



INVENT A CHIP

JKU
JOHANNES KEPLER
UNIVERSITÄT LINZ

Quiz

Beantworte mindestens
10 der 20 Fragen und
gewinne tolle Preise!





Liebe Quiz-TeilnehmerInnen,

Mikrochips findet man heutzutage überall, in jedem elektronischen Gerät, das im Haushalt, in der Arbeit, im Auto usw. verwendet wird, sind diese teilweise schon kleinen Mini-Computer anzutreffen. Ein Einsatzgebiet in dem Technik und auch Mikrochips immer wichtiger werden ist die Medizin. Viele Diagnosen, Operationen oder Untersuchungen können mit den heutigen technischen Mitteln schneller, genauer und für den Patienten schonender durchgeführt werden. Ob im Röntgengerät oder als Herzschrittmacher im menschlichen Körper selbst, Mikrochips werden in der Medizintechnik auf vielfache Weise eingesetzt.

Die wichtigste Aufgabe von Mikrochips in der Medizin ist die Aufnahme und Verarbeitung von gemessenen Daten. Bei dem Entwurf eines solchen Mikrochips bzw. eines neuen medizinischen Gerätes müssen viele verschiedene Faktoren berücksichtigt werden. Die wichtigsten sind wohl die Energieversorgung des Gerätes (vor allem beim Einsatz im Inneren des menschlichen Körpers), die Größe, die Schnelligkeit und natürlich die Genauigkeit.

Die nachfolgenden Fragen decken von der Physik, über Elektrotechnik bis zur Informatik viele Bereiche der Medizintechnik ab. Zur Beantwortung der Fragen ist jedoch **kein spezielles Wissen** in den einzelnen Gebieten notwendig. Die benötigten Zusammenhänge sind in den Einleitungstexten erklärt.

Alle Hilfsmittel zur Beantwortung der Fragen sind erlaubt!

- Frage deineN FachlehrerIn, FreundIn und SchulkameradIn oder recherchiere im Internet!
- Und falls doch einmal eine offene Frage übrig bleiben sollte, dann kontaktiere uns. Unter **iac@jku.at** stehen wir dir gerne als Email-Joker zur Verfügung.

Um am Quiz mitzumachen, registriere dich auf www.invent-a-chip.at und reiche deine Antworten ein. Wenn du mindestens 10 der 20 Fragen richtig beantwortet hast, nimmst du automatisch am Schul- und Einzelquiz teil. Details zu den Gewinnen und Teilnahmebedingungen findest du auf www.invent-a-chip.at

Wir wünschen dir viel Spaß und Erfolg beim Rechnen, Tüfteln und Recherchieren! Und gib nicht auf - die Fragen sind eine (schaffbare) Herausforderung und es warten tolle Preise auf dich!

Dein Invent a Chip-Team



Einheiten

Dimensionsname	Größensymbol	Einheit	Einheitensymbol
Temperatur	v	Grad Celsius	°C
Frequenz	f	Hertz	Hz
Zeit	t	Sekunde	s
Strom	I	Ampere	A
Spannung	U	Volt	V
Leistung	P	Watt	W
Elektrische Ladung	Q	Amperestunde	Ah
Energie	E	Joule	J
Widerstand	R	Ohm	Ω

SI-Vorsilben¹

Abkürzung	Name	Wert
T	Tera	10 ¹²
G	Giga	10 ⁹
M	Mega	10 ⁶
k	Kilo	10 ³
m	Milli	10 ⁻³
μ	Mikro	10 ⁻⁶
n	Nano	10 ⁻⁹
p	Piko	10 ⁻¹²

Umrechnung

1 Byte = 8 Bit

1 Stunde = 3600 Sekunden

¹ Internationales Einheitensystem (frz. *Système international d'unités*)



Frage Nr. 1: Temperatursensor, Auflösung

Viele Medikamente behalten ihre Wirksamkeit bis zu dem angegebenen Verfallsdatum nur, wenn sie seit der Produktion ununterbrochen in einem erlaubten Temperaturbereich gelagert wurden. Es wäre daher denkbar, in die Verpackung der Medikamente kleinste aufklebbare Mikrochips mit integrierten Temperatursensoren zu integrieren, welche ständig die Temperatur überwachen und eine unsachgemäße Lagerung anzeigen.

Im Chip wird die Temperatur mittels eines Analog-Digital-Konverters (ADC) in einen digitalen Wert umgewandelt. Es soll bei der Temperaturmessung ein Bereich von -40 bis 125 Grad Celsius mit einer Genauigkeit von 0,1 Grad Celsius abgedeckt werden. Wie viele Bits benötigt der ADC mindestens?

- A: 9 Bit
- B: 10 Bit
- C: 11 Bit
- D: 12 Bit



Frage Nr. 2: 2er Komplement

In der Medizintechnik werden durch verschiedenste Sensoren Messwerte und gemessene Größen aufgenommen und weiterverarbeitet. Dabei werden die aufgenommenen Werte digitalisiert und dann in Mikrocontrollern oder PCs digital weiterverarbeitet.

Bei der Temperaturmessung, z.B. in Kühlräumen für Gewebeprobe, werden Temperaturen bis zu -7°C gemessen. Diese negativen Werte sollen nun mit einem PC überwacht werden. In der Digitaltechnik wird für die Darstellung von negativen Zahlen vor allem das 2er-Komplement verwendet.

Für die Darstellung einer negativen Zahl im 2er-Komplement muss zunächst der Betrag der Zahl (also die Zahl ohne negativem Vorzeichen) als 8 Bit-Binärzahl dargestellt werden. Die Zahl 7 ergibt zum Beispiel als Binärzahl dargestellt 0000 0111. Um die Darstellung im 2er-Komplement zu erhalten muss nun die Binärzahl invertiert werden. Man erhält 1111 1000. Zum Abschluss muss noch 1 zur Zahl hinzu addiert werden. Die fertige Darstellung von -7 im 2er-Komplement ist also 1111 1001.

Die Rückrechnung aus dem 2er-Komplement in eine normale Binärzahl ohne Vorzeichen erfolgt ebenfalls durch Invertieren der Bits und Addition von 1. Um die Binärzahl nun wieder in dezimaler Darstellung zu erhalten muss nur in folgende Formel eingesetzt werden:

$$Z_{\text{dezimal}} = Z_0 \cdot 2^0 + Z_1 \cdot 2^1 + Z_2 \cdot 2^2 + \dots$$

Die Variablen $Z_0, Z_1, Z_2 \dots$ bezeichnen dabei die einzelnen Stellen der Binärzahl:

0	0	0	0	0	1	1	1
Z_7	Z_6	Z_5	Z_4	Z_3	Z_2	Z_1	Z_0

Welche negative Dezimalzahl wird durch die Binärzahl im 2er-Komplement 11110000 dargestellt?

- A: - 32
- B: - 112
- C: - 16
- D: - 8

Tipp: Weitere Informationen unter <http://de.wikipedia.org/wiki/Zweierkomplement>



Frage Nr. 3: Mikrokontroller – Timer

Ein Mikrokontroller ist ein Ein-Chip-Computersystem. Auf einem Chip sind sowohl Prozessor als auch die verschiedensten Peripheriefunktionen realisiert. Solche Funktionen sind beispielsweise Analog-Digital-Umsetzer, Ethernet-Schnittstellen, PWM-Ausgänge (PWM = Pulsweitenmodulation), Display-Controller und viele mehr. Der Mikrokontroller kann beliebig programmiert werden und ist sowohl in der Industrie als auch im Bastlerbereich ein beliebtes Bauteil. Er wird in vielen Haushaltsgeräten (Feuermelder, Kaffeemaschine, usw.) wie auch natürlich in medizinischen Geräten eingesetzt.

Eine der wichtigsten dieser Peripheriefunktionen ist der Timer. Er besitzt eine relativ einfache Funktion die jedoch vielfältig einsetzbar ist. Im Wesentlichen übernimmt der Timer die Funktion eines Zählers. Er zählt von 0 bis zu einem gegebenen Endwert mit jedem Taktzyklus einen Schritt hinauf, oder umgekehrt vom Startwert bis auf 0 hinunter. Erreicht der Timer seinen Endwert, so wird ein Signal an den Prozessor weitergegeben. So können zum Beispiel Wartezeiten des Prozessors oder langsamere Takte als der Systemtakt realisiert werden.

Ein Mikrokontroller wird mit 8 MHz getaktet. Ein Timer soll nun so eingestellt werden, dass alle 4.6 ms ein Signal an den Prozessor weitergegeben wird. Welcher Endwert muss für den Timer eingestellt werden damit die angegebenen 4.6 ms eingehalten werden?

- A: 36
- B: 386
- C: 36800
- D: 3600

Tipp: Schlussrechnung verwenden



Frage Nr. 4: Körperfettmessung

Kauft man sich heutzutage eine neue Waage, so kann diese meist nicht nur das Gewicht einer Person messen, sondern bietet einige zusätzliche Optionen an. Unter anderem können viele Waagen das Körperfett eines Menschen bestimmen. Dazu muss man sich mit den nackten Füßen auf in die Waage eingebaute Elektroden stellen und das Körperfett wird anschließend von der Waage ermittelt.

Welche Physikalische Größe wird bei der Körperfettmessung gemessen?

- A: Die in Fett umgesetzte Energie im Körper
- B: Der Widerstand bzw. die Spannung zwischen den Elektroden
- C: Die elektrische Leistung zwischen den Elektroden
- D: Das Gewicht des im Körper vorhandenen Fettes



Frage Nr. 5: Schluckbare Sensoren

In den letzten Jahren ist das Thema der verschluckbaren Roboter und Sensoren in der Medizin immer wichtiger geworden. Das Konzept dahinter ist, dass millimetergroße Sensoren und Mikrokontroller in Kapseln vom Patienten wie Tabletten geschluckt werden. Im Magen oder auf dem Weg dorthin werden dann Daten über den Gesundheitszustand des Patienten gesammelt und an einen Empfänger außerhalb des Körpers gesendet. Beispielsweise soll in Zukunft ein Chip in der eingenommenen Tablette erinnern eine erneute Dosis einzunehmen. Auch sind Überwachung von Herzschlag und chemischer Zusammensetzung des Blutes während der Medikamenteneinnahme eine mögliche Anwendung von solchen Sensorkapseln.

Die Chips in den Kapseln müssen natürlich während ihrer geplanten Einsatzzeit mit Energie versorgt werden. Dies kann zum Beispiel durch eine elektrische Versorgungseinheit in der Kapsel selbst erfolgen. Für den Entwickler der Kapsel und auch für den Arzt, der die Kapsel später einsetzen möchte ist es dabei interessant zu wissen, wie viele Datenwerte bei der gegebenen Versorgung überhaupt aufgenommen und versendet werden können.

Die Sensorkapsel hat beispielsweise eine elektrische Energieversorgung von 0.01 mAh bei einer Versorgungsspannung des Chips von 3 V. Für das Aufnehmen eines Messwertes werden für 1 ms 0.2 mW benötigt. Für das Senden eines Messwertes 1 mW für 3 ms.

Wie viele Messwerte können von der Kapsel aufgenommen und versendet werden, bevor die Energieversorgung zusammenbricht?

- A: 338
- B: 3345
- C: 33750
- D: 35860

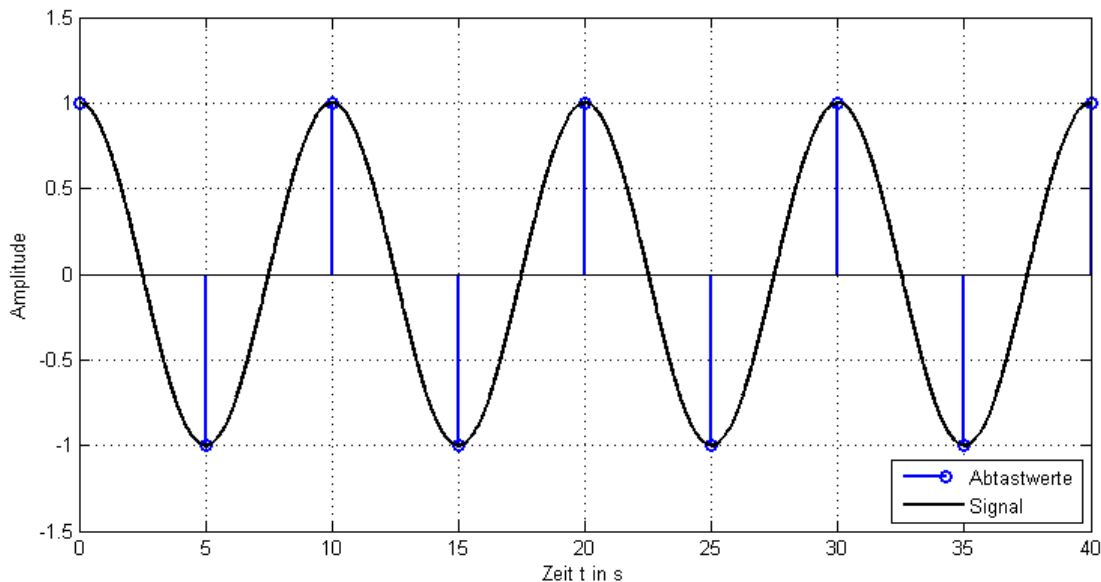


Frage Nr. 6: Abtasttheorem

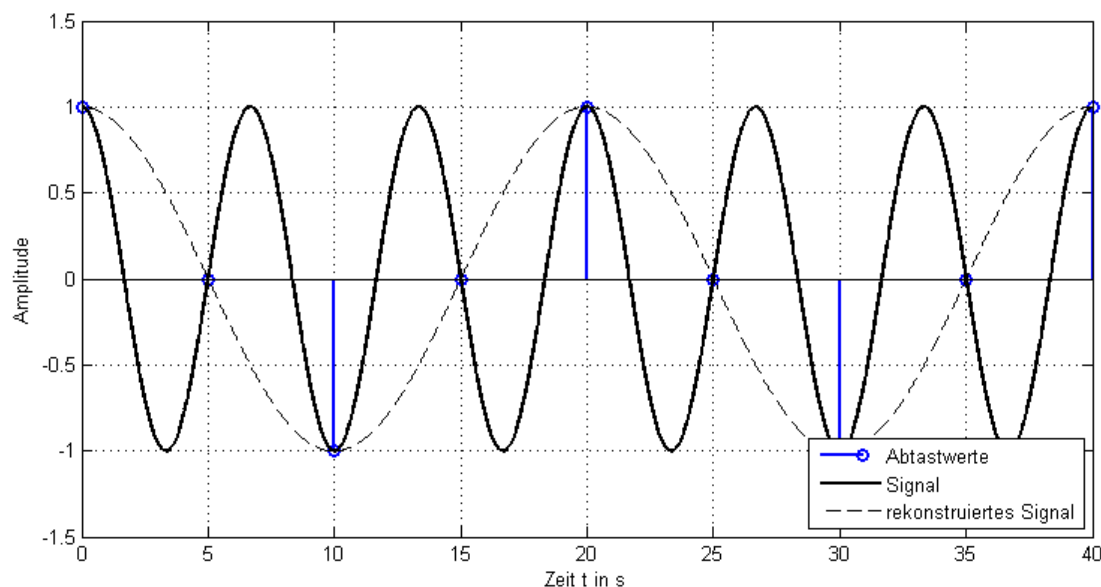
Pulsmessungen mit sogenannten Pulsuhren sind heutzutage eine gängige Praxis. Bei diesen Messungen werden die Signale des Herzschlages abgetastet und aus den digitalisierten Werten die Frequenz des Herzschlages berechnet und anschließend am Display angezeigt.

Wird ein Signal abgetastet, so werden in gewissen Zeitabständen T die Werte des Signales gespeichert.

Um später die Frequenz des Signales berechnen zu können, soll das Signal so abgetastet werden, dass das ursprüngliche Signal wieder aus den Abtastwerten rekonstruiert werden kann. Die folgende Abbildung zeigt ein solches abgetastetes Signal.



Wird das Signal nicht schnell genug abgetastet so kann das eigentliche Signal, wie in der folgenden Abbildung ersichtlich, nicht mehr rekonstruiert werden.





Das Nyquist-Shannon-Abtasttheorem gibt an, mit welcher Frequenz ein Signal minimal abgetastet werden muss, um es nachher wieder rekonstruieren zu können. Es gilt:

$$f_{\text{Abtast}} > 2 * \max(f_{\text{Signal}})$$

Die Pulsuhr muss also den Herzschlag des Menschen, der bei 40-180 Schläge pro Minute liegt, schnell genug abtasten um die richtige Frequenz berechnen und anzeigen zu können.

Mit welcher Frequenz muss der Herzschlag des Menschen mindestens abgetastet werden, sodass das Signal noch gut rekonstruierbar ist?

- A: 4 Hz
- B: 6 Hz
- C: 3 Hz
- D: 6 kHz

Tipp: Berechnung der Frequenz: $f = \frac{1}{t}$ mit Einheit [Hz] = $[\frac{1}{s}]$



Welches der folgenden Bitmuster entspricht der Dezimalzahl 757,625?

A:

1 1 0 0 0 1 0 0 1 0 1 1 0 1 0 1 1 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

B:

0 1 0 0 0 1 0 0 0 0 1 1 1 1 0 1 0 1 1 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

C:

0 1 0 0 0 1 0 0 0 0 1 1 0 1 0 1 0 1 1 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

D:

0 0 1 0 0 1 0 0 0 0 1 1 1 1 0 1 0 1 1 0 1 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0



Frage Nr. 8: Computertomographie (CT)

Der CT-Scanner ist ein sehr häufig eingesetztes Gerät in der Medizin und aus der heutigen Diagnostik nicht mehr wegzudenken. Das Herzstück eines CT-Scanner ist die rotierende Einheit innerhalb der Gantry, durch welche der/die PatientIn langsam geschoben wird. In der rotierenden Einheit befinden sich gegenüber angeordnet die Röhre, welche Röntgenstrahlen aussendet und eine Detektoreinheit, welche die Stärke der eintreffenden Röntgenstrahlen misst. Bei einem CT werden einzelne Absorptionsprofile während einer Umdrehung um das zu untersuchende Objekt aufgenommen und nach Vollendung dieser Umdrehung in ein Schnittbild des Objektes zusammengesetzt. Nach Abschluss einer Umdrehung wird der/die PatientIn einen kleinen Schritt weiter in die Gantry geschoben. Dieser Vorgang wird so oft wiederholt bis genügend Schnittbilder gesammelt wurden um das zu untersuchende Objekt genau genug durchleuchtet zu haben. Aus den Schnittbildern können Tumore, Raumforderungen und viele weitere medizinisch relevante Informationen gewonnen werden.

An einem/er PatientenIn soll ein Kopf-CT in Längsrichtung des Kopfes durchgeführt werden. Dabei soll alle 5 mm ein Schnittbild aufgenommen werden. Der Kopf des/der PatientenIn ist ca. 17 cm lang. Die rotierende Einheit dreht sich mit 50 Umdrehungen pro Minute. Wie lange muss der/die PatientIn auf dem Untersuchungstisch ruhig liegen damit der Kopf vollständig gescannt werden kann?

- A: 40.8 s
- B: 42.5 s
- C: 36.2 s
- D: 33.1 s



Frage Nr. 9: Halbleiter

Sämtliche Mikrochips, sowie auch einzelne Transistoren oder Leuchtdioden, bestehen aus Halbleitermaterialien. Reine Halbleitermaterialien wie z.B. Silizium (Si) sind allerdings keine guten elektrischen Leiter bei Raumtemperatur und besitzen für sich alleine noch keine besonderen Eigenschaften, welche notwendig sind, um daraus elektronische Bauteile zu konstruieren. Dies ermöglicht erst die Dotierung; so nennt man das Einbringen von Fremdatomen in das perfekte Kristallgitter des Halbleiters. Silizium (Si) besitzt vier Valenzelektronen (Elektronen in der äußersten Schale) welche an der Bindung unter den einzelnen Si-Atomen beteiligt sind. Man kann nun Atome mit fünf Valenzelektronen dotieren; diese nennt man Donatoren, weil sie ein Elektron abgeben, wenn sie sich in das Kristallgitter einfügen; oder Atome mit drei Valenzelektronen; diese nennt man Akzeptoren, weil diese ein freies Elektron aufnehmen, um die Bindung im Si-Kristall einzugehen, wo 4 Elektronen benötigt werden. Halbleiter mit dotierten Donatoren nennt man nun n-Halbleiter, weil in diesen hauptsächlich freie Elektronen zum elektrischen Ladungstransport beitragen. Halbleiter mit dotierten Akzeptoren nennt man hingegen p-Halbleiter, in diesen tragen hauptsächlich die "Löcher" zur elektrischen Leitung bei. "Löcher" kann man sich als fehlende Elektronen vorstellen, diese können ebenfalls einen elektrischen Strom leiten und verhalten sich selbst wie positiv geladene Teilchen.

Elektronische Bauteile wie Transistoren können nun durch geschickte Aneinanderreihung von n- und p-Halbleitern realisiert werden. Um nun Halbleiterbauelemente zu entwerfen, muss man wissen, wie stark man gewisse Halbleiterbereiche dotieren muss, um die gewünschte Funktion zu erzielen. Dafür ist der Zusammenhang zwischen der Stärke der Dotierung und der freien n- und p-Ladungsträger ausschlaggebend. Folgend betrachten wir einen n-Halbleiter, Silizium, welches mit Phosphor-Atomen dotiert wird. Für n-Halbleiter wird der Zusammenhang mithilfe von zwei physikalischen Formeln beschrieben, einerseits dem Massenwirkungsgesetz

$$n * p = n_i^2$$

und andererseits der Neutralitätsbedingung:

$$n = N_D + p$$

Wobei n und p die Anzahl an freien negativen und positiven Ladungsträger pro Kubikzentimeter angeben. n_i bezeichnet die sogenannte intrinsische Ladungsträgerdichte, das sind die freien Elektronen von undotiertem Silizium. N_D sind die Anzahl an eingebrachten Dotieratomen pro Kubikzentimeter.



Für einen betrachteten n-Halbleiter gilt:

$$n_i = 1,45 * 10^{10} \text{ cm}^{-3}$$

$$N_D = 10^{15} \text{ cm}^{-3}$$

Die Anzahl an freien negativen und positiven Ladungsträgern wird hauptsächlich durch die eingebrachten Dotieratome bestimmt. Aber es existiert auch eine kleinere Anzahl an positiven Ladungsträgern, den sogenannten Minoritätsträgern, welche in Halbleiterbauelementen eine wichtige Rolle spielen. Wie viele Minoritätsträger existieren pro Kubikzentimeter?

- A: $p = 6,9 * 10^5 \text{ cm}^{-3}$
- B: $p = 8,55 * 10^{10} \text{ cm}^{-3}$
- C: $p = 2100 \text{ cm}^{-3}$
- D: $p = 2,1 * 10^5 \text{ cm}^{-3}$



Frage Nr. 10: Beschleunigungssensor

Auch im Extremsport werden medizinelektronische Mikrochips verwendet, um den Sportler in Situationen zu unterstützen, in denen der Sportler selbst keine Möglichkeit zum Eingreifen mehr hat. Bei Fallschirmsprüngen aus der Stratosphäre (15 - 50 km Höhe) ist die Atmosphäre so dünn, dass der/die FallschirmspringerIn in eine unkontrollierte Rotation geraten kann, welche immer schneller wird und von dem/der FallschirmspringerIn aufgrund des geringen Luftwiderstandes nicht mehr gestoppt werden kann, sogenanntes Flachtrudeln. Durch die starke Rotation entstehen so hohe Beschleunigungskräfte auf den/die SpringerIn, sodass er/sie nicht mehr in der Lage ist, selbst Geräte oder Reißleinen zu bedienen. Aus diesem Grund befindet sich im Anzug des/der SpringersIn ein Beschleunigungssensor, welcher, falls für eine gewisse Zeit zu hohe Beschleunigungskräfte auf den/die SpringerIn wirken, selbstständig einen Bremsfallschirm auslöst.

Zum Beispiel beträgt die Schwelle für die maximale Beschleunigungskraft 3,5 g (= 3,5-fache Erdbeschleunigung), und der Bremsfallschirm soll auslösen, falls diese Schwelle für über 6 Sekunden überschritten wird. Dazu werden die vom Beschleunigungssensor aufgenommenen Werte in einem Ringspeicher abgelegt, welcher zyklisch überschrieben wird und Platz für die Messwerte der letzten 6 Sekunden bieten soll. Es wird alle 20 ms ein einzelner Datensatz vom Beschleunigungssensor gespeichert, welcher eine Größe von 32 Bit besitzt. Wie groß muss der Ringspeicher mindestens sein?

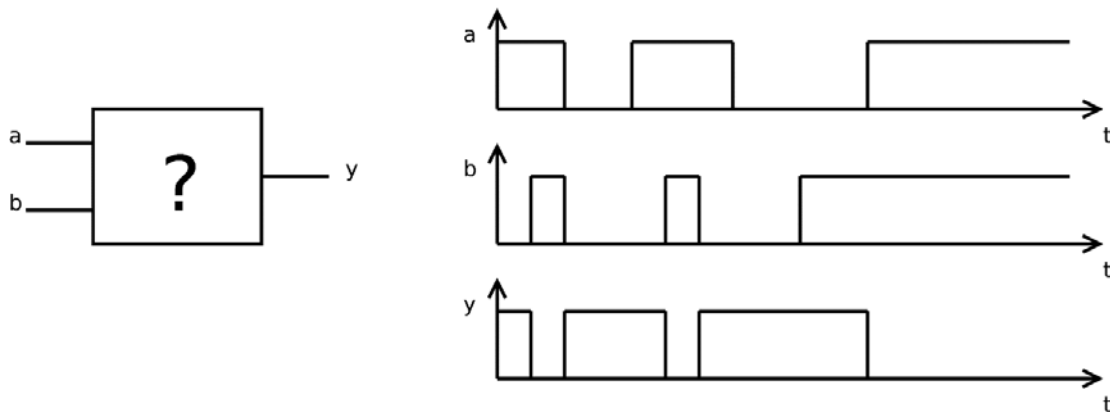
- A: 960 Byte
- B: 1200 Byte
- C: 1,5 Kilobyte
- D: 1200 Kilobyte



Frage Nr. 11: Timingdiagramm

Digitale Schaltungen bestehen aus einer Vielzahl an Logikgattern. Die Funktion eines Logikgatters wird mittels einer sogenannten Wahrheitstabelle beschrieben, welche für jede beliebige Eingangskombination den sich einstellenden Ausgang angibt. Ein Logikgatter mit n Eingängen kann somit mit einer Wahrheitstabelle mit n^2 Einträgen beschrieben werden. Legt man nun über einen Beobachtungszeitraum hinweg an ein Logikgatter alle möglichen Eingangskombinationen an und zeichnet dabei über die Zeit die Eingangs- und Ausgangswerte auf, so erhält man ein Timingdiagramm, mit welchem man in der Lage ist, die digitale Schaltung zu charakterisieren.

Die folgende Abbildung zeigt das aufgenommene Timingdiagramm eines unbekanntes Logikgatters. Um welches Logikgatter handelt es sich?



- A: NAND
- B: NOR
- C: XOR
- D: OR

Tipp: Erstelle zuerst die Wahrheitstabelle (Vorlage siehe unten) mithilfe der Informationen aus dem gezeigten Timingdiagramm. Mehr zu den einzelnen Logikgattern findet ihr hier:

<http://de.wikipedia.org/wiki/Logikgatter>

Wahrheitstabelle:

a	b	y



Frage Nr. 12: Hardware-Beschreibungssprache

In der heutigen Zeit bestehen digitale Schaltungen in Chips aus vielen tausenden Logikgattern. Um die komplexen Funktionen von z.B. Prozessoren zu beschreiben benutzt man sogenannte Hardware-Beschreibungssprachen anstelle von dem manuellen Zeichnen von Logikgatter-Schaltplänen. Nur so ist es dem Schaltungsdesigner möglich, einen Überblick über komplexe digitale Schaltungen zu bewahren. Die mittels Hardwarebeschreibungssprache beschriebene Schaltung kann dann maschinell in einen Logikgatter-Schaltplan übersetzt werden.

Der folgende Codeausschnitt ist in der Hardware-Beschreibungssprache VHDL (Very Highspeed Integrated Circuit Hardware Description Language) geschrieben und erfüllt in vielen großen Schaltungen eine sehr wichtige Funktion. Welche Funktion erfüllt der gezeigte VHDL-Code mit den Eingängen Clk (Clock = Takt) und Reset und dem Ausgang q?

- A: asynchrones Schieberegister
- B: Addierer
- C: synchroner Zähler
- D: Multiplexer

Tipp: In VHDL entspricht „<=“ einer Zuweisung (also wie „=“ in anderen Programmiersprachen). Der Syntax „'event“ entspricht einer Abfrage ob sich die entsprechende Variable geändert hat. Mehr Informationen unter <http://de.wikibooks.org/wiki/VHDL>

```
process(Clk, Reset) is
begin
  if Reset = '1' then
    q <= "000";
  elsif Clk'event and Clk = '1' then
    q <= q + 1;
  end if;
end process;
```



Frage Nr. 13: Augenlaser

(Quelle für Zahlenwerte: <http://www.laseklasik.at/laser-schwind-amaris-1050rs/#itec>)

Dank der modernen Augenmedizin sind heutzutage viele Operationen am Auge des Patienten besonders schonend mittels Laser möglich. Eine Möglichkeit besteht in der Fehlsichtigkeitskorrektur mittels LASIK-Verfahren. Dabei wird die Krümmung der Hornhaut im Auge mittels feinstem Gewebeabtrag im Mikrometer-Bereich korrigiert. Die Herausforderung für die dafür verwendeten sogenannten Excimer-Laser besteht darin, punktgenau an den richtigen Stellen des Auges kleinste Bereiche der Hornhaut zu verdampfen. Da das Auge des Patienten nicht ruhiggestellt werden kann und ständig spontane Bewegungen ausführt, wird das zu behandelnde Auge mittels Eye-Tracking-Kameras überwacht um sicherzustellen, dass der Laser exakt auf die richtige Stelle trifft. Zusätzlich darf der Laserimpuls aber nur sehr kurze Zeit dauern, da sich ansonsten das Auge bereits wieder weiterbewegen würde. In dieser kurzen Impulsdauer muss allerdings genug thermische Energie eingebracht werden, um eine Verdampfung herbeizuführen.

Ein bestimmtes Excimer-Laser-Modell arbeitet bei einer Wellenlänge von 193 Nanometern (UV-Licht) und einer Impulsdauer eines einzelnen Laserpulses von 15 Nanosekunden ($1 \text{ ns} = 1 * 10^{-9} \text{ s}$). Der kreisförmige Laserpunkt am Auge hat einen Durchmesser von 0,54 mm. Damit innerhalb dieses Laserpunktes eine Verdampfung eines 2 Mikrometer dicken Bereiches stattfindet ist eine Energiedichte von $300 \text{ mJ}/\text{cm}^2$ erforderlich. Welche (kurzzeitige) Laserlichtleistung ist erforderlich?

- A: 45804 W
- B: 458,04 W
- C: 45,804 W
- D: 4,5804 W

Tipp: Energie in Joule = Leistung in Watt * Zeit in Sekunden

$$E [\text{J}] = P [\text{W}] * t [\text{s}]$$

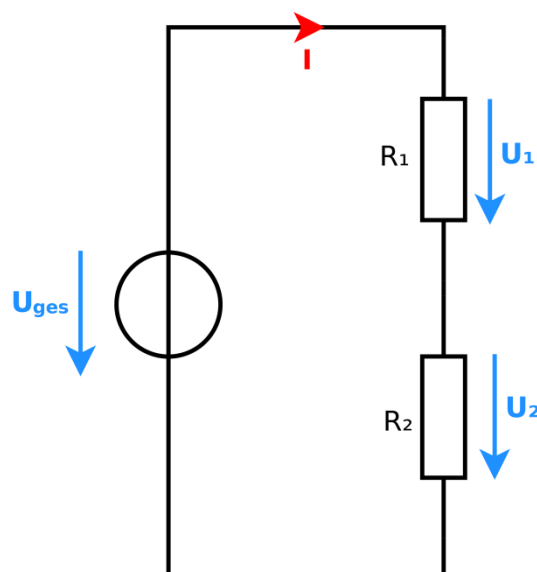
$$1 \text{ mJ} = 1 * 10^{-3} \text{ J}$$



Frage Nr. 14: Spannungsteiler

Viele elektronische Geräte, auch in der Medizin, werden mit der Spannung aus der Steckdose, die zumeist bei 230 V liegt betrieben. In vielen Geräten sind jedoch Bauteile eingebaut, die mit weit weniger Spannung betrieben werden müssen. Würde man eine zu hohe Spannung anlegen, würden diese Bauteile zerstört werden. Daher müssen schaltungstechnische Vorkehrungen getroffen werden, um die Spannung an den jeweiligen Bauteilen zu regulieren.

Die einfachste (wenn auch nicht die beste) Form eine große Spannung in eine kleinere zu verwandeln, ist der Spannungsteiler. In der unten stehenden Abbildung ist eine einfache Realisierung eines Spannungsteilers dargestellt. Man unterscheidet grundsätzlich zwischen einem unbelasteten und einem belasteten Spannungsteiler. In der unten stehenden Abbildung ist eine einfache Realisierung eines unbelasteten Spannungsteilers dargestellt. In realen Anwendungen wird die Ausgangsspannung mit einem Lastwiderstand belastet. Ist dieser Lastwiderstand im Vergleich zu R_2 allerdings sehr groß, so kann man auch für diesen Fall vereinfacht einen unbelasteten Spannungsteiler für die Berechnung der Ausgangsspannung heranziehen.



Die beiden Widerstände sollen für die weiteren Betrachtungen beide gleich groß sein. Die Spannung U_{ges} wird im unbelasteten Fall nun genau auf die beiden Widerstände aufgeteilt. Am Widerstand R_2 liegt also folgende Spannung an:

$$U_1 = U_2 = \frac{U_{ges}}{2}$$

Die Spannung U_{ges} kann also als Summe der beiden Spannungen U_1 und U_2 betrachtet werden. Der Zusammenhang zwischen Spannung und Strom an einem Widerstand wird durch die Gleichung

$$U = R \cdot I$$

beschrieben.



Frage: Welches Verhältnis muss zwischen R_1 und R_2 herrschen, damit sich am Widerstand R_2 eine Spannung von

$$U_2 = \frac{U_{ges}}{6}$$

einstellt?

- A: $\frac{R_1}{R_2} = 5$
- B: $\frac{R_1}{R_2} = 1/5$
- C: $\frac{R_1}{R_2} = 6$
- D: $\frac{R_1}{R_2} = 1/6$

Tipp: $\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2}$

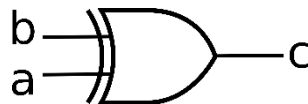


Frage Nr. 15: Prüfsummen

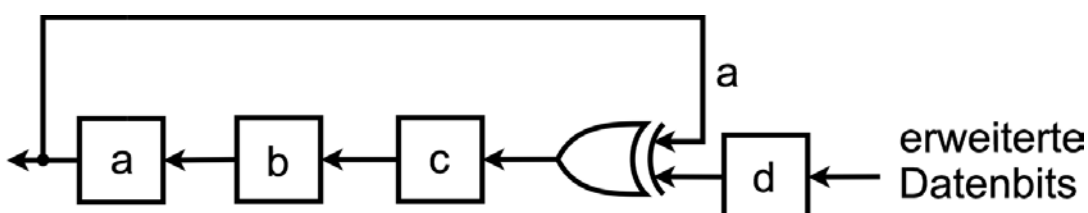
Analysen in der Medizin bestehen darin, Daten aus einem Sensor oder Chip auszulesen und zu verarbeiten. Dabei muss auch sichergestellt werden, dass die richtigen Daten beim Empfänger während dem Auslesen ankommen und nicht durch etwaige Störung auf den Leitungen verfälscht werden. Dazu werden sogenannte Prüfsummen verwendet. Diese Summen werden aus den Daten nach einem bestimmten Algorithmus berechnet, der sowohl dem Empfänger als auch dem Sender bekannt ist. Der Sender berechnet aus den zu sendenden Daten nun eine Prüfsumme, die gemeinsam mit dem Rest der Daten an den Empfänger übertragen wird. Der Empfänger verwendet den gleichen Algorithmus wie der Sender, um zu überprüfen ob die gesandte Prüfsumme auch den empfangenen Daten entspricht.

Eines der Verfahren, die zur Bildung und Überprüfung der Prüfsummen verwendet werden, ist die zyklische Redundanzprüfung, kurz CRC (für englisch: cyclic redundancy check). Bei diesem Verfahren werden die binären Daten durch ein Schieberegister geschickt. Dieses Schieberegister schiebt die einzelnen Bits von Speicherplatz zu Speicherplatz. Je nach Art der CRC-Berechnung wird zwischen den einzelnen Speicherplätzen das Datenbit mit einem vorherigen Datenbit verknüpft. Dies geschieht durch die Logikverknüpfung XOR (exklusives Oder). Die Funktion dieser Verknüpfung ist in der folgenden Wahrheitstabelle ersichtlich. Die Abbildung daneben zeigt das Schaltbild eines XOR-Gatters mit den Eingängen a und b und dem Ausgang c.

a	b	c
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0



Für die Überprüfung der Daten auf Richtigkeit bei gegebenem CRC Code wird an die Daten der empfangene CRC Code angehängt. Wurden die Daten korrekt übertragen, so stehen am Ende, wenn alle Datenbits (+CRC Code) in das Register hineingeschoben wurden nur noch 0en im Register. Soll von zu sendenden Daten der CRC Code berechnet werden, so müssen an die Daten so viele 0en angehängt werden wie das Register Speicherplätze besitzt. Gelangt man nun wiederum ans Ende der Daten, die in das Register hineingeschoben werden, so stehen in den Speicherplätzen die einzelnen Bits des gesuchten CRC-Codes. In der folgenden Abbildung ist ein solches Schieberegister dargestellt. Der CRC-Code bzw. die gesuchten 0en bei Übereinstimmung von CRC und Daten können dabei aus den Speicherplätzen a-c abgelesen werden.





Als Beispiel soll nun gezeigt werden, wie der Datenstrom 101110 mit dem CRC-Code 011 auf Richtigkeit überprüft werden kann. Zu Beginn sind alle Speicherplätze des Registers leer. In der folgenden Tabelle sind nun Schritt für Schritt die Einträge der einzelnen Speicherplätze a–d dargestellt.

a	b	c	d	Restliche Datenbits
-	-	-	1	01110 011
-	-	1	0	1110 011
-	1	0	1	110 011
1	0	1	1	10 011
0	1	0	1	0 011
1	0	1	0	011
0	1	1	0	11
1	1	0	1	1
1	0	0	1	-
0	0	0	-	-

Am Ende des Schiebens der Datenbits stehen lauter Oer in den Speicherplätzen a-c des Schieberegisters. Das heißt, die Daten wurden korrekt empfangen.

Welcher CRC-Code kann aus dem Datenstrom 11011010 mit dem gegebenen Schieberegister berechnet werden?

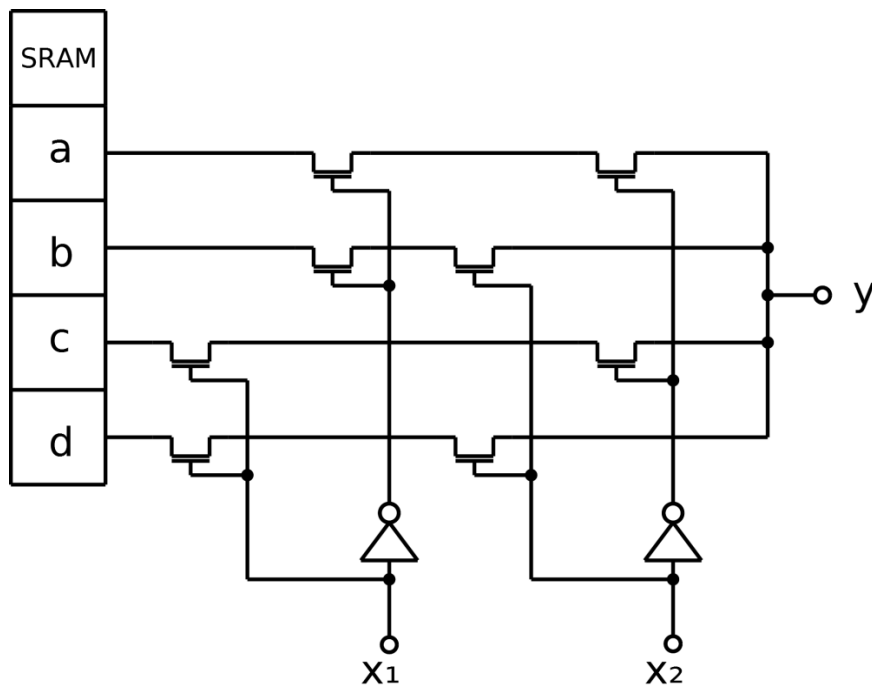
- A: 001
- B: 100
- C: 010
- D: 101



Frage Nr. 16: FPGA

Ein ganz besonderer Mikrochip ist das FPGA (Field Programmable Gate Array). Ein FPGA kann beliebige digitale Zusammenschaltungen von Logikgattern rekonfigurierbar realisieren. Die großen Vorteile von einem FPGA sind einerseits, dass man Schaltungen aus Millionen von Logikgattern in einem einzelnen Chip realisieren kann, und dass er gegenüber einem digitalen Chip mit fest vorgegebener Funktion beliebig oft umkonfiguriert werden kann. Dies ist besonders in der Prototypenphase sehr hilfreich, weil man die Schaltung sehr schnell ändern kann.

Die Funktion eines FPGAs wird mithilfe von sehr vielen Basiszellen, in welche eine beliebige Wahrheitstabelle programmiert werden kann, realisiert. Die Verbindung der einzelnen Basiszellen miteinander kann ebenfalls programmiert werden. Die Abbildung unten zeigt solch eine Basiszelle. In die SRAM-Speicherzelle (SRAM = Static Random Access Memory) kann die gewünschte Wahrheitstabelle programmiert werden. Mittels den beiden Eingängen x_1 und x_2 (können die logischen Werte 0 und 1 annehmen) kann mithilfe von Passtransistoren und Invertern ausgewählt werden, welcher Eintrag des SRAM-Speichers auf den Ausgang y weitergeleitet wird. Da jede Eingangskombination genau eine Speicherzelle auswählt ist die Tabelle bezüglich der realisierten Funktion eindeutig.





Welche Einträge müssen im SRAM-Speicher abgelegt werden, damit die Basiszelle ein logisches UND realisiert?

- A: $a = 0, b = 0, c = 0, d = 1$
- B: $a = 1, b = 0, c = 0, d = 0$
- C: $a = 1, b = 1, c = 1, d = 0$
- D: $a = 0, b = 1, c = 1, d = 1$

Tipp: Die Passtransistoren sind durchlässig, wenn am Steueranschluss eine logische 1 anliegt. Die beiden vorkommenden Inverter führen jeweils eine logische Invertierung durch.



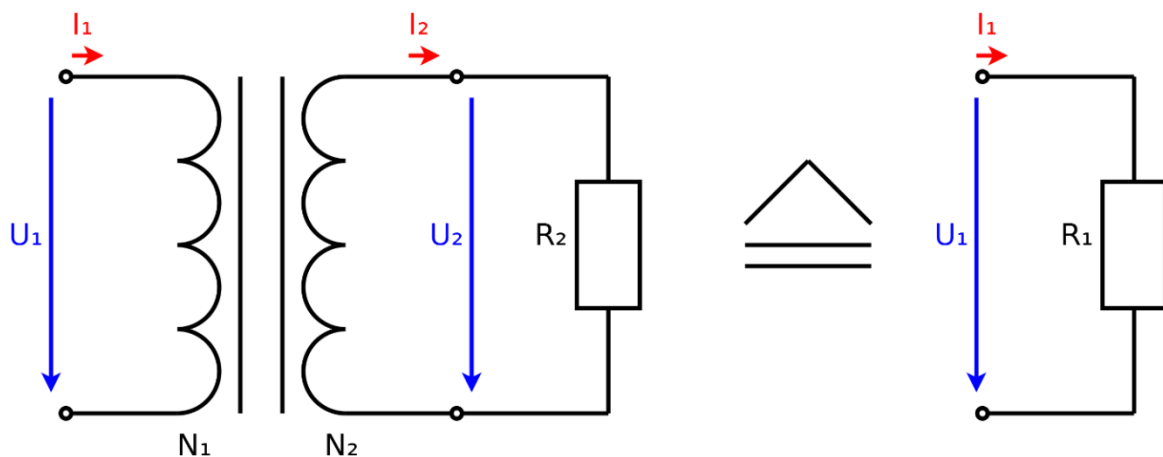
Frage Nr. 17: Transformator

Ein wichtiger Punkt beim Entwurf von elektronischen Geräten ist darauf zu achten, dass das entworfene Gerät die/den BenutzerIn nicht gefährdet. Oftmals kann man die/den BenutzerIn schon durch den Einsatz eines isolierenden Kunststoffgehäuses effektiv vor möglicherweise auftretenden Stromschlägen schützen. Gerade in der Medizinelektronik ist es aber oftmals unvermeidlich, dass die/der BenutzerIn in elektrisch leitendem Kontakt mit dem Gerät steht. Ein Beispiel dafür ist das EKG-Gerät (EKG = Elektrokardiogramm), welches zum Aufnehmen des Elektrokardiogramms des Herzens an der Benutzerin/am Benutzer angebrachte Elektroden benötigt. Es muss auf jeden Fall sichergestellt werden, dass an den Elektroden auch im Fehlerfall keine lebensgefährlichen Spannungen auftreten können. Dies kann dadurch erreicht werden, indem keinerlei elektrisch leitende Verbindung zwischen den Schaltungsteilen, welche mit höheren Spannungen arbeiten (Backend) und dem sogenannten Frontend, welches durch die Elektroden mit der/dem BenutzerIn verbunden ist, besteht. Da das Frontend aber auch mit Energie versorgt werden muss, geschieht die Energieübertragung vom Backend mithilfe eines Transformators.

Ein Transformator funktioniert nur mit Wechselspannung, nicht mit Gleichspannung. Die Spannungs- und Stromamplituden stehen in folgendem Zusammenhang mit den Windungszahlen der Primär- und Sekundärwicklung des idealen verlustlosen Transformators:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1} = \frac{N_1}{N_2}$$

Der Lastwiderstand auf der Sekundärseite führt zu einem Laststrom I_2 , welcher wiederum zu einem Strom I_1 auf der Primärseite führt. Für die Spannungsquelle, welche die Primärspannung U_1 liefert, erscheint der Transformator samt Lastwiderstand wie ein Ersatzwiderstand R_1 .





Für den Fall $N_2 = 2 * N_1$, in welchem Verhältnis stehen R_1 und R_2 ?

- A: $R_1 = \frac{1}{2} R_2$
- B: $R_1 = 4 R_2$
- C: $R_1 = \frac{1}{4} R_2$
- D: $R_1 = 2 R_2$

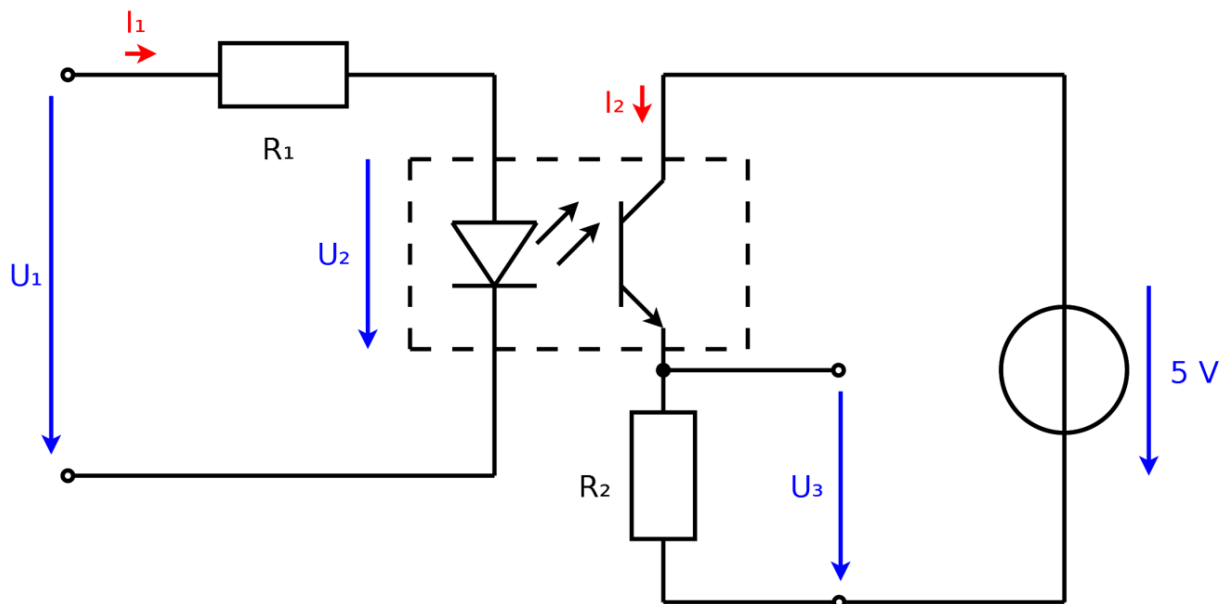
Tipp: Verwende das ohmsche Gesetz: $U = R * I$



Frage Nr. 18: Optokoppler

In der letzten Frage haben wir die galvanisch getrennte Energieversorgung von sicherheitskritischen Schaltungsteilen, wie dem mit dem Benutzer verbundenen Frontend eines EKG-Geräts, beleuchtet. Neben der Stromversorgung des Frontends muss allerdings auch die Signalübertragung zwischen dem sicherheitskritischen Frontend und dem Rest der Schaltung galvanisch getrennt, sprich ohne elektrisch leitende Verbindung, bewerkstelligt werden. Hierfür bieten sich z.B. Optokoppler an. In unserem Beispiel des EKGs sei im Frontend, welches mittels Elektroden mit der/dem BenutzerIn verbunden ist, bereits die analoge Signalaufbereitung und die anschließende Analog-Digital-Wandlung mittels Analog-Digital-Konverters (ADC) geschehen. Nun gilt es die digitalen Werte in den anderen Schaltungsteil des EKGs zu übertragen, welcher die gemessenen Werte z.B. auf dem Bildschirm visualisiert.

Optokoppler können digitale Signale mittels Licht übertragen. Auf der Eingangsseite befindet sich eine LED (Light Emitting Diode), welche, falls sie leuchtet, den am Ausgang befindlichen Fototransistor in einen leitfähigen Zustand bringt. In der Abbildung unten ist die verwendete Schaltung gezeigt. Die LED benötigt zur Strombegrenzung einen Vorwiderstand. Der Widerstand am Ausgang sorgt dafür, dass sich entsprechend dem Schaltzustand des Fototransistors eine Ausgangsspannung einstellt.





Es soll nun der Widerstand R_1 dimensioniert werden. Die LED soll im eingeschalteten Zustand einen Strom von $I_1 = 10 \text{ mA}$ führen, die Spannung an der LED bleibt nahezu konstant bei $U_2 = 1,4 \text{ V}$. Die Eingangsspannung im Fall, dass eine logische 1 übertragen wird, beträgt $U_1 = 5 \text{ V}$. Wenn die LED Leuchtet beginnt durch den Fototransistor Strom zu fließen, welcher einen Spannungsabfall U_3 an R_2 erzeugt. Diese Spannung stellt die logische 1 am Ausgang dar. Falls am Eingang eine logische 0, also eine Spannung von 0 V anliegt, so liegen auch am Ausgang 0 V an. Wie groß muss R_1 gewählt werden?

- A: $R_1 = 140 \Omega$
- B: $R_1 = 360 \Omega$
- C: $R_1 = 500 \Omega$
- D: $R_1 = 360 \text{ k}\Omega$

Tipp: Verwende das ohmsche Gesetz: $U = R \cdot I$



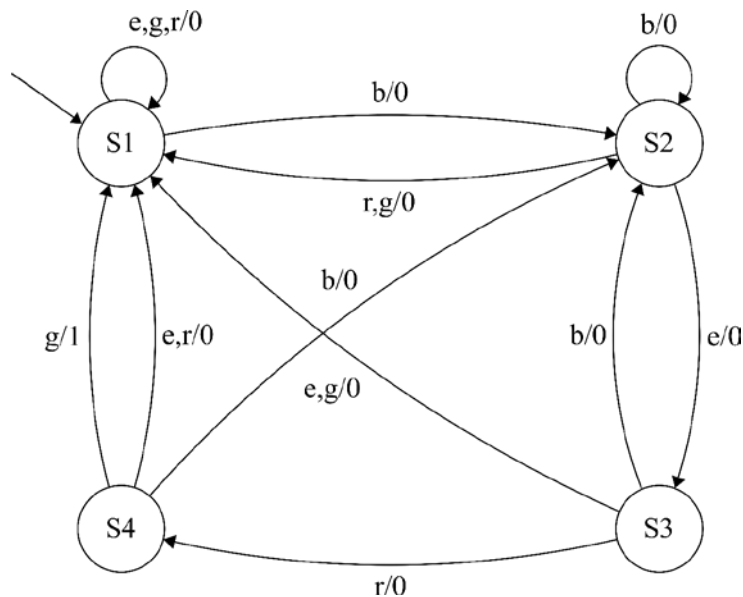
Frage Nr. 19: Zustandsautomaten

Zur Realisierung von Steuerungen und Überwachungen von bestimmten Anwendungen werden meist endliche Zustandsautomaten verwendet. Ein solcher Automat besteht aus verschiedenen Zuständen, Eingängen und Ausgängen. Es werden dabei 2 verschiedene Arten von Zustandsautomaten unterschieden:

- Moore-Automat: Der Ausgang des Automaten hängt nur von seinem Zustand ab.
- Mealy -Automat: Der Ausgang des Automaten hängt von seinem Zustand und dem Eingang ab.

Zustandsautomaten können mithilfe des Zustandsübergangsdiagramms dargestellt werden. Dabei werden die einzelnen Zustände durch Kreise dargestellt. Übergänge werden als Pfeile zwischen den Zuständen realisiert. Eingaben und Ausgaben werden je nach Automat in den Zustandskreisen oder an den Übergängen mit „/“ getrennt angegeben.

Frage: Im folgenden Zustandsübergangsdiagramm ist ein endlicher Automat dargestellt. Am Eingang des Automaten (mit dem Pfeil gekennzeichnet) wird nun die Folge E angelegt: $E = \{e,r,b,r,g,e,b,e,r,g,e,r,b,e,r,g,e,r,e,b,e,r,g\}$



Wie oft wird während der Eingangsfolge eine 1 am Ausgang ausgegeben? Um welche Art von Automat handelt es sich?

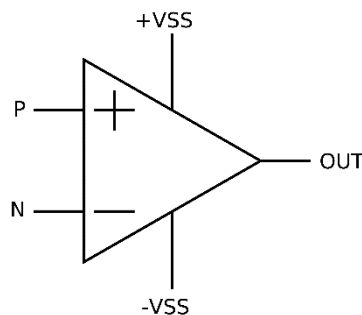
- A: 4-mal, Mealy
- B: 2-mal, Moore
- C: 1-mal, Mealy
- D: 3-mal, Moore



Frage Nr. 20: Operationsverstärker

Die Signale, die in der Medizintechnik gemessen werden, sind oftmals sehr klein (mV- oder μA -Bereich). Für viele Anwendungen ist es daher notwendig, die gemessenen Signale zu verstärken, um somit aus einem Signal mit einer Amplitude von wenigen mV ein Signal mit mehreren V zu erhalten.

Ein Bauteil, welches genau diese Aufgabe erfüllt, ist der Operationsverstärker. Dieses, aus einzelnen Transistoren bestehende, Bauteil verstärkt je nach externer Beschaltung mit Widerständen oder anderen Bauteilen das angelegte Signal oder führt sogar Rechenoperationen wie Addition, Subtraktion, Multiplikation des Messsignals mit anderen Signalen durch. In der folgenden Abbildung ist das Schaltsymbol des Operationsverstärkers ersichtlich.



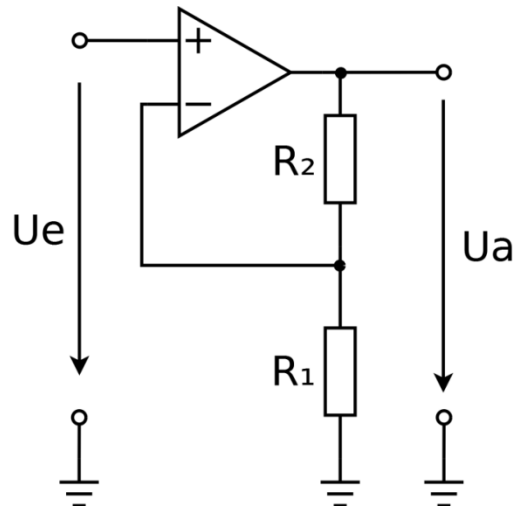
Die Eingänge des Operationsverstärkers werden mit P und N bezeichnet. OUT ist der Ausgang des Bauteils. Die beiden Anschlüsse $\pm VSS$ bezeichnen den positiven und negativen Anschluss der Versorgungsspannung. Da ein Operationsverstärker ein aktives Bauteil ist (im Gegensatz zu einem Widerstand), muss dieser mit einer externen Versorgungsspannung versorgt werden, um funktionieren zu können. Der Operationsverstärker verhält sich bei einer äußeren Beschaltung mit Widerständen oder anderen Bauteilen wie ein Regler. Er stellt die Ausgangsspannung so ein, dass sich zwischen seinen beiden Eingängen P und N eine Spannung von 0 V befindet. Eine weitere wichtige Eigenschaft des OPV ist, dass bei idealer Betrachtung kein Strom in die Eingänge hinein fließt.

Eine Schaltung, die einen Operationsverstärker beinhaltet, zeichnet sich vor allem durch ihre Verstärkung aus. Damit ist das Verhältnis von Eingangsspannung und Ausgangsspannung gemeint. Die Verstärkung berechnet sich zu:

$$V = \frac{U_{\text{Ausgang}}}{U_{\text{Eingang}}}$$



In der folgenden Abbildung ist ein sogenannter nicht-invertierender Verstärker (Elektrometerverstärker) dargestellt. Welche Verstärkung in Abhängigkeit von den Werten für R_1 und R_2 stellt sich für diese Schaltung ein?



- A: $V = -\frac{R_2}{R_1}$
- B: $V = 1 - \frac{R_2}{R_1}$
- C: $V = \frac{R_1}{R_2}$
- D: $V = 1 + \frac{R_2}{R_1}$