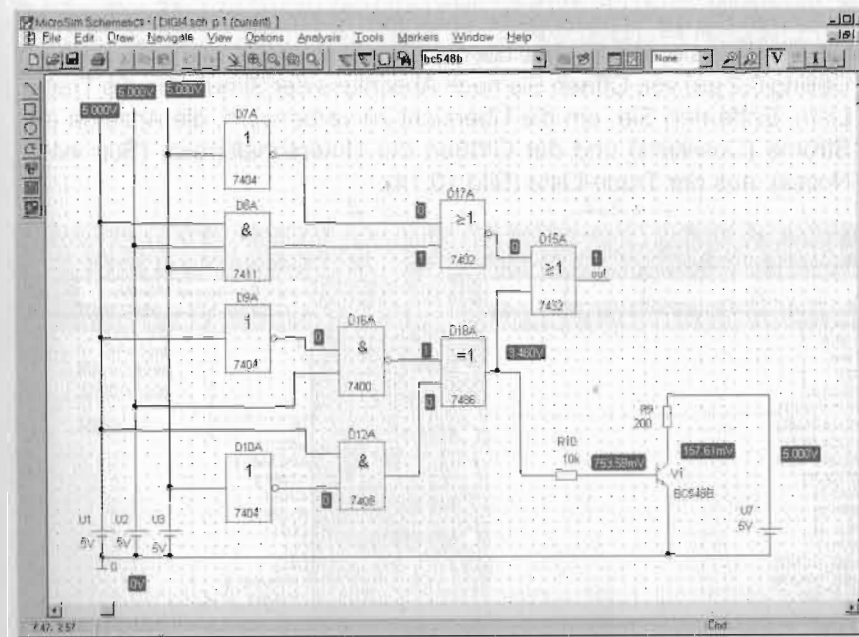


Bild 10.12: Gemischt analog-digitale Schaltung mit Anzeige digitaler Pegel an rein digitalen Knoten und analoger Spannungen an gemischt analog-digitalen Knoten

Dynamische Digital-Simulation: Zeitablaufdiagramme 10.2

Knotenbezeichnungen und Darstellung digitaler Zustände in PROBE 10.2.1

Wenn die Zeitabhängigkeit digitaler Vorgänge untersucht werden soll, dann kommt PROBE zum Einsatz, und wenn PROBE eingesetzt wird, dann kommt man um einige Kenntnisse der Bezeichnungen, die PSPICE für die Knotenpunkte verwendet, nicht herum. Das wissen Sie bereits seit Ihren ersten Erfahrungen mit PROBE.

Zur Untersuchung der Knotenbezeichnungen von PSPICE sei die folgende analog-digitale Schaltung mit zwei Invertern (Bild 10.13) gegeben:

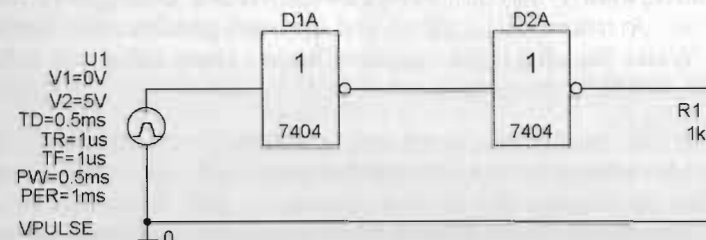


Bild 10.13: Analog-digitale Schaltung zur Untersuchung der Knotenbezeichnungen

Aktion
10.15

- Zeichnen Sie die Schaltung und speichern Sie als DIG15.SCH. Nehmen Sie eine Transienten-Analyse über ein Simulationsintervall von 2 ms (Step Ceiling 0.2 μ s) vor. Öffnen Sie nach Abschluss der Simulation die Trace-Liste. Entfernen Sie, um die Übersicht zu verbessern, die Anzeige der Ströme (CURRENTS) und der Größen der Unterschaltkreise (SUBCIRCUIT NODES) aus der Trace-Liste (Bild 10.14):

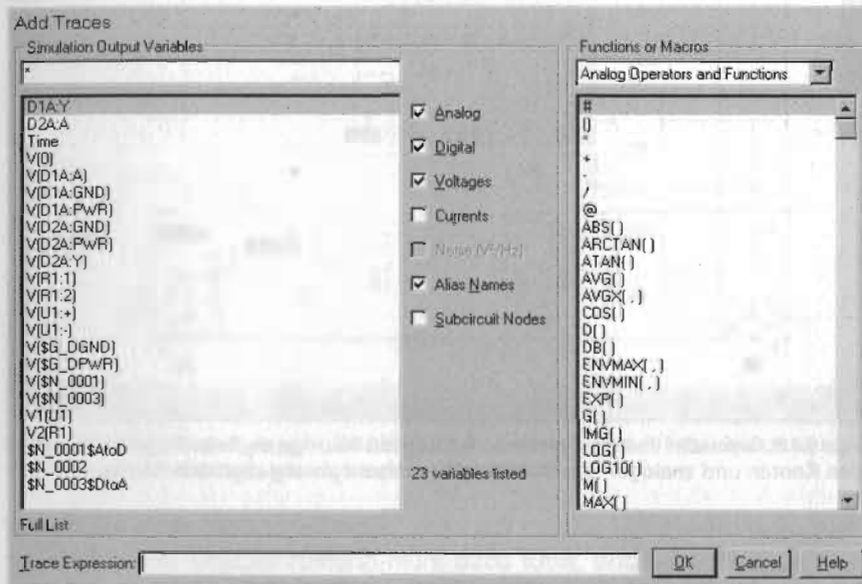


Bild 10.14: Die Trace-Liste nach einer Simulation mit analogen und digitalen Bauteilen

Diese Trace-Liste ist mit Ihren bisherigen Kenntnissen nicht vollständig zu entziffern. Zum Glück ist das auch nicht erforderlich, wenn Sie sich eines Tricks bedienen: Versehen Sie die Stellen, die Sie interessieren, mit Labels, d.h. mit selbstdefinierten Knotennamen:

Aktion
0.16

- Versehen Sie die Schaltung von Bild 10.13 mit Labels, so dass der Eingangsknoten „ein“, der Ausgangsknoten „aus“ und der Knoten zwischen den beiden Invertern „Mitte“ heißt. Zur Erinnerung: Ein Leitungssegment wird gelabelt, indem man durch Doppelklick auf das Leitungsstück das Fenster SET ATTRIBUTE VALUE öffnet und dort den gewünschten Namen einträgt. Wenn Sie alles richtig gemacht haben, dann sollte Ihre Schaltung der aus Bild 10.15 gleichen.

Aktion
0.17

- Simulieren Sie die Schaltung mit den gleichen Einstellungen wie bei Aktion 10.15, öffnen Sie anschließend wieder die Trace-Liste und entfernen Sie die Anzeige der Ströme (CURRENTS), der SUBCIRCUIT NODES und der Aliasnamen (ALIAS NAMES). Ihre Trace-Liste soll dann der aus Bild 10.16 gleichen.

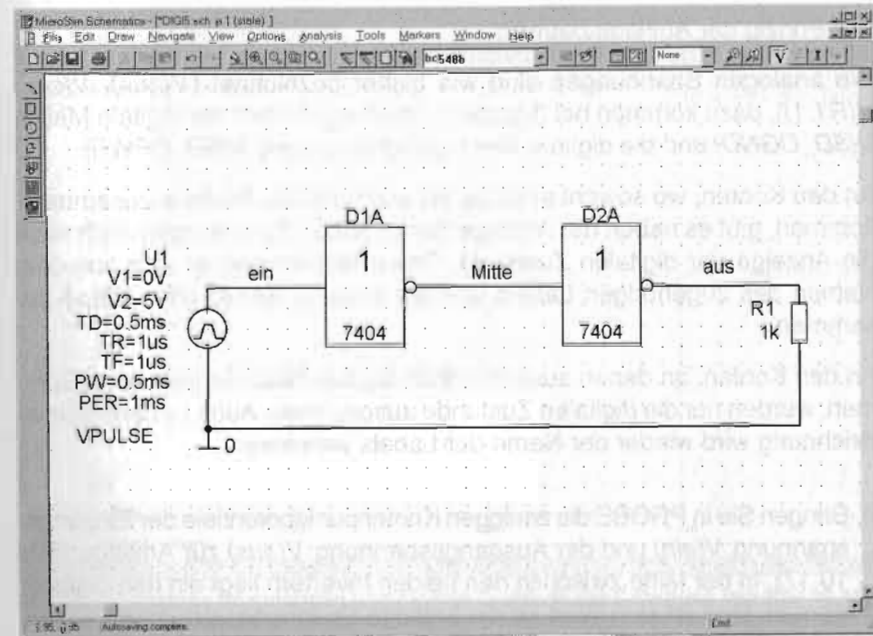


Bild 10.15: Die Schaltung von Bild 10.13, versehen mit drei Labels: ein, Mitte und aus

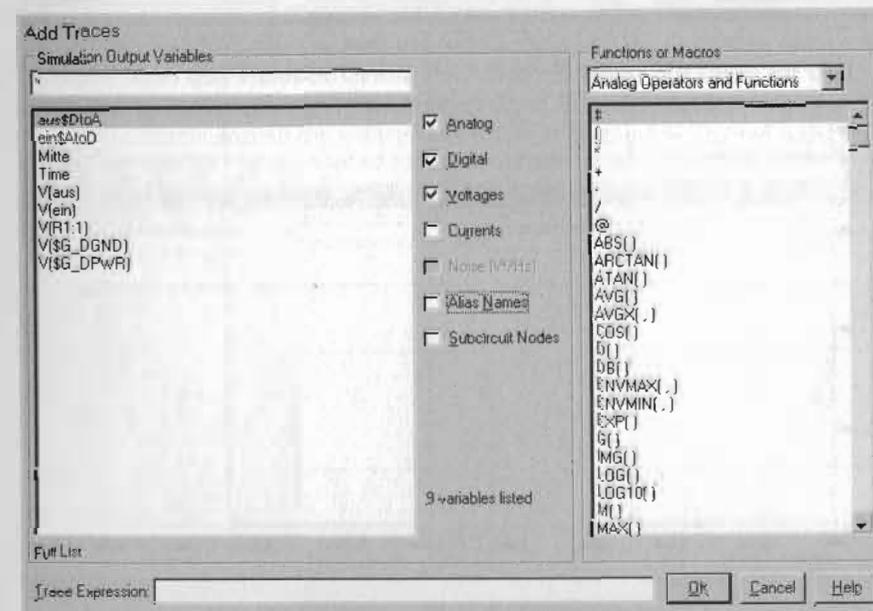


Bild 10.16: Die Trace-Liste nach der Simulation der gelabelten Schaltung von Bild 10.15

Wenn Sie sich durch jeweiliges Deaktivieren von ANALOG und DIGITAL die analogen und digitalen Größen getrennt anzeigen lassen, dann wird Ihnen

das Prinzip der Anzeige deutlich:

Die analogen Spannungen sind wie bisher bezeichnet ($V(aus)$, $V(ein)$, $V(R1:1)$), dazu kommen bei digitalen Schaltungen noch die digitale Masse $V(\$D_DGND)$ und die digitale Versorgungsspannung $V(\$D_DPWR)$.

An den Knoten, wo sowohl analoge als auch digitale Bauteile zusammenkommen, gibt es neben der Anzeige der analogen Spannungen auch noch die Anzeige der digitalen Zustände. Deren Namen setzen sich aus dem Namen des zugehörigen Labels und der Endung $\$AtoD$ oder $\$DtoA$ zusammen.

An den Knoten, an denen ausschließlich digitale Bauteile zusammenkommen, werden nur die digitalen Zustände ausgegeben. Auch zu deren Kennzeichnung wird wieder der Name der Labels verwendet.

Aktion
10.18

- Bringen Sie in PROBE die analogen Knotenpunktpotentiale der Eingangsspannung $V(ein)$ und der Ausgangsspannung $V(aus)$ zur Anzeige (Bild 10.17). In der Mitte zwischen den beiden Invertern liegt ein rein digitaler Knoten. Dort ist kein Wert für die analoge Spannung verfügbar.

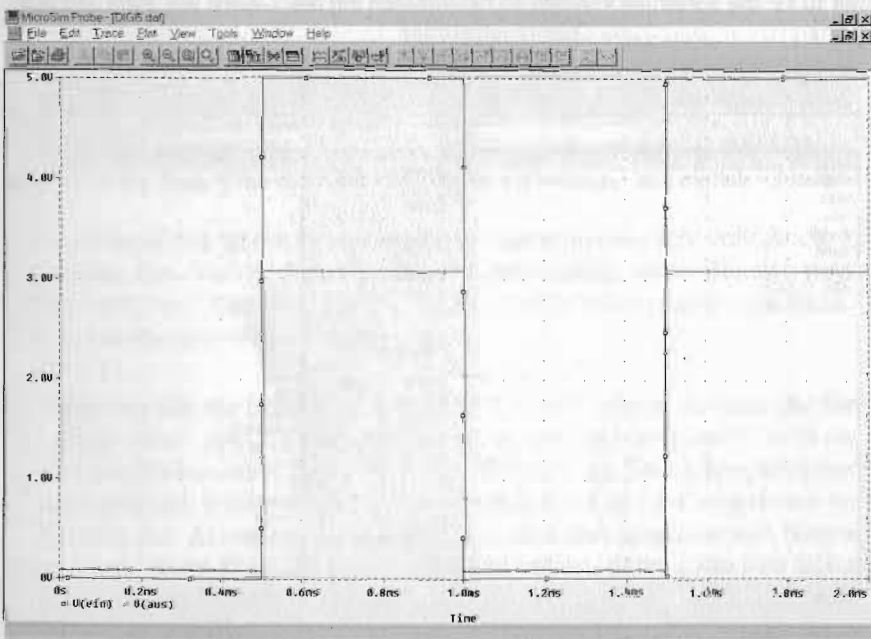


Bild 10.17: Der Verlauf von Ein- und Ausgangsspannung der Schaltung von Bild 10.5

Aktion
10.19

- Bringen Sie jetzt zusätzlich zu den analogen Spannungen noch die drei digitalen Zustände $ein\$AtoD$, $Mitte$ und $aus\$DtoA$ zur Anzeige (Bild 10.18):

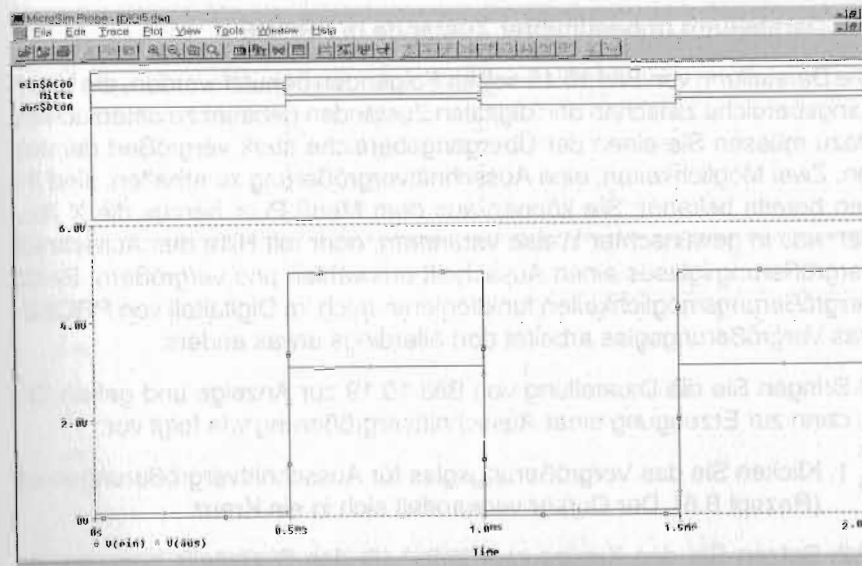


Bild 10.18: Analoge Spannungen und digitale Zustände der Schaltung von Bild 10.15

Der PROBE-Bildschirm ist in einen analogen und einen digitalen Teil aufgeteilt. Die Proportionen der beiden Teile können Sie verändern:

Öffnen Sie aus PROBE heraus das Menü PLOT und darin DIGITAL SIZE.... Es öffnet sich das Fenster DIGITAL PLOT SIZE. Fordern Sie darin für den Digitalteil 15% des Bildschirms und erzeugen Sie Bild 10.19:

Aktion
10.20

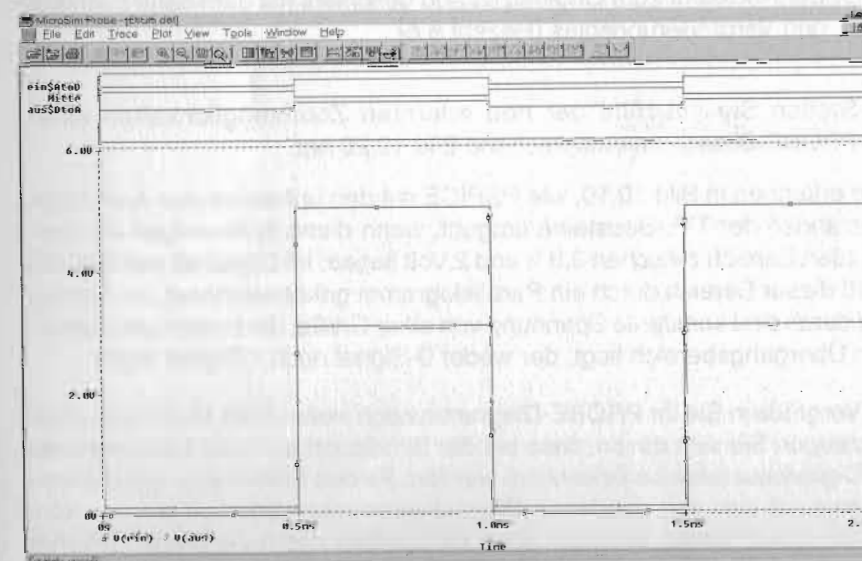


Bild 10.19: Der Analogteil von Bild 10.18 wurde auf Kosten des Digitalteils vergrößert

0.2.2 Die Darstellung unbestimmter Zustände in PROBE

Die Darstellung von Bild 10.19 soll im Folgenden benutzt werden, die Übergangsbereiche zwischen den digitalen Zuständen genauer zu untersuchen. Dazu müssen Sie einen der Übergangsbereiche stark vergrößert darstellen. Zwei Möglichkeiten, eine Ausschnittvergrößerung zu erhalten, sind Ihnen bereits bekannt: Sie können aus dem Menü **Plot** heraus die **X Axis SETTINGS** in gewünschter Weise verändern, oder mit Hilfe des Ausschnittvergrößerungsglases einen Ausschnitt auswählen und vergrößern. Beide Vergrößerungsmöglichkeiten funktionieren auch im Digitalteil von PROBE. Das Vergrößerungsglas arbeitet dort allerdings etwas anders:

Aktion
0.21

- Bringen Sie die Darstellung von Bild 10.19 zur Anzeige und gehen Sie dann zur Erzeugung einer Ausschnittvergrößerung wie folgt vor:
 1. Klicken Sie das Vergrößerungsglas für Ausschnittvergrößerungen an (Rezept 6.6). Der Cursor verwandelt sich in ein Kreuz.
 2. Setzen Sie den Kreuzcursor innerhalb des Digitalteils irgendwo an den linken Rand des gewünschten Zoom-Bereichs und ziehen Sie ihn dann mit gedrückter linker Maustaste an den rechten Rand des gewünschten Zoom-Bereichs.
 3. Lassen Sie die Maustaste los und staunen Sie über die Vergrößerung.
 4. Wiederholen Sie den Vorgang, wenn Ihnen die bisherige Vergrößerung nicht ausreicht.
 5. Die Rückkehr zum Originalzustand geschieht mit dem dafür zuständigen Vergrößerungsglas (Rezept 6.6)

Aktion
0.22

- Stellen Sie mit Hilfe der neu erlernten Zoommöglichkeiten einen PROBE-Bildschirm entsprechend Bild 10.20 her.

Sie erkennen in Bild 10.10, wie PSPICE mit den unbestimmten Ausgangszuständen der TTL-Bausteine umgeht, wenn diese Spannungen im unerlaubten Bereich zwischen 0,8 V und 2 Volt liegen: Im Digitalteil von PROBE wird dieser Bereich durch ein Parallelogramm gekennzeichnet, im Analogteil durch eine konstante Spannung von einer Größe, die in dem unbestimmten Übergangsbereich liegt, der weder 0-Signal noch 1-Signal ergibt.

Aktion
0.23

- Vergrößern Sie Ihr PROBE-Diagramm noch weiter (Bild 10.21) und überzeugen Sie sich davon, dass bei der Simulation auch die Laufzeiten der Digitalbausteine berücksichtigt werden. Finden Sie heraus, wie die Cursors mit den verschiedenen Digitaldiagrammen verknüpft werden können. Nach dem Datenblatt sollte die Laufzeit durch die beiden Inverter etwa 15-20 ns betragen. Entspricht dieser Wert Ihrem Ergebnis?

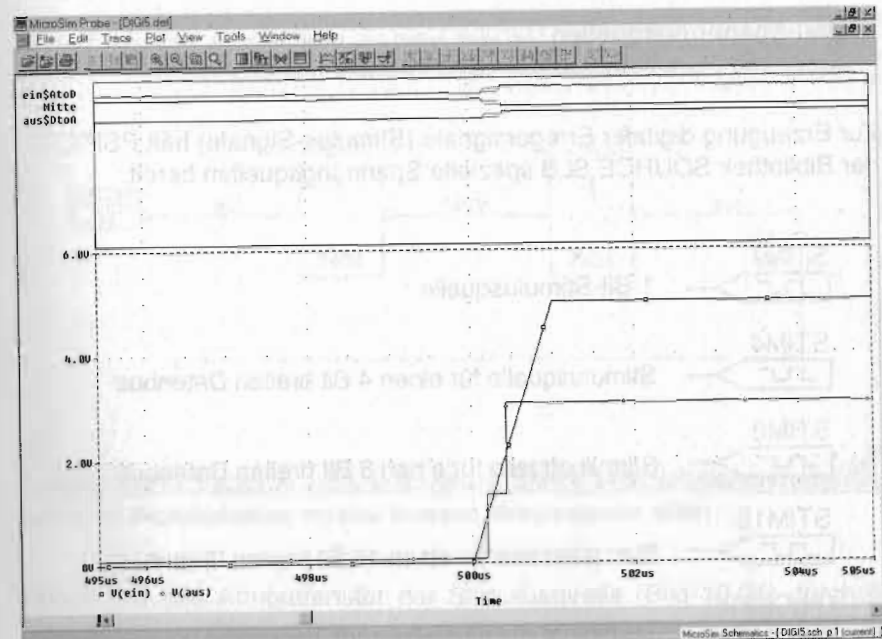


Bild 10.20: Ausschnittvergrößerung von Bild 10.19 zur Darstellung der unbestimmten Zustände in den Übergangsbereichen

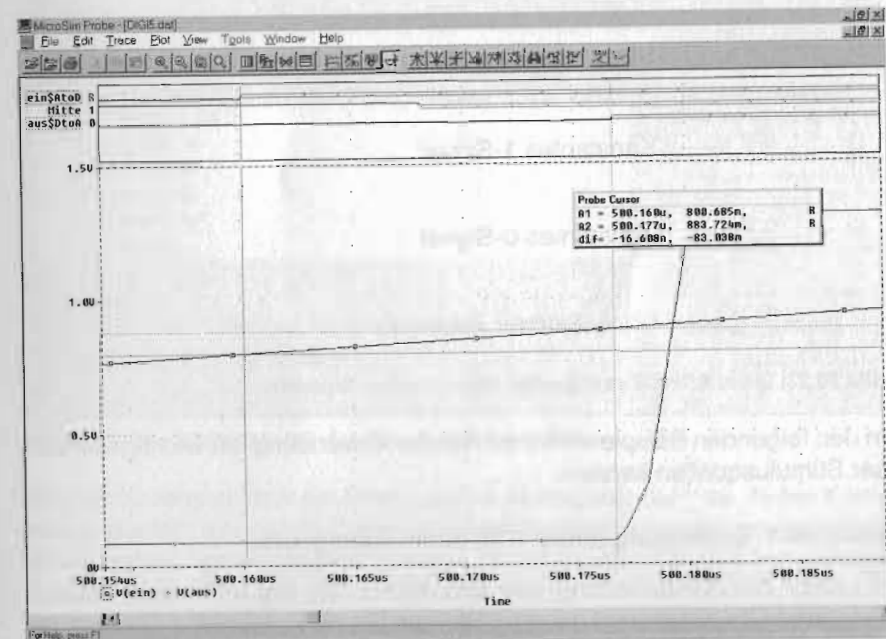


Bild 10.21: Starke Ausschnittvergrößerung von Bild 10.19 zur Ermittlung der Laufzeit

0.2.3 Digital-Spannungsquellen

Zur Erzeugung digitaler Erregersignale (Stimulus-Signale) hält PSPICE in der Bibliothek SOURCE.SLB spezielle Spannungsquellen bereit:

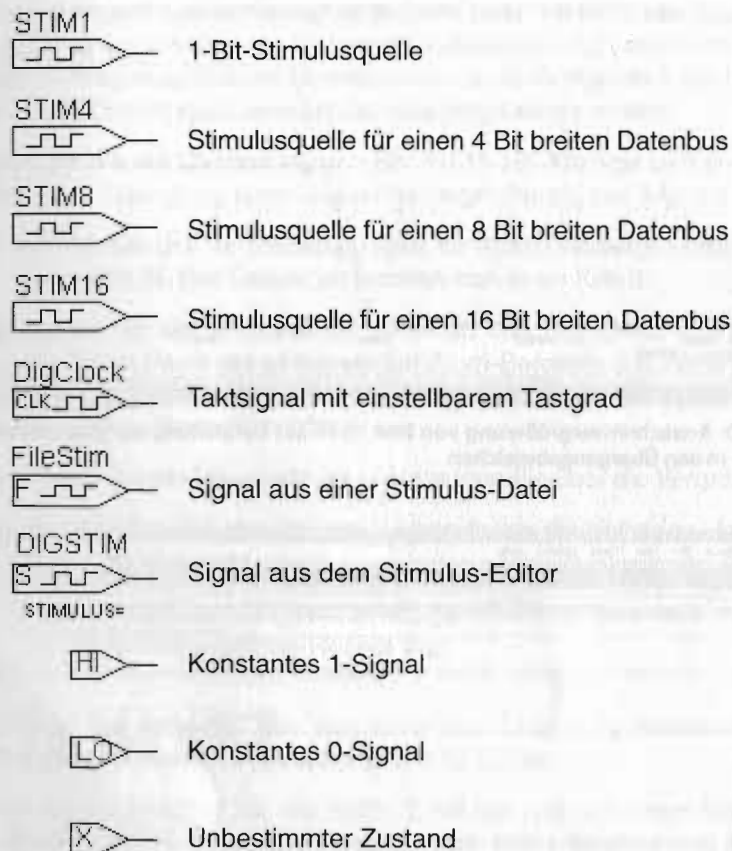


Bild 10.22: Die in PSPICE verfügbaren Stimulus-Signalquellen

In den folgenden Beispielen lernen Sie die Anwendung der wichtigsten dieser Stimulusquellen kennen.

Beispiel 1. Erzeugung eines 1-Bit-Stimulussignals:

- Laden Sie die Schaltung aus Bild 10.15, die Sie unter dem Namen DIGI5.SCH gespeichert haben, entfernen Sie die vorhandene Spannungsquelle *VPULSE* und fügen Sie stattdessen eine Stimulusquelle *STIM1* ein. Ihre Schaltung sollte danach der aus Bild 10.23 gleichen:

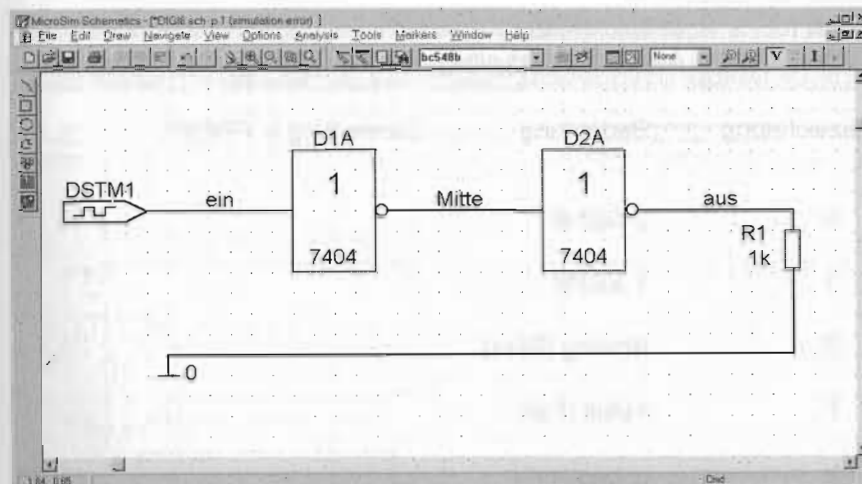


Bild 10.23: Digitalschaltung mit zwei Invertern. Stimulusquelle *STIM1*

Öffnen Sie das Attributfenster der Stimulusquelle (Bild 10.24) durch Doppelklick auf das Symbol:

Aktion
10.25

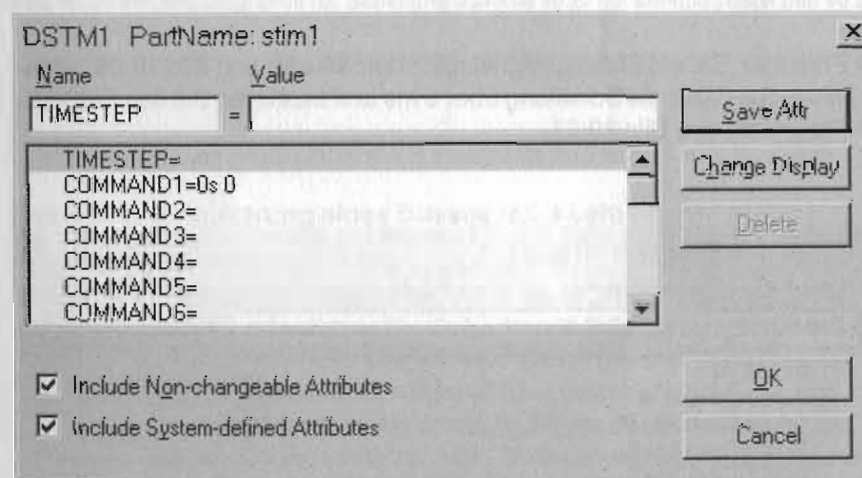


Bild 10.24: Das Attributfenster der Stimulusquelle *STIM1*

Das Attributfenster lässt die Erteilung von 16 Kommandos¹⁾ zu. Jedes Kommando besteht aus einem Zeitpunkt und (mit einem Leerzeichen getrennt) einem zugehörigen logischen Zustand. Damit können Sie eine Impulsfolge

¹⁾ In den folgenden Beispielen bleibt *TIMESTEP* immer unausgefüllt. Einträge bei *TIMESTEP* werden dann erforderlich, wenn Sie Stimulusfolgen nicht Punkt für Punkt definieren, sondern geschlossen programmieren wollen. Um das zu lernen, müssen Sie das PSPICE-Reference Manual heranziehen.

Aktion
0.24

Punkt für Punkt definieren. Zur Kennzeichnung logischer Zustände in der Value-Zeile des Attributfensters sind folgende Bezeichnungen zulässig:



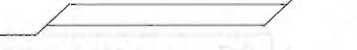
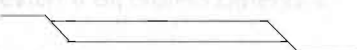


Bezeichnung	Bedeutung	Darstellung in PROBE
0	0-Signal	
1	1-Signal	
R	Anstieg (Rise)	
F	Abfall (Fall)	
X	unbestimmt	
Z	hochohmig	

Bild 10.25: Kennzeichnung der logischen Zustände im Stimulusattribut und in PROBE

Aktion 10.26

- Erzeugen Sie ein Stimulussignal nach dem Muster von Bild 10.26, simulieren Sie damit die Schaltung über 5 ms und erzeugen Sie das PROBE-Diagramm von Bild 10.27.

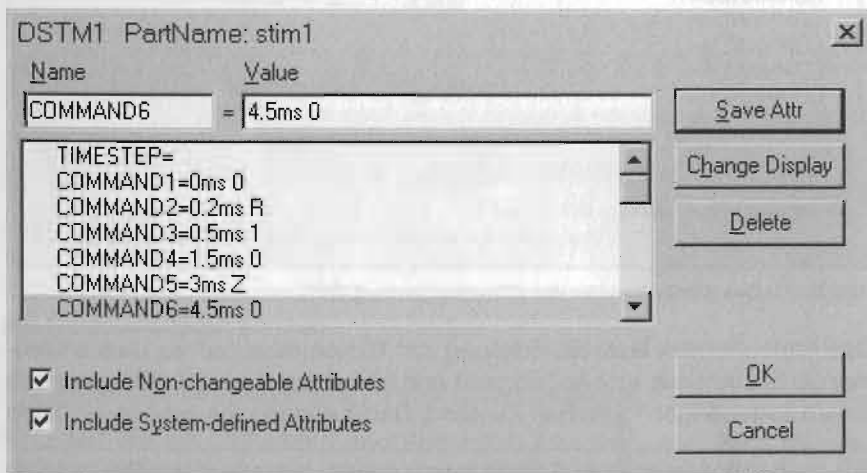


Bild 10.26: Definition des Signals der Stimulusquelle *STIM1* zur Erzeugung des PROBE-Diagramms von Bild 10.27

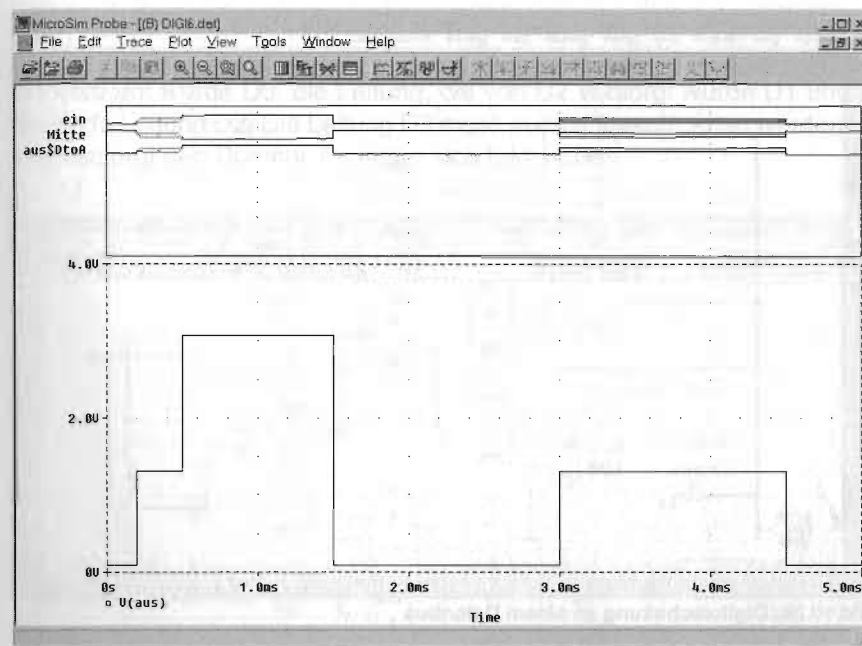


Bild 10.27: PROBE-Diagramm der Schaltung aus Bild 10.23 mit Stimulus nach Bild 10.26

Beispiel 2. Stimulierung eines Busses mit 3 Leitungen:

Laden Sie die Schaltung aus Bild 10.12, die Sie unter dem Namen DIGI4 gespeichert haben und ersetzen Sie die vorhandene Signalerzeugung durch einen Datenbus. Einen Datenbus können Sie in gleicher Weise verlegen, wie Sie es von der einfachen Verdrahtung gewöhnt sind. Den zugehörigen Zeichenstift aktivieren Sie durch Betätigen der Schaltfläche, die sich rechts neben der Schaltfläche zum Zeichnen einfacher Leitungen befindet. Verbinden Sie auch die Einzelleitungen, die zu den Digitalbausteinen führen, mit dem Datenbus (Bild 10.28).

Aktion 10.27

Als Signalquelle soll eine 4-Bit-Stimulusquelle vom Typ *STIM4* dienen. Diese Quelle muss unbedingt an alle 4 Busleitungen angeschlossen werden. Sie müssen zu diesem Zweck einen Widerstand R_{Dummy} spendieren (Bild 10.28). Erzeugen Sie die Schaltung von Bild 10.28 und speichern Sie diese als DIGI_BUS.SCH.

Aktion 10.28

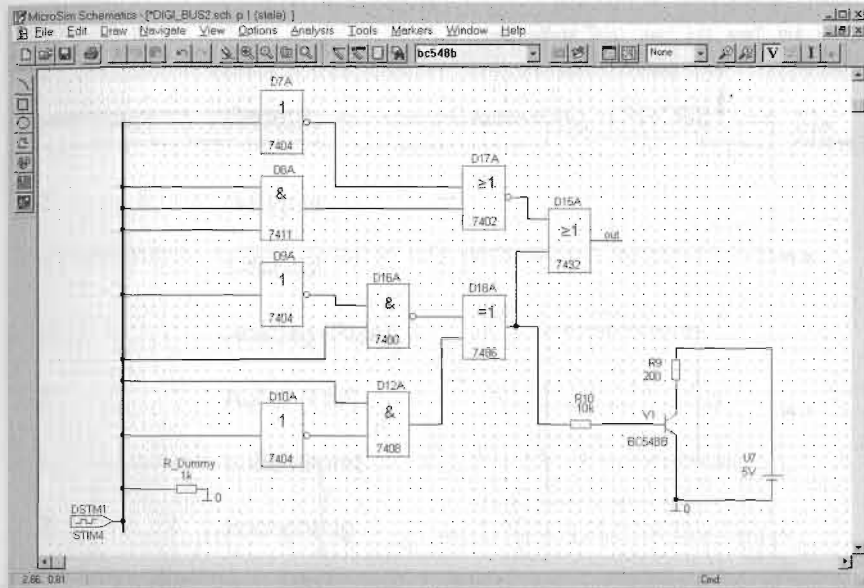


Bild 10.28: Digitalschaltung an einem Datenbus

Sie müssen dem Bus und seinen vier Datenleitungen jetzt einen Namen geben, der die Namen und Anzahl der verwendeten Datenleitungen in eckigen Klammern enthält:

Aktion 10.29

- Doppelklicken Sie auf irgendein Stück des Datenbusses, um das Fenster SET ATTRIBUTE VALUE zu öffnen. Benennen Sie ihren Bus und seine vier Leitungen als D[3-0] und füllen Sie mit dieser Bezeichnung die Eingabezeile des Attributfensters aus (Bild 10.29). Die Datenleitungen heißen damit D0, D1, D2 und D3.

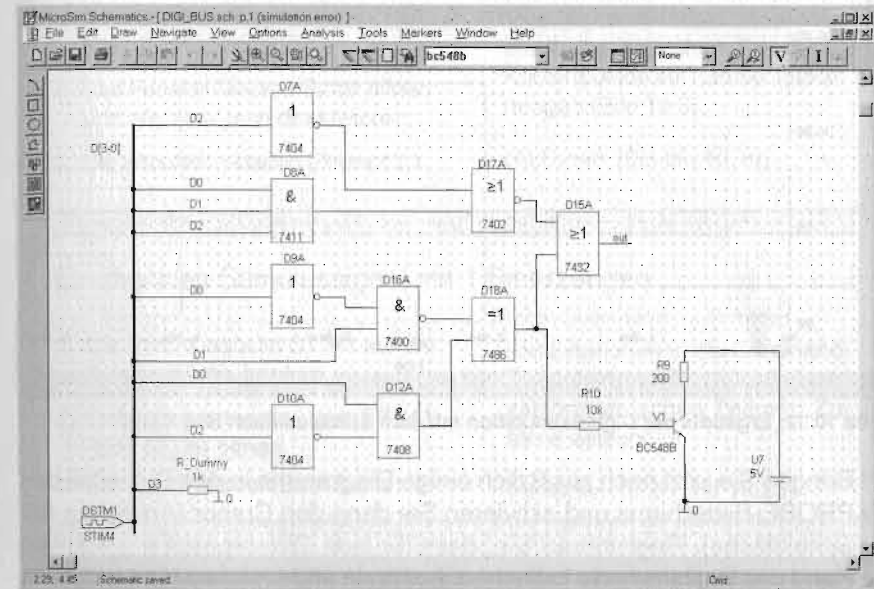


Bild 10.29: Die Benennung des Datenbusses im Fenster SET ATTRIBUTE VALUE

Nach Bestätigen der Namensgebung mit OK erscheint der Name des Datenbusses auf dem Schaltplan.

Jetzt müssen Sie die Zuleitungen zum Bus sinngemäß nach den Vorgaben von Bild 10.12 mit Labels versehen. Nennen Sie die Leitung, die von U1 versorgt wurde D0, die Leitung, die von U2 versorgt wurde D1 und die dritte Leitung D2. Die Leitung D3 muss auch angeschlossen werden. Sie versorgt den Dummy. Es ergibt sich Bild 10.30:

Aktion 10.30

Bild 10.30: Digitalschaltung. Der Bus und die Datenleitungen sind durch Label benannt und einander eindeutig zugeordnet. D3 versorgt R_{Dummy}

Zum Abschluss muss noch die Stimulusquelle eingestellt werden: Öffnen Sie dazu das Attributfenster der Stimulusquelle und füllen Sie die Attribute nach dem Muster von Bild 10.21 aus. Starten Sie eine Simulation über 5 ms und erzeugen Sie das PROBE-Diagramm von Bild 10.22.

Aktion 10.31

TIMESTEP= kein Eintrag
 COMMAND1=0m 0101
 COMMAND2=1m 0100
 COMMAND3=2m 0F10
 COMMAND4=3m 0011
 COMMAND5=4m 0101
 COMMAND6=4.5m ZZZZ
 COMMAND 7-16 bleiben leer

WIDTH=4 ; das ist die „Breite“ des Datenbusses.
 FORMAT 1111 ; 4-Bit Binärformat, die Eingabe in Hex (4) und Okt (3) ist auch möglich.
 Die restlichen Attribute bleiben unverändert.

Bild 10.31: Die Attribute der Stimulusquelle von Bild 10.30

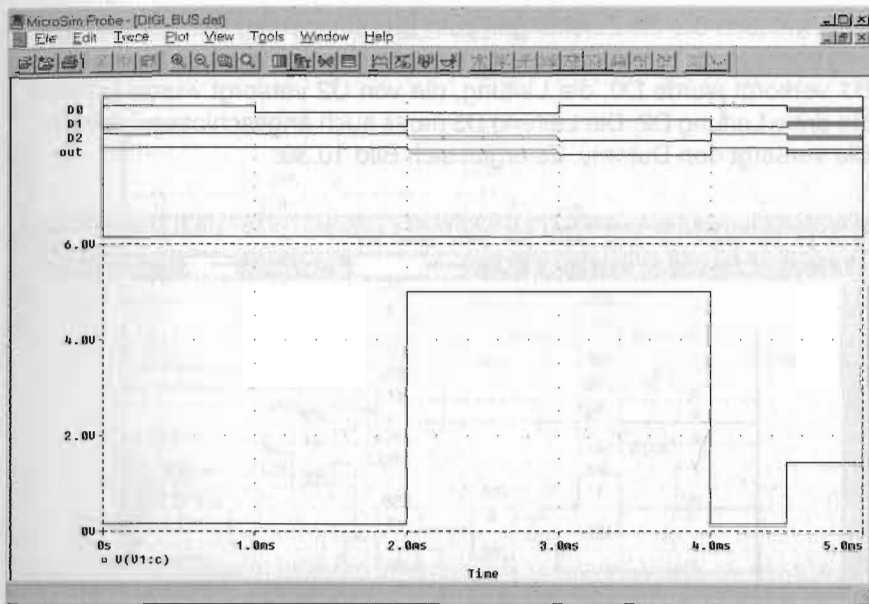


Bild 10.32: Ergebnis der Digitalsimulation mit dem Stimulus nach Bild 10.31

Aktion
10.32

- Bringen Sie jetzt noch zusätzlich einige Diagramme in den Digitalteil des PROBE-Bildschirms und aktivieren Sie dann den Cursor (Anklicken der Schaltfläche). Registrieren Sie, dass für jede Cursorposition am linken Rand des Digitalteils die logischen Zustände angezeigt werden und dass
- im Cursorfenster wie bisher die analogen Daten ausgegeben werden:

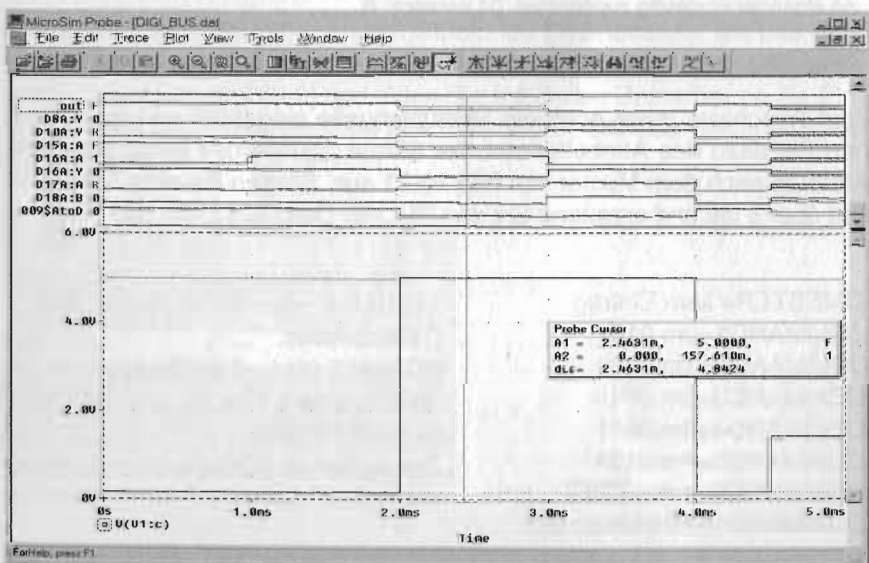


Bild 10.33: Darstellung der logischen Zustände mit Hilfe des Cursors

Kochbuch

Eine statische Logik-Analyse durchführen

Rezept
10.1

1. Gleichspannungsquellen VDC an die Eingänge legen (5 V für 1-Signal, 0 V für 0-Signal).
2. Das Fenster ANALYSIS SETUP öffnen und alle Analysen deaktivieren.
3. Die Simulation starten (Rezept 2.1)
4. Die Schaltfläche mit dem großen V betätigen (Rezept 2.2) und dadurch die logischen Pegel der Knotenpunkte auf den Schaltplan bringen (Bild 10.9).
(Aktionen 10.8 bis 10.10)

Ein digitales Stimulussignal mit 1 Bit erzeugen

Rezept
10.2

1. Die Stimulusquelle STIM1 auf die Zeichenfläche bringen.
 2. Das Attributfenster von STIM1 (Bild 10.26) öffnen.
 3. Die gewünschten Zeit-Zustands-
- kombinationen in die Command-Zeilen bringen (Bild 10.26). Leerzeichen zwischen Zeit und Zustand setzen!
(Aktionen 10.25 und 10.26)


Einen Datenbus digital stimulieren

Rezept
10.3

1. Eine Bus-Stimulusquelle (STIM4, STIM8 oder STIM16) auf das Zeichenblatt bringen.
2. Das Attributfenster der Quelle öffnen und in die Command-Zeilen die Zeitpunkte und die zugehörigen Bit-Kombinationen eintragen.
(Aktion 10.31)

Einen Datenbus zeichnen

Rezept
10.4

1. Die Schaltfläche mit dem Datenbus-Bleistift anklicken: 
2. Den Bleistift-Cursor mit linkem Mausklick an den Anfang des zu zeichnenden Datenbus setzen.
3. Maustaste loslassen und Maus bis zum Ende des Datenbus oder bis zu einer gewünschten Knickstelle bewegen.
4. Knickstelle oder Ende des Datenbus durch Mausklick festsetzen.
5. Weiterzeichnen oder beenden durch Klick mit der rechten Maustaste. Hinweis: Das Zeichnen von Bussen gleicht völlig dem Zeichnen einfacher Leitungen.

Kochbuch

Rezept
10.5

Einen Datenbus benennen (mit Labels versehen)

1. Doppelklick auf ein Bussegment und dadurch öffnen des Fensters SET ATTRIBUTE LABEL (Bild 10.29).
2. Eintragen des Namens, z.B. D für Datenbus. In eckigen Klammern folgt dann die Bezeichnung der Datenleitungen. Der Datenbus D[3-0] enthält z.B. die Daten-

leitungen D3, D2, D1 und D0. D3 entspricht dem höchwertigen Bit (MSB) in der Command-Zeile zur Erzeugung des Stimulus, D0 entspricht dem niederwertigsten Bit (LSB).

(Aktion 10.29)

Rezept
10.6

Einzelne Datenleitungen benennen (mit Labels versehen)

Alle Datenleitungen, die von einem Datenbus abzweigen, sind mit Namen zu versehen, die ihre Zuordnung zum Datenbus eindeutig ermöglichen (vergl Rezept 10.5). Das geschieht durch geeignetes benennen der Leitungen (vergl. Bild 10.30):

1. Doppelklick auf die zu benennende Leitung. Es öffnet sich das Fenster SET ATTRIBUTE LABEL.
2. Eintragen des gewünschten Namens.
3. OK.

(Aktion 10.30)

Rezept
10.7

Den Digitalteil von PROBE zoomen

1. Vergrößerungsglas aktivieren:

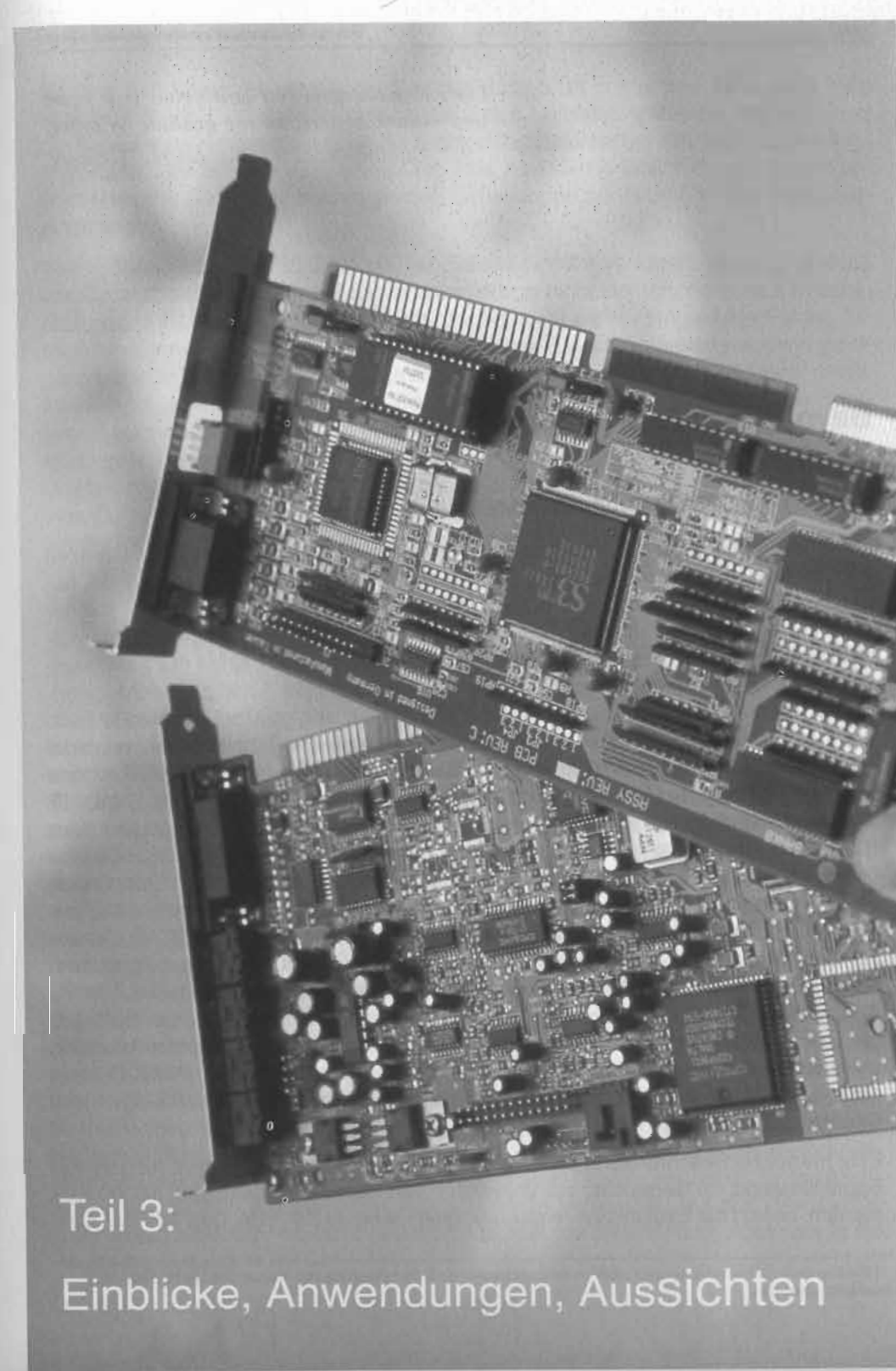


2. Im Digitalteil von PROBE einen linken Mausklick an den linken Rand des gewünschten Zoombereichs setzen und dann die Maus mit gedrückter Maustaste bis zum rechten Rand des gewünschten Zoombereichs ziehen.

3. Maustaste loslassen.
4. Bei Bedarf können Sie den Vorgang mehrmals wiederholen.
5. Rückkehr zur ursprünglichen Darstellung mit:



(Aktionen 10.21 und 10.22)



Teil 3:

Einblicke, Anwendungen, Aussichten