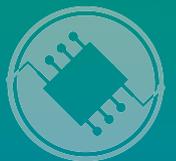


Spannende Welt der Mikroelektronik

MIKRO CHIP ABC

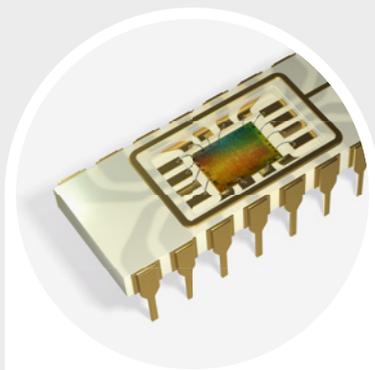


ECKDATEN

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.

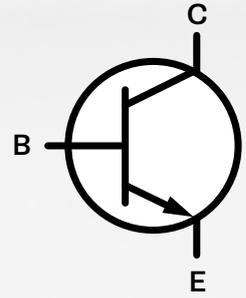
Die Autoren des Mikrochip-ABC gehen deshalb den umgekehrten Weg. Sie erklären zunächst in leicht verständlichen Texten, welche elementare Aufgabe Chips und Sensoren in der Welt der Technik erfüllen – nämlich Vorgänge aller Art zu steuern. *Erst danach* führen sie die jungen Leser *behutsam* in die fachlichen 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.

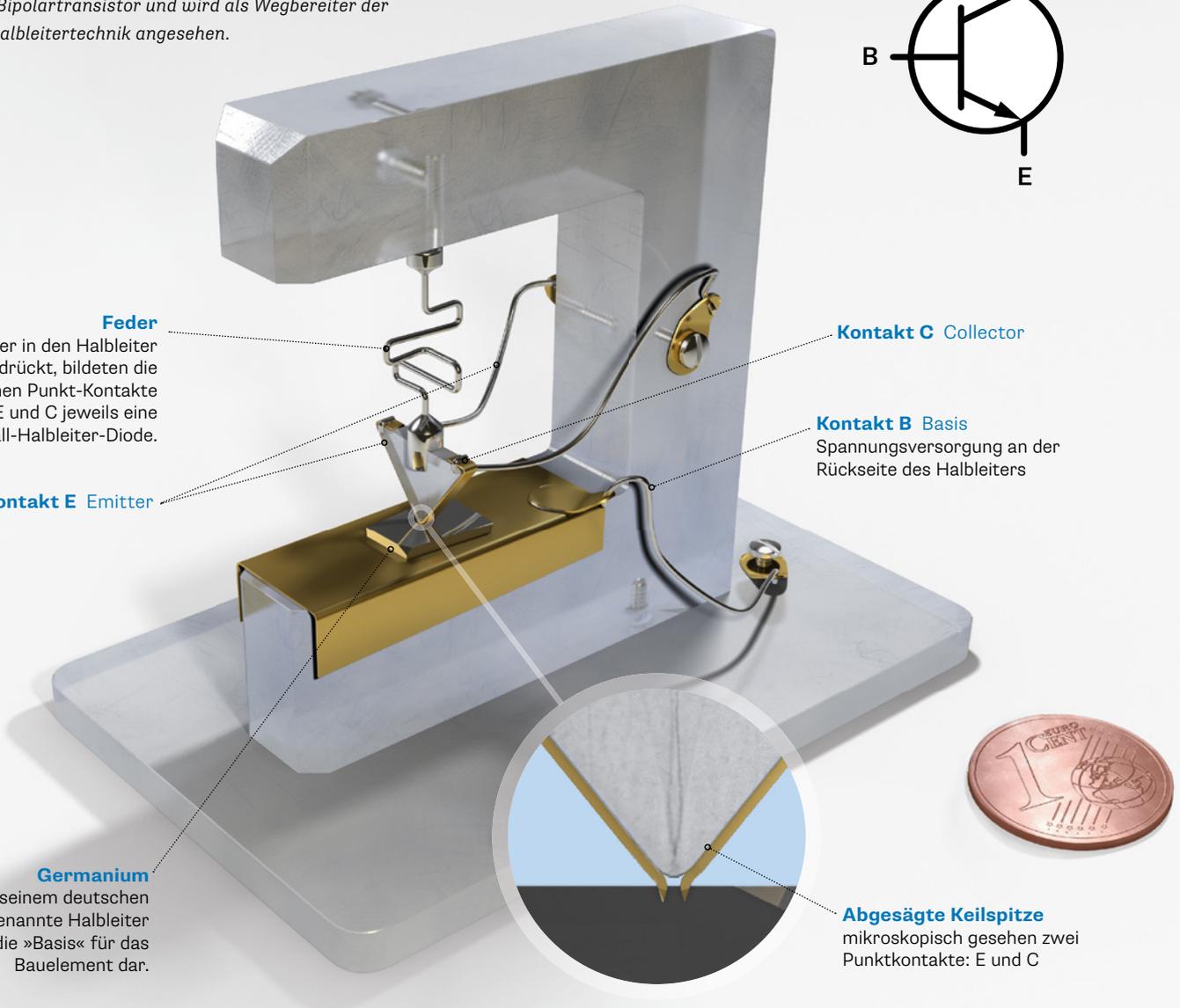
Kontakt E Emitter

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 gegenüber 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 der Erfindung des Wasserrades treiben und die Wehre transportieren.

WASSERKRAFT
Der Wasser des Flusses treibt das Wasserrad an und sorgt so für die Gewinnung mechanischer Energie.

HEUTE VERFÜGBAREN ENERGIEQUELLEN DES MENSCHEN – FRÜHER 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 aktuellen Technologien heute genutzt werden, ist auf der rechten Seite dargestellt. Die Wissenschaftler der Zukunft werden die Nutzung dieser Kräfte durch die Verfügbarkeit gegenüber der nachfolgenden Generationen fördern und auch zukünftig neue Entwicklungen.

19 | **Mikrochip-ABC**

BIOENERGIE
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 Abholer: 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 auszunutzen. Heute hat die Windenergie einen Anteil von über acht Prozent an der deutschen Stromerzeugung.

WASSERKRAFT
Daher als heute gilt Wasser als unverzichtbare Energiequelle. Mit der Erfindung des Mikroschips konnte die kinetische Energie des Wassers in mechanische Energie umgewandelt werden. Heute wird in Deutschland fast ausschließlich elektrische Strom direkt erzeugt. Wasserkraft ist eine ausgeprägte Technologie, mit der weltweit der zweitgrößte Anteil an erneuerbarer Energie gewonnen wird.

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

GEOTHERMIE
Geothermie bzw. Erdwärme 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 Privathaushalten genutzt werden können.

28 Homo Technicus | Die Bausteine elektronischer Steuerungen

DIE BAUSTEINE ELEKTRONISCHER STEUERUNGEN

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

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

- Mit einem **Mikrocontroller** als steuernder Instanz (als Kern- und Kommandozentrale).
- Mit **Sensoren** und anderen **Steuerbausteinen**, 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.
- Mit einer **Benutzerschnittstelle** (auch: Mensch-Maschine-Schnittstelle, kurz MMG). Der Benutzer der Maschine stellt dem Controller via Schnittstelle mit, welches Programm er ausführen und welche Zeitparameter er dabei einhalten soll, während der Controller den Benutzer via Schnittstelle über den Status der Programmausführung bzw. den Prozessfortschritt informiert.
- Der Mikrocontroller, die Aktoren, die Sensoren, das Busssystem und die Benutzerschnittstelle bilden den Hardware-Teil des Steuerungssystems.
- Wir müssen dem Controller eine präzise Ziel-Definition mitgeben, vor müssen ihm unumwundenly klagen, 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 geben 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-Realisation (Festkörper, das Hardware). Die Chipdesigner verfahren den IC dann mit einer Transistor-Schaltung, die auf Grund ihres Schaltplans layoutet – nur diesen einen Algorithmus ausführen kann. Der große Vorteil dieses Verfahrens besteht darin, dass hardwaretechnische Chips Algorithmen meist sehr schneller ausführen als softwaretechnische Chips und dass sie deutlich preisgünstiger sind.

Rufen wir 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 – Glasbrillen und versehen die Glasbrillen mit menschlichen bzw. tierischen Fertigkeiten ist mit der Fähigkeit zu prüfen (oder zu lauschen), so können wir damit einen Roboter-Gebilde legieren und Elektroniker einem Roboter eine möglichst menschliche Gestalt und verschaffen, ihm möglichst viele typisch menschliche Eigenschaften und Fertigkeiten mitzugeben, so schaffen sie einen humanoiden (menschentstimmigen) 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 nachvollziehbar. 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 Automatenära. Wir wissen indessen, vor wann mit welchen Erfindungen die Voraussetzungen für den Schritt um Automaten geschaffen hat – und es können wir den Zeitraum zumindest näherungsweise bestimmen.

29 | **HOMO TECHNICUS**

STEUERUNG

Wahrnehmung: AUGEN, OHREN, MIKROFON, KAMERA, NASE, SENSOREN, ZUNGE, MASCHINE

Controller: GEDAHN, STIMME, LAUTSPRECHER, BUSSYSTEM, SCHALTER, AKTUALISIEREN

Kommunikation: NEURONENNETZ, MASCHINE, MENSCH

Ausführung: MASCHINE, MENSCH

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.

- 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 vierertrischen 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 Anrede des Stockholmer Nobelpreis-Komitees erhalten, dass für den Physik-Nobelpreis ausserkommen worden sei. Mit John Bardeen und Walter Brattain hatte er 1947 wenige Tage vor Weihnachten, an den berühmten Bell Laboratories (Burl Bell Labs) den Transistor erfunden. Mit einem neuen Bauelement, das die drei Wissenschaftler Transistor, Resistor und Kapazität - kurz Transistor - Resistor - Kapazität, war ein neuer, einfacher, elektrischer Strom zu verketten.

langem identischer Computer. 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 Wissenschaft, dass der Halbleiter die Möglichkeit zuwuchs, die Röhre durch ein sehr viel kleineres Bauelement von enormer Robustheit und praktisch unbegrenzter Lebensdauer zu ersetzen. Und ihnen war sofort klar, dass dies weitreichende Folgen für die gesamte Elektronik haben würde.

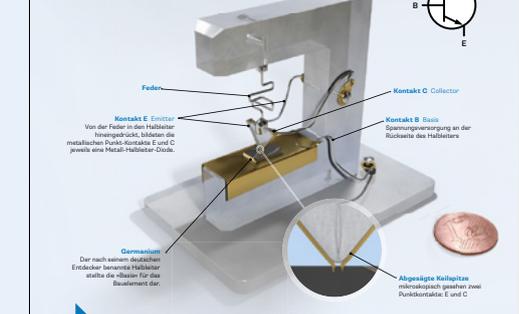
Bell Labs war die Entwicklungszentrale der mächtigen American Telephone and Telegraph Corporation (AT&T), die der Erfinder der Telefon-Alexander-Graham-Bell 1877 gegründet hatte. AT&T war (und ist) ein riesiger Konzern. Sofort nach dem Bardeen, Brattain und Shockley den ersten Transistor vorgelegt hatten, 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. Zwischenstückchen sind es unmöglich, auch nur zwei Transistoren mit dem gleichen Schab- und Verstellverhalten 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-Hilse. Obwohl sich in seine Zelle dort auf und nicht an der Ozeanfront, wo damals noch das Herz der amerikanischen Elektronikindustrie schlug. San Ramon wurde als herausragender Wissenschaftler half ihm, acht exzellente junge Forscher aus Elektrotechnikern im Cronen. Diese acht jungen Männer in der Gruppe von Silicon Valley-Nachbarn galten zum

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

Das Publikationsdiagramm zeigt die ersten produziert realisierten Bipolartransistor und stellt die Halbleiter der modernen Halbleitertechnik gegenüber.



ZWEI-SPITZEN-TRANSISTOR FUNKTIONSWEGE DAS EXPERIMENT
Zwei-Dioden nah zusammen... setzen die Wissenschaft in Flammen! Auf einem... zwei-Lagen-Struktur vor zwei Dioden (D), bei abgedünnter... zusammen... daher die optimale Beschleunigung...
Basi vermittlungs... daher schließlich die Beschleunigung...
Zwei-Dioden nah zusammen... setzen die Wissenschaft in Flammen! Auf einem... zwei-Lagen-Struktur vor zwei Dioden (D), bei abgedünnter... zusammen... daher die optimale Beschleunigung...
Basi vermittlungs... daher schließlich die Beschleunigung...
Zwei-Dioden nah zusammen... setzen die Wissenschaft in Flammen! Auf einem... zwei-Lagen-Struktur vor zwei Dioden (D), bei abgedünnter... zusammen... daher die optimale Beschleunigung...
Basi vermittlungs... daher schließlich die Beschleunigung...

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 ALLTAGSTÄUBLICHEN 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 erhalten, werden die Leitfähigkeit...

70 So funktioniert Kommunikation in der Technik | Wie das Mikrofon eines Smartphones funktioniert

WIE DAS MIKROFON DEINES SMARTPHONES FUNKTIONIERT

Digitalisierung beginnt mit der Wandlung des Tons in ein elektrisches Signal

Diagram showing the internal components of a smartphone (Microphone, Speaker, Camera, etc.) and a graph of an audio signal. Text explains the process of converting sound into an electrical signal through a microphone.

Diagram showing the internal components of a smartphone (Microphone, Speaker, Camera, etc.) and a graph of an audio signal. Text explains the process of converting sound into an electrical signal through a microphone.

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 Rechner.

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 Rechnertyps. 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 Schritten auf, gehen wir der Schmelze zyklischer Forme Kristalle und zerschneiden die Kristalle in Schichten. Die Chiphersteller verwenden die Siliziumschichten in ihren Fabriken schließlich in die Mikrochips. Im Kapitel integrierte Schaltkreise erfahren Sie, 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 Kristallverbau sich 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 ein Elektronen aus Silizium besitzen - zum Beispiel Phosphor - so erzeugen sie damit im Kristall eine Zone, die ein Reservoir (genau genommen ein freies bewegliches Elektronen aufweist. Solche Kristallzonen heißen n-dotiert, weil die frei beweglichen Elektronen negativ geladen sind. 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 genannten Löchern - auszeichnet. Die elektronischen Bauelemente eines integrierten Schaltkreises entstehen aus der Kombination

n-dotierter und p-dotierter Kristallzonen auf engem Raum. Die Chiphersteller erzeugen zum Beispiel eine Diode, indem sie in Siliziumkristall direkt nebeneinander eine n-dotierte und eine p-dotierte Zone erzeugen. Transistoren - die wichtigsten Bauelemente integrierter Schaltkreise - sind etwas komplizierter aufgebaut, bestehen aber ebenfalls aus n-dotierten 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 1959 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 manipulieren) 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 Sie die wichtigsten elektronischen Bauelemente kennen - und wir beginnen mit dem einfachsten Bauelement: der Diode.

SILIZIUM

Mikrochip-ABC 139

SILIZIUMATOM
Atome bestehen aus einem Kern (mit einer Fülle von Elektronen umgeben) und einem Nucleon (Protonen und Neutronen). Die elektrischen Ladungen des Nucleons (Protonen und Neutronen) sind neutral. Die elektrischen Ladungen der Elektronen heben sich gegenseitig auf. Die äußere Schicht und haben einen Wert von +14.

ROSENQUARTZ
Silizium ist ein Halbleiter, wie Silizium, besteht aus der Benädhung und der Benädhung von Silizium (Silizium) und anderen Atomen der regelmäßigen Struktur des Siliziumkristalls. Durch die Benädhung von Fremdatomen im Kristallgitter des Siliziums kann die Leitfähigkeit des Siliziums kontrolliert werden.

AUFBAU EINES SILIZIUMKRISTALLS
Atome ordnen sich in einem Kristallgitter an. Atome ordnen sich, indem sie mit Hilfe ihrer Valenzelektronen gemeinsame Elektronenpaare bilden. Jedes Elektron des Paares ordnet sich einem Atom zu - und kann so zu gemeinsamen Anionen. Die Anzahl der Atome, die durch sich ein Atom ordnen kann, entspricht der Anzahl einer Valenzelektronen. Weil Silizium vier Valenzelektronen besitzt, kann es sich - wie Silizium - mit vier weiteren Atomen verbinden.

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 es 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 Little-Oder-Gatters von CMOS sind 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 Umarmen abgelesen - wie 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 Spannungsquelle anliegt, findet sich in einer CMOS-Schaltung zunächst über die Leiterbahnen aus und erreicht dann über die geöffneten Transistoren den Output. In Abhängigkeit vom Schaltzustand der Transistoren - je nachdem, ob sie offen oder geschlossen sind - erfährt der Output so mal eine hohe positive (High), mal eine niedrige Ausladung.

Oder-Gatter in CMOS

Mikrochip-ABC 137

SCHALTZEICHEN eines Oder-Gatters

Mindestens einer High. Liegt ein Input 1 oder Input 2 eine logische Eins (High) liegt, so wird **F5** oder **F4** (Output) - die Spannung am Eingang von **F5** und **F4** (Input) bestimmt auf **Low** (logische Null). Die **F5** und **F4** als invertierendes **NICHT** (NOT) Gatter wirken, wird ein Output des Oder-Gatters schließlich eine Eins (High) daraus - wie die Wahrheitstabelle es vorgibt.

Wahrheitstabelle

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

UND GATTER

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

XOR GATTER (exklusives Oder)

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

Praktische Anwendungsfälle
Wir könnten mit einem Oder-Gatter den Verkehr an einem Fußgängerüberweg bewachen wie folgt: Die Fußgängerempfindlichkeit ist immer dann auf Grün, wenn zwei Minuten vergangen sind oder wenn die Ampel, die den kreuzenden Fahrzeugverkehr regelt, auf Rot schaltet. Ein anderer Anwendungsfall wäre die Autosicherheit 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 Fußgängerempfindlichkeit ist auf Grün, wenn zwei Minuten vergangen sind und wenn die Ampel Rot hat. Vom Standpunkt der Sicherheit wäre diese Schaltung sogar besser als eine Oder-Schaltung.

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

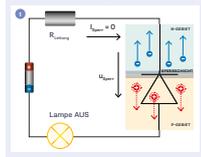
Ohne es zu ahnen, nutzen viele Menschen ständig eine kleine Armee von Dioden: Wenn du ein elektrisches Gerät einschaltest, das seinen Strom aus der Steckdose bezieht – egal ob Computer, Radio oder Waschmaschine – so wandeln häufig Dioden im Netzteil den Wechselstrom aus der Dose in den Gleichstrom um, den das Gerät braucht, um zu funktionieren. Dioden können aber noch viel mehr: Leuchtdioden (LED) beispielsweise verwandeln 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 Halbleiterdiode 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 Kristallzonen 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. Elektronenphysiker nennen es deshalb auch »Sperrschicht«.

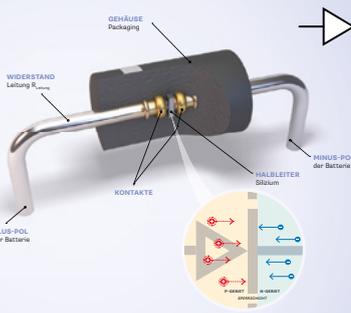
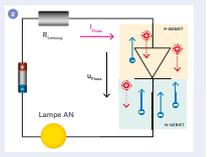
DIODE IN SPERR-RICHTUNG GESCHALTET

Stellt 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

Stellt 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.



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 bildet 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! Elektronenphysiker 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! Elektronenphysiker sprechen deshalb vom »Betrieb der Diode in Durch-Richtung«.

Themen der Beispielseiten:

3 Aufbau und Funktionsweise von Dioden bzw.

4 Feldeffekttransistoren

3

SO FUNKTIONIERT EIN TRANSISTOR

Transistoren nutzen das Silizium als ihr Fundament, in das sie – etwa zur Hälfte – förmlich hineingebootet werden. Obwohl erst 80 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 an einer Spannungsquelle angeschlossen – zum Beispiel eine Batterie – kann jeder einzelne Transistor den elektrischen Strom durchschalten oder stoppen. Dabei steuert die Bezeichnung Transistor die durchdrücken oder stoppen. Dabei steuert die Bezeichnung Transistor die durchdrücken oder stoppen. Dabei steuert die Bezeichnung Transistor die durchdrücken oder stoppen.

Die Funktionsweise eines Transistors ist komplex. Er besteht aus drei Schichten: einer n-dotierten Basis, einer p-dotierten Basis und einer n-dotierten Basis. Die Basis ist die zentrale Schicht, die den Strom durchlässt. Die anderen Schichten sind die Kollektor- und die Emitter-Schichten. Die Kollektor-Schicht ist die obere Schicht, die den Strom abgibt. Die Emitter-Schicht ist die untere Schicht, die den Strom liefert.

Die Funktionsweise eines Transistors ist komplex. Er besteht aus drei Schichten: einer n-dotierten Basis, einer p-dotierten Basis und einer n-dotierten Basis. Die Basis ist die zentrale Schicht, die den Strom durchlässt. Die anderen Schichten sind die Kollektor- und die Emitter-Schichten. Die Kollektor-Schicht ist die obere Schicht, die den Strom abgibt. Die Emitter-Schicht ist die untere Schicht, die den Strom liefert.



Der pMOS-Transistor C ist die Umkehrung des nMOS-Transistors: Die Basis ist p-dotiert, die Drain- und Source-Schichten sind n-dotiert. Die Basis ist die zentrale Schicht, die den Strom durchlässt. Die Drain-Schicht ist die obere Schicht, die den Strom abgibt. Die Source-Schicht ist die untere Schicht, die den Strom liefert.

Die Funktionsweise eines Transistors ist komplex. Er besteht aus drei Schichten: einer n-dotierten Basis, einer p-dotierten Basis und einer n-dotierten Basis. Die Basis ist die zentrale Schicht, die den Strom durchlässt. Die anderen Schichten sind die Kollektor- und die Emitter-Schichten. Die Kollektor-Schicht ist die obere Schicht, die den Strom abgibt. Die Emitter-Schicht ist die untere Schicht, die den Strom liefert.

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 verwandeln 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 – 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 Halbleiterdiode 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 ...

3 nMOS-FELDEFFEKTRANSISTOR

Die Funktionsweise eines Transistors ist komplex. Er besteht aus drei Schichten: einer n-dotierten Basis, einer p-dotierten Basis und einer n-dotierten Basis. Die Basis ist die zentrale Schicht, die den Strom durchlässt. Die Drain-Schicht ist die obere Schicht, die den Strom abgibt. Die Source-Schicht ist die untere Schicht, die den Strom liefert.

4 pMOS-FELDEFFEKTRANSISTOR

Die Funktionsweise eines Transistors ist komplex. Er besteht aus drei Schichten: einer n-dotierten Basis, einer p-dotierten Basis und einer n-dotierten Basis. Die Basis ist die zentrale Schicht, die den Strom durchlässt. Die Drain-Schicht ist die obere Schicht, die den Strom abgibt. Die Source-Schicht ist die untere Schicht, die den Strom liefert.

4

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 Siliziumschicht bewegen, befinden die Siliziumschichten von einer Fertigungsschicht 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 Film und ätzen Löcher für die Viae 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 Reisesumme dort 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 ungeschützt 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 Fremdatomen) ist über dem Wafer platziert. Ionen werden durch die Schablone in den Wafer implantiert.

Ionenimplantation mit Schablone: Die Fremdatome können nur da ins Silizium eindringen, wo die Schablone (in diesem Fall Silizium) entfernt ist.

255 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 nur 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 lithographischen Chromschicht versehen ist. In diese Chromschicht sitzen die maskenherstellenden Fenster (Öffnungen), deren Lage und Form der Position und Gestalt der n-Wannen 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 Abhilfemaßstab wählen die Chiphersteller meist ein Verhältnis von 1:4, sagt Hagen: «Das heißt: Die Maske bildet den Schabtravaus 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 von 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 n-Wannen 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 aufgebaut und funktioniert auch, um 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 das Maß 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, denn wir die Optik umkehrt: In der Diaprojektion vergrößert man ein Bild, indem man es verkleinert. →

Mikrochip-ABC

- 37 KONTAKTGELEITEN (C4)
- 36 UNTER DRUM METAL (C4)
- 35 ISOLATIONSCHICHT (C4)
- 34 ALUMINIUMLEITBAHN (PUSH PITCH)
- 33 ALUMINIUMLEITBAHN (SPACED)
- 32 KUPFERKONTAKT (PLATING)
- 31 KUPFERKONTAKT (SPACED)
- 30 DIFFUSIONSBARIERE (SPACED)
- 29 VIA STÖCKCHEN 2 (PITCH DER VIA LÖTBR)
- 28 ISOLATIONSCHICHT (CVD)
- 27 KUPFERLEITBAHN (PUSH PITCH)
- 26 KUPFERKONTAKT (SPACED)
- 25 DIFFUSIONSBARIERE (SPACED)
- 24 LEITBAHN STÖCKCHEN 2 (PITCH DER VIA LÖTBR)
- 23 ISOLATIONSCHICHT (CVD)
- 22 KUPFERKONTAKT (PLATING)
- 21 KUPFERKONTAKT (SPACED)
- 20 DIFFUSIONSBARIERE (SPACED)
- 19 VIA STÖCKCHEN 2 (PITCH DER VIA LÖTBR)
- 18 ISOLATIONSCHICHT (CVD)
- 17 KUPFERLEITBAHN (PUSH PITCH)
- 16 KUPFERKONTAKT (SPACED)
- 15 DIFFUSIONSBARIERE (SPACED)
- 14 LEITBAHN STÖCKCHEN 1 (PITCH DER VIA LÖTBR)
- 13 ISOLATIONSCHICHT (CVD)
- 12 VIA STÖCKCHEN 1 (PITCH DER VIA LÖTBR)
- 11 VIA STÖCKCHEN 2 (PITCH DER VIA LÖTBR)
- 10 ISOLATIONSCHICHT (CVD)
- 9 SOURCE/ DRAIN (PUSH PITCH)
- 8 SOURCE/ DRAIN (SPACED)
- 7 GATE/ CONTACT (PUSH PITCH)
- 6 GATE/ CONTACT (SPACED)
- 5 CONTACT/ METALIZATION
- 4 WÄRMELÄITBAHN (PUSH PITCH)
- 3 WÄRMELÄITBAHN (SPACED)
- 2 WÄRMELÄITBAHN (PUSH PITCH)
- 1 ROHER WAFFER

SCHREIT FÜR SCHREIT ZUM MIKROCHIP

1

Themen der Beispielseiten:

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

Zu Besuch in einer Chipfabrik
 Reinstraumtechnik: 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 Zähmung 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 Gartechnik 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?

Kartoffeln schälen, 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 Kräfte, viele Köche und Väter, die ihre Familie oft kochen, können sich zumeist außerdem etwas Besseres vorstellen. Wie sieht es zum Beispiel mit einem guten Koch oder einer schönen Fahrmaschine aus? Schon wieder ein Herz zu zucken?

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, das 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. Natürlich 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 und Kommunikationszentrum der Familie 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 Koch noch selbst erledigen müsste, wenn er das Essen zubereitet. Der Roboter deckt außerdem den Tisch und wäscht ab.

GARAUTOMAT Hat der Roboter die Kartoffeln geschält, das Gemüse geschreddert und das Fleisch gewürzt, legt er das Essen in einen Garautomaten, der es vollautomatisch gart. In unserer Vision gibt es einen Herd mit fünf Plätzen für die Verwendung von «flammen (z. B. Gas) und drei Gas-Plätzen».

WERKZEUGBELASTUNG Der Roboter braucht keine Messer, alle Instrumente, die für die Zubereitung des Essens braucht, wie Messer, Gabeln, Löffel, Schneidmesser und Pörmessers, stecken in einem Werkzeugkoffer – der Roboter kann sie herausnehmen, indem er sie sich an seine Arme steckt.

ROBOTERGEHEICHTE 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.

ÜBERBLICK

1. Küchenroboter bereitet das Essen zu, deckt den Tisch und wäscht ab.
2. Sicherheitssystem: damit der Roboter sich durch die Küche bewegen kann.
3. Kamera: die «Augen» des Roboters.
4. Garautomat: mit fünf Gas-Plätzen (offen) und drei Gas-Plätzen.
5. Küchenwerkzeuge: die kann der Roboter sich auf die Arme stecken.
6. Roboterarm: damit das Essen vorwärts bewegt werden kann.
7. Kühlschrank: geht online einzufristen und füllt sich selbst auf, bei Energiebedarf.
8. Kühlschrank mit integriertem Tablet-PC: das Kontroll- und Kommunikationszentrum der Küche.

INTERNET DER DINGE
Als elektronischen Küchenpartner sprechen miteinander. Sie organisieren den Lebensmittelaufschub und achten auf eine genaue Ernährung aller Familienmitglieder.

Mensch
Küchenroboter
Küchenschrank
Kühlschrank
Kühlschrank

317 Microchip-ABC

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 Garerlebnis – sie bietet die Maß für die 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 Garerlebens 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-Record) 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-Record») adaptieren, die andere Benutzer einer eTajine im Internet auf der Community-Seite www.eTajine.com hinterlegt haben.

Internet-Community: Über www.eTajine.com können Benutzer einer eTajine Record-Daten (eTajine-Record) austauschen und bewerten. Jedes Community-Mitglied kann eigene Record-Daten uploaden 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 Familienkennung und als Schnittstelle ins Internet: Die eTajine besitzt eine iDC-Funkchnittstelle für die Anbindung von Smartphones. Der Benutzer kann die eTajine damit auch per Smartphone steuern. Smart-Apps gibt es unter eTajine.com. Das Smartphone stellt auch die Verbindung ins Internet her.

TAJINE
Seit mehr als 1000 Jahren 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-Zug- und Wasser gefüllt, kühlt der Nagel die Deckelhaube flüssig, die aus dem Essen austritt und verfliegt, kondensiert auf dem gekühlten Ton und tropft vom Deckel in die Gargehäule zurück. Das Essen schmeckt so im eigenen Saft – kein Tropfen der wertvollen Inhaltsstoffe und Aromen der Gewürze verloren. Die Tajine ist also ein besonders schönes Garteschick.

Elektronische Zunge misst die Ionenkonzentration in der Speise.

Kerntemperatur sensor misst die Temperatur im Inneren der Speise.

Temperatursensor misst die Temperatur im Garraum.

Tajine Tontopf aus Gargehäule und geöffneter Deckel.

Druckmessens 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 Garerlebens, stellt die Verbindung ins Internet her.

AUFBAU EINER eTAJINE

341 Microchip-ABC

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

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

BAUSTEINE EINES GARAUTOMATEN

Energiequelle + Gargefäß + Controller + Sensoren + Aktoren + Benutzerschnittstelle = Garautomat

Haben wir das Temperaturniveau bestimmt und die Garzeit gewählt, ist der getriebene Teil der Erwärmanlage an der Reihe. Aus welchen Bausteinen soll unser Garautomat bestehen?

Zu den Grundbausteinen jeglicher Gar-Technik gehören:

- Die **Heizquelle**: Sie erzeugt die Wärme – die Energie, die alle Veränderungen der Nahrung beim Garen bewirkt.
- Das **Gargefäß** (Pfanne, Topf, Bräter): Wir stellen damit das Essen auf Feuer, ohne uns die Hand zu verbrennen. Im Gargefäß bräut, das Essen nicht gleich an, selbst wenn das Feuer mit zu heiß wird. Das Gargefäß fängt die Flüssigkeit auf, die beim Garen aus der Nahrung austritt. Im Gargefäß können wir optimale Bedingungen für den Garprozess schaffen: Wir können den zum Beispiel Öl erhitzen, Wasser kochen oder eine wärmehaltende Garflüssigkeit an die Spitze angießen.

Folgende Prozessparameter und Nahrungsmittelzusammensätze muss der Controller mit seinen Sensoren permanent kontrollieren:

- Die Temperatur der Nahrung und der Garmedien: Was findet der Controller heraus, ob an die Nahrung (z. B. Fleisch und Gemüse) bzw. die Garmedien (z. B. Öl, Wasser und Luft) bereits auf die vorgegebene Temperatur erhitzt hat? Oder ist die Nahrung und das Garmedium noch nicht so heiß geworden sind? Na klar: Indem er ihre Temperatur misst und die Werte die gemessenen Temperaturwerte) mit dem Soll-Wert vergleicht – das ist der Temperaturwert, auf den er die Nahrung bzw. das Garmedium erhitzen soll.
- Grundsätzlich gilt: Je weiter der Garprozess voranschreitet, umso weicher wird die Nahrung. Der Controller kann also anhand der Festigkeit der Nahrung ermitteln, in welcher Phase der Garprozesses er sich befindet, und wenn der Augenblick gekommen ist, in dem er den Garprozess beenden muss, ist die Nahrung weit genug, muss er vom Herd.

Die Gardedauer von Fleisch nimmt beim Kurzbraten mit dem Proteingehalt zu, beim Zergaren mit dem Kollagen-Gehalt. Die Wundlung des Kollagens in Gelatine dauert beim kollagenreichen Rohfleisch sehr viel länger als bei Geflügelfleisch, das weniger Kollagen enthält. Die Gardedauer von Gemüse wächst mit dem Zuckergehalt. Der Controller muss deshalb vor dem Gargstart herausfinden, welche Fleisch- und oder Gemüsearten er garen soll. Sensoren können mithilfe der Identifikation des Nahrungsmittels unterstützen.

Beim Kurzbraten wächst die Gardedauer mit der Dicke des Steaks, beim Zergaren wächst die Länge der Anwachphase mit der Dicke des Bratens. Die Anwachphase ist die Zeit, die vergeht, bis der Kern des Fleisches die vorgegebene Temperatur erreicht hat. Soll der Controller beim Kurzbraten die Gardedauer und beim Zergaren die Länge der Anwachphase vor dem Gargstart berechnen können, muss er fähig die Dicke des Steaks bzw. das Braten mit einem geeigneten Sensor messen.

Zum elektrischen Teil des Gerätes gehören außerdem:

- **Aktoren** – sprich: Schalter und Stellglieder. Der Controller bedient damit den Automaten. Er schaltet die Energiequelle ein und stellt ihre Leistung herab- oder herab. Mit Hilfe der Aktoren spricht der Controller mechanische Vorrichtungen an und steuert sie. Ein System elektrischer Verbindungen – so der Regel sichere Verdrahtung –



Übernimmt die Energiequelle und steuert die Leistung des Controllers an die Aktoren und überträgt die Messdaten der Sensoren an den Controller.

Jeder Garautomat benötigt eine **Benutzerschnittstelle** – eine Bedienoberfläche. Der Fachjargon ist: Mensch-Maschine-Schnittstelle (MMS).

Mit Hilfe der MMS übergibt der Benutzer dem Controller die Informationen, die er braucht, um die Nahrung wunschgemäß zu garen. Der Benutzer muss dem Controller z. B. folgende Dinge mitteilen:

• Was ist der garen: Fleisch, Fisch, Gemüse, Kartoffeln oder Soft-Spice-Frühstück.

• Welche Garparameter soll er dabei einhalten? Soll er ein Steak kurzgaren, so muss der Benutzer ihm sagen, ob er sich das Fleisch wohl, wasser oder wärme-wünscht. Der Controller informiert den Benutzer mit Hilfe der Schnittstelle über den Status der Programmablaufung.

Wird das Innere der Dinge heute lautzuständig, so ist das jeder Garautomat.

Benutzt unser Automaten unbedingt auch ein Internet-Anschluss.

Mit einem Internet-Anschluss wachsen neue phantasievolle Nutzungsmöglichkeiten, die wir ohne Internet-Zugang nicht hätten. Dafür zwei Beispiele: Kann der Garautomat – dank seines Internet-Zugangs – mit anderen Kochgeräten und Geräten sprechen, so könnte er z. B. herausfinden, welche Nahrungsmittel sich gerade im Kühlschrank, in den Vorratsschränken und im Gewürzregal befinden. Er könnte dem Benutzer dann entsprechende Speise- und Rezeptvorschläge unterbreiten. Via Internet könnte er außerdem mit Garautomaten

3

DIE RICHTIGE GARTECHNIK

Grillen schlägt Braten, Schmoren und Dünsten perfekt

Nehmen wir die Temperaturunterschiede bei den verschiedenen Grillarten. Grillen ist die richtige Gartechnik, um Fleisch zu garen. Grillen ist die richtige Gartechnik, um Fleisch zu garen. Grillen ist die richtige Gartechnik, um Fleisch zu garen.

DAS KAM BEI UNSERER PRÜFUNG HERAUS:

BRATEN So braten Profiköche Steaks. Sie erhellen Öl in einer Pfanne auf 190 bis 200 Grad Celsius, um es kurz nach geben, um es kurz und scharf anzubräunen. Das Substrat enthält einen Bräunungsaktivator, der die Bräunung beschleunigt.

BRATEN So braten Profiköche Steaks. Sie erhellen Öl in einer Pfanne auf 190 bis 200 Grad Celsius, um es kurz nach geben, um es kurz und scharf anzubräunen. Das Substrat enthält einen Bräunungsaktivator, der die Bräunung beschleunigt.

GRILLEN

Das Gargen vom Beispiel Fleisch oder Gemüse liegt auf einem Rost oder einem Blech oder es geht sich am Spieß. Eine oder mehrere Holzspalten unter dem Rost oder dem Blech oder dem Spieß erhellen das Gargut mit ihrer Wärme.

GRILLEN Das Gargen vom Beispiel Fleisch oder Gemüse liegt auf einem Rost oder einem Blech oder es geht sich am Spieß. Eine oder mehrere Holzspalten unter dem Rost oder dem Blech oder dem Spieß erhellen das Gargut mit ihrer Wärme.

BRÄUNEN

Das Bräunen ist perfekt für das Zergaren (Zerlegen) und es ist das höchste automatische, was das Zergaren des Garggutes in den Topf bräunen und was es richtig richtig ist, das Fleisch zu bräunen.

BRÄUNEN Das Bräunen ist perfekt für das Zergaren (Zerlegen) und es ist das höchste automatische, was das Zergaren des Garggutes in den Topf bräunen und was es richtig richtig ist, das Fleisch zu bräunen.

DÜNSTEN

Das Dünsten ist perfekt für das schonende Garmatzhalten (Bräunen) und es ist das höchste automatische, was das Zergaren des Garggutes in den Topf bräunen und was es richtig richtig ist, das Fleisch zu bräunen.

DÜNSTEN Das Dünsten ist perfekt für das schonende Garmatzhalten (Bräunen) und es ist das höchste automatische, was das Zergaren des Garggutes in den Topf bräunen und was es richtig richtig ist, das Fleisch zu bräunen.

LESEPROBE

Auf der Suche nach der richtigen Idee

Wie Unternehmen den Innovationsprozess organisieren

Wie finden Unternehmen den richtigen Weg der Innovation? Wer und was gibt ihnen die entscheidenden Hinweise, auf welche Technologien, Produkte und Produkteigenschaften sie ihre Innovationsanstrengungen richten müssen?

Innovationsimpulse

Manager, Ingenieure und Innovationsforscher sind sich einig, dass jedes Unternehmen vier Dinge ständig im Auge behalten muss:

- Die Kunden und ihre Bedürfnisse: unzufriedene Kunden signalisieren Innovationsbedarf, die Wünsche der Kunden weisen die Richtung der Innovation;

- Schlüsseltechnologien, wie die Mikroelektronik, die völlig neue Innovationsmöglichkeiten eröffnen: Sie bieten die Chance zu großen Innovationsstrümpfen;
- die Position des Unternehmens und seiner Produkte im Vergleich zu seinen Wettbewerbern: kein Unternehmen kann es sich leisten auf Dauer hinter seine Wettbewerber zurückzufallen;
- Gesetze und Verordnungen, die komplette Wirtschaftszweige zur Innovation zwingen (das können zum Beispiel strengere Emissionsauflagen im Interesse des Klimaschutzes sein), sowie Deregulierungsmaßnahmen des Staates, die neue Innovationspielräume eröffnen. Ein Beispiel ist die Abschaffung staatlicher Monopole. So hat

die Öffnung des Telekommunikationsmarktes für private Anbieter der Mobilfunktechnik einen kräftigen Schub verpasst.

Diese vier Dinge signalisieren jeder Firma, wo sie Innovationsanstrengungen unternehmen muss und wo sich ihr Innovationschancen eröffnen.

Spätestens, wenn es auf einem der vier Felder Probleme gibt, muss jede Firma handeln: Wenn Kunden mit Produkten unzufrieden sind – denn das kann zur Folge haben, dass sie sich von der Firma abwenden; wenn Konkurrenten neue Schlüsseltechnologien früher und konsequenter nutzen, denn das kann bedeuten, dass sie im Wettbewerb uneinholbar davonziehen...

4

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

amun

ANVO-SYSTEMS DRESDEN
ADVANCED NON-VOLATILE SYSTEMS



BOSCH
Technik fürs Leben

cādence

CREATIVECHIPS[®]
MICROELECTRONICS

COOL SILICON
energy efficiency innovations from silicon savants



Dresden.
TECHNOLOGY



elmosⁱⁱ



GLOBALFOUNDRIES[®]

HEIDENHAIN



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