

Servo motoren

Futaba S3003

Door: Ali Kaichouhi

Servo motoren zijn motoren die met behulp van een besturingssignaal tot een bepaalde positie gedraaid kunnen worden. Meestal is de draaihoek van 0-180°. De draaihoek is beperkt vanwege een mechanische stop op de hoofd aandrijfwiël. Zie figuur 1.

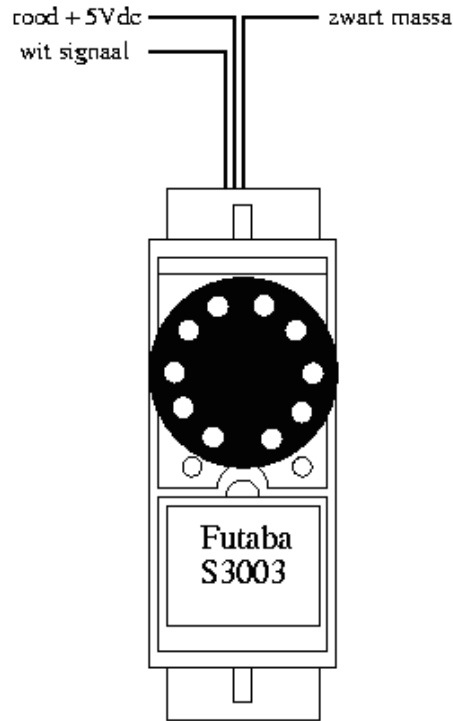


Figuur 1 Tandwiel met eindstand nokje

De servomotor kan in beide richtingen draaien. Ze worden vaak toegepast in robots of in modelbouw vliegtuigen om de positie van de vleugels te regelen. Zoals uit de tekst blijkt bestaat de servo niet alleen uit een motor. Maar ook uit:

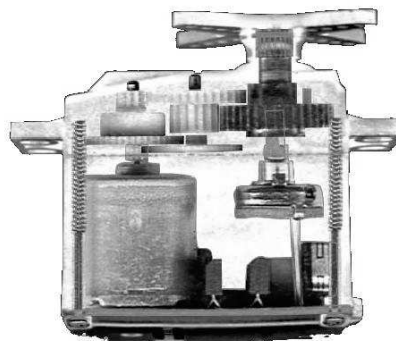
- een tandwiel overbrenging om de servo af te remmen
- een positie sensor voor de as van de motor
- een elektronisch circuit om de motor te besturen

De servomotor heeft slechts één besturingslijn en twee lijnen voor de voeding zie figuur 2. De Futaba S3003 heeft een maximum koppel van 44 oz/in bij een voeding van 4.8V en een maximum koppel van 56.8 Oz/in bij een voeding van 6V, dit komt respectievelijk overeen met 3.2kg.cm en 4.1kg.cm. Bij nullast heeft deze een snelheid van 0.23sec/60° respectievelijk 0.19sec/60°. Het geleverde elektrisch vermogen aan de servo is evenredig met zijn mechanische belasting. Bij lichte belasting zal deze een lage stroom trekken. In de orde van een paar mA. Bij volle belasting is dit zo'n 600mA. En het geleverde vermogen aan de servomotor is ook evenredig met de afstand die de servomotor moet afleggen. Moet de servomotor een grote afstand afleggen dan draait de schacht van de servomotor op volle snelheid. Bij korte afstand een lagere snelheid. Voor verdere technische gegevens zie de specificaties van de Futaba S3003 servomotor op de ELCA website.



figuur 2 Aansluitingen van de Futaba S3003 servo

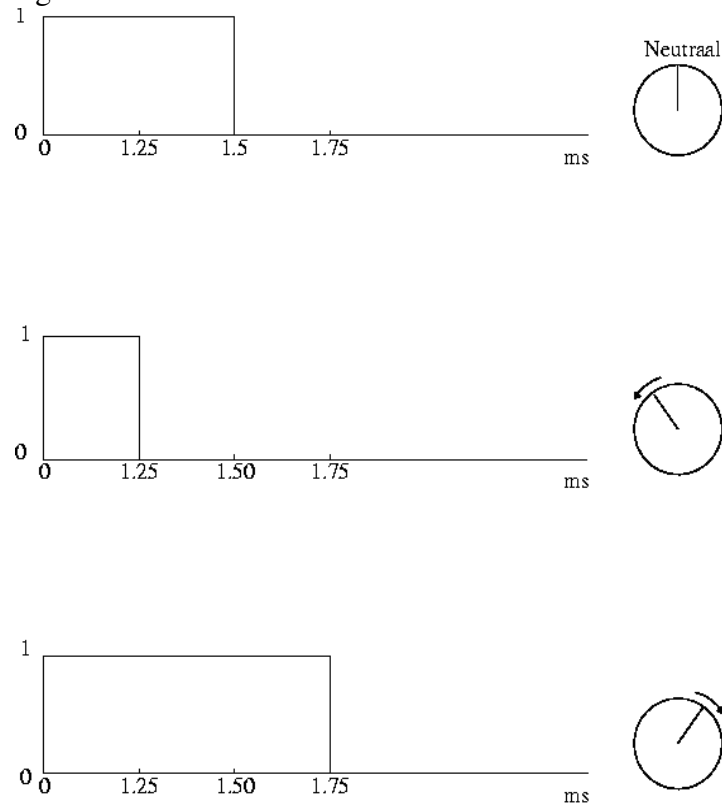
Een potentiometer is gekoppeld aan de schacht van de servo. Figuur 3 toont een foto van de binnenzijde van de Futaba S3003 servomotor. Hierin zie je de motor, potentiometer, tandwielen en het regelcircuit. Het regelcircuit kan m.b.v. van deze potentiometer de servomotor naar de juiste positie brengen. Het circuit meet dit aan de hand van de stand van de potentiometer. Als de motor zich in de correcte stand bevindt dan stopt de motor. Is de stand niet correct dan zal deze de motor aansturen totdat de juiste stand bereikt wordt.



Figuur 3 Binnenkant van de Futaba S3003 servomotor

Het besturingsgedeelte van de Futaba S3003 servo motor berust op het principe van puls breedte modulatie. De servo verwacht om de 20ms(50hz) een 3-5V puls. De lengte van de puls (duty cycle) bepaald hoever de servo draait. Een puls lengte van 1.5ms zal de motor

in zijn neutrale stand(90°) brengen. Als de puls lengte korter is dan 1.5ms, dan zal de servo naar de 0° toedraaien. Is de puls lengte groter dan 1.5ms, dan zal de servo naar de 180° toedraaien. Figuur 4 toont dit schematisch weer.



Figuur 4 Schematische weergave van de servo aansturing

De servo kan via de parallel poort van de computer softwarematig aangestuurd worden. De rode draad wordt op de +5V voeding aangesloten en de zwarte draad aan massa (pin 18..25). De witte draad sluit je aan op één van de data lijnen (pin 2...9).

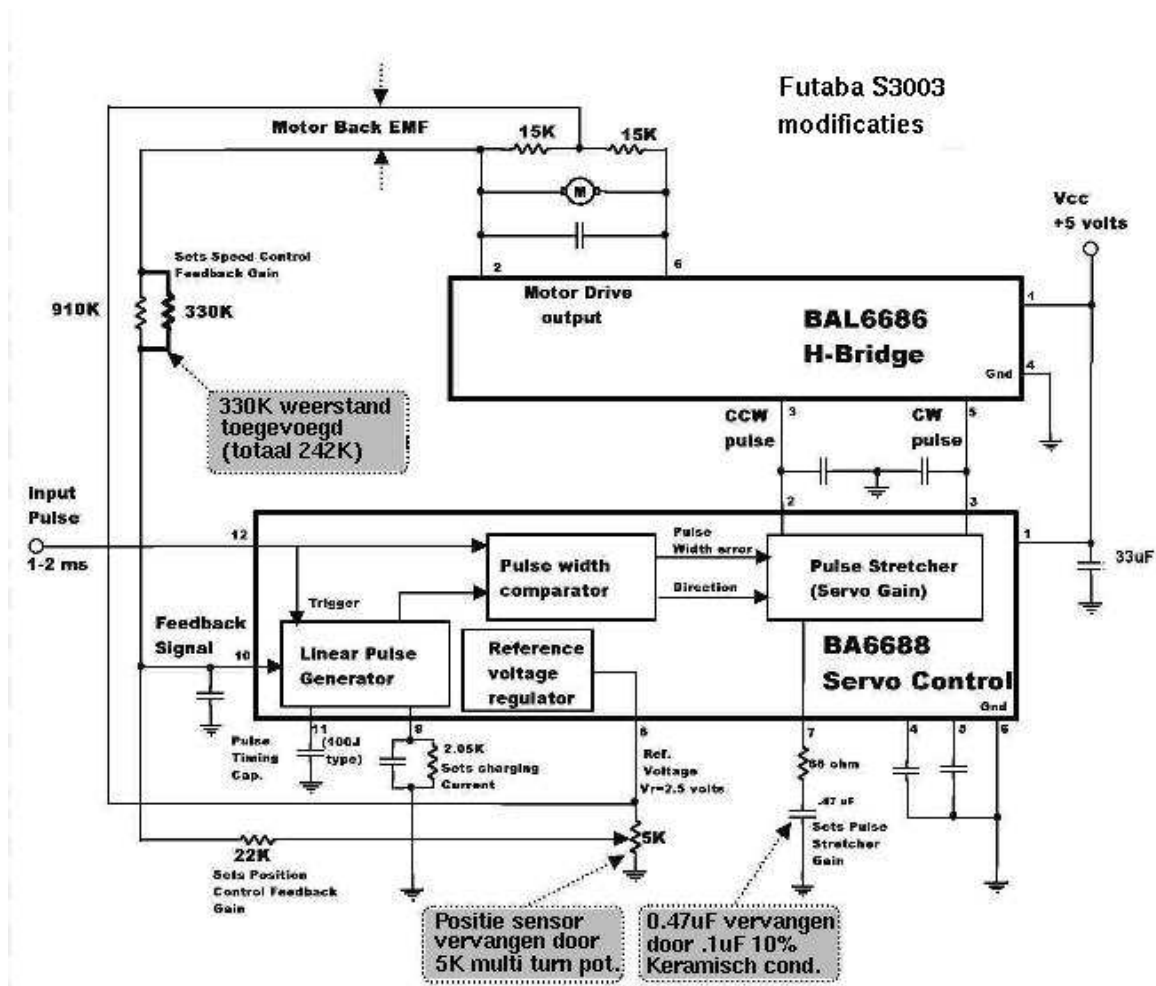
Het hacken van de servo

Elke wijziging aan de servomotor laat de garantie vervallen. Deze procedure garandeert niet dat iedereen dit tot een succesvolle modificatie kan volbrengen. Het is geheel afhankelijk van je eigen inzicht en praktische ervaring.

Alvorens te beginnen met de modificatie volgt hier eerst een beschrijving van het elektronisch circuit (zie fig. 5) van de Futaba S3003 servomotor.

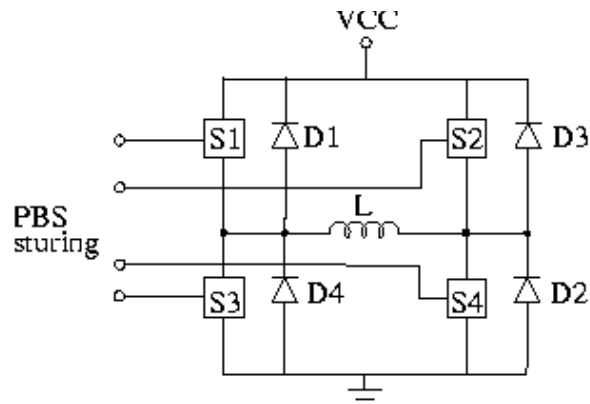
Een 1-2ms ingangspulssignaal (50Hz en 5-10% duty cycle) wordt in de puls breedte comparator met een signaal van de lineaire pulsgenerator vergeleken. De lineaire pulsgenerator wordt aangestuurd door de spanning van de teruggekoppelde 5k potmeter en de geïnduceerde spanning EMK van de motor. De lineaire pulsgenerator is gewoon een one-shot timer waarvan de pulsbreedte afhankelijk is van de stand van de 5K potmeter. De EMK spanning wordt tussen de stuurpulsen van de motor gemeten. De EMK spanning wordt als snelheidssensor gebruikt. De uitgang van de puls breedte

comparator is het verschil in puls breedte van het ingangssignaal en het signaal van de lineaire pulsgenerator die in de comparator een flip flop aanstuurt die de richting van de motor bepaalt. Vervolgens wordt het door de puls stretcher versterkt en dit signaal stuurt op zijn beurt een zogenaamde H-brug aan die de nodige stroom levert aan de motor. Hiermee is de regellus gesloten. Dit regelcircuit zorgt ervoor dat de servo met een proportioneel geregelde snelheid naar de juiste positie draait en ook hierin blijft.



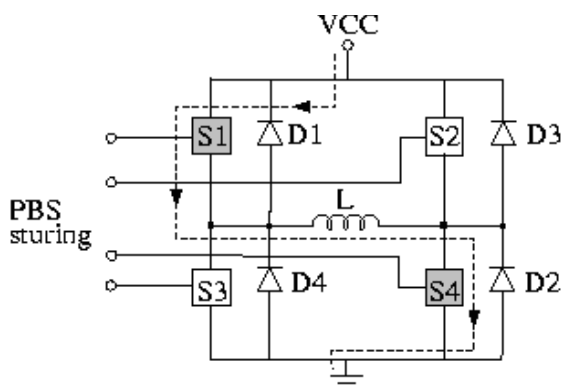
Figuur 5 Het regelcircuit van de Futaba S3003 servomotor en de modificatie voor snelheidsregeling (grijze kaders)

Van beide ic's, de BAL6686 en de BA6688, kon ik geen datasheets vinden. Van de BAL6686 is er eigenlijk nog minder iets van bekend dan de BA6688. Daarom volgt hieronder nog een beschrijving van een H-brug. Zie figuur 6.

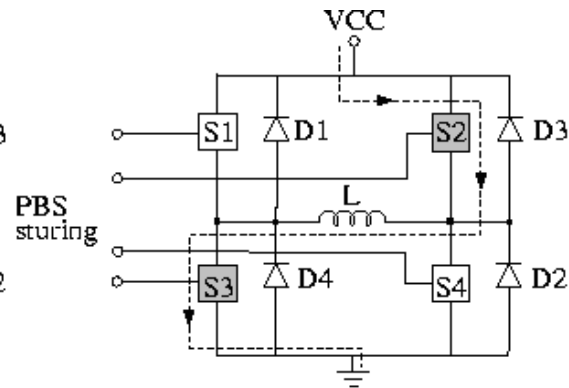


Figuur 6 Principe schakeling van een H-brug

Figuur 6 toont het principe schema van een H-brug. In het schema is de motor vervangen door een spoel L. Om de motor in beide richtingen te kunnen draaien is het nodig de stroom door de motor van richting te kunnen veranderen. We spreken van een vierkwadranten bedrijf. S1, S2, S3, S4 zijn elektronische schakelaars. Door de schakelaars S1 en S4 aan te zetten draait de motor in de ene richting en door alleen schakelaars S2 en S3 aan de te zetten draait de motor in de andere richting. Figuur 7 en 8 toont dit aan.

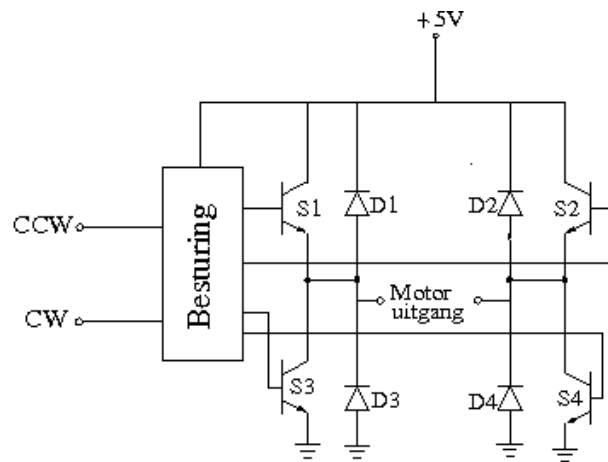


Figuur 7 Motor draait voorwaarts



Figuur 8 Motor draait achterwaarts

De schakelaars in dezelfde tak mogen nooit tegelijk aangaan anders wordt V_{cc} via deze schakelaars kortgesloten. Dus via schakelaars S1 en S3 of S2 en S4. De schakelaars worden via de PBS(Puls Breedte Sturing) schakeling aangestuurd. Een voorbeeld van hoe zo'n schakeling in een geïntegreerde circuit geïmplementeerd kan worden is afgebeeld in figuur 9.



Figuur 9 Schema H-brug motorbesturing

Een puls op de CCW(counter clock wise) ingang zorgt ervoor dat alleen S1 en S4 aangestuurd worden. De motor draait dan in ene richting. Een puls op de CW (clock wise) zorgt ervoor dat alleen S2 en S3 aangestuurd worden. De motor draait dan in de andere richting. Tijdens het aan- en uitschakelen van deze transistoren worden hoge spanningen geïnduceerd in de motor. De motor werkt dan als een generator. Deze hoge spanningen kunnen de transistoren beschadigen. Om deze spanningen op te vangen worden diodes (D1,D2,D3,D4) toegepast.

De modificaties

De uit te voeren modificaties zijn in figuur 5 met grijze kaders aangegeven. De potmeter van de servo wordt vervangen door een 5k meerslagen potmeter. Deze wordt op de middenstand positie gefixeerd. De potmeter is ook niet meer verbonden met de schacht. Hiermee is de lus voor de positieregeling gebroken. De servo “denkt” nu dat die altijd in zijn neutrale stand staat. Signaal $> 1.5ms$ zorgt ervoor dat de motor met de klok meedraait(CW) , echter de potmeter in de terugkoppeling “verteld” aan de servo dat deze nog steeds in de neutrale stand staat. De servo zal hierdoor steeds met de klok mee blijven draaien. Voor een signaal $< 1.5ms$ zal de servo om dezelfde reden tegen de klok in(CCW) blijven draaien. Als je een signaal van $1.5ms$ aanbiedt om de servo te laten stoppen, zul je merken dat deze niet stopt maar voor of achteruit hikt. Dit komt omdat de regellus voor de positieregeling gebroken is. Het beste is om helemaal geen signaal te geven als de servo moet stoppen. De servo is nu veranderd in een continue links- of rechtsom draaiende motor.

Nu is alleen nog de regellus voor snelheidsregeling intact. Deze is echter alleen geschikt voor de normale positieregeling van de servo, maar niet voor de continue draaiende

motor. De regellus is namelijk niet in staat om een adequate snelheidsregeling te bieden voor de smalle signaal breedte van 1ms ($1 - 2\text{ms}$). Het probleem kan verholpen door een hogere lusversterking in de lus voor snelheidsregeling aan te brengen. Zie figuur 5 de 330K weerstand parallel aan 910K weerstand. Omdat echter de totale lusversterking van de servo ook met dezelfde factor verhoogd wordt, heeft de servo de neiging om instabiel te worden. Dit kan verholpen worden door de servogain in de Pulse Stretcher met dezelfde factor om laag te brengen. Zie figuur 5 de $0.47\mu\text{F}$ condensator vervangen door een $0.1\mu\text{F}$ condensator . Het resultaat is een servo met een stabiele snelheidsregeling.

Voor de modificaties heb je de volgende componenten nodig:

<i>onderdeel</i>
5K meerslagen trim potmeter
220K smd weerstand in 0805 behuizing
100nF 10% keramische condensator in 0805 behuizing

Tabel 1

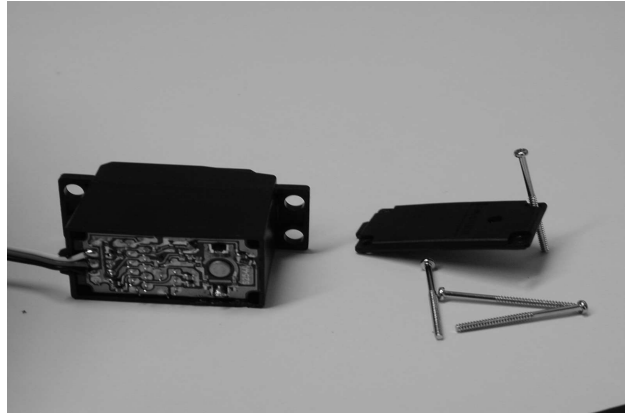
Voorts heb je nog de volgende gereedschap nodig:

<i>onderdeel</i>
Fijne kniptang
Soldeerstation met een fijne soldeertip
Zuig litze of desoldeer pomp
Soldeer tin
Stanley mesje

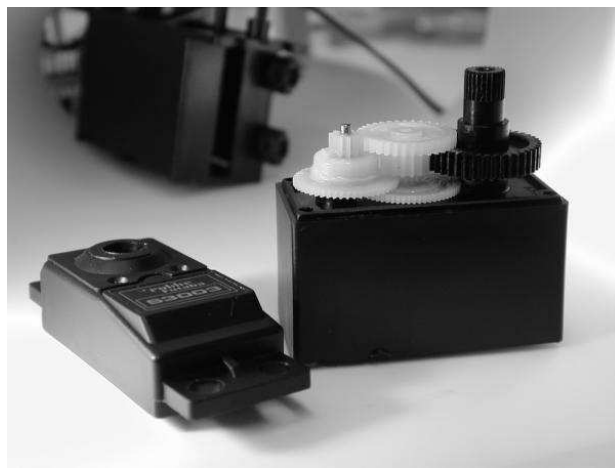
Tabel 2

I. Modificatie voor continue rotatie

1. demonteer de Futaba S3003 servomotor zoals afgebeeld in figuur 10 en 11.



Figuur 10 Vier bouten verwijderd aan de onderkant van de servo



Figuur 11 Deksel aan de bovenkant verwijderd

denk erom dat je de deksel aan de bovenkant van de servo voorzichtig eruit trekt, anders valt de opstelling van de tandwiel overbrenging uit elkaar. Met als gevolg dat je niet meer weet hoe deze overbrenging in elkaar zat.

2. Verwijder voorzichtig de hoofd aandrijfwielen van de tandwiel overbrenging. Laat zoveel mogelijk vet dat op de tandwiel overbrenging aanwezig is intact. Verwijder met een stanley mesje of een fijne kniptang de mechanische stop op de hoofd aandrijfwielen. Het is met een pijl aangegeven in figuur 12.



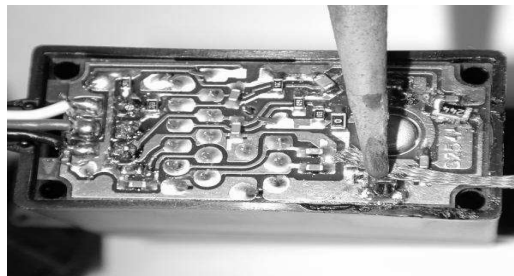
Figuur 12 Hoofd aandrijfwielen met een mechanische stop

Zorg ervoor dat de mechanische stop volledig verwijderd is, zodat het wiel straks vrij kan bewegen. Zie figuur 13.



Figuur 13 Mechanische stop volledig verwijderd

3. Een tweede mechanische stop die aanwezig is, is de potmeter die met de schacht van de servo verbonden is. Deze potmeter moet verwijderd worden. Desoldeer eerst de motor van het PCB bordje. Zie figuur 14.



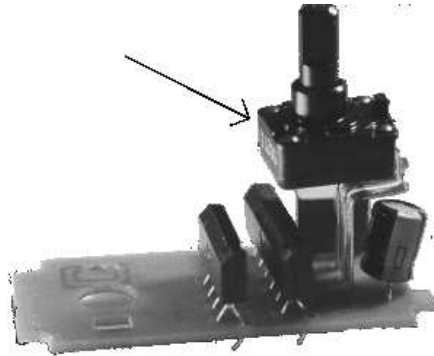
Figuur 14 Desolderen van de servomotor

4. Licht het PCB bordje heel voorzichtig op van de behuizing. Het PCB bordje is dan los van de motor. Zie figuur 15.



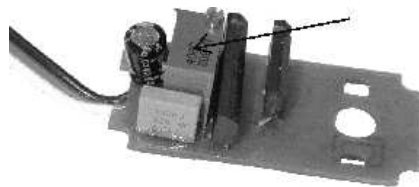
Figuur 15 PCB los van de motor

5. Desoldeer nu de potmeter uit het PCB. Zie figuur 16.



Figuur 16 Servo potmeter aangegeven met een pijl

6. Soldeer de 5K meerslagen potmeter op het PCB. Zie figuur 17.

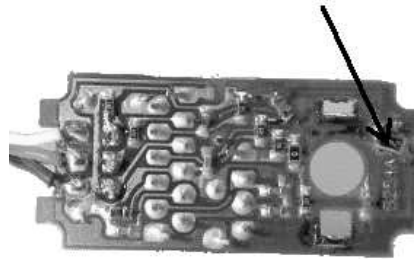


Figuur 17 5K trim potmeter toegevoegd

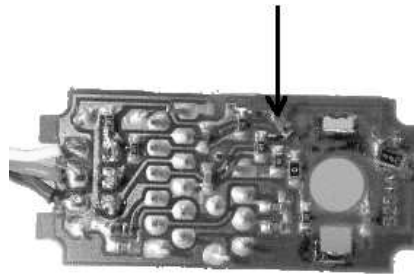
II. Modificatie voor variabele snelheidsregeling

1. Vervang de 910K smd weerstand door een 220K smd weerstand. De locatie van de 910K weerstand is aangegeven in figuur 18. Deze bevindt zich tussen de motor aansluiting en pin 10 van de BA6688. Zie hiervoor het schema van figuur 5.

Figuur 18 Plaats van de 910K smd weerstand

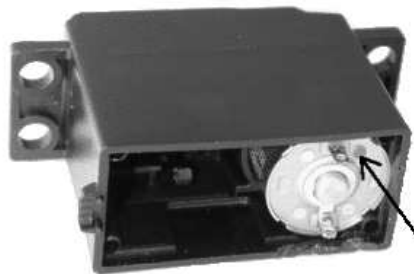


2. Vervang de 0.47 μ F condensator door een 0.1 μ F condensator. Zie figuur 19.



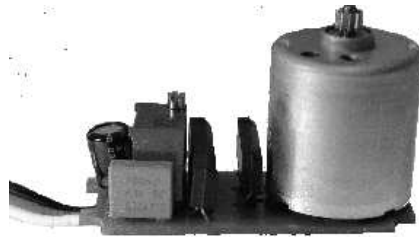
Figuur 19 Plaats van de 0.47 μ F condensator

3. De modificaties zijn nu klaar. Trek heel voorzichtig met een tang de motor uit de servobehuizing. Let er wel op dat de motor teruggeplaatst moet worden zoals is aangegeven met een rode stip. Bij verkeerde aansluiting zal de draairichting van de motor omgedraaid worden. Zie figuur 20.



Figuur 20 Motor in servobehuizing

4. Plaats de motor op het PCB in overeenstemming met figuur 20. Zie figuur 21.



Figuur 21 Motor geplaatst op het PCB

5. Verbind de signaal aansluiting(wit) van de servo op een puls functiegenerator, zet het 3-5V signaal op een pulsbreedte van 1.5ms(50Hz, 7.5% duty cycle). Sluit een voedingsspanning van 5V DC op de voedingsaansluiting van de servo. Draai nu aan de meerslagenpotmeter totdat de servomotor stilstaat. De potmeter is nu ongeveer in zijn middenstand gedraaid.
6. Assembleer de servo. Beide modificaties zijn nu klaar.