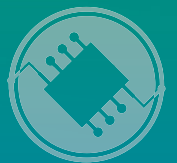
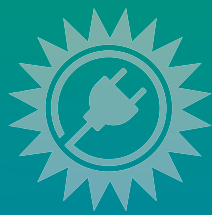


Spannende Welt der Mikroelektronik

MIKRO CHIP ABC

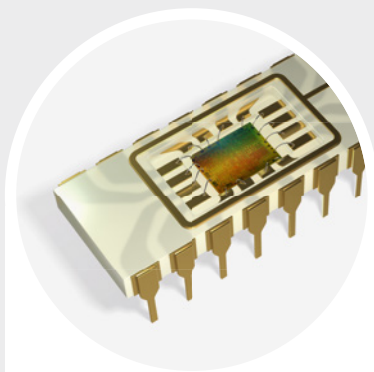


ECKDATEN

352 Seiten, 280 × 210 mm, mit vielen attraktiven 3D-Grafiken, Infografiken und Fotos reich illustriert
Zielgruppe: Schüler ab Klasse 8 und ihre Lehrer sowie Studenten naturwissenschaftlicher Fächer
Vorzugspreis für Schüler & Studenten: 29,90 Euro · Buchhandelspreis: 39,90 Euro (bei Sammelbestellung ab 5 Exemplare: 34,90 Euro je Buch, ab 10 Exemplare: 29,90 Euro je Buch)

Das Autorenteam: Ingolf Seifert und Heiko Weckbrodt sind Wissenschaftsjournalisten, Dr. Henry Wojcik und Prof. Dr. Bernd Junghans sind Mikroelektroniker, Lydia Holter ist Dramaturgin.

Illustration: Björn Grunewald (*Leitung 3D Grafik*)
Grafikdesign und Layout:
Arne Rein (*Konzept und Realisierung*) und
Nadja Nitsche (*Realisierung*)



HIGHLIGHTS

Viele tolle
3D-Erklärgrafiken

Entwicklung
elektronischer
Geräte, verständlich
erklärt

Mikroprozessoren,
verständlich erklärt

Chipentwurf,
verständlich erklärt



MIT UNTERSTÜTZUNG DER HALBLEITERINDUSTRIE

30 Firmen, Kommunen
und Industrievereine

aus Deutschland
und weiteren euro-
päischen Ländern

finanzielle & inhalt-
liche Unterstützung



TIM BERNERS-LEE ERFINDER DES WORLD WIDE WEB

Porträts
großer Erfinder

Porträts von
25 namhaften
Elektronikfirmen,
die das
Mikrochip-ABC
unterstützen

Porträts
erfahrener
Elektroniker

DAS MIKROCHIP-ABC

Begeistern Sie Jugendliche für Hochtechnologien

Wer heute junge Menschen für die Mikroelektronik begeistert, wird in wenigen Jahren gleich in mehrfacher Hinsicht belohnt: Er sichert sich die fähigen Fachkräfte von morgen, er stärkt seine Position in der Mikroelektronik und er verschafft sich einen wichtigen Vorteil im internationalen Wettbewerb. Wie keine andere Schlüsseltechnologie bestimmt die Mikroelektronik den technischen Fortschritt. Es ist fast egal, von welchem Technik-Gebiet wir sprechen – ob von der Kommunikations- und Computertechnik, dem Fahrzeugbau, der Luft- und Raumfahrt, von den Energienetzen oder den Fabriken von morgen – überall bestimmt »elektronische Intelligenz«, prägen Chips und Sensoren die Richtung und das Tempo der Innovation.

Mit dem »Mikrochip-Abc« geben wir Bildungsbehörden, Unternehmen und Wirtschaftsförderern ein einzigartiges Erklärbuch in die Hand, das sie bei der Nachwuchsförderung für die Mikroelektronik unterstützt. Auf 350 reich illustrierten Seiten erklären hier erfahrene Wirtschafts- und Wissenschaftsjournalisten in enger fachlicher Kooperation mit gestandenen Ingenieuren, wie Mikroelektronik funktioniert, erläutern den Weg vom Sand zum Chip, beleuchten die Technologie-Geschichte und zeigen, wie Halbleitertechnik auf die gesamte Wirtschaft und Gesellschaft ausstrahlt. Mit seinen anschaulichen 3D-Grafiken und dem neuartigen didaktischen Konzept macht dieses Buch eine anspruchsvolle Hochtechnologie jungen Menschen verständlich.

DIE KAPITEL DES BUCHES

**HIGH-SPEED-TRAIN
IN DIE ZUKUNFT**

**HOMO TECHNICUS:
TECHNIK MACHT UNS
ZU MENSCHEN**

**BASICS:
DIE GRUNDLAGEN DER
HALBLEITERELEKTRONIK**

**ANWENDUNGEN DER
MIKROELEKTRONIK**

**FERTIGUNG
SO ENTSTEHT EIN
MIKROCHIP**

**ENTWICKLUNG
INNOVATIONSFELD
KÜCHE**

DAS MIKROCHIP-ABC

Was das Buch so besonders macht

MIKROELEKTRONIK IN IHRER GANZEN TIEFE UND BREITE

Sie werden hierzulande kaum ein zweites Buch finden, das die Mikroelektronik so breit und so verständlich beleuchtet wie das »Mikrochip-Abc«. Den Autoren gelingt, was selbst ausgewiesenen Branchenkennern in der Regel schwer fällt: Sie erklären Nicht-Fachleuten allgemeinverständlich, was die Mikroelektronik zum Motor des Fortschritts auf allen Technik-Gebieten macht, wie integrierte Schaltkreise Computer und Maschinen zu steuern vermögen, wie Smartphones und drahtlose Datenübertragung im Detail funktionieren oder wie es möglich ist, Chips herzustellen, die Milliarden von Transistoren enthalten, von denen jeder Hundertmal kleiner ist als ein rotes Blutkörperchen.

DIDAKTISCH DURCHDACHT

Weil die Autoren *alle* Schüler erreichen wollen – *auch diejenigen, die vielleicht fürchten*, Mikroelektronik nicht zu verstehen –, brechen sie mit der klassischen Methode der Stoffvermittlung. Traditionelle Schulbücher erklären meist *zunächst* die fachlichen Grundlagen der Elektronik und beleuchten *erst danach* ihre verschiedenen Anwendungsgebiete. Dieser Ansatz birgt jedoch das Risiko, dass viele Schüler schon bei den ersten Fachthemen, die sie nicht auf Anhieb verstehen, das Handtuch werfen und sich abwenden.

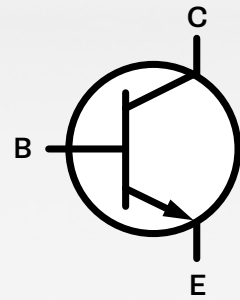
Die Autoren des Mikrochip-ABC gehen deshalb den umgekehrten Weg. Sie erklären zunächst in leicht verständlichen Texten, welche elementare Aufgabe Chips und Sensoren in der Welt der Technik erfüllen – nämlich Vorgänge aller Art zu steuern. *Erst danach* führen sie die jungen Leser *behutsam* in die fachlichen Grundlagen der Elektronik ein. So entwickeln die Schüler bereits vor der Beschäftigung mit dem fachlichen Einmaleins ein elementares Verständnis dafür, was Elektronik ist und wie sie funktioniert. Das weckt ihre Neugier und gibt ihnen das Selbstvertrauen, das sie brauchen, um sich erfolgreich auch in die fachlichen Grundlagen hinein-zuarbeiten.

ZWEI-SPITZEN-TRANSISTOR

Zwei-Spitzen-Transistor von William Shockley (1947/48)

Sein Punktkontakt-Transistor gilt als erster praktisch realisierter Bipolartransistor und wird als Wegbereiter der modernen Halbleitertechnik angesehen.

SCHALTZEICHEN eines Bipolar-Transistors



Feder
Von der Feder in den Halbleiter hineingedrückt, bildeten die metallischen Punkt-Kontakte E und C jeweils eine Metall-Halbleiter-Diode.

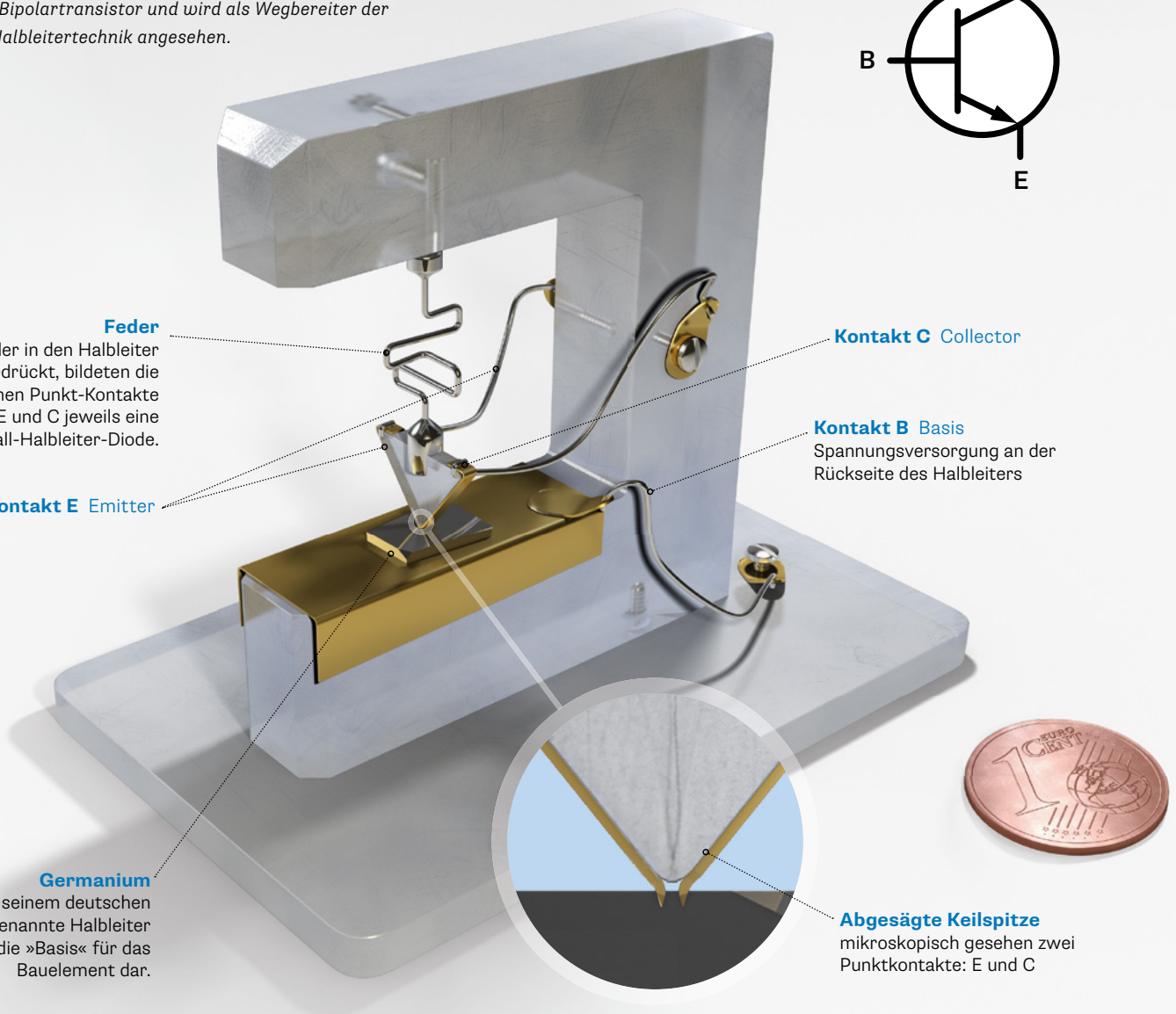
Kontakt E Emitter

Kontakt C Collector

Kontakt B Basis
Spannungsversorgung an der Rückseite des Halbleiters

Germanium
Der nach seinem deutschen Entdecker benannte Halbleiter stellte die »Basis« für das Bauelement dar.

Abgesägte Keilspitze
mikroskopisch gesehen zwei Punktkontakte: E und C



FASZINIERENDE BILDSPRACHE

Unter Leitung von Ingolf Seifert, Henry Wojcik und Björn Grunewald haben 3D-Artists und Programmierer speziell für dieses Buch anschauliche und einzigartige 3D-Modelle, Grafiken und Schaubilder geschaffen, die selbst komplizierte und komplexe Geräte, Technologien und technische Abläufe intuitiv verständlich machen. Sie zeigen zum Beispiel, wie Dioden, Transistoren und Smartphones aufgebaut sind und funktionieren. Natürlich kommen die Schüler nicht umhin, auch Texte und Erklärungen zu lesen. Aber wie heißt es so schön? Ein Bild sagt oft mehr als 1.000 Worte.

HOMO TECHNICUS

Technik macht uns zu Menschen

Wozu Elektronik gut ist

Die Autoren erklären, welche elementare Aufgabe Elektronik in der Technik erfüllt: Chips und Sensoren geben Maschinen und Geräten die Fähigkeit, zu »sehen«, zu »hören«, zu »fühlen« und sich selbst zu steuern. Damit werden aus Maschinen Automaten und Roboter. In leicht verständlichen Texten schildern die Autoren, wie solche Steuer-Vorgänge funktionieren und welche Bausteine dafür erforderlich sind. Nicht fachkundige Leser entwickeln so bereits vor der Beschäftigung mit den fachlichen Grundlagen ein elementares Verständnis dafür, was Elektronik leistet und wie sie funktioniert.

Die Technologie-Pioniere im Porträt

Die Autoren berichten außerdem, wie das Silicon Valley entstand, wie Ingenieure von Intel den Mikroprozessor erfanden, wie Tim Berners-Lee 1990 das World Wide Web aus der Taufe hob und wie Apple 2005 mit dem iPhone ein Smartphone auflegte, dem ein sensationeller Markterfolg beschieden war. Die Welt der Chips verbindet sich so nach und nach mit den Namen authentischer Menschen.

Ausblick in die Zukunft

Zum Abschluss dieses Kapitels blicken die Autoren auf das kommende Jahrzehnt. Sie erklären, was das Internet der Dinge ist, wie intelligente Fabriken funktionieren sollen, und was die Datennetze der Zukunft leisten müssen.

18 Homo Technicus | Kräfte, die die Natur den Menschen gerade zur Verfügung stellt

DIESE KRÄFTE STELLT UNS DIE NATUR »GRATIS« ZUR VERFÜGUNG

MUSKELKRAFT
Die direkteste Energiequelle ist die Muskelkraft von Mensch und Tier. Im Handwerk oder in der Landwirtschaft kommt sie vorwiegend zu Anwendung.

WINDKRAFT
Der Wind bläst häufig in die Segel der Lastenboote. Seit ihr er auf dem Fluss vorwärts treiben und die Wehre transportieren.

WASSERKRAFT
Die Wässer des Flusses treibt das Windrad an und sorgt so für die Gewinnung mechanischer Energie.

HEIßER FLÜßIGHEITEN ENERGIE: SPEZIELLEN GÜTEN MENSCHEN-FREUNDLICH UND HEUTE
Das Diagramm auf der linken Seite zeigt, welche Kräfte dem Menschen in der Vergangenheit zur Verfügung standen und wie der Mensch diese für die verschiedensten Tätigkeiten einsetzte. Wie die natürlichen Energiequellen mit den aktuellsten Technologien heute genutzt werden, ist auf der rechten Seite dargestellt. Die Wissenschaftler der Zukunft werden die Naturwissenschaften und die Verantwortung gegenüber der nachfolgenden Generationen fördern auch zukünftig neue Entwicklungen.

BIODIVERSITÄT
Bioenergie wird aus Biomasse gewonnen. Biomasse ist gespeicherte Sonnenenergie in Form von Energiepflanzen, Holz oder Reststoffen wie Stroh, Biomüll oder Gülle. Bioenergie ist unter den erneuerbaren Energieträgern der Abfallkategorie: Saubere Strom, Wärme als auch Treibstoff können aus Fest-, flüssiger und gasförmiger Biomasse gewonnen werden. Diese Energie gilt als klimaneutral.

WINDKRAFT
Seit dem 9. Jahrhundert ist die Windkraft eine nicht wegdenkbare Energiequelle. Mit Windmühlen wurde damals schon Energie für den Antrieb von Maschinen gewonnen. Erst mithilfe der jüngsten technischen Möglichkeiten gelang es, das enorme Potenzial zuverlässig auszuschöpfen. Heute hat die Windenergie einen Anteil von über acht Prozent an der deutschen Stromerzeugung.

WASSERKRAFT
Daher als heutzutage Wasser als unverzichtbare Energiequelle. Solarstrom in Photovoltaikanlagen, solarthermische Kraftwerke und Solarreaktoren nutzen die Sonnenstrahlung direkt und wandeln die Strahlungsenergie in Strom oder Wärme um. Solarenergie kann auch im Klimatechnik verwendet werden. Zahlreiche elektrische Geräte lassen sich mit Hilfe von Solarpanels betreiben und aufladen.

SOLARENERGIE
Durch die unerschöpfliche Sonnenkraft wird Energie gewonnen. Solarstrom in Photovoltaikanlagen, solarthermische Kraftwerke und Solarreaktoren nutzen die Sonnenstrahlung direkt und wandeln die Strahlungsenergie in Strom oder Wärme um. Solarenergie kann auch im Klimatechnik verwendet werden. Zahlreiche elektrische Geräte lassen sich mit Hilfe von Solarpanels betreiben und aufladen.

GEOTHERMIE
Geothermie ist Energie, die aus der Erde gewonnen wird. Sie ist eine nach unseren Maßstäben unerschöpfliche Energiequelle. Schon die Römer in der Antike nutzten ihre Kraft zu nutzen, um warmes Wasser für ihre Bäder bereitzustellen. Heute wird die Erdwärme zum Heizen oder zur Warmwassererzeugung genutzt. Zum Einsatz kommen dabei moderne Wärmepumpen, die nicht nur industriell, sondern auch von Privatspersonen genutzt werden können.

Werkzeuge
Durch Werkzeuge wie z.B. Hammer, Meißel und Axt kann der Mensch die eigene Kraft vervielfachen.

Mikrochip-ABC 19

28 Homo Technicus | Die Bausteine elektronischer Steuerungen

DIIE BAUSTEINE ELEKTRONISCHER STEUERUNGEN

Controller + Aktoren + Sensoren + Signalübertragung + Benutzerschnittstelle + Programm = elektronische Steuerung

Fassen wir zusammen. Wer auch die Fähigkeit des Steuerelementes Menschen auf Maschinen übertragen will, muss sie mit folgenden Bausteinen ausstatten:

- Mit einem **Mikrocontroller** als steuerndem Instanz (wie Kerner- und Kommandozentrale)
- Mit **Sensoren** und anderen **Signalgebern**, damit der Controller die Maschine bedienen kann. Der Controller drängt damit die Teile, mit denen die Maschine agiert ausführt. Er schaltet zum Beispiel den Motor an und dosiert die Kraft, die der Motor erzeugt. Regelungssteuerelemente sind die Schalter und Stellglieder der Aktoren. Auch wir werden diesen Begriff von nun an benutzen.
- Sensoren**. Sie liefern dem Controller Informationen über alle Dinge, die das Geschehen beeinflussen.
- Mit einem **Busystem**. Der Controller sendet darüber seine Schaltimpulse an die Aktoren und empfängt in umgekehrter Richtung Sensordaten.
- Mit einer **Benutzerschnittstelle**. Auch Mensch-Maschine-Schnittstelle, kurz MMI. Der Benutzer der Maschine stellt dem Controller via Schrittzustelle, mit welchem Programm er ausführen und welche Zielparameter er dabei einhalten soll, während der Controller den Benutzer via Schrittzustelle über den Status der Programmausführung bzw. den Prozessfortschritt informiert.
- Der Mikrocontroller, die Aktoren, die Sensoren, das Busystem und die Benutzerschnittstelle bilden den Hardware-Teil des Steuerungssystems.
- Wir müssen dem Controller eine präzise Ziel-Definition ermöglichen, wir müssen ihm unmissverständlich sagen, welche Ergebnisse wir von ihm erwarten. Und wir müssen ihn mit einer präzisen Schritt-Für-Schritt-Anleitung versorgen, die ihm sagt, mit welcher Aktion er das vorgegebene Ziel erreicht - kurz mit einem Algorithmus bzw. Programm.

Der Algorithmus bildet den immateriellen Teil des Steuerungssystems. Wir können Algorithmen auf zweierlei Art in Microchips anfragen: Sol ein Chip in der Lage sein, verschiedene Algorithmen auszuführen, so gehen die Chipdesigner die Algorithmen als Software mit. Ist ein Chip hingegen für die Ausführung nur eines einzigen Algorithmus bestimmt, so ist der bevorzugte Weg der Übergang in die Hardware (Platzbedarf, die Hardware).

Die Chipdesigner verwenden den IC dann mit einer Transistor-Schaltung, die auf Grund ihres Schaltverhaltens - nur diesen einen Algorithmus ausführen kann. Der große Vorteil dieses Verfahrens besteht darin, dass hardwaretechnische Chips Algorithmen meist sehr schnell ausführen als software-gesteuerte Chips und dass sie deutlich preisgünstiger sind.

Rollen wie eine Maschine mit diesen sechs Bausteinen aus, so versetzen wir sie in die Lage, sich selbst zu steuern. Die Maschine wird dann zum Automaten. Versetzen wir einen Automaten - nach dem Vorbild des Menschen oder nach Vorbildern aus der Tierwelt - Gliedmaßen und versehen die Gliedmaßen mit menschlichen bzw. tierischen Fertigkeiten, ist mit der Fähigkeit zu greifen oder zu laufen, so können wir damit einen Roboter-Gebilde konstruieren und elektronischer einem Roboter eine möglichst menschliche Gestalt und verschaffen, ihm möglichst viele typisch menschliche Eigenschaften und Fertigkeiten mitzugeben, so schaffen sie einen humanoiden (menschentähnlichen) Roboter, wie Fachleute sagen.

In der Technik wird oft erst nach Jahren klar, welche Entwicklung das Potenzial hat, die Welt zu verändern, und es gibt dann - nach Jahren - oft kaum noch möglich, ihren exakten Ausgangspunkt zu bestimmen. Auch der Zeitpunkt, wann das Zehntel der Automaten beginnt, ist heute kaum noch sicher bestimmbar. Verschiedene Quellen berichten, dass 1975 die erste von einem Mikroprozessor gesteuerte CNC-Werkzeugmaschine der Welt auf den Markt gekommen sein soll - vielleicht markiert dieses Ereignis den Beginn der Automatisierung. Wir wissen indes, wann mit welchen Erfindungen die Voraussetzungen für den Schritt um Automaten geschaffen hat - und es können wir den Zeitraum zumindest näherungsweise bestimmen.

HOMO TECHNICUS
Alle menschlichen Sinne können heute von technischer Gestalt nachgebildet werden und erweitern unsere Werkzeuge und Geräte um wertvolle Eigenschaften, die uns ein noch effizienteres und autonomeres Arbeiten ermöglichen.

STEUERUNG

Wahrnehmung
OHREN
MIKROFON
KAMERA
NAUSE
BENÜTZER
LÖTZE
MENSCHEN
MASCHINE

CONTROLLER
GEMISCHT
STIMME
LAUTSPRECHER
BUSSYSTEM
SCHALTER
AKTUALISIEREN
MASCHINE

KOMMUNIKATION
NEURONENNETZ
MENSCHEN
MASCHINE

AKTIONEN
MENSCHEN
MASCHINE

29

KAPITEL HOMO TECHNICUS

- Wie alles begann
- Werkzeuge potenzieren Kräfte
- Vom Werkzeug zur Maschine
- Von der Maschine zum Roboter
- Wie Mikrochips hören
- Die Bausteine elektronischer Steuerungen
- Die Silicon-Valley-Story
- Intel und die Erfindung des Mikroprozessors
- Jobs und Wozniak: Die Apple-Story
- Vernetzte Welt: Die Erfindung des Internets
- Smartphones: Geburt eines Superstars
- So funktioniert Kommunikation in der Technik
- Wenn Chips miteinander reden
- Alles fließt: Was analog und digital unterscheidet
- 5G und das Internet der Dinge
- Smart Cities
- Industrie 4.0
- Das Netz der Zukunft

WILLIAM SHOCKLEY UND »DIE VERRÄTERISCHEN ACHT«

Wie der Erfinder des Transistors unfreiwillig die Gründungsallee anstieß, die das Silicon Valley hervorbrachte



Die verräterischen Achte kamen Anstößig auf Shockley's Nobel-Preis an Rocky's Hotel, Palo Alto, CA (i.e. John C. Moore, S. Roberts, R. Hoyle und J. Laut)

An einem Morgen im Oktober 1956 knieten in der Gaststätte »Omar's Shacks« in Palo Alto die Champagnerkorken. Acht junge Männer stießen mit dem Physiker Dr. William Shockley auf die große Ehrung an, die einem Wissenschaftler zuteilwerden kann. Es war doch um 7 Uhr und Shockley hatte gerade die Annäherung des Nobelpreises mitbekommen. Die vier Männer waren Bardeen und Walter Brattain hatten er 1947 wenige Tage vor Weihnachten, an den berühmten Bell Laboratories (Burl Bell Labs) den Transistor erfunden.

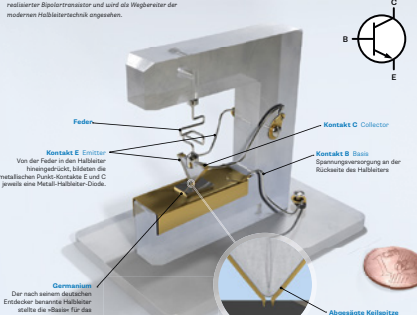
Während die Röhre den Strom jedoch im Vakuum unter einem zentralen Glasblenden schafte, findet der Schaltungsbau beim Transistor im stabilen Gitter eines Halbleiters statt. Vor Anfang der 1950er Jahre war die Wissenschaftler, dass die Röhre durch ein sehr viel kleineres Bauelement von enormer Robustheit und praktisch unbegrenzter Lebensdauer zu ersetzen. Und ihnen war sofort klar, dass dies das entscheidende Folger für die gesamte Elektronik haben würde.

Bei Labs war die Entwicklungszentrale der mächtigen American Telephone and Telegraph Corporation (AT&T), die der Erfinder der Telefonie Alexander Graham Bell 1877 gegründet hatte. AT&T war (und ist) ein riesiger Konzern. Sofort nach dem Bardeen, Brattain und Shockley den ersten Transistor vorgelegt hatten, starteten die Bell Labs eine großangelegte Offensive, um die besten Halbleiter zu finden und den Transistor alltagsfähig zu machen. Doch die Forscher fanden lange im Toben. Erfolge erwarteten sie mit verschiedenen Halbleiterarten. Die Ergebnisse der Halbleiterarbeiten ihnen schwer zu schaffen.

Halbleiter reagieren sehr empfindlich auf kleinste Verunreinigungen. Wenige Atome, die zum Beispiel bei der Herstellung einer Halbleiterverbindung aus der Umgebung in die Kristallgitter »verschleimen«, können ihre elektrische Leitfähigkeit bereits stark verändern. Zwischenstück schon es unmöglich, auch nur zwei Transistoren mit dem gleichen Schab- und Verstellverfahren herzustellen. Auch wenn die völlig baugleich waren und aus demselben Material bestanden, behielten sie sich wegen zufälliger Verunreinigungen unterschiedlich. Doch dann fand die Physik in Germanium einen Halbleiter, der zuverlässige Transistoren ermöglichte, und 1952 bestanden die ersten kommerziell verwertbaren Germanium-Transistoren in Hörgeräten ihren Test.

Shockley Semiconductor
William Shockley gehörte zu denen, die mit der Entwicklung und Herstellung von Halbleitern-Dioden und Transistoren nachwachen wollten. 1955 kündigte er seinen Job bei den Bell Labs und gründete in Mountain View, im späteren Silicon Valley, die Firma Shockley Semiconductor Laboratory Mountain View war sein Geburtsort, dort lebte auch seine Irwin-Mutter. Obwohl er nicht seine Zelle dort auf und nicht an der Ozeanfront, wo damals noch das Herz der amerikanischen Elektronikindustrie schlug. San Ramonico als herausragender Wissenschaftler half ihm, sich auch in jungen Jahren an Elektronikarbeiten im Großen. Diese acht jungen Männer in der Umgebung von Silicon Valley-Hochschulen galten zum

Zwei-Spitzen-Transistor von William Shockley (1947/48) Das Publikations-Transistor gilt als erster produziert realisierter Bipolartransistor und wird als Wegbereiter der modernen Halbleitertechnik angesehen.



Der nach seinem durchlässigen Endknoten benannte Halbleiter stellt die »Wahl« für das Bauelement dar.

Basi vermittelt – daher schließlich die Bezeichnung »Emitter«.

Zwei Dioden nah zusammen... setzen die Wissenschaft in Flammen! Auf einem kleinen Leinwandbrett vor zwei Dioden (D) hat abgedünnte »Leinwand« – daher die optische Bezeichnung »Kollidieren«.

Zwei Dioden ablesen... Zwei Dioden ablesen... Zwei Dioden ablesen...

Farbige Randstreifen markieren Seiten mit besonderem Inhalt: Ein blauer Randstreifen kennzeichnet Erzähl-Stories, die historischen Themen gelten, Lila kennzeichnet Seiten mit anspruchsvollen Fachthemen.

STEINER WEG ZUM ALLTAGSTÄUHLICHEN TRANSISTOR

Der Transistor funktioniert nach dem gleichen Prinzip wie die Elektronenröhre, die damals in der Elektronik breit zum Einsatz kam. Auf der Föhrlänge der Röhre, elektrische Ströme zu steuern, werden die Leuchtstöhre

SHOCKLEY SEMICONDUCTOR

William Shockley gehörte zu denen, die mit der Entwicklung und Herstellung von Halbleitern-Dioden und Transistoren nachwachen wollten. 1955 kündigte er seinen Job bei den Bell Labs und gründete in Mountain View, im späteren Silicon Valley, die Firma Shockley Semiconductor Laboratory Mountain View war sein Geburtsort, dort lebte auch seine Irwin-Mutter. Obwohl er nicht seine Zelle dort auf und nicht an der Ozeanfront, wo damals noch das Herz der amerikanischen Elektronikindustrie schlug. San Ramonico als herausragender Wissenschaftler half ihm, sich auch in jungen Jahren an Elektronikarbeiten im Großen. Diese acht jungen Männer in der Umgebung von Silicon Valley-Hochschulen galten zum

ZWEI-SPITZEN-TRANSISTOR FUNKTIONSWEG DAS EXPERIMENT

Zwei-Spitzen-Transistor... Funktionsweg das Experiment... Zwei-Spitzen-Transistor... Funktionsweg das Experiment...

WIE DAS MIKROFON DEINES SMARTPHONES FUNKTIONIERT

Digitalisierung beginnt mit der Wandlung des Tons in ein elektrisches Signal

Wissen: Wie das Mikrofon deines Smartphones funktioniert. Digitalisierung beginnt mit der Wandlung des Tons in ein elektrisches Signal. Includes diagrams of a microphone, a smartphone, and a circuit diagram.

Smartphone: Exploded view diagram of a smartphone showing internal components like the display, camera, microphone, and battery.

Themen der Beispielseiten:
1 Energieformen, die uns die Natur »gratis« zur Verfügung stellt,
2 Bausteine elektronischer Steuerungen,
3 Shockleys Beitrag zur Entstehung des Silicon Valley,
4 Parallelen zwischen menschlichen Sinnesorganen und technischen Sensoren

LESEPROBE Die Computerkids

Wie die Neards der 70er Jahre die Tür in ein neues Zeitalter der Computertechnik aufstießen - oder: die Geburt des Personalcomputers

Von den Menschen, die zur Generation deiner Eltern gehören, glaubt bis heute ein Großteil, dass der moderne Computer - bestehend aus dem Rechner (im mehr oder minder schicken Metall-Gehäuse), dem Bildschirm, der Tastatur und der Maus - eine Erfindung des Computeriesen IBM gewesen ist. Das liegt daran, dass wir Computer dieses Typs heute als »Personalcomputer« (oder kurz: »PC«) bezeichnen. Tatsächlich hat IBM aber nur das Wort »Personalcomputer« in die Welt gesetzt und mit seiner Marktmacht dafür gesorgt, dass es zum Synonym für alle Rechner mit der beschriebenen Ausstattung wurde. Erfunden haben jedoch andere diesen Rechnerartyp.

Gut fünf Jahre bevor IBM das Wort »PC« kreierte (das war 1981), hatten findige junge Leute damit begonnen, die ersten Exemplare jener neuen Computerklasse auf den Markt zu werfen. Die wir heute als PC bezeichnen. Die Fachwelt nannte sie damals jedoch noch nicht PC, sondern »Microcomputer«, weil im Inneren ihres Gehäuses - und das war das Neue - ein Mikroprozessor die Rechenarbeit erledigte. Die Geräte von Apple wurden die bekanntesten Vertreter dieses neuen Rechnerartyps. Zur Überraschung ihrer Schöpfer (und um sie geht es in dieser Geschichte) war den Microcomputern ein sensationeller Markterfolg beschieden - und dies wiederum veranlasste die Großen der Computerbranche Anfang der 80er Jahre, sich von alten Mustern zu verabschieden und ihren eigenen Herausforderern nachzueilen. Kurzum: Mit ihrer Ungeduld und ihrer Kreativität erschütterten die Nerds der 70er das Establishment und es gelang ihnen, die Entwicklung der

Computertechnik in eine völlig neue Richtung zu lenken. Die Geschichte dieser jungen Rebellen sagt viel darüber aus, wie die Hightech-Industrie funktioniert, und welche Rolle unangepasste, schöpferische junge Menschen darin spielen können. Deshalb erzählen wir sie dir zu Beginn dieses Buches.

Die Generation der erfinderischen Computerkids, von denen hier die Rede ist, wuchs in den aufrührerischen 60er und 70er Jahren auf - in der Zeit der Studentenproteste gegen den Vietnamkrieg, der »Flower-Power«-Bewegung, der Bluejeans und der langen Haare. Die Computer jener Zeit kosteten Millionen, so dass nur Militärs, Regierungsbehörden, Banken, große Firmen und Forschungsinstitute sie sich leisten konnten. Ihre Besitzer nutzten sie für schwierige Berechnungen (zum Beispiel für die Simulation komplexer Vorgänge), für das Rechnungswesen und die Archivierung ...

Grundlagen der Halbleiterelektronik

Die Autoren führen ihre Leser hier behutsam in die fachlichen Grundlagen der Elektronik ein. Sie erklären, was Halbleiter zum bevorzugten »Baumaterial« integrierter Schaltkreise macht, führen Grundbegriffe der Elektronik wie Ladung, Potenzial, Spannung, Stromstärke, Widerstand und Kapazität ein und schildern, wie Dioden und Transistoren funktionieren. Sie erklären in verständlichen Texten, wie integrierte Schaltkreise mit Hilfe ihrer Transistoren schwierige Logikaufgaben lösen, wie Mikroprozessoren arbeiten und wie Chipdesigner integrierte Schaltkreise entwerfen.

SILIZIUM & CO.

Wusstest du schon, dass Sand zu den bedeutendsten Rohstoffen unserer Elektronik-Zeitlers zählt? Er enthält nämlich in großen Mengen Silizium - das wichtigste »Baumaterial« für elektronische Schaltkreise!

Fast alle Mikrochips, die in Handys und Computern stecken, bestehen aus Silizium, und die aufwendige Herstellung eines Chips beginnt tatsächlich damit, dass Chemikanten riesige Mengen Sand und andere siliziumhaltige Rohstoffe absolut reines Silizium gewinnen. Das geschieht in 7 Stufen auf, gehen aus der Schmelze zylinderförmige Kristalle und zerkleinern diese in Schichten. Die Chiphersteller verwenden die Siliziumschichten in ihren Fabriken schließlich in den Mikrochips. Im Kapitel integrierter Schaltkreise erfährst du, wie das funktioniert. Auf dieser Doppelseite beantworten wir die Frage, warum sich Silizium so gut für integrierte Schaltkreise eignet.

SILIZIUM IST EIN HALBLEITER. Es gehört damit zur großen Gruppe der chemischen Elemente und Verbindungen, die zwischen dem elektrischen Leiter und dem Nichtleiter stehen. Leiter transportieren elektrischen Strom sehr gut, Nichtleiter hingegen gar nicht. Die Leitfähigkeit von Halbleitern wächst mit ihrer Temperatur stark ab, während sie sich wie Nichtleiter stark erhöht dagegen wie gute Leiter.

Silizium bildet bei normalen Temperaturen, wie sie auf der Erdoberfläche herrschen, Kristalle, die exakt die gleiche Struktur wie Diamant besitzen. Inwieweit dieser Kristall aus sich selbst jedes Siliziumatom mit vier weiteren, was daran liegt, dass Silizium vier Außenelektronen besitzt.

Durch die Benädhung Fremder Atome - ein Vorgang, der in der Fachsprache Dotierung heißt - können die Chiphersteller die elektrischen Eigenschaften des Siliziums absichtlich beeinflussen.

Platzieren sie Fremdatome in das Kristallgitter ein, die mehr als drei Außenelektronen als Silizium besitzen - zum Beispiel Phosphor - so erzeugen sie damit im Kristall eine Zone, die ein Reservoir (genau genommen ein freibewegliches Elektronenreservoir) darstellt, was die freie beweglichen Elektronenzone heißt in der, was die freie beweglichen Elektronenzone genannt wird. Plazieren die Chiphersteller dagegen Fremdatome ein, die weniger Außenelektronen als Silizium besitzen - zum Beispiel Bor - so schaffen sie damit im Kristallgitter eine Zone, die sich durch ein Reservoir an beweglichen positiven Ladungen - so genannt Löcher - auszeichnet. Die elektronischen Bauelemente eines integrierten Schaltkreises entstehen aus der Kombination

von n- und p-dotierten Kristallzonen auf engem Raum. Die Chiphersteller erzeugen zum Beispiel eine Diode, indem sie in Siliziumkristall direkt nebeneinander eine vorwiegend n- und eine vorwiegend p-dotierte Zone erzeugen. Transistoren - die wichtigsten Bauelemente integrierter Schaltkreise - sind etwas komplizierter aufgebaut, bestehen aber ebenfalls aus vorwiegend n- und p-dotierten Kristallzonen in einer ganz bestimmten Anordnung. Aus der elektrischen Wechselwirkung dieser Kristallzonen ergibt sich die Funktionsweise der elektronischen Bauelemente. Durch mikroskopisch kleine Leiterbahnen miteinander verbunden, bilden die Bauelemente schließlich einen kompletten Schaltkreis.

Integrierte Schaltkreise heißen so, weil die Chiphersteller alle elektronischen Bauelemente des Schaltkreises in einem Stück Silizium erzeugen - die Bauelemente sind in das Silizium eingebunden (integriert). Heute sind 99 Prozent aller elektronischer Schaltkreise integrierte Schaltkreise. Bis zur Erfindung des Mikrochips im Jahr 1958 waren elektronische Schaltkreise noch auf Leiterplatten gelötet, und jedes elektronische Bauelement besaß noch ein eigenes Gehäuse! Entsprechend viel Platz benötigten die Elektronik.

Neben dem Silizium gibt es noch viele andere Halbleiter, die sich für die Herstellung integrierter Schaltkreise eignen. Sie unterscheiden sich durch die Art der Impfung (Dotierung) mit fremden Stoffen bzw. Atomen voneinander - und einige von ihnen machen sogar noch schlechteren Eindruck als Silizium.

Trotzdem hat kein anderer Halbleiter auch nur annähernd so große Bedeutung erlangt wie Silizium. Und das hat folgenden Grund: Silizium bildet eine schützende Oxidschicht, sobald es mit Luft in Berührung kommt. Diese Schicht bewahrt den Kristall vor ungewollter Verunreinigung. Ohne diese Schicht würden Fremdatome aus der Luft unkontrolliert in das Silizium eindringen und seine elektrischen Eigenschaften negativ beeinflussen. Die meisten anderen Halbleiter bilden keine schützende Oxidschicht. Sie sind deshalb nur schwer kontrollierbar, was die Herstellung integrierter Schaltkreise aus ihnen erheblich vereinfacht.

Auf den folgenden Doppelseiten lernen die wichtigsten elektronischen Bauelemente kennen - und du beginnst mit dem einfachsten Bauelement: der Diode.

SILIZIUM

Mikrochip-ABC 139

SILIZIUMATOM
Atome bestehen aus einem Kern (mit einer Fülle von Elektronen) und umgebenen Elektronen auf verschiedenen Umlaufbahnen (Schalen) - die energiegeladesten Elektronen besetzen dabei die äußere Schicht und heißen Valenz- oder Außenelektronen.

ROSENQUARTZ
Silizium ist ein Halbleiter, was Silizium bedeutet, wie der Ros Quarz und der Bergkristall, weil sie beide aus Silizium und Sauerstoff (SiO₂) bestehen. Die Siliziumatome sind in einem Gitter angeordnet und bilden ein Kristallgitter. Die Siliziumatome sind durch die Silizium-Sauerstoff-Bindungen im Kristallgitter verbunden. Die Siliziumatome sind durch die Silizium-Sauerstoff-Bindungen im Kristallgitter verbunden. Die Siliziumatome sind durch die Silizium-Sauerstoff-Bindungen im Kristallgitter verbunden.

AUFBAU EINES SILIZIUMKRISTALLS
Atome verbinden sich mit anderen Atomen zusammen, indem sie mit Hilfe ihrer Valenzelektronen gemeinsame Elektronenpaare bilden. Jedes Elektron des Paares verbindet zwei Atome - und lassen sie so zusammenhalten. Die Anzahl der Atome, mit denen sich ein Atom verbindet, heißt Vernetzungszahl. Die Vernetzungszahl eines Atoms in einem Kristallgitter bestimmt, wie viele Atome es mit anderen Atomen verbindet.

Themen der Beispielseiten:

- 1 Silizium & Co.,
- 2 Verdrahtete Logik

198 Basics | Verdrahtete Logik

VERDRAHETE LOGIK

VERDRAHETE LOGIK: GATTER
Gatter sind die Grundbausteine der komplexen Schaltung eines Mikroprozessors. Sie sind für sich genommen bereits autonome funktionale Schaltungen. Mit einer ganz bestimmten Verbindung der Transistoren stellen wir einfache logische Beziehungen zwischen der Eingangs- und den Ausgangssignalen eines Gatters her und versetzen den Prozessor damit in die Lage, Daten nach logischen Regeln zu verarbeiten.

Das **Oder-Gatter** 1 stellt - wie sein Name sagt - eine logische Oder-Beziehung zwischen den Input-Signalen und dem Output-Signal der Schaltung her. Es gibt immer dann eine hohe Spannung (High) am Output aus, wenn mindestens Input 1 oder Input 2 mit einer hohen Spannung belegt sind. Das **Und-Gatter** 2 hingegen gibt nur dann eine hohe Spannung aus, wenn Input 1 und Input 2 mit einer hohen Spannung belegt sind.

WAS BEDEUTET CMOS? ENERGIE SPAREN!
Wir stellen auf dieser Doppelseite die CMOS-Verfahren eines Leinwand-Oder-Gatters von CMOS und die Complementary Metal Oxide Semiconductor - das ist die Technologie, die wir in unseren Mikroprozessoren verwenden. Ihre Stärke besteht darin, dass in der Datenabarbeitung kein Strom dauerhaft fließt - abgesehen von dem kurzen Moment, in dem die Transistoren vom Zustand Offen in den Zustand Geschlossen umschalten und umgekehrt. Die CMOS-Technologie ist damit extrem energieeffizient und hat sich deshalb weltweit durchgesetzt.

Bei der CMOS-Technologie ist nicht der Strom, sondern die elektrische Spannung die Trägerin der Information. Eine hohe positive Spannung (High) repräsentiert die binäre Ziffer Eins, während eine niedrige Spannung (Low) die binäre Ziffer Null abbildet. Wir können also sagen: Ein Oder-Gatter gibt immer dann eine Eins aus, wenn Input 1 oder Input 2 mit einer Eins belegt sind, während ein Und-Gatter nur dann eine Eins ausgibt, wenn Input 1 und Input 2 mit einer Eins belegt sind.

In einem CMOS-Gatter fließt kein Strom, weil wir das entgegengesetzte Schaltverhalten von nMOS- und pMOS-Transistoren nutzen und beide Typen so miteinander kombinieren, dass der Stromkreis vom kurzen Umlaufmoment abgehackt - nie geschlossen ist. Das CMOS-Schaltprinzip ist ein Beispiel für **Meck-Gatter** - besonders leicht nachvollziehbar: 3 Wir legen an die Gates beider Transistoren die gleiche Spannung an; beide erhalten das gleiche Inputsignal - wegen ihrer unterschiedlichen Dotierung reagieren sie jedoch entgegengesetzt darauf. Während sich der nMOS-Transistor schließt, öffnet sich der pMOS-Transistor - folglich kann dauerhaft kein Strom fließen.

Übersichtlich lassen wir nMOS- und pMOS-Transistoren in jeder CMOS-Schaltung so miteinander, dass ein Ausgange die richtige Spannung entsteht. nMOS- und pMOS-Transistoren sind gruppenweise verschaltet - und zwar so, dass sich die nMOS- und die pMOS-Gruppe gegenseitig verhalten, gleichzeitig aber arbeiten. Wir sprechen deshalb von **inverser bzw. komplementärer Logik**. Die Spannung, die am Plus-Pol, an nMOS-Pol der Spannungsfähigkeit anliegt, findet sich in einer CMOS-Schaltung zunächst über die Leiterbahnen aus und erreicht dann über die geöffneten Transistoren den Output. In Abhängigkeit vom Schaltungszustand der Transistoren - je nachdem, ob sie offen oder geschlossen sind - erfährt der Output so mal eine hohe positive (High), mal eine niedrige Aufladung.

WAHRHEITSTABELLEN		
1		
Input 1	Input 2	Output
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

2		
Input 1	Input 2	Output
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

3		
Input 1	Input 2	Output
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

199 Basics | Verdrahtete Logik

ODER-GATTER IN CMOS

Mindestens einer High. Liegt ein Input 1 oder Input 2 eine logische Eins (High) liegt, so wird TS oder T4 leitend - die Spannung am Eingang von TS und T4 sinkt (beide auf Low-Pegel (logische Null)). Die TS und T4 als invertierendes NICHT (NOT)-Gatter wirken, sind ein Output des ODER-Gatters schließlich eine Eins (High) daraus - wie die Wahrheitstabelle es vorgibt.

SCHALTZEICHEN eines ODER-Gatters

Gatterfunktion: NOR, NOT (Invertier), OR

PRAKTISCHE ANWENDUNGSFÄLLE
Wir könnten mit einem Oder-Gatter den Verkehr an einem Fußgängerüberweg beispielsweise so regeln: Die Fußgängerampel schaltet nur dann auf Grün, wenn zwei Minuten vergangen sind und wenn die Ampel hat, wenn die Ampel, die den kreuzenden Fahrzeugverkehr regelt, auf Rot schaltet. Ein anderer Anwendungsfall wäre die Autosicherheitsbremse eines Antriebs: Das Oder-Gatter könnte den Antriebsmechanismus immer dann auslösen, wenn die Sensoren des Autos eine extreme starke Erhitzung melden oder wenn das Auto extrem stark bremst.

Mit einem Und-Gatter läßt sich der Verkehr an Fußgängerüberweg wie folgt regeln: Die Fußgängerampel schaltet nur dann auf Grün, wenn zwei Minuten vergangen sind und wenn die Ampel hat, wenn die Ampel, die den kreuzenden Fahrzeugverkehr regelt, auf Rot schaltet. Ein anderer Anwendungsfall wäre die Autosicherheitsbremse eines Antriebs: Das Oder-Gatter könnte den Antriebsmechanismus immer dann auslösen, wenn die Sensoren des Autos eine extreme starke Erhitzung melden oder wenn das Auto extrem stark bremst.

Die vierte Gattervariante ist das **XOR-Gatter** 4. Die Eingänge müssen verschieden beschaltet sein, um eine Eins zu erhalten: Es gibt immer dann eine Eins aus, wenn entweder Input 1 oder Input 2 mit einer Eins belegt sind.

Ein wenig Grundlagenwissen (Fachwissen)
Silizium & Co.: Halbleiter
Löcher und freie Elektronen
Multivalent-Diode
So funktioniert ein Transistor
So rechnen Computer
Kondensatoren, Speicherzellen und Speicherchips
So funktionieren Mikroprozessoren
Die Welt der Sensoren
EDA: Electronic Design Automation

MULTITALENT DIODE

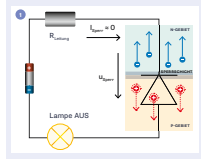
Vielseitig einsetzbar, sind Dioden in der Welt der Elektronik fast überall zu finden

Ohne es zu ahnen, nutzen viele Menschen ständig eine kleine Armee von Dioden: Wenn du ein elektrisches Gerät einschaltest, das seinen Strom aus der Steckdose bezieht – egal ob Computer, Radio oder Waschmaschine – so wandeln häufig Dioden im Netzteil den Wechselstrom aus der Dose in den Gleichstrom um, den das Gerät braucht, um zu funktionieren. Dioden können aber noch viel mehr: Leuchtdioden (LED) beispielsweise verwenden elektrischen Strom in Licht. Die Industrie bringt immer lichtstärkere LEDs auf den Markt; einige leuchten bereits so hell wie Energiesparlampen, enthalten aber – anders als Letztere – keine giftigen Stoffe – und werden die Energiesparlampen deshalb über Kurz oder Lang wahrscheinlich ablösen. Infrarot-Dioden sind ein weiteres Mitglied aus der Familie der Dioden. In Bewegungsmeldern verbaut, erzeugen sie Lichtstrahlen – leuchtet jemand den Raum, so schaltet sich automatisch das Licht ein. Auch Solarzellen, die Sonnenlicht in Strom verwandeln, sind Dioden. Kurzum: Dioden sind allgegenwärtig; sie existieren in vielen Varianten – doch trotz ihrer Vielfalt funktionieren sie alle nach einem ähnlichen Prinzip: Am Beispiel einer Halbleiterdiole aus Silizium wollen wir dir dieses Prinzip erklären.

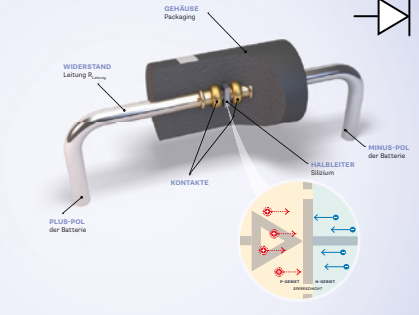
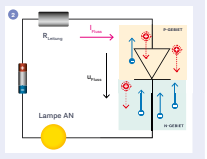
Unsere Beispiel-Diode sieht aus wie eine kleine Walze – mit einem Drähtchen für den Stromanschluss an jedem Ende. Im

zylinderförmigen Plastikgehäuse steckt ein Siliziumkristall, der lediglich aus einer n- und einer p-dotierten Zone besteht. Um zu verstehen, wie eine Diode funktioniert, musst du wissen, dass n-dotierte Kristallzonen einen Vorrat an frei beweglichen, negativ geladenen Elektronen aufweisen, während p-dotierte Kristallzonen ein mehr oder weniger großes Reservoir an positiv geladenen Löchern besitzen. Grenzen eine n- und eine p-dotierte Kristallzone aneinander (wie bei Dioden der Fall ist), so beginnen die frei beweglichen Elektronen aus der n-dotierten in die p-dotierte Zone hinüber zu fließen, während die Löcher aus der p-dotierten in die n-dotierte Zone wandern. An der Nahtstelle zwischen beiden Kristallzonen treffen beide Ladungstypen aufeinander. Die Löcher »verschlucken« nun die Elektronen und löschen sich damit selbst aus, denn sie sind nach der Elektronenaufnahme nicht länger positiv geladen, sondern wieder elektrisch neutral. Aus der Dose zwischen n- und p-dotierten Kristallzone entsteht so ein Gebiet, in dem es keine frei beweglichen Ladungen mehr gibt: Halbleiterphysiker nennen dieses Gebiet deshalb »Verarmungszone«. Weil frei bewegliche Ladungen aber die Voraussetzung dafür sind, dass Strom fließen kann, unterbindet die Verarmungszone den Stromfluss. Elektrotroniker nennen es deshalb auch »Sperrschicht«.

DIODE IN SPERR-RICHTUNG GESCHALTET
Soll eine Diode in Sperrrichtung geschaltet werden, dann muss die p-Gebiet (die Anode) ein positives Potential und das n-Gebiet (die Kathode) ein negatives Potential angeschlossen werden. Dadurch entsteht eine Sperrschicht.



DIODE IN DURCHLASS-RICHTUNG GESCHALTET
Soll eine Diode in Durchlassrichtung geschaltet werden, dann muss das p-Gebiet (die Anode) ein negatives Potential und das n-Gebiet (die Kathode) ein positives Potential angeschlossen werden. Dadurch wird die Sperrschicht aufgelöst.



SCHALTZEICHEN einer Diode



Damit weißt du schon eine ganze Menge darüber, wie Dioden funktionieren. Höchste Zeit, unsere Beispiel-Diode an einem Stromkreis anzuschließen. Dafür gibt es zwei Möglichkeiten.

DIODE IN SPERR-RICHTUNG
Variante 1: Schließt du den Pluspol des Stromkreises an die n-dotierte Seite und den Minuspol an die p-dotierte Seite der Diode, so wirkt unsere Beispiel-Diode wie ein offener Schalter (Schalter in der Aufstellung). Sie unterbindet den Stromfluss. Der Grund: Der Pluspol der Spannungsquelle zieht die negativ geladenen, frei beweglichen Elektronen in n-dotierten Teil der Diode an, während der Minuspol der Spannungsquelle die positiv geladenen Löcher in p-dotierten Teil der Diode anzieht. Das Ergebnis: Die Sperrschicht dehnt sich aus, denn die Polke der Spannungsquelle sorgen jetzt noch mehr frei Ladungen aus der Diode-Mitte ab. Weil über die Sperrschicht hinweg keine Elektronen fließen können, ist der Stromkreis unterbrochen! Elektrotroniker sprechen deshalb vom »Betrieb der Diode in Sperr-Richtung«.

DIODE IN DURCHLASS-RICHTUNG
Variante 2: Schließt du den Pluspol des Stromkreises an die p-dotierte Seite und den Minuspol an die n-dotierte Seite der Diode, so wirkt unsere Beispiel-Diode wie ein geschlossener Schalter – sie lässt elektrischen Strom passieren. Der Grund: Der Minuspol der Spannungsquelle wirkt auf die negativ geladenen, frei beweglichen Elektronen der n-dotierten Zone abstoßend – das heißt, er drückt sie in die Mitte der Diode hinein. Als Elektronenquelle kommt er außerdem weitere Elektronen in die Diode. Der Pluspol der Spannungsquelle wiederum wirkt auf die positiv geladenen Löcher abstoßend und drückt sie in die Diode hinein. Damit überfluten frei bewegliche Elektronen und Löcher die Sperrschicht. Die Schicht verschwindet, und es können angeregten Elektronen vom Minuspol zum Pluspol der Spannungsquelle fließen – der Stromkreis ist geschlossen! Elektrotroniker sprechen deshalb vom »Betrieb der Diode in Durch-Richtung«.

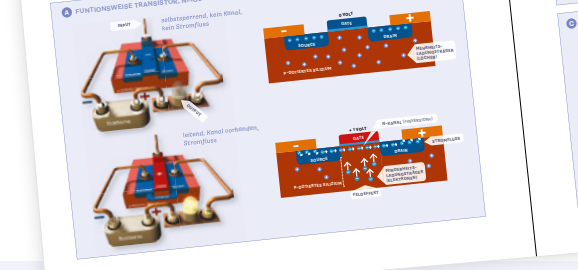
3

SO FUNKTIONIERT EIN TRANSISTOR

Transistoren nutzen das Silizium als ihr Fundament, in das sie – etwa zur Hälfte – förmlich hineingebootet werden. Obwohl erst 60 Jahre alt, sind sie bereits das am häufigsten produzierte Bauteil der Menschheitsgeschichte: allein in jedem Smartphone gibt es Hunderte Millionen Transistoren.

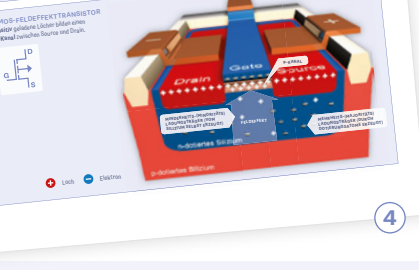
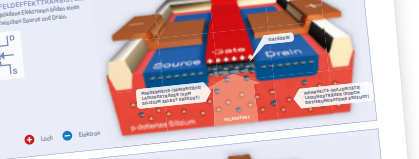
Transistoren sind die wichtigsten Bauelemente integrierter Schaltkreise. Sie fungieren in drei verschiedenen Modi: als Verstärker, als Schalter oder als Spannungsquelle. In der Schaltungstechnik sind sie die Bausteine, die die Schaltung von Transistoren, Dioden, Widerständen oder anderen Bauelementen und Halbleitern bilden. Sie sind die Bausteine der Schaltungstechnik. Sie sind die Bausteine der Schaltungstechnik. Sie sind die Bausteine der Schaltungstechnik.

Das gHOS-Transistor C ist die Umkehrung des nMOS-Transistors. Er besteht aus einem p-dotierten Kanal, der zwischen Drain und Source verläuft. Die Drain- und Source-Elektroden sind an den Enden des Kanals angebracht. Ein negativ geladenes Gate über dem Kanal steuert die Ladungsträger im Kanal. Die Drain- und Source-Elektroden sind an den Enden des Kanals angebracht. Ein negativ geladenes Gate über dem Kanal steuert die Ladungsträger im Kanal. Die Drain- und Source-Elektroden sind an den Enden des Kanals angebracht.



FELDEFFEKTT-RANSISTOREN

Die Geometrie eines Feldeffekttransistors (FET) ist durch die Anordnung der Elektroden bestimmt. Die Drain- und Source-Elektroden sind an den Enden des Kanals angebracht. Ein negativ geladenes Gate über dem Kanal steuert die Ladungsträger im Kanal. Die Drain- und Source-Elektroden sind an den Enden des Kanals angebracht.



4

LESEPROBE Multitalent Diode

Vielseitig einsetzbar, sind Dioden in der Welt der Elektronik fast überall zu finden

Ohne es zu ahnen, nutzen viele Menschen ständig eine kleine Armee von Dioden: Wenn du ein elektrisches Gerät einschaltest, das seinen Strom aus der Steckdose bezieht – egal ob Computer, Radio oder Waschmaschine – so wandeln häufig Dioden im Netzteil den Wechselstrom aus der Dose in den Gleichstrom um, den das Gerät braucht, um zu funktionieren. Dioden können aber noch viel mehr: Leuchtdioden (LED) beispielsweise verwenden elektrischen Strom in Licht. Die Industrie bringt immer lichtstärkere LEDs auf den Markt; einige leuchten bereits so hell wie Energiesparlampen, enthalten aber – anders als Letztere – keine giftigen Stoffe – und werden die Energiesparlampen deshalb über Kurz oder Lang wahrscheinlich ablösen. Infrarot-Dioden sind ein weiteres Mitglied aus der Familie der Dioden. In Bewegungsmeldern verbaut, erzeugen sie Lichtschranken – betritt jemand den Raum, so schaltet sich automatisch das Licht ein. Auch Solarzellen, die Sonnenlicht in Strom verwandeln, enthalten Dioden. Kurzum: Dioden sind allgegenwärtig; sie existieren in vielen Varianten – doch trotz ihrer Vielfalt funktionieren sie alle nach einem ähnlichen Prinzip! Am Beispiel einer Halbleiterdiole aus Silizium wollen wir dir dieses Prinzip erklären.

Unsere Beispiel-Diode sieht aus wie eine kleine Walze – mit einem Drähtchen für den Stromanschluss an jedem Ende. Im zylinderförmigen Plastikgehäuse steckt ein Siliziumkristall, der lediglich aus einer n- und einer p-dotierten Zone besteht. Um zu verstehen,

ein weiteres Mitglied aus der Familie der Dioden. In Bewegungsmeldern verbaut, erzeugen sie Lichtschranken – betritt jemand den Raum, so schaltet sich automatisch das Licht ein. Auch Solarzellen, die Sonnenlicht in Strom verwandeln, enthalten Dioden. Kurzum: Dioden sind allgegenwärtig; sie existieren in vielen Varianten – doch trotz ihrer Vielfalt funktionieren sie alle nach einem ähnlichen Prinzip! Am Beispiel einer Halbleiterdiole aus Silizium wollen wir dir dieses Prinzip erklären.

Unsere Beispiel-Diode sieht aus wie eine kleine Walze – mit einem Drähtchen für den Stromanschluss an jedem Ende. Im zylinderförmigen Plastikgehäuse steckt ein Siliziumkristall, der lediglich aus einer n- und einer p-dotierten Zone besteht. Um zu verstehen,

wie eine Diode funktioniert, musst du wissen, dass n-dotierte Kristallzonen einen Vorrat an frei beweglichen, negativ geladenen Elektronen aufweisen, während p-dotierte Kristallzonen ein mehr oder weniger großes Reservoir an positiv geladenen Löchern besitzen. Grenzen eine n- und eine p-dotierte Kristallzone aneinander (wie bei Dioden der Fall ist), so beginnen die frei beweglichen Elektronen aus der n-dotierten in die p-dotierte Zone hinüberzufließen, während die Löcher aus der p-dotierten in die n-dotierte Zone wandern. An der Nahtstelle zwischen beiden Kristallzonen treffen beide Ladungstypen aufeinander. Die Löcher »verschlucken« nun die Elektronen und löschen sich damit selbst aus, denn sie sind nach der Elektronenaufnahme ...

So entsteht ein Mikrochip

Die Autoren besuchen mit ihren Lesern eine moderne Chipfabrik. Dort folgen sie einem Chip auf seinem Weg durch den Fertigungsprozess und erklären alle wichtigen Fertigungsschritte: von der Fotolithografie, mit der die Chiphersteller das Layout des Schaltkreises auf die Siliziumscheibe übertragen, bis zum Packaging - der Verkapselung des fertigen Chips in einem Gehäuse mit Anschlüssen zur Außenwelt.

254 Elektronik-Fertigung | Fotolithografie

NICHT OHNE SCHABLONE

Die Chiphersteller behandeln die Siliziumscheibe mit einem breiten Spektrum chemischer und physikalischer Verfahren. Eine Schablone sorgt dafür, dass dies immer an der richtigen Stelle passiert.

Nachdem Hagen sich mit dem Musterring bekannt gemacht hat, beginnt er, mir die Fertigungsabläufe zu erklären: «Moderne Chipfabriken sind hoch automatisiert», sagt er. «Wegen, die sich auf Schichten unter der Siliziumscheibe bewegen, befinden die Siliziumscheiben von einer Fertigungsstation zur nächsten. Dort übernehmen Roboter die Wafer und legen sie in Kammer ab, wo die spezifische Bearbeitung stattfindet.

Wir behandeln die Siliziumscheibe im Verlauf des Fertigungsprozesses mit einem breiten Spektrum chemischer und physikalischer Verfahren. Wir beschaffen den Wafer mit Fremdatomen, um Source und Drain herzustellen - ein Vorgang, der Ionenimplantation heißt. Wir lassen Gase auf den Wafer, die mit den Atomen an der Siliziumoberfläche reagieren - im Ergebnis der chemischen Reaktion wachsen neue Schichten aus dem Wafer heraus. Wir behandeln die Siliziumscheibe mit ätzenden Gasen und Flüssigkeiten, um Material aus der Waferoberfläche zu entfernen. So gehen wir zum Beispiel den Transistorschichten im Form und sitzen Löcher für die Via und Gräben für die Leiterbahnen. Wir lassen Metallbahnen auf die Siliziumscheibe legen, um die Leiterbahnglieder einer dünnen Metallschicht auszubilden. Fast immer geht dieser Fertigungsschritt jedoch ein wichtiger Schritt voraus: die Fotolithografie. Deshalb will ich unsere Reinsraumtour damit beginnen.

Bei der Fotolithografie bedecken wir die Siliziumscheibe mit einer Schablone. Du kennst die diese Schablone wie einen Schabenschritt vorstellen. Sie bedeckt die gesamte Siliziumscheibe - nur dort, wo wir den Wafer mit Fremdatomen, Reaktionsgasen oder ätzenden Mitteln bearbeiten wollen, hat die Schablone Fenster, dort bedeckt sie den Wafer nicht. Fremdatome, Reaktionsgase und ätzende Mittel können die Siliziumscheibe deshalb an diesen Stellen ungedeckt angreifen, während die Schablone den Wafer an allen übrigen Stellen schützt. Die Lage und die Form der Fenster entspricht dabei genau der Lage und Form der Chipzelle, die wir herstellen möchten. Kurzerhand: Die Schablone sorgt dafür, dass wir den Wafer stets an den richtigen Stellen bearbeiten. Würden wir ihn vor der Bearbeitung nicht mit einer Schablone versehen, würden wir zum Beispiel bei jedem Ätzvorgang den ganzen Wafer angreifen, anstatt nur dort Material abzutragen, wo Viae oder Leiterbahnen entstehen sollen. Und bei der Ionenimplantation würden wir ohne Schablone

die gesamte Siliziumscheibe mit Fremdatomen - einfach und in ein einziges Source/Drain-Gebiet verwenden - was ein glatter Fehlschlag wäre. Kurzerhand: Die Fotolithografie ist das Verfahren, mit dem wir den Wafer vor jedem Fertigungsschritt die richtige Schablone auferlegen. →

BESUCH DES WAFERS MIT FREMDATOMEN

Ionenimplantation: Eine Schablone (in Form eines Siliziumringes) lässt Ionenimplantation durch Fremdatome in die Siliziumscheibe.

Ionenimplantation mit Schablone: Die Fremdatome können nur da ins Silizium eindringen, wo die Siliziumscheibe durch die Schablone freigelegt ist.

SO ENTSTEHT EIN MIKROCHIP

Mikrochip-ABC

- 37 KONTAKTGELESEN (C4)
- 36 UNTER DRAMP METAL (C4)
- 35 ISOLATIONSCHICHT (C4)
- 34 ALUMINIUMLEITBAHN (FORM FOLIE)
- 33 ALUMINIUMLEITBAHN (SCHUTZEN)
- 32 KUPFERKONTAKT (PLATING)
- 31 KUPFERKONTAKT (SCHUTZEN)
- 30 DIFFUSIONSBARIERE (SPITZEN)
- 29 VIA STÖCKCHEN 2 (RITZEN DER VIA LÖTLÖT)
- 28 ISOLATIONSCHICHT (CVD)
- 27 KUPFERLEITBAHN
- 26 KUPFERKONTAKT (SCHUTZEN)
- 25 DIFFUSIONSBARIERE (SPITZEN)
- 24 LEITBAHN STÖCKCHEN 2 (RITZEN DER VIA LÖTLÖT)
- 23 ISOLATIONSCHICHT (CVD)
- 22 KUPFERKONTAKT (PLATING)
- 21 KUPFERKONTAKT (SCHUTZEN)
- 20 DIFFUSIONSBARIERE (SPITZEN)
- 19 VIA STÖCKCHEN 2 (RITZEN DER VIA LÖTLÖT)
- 18 ISOLATIONSCHICHT (CVD)
- 17 KUPFERLEITBAHN (LEITUNGSGEBER)
- 16 KUPFERKONTAKT (SCHUTZEN)
- 15 DIFFUSIONSBARIERE (SPITZEN)
- 14 LEITBAHN STÖCKCHEN 1 (RITZEN DER VIA LÖTLÖT)
- 13 ISOLATIONSCHICHT (CVD)
- 12 VIA STÖCKCHEN 1 (RITZEN DER VIA LÖTLÖT)
- 11 VIA STÖCKCHEN 1 (RITZEN DER VIA LÖTLÖT)
- 10 ISOLATIONSCHICHT (CVD)
- 9 SOURCE/ DRAIN (FORM FOLIE)
- 8 SOURCE/ DRAIN (FORM FOLIE)
- 7 GATE (KONTAKT) (FORM FOLIE)
- 6 GATE (KONTAKT) (SCHUTZEN)
- 5 GATE (KONTAKT) (SCHUTZEN)
- 4 GATE (KONTAKT) (SCHUTZEN)
- 3 WAFER (KONTAKT) (SCHUTZEN)
- 2 WAFER (KONTAKT) (SCHUTZEN)
- 1 ROHER WAFER

1 SCHREIT FÜR SCHREIT ZUM MIKROCHIP

Themen der Beispielseiten:

- 1 Schichtaufbau eines integrierten Schaltkreises, Fertigungsschritte und Bedeutung fotolithografisch hergestellter Schablonen im Fertigungsprozess,
- 2 So funktioniert die Fotolithografie

256 Elektronik-Fertigung | Fotolithografie

UV-LICHT: DER SCHLÜSSEL ZUM NANOKOSMOS

Wie kommen eine halbe Milliarde Transistoren auf ein Stück Silizium von der Größe eines Fingerringes?

SO FUNKTIONIERT DIE FOTOLITHOGRAFIE

Die Schablone entsteht aus einem lichtempfindlichen Lack. Ein Spin Coater spritzt den Lack auf die Siliziumscheibe im Info-Kasten auf Seite 52 kannst du nachlesen, wie das geschieht. Danach kommt der Wafer auf eine Halbleiter. Dort herzt der Lack aus. Jetzt brauchen wir noch die Fenster in die Schablone zu schneiden.

Das geschieht mit ultraviolettem Licht (UV-Licht). Wir benutzen dafür eine sogenannte Maske. Das ist eine Scheibe aus Quarzglas, die mit einer lichtempfindlichen Chromschicht versehen ist. In diese Chromschicht sitzen die maskenherstellere Fenster (Öffnungen), deren Lage und Form der Position und Gestalt der in-Haaren auf dem Wafer entspricht. An diesen Stellen ist die Maske lichtdurchlässig. Mit ihrer Fensterstruktur bildet die Maske ähnlich wie ein Diaprojektor das gesamte Chip-Layout ab. Als Abhilfemittel wählen die Chiphersteller meist ein Verhältnis von 1:4, sagt Hagen. «Das heißt: Die Maske bildet den Schablonen in vierfacher Vergrößerung ab.

Die Maske und die lackierte Siliziumscheibe kommen dann in einen Automaten, der Waferstepper heißt (das Bild rechts zeigt, wie so ein Waferstepper aussieht). Wir platzieren die Maske dort über dem Wafer. Der Stepper durchleuchtet die Maske mit oben mit ultraviolettem Licht. Am Ende seines Huges trifft das Licht auf die lackierte Siliziumscheibe. Weil das Licht die Maske aber nur dort durchdringen kann, wo sich in der Chromschicht die Fenster befinden, trifft es auch nur dort auf den Wafer, wo die in-Haaren entstehen sollen. So erscheint das Layout der Schaltung als Lichtbild auf dem Wafer.

Auf seinem Weg zum Wafer passiert das Licht eine komplizierte Projektionsoptik. Die besteht aus vielen Linsen, ist wie ein Kameraprojektionsobjektiv und funktioniert auch so, erreicht aber eine viel höhere Auflösung - das heißt, sie kann unvorstellbar kleine Dinge gestochen scharf abbilden. Die Optik verkleinert das Lichtbild der Schaltung auf den Wafer um der Maske zum Wafer um den Faktor vier. So erscheint es in der richtigen Größe auf dem Wafer. Ohne Verkleinerungsoptik würde das Layout des Chips genau so groß auf dem Wafer erscheinen wie die Maske eszeichnet - vierfach vergrößert. Wir können den Waferstepper also mit einem Diaprojektor vergleichen, dem wir die Optik umgeben haben. In dem Wafer erscheinen wir die in-Haaren verkleinert. →

Hier ist die Smartphon, fragt mich Hagen unvermittelt. «Wie kann es sein, wenn es so den letzten Jahren immer größer wird, dann verleiht sein Mikroprozessor auf einem fingerringgroßen Stück Silizium wahrscheinlich rund eine halbe Milliarde Transistoren und das Netz seiner Leiterbahnen dafür ein-Wafer so komplex sein wie das gesamte Straßennetz Europas, klagt Hagen mich auf. «Woh, denke ich, wieder so eine Zahl zum Staunen. «Wie ist es möglich, fragt Hagen jetzt, «wie es können diese kleinen Plättchen viele elektronische Bauelemente unterzubringen? Das Verfahren dafür stammt aus der Drucktechnik und heißt Fotolithografie. Ein Beispiel unseres Musterringes erklärt Hagen dann, wie die Fotolithografie funktioniert. Was das Ziel dieser Fertigungsabläufe ist, habe ich bereits gelernt: Die Chiphersteller verpassen der Siliziumscheibe damit eine Schablone, die dafür sorgt, dass sie den Wafer stets an den richtigen Stellen bearbeiten. Die Produktion unseres Musterringes beginnt mit der Herstellung der in-Haaren des AMOS-Transistors. Wir realisieren diesen Teil des Chips, indem wir den Wafer mit Fremdatomen beschaffen, sagt Hagen. «Dafür brauchen wir eine Schablone, die die Fremdatome nur dort in das Silizium herablässt, wo die in-Haaren entstehen sollen.

WAFERSTEPPER

SO FUNKTIONIERT EIN WAFERSTEPPER

Ein ultraviolettes Lichtbild des Licht 1 durchläuft die Maske 2 und projiziert das Layout der Schaltung auf den Wafer 3. Eine Optik verkleinert das Licht 4 und verleiht die Größe der Schaltung, so dass es scharf und in der richtigen Größe auf dem Wafer erscheint.

1 DIE FOTOLITHOGRAFIE, SCHREIT FÜR SCHREIT

- 1 Maske
- 2 Maske
- 3 Maske
- 4 Maske
- 5 Maske
- 6 Maske
- 7 Maske
- 8 Maske
- 9 Maske
- 10 Maske
- 11 Maske
- 12 Maske
- 13 Maske
- 14 Maske
- 15 Maske
- 16 Maske
- 17 Maske
- 18 Maske
- 19 Maske
- 20 Maske
- 21 Maske
- 22 Maske
- 23 Maske
- 24 Maske
- 25 Maske
- 26 Maske
- 27 Maske
- 28 Maske
- 29 Maske
- 30 Maske
- 31 Maske
- 32 Maske
- 33 Maske
- 34 Maske
- 35 Maske
- 36 Maske
- 37 Maske

Die Fotolithografie, Schritt für Schritt

- 1 Maske
- 2 Maske
- 3 Maske
- 4 Maske
- 5 Maske
- 6 Maske
- 7 Maske
- 8 Maske
- 9 Maske
- 10 Maske
- 11 Maske
- 12 Maske
- 13 Maske
- 14 Maske
- 15 Maske
- 16 Maske
- 17 Maske
- 18 Maske
- 19 Maske
- 20 Maske
- 21 Maske
- 22 Maske
- 23 Maske
- 24 Maske
- 25 Maske
- 26 Maske
- 27 Maske
- 28 Maske
- 29 Maske
- 30 Maske
- 31 Maske
- 32 Maske
- 33 Maske
- 34 Maske
- 35 Maske
- 36 Maske
- 37 Maske

HERSTELLUNG DER SCHABLONE FÜR DIE in-WANNE

Der Stepper durchleuchtet die Maske mit ultraviolettem Licht. Das Layout der in-Wanne erscheint als Lichtbild auf dem lackierten Wafer.

Zu Besuch in einer Chipfabrik
 Reinsraumtechnik: Rein, reiner am reinsten
 Chipburger: Schicht für Schicht zum Mikrochip
 Fotolithografie: UV-Licht, der Schlüssel zum Nanokosmos
 Ionenimplantation: Silizium unter Teilchenbeschuss
 Diffusion: 1.000 Grad Celsius in zwölf Sekunden
 Chemische Schichterzeugung: Chemie in der Chipfertigung
 Ätzen: Das präzise Messer der Welt
 Copper plating: Die Zählung des Kupfers
 Physikalische Schichterzeugung: Atomares Sandstrahlen
 C4: 1.000 Kontakte zur Außenwelt

ENTWICKLUNG

Innovationsfeld Küche

Tiefenbeispiel Garautomat: Der Weg von der ersten Idee bis zum Hightech-Produkt

Am Beispiel eines Garautomaten erklären die Autoren von A bis Z, wie ein Industrie-Unternehmen ein elektronisches Gerät entwickelt. Die jungen Leser erfahren, dass es gar nicht so schwer ist, die eigene Idee in ein hochtechnologisches Gerät zu verwandeln – selbst wenn er oder sie von Elektronik kaum Ahnung hat und gar keine eigene Fabrik besitzt. Der besondere Charme des Beispiel-Projektes: Der Garautomat verbindet Jahrhunderte alte orientalische Garteknik mit modernen Chips und Sensoren und der Kommunikationstechnik des 21. Jahrhunderts!

316 Elektronik-Entwicklung | Wenn der Roboter den Kochlöffel schwingt

WENN DER ROBOTER DEN KOCHLÖFFEL SCHWINGT

Wie würdest du die Küche der Zukunft gestalten?

ÜBERBLICK

- Küchenroboter: bearbeitet das Essen zu, deckt den Tisch und wäscht ab.
- Sicherheitsystem: damit der Roboter sich durch die Küche bewegen kann.
- Kamera: die 'Augen' des Roboters.
- Garautomat: ein für Gar-Robotern (oftigen) und drei Gar-Etagen.
- Küchenmaschine: die kann der Roboter sich auf die Arme steuern.
- Roboterarm: das gesamte Vorwärtsbewegen für Pfannen.
- Küchentechnik: geht online einzufragen und füllt sich selbst auf, bei Energiebedarf.
- Küchentechnik: integriert Tablets, PCs das Kontroll- und Kommunikationszentrum der Küche.

KARTEFFELN schalen, Gemüse abschöpfen, Fleisch würzen – wer sein Essen selbst zubereitet, muss viel Zeit mitbringen und meist jede Menge Handarbeit/Kraft nehmen. Brutzelt die Steak in der Pfanne, steckt der Koch ein Glas in die Pfanne, um das Fleisch im Topf heiß zu außerdem aufpassen, dass nichts anbrennt oder verkohlt. Na klar: Ein leckeres Essen zu bereiten kann ein großes Vergnügen sein. Doch Hand aufs Herz: Nicht immer (und nicht allen) macht es Spaß, zu kochen. Oft fehlen dafür Zeit und/oder Motivation und/oder Väter, die ihre Familie oft kochen, können sich zumeist außerdem etwas Besseres vorstellen. Wie sieht es zum Beispiel mit einem guten Buch oder einer schönen Fahrt aus? anstatt schon wieder am Herd zu stehen?

Doch gibt es Alternativen zum Selbstkochen? Für Geschmecker und geschätzte bewusste Zeitgenossen nicht wirklich. Wer einen geschulten Gaumen hat und weiß, was eine Nahrungsmittelherstellung so alles ist, Essen rühren, der erfrischende Fast-Food-Nahrung aus Dosen und Tiefkühltruhen meist als Zuzusatz. Und viele – vor allem junge – Familien können es sich schlicht nicht leisten, je des Wochenends ins Restaurant zu gehen. Kurzum: So sehr uns die Vorstellung heute auch noch selbst vollkommen mag – es gibt viele gute Gründe, das Kochlöffel-Zubehör den Robotern zu überlassen. Nachrich nicht immer. Aber immer dann, wenn wir es wollen.

Bahartha Hersteller könnten die Idee schon jetzt in Angriff nehmen, denn die Robotertechnik und die Mikroelektronik sind inzwischen weit genug gediehen, um die Science-Fiction-Ideen einer vollautomatischen Küche noch in diesem Jahrzehnt Wirklichkeit werden zu lassen. Gewiss: Kommen die ersten Roboterküchen auf den Markt, werden nur die berühmten oberen Zehntausend sie sich leisten können. Doch die Mikroelektronik entwickelt sich so rasant, dass die neue Technik schnell auch für «kleinere» Massen bezahlbar werden wird. Wir jedenfalls sind überzeugt davon, dass unsere Küchen im Jahr 2050 völlig anders aussehen werden als heute. Vieles spricht dafür, dass sie sich ins Gesicht verwandeln werden. Das Bild zeigt unsere Vision einer vollautomatischen Küche. Wie sähe sie aus die Küche der Zukunft?

KÜCHENROBOTER Er übernimmt die gesamte Küchenarbeit. Das heißt: Er macht alles, was ein heute noch selbst erledigen müssen, wenn wir das Essen zubereiten. Der Roboter deckt außerdem den Tisch und wäscht ab.

GARAUTOMAT Hat der Roboter die Kontrolle über die Garautomaten, die das Essen in einer Garstation, der es vollautomatisch gar. In unserer Vision gibt es einen Herd mit fünf Plätzen für die Verwendung von «flammen (z. B. Gas) und drei Gar-Etagen.

WERKEITZUBLOCK Der Roboter braucht keine Hände. Als Instrumente, die für die Zubereitung des Essens braucht, wie Messer, Gabeln, Löffel, Schneidmesser und Pörmessers, stechen in einem Werkzeugblock – der Roboter kann sie herausnehmen, indem er sie sich auf seine Arme steckt.

ROBOTERGEHEUTE DESIGNS Da Herdroboter all der Dinge, die in der Küche Verwendung finden, müssen das Design ihrer Produkte so überarbeiten, dass Roboter problemlos damit hantieren können.

Mensch
Küchenroboter
Internet
DER DINGE
Als elektronischen
Küchenroboter
Sie organisieren den
Lebensrhythmus
sich und achten
auf eine genaue
Ernährung aller
Familienmitglieder
Küchentechnik

317 Microchip-ABC

Themen der Beispielseiten:
 ① Die Küche der Zukunft, ②
 Aufbau und Funktionsweise
 einer eTajine

340 Elektronik-Entwicklung | Wenn Tradition auf Hightech trifft

WENN TRADITION AUF HIGHTECH TRIFFT

Die Wortschöpfung «eTajine» steht für elektronisch gesteuerte Tajine. Die eTajine ist ein Garerklärer – sie basiert auf der Idee der Zubereitung des Essens.

Im «eTajine-Modus» kann der Benutzer den Garvorgang frei gestalten. Mit dem Controller (der Bedienoberfläche) kann er die Gartemperatur frei einstellen, jederzeit verändern und den Garprozess, wenn immer er will, beenden. Mit ihren Sensoren erfasst die eTajine während des gesamten Garvorgangs alle wichtigen Parameter: die Temperatur im Gar-Raum und die Kerntemperatur des Essens, das Abtropfgewicht und die Festigkeit des Essens. Eine elektronische Zunge «schmeckt» die Ionenkonzentration der Speise. Auf den Display des Controllers kann der Benutzer die Veränderung aller Werte verfolgen und jederzeit darauf den Garfortschritt beurteilen.

Der «Record-Modus» erwartet den «eTajine-Modus» um die Mehrzweckfunktion. Der Mikrocontroller des Garerklärers schreibt jetzt alle Messwerte, die im die Sensoren liefern, in seinen Speicher. Befindet die Küche, dass für das Essen gelangen ist, so kann die eTajine mit der «eTajine»-Anweisung befehlen, den Garvorgang mit allen Werten in einer Record-Daten (eTajine) dauerhaft abzuschreiben. Beim Abspeichern gibt sie der Daten einen Namen.

«Play-Modus»: Hat der Benutzer einen Garvorgang als Record-Daten abgespeichert, kann er die Daten jederzeit wieder laden und den Garvorgang im «Play-Modus» vollautomatisch wiederholen! Der Mikrocontroller behält die Werte, die in der Daten gespeichert sind, denn das Vorhaben für die Wiederholung des Garvorgangs – das heißt, er steuert den Garvorgang so, wie die Werte es vorsehen. Im «Play-Modus» kann der Benutzer außerdem Record-Daten («eTajine») adaptieren, die andere Benutzer einer eTajine im Internet auf der Community-Seite www.ettajine.com hinterlegt haben.

Internet-Community: Über www.ettajine.com können Benutzer einer eTajine Record-Daten (eTajine) austauschen und bewerten. Jedes Community-Mitglied kann eigene Record-Daten updaten und Record-Daten anderer eTajine-Benutzer downloaden. So hat jedes Mitglied Zugriff auf die Daten anderer Mitglieder und kann seine eTajine damit «öffnen».

Smartphones zur Fernbedienung und als Schnittstelle ins Internet: Die eTajine besitzt eine iDC-Funktion für die Anbindung von Smartphones. Der Benutzer kann die eTajine damit auch per Smartphone steuern. Smart-Apps gibt es unter ettajine.com. Das Smartphone stellt auch die Verbindung ins Internet her.

Tajine: Mehr als 1000 Jahre benutzen die Menschen in Nordafrika für die Zubereitung ihres Essens ein spezielles Ton-Gerät: die Tajine. Vor allem in Marokko ist sie weit verbreitet. Die Menschen stellen das Gefäß mit dem Essen auf ein Holzfeuer. Das Ton wirkt sich und gibt die Wärme gleichmäßig von allen Seiten in den Garraum ab. Der obere Teil des Deckels hat eine effiziente Luft-Zirkulation. Wasser gefüllt, kühlt der Nagel die Deckelhaube flüssig, die aus dem Essen austritt und verdunstet, kondensiert auf dem gekühlten Ton und tropft vom Deckel in die Gargehale zurück. Das Essen schmeckt so im eigenen Saft – kein Trennen der wertvollen Inhaltsstoffe und Aromen der wertvollen Zutaten. Die Tajine ist also eine besonders schonende Garteknik.

Tajine: ein Gefäß aus Keramik und geöffnetem Deckel.

Elektronische Zunge: misst die Ionenkonzentration in der Speise.

Kerntemperatur sensor: misst die Temperatur im Inneren der Speise.

Temperatursensor: misst die Temperatur im Garraum.

Druckmessung: erfassen das Abtropfgewicht der Speise.

Controller: Bedienoberfläche mit Touchdisplay, enthält die Steuerungselektronik.

Heizplatte: liefert die Wärmeenergie für den Garvorgang.

Abtropfschalen: fängt Flüssigkeit auf, die aus dem Garkorb tropft.

Garkorb: der Benutzer legt das Essen in den Garkorb.

Smartphone: zur drahtlosen Steuerung des Garerklärers, stellt die Verbindung ins Internet her.

AUFBAU EINER eTajine

341 Microchip-ABC

Wenn die Küche zum Elektroniklabor wird
 Auf der Suche nach der richtigen Idee
 Wenn der Roboter den Kochlöffel schwingt
 Die Küche der Zukunft
 Die Bausteine eines Garautomaten
 Projekt eTajine: Wenn Tradition auf Hightech trifft

Weitere Informationen erhalten Sie von uns!

Ihr Ansprechpartner:

Ingolf Seifert

Telefon: +49 351 219 78 776

E-Mail: ingolf.seifert@3dit.de

3D Infotainment Technologies UG

Schubertstraße 39

D-01307 Dresden

DIESES BUCH IST MIT BREITER UNTERSTÜTZUNG DER HALBLEITERINDUSTRIE ZUSTANDE GEKOMMEN

3D^{IT}

AMA
Verband für Sensoren & Messtechnik
Innovatoren verbindet

amui

ANVO-SYSTEMS DRESDEN
ADVANCED NON-VOLATILE SYSTEMS

BOSCH
Technik fürs Leben

cādence

CREATIVECHIPS[®]
MICROELECTRONICS

COOL SILICON
energy efficiency innovations from silicon saxonny

**Dresden.
Die Stadt**

edacentrum

elmosⁱⁱ

GLOBALFOUNDRIES[®]

HEIDENHAIN

iMAPS
Deutschland

infineon

inova
Semiconductors

JENA Wirtschaft
Wirtschaftsförderung

JENOPTIK

KOSTAL

MAZeT
ELECTRONIC ENGINEERING &
MANUFACTURING SERVICES

NXP

OSRAM
Opto Semiconductors

PFEIFFER VACUUM

semi

SIEMENS

SILICON SAXONY
THE HIGH-TECH NETWORK

siltronic
perfect silicon solutions

TEXAS INSTRUMENTS

Vistec
Electron Beam

FAB
MIXED-SIGNAL FOUNDRY EXPERT

ZEISS

ZVEI
Die Elektroindustrie

© 2016

3D Infotainment Technologies UG
(haftungsbeschränkt)
Schubertstraße 39, 01307 Dresden
Germany