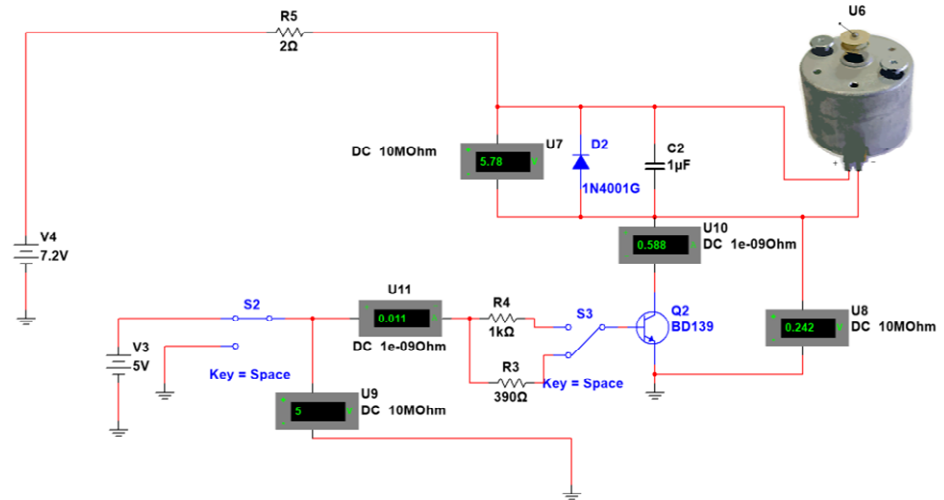


- DC-motoren
 - Hebben meer stroom nodig dan Arduino kan leveren
 - Kunnen spanningspieken veroorzaken die schadelijk zijn voor elektronische componenten en arduino
- Best DC-motor isoleren van arduino en aansturen met een tweede voeding
- Via transistor kan je de motor aan- en uitzetten op een veilige manier
- Met PWM kan je de snelheid van de motor regelen
- Motor en arduino van een afzonderlijke voeding voorzien
 - Verkleint de kans dat door vergissing van bedrading te hoge spanning op Arduino terecht komt
 - Afzonderlijke voeding kan hogere spanningen en grotere stroomsterktes leveren dan deze voor Arduino
 - Niet vergeten de massa's van beide voedingen met elkaar verbinden

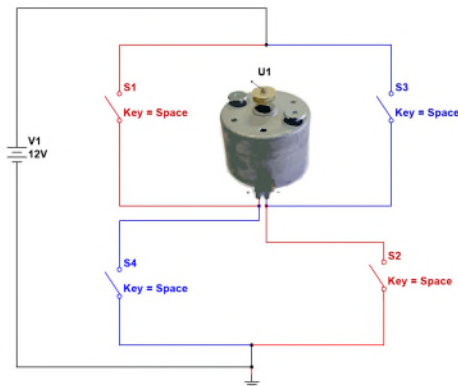
-



- H-brug heeft 4 hoofdtoestanden

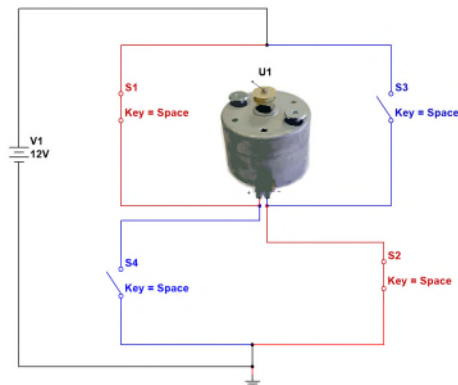
OPEN

Alle schakelaars staan open waardoor de motor niet kan draaien



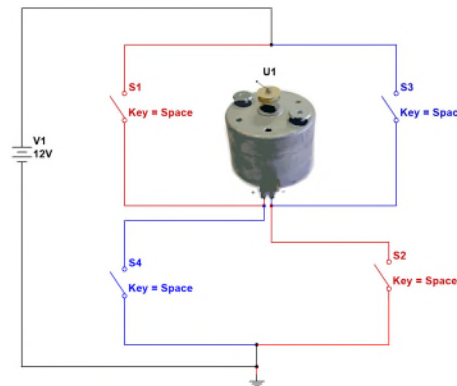
Voorwaarts rijden

S1 en S2 zijn dicht, S3 en S4 zijn open waardoor de spanning over de motor staat en de +12 V aangelegd aan +-ingang motor



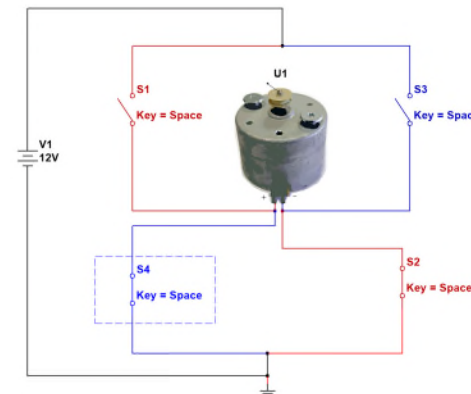
Achterwaarts rijden

S1 en S2 zijn open, S3 en S4 zijn dicht waardoor de spanning over de motor staat en de +12 V aangelegd aan --ingang motor



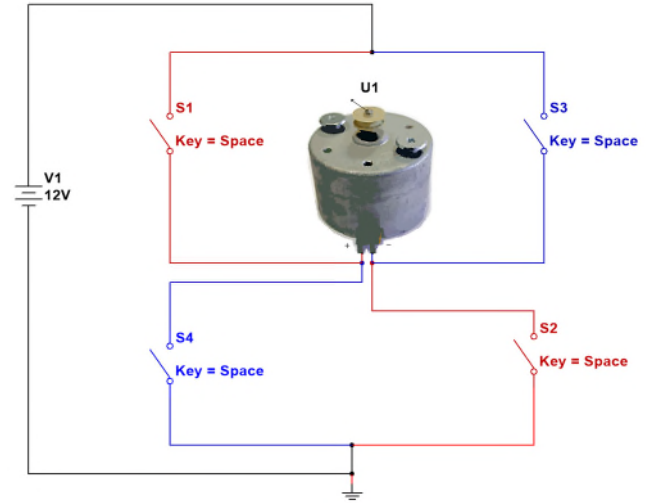
Remmen

S1 en S3 zijn open, S2 en S4 zijn dicht waardoor alle overblijvende beweging door massa en snelheid wordt geblokkeerd



H-brug om de draairichting van de motor te bepalen

- Kortsluitingen veroorzaken met H-bridgen
 - Hoe?
 - Gelijktijdig S1 en S4 sluiten
 - Gelijktijdig S2 en S3 sluiten
 - Kortsluiting vindt plaats
 - Grote kans op batterijschade
 - Grote hoeveelheid warmteontwikkeling waar plastic kan smelten



- Door de H-brug verkeerd te programmeren kan je hardwareschade oplopen
- Daarom best bij veranderen draairichting steeds eerst de open toestand programmeren zodat bij zeer snel schakelen vermeden wordt dat kortsluiting ontstaat vermits geen enkele schakelaar gedurende een fractie tijd gesloten blijft.

- H-brug kan gemaakt worden met SN754410 Quadruple Half-H Driver
- Bevat ingebouwde thermische beveiliging dat de hardware spanningsloos plaats als er kortsluiting optreedt

- Bevat ingebouwde thermische beveiliging (tegen kortsluiting hardware) spanningsloos plaats als er

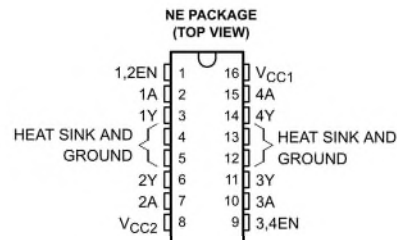


Table 1. Function Table⁽¹⁾

INPUTS ⁽²⁾		OUTPUTS
A	EN	Y
H	H	H
L	H	L
X	L	Z

- (1) H = high-level
L = low-level
X = irrelevant
Z = high-impedance (off)
- (2) In the thermal shutdown mode, the output is in a high-impedance state regardless of the input levels.

- GND (Pin 4,5, 12 & 13) : 4 middelste pinnen verbonden met n voedingen 5V en 7,2V een gedeelde massa hebben
- V_{CC2} (pin 8) : V_{CC2} levert stroom aan de motor (9V)
- V_{CC1} (pin 16) : V_{CC1} levert stroom aan de logica van het IC (TTL-niveau)
- 1Y en 2Y (pin 3 & 6) : De uitgang van de linkse driver (motor mee verboden)
- 1A en 2A (pin 2 & 7): De schakeltoestanden van de schakelaars aan de linkerzijde worden hiermee bestuurd (verbonden met I/O pennen arduino voor toggling)
- 1,2EN (pin 1) enable en disable de linkse driver, verbonden met een PWM-pen van arduino zo dat de snelheid dynamisch gecontroleerd kan worden.
- 3Y en 4Y (pin 11 & 14) : De uitgang van de rechtse driver (motor mee verboden)
- 3A en 4A (pin 10 & 15): De schakeltoestanden van de schakelaars aan de rechterzijde worden hiermee bestuurd (verbonden met I/O pennen arduino voor toggling)
 - 3,4EN (pin 9) enable en disable de rechtse driver, als de rechtse driver niet gebruikt wordt, wordt deze pin aan massa aangesloten; in het andere geval aan PWM-pin

Typical Application

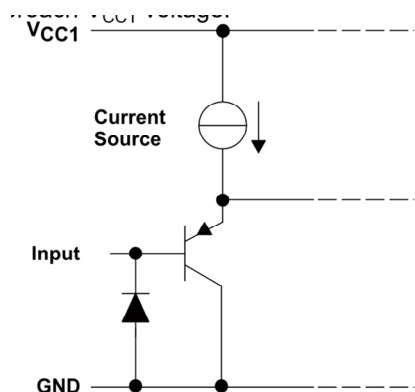
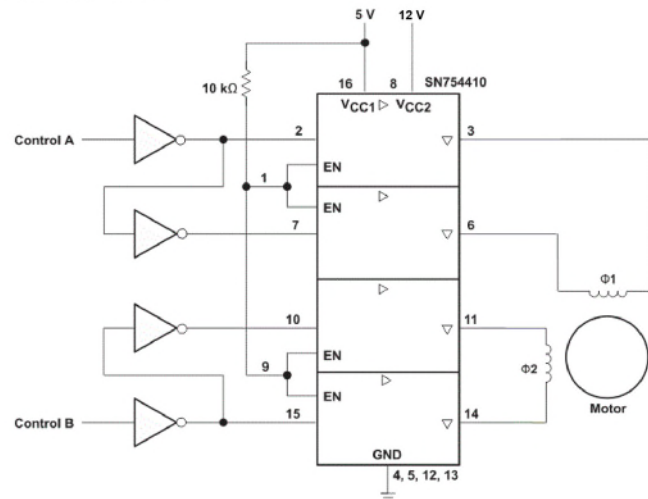
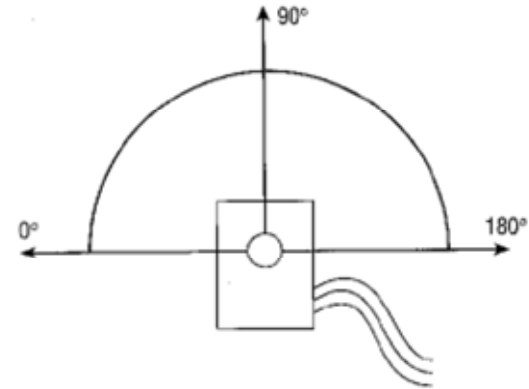


Figure 6. Equivalent of Each Input

Wat is een servomotor?

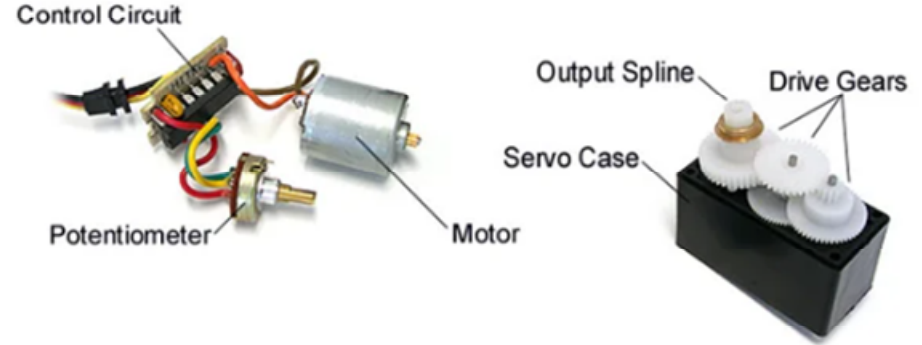
Principe servomotor:

- Stroom aansturen => draait rond zijn as
- Motor draait => gebruiker meestal geen idee over de hoek en snelheid waarmee motor draait => sensoren nodig om dit te weten te komen.
- Servomotoren verschillen van andere motoren door precies de hoek te kennen waar ze zich bevinden en hun positie naar behoefte aan te passen.
- De meeste servomotoren kunnen niet 360 graden draaien; in plaats daarvan zijn ze vaak beperkt tot een bepaald bereik. De meeste servomotoren hebben 180 graden van rotatie, zoals getoond in Figuur

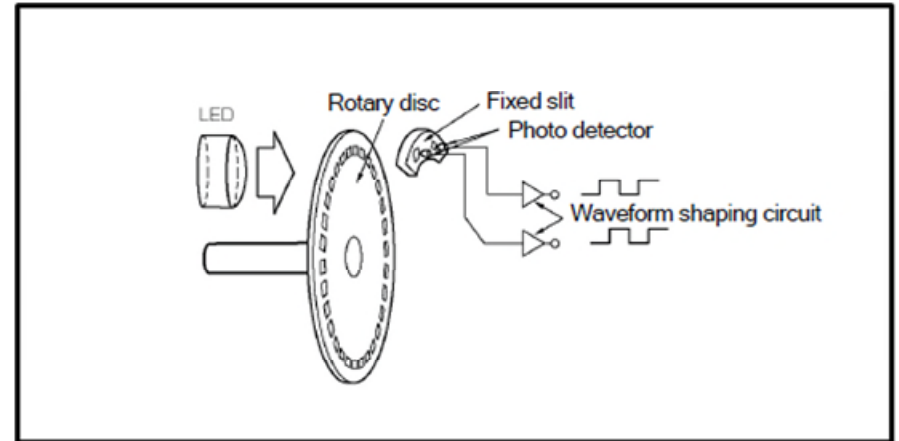


Hoe kan je de positie van een servomotor te weten komen?

- Gebruik van potentiometer (eenvoudig)



- Gebruik van een gecodeerd optisch wiel om nauwkeurige informatie te krijgen (meer geavanceerde motoren)



Hoe kan je de positie van een servomotor te weten komen?

Oorsprong servomotor;

- Gebruikt in radar en luchtafweergeschut WOII
 - Radar vereist dat de hoek van de zender en ontvanger bekend is, omdat de positie van het vliegtuig moet worden berekend en weergegeven op een scherm.
 - Luchtafweergeschut moet onder een precieze hoek worden geplaatst, afhankelijk van de resultaten van de berekening, en servomotoren kunnen zware belastingen veel sneller onder de juiste hoek plaatsen dan mensen en met meer betrouwbaarheid.

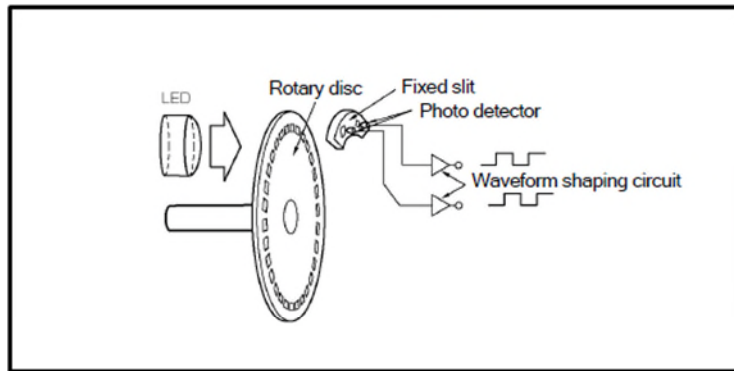
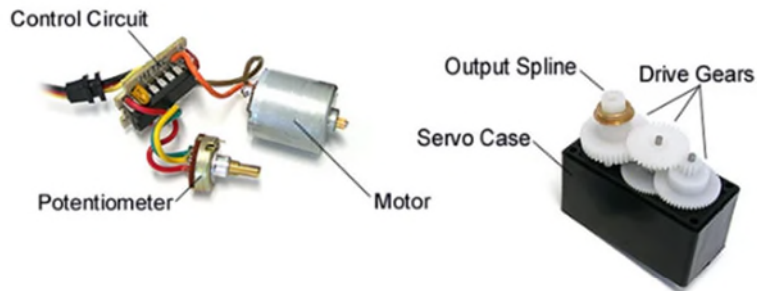
Definitie servomotor?

Een servomotor is een motorassemblage met extra sensoren en logica.

Kortom, een ingebouwde microcontroller leest de hoek van de uitgangsas en bestuurt een kleine motor.

De meeste motoren vereisen slechts twee draden: een voor het vermogen en een voor de grond.

Stappenmotoren zijn iets anders, met verschillende draden om een motor te verplaatsen door een bepaald aantal graden, maar nog steeds geen embedded intelligentie. Servomotoren zijn verschillend; de meeste vereisen drie draden. Een draad is voor het vermogen, een is voor de massa-aansluiting, en de derde is voor het verzenden van orders naar de servomotor.

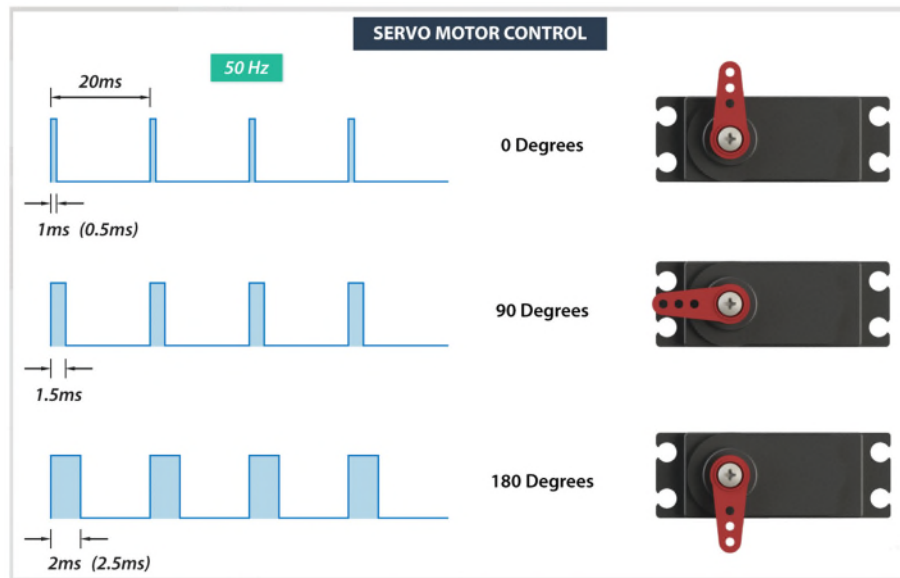


Aansturen servomotor?

Servomotoren gebruiken pulsbreedtemodulatie (PWM) om instructies te ontvangen.

Een servo verwacht elke 20 milliseconden een puls. De lengte van de puls instrueert de servomotor om naar een specifieke hoek te gaan. De PWM-signalen variëren tussen 0,5 en 2,5 milliseconden.

- Een puls van 1/2 milliseconde instrueert de servomotor om naar zijn minimale positie te gaan,
- een puls van 2 1/2 milliseconde vertelt de Servo-motor om naar zijn maximale positie te gaan.
- Een puls van 1,25 milliseconde gaat naar de centrale positie.

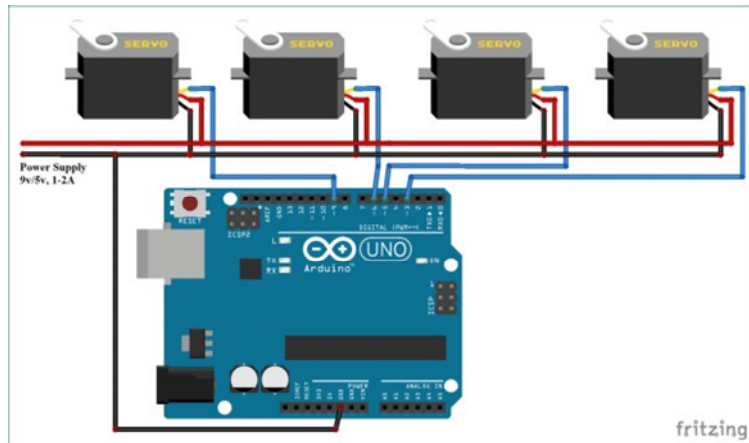


Hoe kan arduino met PWM een servomotor aansturen?

De PWM-interface op een Arduino heeft niet dezelfde timing als de controlelogica van een servomotor => gemakkelijk om een fout te maken en een puls langer dan 2 milliseconden te maken.

Gelukkig maakt de Arduino abstractielaag dit uiterst eenvoudig, waarvoor slechts een paar instructies nodig zijn.

- De meeste boards maken het mogelijk om op elk moment tot 12 Servomotoren aan te sluiten, met uitzondering van de Arduino Mega, die tot 48 motoren kan aansturen. Nadeel echter is dat het gebruik van de Servo-bibliotheek de pwm-bewerkingen op pinnen 9 en 10 automatisch uitschakeld
- Nogmaals, de Arduino Mega is een uitzondering en kan gebruik maken van maximaal 12 Servo motoren zonder interferentie Meer dan 12 servomotoren resulteert in het feit dat pwm wordt uitgeschakeld op pinnen 11 en 12.



Hoe een servomotor verbinden?

Servomotoren hebben meestal drie draden.

- De stroomdraad, meestal rood, is aan de stroomrail gericht
- De massadraad, meestal zwart of bruin, is verbonden met de grondrail.
- De derde draad, meestal wit, geel of oranje, is de signaaldraad verbonden met een digitale pin op arduino

De Arduino kan normaal gesproken direct stroom leveren aan een servomotor, maar bij het gebruik van verschillende servomotoren moet u de Arduino-voeding scheiden van de servovoeding om beschadiging te voorkomen. Servo motoren, zelfs als ze niet altijd fungeren als typische motoren, nog steeds een kleine motor binnen en kan trekken grote hoeveelheden stroom, veel meer dan wat de ATmega kan leveren.

Common Servo Connectors

Hitac



JR Radio's



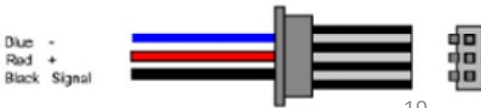
Futaba J



Airtronics



Airtronics Z



Hoe een servomotor laten bewegen?

Opgelet!

- Servomotoren ontvangen enkel instructies; ze kunnen geen waarde retourneren
- `int hoek = servo.read()` retourneert de waarde binnen arduino → bij het starten van het programma is er geen manier om te weten in welke positie de servomotor aanvankelijk stond.
 - Handig om servomotor op een standaardpositie in te stellen voordat de toepassing start
- Servomotoren hebben tijd nodig om te komen waar je ze wil hebben → best wat tijd laten om hen te laten bewegen naar waar je ze wil hebben
 - Beweegtijd servomotor afhankelijk fabrikant en type servomotor
 - Best documentatie fabrikant raadplegen voor te weten hoe snel de servomotoren reageren

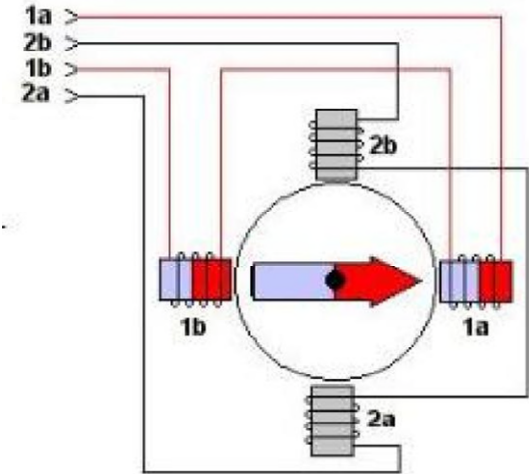
Precisie en veiligheid

Opgelet!

- Besturen van meerdere servomotoren met 1 arduino => processorintensief
 - Kans op beïnvloeding van nauwkeurigheid (kan leiden tot hoeknauwkeurigheid van 1 tot 2 graden)
 - Kan gevaar zijn in robotica (bv robotarm die een voorwerp in een persoon zijn hand legt) → beweging moet nauwkeurig zijn
- Het gebruik van de servo-bibliotheek stopt interrupts niet → interrupts en timingfuncties (zoals millis()) blijven werken → het einde van een servomotorpuls kan in bepaalde situaties worden verlengd tot bv 200 μ s (als interrupthandler 200 μ s in beslag neemt) → hoek niet meer juiste
- Hoek kan wel gecorrigeerd worden de volgende keer dat een puls wordt verzonden naar de servomotor waardoor deze naar de juiste hoek beweegt; dit is voor de meeste applicaties geen probleem. Hou hier echter wel rekening mee als de applicatie een absolute limiet heeft die niet mag worden overschreden

1. Principewerking stappenmotor ST4118M1804-A

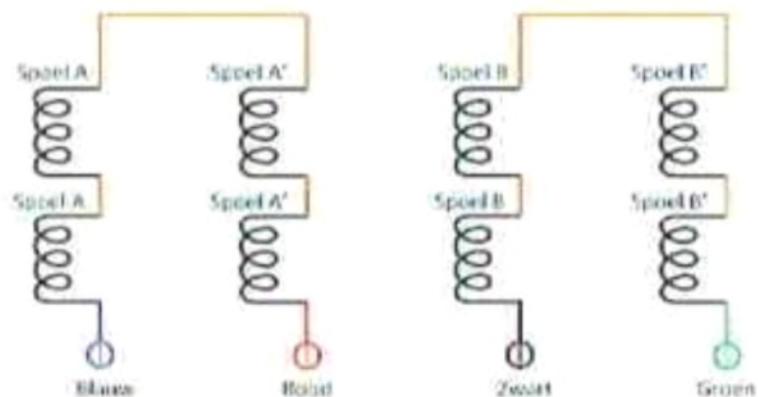
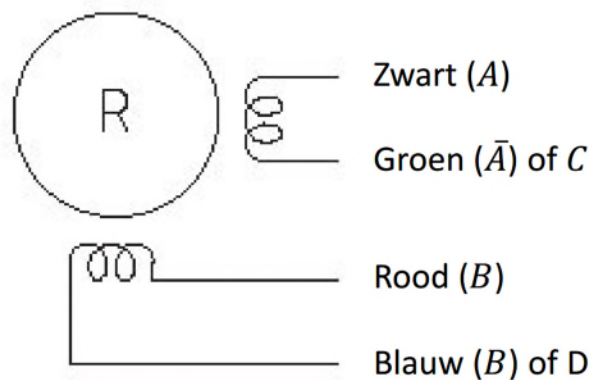
- Een stappenmotor is een synchrone elektromotor zonder koolborstels waarvan de hoekverdraaiing heel nauwkeurig te regelen is.
 - De rotor (het draaiende deel) is opgebouwd uit permanente magneten
 - de stator is opgebouwd uit spoelen (elektromagneten).
 - Om een hoge resolutie mogelijk te maken worden zowel de rotor als de stator van een groot aantal polen voorzien.
 - De polen mogen onderling geen contact maken.
 - Telkens als een spoel stroom krijgt wordt een pool in de rotor recht tegenover een pool van de stator gedraaid => de motoras draait dus een stukje.
 - Door de spoelen meerdere pulsen in een bepaalde volgorde te geven gaat de motoras draaien, hoe sneller de pulsen komen des te sneller de motor zal draaien.
- De meeste gangbare stappenmotoren hebben een **hoekverdraaiing van 1,8 graden**.
 - Voor één omwenteling zijn dan $360 \text{ graden} / 1,8 = 200$ stappen nodig.
 - Door gebruik te maken van microsteps, bijvoorbeeld $1/8$, zijn de motoren nog nauwkeuriger te besturen. Bij **$1/8$ microstep** zijn voor één omwenteling dus 1600 stappen nodig en is de kleinste stap 0,225 graden.
 - De belangrijkste eigenschap van een stappenmotor is het koppel dat hij kan leveren. De motor kan dit ook leveren als hij stilstaat en kan daarom als standrem fungeren.



1. Aansluiting bipolaire stappenmotor

- Hybride stappenmotor
 - Spoelparen intern twee aan twee doorverbonden en zijn er slechts 4 aansluitdraden
- Hoekverdraaiing : $0,9^\circ/\text{stap}$
- Werkingsprincipe:
 - Zodra door één van de spoeldraden een stroom loopt wordt de dichtstbijzijnde magneet op de rotor naar de spoel getrokken

Bipolaire stappenmotor

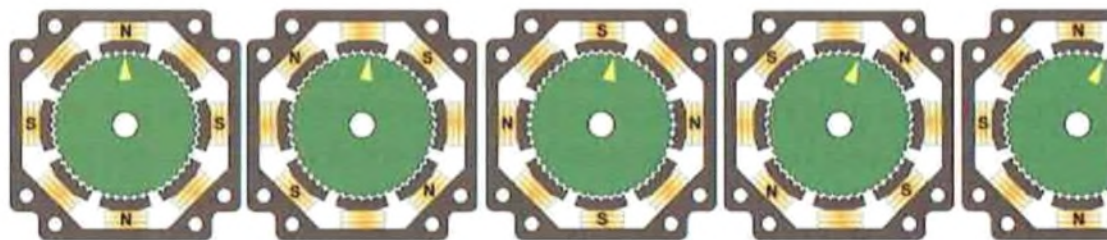
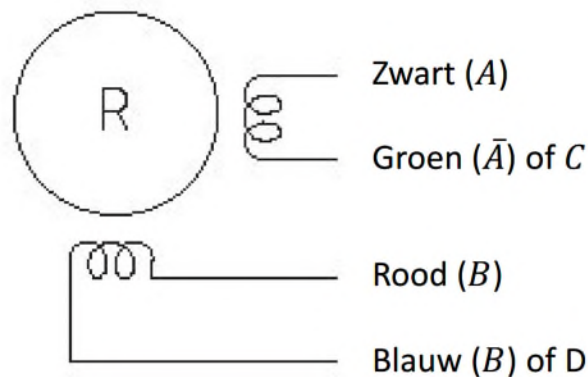


1. Aansluiting bipolaire stappenmotor

Bipolaire stappenmotor

• Werkingsprincipe:

- Zodra door één van de spoeldraden een stroom loopt wordt de dichtstbijzijnde magneet op de rotor naar de spoel getrokken.
- Magneten zo gepositioneerd dat de rotor steeds een klein hoekje of stapje draait
- Een stapje is $0,9^\circ \Rightarrow 360^\circ / 0,9^\circ = 400$ stappen nodig om volledig rond te draaien
- Door de stroomrichting in de spoelen om te keren kan je de stappenmotor in de andere richting laten draaien.



Hoek °	Spoel A	Spoel B	Spoel A'	Spoel B'
0°	1	0	0	0
0,9°	0	1	0	0
1,8°	0	0	1	0
2,7°	0	0	0	1
3,6°	1	0	0	0
4,5°	0	1	0	0
ENZ...				

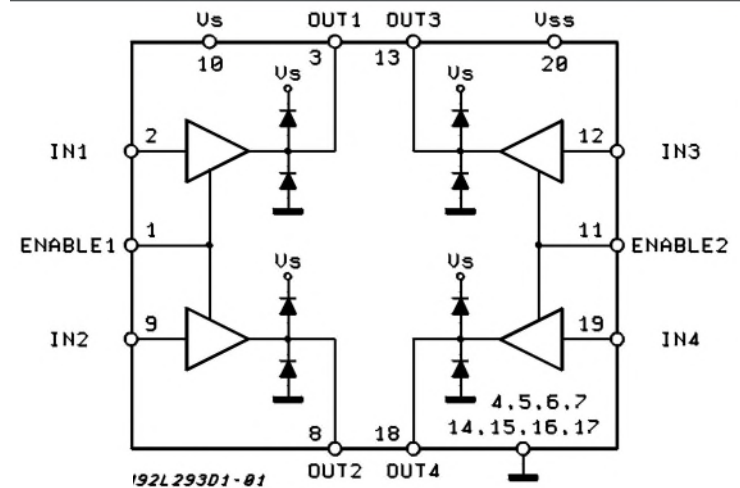
L293D

- is een monolithische geïntegreerde hoogspannings, hoge stroom vierkanaals driver
- ontworpen om standaard logische DTL- of TTL-niveaus te accepteren en inductieve belastingen (zoals relais-solenoides, DC- en stappenmotoren) en schakelende vermogenstransistors aan te sturen.
- Om het gebruik als twee bruggen te vereenvoudigen, is elk paar kanalen uitgerust met een vrijgave-ingang.
- Een aparte voedingsingang is voorzien voor de logica, waardoor bediening bij een lagere spanning mogelijk is en interne klemdiodes zijn inbegrepen.
- Dit apparaat is geschikt voor gebruik in schakeltoepassingen met frequenties tot 5 kHz.

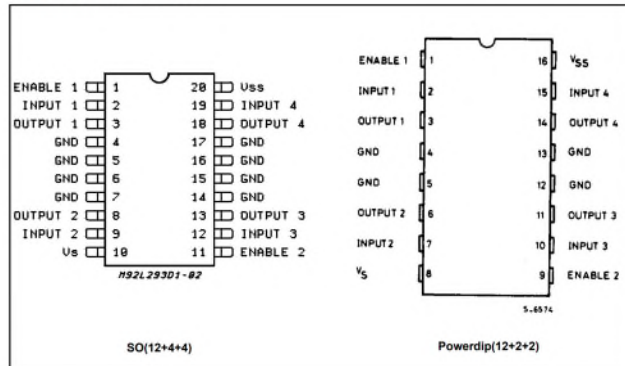
L293D

Eigenschappen:

- INTERNAL CLAMP DIODES
- 600mA OUTPUT CURRENT CAPABILITY PER CHANNEL
- ENABLE FACILITY
- 1.2A PEAK OUTPUT CURRENT (non repetitive) PER CHANNEL
- LOGICAL "0" INPUT VOLTAGE UP TO 1.5 V (HIGH NOISE IMMUNITY)
- OVERTEMPERATURE PROTECTION



PIN CONNECTIONS (Top view)



Stappenmotor controleren met H-brug

L293D bevat twee H-bridgen

- elke H-brug drijft een van de elektromagnetische spoelen van een stappenmotor aan.
- Door deze elektromagnetische spoelen in een specifieke volgorde van energie te voorzien, kan de schacht van een stepper in kleine stappen nauwkeurig naar voren of naar achteren worden bewogen.
- De snelheid van een motor wordt echter bepaald door hoe vaak deze spoelen worden bekrachtigd.

