

INVENT a CHIP

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

VDE

Hey Chip!

Wettbewerb für Schüler*innen zum Chipdesign – IaC-Quiz

Hey! Hier beim IaC-Quiz geht es um Fragen zu einem spannenden Thema: Mikrochips! Diese Chips stecken überall drin, in deinem Smartphone und deinem Computer, aber auch in der Smartwatch und dem E-Scooter. Sie steuern komplexe Industriemaschinen und Ampeln oder Fahr- und Flugzeuge. Sie überwachen die Gesundheit und können sogar bei der Diagnose von Krankheiten und deren Therapie helfen. Mikrochips unterstützen bei der Energiewende, indem sie Solarpanels und Heizungen optimal steuern oder das Laden von Akkus optimieren. Zudem sind sie für Anwendungen von Künstlicher Intelligenz notwendig.

INVENT a CHIP ist ein bundesweiter Wettbewerb des VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V. mit Förderung durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF). Hier bekommst du spannendes Expertenwissen zu Mikrochips – für die Herausforderungen der Zukunft. Attraktive Preise warten auf dich.

IaC-Quiz

Das IaC-Quiz mit 20 spannenden Fragen ist dein erster Einstieg in die Welt der Chips. Beantworte die ersten 16 Fragen (das gilt für die Jahrgangsstufen 9 und 10) bzw. alle 20 Fragen (Jahrgangsstufen 11 bis 13) zur Elektronik, Zukunftsenergie, Künstlicher Intelligenz und rund um Mikrochips.

Join INVENT a CHIP

Teilnahmeberechtigt: Schüler*innen von allgemein- und berufsbildenden Schulen der Jahrgangsstufen 9 bis 13 aus ganz Deutschland.

Einmalige Online-Registrierung mit Namen, E-Mail und Schulangabe. Dann entscheidest du, ob du bei INVENT a CHIP am IaC-Quiz oder auch weiter an der IaC-Challenge (mit der Option des IaC-Camps) teilnehmen möchtest.

Timeline IaC-Quiz

Unter www.invent-a-chip.de ist das IaC-Quiz zum Online-Ausfüllen bis zum 31. Mai 2025 freigeschaltet. Ende Juni wird der Schulpreis bekannt gegeben und die Zertifikate und der Lösungsbogen per E-Mail versendet.

IaC-Quiz-Awards

- viele spannende Kenntnisse – und eine tolle Basis, um mit der IaC-Challenge direkt weiterzumachen
- die 50 besten Teilnehmer*innen bekommen je einen Mikrocontroller
- alle: Teilnahmezertifikat – für die Bewerbungsmappe
- alle: Lösungsbogen und Punktzahl
- Schulpreis für die höchste durchschnittliche Punktzahl aller Teilnehmenden:
 1. Platz: 1.000 Euro
 2. Platz: 750 Euro
 3. Platz: 500 Euro



Nähere Informationen im
INVENT a CHIP-Flyer oder unter
www.invent-a-chip.de



Rückfragen?
Bitte E-Mail an
iac@vde.com

Bedeutung von Mikrochips und Künstlicher Intelligenz

Du nutzt täglich Geräte, in denen Mikrochips verbaut sind. Nachhaltig und ressourcenschonend, sicher und innovativ: diese Aspekte spielen bei vielen Produkten aus Alltag und Industrie eine immer stärkere Rolle. Und fast überall sind Mikrochips drin, im Handy oder Notebook, dem e-Bike oder der Fitness-Watch.

Das BMBF-Wissenschaftsjahr 2025 steht unter dem Motto „Zukunftsenergie“. Es fragt danach, wie uns eine klimaneutrale, verlässliche und ressourcenschonende Energiewende gelingt und welche Technologien helfen können. Sicher ist, dass Mikrochips auch hier zukünftig einen wertvollen Beitrag leisten, indem sie beispielsweise Solarpanels und Heizungen optimal steuern oder Akku-Ladezyklen optimieren – und dabei brauchen sie selbst immer weniger Energie bei mehr Leistung.

Mikroelektronik, das ist übrigens die Bezeichnung für ein Teilgebiet der Elektrotechnik. „Mikro“ kommt aus dem Griechischen (mikrós) und bedeutet „klein“ – und genau darum geht es: um sehr kleine elektronische (sog. integrierte) Schaltungen, die enorm viel leisten können. Das sind dann die Mikrochips, durch die elektronische Geräte trotz mehr Funktionen immer kompakter, kleiner und auch energieeffizienter werden. Mikroelektronik ist nicht nur miniklein, die hochintegrierten Schaltkreise auf den Mikrochips sind fast immer in schwarzen Kunststoffgehäusen verborgen, erkennbar an ihren äußeren „Anschlussbeinchen“. Diese Chips sehen von außen scheinbar gleich aus, denn das eigentliche Design verbirgt sich, für das bloße Auge unsichtbar, im Inneren. Dort sind winzige Strukturen aus Unmengen – teils sogar mehreren Milliarden – von Transistoren, die für ihre Aufgaben passend verschaltet werden müssen: Das ist Chipdesign und das Top-Thema von INVENT a CHIP! Neugierig geworden? Bei der IAC-Challenge kannst du übrigens auch selbst die ersten Schritte im Chipdesign machen.

Als Künstliche Intelligenz (KI) kann man Systeme auf Computern beschreiben, die Aufgaben lösen können, die bisher Menschen machen. Dazu brauchen diese Programme eine Menge an Daten und Infor-

mationen, um daraus Ergebnisse abzuleiten und die gestellten Aufgaben zu erledigen. Die KI-Systeme müssen mit entsprechenden Daten trainiert werden, damit sie beispielsweise in der Lage sind, auf einem Foto eine Katze zu erkennen oder in der Medizin Röntgenbilder auf Krankheiten zu untersuchen und sogar Therapien vorzuschlagen. Dazu benutzt die KI künstlich aufgebaute neuronale Netze, die wie in deinem Gehirn unzählige Knotenpunkte (Neurone) in einem dichten Netzwerk miteinander verknüpfen. So kann KI immer besser Muster erkennen, selbstständig dazulernen und mit dir kommunizieren und Wissen teilen. Um überhaupt zu funktionieren, braucht jede KI Mikroelektronik.



Du findest Künstliche Intelligenz auf deinem Smartphone, die KI kann Bilder und deine Freunde darauf erkennen und die Akkulaufzeit optimieren. Per KI funktioniert Sprachsteuerung und auch die Suchmaschinen liefern durch KI immer bessere Ergebnisse. KI kann auch Fotos und Videos erstellen oder Musik komponieren. Mit einem Sprachmodell wie ChatGPT kannst du deine Hausaufgaben lösen - doch Vorsicht! In einer KI stecken auch Fehler oder sogar Vorurteile, deshalb ist es sehr wichtig, die Ergebnisse immer zu überprüfen.

Die Mikroelektronik bietet übrigens eine Fülle an spannenden und zukunftssicheren Jobs, sei es über eine Ausbildung, ein duales Studium oder ein Uni-Studium.

Aufgabe 1

Mikrochips sind überall

Dein Laptop passt in den Schulrucksack und dein Smartphone sogar in die Hosentasche. Hätte deine Ur-Oma bereits einen eigenen Computer besessen, dann wäre es ganz schön eng bei ihr geworden: Vor gut 80 Jahren hatten Computer mit elektro-mechanischer Relais-Technik noch ungefähr die Größe einer ganzen Küche. Die Rechenleistung eines Zuse Z3 (einer der ersten Computer aus Deutschland) mit 3.000 Relais aus dem Jahr 1941 war aber nur die eines heutzutage einfachen Taschenrechners. Einer der heute leistungsfähigsten Chips, um Künstliche Intelligenz zu trainieren, befindet sich in der Nvidia Grafikkarte B200. Er hat die Größe von lediglich ungefähr drei 2-Euro-Münzen und die unvorstellbare Anzahl von 208 Milliarden Transistoren – winzige elektronische Schalter mit der Funktion der früheren elektro-mechanischen Relais.

Dieser riesengroße Sprung ist durch die Mikroelektronik möglich. Mikroelektronik ermöglicht neue Innovationen durch mehr Rechenleistung. Vor allem aber senkt sie auch die Kosten, denn das Herstellen von Millionen von Transistoren auf einem einzigen kleinen Mikro-

chip ist in großen Stückzahlen günstiger. Gleichzeitig werden auch die Transistoren immer kleiner und enger aneinander platziert, sodass der Mikrochip effizienter arbeiten kann – seine Verlustleistung, also seine Wärmeabgabe sinkt.

Gib an, in welchen der folgenden Geräte sich heutzutage Mikrochips befinden.

Hinweis: Es ist mehr als eine Antwort richtig.

- A** In der Medizintechnik, u. a. in Implantaten wie im Herzschrittmacher
- B** Im elektronischen Klavier zur Erzeugung von Tönen
- C** In Rechenzentren für das Training und Ausführen neuester KI-Algorithmen
- D** Im Fahrzeug, u. a. für das assistierte Fahren

Aufgabe 2

Energieverbrauch von Intelligenz

Künstliche Intelligenz verbraucht viel Energie – und durch die schlagartig steigende Anzahl an Anwendungen und Nutzern steigt auch insgesamt der Energiebedarf. OpenAI, die Firma hinter ChatGPT, berichtet beispielsweise von einem Energiebedarf von ungefähr **2,9 Wattstunden (Wh) pro Prompt** in seinem Dienst. Bei über 250 Millionen aktiven Nutzern ist das so viel Energie, dass Microsoft (einer der Investoren von OpenAI) plant, eine zusätzliche Energiequelle mit **835 Megawatt (MW)** Leistung in Betrieb zu nehmen und ausschließlich für Künstliche Intelligenz zu nutzen.

Doch auch menschliche Intelligenz in unserem Gehirn verbraucht Energie, nämlich ungefähr 20% unserer täglichen Nahrungsaufnahme – also 500 kcal (ungefähr 2.100 kJ). Dies entspricht ungefähr 581,5 Wh. Dafür ist das Gehirn an einem Tag aber noch deutlich produktiver als das Äquivalent von 200 ChatGPT-Prompts. Während die KI fortlaufend besser wird, wird auch an neuen Mikrochips für effizientere und größere KI-Modelle geforscht. Beispielsweise möchte das europäische SpiNNaker Projekt durch „Spiking“ Neuronaler Netze (dem Gehirn

nachempfundene Neuronen senden lediglich Impulse und keine Zahlen) die Leistung des menschlichen Gehirns erreichen. Das Unternehmen Cerebras baut für KI den größten möglichen Chip mit 4 Billionen Transistoren (und einer Leistungsaufnahme von 23 kW).

Berechne, wie viele Prompts ChatGPT mit 835 MW elektrischer Leistung innerhalb einer Stunde beantworten kann.

Prompts pro Stunde:

Bitte gib den Wert als Ganzzahl ein, also ohne Komma und auf ganze Zahlen gerundet. Verwende außerdem keine Tausendertrennzeichen.

Aufgabe 3

Energie von der Sonne

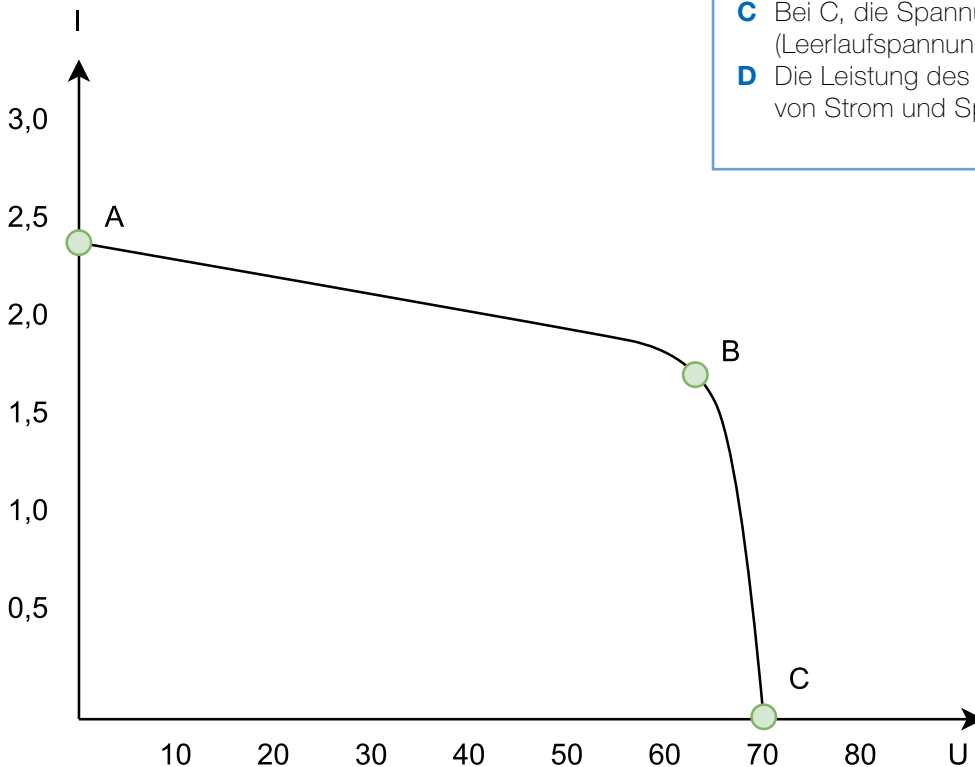
Du hast es sicher schon auf den Dächern oder an den Balkons in deiner Heimatstadt oder auch auf Feldern entlang der Straßen bemerkt – in Deutschland gibt es immer mehr Photovoltaikanlagen. Im Jahr 2023 sind 14,1 Gigawatt (GW) Leistung durch Solaranlagen in Deutschland hinzugekommen.

Wie viel Energie eine solche Solaranlage tatsächlich bereitstellt, also ihre elektrische Ausgangsleistung, hängt, vereinfacht gesagt, stark von zwei Faktoren ab. Zum einen beeinflusst die Stärke der Sonnenstrahlung insbesondere den Strom in einer Solarzelle. Zum anderen wirkt die Temperatur der Zelle vor allem auf die an ihr anliegende Spannung.

Solarzellen erzeugen einen Gleichstrom, während das öffentliche Stromnetz und die Verbraucher an den Steckdosen mit Wechselstrom funktionieren. Darum werden

hinter Solaranlagen sogenannte Wechselrichter geschaltet, die den Gleichstrom in Wechselstrom wandeln.

Damit jederzeit die größtmögliche Leistung erzeugt wird, verfügen diese Wechselrichter über intelligente Algorithmen namens Maximum Power Point (MPP)-Tracking. Diese Algorithmen wählen eine ideale Kombination aus Spannung und Strom für die maximale Leistung aus. Das ist der bestmögliche Arbeitspunkt. In der folgenden Abbildung ist ein vereinfachtes Strom-Spannungsdiagramm eines Solarmoduls dargestellt, wobei die x-Achse für die Spannung (U) und die y-Achse für die elektrische Stromstärke (I) steht.



Bestimme, bei welchem Arbeitspunkt die maximale elektrische Leistung abgenommen wird.

- A** Bei A, der Strom ist am größten (Kurzschlussstrom)
- B** Bei B, die Fläche des Rechtecks aus Strom und Spannung ist am größten
- C** Bei C, die Spannung ist am größten (Leerlaufspannung)
- D** Die Leistung des Solarmoduls ist unabhängig von Strom und Spannung

Aufgabe 4

Warum stehen Windräder manchmal still?

Hast du schon einmal ein Windrad an Land oder auf See gesehen, das sich trotz Wind nicht dreht? Dann ist das meistens gar nicht defekt, sondern es wurde bewusst abgeschaltet. Windräder sollen doch Energie liefern – wieso passiert das?

Der Grund ist eine Überlastung des elektrischen Versorgungsnetzes. Fast alle elektrischen Verbraucher, wie beispielsweise der Backofen, Computer oder die Wärmepumpe, sowie die großen Erzeugungsanlagen wie Kraftwerke und Solaranlagen, sind alle in einem einzigen Netz verbunden. Und das über fast ganz Europa miteinander.

Typischerweise hat dieses elektrische Netz eine Wechselspannung mit der Frequenz von 50 Hz. Wenn mehr Energie aus dem Netz entnommen wird (Netzlast), sinkt die Frequenz des Stromnetzes unter 50 Hz. Wenn dagegen mehr Strom erzeugt wird als die Netzlast abnimmt, steigt die Frequenz über 50 Hz. Die Übertragungsnetzanbieter haben eine anspruchsvolle Aufgabe: Sie müssen dafür sorgen, dass die Frequenz möglichst konstant bleibt – beispielsweise durch das Abschalten von Verbrauchern (große Industrieanlagen) oder das Abschalten von Erzeugern. Windräder lassen sich deutlich schneller und einfacher ab- und wieder einschalten als beispielsweise träge Kohlekraftwerke, weil die Kohlebrennung eben nicht einfach unterbrochen werden kann.

Aufgabe 5

Warum haben Mikrochips Verlustleistung?

Mikrochips benötigen für ihre Rechenarbeit Energie und diese wird durch die sogenannte Verlustleistung als Wärme abgegeben. Daher benötigen Chips eine aktive Kühlung durch Kühlkörper, Lüfter oder Wasserkühlung. Die Temperatur hat auch einen Einfluss darauf, mit welcher Geschwindigkeit ein Mikrochip arbeiten kann, da die Beweglichkeit der Elektronen temperaturabhängig ist.

Smartphones sollen möglichst lange laufen und wenig Strom verbrauchen, das schont Akkus und spart Kosten. In der Mikroelektronik sind daher weiter Innovationen gefragt, um die Verlustleistungen zu verringern.

Entscheide, warum die Netzfrequenz von der elektrischen Netzlast abhängig ist:

- A** Überlandleitungen bilden eine Kapazität zur Erde und die steuert die Netzfrequenz in Abhängigkeit des anliegenden Stroms.
- B** Das Drehmoment an den elektrischen Generatoren (Kohlekraftwerksturbine, Wassergenerator, ...) ist abhängig von der anliegenden Last. Je weniger Last, umso schneller dreht der Motor, mehr Last reduziert die Drehzahl – wie Fahrradfahren bergab und bergauf.
- C** Die Netzfrequenz wird ausschließlich vom Netzbetreiber vorgegeben. Durch eine Messung der Frequenz können Industriebetriebe von günstigen Strompreisen profitieren.
- D** Die Netzfrequenz ändert sich immer nur stark zur vollen Stunde, wenn Industriebetriebe Schichtwechsel haben und große Verbraucher an- oder abgeschaltet werden.

Recherchiere im Netz und nenne dann Effekte, die zur Verlustleistung eines Mikrochips beitragen.

Hinweis: Es ist mehr als eine Antwort richtig.

- A** In allen Mikrochips befinden sich absichtlich elektrische Heizelemente, weil Halbleiter erst über 75° C schalten können
- B** Die Leitungen in internen Verbindungen und Transistoren im Mikrochip haben einen kleinen Widerstand, der bei Stromfluss Energie verbraucht. Der Strom fließt, um kleine Kapazitäten im Mikrochip auf- oder zu entladen.
- C** Es passiert bei Schaltvorgängen immer, dass für einen kurzen Augenblick die Versorgungsspannung gegen Masse kurzgeschlossen ist und der hohe Kurzschlussstrom mit kleinsten Widerständen der Leitungen Leistung verbraucht.
- D** Die Isolation des Halbleitersubstrats ist nicht optimal, so dass ständig kleine Leckströme Energie verbrauchen.

Aufgabe 6

Neuartige Halbleitermaterialien für mehr Energieeffizienz

Wie lässt sich in der Mikroelektronik Energie einsparen? Der Fokus liegt hier häufig auf den digitalen Hauptprozessoren. Durch neue Fertigungstechnologien (mehr Transistoren auf gleicher Fläche durch kleinere Transistoren) kann der Energiebedarf immer weiter reduziert werden. Laut dem Postulat von Gordon Moore, einem der Gründer des Prozessor-Herstellers Intel, können jeweils alle 18 bis 24 Monate doppelt so viele Transistoren auf gleicher Fläche integriert werden – und fast 60 Jahre nach der Veröffentlichung im Jahr 1965 hat diese Aussage immer noch Bestand.

Häufig ist aber bereits das Netzteil eines Computers ein Problem. Eventuell kennst du Energieeffizienzlabels sogar auf Computernetzteilen, die teilweise lediglich 80 % Wirkungsgrad haben. Seit wenigen Jahren sind neuartige Halbleitermaterialien auf dem Vormarsch, welche die Energieeffizienz erheblich erhöhen können. Kleine USB-C-Netzteile mit Gallium-Nitrid-Halbleitern (GaN) können beispielsweise 100 W Leistung in der Größe weniger Finger bereitstellen. GaN-Transistoren werden bereits seit langem für blaue LEDs eingesetzt.

Die wichtigsten Eigenschaften im Netzteil sind hingegen der besonders geringe Widerstand im leitenden Zustand. Hierdurch wird weniger Leistung im Transistor in Wärme umgewandelt. Außerdem lässt sich der GaN-Transistor sehr schnell schalten, was aus physikalischen Gründen die Größe der anderen Bauelemente eines Netzteils (Transformator, Spule, Kondensator) reduziert, um die kompakte Größe zu erreichen, während gleichzeitig auch die Verlustleistung weiter reduziert wird

Berechne, wie viel weniger Energie ein KI-Rechenzentrum mit einer gleichbleibenden Leistungsaufnahme der KI-Prozessoren von **750 MW** benötigt, wenn der Wirkungsgrad der Netzteile von 90 % (**833 MW** Leistungsaufnahme) auf **97 %** gesteigert wird. Runde den Wert zur nächstgelegenen Ganzzahl (in MW).

MW

Aufgabe 7

Mikrochips retten Leben

Die Anwendungen von Mikrochips, die einem typischerweise als erstes in den Sinn kommen, stammen aus alltäglichen Geräten, mit denen man häufig in Berührung kommt: Smartphones, Fernseher und Küchengeräte. Mikrochips sorgen allerdings auch in vielfältigen Anwendungen für eine bessere Gesundheit der Menschen und eine höhere Lebenserwartung.

Leite ab, in welcher der folgenden medizinischen Anwendungen man nicht auf Mikrochips angewiesen ist:

- A** Chirurgie-Roboter: modernste Roboter, welche assistieren oder selbstständig Operationen am Menschen ausführen
- B** Implantierbare Geräte, beispielsweise Herzschrittmacher oder Stimulatoren gegen Parkinson
- C** Schmerztabletten, beispielsweise auf Basis von Acetylsalicylsäure
- D** Fortschrittliche Analysegeräte, wie z. B. Magnet-Resonanztomographie (MRT) oder 3D-Ultraschallgeräte

Aufgabe 8

Zahlen binär darstellen

Das Grundelement der Mikroelektronik ist der Transistor, ein elektrischer Schalter. Vereinfacht hat dieser wie ein elektro-mechanisches Relais zwei Zustände: elektrisch leitfähig und sperrend. Es lassen sich folglich zwei Zustände kodieren, „ein“ und „aus“. Anstelle unseres gebräuchlichen Dezimalsystems mit 10 Ziffern {0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9} kommt daher in der digitalen Mikroelektronik das Binärsystem zum Einsatz, welches die Zustände „aus“ und „ein“ mit den Ziffern 0 und 1 kodiert. Schalter sind nicht in der Lage, 10 unterschiedliche Zustände anzunehmen. Durch die geringere Anzahl an Zuständen benötigt man für die Darstellung von Zahlen größer als 1 mit den Ziffern 0 und 1 im Binärsystem mehr Bit als Stellen im Dezimalsystem.

Info: Ein Bit ist ein binärer Zustand und damit die kleinste Informationseinheit.

Berechne, wie viele Bit man benötigt, um die Zahlen im Bereich von 0 bis 257 darzustellen. Hinweis: Es werden ausschließlich positive ganze Zahlen betrachtet.

Aufgabe 9

Mathematik im Binärsystem

Ob Künstliche Intelligenz, einfacher Taschenrechner oder Zustandsautomat in einer Kaffeemaschine: Fast alle Algorithmen sind auf mathematische Operationen angewiesen. Hierzu zählen insbesondere Addition, Subtraktion und Multiplikation. Trotz der geringeren Anzahl von lediglich zwei Zuständen pro Bit im Vergleich zum Dezimalsystem lässt sich im Binärsystem ebenso rechnen.

Nachstehend ist die Addition der Dezimalzahlen 12 und 13 in binärer Kodierung dargestellt

Fülle die Tabelle korrekt für den Übertrag und das Ergebnis aus.

	1	1	0	0
+	1	1	0	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Hinweis:</i> <input type="checkbox"/> = „0“, <input checked="" type="checkbox"/> = „1“				

Aufgabe 10

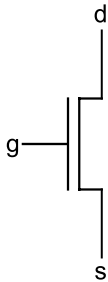
Von Schaltern zu Logik

Die Transistoren, also winzige elektrische Schalter mit vereinfacht zwei Zuständen, sind die Grundlage für die digitale Mikroelektronik. Sie realisieren Prozessoren, mit denen du im Web surfen, Videos dekodieren oder Spiele spielen kannst. Sogar unterschiedliche Speicher, wie z.B. Flashspeicher in einer Festplatte oder RAM in einem Arbeitsspeicher, werden durch spezielle Transistoren realisiert. Aber wie wird aus einem einfachen Schalter Logik oder gar „Intelligenz“?

Heutzutage werden fast alle Logikchips in der sogenannten CMOS (Complementary MOS)-Technology gefördert. MOS bezeichnet dabei, wie der Transistor hergestellt wird. Der Begriff „komplementär“ bedeutet, dass ein Ausgangssignal immer einen definierten Spannungspegel hat, indem entweder Transistoren den Ausgang auf das Spannungsniveau der Versorgungsspannung V_{cc} (z.B. 1,8 V) ziehen oder auf das Referenzpotential 0 V ziehen. Der Spannungspegel V_{cc} wird dann gleichgesetzt mit der logischen „1“, logisch „wahr“ und „ein(geschaltet)“ und das Referenzpotential 0 V als logische „0“, logisch „falsch“ und „aus(geschaltet)“.

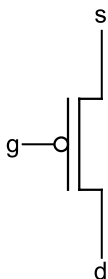
Für CMOS werden zwei unterschiedliche Transistoren eingesetzt. Der sogenannte n-MOS schaltet bei einer logischen „1“ an seinem Steueranschluss (Gate) den Kanal zwischen den beiden anderen Pins (Source und Drain) leitend. Bei einer „0“ am Steuereingang sperrt dieser Schalter (offener Schalter). Der p-MOS arbeitet genau invers (leitend bei „0“ am Steuereingang und sperrt bei „1“). Auch in den Symbolen ist diese Beziehung dargestellt, indem beim p-MOS am Steuereingang ein kleiner Kreis zur Inversion des Eingangssignals dargestellt ist.

n-MOS:



Gate	d-s-Kanal
0	Sperrend (offener Schalter)
1	Leitend (geschlossener Schalter)

p-MOS:

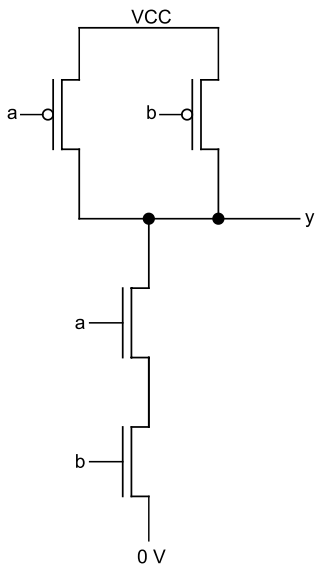


Gate	d-s-Kanal
0	Leitend (geschlossener Schalter)
1	Sperrend (offener Schalter)



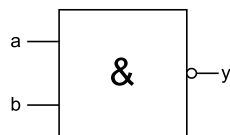
IAC-QUIZ 2025 – FRAGEBOGEN

Im Folgenden ist nun eine Schaltung mit vier dieser Transistoren dargestellt (2 n-MOS und 2 p-MOS), die durch zwei Steuersignale „a“ und „b“ angesteuert werden, um einen Ausgang „y“ zu erzeugen. Die gezeigte Schaltung bildet eine negierte UND-Funktion ab, zu erkennen an der Inversion des Ausgangs in der Wahrheitstabelle im Vergleich zu einer UND-Funktion, die genau dann „1“ wäre, wenn alle Eingänge „1“ sind (sonst immer „0“).

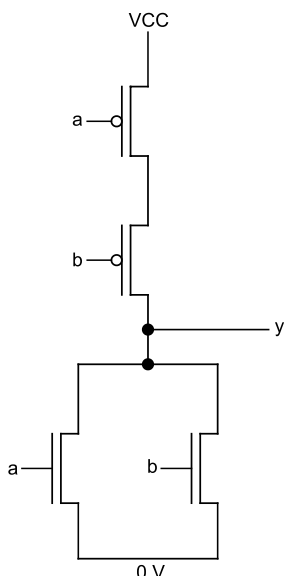


a	b	y
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Diese Schaltung lässt sich übrigens auch vereinfacht als sogenanntes „Gatter“ durch Weglassen der Versorgungsspannung darstellen und zeigt dann lediglich die Steuersignale. Ein Kreis signalisiert weiterhin eine Inversion (des Ein- bzw. Ausgangs):



Vervollständige die Wahrheitstabelle für die im Folgenden gezeigte Schaltung



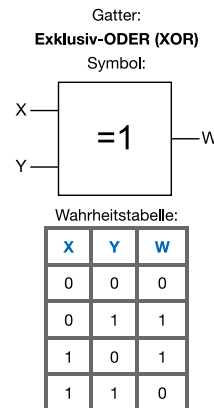
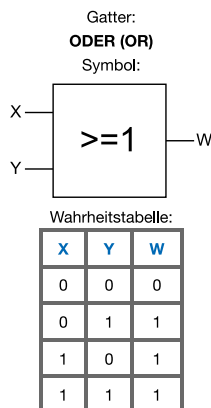
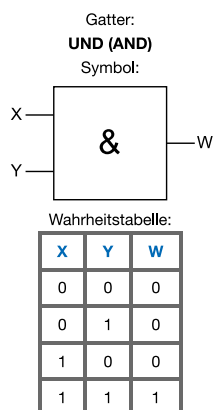
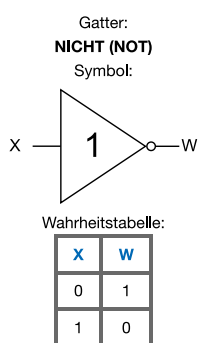
a	b	y
0	0	<input type="checkbox"/>
0	1	<input type="checkbox"/>
1	0	<input type="checkbox"/>
1	1	<input type="checkbox"/>

Hinweis: = „0“, = „1“

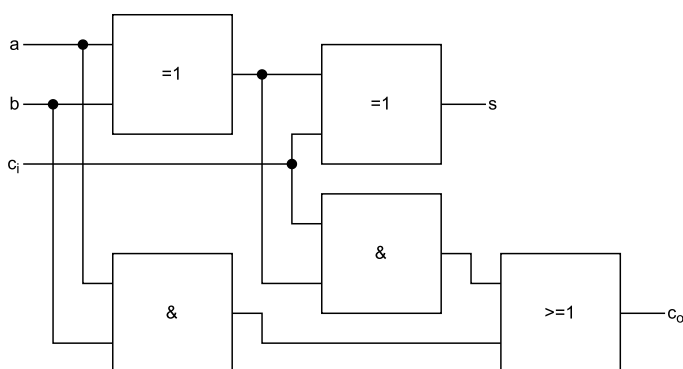
Aufgabe 11

Wahrheitstabelle

Aus der Verschaltung von Transistoren lassen sich beliebige Logikfunktionen herstellen. Es gibt dabei drei Grundgatter, aus denen Logikfunktionen erstellt werden können: NICHT (NOT), UND (AND) sowie ODER (OR). NICHT kehrt den Wert der Eingabe um. Wenn die Eingabe wahr ist, wird falsch zurückgegeben und umgekehrt. UND gibt wahr zurück, wenn alle Eingaben wahr sind. ODER gibt wahr zurück, wenn mindestens eine der Eingaben wahr ist. Die dazugehörigen Symbole und Wahrheitstabellen findest du unten, wobei „x“ beziehungsweise „x“ und „y“ die Eingangsseite (linke Seite) und „w“ der Ausgang (rechte Seite) ist. Kreise am Ein- oder Ausgang eines Gatters negieren jeweils den entsprechenden Ein- oder Ausgang, d. h. sie ändern also eine „1“ in eine „0“ und umgekehrt. Zusätzlich ist das Exklusiv-ODER-(XOR-) Gatter dargestellt, welches immer dann wahr zurückgibt, wenn genau einer der Eingänge 1 ist. Das XOR zählt offiziell nicht zu den Grundgattern, da dieses wiederum aus solchen gebildet werden kann.



Nachfolgend siehst du eine Gatter-Schaltung mit den drei Eingängen „a“, „b“ und „c_i“ sowie den zwei Ausgängen „s“ und „c_o“. Diese Schaltung realisiert die Addition von zwei Bits („a“ und „b“) mit einem zusätzlichen Übertrag „c_i“ zu dem Summenbit „s“ und dem Übertrag ins nächsthöhere Bit „c_o“. Diese Schaltung heißt übrigens 1-Bit-Volladdierer. Mehrere dieser Schaltungen bzw. Addierer hintereinander sind in der Lage, binäre Zahlen mit mehreren Bits zu addieren.



Vervollständige die Wahrheitstabelle für den ausgehenden Übertrag „c_o“. Die Werte für das Summenbit „s“ sind bereits gegeben.

a	b	c _i	s	c _o
0	0	0	0	<input type="checkbox"/>
0	0	1	1	<input type="checkbox"/>
0	1	0	1	<input type="checkbox"/>
0	1	1	0	<input type="checkbox"/>
1	0	0	1	<input type="checkbox"/>
1	0	1	0	<input type="checkbox"/>
1	1	0	0	<input type="checkbox"/>
1	1	1	1	<input type="checkbox"/>

Hinweis: = „0“, = „1“

Aufgabe 12

Simulation digitaler Logik

Die Produktion moderner, komplexer Mikrochips ist extrem teuer. Aus diesem Grund wird vor der Übergabe der „Baupläne“ eines Mikrochips an die Fabrik (in der Mikroelektronik „Fab“ genannt) die korrekte Funktion so gut es geht sichergestellt – dieser Schritt heißt Verifikation. Hierbei wird eine Vielzahl von Eingangskombinationen und Abfolgen getestet und die korrekte Funktion überprüft. Typischerweise ist die Verifikation jeder Anforderung doppelt so aufwendig wie deren eigentliche Entwicklung.

Im Jahr 1994 entdeckte man in der Intel Pentium-CPU erst nach der Herstellung einen Fehler. Bei der Division bestimmter Zahlenkombinationen führte dieser Fehler zu ungenauen Ergebnissen. Das hatte viel Wirbel ausgelöst und am Ende Umsatzeinbußen für den Hersteller zur Folge. Aus diesem Grund wurde anschließend immer umfangreicher verifiziert. Für den Fall der Fälle integrieren Hersteller mehr freie Programmierbarkeit in ihre Hardware, um derartige Probleme unter Umständen durch sogenannten Mikrocode nachträglich beheben zu können.

Eine mögliche Form der Verifikation ist die Simulation. Hierbei wird jedes Signal der Hardware Taktzyklengenau simuliert, wenn es sich ändert. Eine heutige, moderne CPU im Computer oder Laptop verfügt allerdings über bis zu 10 Milliarden Transistoren.

Berechne, wie lange eine Simulation von **1.000.000 Testfällen** mit jeweils **4.500 Takten** für eine CPU mit **10 Mrd. Transistoren** dauert, wenn diese wiederum auf einer anderen Simulator-CPU mit 3,5 GHz Taktfrequenz durchgeführt wird? Es werden 5 Takte der Simulator-CPU pro Takt und Transistor der Ziel-CPU zur Simulation benötigt. Runde auf ganze Jahre und berücksichtige Schaltjahre (365,25 Tage pro Jahr).

Jahre

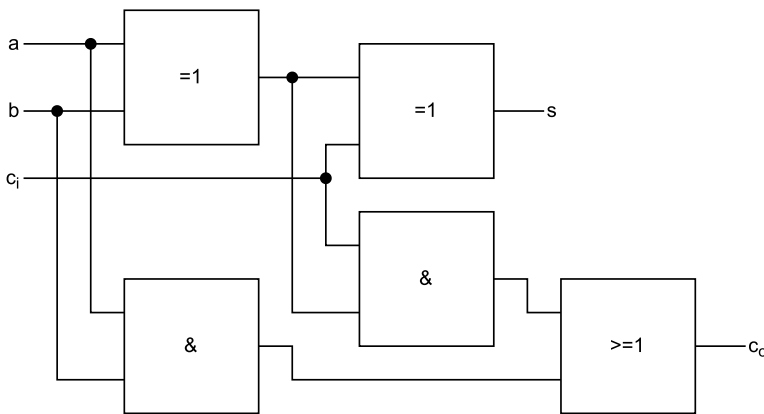
Aufgabe 13

Hardware-Beschreibungssprachen

Zu Beginn der Mikroelektronik wurden noch viele Prozesse in der Entwicklung manuell und handschriftlich durchgeführt. Die Verschaltung der damals noch überschaubaren Zahl von Transistoren erfolgte auf Papier. Heutige Mikrochips verfügen jedoch über hunderte Millionen bis zig Milliarden von Transistoren, wo ein manueller Prozess unmöglich ist.

Seit den 1980er Jahren haben sich hierfür Hardware-Beschreibungssprachen, wie beispielsweise das in Europa gebräuchliche VHDL (Very High Speed Integrated Circuit Hardware Description Language) und Verilog, entwickelt und durchgesetzt. Diese ermöglichen eine textuelle Beschreibung einer Schaltung und eine einfachere Verarbeitung mit Software-Werkzeugen.

Exemplarisch ist nachfolgend eine mögliche VHDL-Beschreibung der Architektur eines 1-Bit-Volladdierers (Schaltnetz) dargestellt. Gatter können einfach textuell beschrieben werden. Der Operator „<=“ stellt eine Signalzuweisung von Schaltdrähten dar.



```
s <= a XOR b XOR c_i;
c_o <= (a AND b) OR (c_i AND (a XOR a));
```

Bestimme die Vorteile der Beschreibung elektronischer Schaltungen mittels Hardwarebeschreibungen gegenüber graphischen Schaltplänen. Hinweis: Es sind mehrere Lösungen korrekt.

- A** Bessere Skalierbarkeit, beispielsweise bei der Änderung der Anzahl an Bit eines Addierers durch Änderung einer Zahl im Vergleich zum Hinzufügen / Entfernen von Gattern und Verbindungen.
- B** Schnellerer Entwurf, da keine Elemente platziert und miteinander verbunden werden müssen.
- C** Bessere Simulierbarkeit, da Hardware-Beschreibungssprachen auch zur Beschreibung von Testfällen und dadurch Verifikation der Funktionalität verwendet werden können.
- D** Bessere Portierbarkeit, da VHDL & Verilog standardisiert sind und von vielen Tools unterstützt werden.

Aufgabe 14

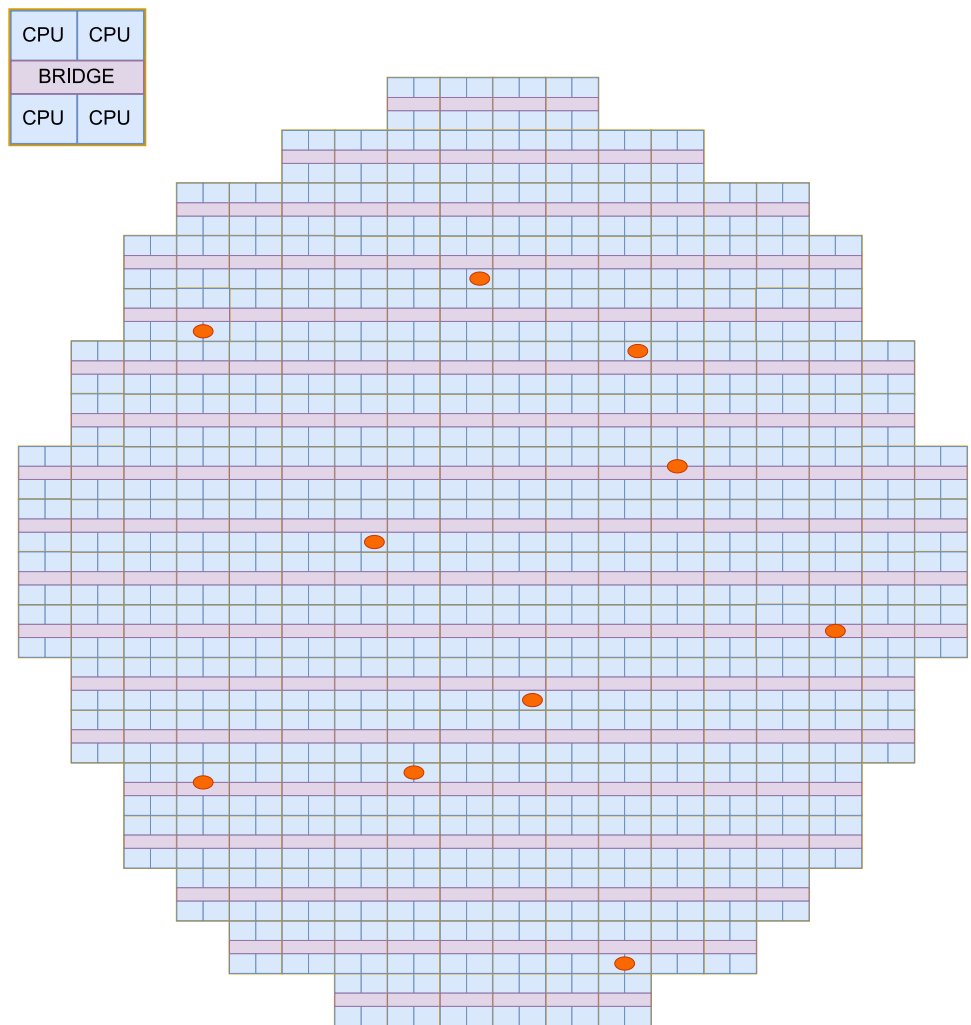
Qualität von Mikrochips

Mikrochips werden schichtweise auf einer runden, typischerweise aus Silizium bestehenden Scheibe hergestellt. Silizium befindet sich in der 4. Hauptgruppe des Periodensystems der Elemente und kann aus Sand gewonnen werden. Zur Herstellung der feinen Strukturen der Transistoren wird in der Produktion zunächst Fotolack aufgebracht und mit Hilfe einer Maske belichtet. In Abhängigkeit des verwendeten Fotolacks werden im Anschluss entweder die belichteten oder nicht belichteten Bereiche ausgewaschen. Im Anschluss können die Lücken mit anderen Elementen wie Bor (3. Hauptgruppe) oder Phosphor (5. Hauptgruppe) implantiert und Halbleitereigenschaften hergestellt werden. In diesem Prozess dürfen unter keinen Umständen Fremdkörper eindringen, weshalb die gesamte Produktion in Reinräumen stattfindet, die sehr reine Luft haben (ohne Staub und andere Fremdkörper). Mitarbeiter müssen sich fast vollständig in Schutzanzüge einkleiden.

Dennoch entstehen immer wieder Defekte in den produzierten Schaltungen, weshalb das Testen der Chips während und nach der Produktion extrem wichtig ist. Beim so genannten „Design-for-Test“ werden zusätzliche Strukturen in den Mikrochip eingebracht, die hierfür verwendet werden können. Prozessorhersteller, wie beispielsweise AMD, Intel oder Nvidia, testen die Chips nach der Produktion und verkaufen das gleiche Design unter mehreren Produktbezeichnungen, falls im Fehlerfall einzelne Kerne vollständig deaktiviert werden müssen. Bei anderen Defekten darf der Chip nicht zu hoch getaktet werden (Speed-Grading). Mit derartigen Maßnahmen lässt sich die Ausbeute an nutzbaren Chips maximieren.

Nachfolgend siehst du einen 200-mm-Wafer, eine runde Siliziumscheibe aus Halbleitermaterial, mit mehreren jeweils 1 cm x 1 cm großen Mikrochips. Jeder dieser Mikrochips hat 4 CPU-Kerne und eine zentrale „BRIDGE“.

Liegt ein Defekt (orangene Ellipse) ausschließlich in ein bis zwei CPU-Kernen vor, kann der Chip noch als Derivat mit weniger aktivierten CPU-Kernen verkauft werden. Liegt der Defekt hingegen im Bereich der „BRIDGE“, ist der Chip vollkommen unbrauchbar.



Bestimme, wie viele Chips aus diesem Wafer in welcher Qualitätsklasse verkauft werden können.

4 CPU-Kerne	
3 CPU-Kerne	
2 CPU-Kerne	
1 CPU-Kern	
Unbrauchbar	

Aufgabe 15

Chips zum Leben erwecken

ISelten kannst du einen Mikrochip direkt verwenden, sondern bist auf eine kleine Platine angewiesen, auf welcher der Chip montiert ist. So auch beispielsweise bei dem Mikrocontroller von Infineon, dessen Nachfolgemodell du durch dieses Quiz gewinnen kannst.



Aufgabe 16

KI mit Strom und Spannung

Heute wird ein Großteil der Berechnungen für Künstliche Intelligenz digital durchgeführt. Insbesondere, da in den vergangenen Jahrzehnten diese Technologie am meisten Verwendung fand und weiterentwickelt wurde. Die Verlustleistung digitaler Schaltungen ist jedoch für derartige Anwendungen höher als die analoge Berechnung. In digitalen Berechnungen müssen Daten aus Speichern geladen, mehrere Bit unabhängig voneinander multipliziert oder addiert werden und das Ergebnis erneut in einem Zwischenspeicher abgelegt werden. Die Effizienz derartiger Berechnungen wird zur Zeit vor allem durch eine Verkleinerung der Datentypen erreicht. Während in der Vergangenheit das Training und die Ausführung (Inferenz) eines Neuronales Netzes in 32-Bit- oder gar 64-Bit-Gleitkommazahlen passierte, werden heutzutage spezielle 8-Bit-Gleit- oder 4-Bit-Festkommatentypen verwendet. Durch die geringere Anzahl an Bit sinkt auch die Verlustleistung und die Leistungsfähigkeit steigt. Unser Gehirn mit seiner weitaus besseren Energieeffizienz arbeitet jedoch nicht digital, sondern analog. Informationen werden durch Impulse weitergeleitet. Ebenso können Berechnungen auch analog ausgeführt werden.

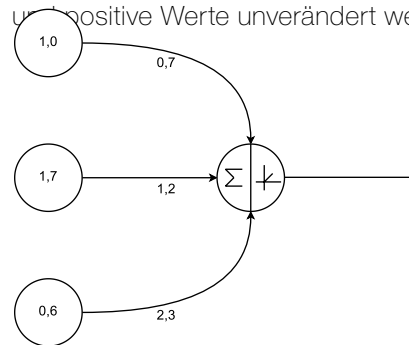
Im Folgenden ist die Berechnung in einem Neuron dargestellt. Zunächst werden die Eingangswerte aus den Neuronen der vorherigen Schicht oder dem Eingang (z. B. Helligkeitswerte eines Bildsensors, dargestellt durch die Werte in den Kreisen) mit einem Gewicht (dargestellt durch Zahl an einem Pfeil) multipliziert, welches im Trainingsprozess bestimmt wurde. Diese Werte werden anschließend aufaddiert (akkumuliert). Abschließend wird noch eine nichtlineare Aktivierungsfunktion angewendet. In diesem Beispiel kommt eine „ReLU“-Funktion

Nenne, welche anderen Elemente man typischerweise auf Platinen neben einem Mikrocontroller findet.

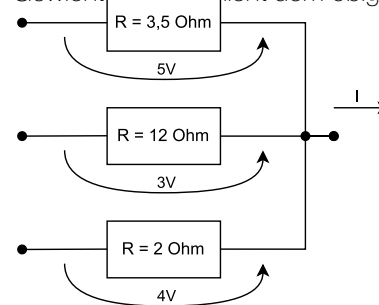
Hinweis: Es ist mehr als eine Antwort richtig.

- A** Spannungsversorgung, um die vom Mikrocontroller benötigten internen Spannungen aus der Hauptspannungsversorgung (z. B. 5 V) zu generieren.
- B** Steckverbinder, um Peripherie anschließen zu können (z. B. Pinleisten).
- C** Programmierschnittstelle, um den Mikrocontroller zu programmieren (z. B. USB).
- D** Quarzkristall, der einen stabilen Referenztakt zur Verfügung stellt.

(Aktivierungsfunktion eines künstlichen Neurons) zum Einsatz, welche einfach negative Werte auf „0“ setzt und positive Werte unverändert weiterleitet.



Nachstehend ist ein ähnliches Netzwerk aus analogen Schaltelementen dargestellt, dessen Widerstände als Gewichtungsfaktoren nicht dem obigen Beispiel entsprechen.



Berechne den Betrag des resultierenden Ausgangsstroms „I“ aus den gegebenen Werten. Runde den Wert auf ganze mA.

mA

Aufgabe 17

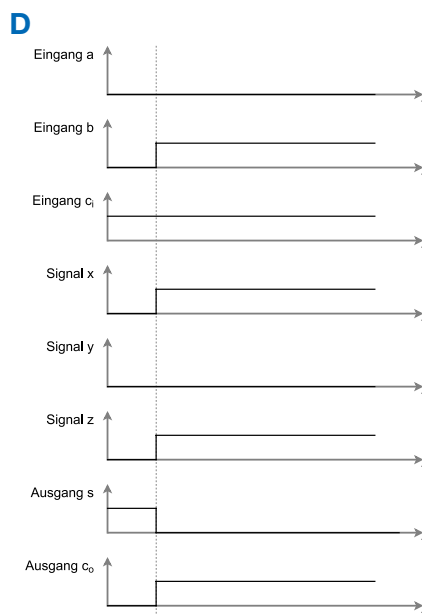
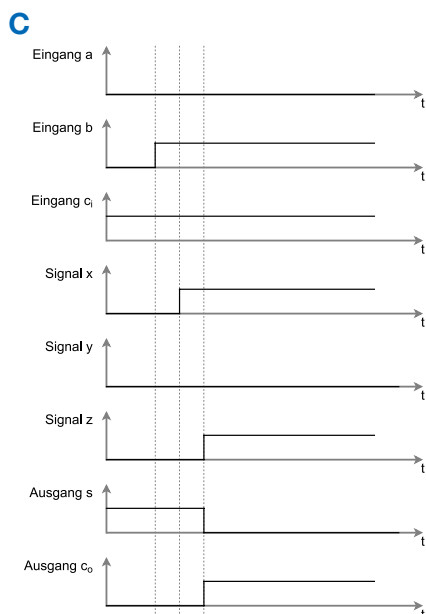
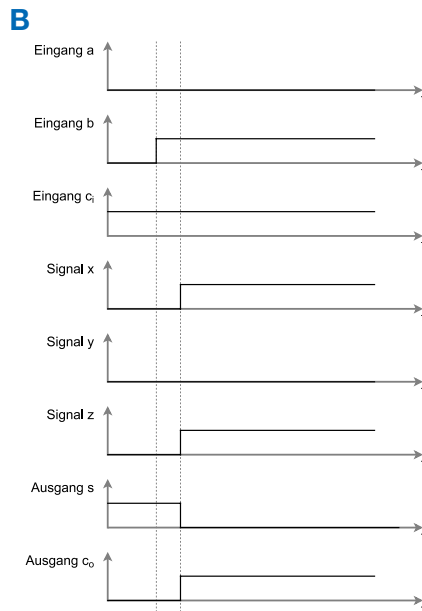
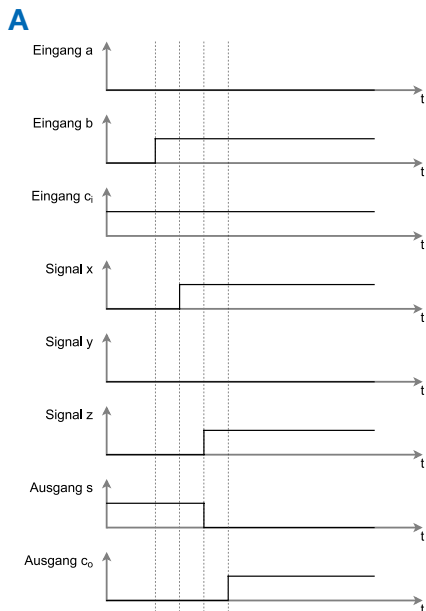
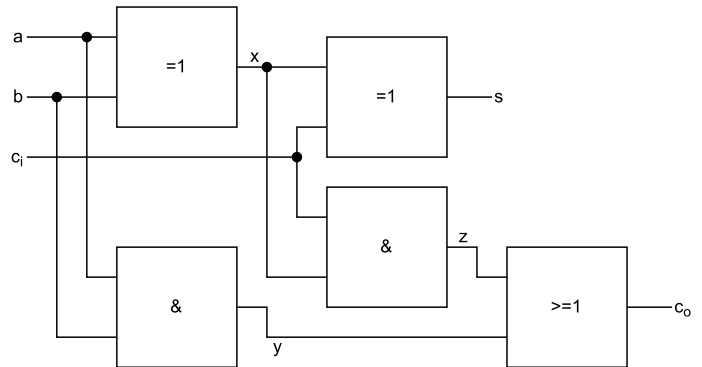
Asynchrone Logik

Eine asynchrone Logik ist eine Schaltung ohne Taktsignal, daher kann man sich nicht darauf verlassen, dass einzelne Logikelemente zu jedem Zeitpunkt einen diskreten Wahr/Falsch-Zustand haben.

Gatter werden intern aus Transistoren hergestellt. Bei einem Wechsel des Steuereingangs schaltet der Transistor allerdings physikalisch bedingt nicht unendlich schnell zwischen leitend und sperrend um. In der Realität haben elektronische Schaltungen und somit auch Gatter eine kleine Verzögerung bei Signalwechseln.

Im Folgenden ist erneut der 1-Bit-Volladdierer aus Gattern aus Aufgabe 13 gegeben, bei dem interne Signale zwischen Gattern mit „x“, „y“ und „z“ benannt sind.

Vereinfacht wird angenommen, dass der Ausgang eines Gatters mit einer Verzögerungszeit von einer Zeiteinheit schaltet.



Bestimme aus den folgenden gegebenen Zeitdiagrammen jenes, welches den zeitlichen Ablauf aller Signale korrekt wiedergibt.

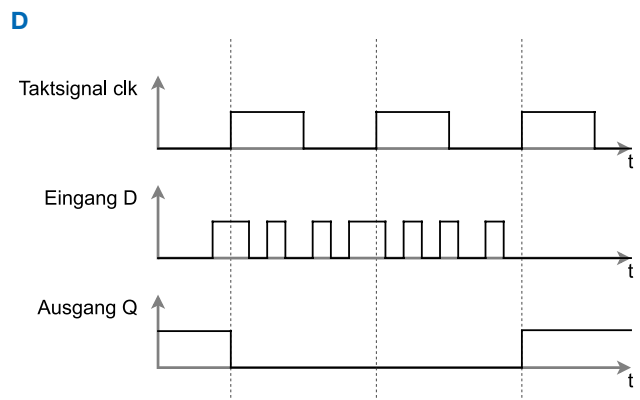
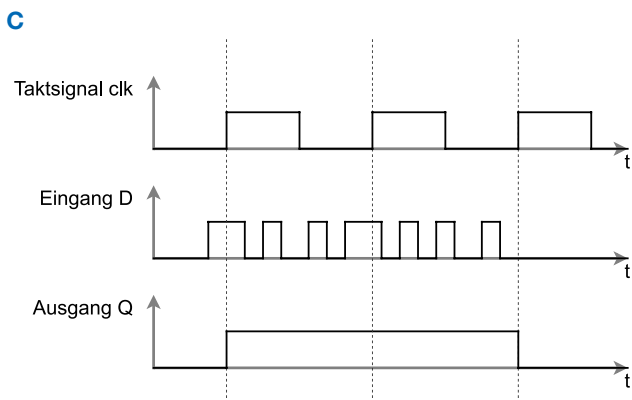
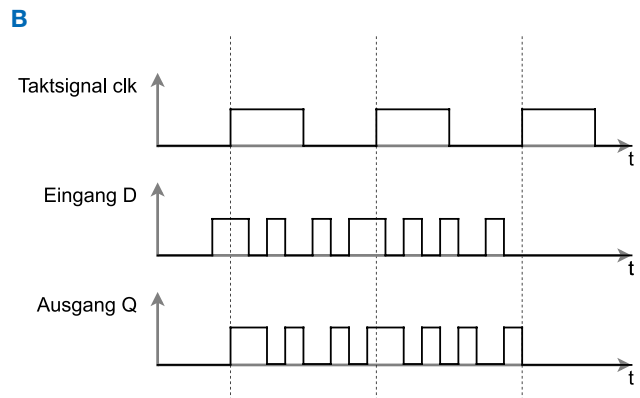
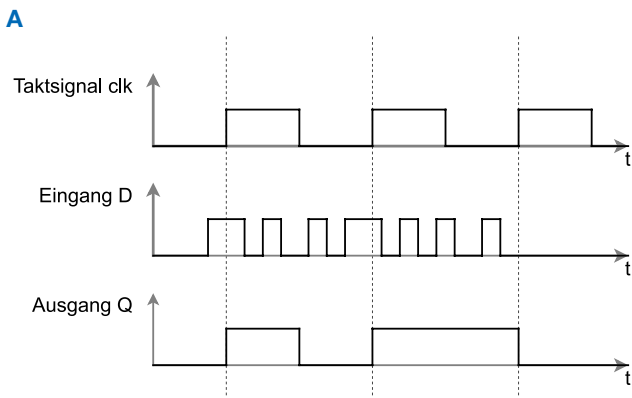
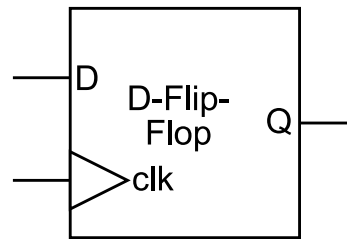
- A** Grafik A
- B** Grafik B
- C** Grafik C
- D** Grafik D

Aufgabe 18

Synchrone Logik

In der vorherigen Aufgabe „Asynchrone Logik“ hast du den Effekt der Verzögerung von Gattern beobachtet. Asynchrone Logik kann potenziell gravierende Fehler erzeugen, wenn beispielsweise während der Schaltvorgänge durch unterschiedliche Verzögerungen sogar falsche (Zwischen-) Ergebnisse erzeugt werden. Aus diesem Grund wird in der Digitaltechnik häufig ein globaler Takt vorgegeben. Das bedeutet, dass bei einer synchronen Logik die Zustandsänderungen von Speicherelementen durch ein Taktsignal synchronisiert werden. Dieses Signal mit beispielsweise 3 GHz für heutige Prozessoren wechselt kontinuierlich zwischen logisch „1“ und „0“. Immer bei einer steigenden Flanke des periodischen Taktsignals kann beispielsweise die darunter liegende Logik ausgewertet werden und das Ergebnis an die folgende Logikfunktion weitergegeben werden. Zwischen den Taktflanken muss das Ergebnis gespeichert werden.

Hierzu eignen sich beispielsweise D-Flip-Flops. Diese speichern den Eingangswert D zum Zeitpunkt einer steigenden Taktflanke und geben den Wert konstant am Ausgang „Q“ aus. Das benötigte Taktsignal liegt an dem durch das spitze Dreieck markierten Eingangspin an. Eine Änderung des Eingangssignals „D“ ohne eine steigende Flanke des Taktsignals „clk“ hat keine Auswirkungen auf den Ausgang.



Bestimme, welches der dargestellten Zeitdiagramme das beschriebene Verhalten des D-Flip-Flops korrekt abbildet?

- A** Grafik A
- B** Grafik B
- C** Grafik C
- D** Grafik D

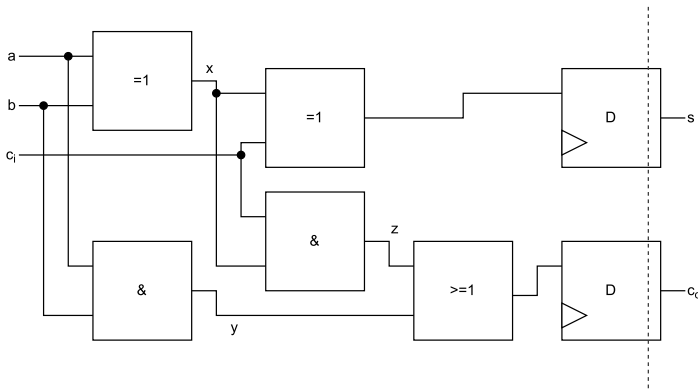
Aufgabe 19

Pipelining

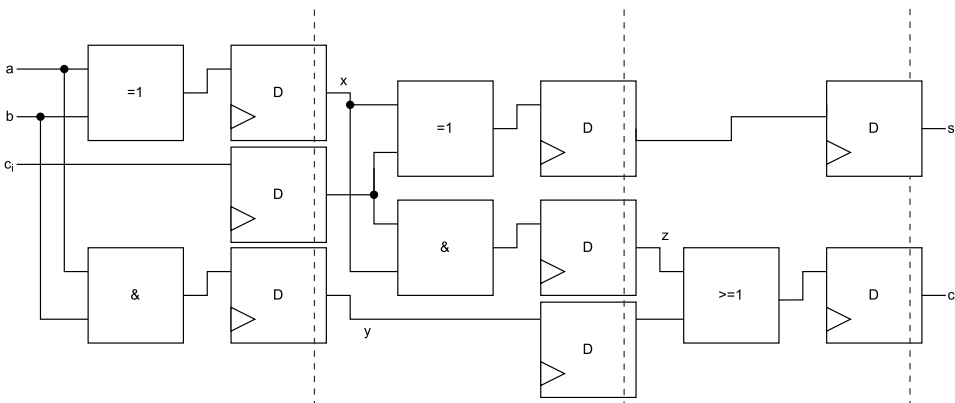
Beim Pipelining wird die Berechnung in Teilaufgaben zerlegt. Diese Teilaufgaben werden wie auf einem Fließband abgearbeitet, sodass mehrere Berechnungen parallel in unterschiedlichen Elementen gleichzeitig verarbeitet werden.

Flip-Flops werden auch verwendet, um Ergebnisse innerhalb einer Schaltung zwischenspeichern. Nachfolgend ist der Volladdierer in zwei unterschiedlichen Implementierungen dargestellt.

Zunächst werden lediglich die Ausgänge „s“ und „co“ des Volladdierers in Flip-Flops am Ausgang bei einer steigenden Taktflanke gespeichert.



Nun wurden zusätzlich zwei so genannte Pipeline-Stufen (dargestellt durch vertikale gestrichelte Linien) durch sechs zusätzliche Flip-Flops eingebaut. Diese speichern das Eingangssignal ebenfalls bei einer steigenden Taktflanke. Das Ergebnis liegt somit einer Verzögerung („Latenz“) von einem Takt am Ausgang an.



Bestimme, welche der Aussagen korrekt sind.

Hinweis: Es ist mehr als eine Antwort richtig.

- A** Der Volladdierer mit Pipeline benötigt mehr Fläche auf dem Mikrochip als ohne, da zusätzliche FlipFlops hergestellt werden müssen.
- B** Der dargestellte Volladdierer mit Pipeline-Stufen hat den gleichen Durchsatz (Ergebnisse pro Taktflanke), wie ohne.
- C** Die Latenz des dargestellten Volladdierers mit Pipeline-Stufen (Anzahl Takte, bis das Ergebnis zum angelegten Eingang am Ausgang anliegt) ist um 2 Takte höher, als ohne Pipeline-Stufen.
- D** Pipelining hilft den maximal möglichen Takt zu erhöhen, da kritische Pfade (also solche Signalwege in asynchronen Schaltungen mit der höchsten Verzögerungszeit) verkürzt werden können.

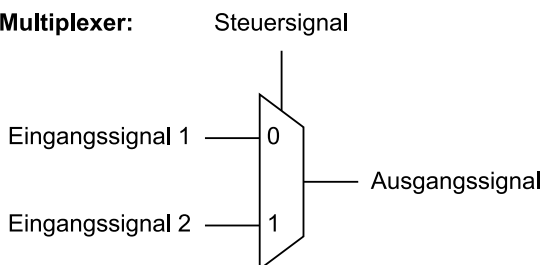
Aufgabe 20

Logikelement eines FPGA

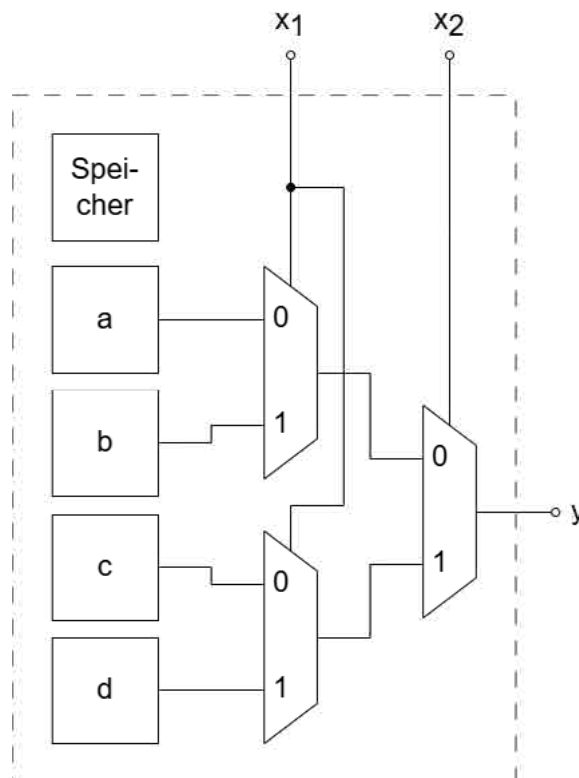
Die Verifikation eines Mikrochips kann durch die Verwendung spezialisierter Hardware im Vergleich zur Simulation erheblich beschleunigt werden. Der Vorteil liegt darin, dass die komplette Schaltung parallel „ausgeführt“ wird. Dies nennt man Emulation. Ein FPGA (Field Programmable Gate Array) ist eine rekonfigurierbare Schaltung. Die tatsächliche Funktion kann durch einen Anwender mit Hilfe einer Hardwarebeschreibungssprache festgelegt und auch immer wieder verändert werden. Wesentliche Elemente eines FPGA sind Felder aus Basisblöcken, die durch spezielle Verbindungsstrukturen miteinander verknüpft sind.

Jeder dieser Basisblöcke besteht aus programmierbaren Tabellen (engl.: LUT, Lookup Table), in die beliebige logische Funktionen abgelegt werden können. Durch das entsprechende Programmieren vieler einzelner Tabellen lassen sich so sehr komplexe Funktionen auf einem FPGA realisieren. Die Tabellen sind so aufgebaut, dass die Tabellenwerte im Speicher abgelegt werden. Diese Werte werden anschließend durch die Multiplexer („Auswähler“) selektiert, welche von den Eingangssignalen bzw. den invertierten Eingangssignalen gesteuert werden. Dabei schaltet ein Multiplexer in Abhängigkeit des Steuersignals einen der Multiplexereingänge an den Ausgang des Multiplexers weiter. Für jede Eingangsbelegung kann somit in der Tabelle die entsprechende Speicherposition der Tabelle ausgewählt und an den Ausgang y weitergegeben werden. Da jede der vier möglichen Eingangskombinationen (jeweils logische Werte 1 und 0 für Eingang x_1 und x_2) dabei nur einmal auftritt, ist die Tabelle bezüglich der realisierten Funktion eindeutig.

Multiplexer:



Programmiere die Speicherzellen a, b, c und d der gezeigten Lookup-Tabelle derart, dass der Ausgang y ein XOR-Gatter beschreibt.



Zelle	Wert
a	<input type="checkbox"/>
b	<input type="checkbox"/>
c	<input type="checkbox"/>
d	<input type="checkbox"/>

Hinweis: = „0“, = „1“

www.invent-a-chip.de



Kontakt

Projektleitung
INVENT a CHIP
Anja Rottke
Tel. +49 171 4737350
iac@vde.com
www.invent-a-chip.de

Impressum

VDE Verband der Elektrotechnik
Elektronik Informationstechnik e.V.
Merianstr. 28
63069 Offenbach am Main
service@vde.com
www.vde.com

Wissenschaftliche
Betreuung



Partner von INVENT a CHIP 2025

