

2023: een AI-odyssee

hulp bij het ontwerp van een tastbaar project

Brian Tristam Williams (Elektor)

Na mijn eerdere verkenning van de mogelijkheden van ChatGPT, en dan vooral de chat over discrete wiskunde, moest ik meer en meer denken over het probleem van de 'torens van Hanoi'. Het werd een echte obsessie. Daarom besloot in om er een ambitieus fysiek project van te maken, met hulp van onze AI-vriend!



Figuur 1. De uitgangspositie van de 'Torens van Hanoi' (foto: Adobe Stock/Francesco Milanese).

De torens van Hanoi

Nog even de regels van de 'torens van Hanoi'. Het gaat om een klassieke wiskundige puzzel over drie pennen (zuilen of torens) en een aantal schijven met een gat erin die op de pennen kunnen worden gestapeld (**figuur 1**). De schijven hebben verschillende diameters, en de uitgangstoestand is dat alle schijven op één van de pennen op elkaar zijn gestapeld, en wel zo dat de grootste onderaan en de kleinste bovenaan ligt. Het is nu de bedoeling om de hele stapel te verplaatsen naar een andere pen, waarbij je maar één schijf tegelijk mag verplaatsen. Het aantal zetten is onbeperkt, maar bij elke zet mag een schijf nooit op een kleinere schijf liggen. Je kunt er meer over lezen op Wikipedia [1] of het zelf online uitproberen op [2].

Dit probleem wordt vaak gebruikt om in het computeronderwijs recursieve algoritmen te verduidelijken: het minimum aantal zetten dat nodig is om een stapel van n

schijven te verplaatsen, is altijd gelijk aan een macht van twee min één. Het kleinste voorbeeld is het verplaatsen van één schijf. Hoeveel zetten kost dat? Met $n = 1$ is het minimum aantal zetten $2^n - 1$, is 1. Eén zet dus. Dat ligt voor de hand. Met twee schijven hebben we $2^2 - 1$ oftewel drie zetten nodig. Voor drie schijven wordt dat zeven zetten, voor vier schijven 15 enzovoort.

De handen uit de mouwen

Na een slapeloze nacht was idee tot wasdom gekomen: ik wilde een 'Torens-van-Hanoi'-eierwekker bouwen. De puzzel zou automatisch moeten worden opgelost met één zet per seconde. Als de puzzel is opgelost, zijn de eieren gekookt. Natuurlijk wil niet iedereen zijn eieren even hard of zacht, maar over het algemeen wordt aanbevolen om eieren drie tot negen minuten te

koken. Acht schijven leek me ideaal. Dan zijn er $2^8 - 1$, dus 255 zetten nodig om de puzzel op te lossen. Met één zet per seconde kost dat vier minuten en vijftien seconden. Voor mij is dat goed genoeg. (Natuurlijk moet de tijd instelbaar zijn voor andere eiliefhebbers, maar dat komt later.)

Het programmeren van een microcontroller in assembler, C of Arduino, is voor mij geen probleem. En ik kan goed overweg met een soldeerbout. Dus programmeren, printlayout en bouw van de schakeling kan ik wel aan. Toch is dit voor mij een ambitieus project, want van mechanisch ontwerp heb ik geen kaas gegeten, hoewel computerbesturing me fascineert sinds ik de eerste primitieve tafel-robotam in actie zag. Ik zou dus iets moeten bouwen dat een schijf van een pen tilt, hem verplaatst en netjes op een andere pen deponeert. Dat 'één keer per seconde' kan nog een hele uitdaging worden, maar dat is het doel waarnaar ik streef.

Een vraag voor ChatGPT

Dus met dit idee in mijn hoofd ging ik op weg naar de residentie van de Tovenaar van Chat. We hadden een zeer lange discussie, die pas stopte toen mijn GPT-4 -tegoed op was en ik voorlopig niet verder kon. Misschien maar goed ook, want dit artikel moet ook weer niet te lang worden. Ik ga hier niet de hele chat van 9784 woorden herhalen, maar die is te vinden op [3].

Ik begon met uit te leggen dat ik hulp nodig had bij het mechanische ontwerp van mijn project. ChatGPT wilde me maar al te graag helpen. Hij kwam met enkele goede conceptuele ideeën, zoals een draaiende basis om de torens/pennen te bewegen in plaats van een arm van de ene pen naar de andere te moeten verplaatsen. Maar ook het optillen zou op verschillende manieren kunnen. Gebruiken we een grijper, een elektromagneet, een zuignap of iets anders? En hoe moet de arm omhoog en omlaag bewegen? Een lineaire actuator klinkt goed, maar die zijn in het algemeen behoorlijk duur, dus misschien overdreven voor dit project. Natuurlijk wees de bot erop dat we sensoren nodig zouden hebben om dingen te detecteren, zoals wanneer een schijf stevig vastgepakt is, en misschien ook die al hoog genoeg is opgetild (als de software dat niet kan bijhouden). Ook wilde hij helpen om de grootte van elke schijf te detecteren, maar dat vond ik niet nodig omdat de momentele



Absolutely, Brian. Designing a motorized arm from scratch can indeed be a bit daunting. Here's a basic outline of a motorized arm concept that might work for your project:

Motorized Arm Structure:

1. Base Structure:

- **Material:** Start with a sturdy material like aluminum or steel for the base to hold the motors and arms.
- **Design:** A circular or hexagonal base that allows for the placement of three spikes equidistant from each other.

2. Arm Mechanism:

- **Servo Motors:** Utilize servo motors at the base for the rotation of the arm around the central axis.
- **Linear Actuator:** Implement a linear actuator for vertical movements, allowing the arm to lift and lower the discs.

3. End Effector:

- **Design:** A simple clamp or fork design could work to pick up and hold the disks securely.
- **Material:** Consider lightweight materials like plastic or aluminum to reduce the load on the motors.

4. Control System:

- **Microcontroller:** Use a microcontroller (like Arduino or Raspberry Pi) to control the motors and actuators, following the Towers of Hanoi algorithm to move the disks accurately.
- **Power Supply:** Ensure a reliable power supply to the motors and controller.

5. Software:

- **Programming:** You'll program the microcontroller with the sequence of moves based on the Towers of Hanoi solution algorithm.
- **Manual Override:** Implement a manual override system to stop or reset the operation if needed.

Figuur 2. ChatGPT kwam meteen met enkele goede ideeën.

toestand van het spel toch al in het geheugen staat.

Ik vroeg hem om de bouw in grote lijnen te beschrijven. Ik was onder de indruk van waar hij allemaal rekening mee hield

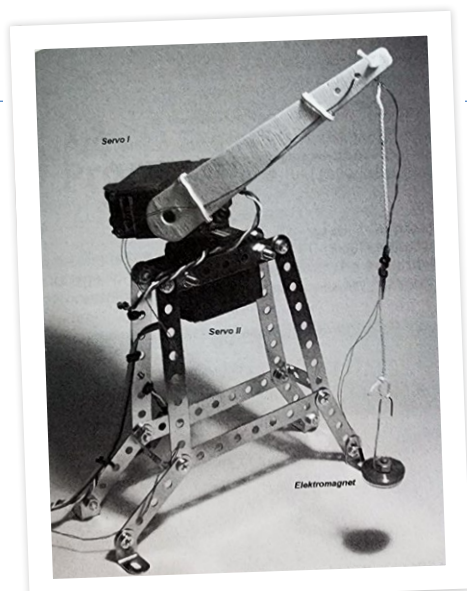
(figuur 2). Hij wilde ook helpen met de software, maar ik herhaalde dat ik dat zelf wel kon, ik wilde alleen maar een mechanisch ontwerp dat de keuken niet verwoest met vliegende schijven.

AI op de cover

Nu we het toch hebben over kunstmatige intelligentie die ons helpt onze creatieve dromen te realiseren, zoals het ontwerpen een elektronisch product, het schrijven van code voor ons nieuwste spel, of, letterlijk, kunst te produceren, is het de moeite waard erop te wijzen dat we dit jaar al twee opmerkelijke covers hebben gemaakt met behulp van generatieve AI-afbeeldingen. Deze verfrissende terugkeer naar de tijd dat onze voorpagina's handgemaakte kunstwerkjes waren, is voor een robot alleen ondoenlijk, en daarom moest onze uiterst getalenteerde Art Director Harmen Heida de prompts verfijnen en het eindresultaat zorgvuldig bijwerken met zijn vertrouwde digitale grafische tools.

Ik ben zelf geen kunstenaar en daarom ben ik altijd een beetje jaloers op de creativiteit van het maken van een pakkende cover, om nog maar te zwijgen van het fraaie tijdschrift dat je nu in handen hebt. Midjourney [4] kan weliswaar helpen om te zien wat we ons vroeger alleen konden verbeelden, maar er zijn nog veel andere, meer technische, visioenen die we kunnen realiseren met AI.





Figuur 3. Zo bouwt Dr. Spanner een prototype.
Bron: Arduino: Circuits and Projects Guide
(Elektor, 2013).

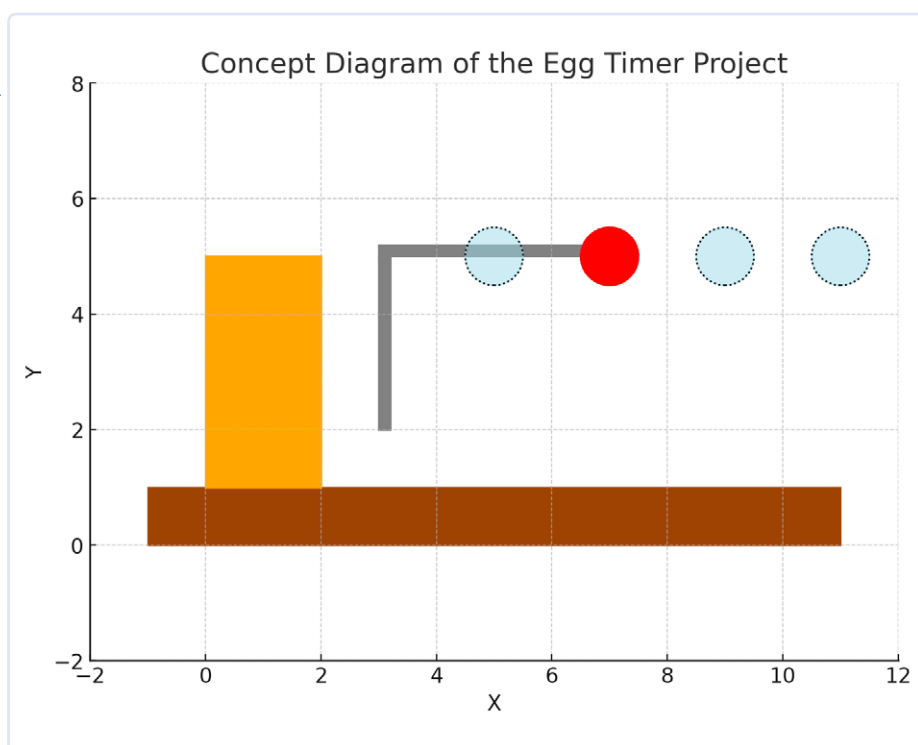
De keuze van de onderdelen

Toen we het over het draaien van het mechanisme hadden om van de ene pen naar de andere te gaan, kwamen we voor de keuze tussen een servo (mijn eerste idee) en een stappenmotor te staan. Toen ik vroeg wat het beste zou zijn, gaf hij een uitgebreide uitleg over de voor- en nadelen van beide oplossingen. Op basis van het antwoord (zie [3]) bleef ik toch de voorkeur geven aan een servo om rond de Y-as te draaien.

En hoe realiseren we de verticale beweging langs de Y-as? Een lineaire actuator, of misschien een goedkope motor met een draadstang? Er zijn vast nog betere manieren, en misschien hebbe onze lezers of mijn briljante Elektor-collega's een idee, maar ik wilde het juist zelf oplossen met de hulp van ChatGPT (en een hoop gegoogel voor de geschikte onderdelen).

Na de discussie over de verticale beweging kwamen we bij het punt dat de timer pas gestart mag worden als het water kookt. Dat kost wel even tijd. Wat moet ik doen, ik kan toch moeilijk gaan staan kijken tot het kookt? Het zou veel mooier zijn als de timer zelf het water in de gaten houdt. Temperatuursensor? Luisteren naar het geluid? Vast ingestelde timer? Dat zien we later wel. Eerst maar een werkende 'Torens van...' bouwen.

Ik besloot een prototype te maken met iets eenvoudigs, zoals de Meccano-set die ik had gekocht toen ik met Dr. Günter Spanner aan zijn boek *Arduino: Circuits and Projects Guide* (Elektor, 2013) werkte. Door dat boek had ik zelfs de smaak te pakken gekregen van



Figuur 4. Deze conceptschets was niet erg bemoedigend.

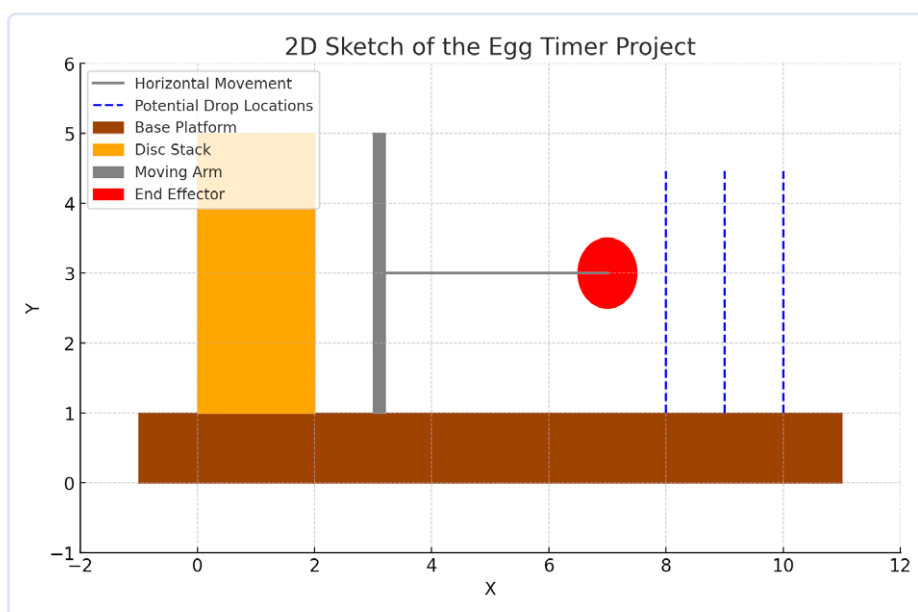
het bouwen van eenvoudige mechanische structuren (**figuur 3**), dus ik wilde een *Meccanotype* van mijn project. Lasersnijden van mooie onderdelen kan later.

Visualiseren

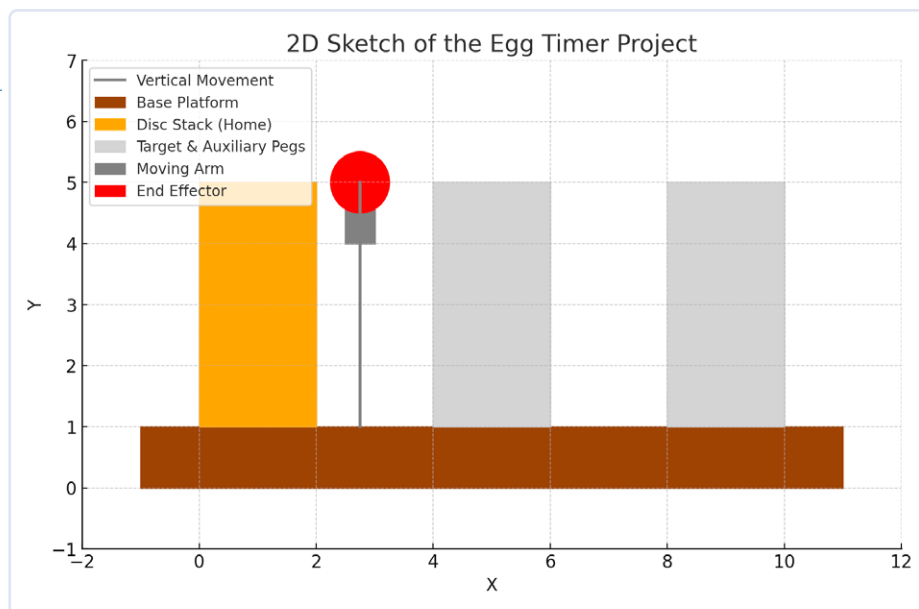
De mogelijkheid om visualisaties te tonen is wat GPT-4 onderscheidt van eerdere versies, dus nu vroeg ik om me te tonen hoe het eruit zou gaan zien. Ik kon kiezen tussen een 2D-schets, een stroomdiagram of een conceptschets, en ik koos het laatste. De

uitvoer maakte echter bepaald geen 'intelligente' indruk (**figuur 4**).

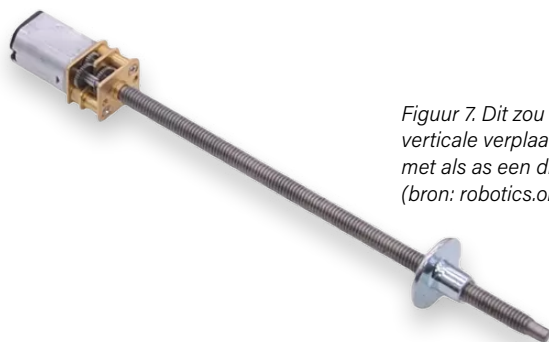
Daar kon ik helemaal niks mee, dus ik hoopte dat een 2D-schets meer zou lijken op waar we het eigenlijk over hadden. Maar die was nauwelijks beter (**figuur 5**); de schijven (allemaal even groot?) zitten niet eens op één van de pennen! Met wat correcties kwamen we uit op **figuur 6**, maar tegen die tijd had ik zo half en half besloten dat visualisaties geen groot succes zouden zijn, in elk geval niet met mijn invoer.



Figuur 5. En de 2D-schets was niet veel beter.



Figuur 6. Na deze verbeterde 2D-schets heb ik het visualisatie-idee maar laten varen.



Figuur 7. Dit zou ik kunnen gebruiken voor de verticale verplaatsing: een N20 micromotor met als draadeind van 100 mm (bron: robotics.org.za/N20-500-L100-6V).

Ik kwam nog even terug op mijn besluit toen hij me een 'visualisatie' aanbood in de vorm van een bestand zonder extensie dat ik kon downloaden. Dat geheimzinnige bestand intrigeerde me genoeg om het te willen onderzoeken.

Op dit punt aangekomen besloot ik om een servo te gebruiken voor de roterende basis en een robotgriper voor het vastpakken van de schijven. Kort voordat mijn tokens op waren, hadden we het nog over welk lineaire mechanisme te gebruiken; ik vroeg met name naar een N20-motor (500 rpm, 6 V) met een M4-draadeind van 100 mm (figuur 7).

Wordt vervolgd...

Toen waren niet alleen mijn tokens op, maar ik had ook voldoende materiaal voor deze aflevering. Maar we gaan verder. Ik ben aan een project begonnen dat met mijn kennis van alleen elektronica niet op te lossen is, dus het blijft een uitdaging. Volgende keer kom ik met een update over de voortgang! ◀

230181-C-03 (vertaling: Evelien Snel)



Over de auteur

Brian Tristam Williams is altijd gefascineerd geweest door computers en elektronica sinds hij zijn eerste 'microcomputer' kreeg toen hij 10 was. Zijn reis met Elektor Magazine begon toen hij op zestienjarige leeftijd het blad voor het eerst kocht. Sindsdien bleef hij de wereld van elektronica en computers onderzoeken en leren. Hij ging in 2010 voor Elektor aan de slag; tegenwoordig houdt hij de nieuwste trends in de techniek in de gaten, in het bijzonder op het gebied van kunstmatige intelligentie en enkelaarcomputers zoals de Raspberry Pi.

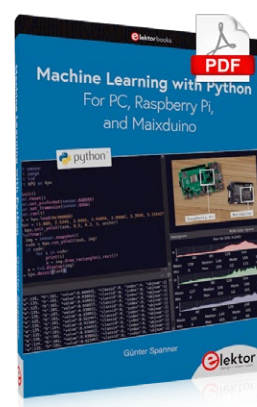
Vragen of opmerkingen?

Hebt u technische vragen of opmerkingen hebt naar aanleiding van dit artikel? Stuur een e-mail naar de auteur via brian.williams@elektor.com.



Gerelateerd product

> **Dr. Günter Spanner, Machine Learning with Python for PC, Raspberry Pi, and Maixduino (E-book), Elektor 2022**
www.elektor.nl/20150



WEBLINKS

- [1] Torens van Hanoi bij Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/Tower_of_Hanoi
- [2] Torens van Hanoi bij Maths is Fun: <https://mathsisfun.com/games/towerofhanoi.html>
- [3] Discussie met ChatGPT over dit project: <https://tinyurl.com/chatgpthanoi>
- [4] Midjourney - Generative AI image tool: <https://midjourney.com>