

1. Die Welt der Mikrocontroller

Die elektronische Datenverarbeitung ist aus der heutigen Welt nicht mehr wegzudenken. Als eine Folge der weltweiten Vernetzung der Information und dem Streben nach effizienteren Prozessabläufen wächst der Bedarf stetig, immer mehr Informationen immer schneller zu verarbeiten. Doch zunächst etwas zu der Historie der Datenverarbeitung.

Schon früh gab es Bestrebungen, mathematische Berechnungen durch eine Maschine automatisch durchführen zu lassen. Die erste Erwähnung einer solchen Maschine stammt aus dem Jahr 1623, als sich der Astronom und Mathematiker Wilhelm Schickard ein solches Rechenwerk baute – damals noch mechanisch – um seine astronomischen Berechnungen zu erleichtern. Sie konnte bereits addieren und subtrahieren. Eine Multiplikation und Division auf der Basis der von John Napier 1617 erfundenen Rechenstäbchen beherrschte sie ebenfalls, diese sind allerdings keine Rechenautomaten. Bis Mitte des 20. Jahrhunderts gab es zahlreiche erfolgreiche Unternehmungen, mechanische Rechenmaschinen zu bauen, unter anderem von Gottfried Wilhelm Leibniz, dem Namenspatron der Leibniz Universität Hannover, die diesen Wettbewerb ausgerufen hat. Er erfand das Staffelwalzenprinzip und konstruierte darauf basierend eine Rechenmaschine.

Einen evolutionären Sprung erfuhr die Datenverarbeitung Mitte des 20. Jahrhunderts mit dem Wechsel von mechanischen zu elektrischen Prinzipien. Aus einfachen Rechenwerken entwickelten sich Computer, deren Kern ein Mikroprozessor bildet und die universell programmierbar sind und jede erdenkliche Funktion berechnen können, wenn sie ausreichende Ressourcen zur Verfügung haben. Aber auch Mikrocontroller dienen der elektronischen Datenverarbeitung und spielen in unserem Alltag eine gewichtige Rolle. Aus diesem Grund wird sich die diesjährige Intel® Leibniz Challenge mit ihnen beschäftigen.



Abb. 1 Busicom Calculator

In dieser Aufgabe werdet ihr euch mit den Grundlagen von Mikroprozessoren und Mikrocontrollern sowie der Programmierung befassen. Im Aufgabenteil 1.1 werden der Aufbau und mögliche Einsatzgebiete der Mikroprozessoren und Mikrocontroller betrachtet. Die Programmierung und die einzelnen Komponenten von Mikrocontrollern stehen im Aufgabenteil 1.2 im Vordergrund, in dem ihr u.a. die Programmablaufpläne für die Beschreibung der Funktion eines Timers erstellen werdet. Anschließend werdet ihr euch im Aufgabenteil 1.3 einem speziellen Gebiet der Programmierung nähern und die Zufallszahlerzeugung untersuchen. Im letzten Aufgabenteil werdet ihr die wirtschaftlichen Aspekte der Verwendung von Mikrocontrollern ergründen.

1.1 Mikroprozessoren und Mikrocontroller

Den Bau des ersten funktionsfähigen Rechners wird Konrad Zuse im Jahr 1941 zugeschrieben, als er den auf Relaischaltungen basierenden Z3 vorstellte. Der 1946 in Betrieb genommene ENIAC gilt jedoch gemeinhin als erster Computer und basierte schon auf Elektronenröhren, welches das Zeitalter der elektronischen Datenverarbeitung endgültig einläutete. Sowohl der Z3 als auch der ENIAC nach seinem Umbau im Jahre 1948 basieren auf der Von-Neumann-Architektur.

- 1) Nennt die vier Hauptbestandteile der Von-Neumann-Architektur.
- 2) Welche sind die drei Hauptmerkmale der Von-Neumann-Architektur?

Mit fortschreitender Entwicklung stellte sich heraus, dass diese Architektur eine Schwäche aufweist, die auch Von-Neumann-Flaschenhals genannt wird. Ein Ansatz diese Schwäche zu beseitigen, ist die Harvard-Architektur, die zum Teil auch in heutigen Mikroprozessoren eingesetzt wird.

- 3) Welches Merkmal der Von-Neumann-Architektur ist der Hauptnachteil (Flaschenhals) dieser Architektur?
- 4) Welche technologische Entwicklung seit Verwendung der Von-Neumann-Architektur hat zum Auftreten dieses Flaschenhalses geführt?
- 5) Nennt das unterscheidende Merkmal der Harvard- und der Von-Neumann-Architektur.

Anfang der 60er Jahre des letzten Jahrhunderts wurden die Elektronenröhren in den Rechenwerken mehr und mehr durch Transistoren ersetzt, wodurch deren Größe auf die eines Tischgerätes schrumpfte. Nur knapp zehn Jahre später erfolgte der Übergang zur integrierten elektronischen Schaltung für Computer. Die 1968 gegründete Intel Corporation entwickelte 1969 als eine Auftragsproduktion für das japanische Unternehmen „Busicom“ einen Mikroprozessor für einen Tischrechner. Im November 1971 stellten sie dann den 4004 Mikroprozessor vor. Die Entwicklung der Mikroprozessoren schritt dann rasant voran. Nachdem der 4004 aus rund 2300 Transistoren aufgebaut war, konnte der 8008 im Jahre 1972 schon mit 3500 Transistoren aufwarten. Aktuelle CPUs, wie zum Beispiel der Anfang 2010 vorgestellte Quad-Core Itanium Mikroprozessor, enthalten mit mehr als 2 Milliarden Transistoren schon deutlich komplexere Strukturen. Immerhin sind das fast eine Million Mal mehr Transistoren als bei seinem Urahn, dem 4004. Gordon E. Moore, formulierte eine Gesetzmäßigkeit über die Komplexität von integrierten Schaltungen, die unter dem Begriff „Moore'sches Gesetz“ bekannt geworden ist.

- 6) Was besagt dieses Gesetz?
- 7) Wie viele Transistoren müsste ein 2011 vorgestellter Mikroprozessor besitzen, wenn man vom 4004 ausgehend das Mooresche Gesetz anwenden würde?

1.1 Mikroprozessoren und Mikrocontroller -Fortsetzung

Für Mikroprozessoren gibt es ein weites Feld von Anwendungsgebieten. So kommen im Server-Segment besonders leistungsfähige Mikroprozessoren zum Einsatz, bei Heim-PCs und Notebooks werden Mikroprozessoren verwendet, die auch Multimediadaten schnell verarbeiten können. Für mobile Geräte wie Tablets oder Smartphones kommt es dagegen auf einen möglichst geringen Leistungsbedarf des Mikroprozessors an, um eine lange Laufzeit im Batteriebetrieb zu gewährleisten. Doch nicht nur Mikroprozessorarchitekturen entwickeln sich weiter, auch was die Halbleitertechnologie betrifft, gibt es weitreichende Fortschritte. Während der 4004 noch in einem Halbleiterprozess mit Strukturgrößen von 10 µm produziert wurde, unterschritt man im Jahr 2001 die 100-nm-Schwelle. Die in Kürze verfügbaren Mikroprozessoren der nächsten Core-Generation werden in einem Halbleiterprozess mit Strukturgrößen von 22 nm mit neu entwickelten 3D-Transistorstrukturen gefertigt.

Mit den Mikroprozessoren eng verwandt sind die Mikrocontroller. Eine klare Grenze zwischen beiden kann schwer eindeutig gezogen werden. Meist ist das Vorhandensein von Peripherieelementen ausschlaggebend für die Definition. Als eine Faustregel gilt, dass ein für eine Anwendung spezifisch konfigurierter Mikroprozessor eher als Mikrocontroller eingeordnet wird.

8) Nennt vier typische Einsatzgebiete für einen Mikrocontroller.

Ein Mikrocontroller wird programmiert, indem der Programmspeicher über eine Schnittstelle beschrieben wird. Das Programm kann dabei in einer speziellen Maschinensprache (Assembler) oder in einer abstrakten Hochsprache wie zum Beispiel C geschrieben sein. Die Verwendung der Hochsprache vereinfacht die Programmierung für den Entwickler. Das fertige Programm wird anschließend von einem Compiler in Maschinenbefehle übersetzt und in den Mikrocontroller geladen.

Form der Lösung für den Aufgabenteil 1.1

Antworten auf die Fragen 1 - 8

1.2 Programmablauf(-plan)

Damit Mikrocontroller eine bestimmte Aufgabe abarbeiten können, brauchen sie eine Art Handlungsvorschrift, die gewöhnlich sehr viele Schritte enthält. Diese wird auch Algorithmus genannt. Der erste für eine Rechenmaschine gedachte Algorithmus stammt aus dem Jahre 1843 von der Mathematikerin Ada Lovelace, die deshalb auch als die erste Programmiererin angesehen wird. Aufgabe einer Programmiererin bzw. eines Programmierers ist es, ein Computerprogramm, meist einfach nur Programm genannt, zu erstellen. Ein wichtiges Werkzeug bei der Erstellung eines Programms ist ein Programmablaufplan (PAP).

- 1) Beschreibt in maximal zwei Sätzen, was ein Computerprogramm ist.
- 2) Beschreibt in maximal zwei Sätzen, was ein Programmablaufplan ist und wozu er dient.

Viele alltägliche Vorgänge verlaufen nach einem Algorithmus. So könnt ihr beispielsweise eure morgendlichen Handlungen nach dem Aufstehen oder das Backen eines Kuchens durch einen Algorithmus beschreiben.

- 3) Beschreibt in bis zu vier Sätzen, den Ablauf von Handlungen, die nötig sind, wenn ihr euren häuslichen Briefkasten leert.
- 4) Nennt mindestens eine Entscheidung, die bei dem Leeren des Briefkastens nötig ist.

Auch der Ablauf der Uhr ist ein solches Programm und folgt einem Algorithmus. Eure Aufgabe soll es nun sein, für diesen Algorithmus einen Programmablaufplan zu ergänzen. Für die Erstellung eines PAP gibt es genormte Symbole, die sogar in der DIN 66001 festgelegt sind. Ihr benötigt für diese Aufgabe nur die Pfeile zur Verbindung zum nächsten Element.

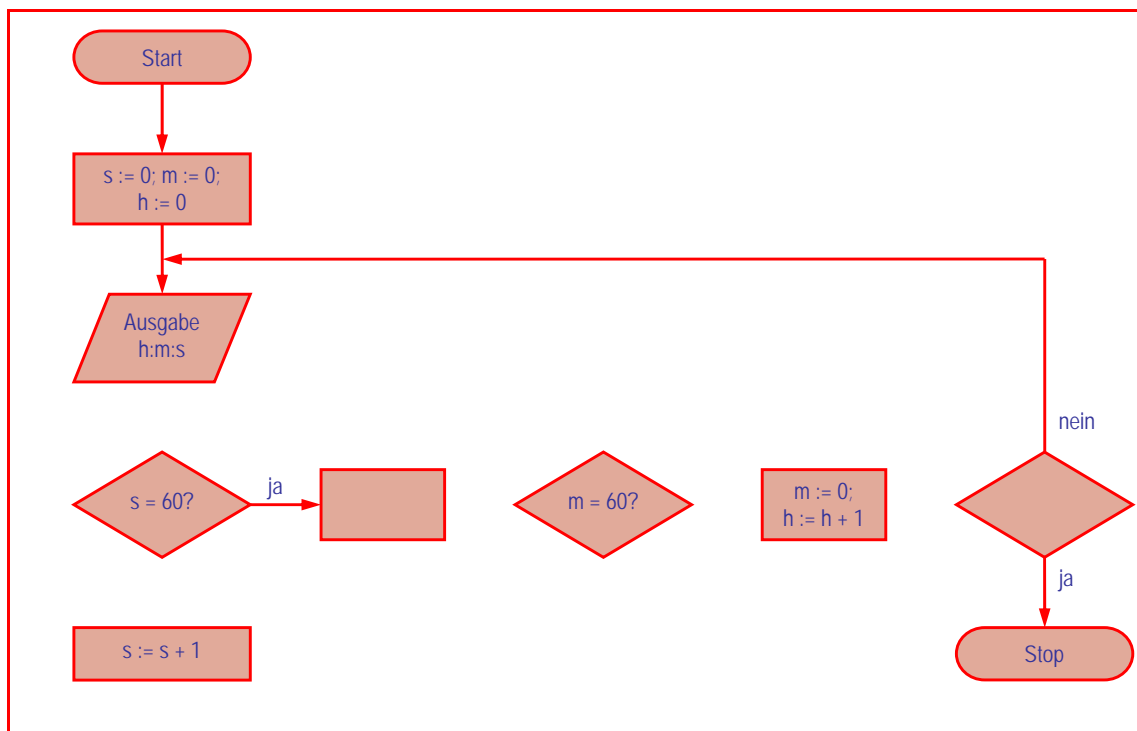


Abb. 2 Unvollständiger Programmablaufplan eines Timers

1.2 Programmablauf(-plan) - Fortsetzung

- 5) Vervollständigt den Programmablaufplan aus Abb. 2 für einen Timer für die Zeitdauer von 23 Stunden, 59 Minuten und 59 Sekunden. Der Timer startet mit der Zeit 0h:0m:0s und soll Sekunden, Minuten und Stunden bis zu einem Tag hochzählen. Ergänzt die nötigen Pfeile und Operationen.

Jedes Programm ist eine Reihe von „Befehlen“. Um den Fortschritt eines Programms zu kontrollieren und zu steuern, wird ein Befehlszähler (Program Counter) benötigt.

- 6) Aus wie vielen verschiedenen Befehlen besteht das Timer-Programm nach dem dargestellten PAP (vgl. Abb. 2), wenn jede Operation, jede Ausgabe und jeder Vergleich ein Befehl ist?

Hinweis: „Start“ und „Stop“ stellen keine Befehle dar!

- 7) Erläutert die Funktionsweise eines Befehlszählers in maximal zwei Sätzen.

Programme folgen bei der Ausführung nicht unbedingt immer dem Programmablaufplan. Der Programmablauf kann durch sogenannte Interrupts unterbrochen werden.

- 8) Was sind Interrupts und welchen Einfluss haben sie auf den Programmablauf?
- 9) Gebt ein Beispiel für einen Interrupt bei dem Timer.
- 10) Während der Ausführung eines Interrupts, können Variablen auch überschrieben werden. Welche Werte müssen bei dem Timer-Beispiel vor dem Auftreten des Interrupts gesichert werden, damit der Timer nach dem Interrupt an der richtigen Stelle ausgeführt werden kann?

Form der Lösung für den Aufgabenteil 1.2

- Antwort auf die Fragen 1 - 4
- Vollständiger Programmablaufplan als Antwort auf die Frage 5
- Antworten auf die Fragen 6 - 10

1.3 Zufallszahlen

In der vorangegangenen Teilaufgabe habt ihr euch mit den Themen Algorithmen und Programmen befasst. Der Ablauf des Programms ist, wie am Beispiel der Uhr veranschaulicht, genau vorgegeben. Man sagt dazu auch der Ablauf ist bestimmt oder deterministisch. Manchmal möchte man aber auch, dass ein Programm nicht genau einen vorgegebenen Ablauf nimmt, sondern zufällig zwischen mehreren verschiedenen Abläufen auswählen kann. Eine solche Vorgehensweise findet ihr beispielsweise bei Computerspielen. Der nächste Schritt im Programmablauf wird bei einem solchen zufälligen Algorithmus mit Hilfe von einem Zufallsgenerator ermittelt, welcher Zufallszahlen „auswürfelt“. In dieser Tätigkeit steckt schon der Wortstamm eines euch bereits bekannten Zufallsgenerators für Zahlen von 1 bis 6, dem Würfel.

- 1) Nennt drei weitere mechanische Möglichkeiten, wie ihr Zufallszahlen von 1 bis 6 erzeugen könnt.
- 2) Baut aus haushaltsüblichen Mitteln einen einfachen Zufallsgenerator für die Zahlen von 1 bis 6. Alle Zahlen sollen dabei gleich wahrscheinlich erzeugt werden. Das Zufallsprinzip kann einer der in der vorausgehenden Aufgabe genannten Möglichkeiten entsprechen. Macht ein Foto eures Zufallsgenerators.
Hinweis: Bei dieser Aufgabe darf weder ein Würfel noch das Galtonbrett aufgebaut werden.

Ein Kriterium bei Zufallszahlen ist ihre Häufigkeitsverteilung. Das bedeutet, wie oft jede der möglichen Zahlen bei einer ausreichend großen Anzahl von Versuchen ermittelt wird. Ihr sollt überprüfen, ob euer Zufallsgenerator die Bedingung der Gleichverteilung erfüllt, was bedeutet, dass jede der sechs Zahlen gleich oft erzeugt wird.

- 3) Führt einhundert Versuche durch, mittels eures Zufallsgenerators Zahlen zu erzeugen. Notiert die Häufigkeit des Auftretens jeder Zahl in einer Tabelle.
- 4) Nennt mindestens einen Grund, warum nicht alle Zahlen von 1 bis 6 gleich verteilt sind.

Es ist nicht immer gewährleistet, dass die erzeugten Zufallszahlen einer Gleichverteilung entsprechen. Viele Ereignisse in der Natur, Wirtschaft oder im Ingenieurwesen unterliegen einer Normalverteilung oder Binomialverteilung. Ein Modell zur Veranschaulichung einer solchen Verteilung ist das Galtonbrett. Ihr sollt überlegen, wie ein Galtonbrett für sechs Elemente bzw. Fächer (z.B. die Zahlen von 1 bis 6) aussehen könnte.

- 5) Konstruiert ein Galtonbrett, das für sechs Elemente eine Binomialverteilung erzeugt.
Hinweis: Es ist nicht notwendig, ein solches Modell zu bauen. Es ist ausreichend mittels einer Zeichnung, seine Konstruktion darzustellen.
- 6) Beschreibt in zwei Sätzen die Funktionsweise eines Galtonbretts.
- 7) Kennzeichnet für jedes der sechs Fächer des Galtonbretts, mit welcher Wahrscheinlichkeit eine Kugel dort hineinfällt.
- 8) Begründet die oben genannte Wahrscheinlichkeit für die Fächer 1 und 2.

Die von euch konstruierten mechanischen Zufallsgeneratoren sind geeignet, sie bei einem Spiel als Ersatz für den Würfel anzuwenden, was ihr auch gerne einmal ausprobieren könnt. Das von euch konstruierte Galtonbrett wäre allerdings dafür nicht geeignet, da nicht alle Zahlen gleich oft „gewürfelt“ werden. Auch sind beide Verfahren natürlich ungeeignet, Zufallszahlen in einem Mikroprozessor oder Mikrocontroller zu erzeugen, um sie beispielsweise für die Ablaufsteuerung von Computerspielen zu verwenden. Wie in einem Mikrocontroller automatisch

1.3 Zufallszahlen - Fortsetzung

Zufallszahlen generiert werden, wird Gegenstand einer späteren Aufgabe sein, ihr sollt euch aber schon einmal überlegen, wie ihr einen Würfel mittels eines Mikroprozessors bauen könntet.

9) Beschreibt in maximal zwei Sätzen, wie ihr mit einem Mikrocontroller unter Zuhilfenahme eines Tasters Zufallszahlen zwischen 1 und 6 erzeugen würdet.

Hinweis: Der Mikrocontroller ist so programmiert, dass er einen Zähler bis sechs hochzählen kann und danach selbstständig wieder bei der Zahl 1 beginnt.

10) Erstellt für diesen Algorithmus einen Programmablaufplan (vgl. Aufgabenteil 1.2).

Form der Lösung für den Aufgabenteil 1.3

- Antwort auf die Frage 1
- Foto des Zufallsgenerators als Antwort auf die Frage 2
- Versuchsergebnisse in Form einer Tabelle als Antwort auf die Frage 3
- Antwort auf die Frage 4
- Zeichnung des Galtonbretts als Antwort auf die Frage 5
- Antworten auf die Fragen 6 - 9
- Programmablaufplan als Antwort auf die Frage 10

1.4 Auswahl eines Mikrocontrollers

Oft stellt sich die Frage, welcher Mikrocontroller die richtige Wahl für eine bestimmte Anwendung ist. In diesem Teil wird es eure Aufgabe sein, für einzelne Anwendungen einen Mikrocontroller in Abhängigkeit von seinen Eigenschaften auszuwählen. Neben der technischen Eignung eures Bausteins soll dabei auch auf die Wirtschaftlichkeit ein besonderer Augenmerk gerichtet werden. Zunächst sind vier Mikrocontroller vorgegeben, wie sie auch in der Realität zur Verfügung stehen könnten. Ihre wesentlichen Merkmale sind tabellarisch aufgelistet:

	Wotan	Thor	Zeus	Artemis
Performance	80 MIPS	150 MIPS	60 MIPS	90 MIPS
Speichergröße	128 kB	256 kB	32 kB	64kB
Anzahl der Pins	100	180	80	90
Anzahl der IO Pins	32	32	18	32
Spannungsbereich	3 - 5V	2 - 4,5V	3 – 5V	2 – 4 V
Mittlerer Betriebsstrom	3 mA	10 mA	2 mA	7 mA
Mittlerer Stand-by Strom	2 mA	6 mA	1 mA	3 mA
Preis	3,47 €	5,43 €	2,70 €	3,70 €
Größe (inkl. Gehäuse)	170 mm ²	200 mm ²	150 mm ²	190 mm ²
Programmiersprache	GUI, Assembler	Compiler, Assembler	Assembler	GUI, Compiler, Assembler
Special Features	--	Besonders strahlungsrobust, Temperatursensor	Besonders strahlungsrobust	Temperatur-sensor

Tab. 1 Merkmale der verfügbaren Mikrocontroller

- 1) Berechnet für alle vier Mikrocontroller die mittlere Betriebsleistung und die mittlere Stand-by-Leistung für den Betrieb bei minimaler und maximaler Versorgungsspannung.
Hinweis: Gebt die Lösung in Form einer Tabelle an.

Um tektonische Bewegungen aufzunehmen, soll eine Erdbebenmessboje mit einem Mikrocontroller bestückt werden. Die Anforderungen daran sind folgende:

Die zur Datenaufzeichnung verwendete Software benötigt eine Verarbeitungsgeschwindigkeit des Mikrocontrollers von mindestens 80 Millionen Instruktionen pro Sekunde (MIPS). Die elektrische Energieversorgung der Elektronik in der Messboje erfolgt durch Akkumulatoren, die durch Fotovoltaikkollektoren gespeist werden. Um einen dauerhaften Betrieb über 24 h hinweg zu gewährleisten, darf die mittlere Betriebsleistung 19,5 mW nicht übersteigen. Da zusätzlich auch Daten über die Umgebungstemperatur der Boje erfasst werden sollen, ist das Vorhandensein eines Temperatursensors notwendig.

- 2) Wählt einen geeigneten Mikrocontroller aus Tab. 1 aus. Begründet eure Wahl in maximal drei Sätzen.

Um die Bewegung und die Tastenklicks einer drahtlosen, optischen Lasermaus aufzuzeichnen und an den PC zu senden, soll ein Mikrocontroller verwendet werden. Hierbei werden folgende Anforderungen an diesen gestellt:

Wegen der fehlenden Kabelverbindung benötigt die Lasermaus eine Batterie oder ein Akkumulator zur Stromversorgung des Mikrocontrollers und des Lasersensors. Um die Nutzungsdauer bis zum Wechsel der Batterie bzw. dem Wiederaufladen des Akkus möglichst lange zu gewährleisten, soll der mittlere Leistungsbedarf unter 12 mW liegen. Bei Nichtnutzung der Maus soll ein Stand-by Modus aktiviert werden, dessen mittlerer Leistungsbedarf kleiner als 6 mW sein soll. Aufgrund der eingeschränkten Platzverhältnisse im Gehäuse der Maus sollte der Mikrocontroller möglichst klein und zudem zu einem günstigen Preis erwerbbar sein.

1.4 Auswahl eines Mikrocontrollers - Fortsetzung I

3) Wählt einen geeigneten Mikrocontroller aus Tab. 1 aus. Begründet eure Wahl in maximal zwei Sätzen.

Für die Elektronik einer Fahrdynamikregelung (ESP) in einem Automobil soll ein Mikrocontroller verwendet werden. Aufgrund der vielen Sensordaten, die bei der Regelung verarbeitet werden müssen, ist als Verarbeitungsgeschwindigkeit mindestens 80 Millionen Instruktionen pro Sekunde (MIPS) gefordert. Aufgrund der Tatsache, dass es sich hier um eine sicherheitskritische Anwendung handelt, sollen Fehler, die im Programmablauf durch einen veränderten elektrischen Zustand im Mikrocontroller auftreten, verhindert werden. Eine solche Zustandsänderung kann durch energiereiche Strahlung (Hintergrundstrahlung der Atmosphäre) verursacht werden, als Gegenmaßnahme erweist sich die besonders strahlungsresistente Auslegung der Elektronik.

4) Wählt einen geeigneten Mikrocontroller aus Tab. 1 aus. Begründet eure Wahl in maximal zwei Sätzen.

Für die Ansteuerung einer Werbeanzeige mit einer Matrix aus LEDs soll ein Mikrocontroller verwendet werden. Die Matrix besteht aus 480 Zeilen und jede Zeile hat 640 Bildpunkte. Ein LED-Bildpunkt wird aus jeweils einem roten, grünen und blauen Farbpunkt zusammengesetzt. Die Anforderungen bei dieser Anwendung sind:

Um alle Bildpunkte der Matrix ansteuern zu können, muss der Mikrocontroller einen möglichst breiten I/O Datenbus besitzen. Der gesamte Inhalt der Anzeige soll im Speicher abgelegt werden können. Für jeden LED-Farbpunkt ist dafür ein Bit vorgesehen. Andere Systemparameter geben vor, dass der Mikrocontroller möglichst bei hoher Spannung und niedrigem Strom betrieben werden sollte.

5) Wählt einen geeigneten Mikrocontroller aus Tab. 1 aus. Begründet eure Wahl in maximal drei Sätzen.

Neben den rein technischen Kriterien müssen bei der Entwicklung von elektronischen Schaltungen auch weitere Kriterien berücksichtigt werden. Im Folgenden sollen auch die wirtschaftlichen Kriterien bei der Auswahl eines geeigneten Bausteins einbezogen werden. Wir beschränken uns dabei auf die Entwicklungskosten. Dabei müssen verschiedene Kosten unterschieden werden: 1) Kosten, die bei der Entwicklung nur einmalig anfallen (unabhängig von Stückzahlen), 2) Kosten, die pro Baustein anfallen und 3) Kosten, die über die Betriebszeit anfallen. Dafür nehmen wir folgende Anwendung an:

Ein Industrieroboter soll von einem oder mehreren Mikrocontrollern angesteuert werden. Ein Vergleich mit den gegebenen Microcontrollern hat ergeben, dass Wotan oder Thor in Betracht kommen. Die Ansteuerung kann mit zwei Wotan-Mikrocontrollern oder auch nur mit einem Thor-Mikrocontroller allein erfolgen. Technisch wären beide Lösungen gleichwertig. Es sollen insgesamt 500 Stück der Industrieroboter gebaut werden. Bei dem Kauf ab einer Menge von 1000 Stück Mikrocontrollern gibt der Lieferant einen Mengenrabatt von 20 % auf den Preis.

6) Welche Lösung ist preislich günstiger, wenn nur die Anschaffungskosten betrachtet werden? Gebt eure Berechnung der Anschaffungskosten an.

1.4 Auswahl eines Mikrocontrollers - Fortsetzung II

Bei der Kostenberechnung der vorangegangenen Industrieroboteranwendung wurden nur die Anschaffungskosten betrachtet. Wichtig ist auch, welche Kosten ein Gerät während des Betriebes verursacht. Dabei muss man beispielsweise die Energieverbrauchskosten mit einberechnen. Wir gehen davon aus, dass der Industrieroboter 365 Tage im Jahr 24 Stunden am Tag in Betrieb ist und sein Mikrocontroller mit konstanten 4 V Versorgungsspannung betrieben wird. Allerdings sind die Mikrocontroller in der Hälfte der Zeit im Stand-by Modus und in der anderen Hälfte im Betriebsmodus. Der Arbeitspreis für elektrische Energie beträgt 20 Cent pro kWh.

- 7) Welche Lösung (2*Wotan oder 1*Thor; 500 Roboter insgesamt) ist die günstigere, wenn die Kosten der Energieversorgung eines Jahres zu den Anschaffungskosten hinzugerechnet werden? Gebt eure Berechnung der Energiekosten an.

Neben Anschaffungskosten und Betriebskosten müssen auch die Entwicklungskosten betrachtet werden. Für die Steuerung eines Kommunikationssatelliten muss entschieden werden, ob Zeus oder Thor verwendet werden sollen. Technisch scheinen beide Mikrocontroller geeignet zu sein. Die Betriebskosten (Energiekosten) sind unerheblich, da es sich um eine Raumfahrtanwendung handelt und die Energieversorgung des Satelliten mittels Fotovoltaik erfolgt.

Zur Programmierung des Mikrocontrollers steht ein einzelner Entwickler zur Verfügung. Aus Erfahrung weiß er, dass er für eine maschinennahe Assemblerprogrammierung doppelt so viel Entwicklungszeit für das Mikrocontrollerprogramm wie für die Entwicklung des Programms mit derselben Funktionalität in der Programmiersprache C benötigt. Eine Arbeitsstunde kostet 20 Euro. Für das C-Programm würde er 30 Stunden benötigen.

- 8) Wie viele Mikrocontroller müssten angeschafft werden, um die erhöhten Entwicklungskosten für die Assemblerprogrammierung von Zeus zu rechtfertigen? Gebt euren Rechenweg an.

Form der Lösung für den Aufgabenteil 1.4

- Tabelle mit den berechneten Werten als Antwort auf die Frage 1
- Antworten auf die Fragen 2 – 5 inkl. jeweils eine Begründung
- Antworten auf die Fragen 6 – 8 inkl. des jeweiligen Rechenwegs

Wichtige Informationen

Falls ihr Fragen zu den Aufgaben habt oder eine Hilfestellung benötigt, so schaut doch einfach in unser Forum:

<http://www.intel-leibniz-challenge.de/forum/>

Abgabe der Lösungen:

Wo: www.intel-leibniz-challenge.de/portal

Wie: **Genauigkeit der Lösungen**

Falls nicht anders gefordert, gebt bei den Lösungen maximal drei signifikante Stellen an (z. B. 1,52 mA, 42,1 kW, 123 V etc.)!

Form der Abgabe und Dateibenennung:

Für jeden Aufgabenteil soll nur eine Datei abgegeben werden. Falls mehrere Dateien vorhanden sind, müssen sie in eine zip-Datei gepackt werden. Die Datei muss wie folgt benannt werden:

Gruppenname_Aufgabe_Teilaufgabe.zip

Für die Abgabe der Aufgabe 1.1 müsste die „Muster Gruppe“ folgende Datei hochladen:

MusterGruppe_1_1.zip

Verwendet bitte keine Leerzeichen und Sonderzeichen in den Dateinamen!

Zulässige Dateiformate:

Textformate: PDF mit eingebetteten Bildern, txt

Bildformate: jpg, bmp, png, wmf

Videoformate: flv, avi, mpg

Audioformate: mp3, wma, wav

Dateigrößen und Dateiinhalt

Die Dateien sollten nicht größer als 7,5 MB sein! Bitte gebt in der Datei (nicht im Dateinamen) auch euren Teamnamen, die Namen der Gruppenmitglieder sowie deren Schulen an. Erzeugt dafür eine zusätzliche Textdatei!

Wann: Bis zum **04.03.2012** um **23:59** Uhr

Hinweis: Um sicherzugehen, dass eure Dateien wirklich fehlerfrei und für die Korrektoren zu öffnen sind, solltet ihr eure Zip-Dateien nochmals von eurem Account runterladen und öffnen. **Dateien, die sich nicht öffnen lassen, können nicht bewertet werden!**

Die AGB und weitere Informationen findet ihr unter: www.intel-leibniz-challenge.de
Der Rechtsweg ist ausgeschlossen!