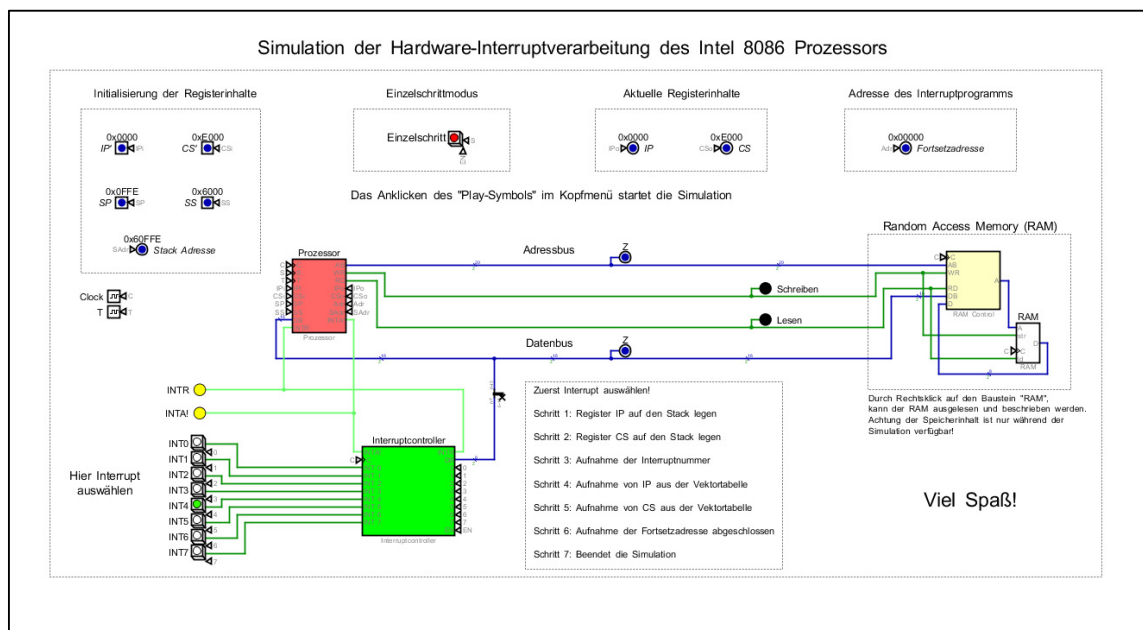


Bedienungsanleitung

für die Simulation der Hardware-Interruptverarbeitung des Intel 8086 Prozessors

1. Einführung

Die vorliegende Simulation visualisiert die Hardware-Interruptverarbeitung des Intel 8086 Prozessors und basiert auf einer digitalen Schaltungssimulation. Als Simulationssoftware dient das Programm „Digital“, ein Simulator für digitale Schaltkreise.



2. Das Simulationsprogramm Digital

Die Verwendete Software mit dem Namen „Digital“ ist ein Simulator für digitale Schaltkreise und kostenfrei (GPL – General Public License) erhältlich.

Der Simulator kann unter folgendem Link von der Entwicklerplattform GitHub heruntergeladen werden.

<https://github.com/hneemann/Digital>

Die Anwendung ist auf den Betriebssystemen Linux, Windows und MacOS lauffähig und kann ohne Installation verwendet werden.

Weitere Informationen zur Software können der Website unter obenstehendem Link entnommen werden.

3. Öffnen der Simulationsdatei

Um die Simulation verwenden zu können, muss zuerst die Simulationsdatei in Digital geöffnet werden. Dazu ist es zuerst notwendig den komprimierten Ordner, welcher die Simulationsdateien enthält zu entpacken.

Simulation_Hardware-Interruptverarbeitung_8086

In diesem Ordner befindet sich in entpacktem Zustand ein weiterer Ordner mit dem Namen „Embedded_Circuits“. Dieser Ordner enthält einige Schaltungen, welche in die Hauptschaltung der Simulation eingebettet sind. **Damit die Simulation der Hardware-Interruptverarbeitung problemlos verwendet werden kann, ist es zwingend notwendig, dass alle eingebetteten Schaltungen in diesem Ordner verbleiben und nicht entfernt oder verschoben werden.**

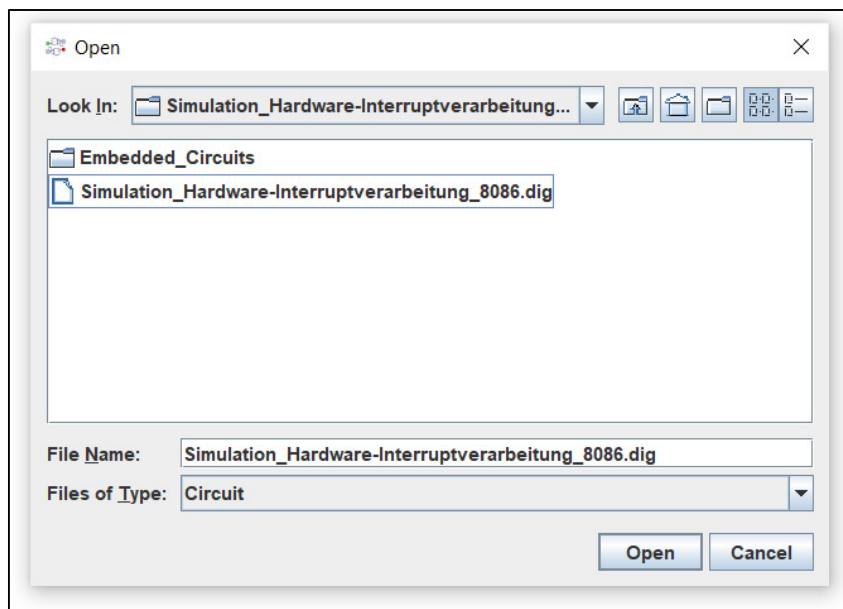
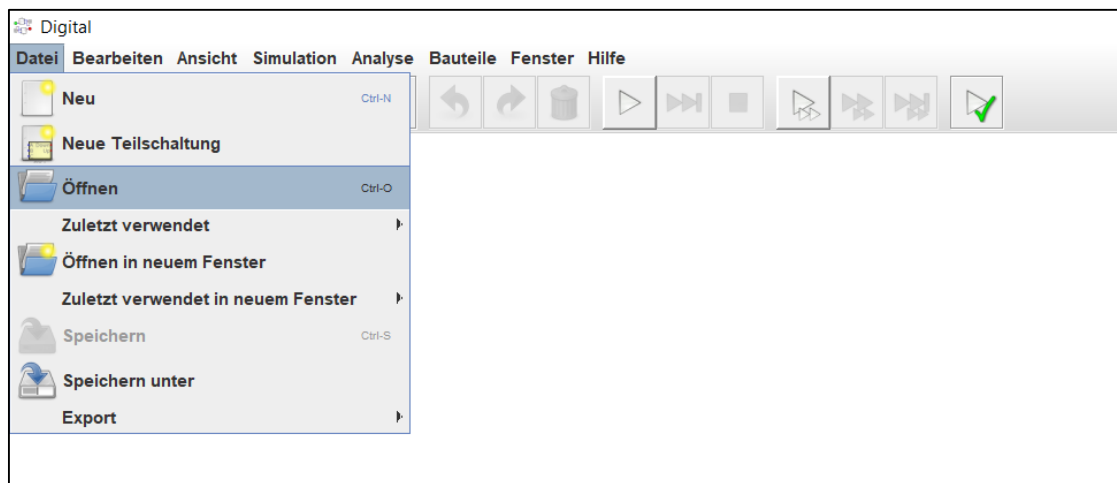
Zusätzlich ist neben dem Ordner mit den eingebetteten Schaltungen eine Datei zu finden. Diese Datei enthält die Hauptschaltung der Simulation und muss nun vom Programm aus geöffnet werden.

Simulation_Hardware-Interruptverarbeitung_8086.dig

Zum Öffnen der Simulation ist zuerst das Programm Digital zu starten. Der Ordner, welcher von der GitHub Website heruntergeladen wurde, enthält zum Start der Applikation verschiedene Anwendungsdateien. Abhängig vom Betriebssystem muss hier nun die richtige Anwendung ausgeführt werden. Daraufhin öffnet sich das Programm direkt ohne Installation.

Digital

Zum Öffnen der Simulationsdatei wird in der oberen Menüleiste ganz links „Datei“ ausgewählt. In dem sich öffnenden Drop-down Menü kann nun über den Punkt „Öffnen“ die bereits erwähnte Hauptschaltung mit dem Namen „Simulation_Hardware-Interruptverarbeitung_8086.dig“ im Explorer ausgewählt werden.



Durch Klicken auf „Öffnen“ wird dann die Simulation geöffnet.

4. Anwendung der Simulation

Allgemeines:

Die Simulation und das zugehörige Modell sind nicht schreibgeschützt, da es in diesem Programm keine Differenzierung zwischen Anwender- und Entwicklungsumgebung gibt. Es ist somit möglich, Veränderungen jeglicher Art durchzuführen und somit folglich auch für die Funktionalität der Simulation schädliche. Es ist daher ratsam, vorsichtig zu agieren und/oder vorher eine Kopie der Originaldateien zu erstellen.

Zur Verwendung der Simulation ist es notwendig, das Programm Digital selbst in den grundlegenden Funktionen bedienen zu können. Die wichtigsten Bedieneigenschaften sind im Folgenden beschrieben.

- Mit einem gehaltenen Rechtsklick auf den Schaltungshintergrund ist es möglich, das eigene Sichtfeld auf dem Schaltungshintergrund zu bewegen. So kann der Simulationsbereich in den Fokus gerückt werden.
- Durch Scrollen am Mausrad kann rein- oder rausgezoomt werden.
- Im Simulationsmodus können durch einen Klick auf Objekte der Schaltung verschiedene Aktionen durchgeführt werden.
- **Achtung!** Diverse Aktionen haben im Bearbeitungsmodus andere Auswirkungen wie im Simulationsmodus. Es sollte daher immer darauf geachtet werden, in welchem Modus man sich gerade befindet.

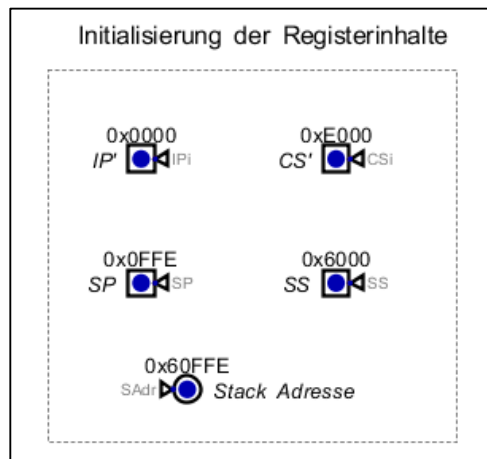
Vorbereiten der Simulation:

Um in den Simulationsmodus zu wechseln wird, auf das „Play-Symbol“ in der Kopfleiste des Programms geklickt. Durch den Knopf mit dem „Stopp-Symbol“ auf der rechten Seite kann die Simulation zu jedem Zeitpunkt gestoppt werden und das Programm kehrt zurück in den Bearbeitungsmodus.



Sobald der Simulationsmodus gestartet wurde, ist es möglich, eine Hardware-Interruptverarbeitung im Einzelschritt durchzugehen. Zuvor können optional noch einige Voreinstellungen vorgenommen werden.

1. Es ist möglich, die initialisierten Inhalte der Register IP, CS, SP und SS zu verändern. Dies ist im Feld „Initialisierung der Registerinhalte“ links oben in der Simulation möglich. Natürlich können auch einfach die Voreingestellten Inhalte beibehalten werden. Die Voreinstellungen sind in der folgenden Abbildung zu sehen.

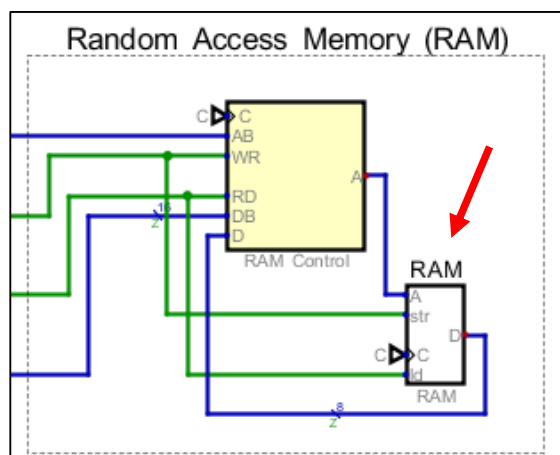


Außerdem wird unterhalb des Stapelsegments (SS – Stack Segment) und des Stapelzeigers (SP – Stack Pointer) direkt die sich daraus ergebende Stapeladresse (Stack Adresse) angezeigt.

Um die Inhalte der Register zu verändern ist, lediglich ein Klick auf die Eingangssymbole notwendig. Daraufhin erscheint ein Fenster, in dem der Wert angepasst werden kann.

2. Weiterhin können die Speicherzellen des RAM voreingestellt werden. Dies ist notwendig, um die Interruptvektortabelle zu initialisieren. Der RAM hat entsprechend des Adressbusses eine Größe von 1 MiB (1 Mega Binary Byte) und wird beim Wechseln in den Simulationsmodus programmseitig mit 00h je Speicherzelle beschrieben.

Um den RAM händisch zu beschreiben, klickt man mit der Maus im Feld „Random Access Memory (RAM)“ auf den unteren rechten Baustein, der die Überschrift RAM trägt. Daraufhin öffnet sich ein neues Fenster mit einer Matrix, in der man dann jede beliebige Speicherzelle beschreiben kann.

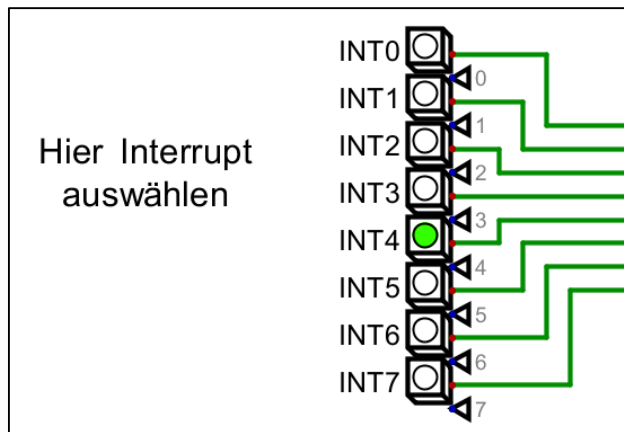


Ablauf der Simulation:

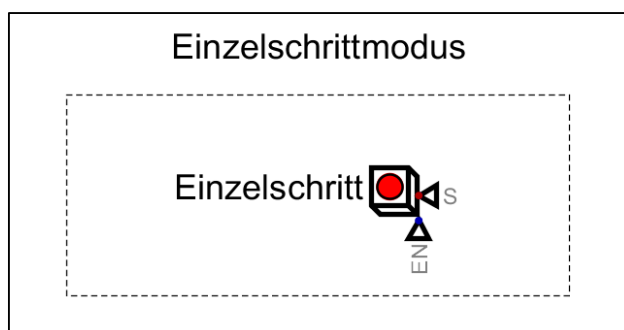
Die Simulation der Hardware-Interruptverarbeitung erfolgt im Einzelschrittmodus, sodass alle Verarbeitungsschritte in Ruhe nachvollzogen werden können.

Zuerst muss ein Hardware-Interrupt durchgeführt werden. Dazu stehen unten Links in der Hauptschaltung 8 Taster mit den Bezeichnungen INT0 bis INT7 zur Verfügung. Durch Drücken eines Tasters wird der jeweilige Interrupt ausgelöst und vom Interruptcontroller registriert. Der Taster des Interrupts leuchtet danach grün.

Achtung: Werden mehrere Taster nacheinander gedrückt, so ist immer der Interrupt aktiv der zuletzt ausgelöst wurde. Die Taster, die davor gedrückt wurden, haben keine Auswirkung mehr auf die Interruptverarbeitung.



Sobald ein Interrupt ausgelöst wurde, kann die Verarbeitung im Einzelschritt durchlaufen werden. Um einen Schritt weiterzugehen, wird der Taster „Einzelschritt“ im Feld „Einzelschrittmodus“ am oberen Rand der Schaltung verwendet. Dieser Taster leuchtet rot, sobald ein Interrupt ausgelöst wurde und indiziert dadurch, dass die Simulation nun bereit ist im Einzelschritt durchlaufen zu werden.



Durch jede Betätigung des Tasters geht die Simulation einen Schritt weiter in der Hardware-Interruptverarbeitung.

Folgende Schritte werden nacheinander ausgeführt.

- Schritt 1** Register IP auf den Stack legen
In diesem Schritt schreibt der Prozessor den Inhalt des Registers IP mit seinem initialisierten Wert auf den Stapel im RAM.
- Schritt 2** Register CS auf den Stack legen
In diesem Schritt schreibt der Prozessor den Inhalt des Registers CS mit seinem initialisierten Wert auf den Stapel im RAM.
- Schritt 3** Aufnahme der Interruptnummer
In diesem Schritt nimmt der Prozessor die vom Interruptcontroller auf den Datenbus gelegte Interruptnummer entsprechend des ausgelösten Interrupts auf.
- Schritt 4** Aufnahme von IP aus der Vektortabelle
In diesem Schritt liest der Prozessor entsprechend der aufgenommenen Interruptnummer den neuen Wert für das Register IP aus der Interruptvektortabelle im RAM.
- Schritt 5** Aufnahme von CS aus der Vektortabelle
In diesem Schritt liest der Prozessor entsprechend der aufgenommenen Interruptnummer den neuen Wert für das Register CS aus der Interruptvektortabelle im RAM.
- Schritt 6** Aufnahme der Fortsetzadresse abgeschlossen
Nach Schritt 5 ist durch die Aufnahme der neuen Werte für IP und CS die Adresse für das Interruptprogramm bekannt. Die Aufnahme der Fortsetzadresse ist somit abgeschlossen und der Prozessor geht in diesem Schritt zurück in den Ruhezustand über. Die weitere Hardware-Interruptverarbeitung ist ab diesem Punkt nicht weiter simuliert, da nun ein zuvor geschriebenes Interruptprogramm abgearbeitet würde. Auch das Zurückholen der ursprünglichen Inhalte des IP und CS Registers vom Stapel

wird nicht mehr simuliert. Der Simulierte Teil der Hardware-Interruptverarbeitung ist daher an dieser Stelle beendet.

Schritt 7 Beendet die Simulation

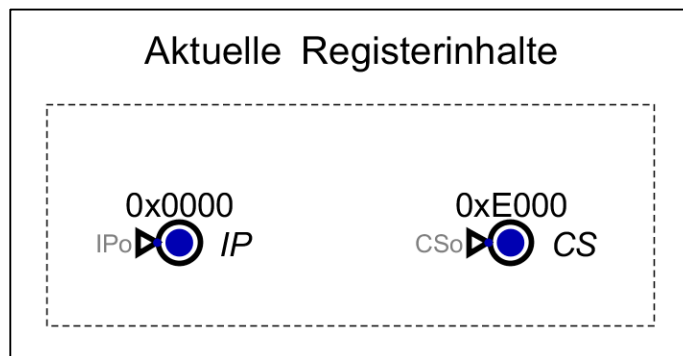
Ein siebtes Betätigen des Einzelschritttasters beendet die Simulation vollständig. Das Programm kehrt dabei aus dem Simulationsmodus zurück in den Bearbeitungsmodus.

Diese Einzelschritte sind in ihrer Kurzform auch in der Schaltung wieder zu finden.

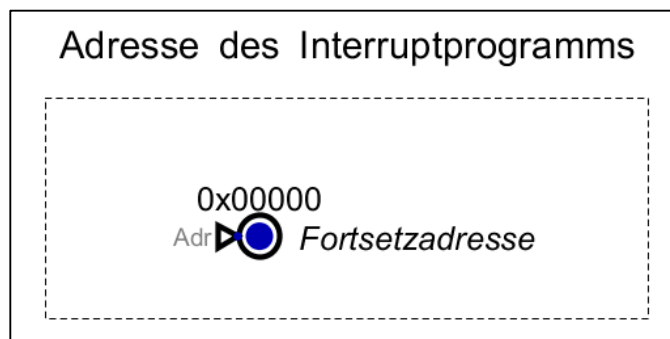
Optische Indikatoren:

Um eine bessere Visualisierung zu erreichen, enthält die Schaltung bzw. die Simulation einige optische Indikatoren.

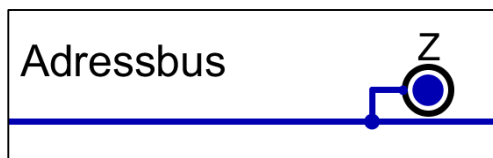
1. Im Feld „Aktuelle Registerinhalte“ können die Inhalte der Register IP und CS zu jedem Zeitpunkt während der Simulation beobachtet werden.



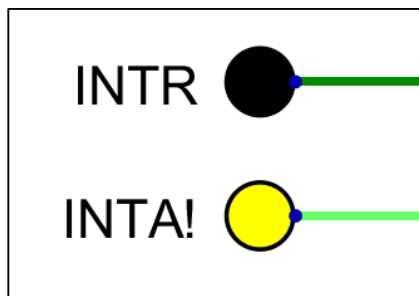
2. Im Feld „Adresse des Interruptprogramms“ kann am Ende der Simulation die Fortsetzadresse für das Interruptprogramm, ermittelt aus den Registern CS und IP, abgelesen werden.



3. Grundsätzlich gilt für Leitungen in Digital während der Simulation Folgendes.
- Eine 1 Bit Leitung ist hellgrün, wenn ihr Zustand „high“ ist. Sie erscheint dunkelgrün, wenn ihr Zustand „low“ ist.
 - Ein Bus wird ebenfalls als eine Leitung dargestellt, jedoch wird an dieser die Anzahl der Adern angezeigt. Der Zustand bzw. Wert eines Buses während der Simulation kann durch grüne Zeichen an diesem festgestellt werden.
4. Der Zustand des Adressbusses und des Datenbusses kann zusätzlich durch jeweils eine Anzeige beobachtet werden. Der Wert des Busses wird dabei hexadezimal angegeben, wobei der Buchstabe „Z“ für hochohmig steht.



5. Die Zustände der Leitungen für das Lesen und Schreiben von oder in den RAM sowie die Zustände der Leitungen INTR (Interrupt) und INTA! (Interrupt Acknowledge) werden zusätzlich durch Leuchtkreise angezeigt. Ist der Kreis farbig so ist die Leitung „high“, ist er schwarz so ist die Leitung „low“.



Viel Spaß beim Simulieren der Hardware-
Interruptverarbeitung des Intel 8086 Prozessors