



2023

## 18. Geïntegreerde schakelingen

R2: SCRAPY-gids

Projectnummer: **2021-1-FR01-KA220-SCH-000031617**



 Co-funded by  
the European Union

De steun van de Europese Commissie voor de productie van deze publicatie houdt geen goedkeuring in van de inhoud, die uitsluitend de standpunten van de auteurs weergeeft, en de Commissie kan niet verantwoordelijk worden gehouden voor het gebruik van de informatie die erin is vervat.

ECAM EPMI  
30/04/2023

## Inhoudsopgave

1 Inleiding.....	2
2 Binnen in het IC.....	2
3 IC-pakketten.....	4
4 Polariteitsmarkering en pinnummering .....	4
5 Montagestijl.....	5
5.1 DIP (Dual in-line packages) .....	5
5.2 Oppervlaktemontage (SMD/SMT) verpakkingen .....	6
5.3 Kleine omtrek (SOP).....	7
5.4 Viervoudige platte pakketten.....	7
5.5 Kogelrasters .....	8
6 Algemene IC's.....	9
6.1 Logische poorten, timers, shiftregisters, enz. ....	9
6.2 Microcontrollers, microprocessors, FPGA's, enz. ....	10
6.3 Sensoren .....	10
7 Conclusie .....	10

## 1 Inleiding

Geïntegreerde schakelingen (IC's) vormen de hoeksteen van de moderne elektronica. Ze vormen het hart en het brein van de meeste schakelingen. Het zijn de alomtegenwoordige kleine zwarte "chips" die je op zowat elke printplaat vindt. Tenzij je een soort gekke, analoge elektronicatovenaar bent, heb je waarschijnlijk minstens één IC in elk elektronica-project dat je bouwt, dus is het belangrijk om ze te begrijpen, van binnen en van buiten.



*Geïntegreerde schakelingen zijn de kleine zwarte "chips" die overal in ingebedde elektronica te vinden zijn.*

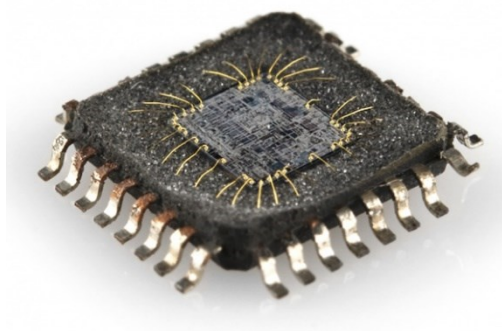
Een IC is een verzameling elektronische onderdelen -- **weerstand, transistors, condensatoren**, enz. -- allemaal in een kleine chip gepropt en verbonden om een gemeenschappelijk doel te bereiken. Ze zijn er in allerlei soorten en maten: single-circuit logische poorten, op amps, 555 timers, spanningsregelaars, motorcontrollers, microprocessoren, FPGA's... de lijst gaat maar door.

**Wordt in deze les behandeld:**

- De samenstelling van een IC
- Algemene IC-pakketten
- IC's identificeren
- Veelgebruikte IC's

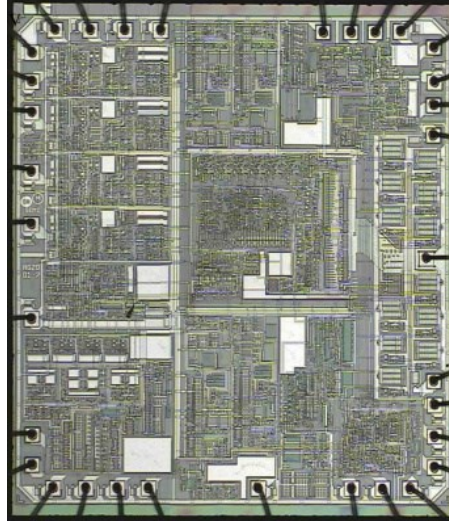
## 2 Binnen in het IC

Als we aan geïntegreerde schakelingen denken, denken we aan kleine zwarte chips. Maar wat zit er in dat zwarte doosje?



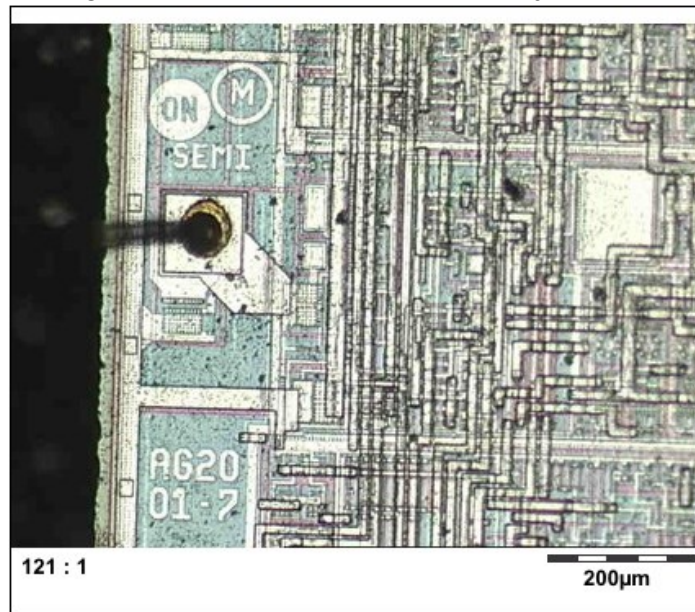
*De ingewanden van een geïntegreerde schakeling zijn zichtbaar nadat de bovenkant is verwijderd.*

Het echte "vlees" van een IC is een complexe gelaagdheid van halfgeleiderplakken, koper en andere materialen die onderling verbonden zijn om transistors, weerstanden of andere componenten in een circuit te vormen. De gesneden en gevormde combinatie van deze wafers wordt een **matrijs** genoemd.



*Een overzicht van een IC-matrijs.*

Hoewel het IC zelf piepklein is, zijn de wafers van halfgeleiders en de lagen koper waaruit het bestaat ongelooflijk dun. De verbindingen tussen de lagen zijn zeer ingewikkeld. Hierboven zie je een ingezoomde doorsnede van de matrijs:



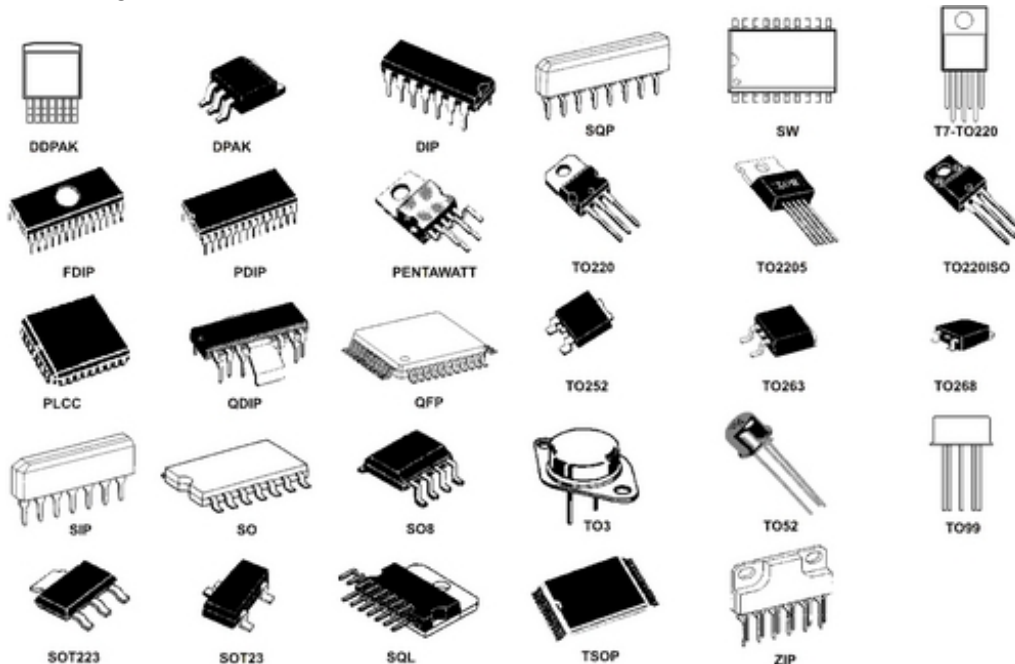
*Een ingezoomde IC-matrijs*

Een IC-matrijs is de schakeling in zijn kleinste vorm, te klein om te solderen of om verbinding mee te maken. Om onze taak om verbinding te maken met de IC te vergemakkelijken, verpakken we de chip. De IC-verpakking verandert de delicate, kleine matrijs in de zwarte chip die we allemaal kennen.

### 3 IC-pakketten

Het omhulsel omhult de matrijs van de geïntegreerde schakeling en splitst hem uit in een apparaat waarop we gemakkelijker kunnen aansluiten. Elke buitenste aansluiting op de matrijs is via een klein stukje gouddraad verbonden met een **pad** of **pin** op de verpakking. Pinnen zijn de zilveren, uitstekende terminals op een IC, die verbonden zijn met andere onderdelen van een circuit. Deze zijn van het grootste belang voor ons omdat ze verbinding maken met de rest van de componenten en draden in een circuit.

Er zijn veel verschillende soorten pakketten, elk met unieke afmetingen, montagetypen en/of pintellingen.



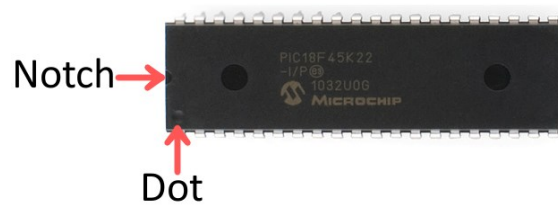
*Verskillende soorten IC-pakketten.*

### 4 Polariteitsmarkering en pinnummering

Alle IC's zijn gepolariseerd en elke pin is uniek, zowel qua locatie als functie. Dit betekent dat de verpakking een manier moet hebben om aan te geven welke pin welke is. De meeste IC's gebruiken een **inkeping** of een **punt** om aan te geven welke pin de eerste is. (Soms beide, soms een van beide).

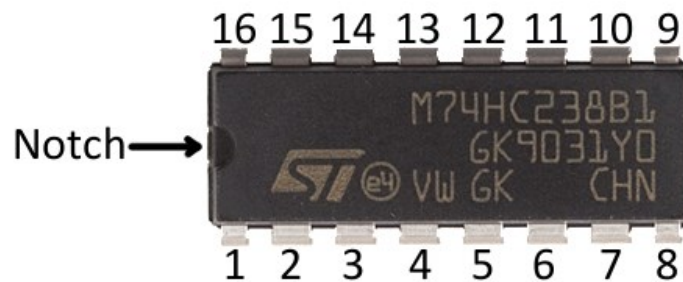
Als je eenmaal weet waar de eerste pin zit, nemen de overige pinnummers opeenvolgend toe naarmate je tegen de klok in rond de chip beweegt.




*Polariteitsmarkering en pinnummering*

## 5 Montagestijl

Een van de belangrijkste kenmerken van pakkettypes is de manier waarop ze op een printplaat worden gemonteerd. Alle pakketten vallen in een van de twee montagestijlen: **doorlopend** (PTH) of opbouw (SMD of SMT). Doorvoerpakketten zijn groter en veel gemakkelijker om mee te werken. Ze zijn ontworpen om door de ene kant van een printplaat gestoken te worden en aan de andere kant gesoldeerd te worden.


*Montagestijl*

Opbouwpakketten variëren in grootte van klein tot minuscule. Ze zijn allemaal ontworpen om aan één kant van een printplaat te zitten en aan het oppervlak gesoldeerd te worden. De pinnen van een SMD-pakket steken uit de zijkant, loodrecht op de chip, of staan soms in een matrix aan de onderkant van de chip. IC's met deze vormfactor zijn niet erg "handmontagevriendelijk". Er is meestal speciaal gereedschap voor nodig.

### 5.1 DIP (Dual in-line packages)

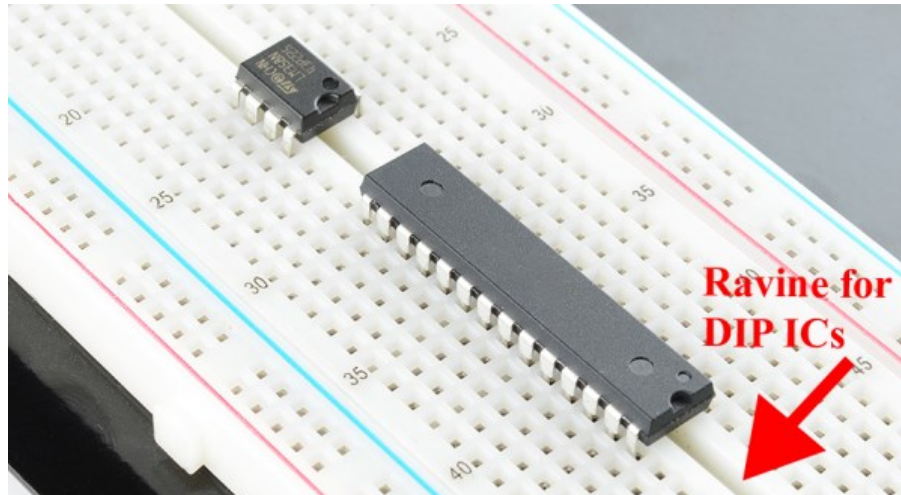
DIP, kort voor dual in-line package, is de meest voorkomende IC-verpakking die je tegenkomt. Deze kleine chips hebben twee parallelle rijen pinnen die loodrecht uit een rechthoekige, zwarte, plastic behuizing steken.


*De 28-pins ATmega328 is een van de populairdere DIP-verpakte microcontrollers.*

Elke pin op een DIP IC heeft een tussenruimte van 2,54 mm, wat een standaard tussenruimte is die perfect past op breadboards en andere prototypeborden. De totale

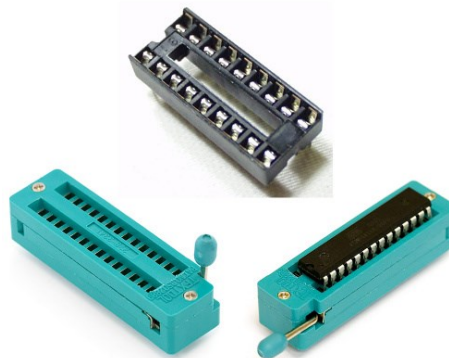
afmetingen van een DIP-pakket zijn afhankelijk van het aantal pinnen, dat kan variëren van vier tot 64.

Het gebied tussen elke rij pennen is perfect verdeeld om DIP IC's in het midden van een breadboard te plaatsen. Hierdoor heeft elk van de pinnen zijn eigen rij op het bord en kunnen ze geen kortsluiting maken.



#### *IC's gebruikt in breadboards*

Behalve in breadboards kunnen DIP IC's ook **in printplaten worden gesoldeerd**. Ze worden in de ene kant van de printplaat gestoken en aan de andere kant vastgesoldeerd. In plaats van rechtstreeks aan het IC te solderen, is het soms een goed idee om de chip in een socket te steken. Met behulp van **sockets kan** een DIP IC worden verwijderd en vervangen als het toevallig "zijn blauwe rook laat ontsnappen".



*Een gewone DIP-aansluiting (boven) en een ZIF-aansluiting met en zonder IC.*

## 5.2 Oppervlaktemontage (SMD/SMT) pakketten

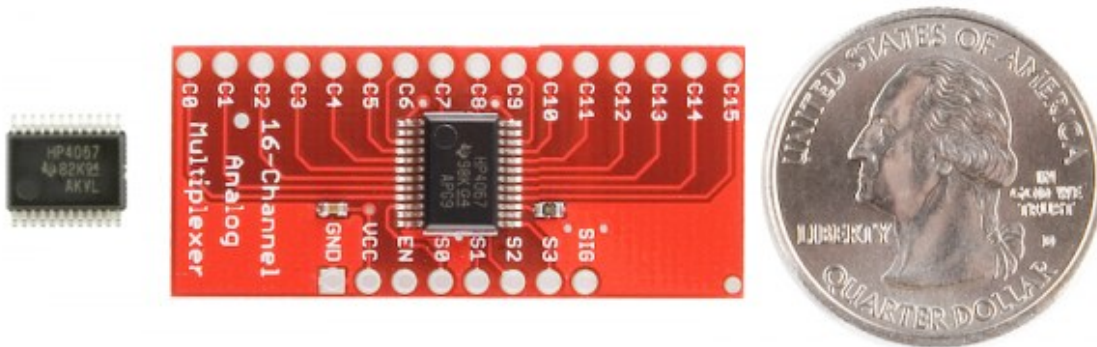
Er is tegenwoordig een enorme variëteit aan typen opbouwverpakkingen. Om te werken met IC's met opbouwmontageverpakking, moet er meestal een aangepaste printplaat (PCB) voor worden gemaakt, met een passend koperpatroon waarop ze worden gesoldeerd.

Hier zijn een paar van de meest voorkomende SMD-pakkettypes die er zijn, variërend in handsoldeerbaarheid van "te doen" tot "te doen, maar alleen met speciaal gereedschap" tot "alleen te doen met zeer speciaal, meestal geautomatiseerd gereedschap".

### 5.3 Kleine omtrek (SOP)

SOIC-pakketten (Small-outline IC) zijn de oppervlaktemontage neef van de DIP. Het is wat u krijgt als u alle pinnen van een DIP naar buiten buigt en verkleint. Met een vaste hand en een gesloten oog behoren deze pakketten tot de eenvoudigste SMD-onderdelen om met de hand te solderen. Bij SOIC-pakketten staat elke pin meestal ongeveer 1,27 mm uit elkaar.

De SSOP (shrink small-outline package) is een nog kleinere versie van SOIC-pakketten. Andere, vergelijkbare IC-pakketten zijn TSOP (thin small-outline package) en TSSOP (thin-shrink small-outline package).

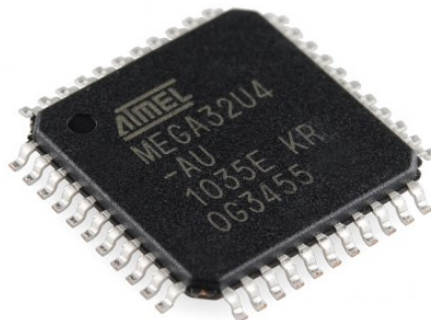


*Een 16-kanaals multiplexer (CD74HC4067) in een 24-pins SSOP-behuizing. Gemonteerd op een printplaat in het midden (kwart toegevoegd ter vergelijking).*

Veel van de meer eenvoudige, op één taak gerichte IC's zoals de MAX232 of multiplexers worden geleverd in SOIC of SSOP vormen.

### 5.4 Viervoudige platte pakketten

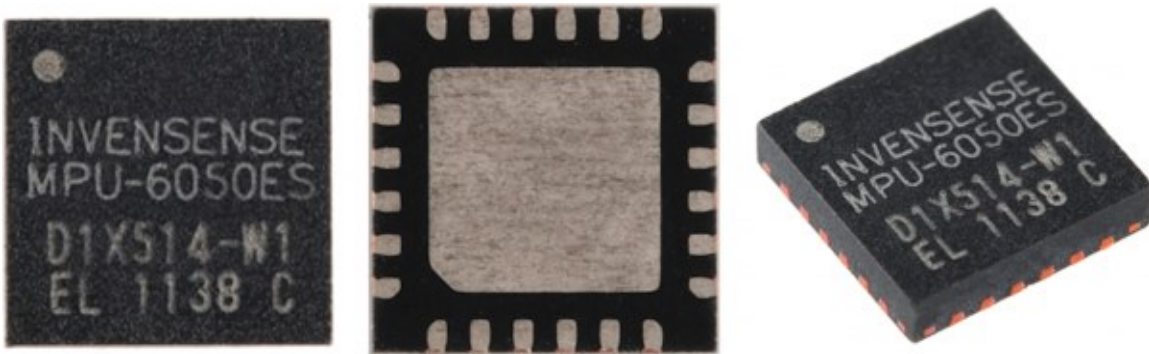
Als je de IC-pennen in alle vier de richtingen uitspreidt, krijg je iets dat eruitziet als een quad-flat package (QFP). QFP IC's kunnen acht pinnen per kant hebben (32 in totaal) tot meer dan zeventig (meer dan 300 in totaal). De afstand tussen de pinnen op een QFP IC varieert meestal van 0,4 mm tot 1 mm. Kleinere varianten van het standaard QFP pakket zijn dunne (TQFP), zeer dunne (VQFP) en low-profile (LQFP) pakketten.





*De ATmega32U4 zit in een 44-pins (11 aan elke kant) TQFP-pakket.*

Als je de pootjes van een QFP IC afschuurt, krijg je iets dat eruitziet als een **quad-flat no-leads (QFN)** pakket. De aansluitingen op QFN-pakketten zijn kleine, onbedekte pads op de onderste hoekranden van het IC. Soms lopen ze rond en zijn ze blootgesteld aan zowel de zijkant als de onderkant, andere pakketten leggen alleen de pad bloot aan de onderkant van de chip.



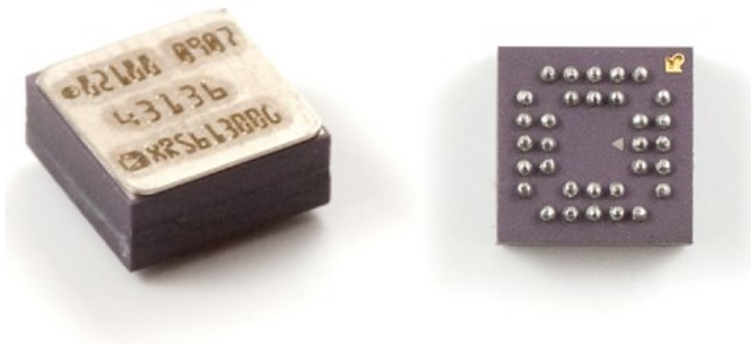
*De veelzijdige MPU-6050 IMU-sensor wordt geleverd in een kleine QFN-behuizing, met in totaal 24 pennen aan de onderrand van het IC.*

Dunne (TQFN), zeer dunne (VQFN) en micro-lead (MLF) pakketten zijn kleinere varianten van de standaard QFN-pakket. Er zijn zelfs dual no-lead (DFN) en thin-dual no-lead (TDFN) pakketten, die pinnen aan slechts twee van de zijden hebben.

Veel microprocessoren, sensoren en andere moderne IC's worden geleverd in QFP- of QFN-pakketten. De populaire ATmega328 microcontroller wordt aangeboden in zowel een TQFP-pakket als een QFN-type (MLF) vorm, terwijl een kleine versnellingsmeter/gyroscoop zoals de MPU-6050 wordt geleverd in een minuscule QFN vorm.

## 5.5 Kogelrasters

Ten slotte zijn er voor de echt geavanceerde IC's de ball grid array (BGA) pakketten. Dit zijn verbazingwekkend ingewikkelde pakketjes waarbij kleine soldeerbolletjes in een 2-D raster op de onderkant van het IC worden geplaatst. Soms zijn de soldeerbolletjes rechtstreeks aan de matrijs bevestigd!



### IC-kogelrasters

BGA-pakketten zijn meestal gereserveerd voor geavanceerde microprocessors, zoals die in de pcDuino of Raspberry Pi.

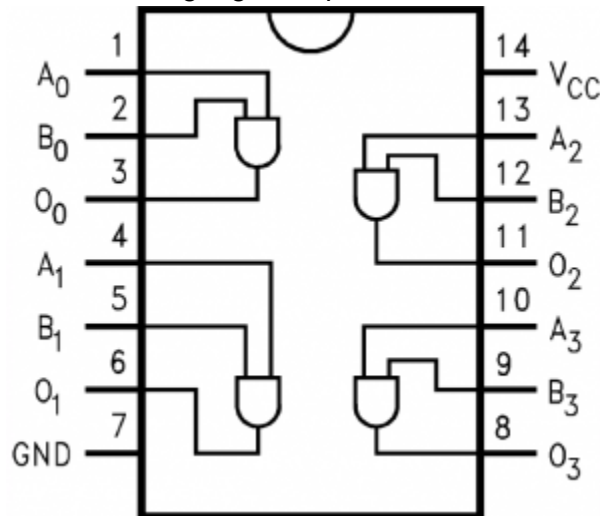
Als je een BGA-IC met de hand kunt solderen, beschouw jezelf dan als een soldeerexpert. Gewoonlijk vereist het solderen van deze pakketten op een printplaat een geautomatiseerde procedure met pick-and-place-machines en reflow-ovens.

## 6 Gemeenschappelijke IC's

Geïntegreerde schakelingen komen in zoveel vormen voor in de elektronica, dat het moeilijk is om alles te behandelen. Hier zijn een paar van de meest voorkomende IC's die je kunt tegenkomen in educatieve elektronica.

### 6.1 Logische poorten, timers, shiftregisters, enz.

Logische poorten, de bouwstenen van veel meer IC's zelf, kunnen worden verpakt in hun geïntegreerde circuit. Sommige IC's met logische poorten bevatten een handvol poorten in één pakket, zoals deze vier-in-ingang AND poort:



### Logische poorten in een IC

Logische poorten kunnen verbonden worden in een IC om timers, tellers, latches, schuifregisters en andere logische basisschakelingen te maken. De meeste van deze

eenvoudige schakelingen zijn te vinden in DIP-pakketten, SOIC-pakketten en SSOP-pakketten.

## 6.2 Microcontrollers, microprocessors, FPGA's, enz.

Microcontrollers, microprocessors en FPGA's, die allemaal duizenden, miljoenen en zelfs miljarden transistors in kleine chips verpakken, zijn allemaal geïntegreerde schakelingen. Deze componenten bestaan in een breed scala van functionaliteit, complexiteit en grootte; van een 8-bit microcontroller zoals de ATmega328 in een Arduino, tot een complexe 64-bit, multi-core microprocessor die de activiteit in je computer organiseert.

Deze componenten zijn meestal de grootste IC's in een circuit. Eenvoudige microcontrollers zijn te vinden in verpakkingen variërend van DIP tot QFN/QFP, met pintellingen ergens tussen de acht en honderd. Naarmate deze componenten complexer worden, wordt ook de behuizing complexer. FPGA's en complexe microprocessors kunnen meer dan duizend pinnen hebben en zijn alleen verkrijgbaar in geavanceerde pakketten zoals QFN, LGA of BGA.

## 6.3 Sensoren

Moderne digitale sensoren, zoals temperatuursensoren, versnellingsmeters en gyroscopen zitten allemaal verpakt in een geïntegreerde schakeling.

Deze IC's zijn meestal kleiner dan de microcontrollers of andere IC's op een printplaat, met pintellingen tussen de drie en twintig. DIP sensor IC's worden een zeldzaamheid, omdat moderne componenten meestal te vinden zijn in QFP, QFN en zelfs BGA-pakketten.

## 7 Conclusie

Geïntegreerde circuits zijn aanwezig in vrijwel elk circuit dat er bestaat. Nu je bekend bent met IC's, kun je dit gerelateerde concept eens bekijken:

- **PCB Basisprincipes** - IC's moeten op de een of andere manier met een circuit verbonden worden. Meestal solderen we een IC aan een printplaat (PCB). Bekijk deze tutorial om meer te leren over deze kleine groene printplaten.
- **Seriële communicatie, seriële perifere interface (SPI) en I2C** - Dit zijn alle drie communicatieprotocollen die IC's gebruiken om met elkaar te communiceren.