Stepper opstelling

Schematisch ontwerp in EasyEDA

Onderzoek door:
Julian van Ham, Exi-Electric

Exi-Electric

October 7, 2026

Disclaimer

Dit rapport is opgesteld met redelijke zorg en vakbekwaamheid op basis van de overeengekomen scope en de beschikbare informatie. De hierin opgenomen beoordeling of aanbevelingen vormen geen certificering, wettelijke goedkeuring of garantie dat het product aan alle toepasselijke eisen voldoet. De opdrachtgever blijft verantwoordelijk voor verificatie, validatie, testen en het verkrijgen van eventuele vereiste certificeringen of wettelijke goedkeuringen. Exi-Electric kan niet garanderen dat het ontwerp of rapport aan iedere prestatie-eis of andere toepasselijke vereiste voldoet, tenzij dit uitdrukkelijk schriftelijk is overeengekomen. Aansprakelijkheid van Exi-Electric is beperkt overeenkomstig de toepasselijke algemene voorwaarden, waaronder de daarin opgenomen aansprakelijkheidsbeperking.

Copyright

© [2026] [Shaida Tauker]

Dit rapport is een project-specifieke deliverable en wordt, na volledige betaling, eigendom van de opdrachtgever. De opdrachtgever mag dit rapport gebruiken, reproduceren en wijzigen voor het overeengekomen doel van het project. De overdracht van het rapport omvat geen overdracht van onderliggende methoden, tools, scripts, templates of andere herbruikbare middelen van Exi-Electric. Intellectueel eigendom van derden, waaronder software, bibliotheken en gelicentieerde materialen, blijft eigendom van de betreffende rechthebbenden.

Contact

Korenbloem 13, Zevenbergen
4761WB
Nederland

KvK: 42075319

Contact: julianvanham@exi-electric.com

Exi-Electric

Changelog

A1	7 Oktober, 2026	Origineel verslag.

Table of Contents

1 Schematisch Ontwerp **4**

2 USB-C **4**

2.1 Negotiator 4

2.2 Connector 4

3 Buck **4**

4 Driver **5**

4.1 Driver IC 5

4.2 Nema11 PinOut 5

4.3 Decoupling 5

5 RP2040 . . . . . **6**

5.1 USB 6

5.2 Crystal 6

5.3 Decoupling 6

Reference List **7**

Exi-Electric

1 Schematisch Ontwerp

In dit hoofdstuk wordt het schematisch ontwerp van de opstelling besproken. Het ontwerp is uitgetekend in EasyEDA en is gebasseerd op een bestaande, module gebasseerde oplossing.

2 USB-C

Het ontwerp wordt van stroom voorzien via USB-C voeding. Er is gekozen om gebruik te maken van PD (Power Delivery) om de spanning en stroom te regelen. Middels het PD protocol kunnen moderne USB-C stekkerblokken een spanning van 5V, 9V, 12V, 15V of 20V leveren. Het ontwerp is gebasseerd op een 12V voeding, omdat dit de meest gangbare spanning is voor stepper motoren en de bijbehorende driver IC's.

2.1 Negotiator

Om de gewenste uitgangsspanning te verkrijgen, is een PD negotiator nodig. De negotiator is een IC die het PD protocol implementeerd en de juiste spanning selecteert. In dit ontwerp is gekozen voor de CH221K [7]. Op aanraden van de datasheet is een $1k\Omega$ serie weerstand (R6) geplaatst tussen V_{bus} en V_{dd} van de CH221K. Daarnaast is er een $1\mu F$ ontkoppelingscondensator (C6) geplaatst tussen V_{bus} en GND. Volgens de Tabel op pagina 11 van de datasheet, selecteerd een weerstand van $47k\Omega$ (R5) de 12V uitgangsspanning.

2.2 Connector

Voor het aannemen van de USB-C connector is gekozen voor de SHOU HAN TYPE-C 16PIN 2MD(073). Dit is een SMD connector met de nodige pinnen voor het PD protocol. De SBU-pinnen zijn niet aangesloten, en de CC pinnen zijn verbonden met de CH221K en verbonden met $5.1k\Omega$ pull-down weerstanden naar GND.

3 Buck

Om de $12V$ van de USB-C voeding te verlagen naar $3.3V$ voor de RP2040, is een buck converter nodig. Een buck converter is een DC-DC omzetter die een hogere spanning omzet naar een lagere spanning. In dit ontwerp is gekozen voor de Diodes Inc. AP63203 [2]. Deze accepteerd een ingangsspanning tussen de $3.8V$ en $32V$ en kan een uitgangsstroom van $2A$ leveren. Dit is een beetje overkill voor dit ontwerp, alleen gezien er maar enkele stuks gemaakt worden is de stukprijs redelijk onbelangrijk, en is er voor een robustere optie gekozen. De passieve componenten (CdFB1/2, CdVin, CdBST, L1) zijn gekozen volgens de aanbevelingen in de datasheet, specifiek Tabel 2.

Exi-Electric

4 Driver

4.1 Driver IC

De driver is verantwoordelijk voor het aansturen van de stepper motor. In dit ontwerp is gekozen voor de DRV8825 van Texas Instruments [6]. C1 ($10nF$) is de condensator die wordt aangeraden in de datasheet om de chargebank te vormen. C2 ($0.1\mu F$) en R12 ($1M\Omega$) zijn de condensator en weerstand die worden aangeraden in de datasheet om de chargepump te stabiliseren. R1 en R2 ($200m\Omega$) zijn de referentieweerstanden die de stroom door de motor bepalen. Cd15 ($470nF$) is de ontkoppelingscondensator van de spanningsdeler, die is opgebouwt uit R11 en R10 ($20k\Omega$ en $5.1k\Omega$) die de referentiespanning bepalen. Alle digitale outputs zijn beschikbaar gesteld richting de RP2040, zodat de motor vanuit software kan worden aangestuurd. De datasheet stelt dat alle digitale inputs van de DRV8825 een interne pull-down weerstand hebben. Met vergelijking 4 in de datasheet kan de stroom door de motor worden berekend.

$$I_{\text{FS}} = \frac{V_{\text{REF}}}{5 \cdot R_{\text{SENSE}}} = 0.67A \tag{1}$$

Wat klopt met de specificaties van de Nema11 stepper motor [3].

4.2 Nema11 PinOut

Om de Nema11 stepper motor aan te sluiten, is er een connector nodig. In dit ontwerp is gekozen voor een simpele 'screw terminal' connector. Dit is de meest flexibele optie, omdat er geen specifieke connector nodig is en de draden direct kunnen worden aangesloten. De schroeven bieden wat stevigheid tijdens het eventueel transporteren van de opstelling.

4.3 Decoupling

Er zijn enkele extra condensatoren toegevoegd aan de DRV8825 om de voeding verder te bufferen. CdVMA/VMB ($100nF$) zijn de ontkoppelingscondensatoren van de motorvoeding voor kleine transients. BULK ($100uF$) is de bulk condensator van de motorvoeding voor grotere transients.

Ex-Electric

5 RP2040

Voor de besturing van de stepper motor is gekozen voor de RP2040 microcontroller van Raspberry Pi [5]. Deze controller is gekozen vanwege de lage prijs, de beschikbaarheid en de flexibiliteit van de software. Net als de Arduino Nano is de RP2040 te programmeren met C++. Er wordt tijdens dit ontwerp gebruik gemaakt van de 'Hardware Design with RP2040' gids [4]. Alle digitale inputs van de DRV8825 zijn verbonden met de RP2040, er is bewust gekozen om telkens een I/O poort over te slaan om het routen makkelijker te maken en zo de ontkoppelingscondensatoren dichter bij de pinnen te kunnen plaatsen.

5.1 USB

De RP2040 heeft een ingebouwde USB controller, die gebruikt kan worden voor communicatie met een PC. Ook kan de RP2040 via USB geprogrammeerd worden. Op aanraden van de design-guidelines zijn er twee 22Ω serieweerstanden (R7 en R8) geplaatst tussen de D+ en D- lijnen van de USB-connector en de RP2040.

5.2 Crystal

De design-guidelines geven nadrukkelijk aan de dat interne oscillator van de RP2040 te instabiel is voor USB communicatie. Daarom is er een externe kristaloscillator nodig. In dit ontwerp is gekozen voor de Abracon ABM8-272-T3 [1]. Figuur 8 in de design-guidelines geeft aan dat er een $15pF$ condensator (CdCr1, CdCr2) nodig is tussen de kristaluitgangen en GND. Ook is er een $1k\Omega$ serie weerstand (R9) geplaatst naar de kristaluitgang.

5.3 Decoupling

Op aanraden van de datasheet zijn er enkele ontkoppelingscondensatoren geplaatst op de voedingslijnen van de RP2040 ($1uF$). Daarnaast zijn alle digitale kanalen van de RP2040 voorzien van een $100nF$ ontkoppelingscondensator naar GND. Deze condensatoren zijn vernoemt naar hun pin nummer (Cdxx), zodat ze eenvoudig dichtbij de bijbehorende pinnen kunnen worden geplaatst.

EXT Electric

Reference List

[1] Abracon. *ABM8-272-T3: Quartz Crystal*. Abracon. URL: https://www.mouser.fr/datasheet/3/184/1/abm8.pdf.

[2] Diodes Incorporated. *AP63200, AP63201, AP63203, AP63205: 2A, 32V Synchronous Buck Converter*. Diodes Incorporated. URL: https://www.diodes.com/datasheet/download/AP63200-AP63201-AP63203-AP63205.pdf.

[3] NEMA. *NEMA 11 Stepper Motor: AMT112S Datasheet*. NEMA. URL: https://www.mouser.com/pdfdocs/nema11-amt112s.pdf.

[4] Raspberry Pi. *Hardware Design with RP2040*. Raspberry Pi Ltd. URL: https://pip-assets.raspberrypi.com/categories/814-rp2040/documents/RP-008279-DS-2-hardware-design-with-rp2040.pdf.

[5] Raspberry Pi. *RP2040 Datasheet*. Raspberry Pi Ltd. URL: https://pip-assets.raspberrypi.com/categories/814-rp2040/documents/RP-008371-DS-1-rp2040-datasheet.pdf.

[6] Texas Instruments. *DRV8825: Stepper Motor Controller IC*. Texas Instruments. URL: https://www.ti.com/lit/ds/symlink/drv8825.pdf.

[7] WCH. *CH221K Datasheet*. Nanjing Qinheng Microelectronics. URL: https://done.land/assets/files/ch224aq_datasheet.pdf.

Exi-Electric