Maxwell

Issue 18.3
May 2015

Neural Stimulation

Design of efficient and safe neural stimulators

Genome Sequencing
Interview with Zaid Al-ars

De Elektronenbuis
Hobbyist aan het woord

Street Light Evolution
Kunst met Straatverlichting

Memristors
Do they really exist?

Electrotechnische Vereeniging

ETV ALUMNI EVENT 2015

In samenwerking met Huisman, nodigt het 143e bestuur van de ETV u graag uit voor het ETV Alumni Event 2015 op vrijdag 29 mei.

PROGRAMMA

- ETV: toen en nu
- Rondleiding over Huisman terrein
- Lecture 'Uitdagingen voor Electrical Engineering binnen de offshore industrie.'
- Afsluitend buffet en borrel

AANMELDEN

Alle studerende en alumni leden zijn van harte welkom! Aanmelden kan tot uiterlijk vrijdag 15 mei, via Extern-ETV@tudelft.nl.

LOCATIE
Huisman Schiedam

AANVANG
16:45 uur

DATUM
Vrijdag 29 mei

SLOTWOORD
21:00 uur

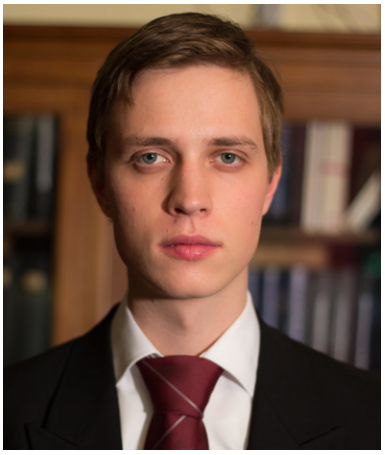
Huisman
Worldwide Lifting, Drilling and Subsea Solutions

From the Board

President

By the time you are reading this there odds are you own a copy of the fifty-sixth ETV yearbook. This has been the second time I have been involved in the production of the yearbook, and the third time I have contributed to the Maxwell. I love graphic design and the process of making a finished product. It has been a privilege being able to shape so much of our association's printed content. There is one thing, however, that has bugged me throughout all these publications: electrical engineers do not like creative writing.

While in the world of professional print and publication there is a clear distinction between editors, designers and writers, neither the yearbook nor the Maxwell has a clear boundary between these different tasks. That is reasonable, for none of us practice any of those jobs professionally. We are electrical engineers trying out different things. And while everyone seems to love design (or at least messing around in Photoshop), no one ever wants to write. It usually takes the third deadline for most people to hand in their articles for the yearbook, and only after a ton of reminders and implied consequences for tardiness. I am not devoid of any blame myself, for the last articles to be handed in for both the yearbook and this Maxwell were mine. I think creativity is crucial for engineers to have and I find writing to be immensely rewarding. Why, then, does producing content always seem like such a bore?



Most of you will recognise finishing a report at the very last minute, seconds before the deadline. Twitter limits you to 140 character messages. Vine limits you to seven second videos. Party games like 30 Seconds and Charades give you a very short timeframe in which to give your answer, and rewards those who employ those restrictions in their favour. What all these things have in common is that they enforce creativity through constraints. Whether those constraints are temporal or spatial, the fact that you have limited resources forces you out of the comfort of planning and procrastination.

Students of the arts are forced to familiarise themselves with their own creative process and learn to harness it. No such training is part of the electrical engineering bachelor. For us, getting asked to "produce 400 words on literally anything" is a blank slate we are not used to dealing with. Maybe it is time for me to make an effort to hand in my column for the next Maxwell a week early, just to see if I can.

Jonas Carpay

Commissioner of Education

Monday 13 April the EEMCS education day took place. The aim of this event is putting education in the spotlight and thinking about possible improvements. The most interesting issues that were touched upon are intrinsic motivation of students and gamification. The problem of intrinsic motivation is that students need to be motivated by themselves. Of course it is difficult to encourage people from within, but research shows that it is certainly possible to stimulate or depress intrinsic motivation. One of the postulated improvements compared to the present system could be gamification. Gamification is the use of techniques developed for games (including boardgames) in education. For more information on current issues in education, you can always drop by at the ETV.

Leon Loopik

Maxwell

Colofon
Year 18, edition 3, May 2015
5100 copies

Editors
Ludo van den Buijs
Jonas Carpay
Bart Kölling
Dorus Leliveld
Yvo Mulder
Tobias Roest
Marc Zwalua

Contributors
Marijn van Dongen, Zaid Al-Ars, Richard Spijkers, Roel Zwetsloot, Daniel Kappelle, Pieter Trimp, Eray Albayrak, Dimitri Jeltsema, David Zwart, Herman van de Vijver, Mitchel Chandi, Jonas Carpay, Leon Loopik and Bart Kölling

Advertisements
Inside Cover: Huisman
Page 39: TenneT
Page 45: IHC
Back Cover: AME

Printing
Quantes, Rijswijk

Electrotechnische Vereeniging

The 143rd board of the ETV
President: Jonas Carpay
Secretary: Bart Kölling
Treasurer: Sjors Nijhuis
External Affairs: Attila Lengyel
Education: Leon Loopik

Contact
Electrotechnische Vereeniging
Mekelweg 4
2628 CD Delft
The Netherlands

Phone number: +31 (0) 15 278 6189
E-mail: Bestuur-ETV@tudelft.nl
Website: www.etv.tudelft.nl

Subscriptions
Non-members can receive the Maxwell four times a year, against a contribution of €10,- per year.

Change of address
Please send your changes to the address above, or use the website.

Editorial

Dear reader,

What you have in your hands or on the table in front of you is the third Maxwell that has been printed this academic year. This is also the alumni edition, that means our audience for this issue is about four times bigger than normal. For this reason this Maxwell is bigger, better and more beautiful than before. We have made an excellent selection of articles for you to enjoy. From spaceflight to DNA, the subjects are diverse and worth reading thoroughly. This is also the third iteration of the magazine that I have worked on. I joined the committee last September, taking part as a sort of editor-in-chief. During this year we have grown to be a fantastic team together capable of delivering high quality content. The next episode in our Maxwell adventure will be this academic year's final edition, made during the busy and stressful period leading up to the summer holidays. I hope reading this edition gets you just as excited as me for that one!

Bart Kölling

Neural Stimulation 06
PHD Report

Research 10
Zaid Al -ars

De Elektronenbuis 16
Een hobbyist aan het woord

Street Light Evolution 22
Kunst met Straatverlichting

Memristors 32
Do they really exist?

EURIELEC 40
The first European association for electrical engineers

From the Board 03

Thesis Project at Audi 14

Studieverzameling 28

ASML Excursie 31

WASUB 36

Facultaire Studentenraad 38

ETV Activities 46

Neural Stimulation

Design of efficient and safe neural stimulators

Marijn van Dongen

Looking back on my years as a PhD student I can recall many high- and lowlights. One highlight I will not easily forget is an experiment that I was running in cooperation with the Neuroscience department at the Erasmus University Academic Hospital in Rotterdam. The group in Rotterdam was interested in the mechanisms that trigger an epileptic seizure and found that a group of cells in the cerebellum was playing an important role during these seizures. They found that if they stimulated these cells, a seizure could be stopped.

I was involved in building a system that could automatically detect when a mouse was having an epileptic seizure. We were measuring the EEG activity of the mouse and we had built a relatively simple filter system that was able to detect when a seizure was starting. On that particular day we connected our system to a mouse and focused all our attention to the live EEG recording we were seeing on a computer screen. When we saw that all starting seizures were detected by our filters and subsequently immediately suppressed by the stimulation of the cerebellar nuclei, I felt privileged to be part of the team achieving such fantastic results. We demonstrated the power of neural stimulation by effectively eliminating the seizures in an epileptic mouse. In Figure 1 you can see a plot of the recorded EEG signals in which the effect of the stimulation is clearly visible.

During my PhD project I have seen many applications of neural stimulation. Electrical neural stimulation uses an electrical signal to directly influence the neural activity in a particular region of the nervous system. As illustrated with the example above, the potential impact of stimulation is huge. Many applications already found their way into clinical practice. A few examples of neural stimulations are restored hearing, restored vision and elimination of tremors. I find it amazing to realize that all it takes is a few electric pulses to make the deaf hear again and to make the blind see. Also, patients with untreatable depression can stop poisoning themselves with anti-depressants: electrical stimulation will do the job.

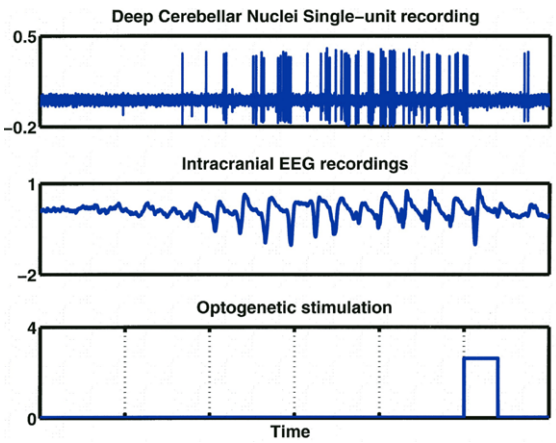


Figure 1: Neural recordings showing the effect of neural stimulation in a mouse with epilepsy. After a seizure has started and is detected by the filter, optogenetic stimulation is used to immediately suppress the seizure. In this case an intentional delay was introduced between detection and stimulation to be able to see the seizure develop fully before it is suppressed.

A stimulator system consists of an Implantable Pulse Generator (IPG) that is responsible for generating the electrical stimulation pulses. These pulses are send to the target area, where the electrodes are implanted. The operation of the device must ensure safety for the patient, while it must be as power efficient as possible: replacement of the battery requires surgery and wireless charging is inconvenient for the user. Furthermore, power efficient operation allows for a smaller battery, which makes it easier to implant the device in the target area.

During my thesis project I focused on the electrical design of the stimulator. My goal was to develop a stimulator circuit that is as energy efficient as possible. In this article I will give a broad overview of my work, inevitably oversimplifying some aspects. More details and a list of references for further reading can be found in my dissertation, which is available in the TU Delft repository.

Current source based stimulation

Neural cells communicate with each other by means of pulses (Action Potentials) that manifest themselves as voltage changes across their membrane. During neural stimulation the membrane voltage is influenced by the electrical stimulation through an electrode that is nearby. Changing the membrane

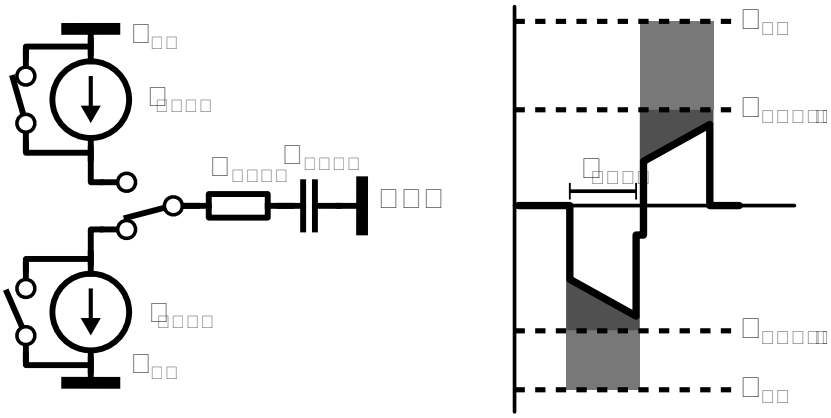


Figure 2: The figure illustrates the efficiency issues with current source based implementation. Because the current source is constructed from constant voltages Vdd and Vss as illustrated in the left figure, the grey areas in the right figure correspond to the energy lost in the current source itself. When an adaptive supply is used (illustrated with Vadapt+ and Vadapt- in the right figure), the losses reduce to the dark-grey area.

voltage influences the probability of the cell to fire an action potential and hence the neural activity can be altered. Classical stimulation uses a constant current source I_{stim} to excite the tissue. There are multiple reasons for this. First of all the stimulation intensity is determined by the current through the electrode. Therefore a current source can accurately control the stimulation intensity, independent of the electrode impedance. Second of all, for safety reasons it is important to inject zero net charge into the electrodes. Therefore a stimulation pulse is often followed by a charge balancing pulse with equal charge contents. Using a current source the charge $Q = I_{stim}t_{stim}$ is easily controlled using the stimulation time t_{stim}. However, a current source is not easily implemented in a power efficient manner. This is illustrated in Figure 2. A current source needs to be constructed from a (constant) supply voltage V_{dd}. When the impedance of the load is assumed to be Z_{tis}, the power sent to the load is $P_{load} = I^2_{stim}Z_{tis} = I_{stim}V_{tis}$, while the power taken from the supply is $P_{supply} = I_{stim}V_{dd}$. The efficiency of such a system is therefore $\eta = V_{tis} / V_{dd}$. Since Z_{tis} is subject to a very large spread, Vdd needs to be chosen rather large to be able to accommodate the worst case load impedance. The efficiency of the system is therefore rather low when the electrode impedance has a typical value.

To improve the efficiency, many stimulator systems use class-G operation in which the supply voltage is adjusted to the load: for high values of Z_{tis} a higher Vdd is generated than for low Z_{tis}. This greatly improves the efficiency, as illustrated in Figure 2. Taking into account various non idealities in the system, the practical efficiency for state-of-the-art current source based stimulators is in the order of 65%. However, when multiple electrodes with different Z_{tis} are connected to the same supply, the supply needs to accommodate to the highest Z_{tis} and the efficiency can quickly drop to only 45% or lower. In order to keep the efficiency high, even when multiple electrodes with different impedances are connected, another system topology is needed.

High frequency stimulation

In order to improve the power efficiency, we investigated the use of a switched-mode operated stimulator. The idea is similar to a power efficient switched-mode power supply: an inductor is repeatedly charged from a constant voltage (battery) and subsequently discharged into the load (the electrodes). The concept is schematically depicted in Figure 3. This system has, assuming ideal switches, zero energy loss. In contrast to a power supply, there is no output capacitor. The stimulation waveform therefore consists of a train of short current pulses from an inductor, instead of a constant current. The operation can be extended towards multiple channels: the inductor can be discharged alternately through different electrodes. This effectively excites multiple electrodes at the same time, while the efficiency remains high, regardless of Z_{tis}.

The first step towards the realization of a high frequency switched-mode stimulator was to determine whether neural cells would be sensitive for a high frequency stimulation signal. Using somewhat complicated modeling and by realizing that the cell membrane has a capacitive nature, it could be expected

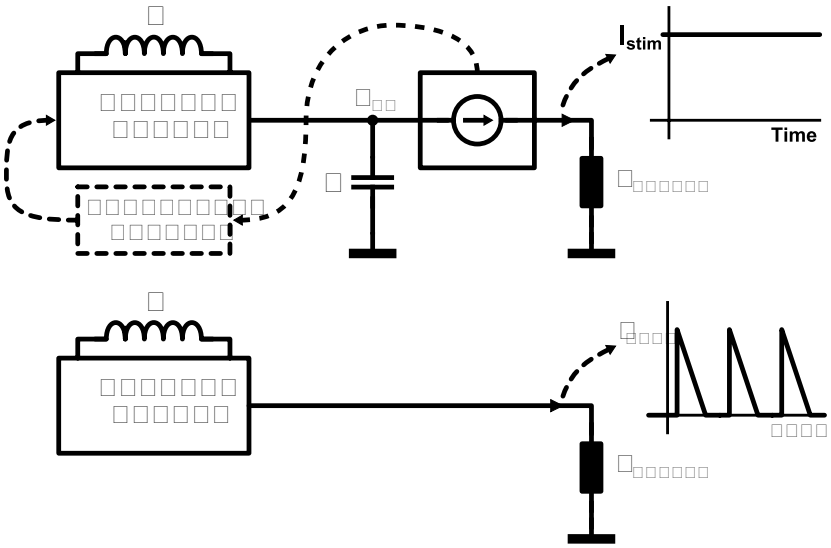


Figure 3: High-level system description of a classical constant current stimulator with adaptive supply (upper figure) and of the proposed switched-mode stimulator system (lower figure). As can be seen the stimulation waveform of the switched-mode stimulator is not a constant current anymore.

that the membrane acts as a low-pass filter. This makes the high frequency stimulation equivalent to classical constant current stimulation.

To verify this hypothesis, a prototype stimulator was built that was connected to a measurement setup in the Neuroscience department of the Erasmus University hospital. The brain of a mouse was removed, dissected into thin slices and kept alive in a solution similar to the environment of the brain. We could subsequently insert a stimulation electrode where the high frequency stimulation signal was applied. Furthermore, a nearby cell was patch clamped to record the response of the neural tissue. Patch clamping is a technique in which an electrode is connected with the inside of a single cell, which allows for recording of the activity of a particular cell. In Figure 4 a picture is shown of the measurement setup.

In Figure 5 some measurement results are shown. In the left figure the measured response of the patch-clamp to a classical constant current stimulation is shown. The current on the Y-axis is the measured current through the membrane of the cell. After an initial current spike, that can be considered as a stimulation artefact, the current through the membrane decreases, which is due to the depolarization of the cell membrane. In other words: the stimulation signal induces activation in the patch clamped cell. In the right figure the response is plotted for a high frequency stimulation signal for various duty cycles. The response is very similar, which means that high frequency stimulation can induce similar activation as classical constant current stimulation.

IC Design

Next step is to realize the high frequency pulsed stimulation concept on an Intergrated Circuit (IC). The core of the IC consists of the switched-mode circuit, in this case in the form of a forward buckboost converter. The system

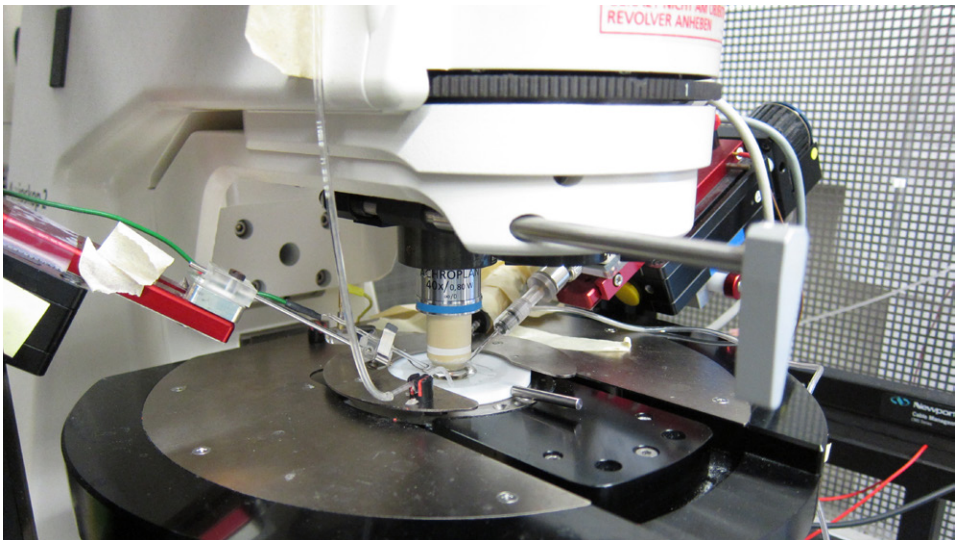


Figure 4: In vitro measurement setup to determine the efficacy of the proposed high-frequency stimulation technique. Under the microscope the living brain slice is located, while the left and right probe are the stimulation and recording (patch-clamp) electrodes respectively.

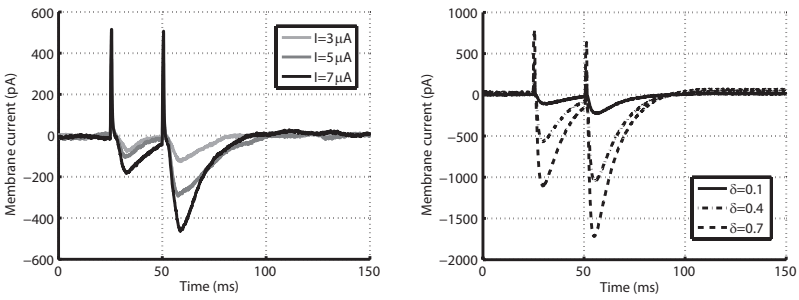


Figure 5: Measurement results from the setup of Figure 4. In the left figure a classical constant current is used to evoke a response in the measured cell, recognizable as a decrease in the membrane current. In the right figure the same type of activation is established using switched-mode high frequency stimulation. The duty cycle ∂ of the switched-mode stimulation is used to control the stimulation intensity; equivalent to the current amplitude for constant current stimulation.

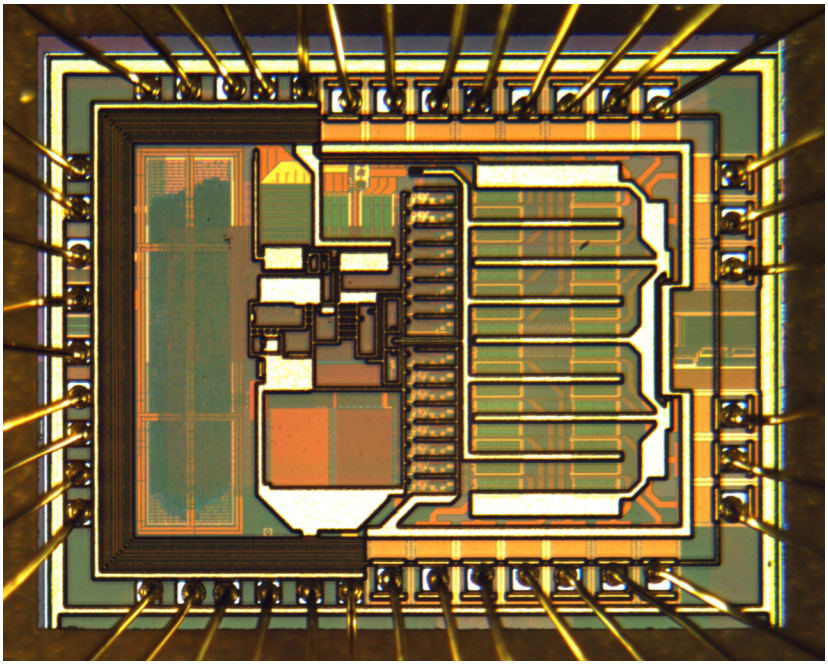


Figure 6: Microphotograph of the prototype IC

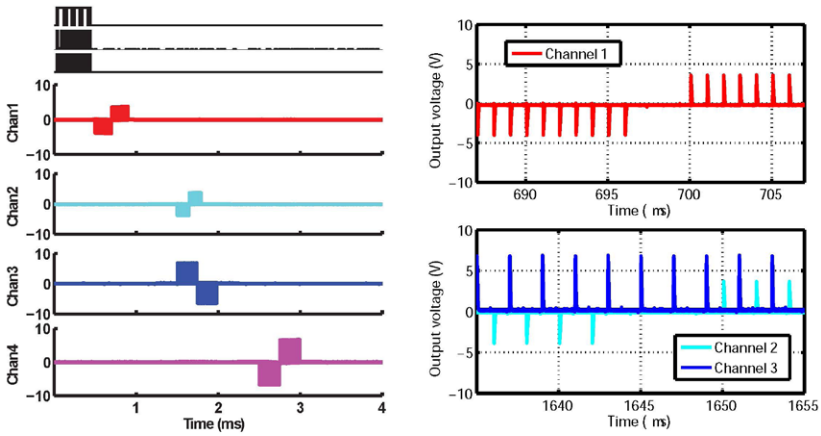


Figure 7: Measurement results showing the synchronized multichannel capabilities of the proposed stimulator system. In this example channel 2 and 3 are stimulated simultaneously with individual intensities and durations.

is equipped with 16 electrodes, which can be addressed simultaneously and independently. The core needs several supporting circuits to operate, such as a duty cycled clock signal as well as a comparator that is needed for charge cancellation purposes.

Finally, the IC has an extensive digital control circuitry. The system can be programmed by an external microcontroller using an SPI protocol. It allows to store 8 independent stimulation settings. Furthermore it can run these stimulation patterns either autonomously or they can be triggered using an external signal. The IC was implemented in AMS 0.18μ High Voltage Technology and the digital part was realized using an automated synthesis flow. A microphotograph of the IC is depicted in Figure 6.

Some measurement results of a synchronized multichannel stimulation pattern are depicted in Figure 7. The efficiency measurements are depicted in Figure 8. As can be seen, the efficiency of the system lies around 60%. Comparing this with existing constant current stimulation, it is shown that the proposed system especially outperforms existing systems when multiple channels are stimulated simultaneously.

Conclusions

During my PhD project I have developed a high frequency switched-mode stimulator system in order to improve the power efficiency of neural stimulator system. It was shown that the efficiency is indeed improved as compared to existing systems, especially when multiple channels are stimulated simultaneously. The efficiency can be improved further by more sophisticated designs of the core circuit. Especially the gate drivers of the output switches can be improved in order to decrease the resistive losses.

During my PhD project I have very much enjoyed the cooperation with the neuroscientists and neurosurgeons. It was very exciting to work at the boundary between electrical engineering and the medical world. Making a difference in the way to treat patients was an extremely rewarding experience. If you like the idea of contributing in a similar way, you can always drop by in the Section Bioelectronics on the 18th floor or contact Wouter Serdijn. We have good contacts with hospitals in the area and there are many interesting projects available, both for the bachelor as well as the master stage.

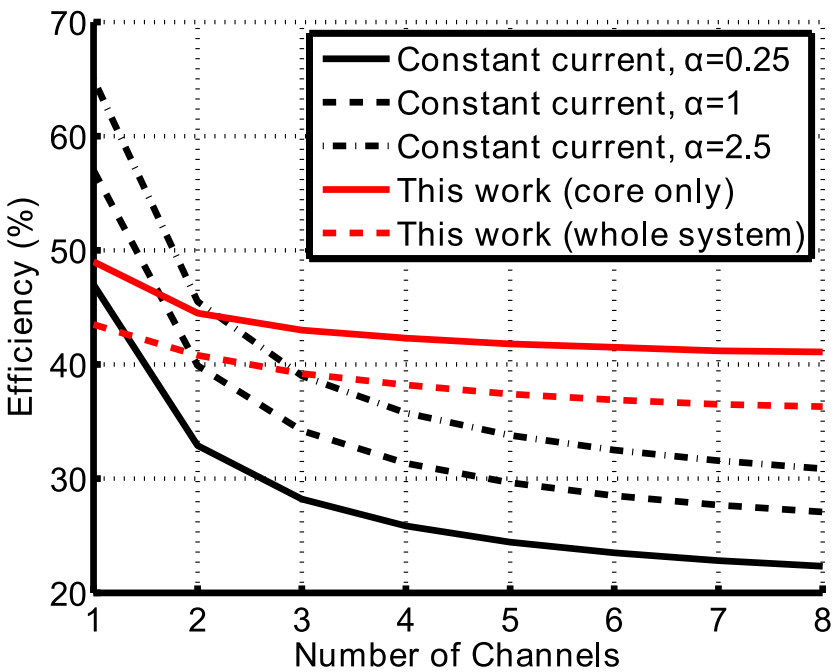


Figure 8: Efficiency measurements of the proposed system compared with state-of-the-art constant current

Genomen Sequencen

Interview met Zaid Al-Ars

Zaid Al-Ars, Dorus Leliveld, Jonas Carpay

Op dinsdag 11 november heeft Computer Engineer dr.ir. Zaid Al-Ars tijdens de TU Delft Research Exhibition de DIG-it Award ontvangen. Al-Ars ontving deze Award voor zijn baanbrekende onderzoek naar snellere DNA-analyse bij kanker.

Maxwell: Eerste vraag: Hoe zou je aan degene op de barkruk naast je uitleggen wat je precies gedaan hebt?
Zaid: Wij zijn Computer Engineers. In dat vakgebied optimaliseer je computersystemen om verschillende problemen op te lossen. CE is overal te vinden tegenwoordig, het is standaardgereedschap voor onze maatschappij. Computers zijn overal, van je broekzak tot rekencentra waar grote datasets worden verwerkt.
Wij zijn altijd op zoek naar recente uitdagingen en ontwikkelingen in de wetenschap óf maatschappij om te kijken of er nieuwe computationele uitdagingen zijn.
Mijn onderzoek begon in de genetica een jaar of 4 geleden. Ik had mijn promotie afgerond en was op zoek naar een onderwerp om aan te pakken. Mijn promotieonderzoek was in de richting van betrouwbaarheid van low-level manufacturing van computersystemen, en het testen van het exponentieel groeiend aantal transistoren. Na mijn afstuderen was ik daar wel op uitgekeken en wilde ik uitbreiden naar andere gebieden.
Ik verdiepte me in welke gebieden momenteel aan het ontwikkelen waren en welke daarvan een grote impact zouden kunnen hebben. Dat is hoe ik de problematiek die komt kijken bij genetisch onderzoek tegenkwam. Rond 2009 waren er een aantal revolutionaire ontwikkelingen die ervoor zorgden dat je voor een relatief kleine investering hele grote hoeveelheden genetische informatie kon genereren en sequencen.
De afgelopen 10 jaar zijn de kosten van het sequencen van een genoom omlaag gegaan van 1 miljoen euro naar rond de duizend euro. Rond 1999 heeft het Human Genome Project het genoom van een mens gesequencet voor 2 miljard dollar. Dat is een hele belangrijke mijlpaal, maar niet plausibel voor toegankelijke medische toepassingen.

Maxwell: Wat is het sequencen van een genoom?
Zaid: Een genoom sequencen is het aflezen van de data die in een genoom zit. Elke cel van je lichaam heeft een kern die jouw genoom bevat. De prijs van het DNA-sequencen is zo snel omlaag gegaan dat het probleem is verschoven van een genetisch probleem naar een rekenkundig probleem. De technologie is de afgelopen 50 jaar exponentiëel in performance gegroeid. Binnen één mensenleven is rekenkracht enorm geëxplodeerd. De revolutie binnen de genetica van de afgelopen jaren is nóg een stuk indrukwekkender, waarin de prijzen met een factor 100.000 zijn verlaagd in 10 jaar.

Maxwell: Waarom is dat zo snel gegaan in de genetica, hangt dat samen met de wet van Moore?
Zaid: Het volgt de wet van Moore natuurlijk, in 2000-2006 is het allemaal volgens Moore gegaan, maar daarna hebben disruptive technologies mogelijkheden aan het licht gebracht die nieuwe machines mogelijk hebben gemaakt. Tot 2004-2005 hadden we technologieëen die Sanger-sequencing heetten. Dit was op basis van een gel. Deze technologie was heel precies, maar wel langzaam en duur. Na 2006 hebben we machines ontwikkeld die in plaats van een genoom stukje bij beetje af te lezen een genoom in miljarden stukjes opbreekt en dan al die stukjes parallel uitleest. Door dat parallelisme kan je veel goedkoper en sneller je informatie tevoorschijn halen. Een voorbeeld is Illumina sequencing, dat in 30 minuten een genoom kan sequencen.

Wat is nu precies het probleem? Als je continu dit soort revoluties hebt krijg je uiteindelijk een overvloed aan informatie waardoor opeens de bottleneck verschuift van het verkrijgen van de data naar het verwerken van de data. Het

is geen chemisch-genetisch probleem meer maar een rekenkundig probleem. Dát is waar ik me nu mee bezig hou.

Genetica bepaalt veel ziektes in mensen, gewassen en vee. Met genoeg kennis van de genetische opbouw van een bepaald organisme kan je heel veel ziektes voorkomen of efficiënter behandelen. De hoop die we hadden in het jaar 2000, met de vreugde die kwam met het feit dat we het volledige menselijke genoom hadden gesequencet, viel weg bij de realisatie dat we nog niet zo heel veel met die informatie konden. We hadden een nieuw probleem, we konden niet zo veel met die informatie. En dat is nog steeds het geval. De vraag was 'wat nu?'. We begonnen een aantal verschillende projecten met verschillende universiteiten en organisaties en we keken wat nou precies de uitdagingen waren. Wat voor programmatuur en algoritmiek kunnen we gebruiken om dit te analyseren? Genetische problemen zijn wat men embarrassingly parallel problems noemt. Je hebt absurd grote datasets zonder de gereedschappen om ermee om te gaan.

Maxwell: Hoe groot is zo'n dataset?
Zaid: Een FASTQ-bestand is zo'n 300-400 GB groot. Dat kan je niet eens vertegenwoordigen omdat het op geen enkel scherm of geheugen past. Je moet heel slim met je data omgaan. Je moet er heel slim een structuur in aanbrengen. Zelfs het bewaren van die bestanden is een probleem. Heel veel rekencentra moeten allemaal nieuwe opslagruimte aanschaffen omdat het gewoon een hele grote hoeveelheid data is. Helaas zijn ál deze gegevens belangrijk tijdens een behandelproces. Je kan het natuurlijk comprimeren en decomprimeren, maar dat duurt erg lang bij een dergelijke dataset.

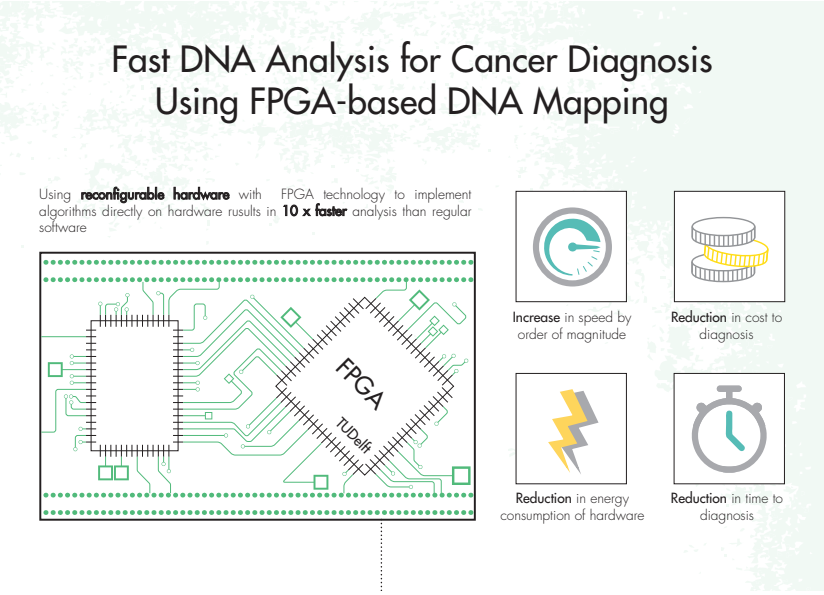
Embarrassingly parallel betekent dat

je heel veel van deze stukjes los van elkaar kan berekenen met dezelfde algoritmen. We kijken dus of we deze halve terabyte kunnen opbreken en of we de rekenstructuur op een FPGA kunnen laten draaien. Datzelfde wordt ook in de softwarewereld geprobeerd. Ze proberen nu een bestand op te delen en alle read-operaties los van elkaar uit te voeren en te bewerken op verschillende rekenkernen. Wat FPGA geschikter maakt is dat je je hardware op dit probleem kan toespitsen. Je hoeft niet, zoals bij een CPU, álle problemen op te lossen, je hoeft alleen dít probleem op te lossen. Je kan in gespecialiseerde hardware altijd sneller en efficienter je algorime oplossen. Op een general purpose-CPU heb je je hele stack en abstractielagen bovenop je processor die hem general purpose maken. Je moet altijd alles zo goed mogelijk kunnen oplossen, maar dat maakt ze voor elk individueel probleem erg inefficiënt. Een FPGA is hardware die geschikt is voor een bepaald probleem, ten koste van het feit dat je het voor geen enkel ander probleem kan gebruiken.

Maxwell: Wat voor soort probleem is het dat dit niet in een conventionele instructieset past?

Zaid: Een pipeline van een genetische analyse bevat heel veel algoritmiek. Eén van de kernalgoritmes in die pipeline is het vergelijken van twee sequences. Je hebt een ziek genoom en je hebt een gezond genoom. Je wilt weten waar de verschillen zitten. Door het aflezen van de verschillen tussen twee genomen kan je in een derde genoom problemen voorspellen. We kunnen vaak, zoals bij kanker en pasgeboren kinderen, geen diagnose maken op basis van alleen symptomen. We kunnen dan genetisch kijken wat nou precies de verschillen zijn tussen de genen van een vermoedelijk ziek persoon en een gezond persoon. Op basis daarvan vergelijken we twee sequences. Om twee sequences te vergelijken heb je een hele matrix nodig. Je ziet wel dat je een matrix nodig hebt voor

> We kunnen dan genetisch kijken wat nou precies de verschillen zijn tussen de genen van een vermoedelijk ziek persoon en een gezond persoon.



zoiets als de complexiteit van een dergelijke analyse n^2 is. Als je **n** dan 3 miljard is heb je al snel een probleem.

Maxwell: Wat voor complexiteit haal je dan met de implementatie op een FPGA?

Zaid: Op een FPGA gaat je complexiteit van kwadratisch naar lineair. Dat is een onvoorstelbare snelheidswinst. Met een kwadratische complexiteit is het probleem namelijk praktisch onoplosbaar. In software moeten ze dan heel veel heuristiek toepassen, allerlei voorbewerking gebruiken en slechts specifieke gebieden te kiezen om te analyseren. Zo los je het probleem niet op maar schuif je het alleen vooruit. Ze beperken bijvoorbeeld de data die ze beschouwen met exome sequencing. (Een exome is het onderdeel van een genoom dat uiteindelijke eiwitten maakt. Je genen hebben veel meer dan alleen maar exomen. De daadwerkelijke exomen zijn maar 1-3% van je genen, en de rest is alleen maar voor het controleren van het proces.)

Maxwell: De kern van het verhaal is dus dat de grote uitdaging is het vergelijken van hele lange strings. Het zit hem voornamelijk in het vergelijken van een gezond genoom met een ziek genoom.

Zaid: Heel simpel gezegd wel. Als je het heel erg vereenvoudigt lijkt het een wiskundig probleem, vergelijkbaar met een matchingalgoritme. Er is niet echt een ja-nee boolean match, want geen twee genomen lijken op elkaar. Een verschil is per se het verschil tussen gezond en ziek. Twee gezonde genomen verschillen ook op allerlei plekken. Het probleem is dat je delen zoekt die bijzonder veel afwijken van de normaal, en dat is heel moeilijk. Je hebt dan geen eenvoudige sequence matching meer, maar een algoritme dat sequence alignment heet. Hoe ver zijn twee strings van elkaar verwijderd en hoe veel verschil zit er in bepaalde karaktersets?

Je hebt heel veel afhankelijkheden. Het probleem is dat we het gewoon niet begrijpen. Genetici zijn nog niet in staat om te weten wat er allemaal fout gaat. We zijn gewoon grootschalige statistiek aan het toepassen op hele grote samples. Dat heet whole genome association studies. We proberen op basis van een controlemonster te vergelijken met een groep die bijvoorbeeld wel of geen longkanker heeft. Als je duizend mensen hebt met, en duizend mensen zonder een ziekte proberen wij de regelmatigheid te zoeken die de zieke mensen van gezonde mensen onderscheidt. Soms krijg je heel mooie resultaten. We weten bijvoorbeeld bij borstkanker precies waar de ziek genen zitten. Het syndroom van down is een ander mooi voorbeeld van een wat ze een Mendeliaans genoom noemen. Dit ken je misschien nog wel van middelbareschoolbiologie. Simpele Mendeliaanse genetica stelt dat een bepaald gen aanwezig is als hij een bepaald fenotype veroorzaakt. Bij een bloem wordt de kleur bepaald door een eenvoudig en aanduidbaar gen.

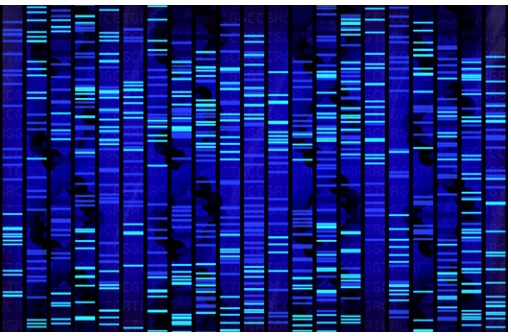
Een mens is natuurlijk veel complexer en er is een hele rij van genen die de aanwezigheid van een bepaald fenotype aangeeft. De aanwezigheid van een genoom draagt slechts bij aan het uitdrukken van een bepaald fenotype. Er is geen één-op-éénrelatie. Sommige ziektes zijn wel Mendeliaans, maar de meeste niet.

Maxwell: Je bent dus een bepaald patroon in een reeks aan het koppelen aan een bepaald effect op een organisme?

Zaid: Ja. Het lijkt het meest op patroonherkenning. Dat is wat de 13e verdieping van deze faculteit hier doet. Eerst was het de Pattern Recognition-vakgroep, en nu is het de Genomics and Pattern Recognition-vakgroep.

Maxwell: Hoe herken je dat een bepaald genoom een grote kans op borstkanker heeft?

Zaid: Alle sequences betekenen dat bepaalde eiwitten tot uitdrukking komen in een cel, die uiteindelijk borstkanker veroorzaken. Als die sequences bestaan heb je niet per se borstkanker, maar wel een extreem hoge kans om het te ontwikkelen. Natuurlijk hangt het af van je omgeving. We werken samen met de kinderafdeling van onder ander het Wilhelminaziekenhuis. We focussen ons daar op het snel maken van een diagnose. Bij kinderen is het veel urgenter dan bij volwassenen, omdat chemotherapie veel schadelijker is bij kinderen. Chemothe-



rapie pakt snel groeiende cellen aan, en daar hebben kinderen er veel van. Als je weet wat voor kanker het is en een geschikte behandeling kan toepassen kan je een kind genezen van kanker, niet alleen behandelen maar echt genezen. De afgelopen jaren is gebleken dat kinderen die van kanker genezen hun leven lang nog neveneffecten van chemotherapie overhouden. Het zou veel mooier zijn als we met doelgerichte therapie alleen de kanker kunnen behandelen en niet alles eromheen meepakken.

Maxwell: Hoe ziet jouw implementatie op een FPGA eruit?
Zaid: Je combineert de goeie eigenschappen van een FPGA met de goeie eigenschappen van een CPU. We laten ons algoritme eerst draaien op een CPU en dan profileren we dat proces. Dan zie je meteen in het profiel welke functies in je programma heel veel tijd in beslag nemen. Sommige functies zijn erg rekenkundig intensief. Dat zijn de eerste functies die je aanpakt. Je gaat ze analyseren en kijken of je ze óf kunt optimaliseren op de CPU, óf je probeert ze te poorten naar hardware. Nadat je die functies hebt gepoort probeer je ze zo veel mogelijk te parallelliseren en te verbergen achter functies op je CPU. Je kritieke pad wordt dan bepaald door algoritmiek die je nog steeds op je CPU draait. Op een hiërarchische manier probeer je steeds knelpunten te zoeken op je CPU en steeds meer naar hardware over te zetten. Wat je uiteindelijk probeert te bereiken is dat alles uiteindelijk wordt berekend op de FPGA en software alleen nog maar een managementfunctie vervult. Dit proces is nu nog steeds gaande. We hebben al wel een werkend product, maar we zijn nog niet klaar met de ontwikkeling. We werken momenteel samen met een kankerinstituut in Duitsland waar ons product al draait, en samen proberen we de implementatie sneller en geschikter te maken voor hun doeleinden. Eind dit jaar kunnen we in een half uur het volledige menselijke genoom ontrafelen. Het liefst hebben we dan ook de hele rekenstructuur op hardware draaien. Het zou erg zonde zijn als het leessysteem dat zij voor 10 miljoen dollar hebben gekocht niet kan worden gebruikt. Zo lang je geen computer hebt die de data kan verwerken heeft het namelijk ook niet zo veel zin om het te genereren. Met een student zijn we nu aan het proberen niet alleen bepaalde onderdelen van de pipeline te versnellen, maar de hele integrale pipeline in een keer te versnellen. We zijn ook een bepaalde methodiek aan het ontwikkelen om onze technieken te generaliseren en op Big Data toe te kunnen passen in een soort van schaalbare infrastructuur. Sommige programma's zijn parallelliseerbaar, maar hebben vaak ook sequentiële delen. We proberen het parallelisme op het dataniveau te introduceren. FPGA's zijn ook weer onderdeel van deze infrastructuur.

Maxwell: Waarom is wat jij hebt gedaan nog nooit eerder gedaan?
Zaid: Er zijn twee problemen. Het eerste is dat dit een nieuw gebied is. De ontwikkelingen waar we nu mee te maken hebben zijn zo revolutionair dat twee jaar geleden genetica überhaupt nog niet in een klinische omgeving werd toegepast. Ik ben al een paar jaar aan het kijken wat de mogelijkheden zijn zodat op het moment dat het relevant wordt ik meteen kon aanhaken. Nummer twee is dat het zo'n groot multidisciplinair gebied is dat je heel lastig alle noodzakelijke kennis in huis kan krijgen. Je hebt kennis nodig van computer engineering, low-level hardware, software engineering, algoritmiek, genetica, biologie en de hele medische wereld. Ik ging naar Leiden, ik heb zelf eerstejaarsvakken biologie gevolgd om te oriënteren. Ik heb tussen eerstejaarsstudenten colleges gevolgd om een beetje een idee te krijgen van hoe het allemaal werkte. Je hebt daar een andere taal, andere manier van denken en andere uitdagingen. Dat we geen concurrentie hebben is zeker niet het geval. Er zijn meer groepen die hiermee bezig zijn. Er zijn momenteel twee bedrijven die precies dezelfde angle hebben. Je hebt bijvoorbeeld Edico Genomics die dit met ASICs en FPGA's proberen. Dit bedrijf bestaat pas 4 maanden. Ze hebben nog geen product, maar ze beloven er een en je kan er een bestellen. Ze hebben nog niks geleverd, maar ze beweren een heel eigen programma te hebben ontwikkeld waarmee ze binnen 30 seconden een genoom kunnen sequencen. Ik vermoed dat ze een versimpeling gebruiken, en dat is geen uitdaging. De uitdaging zit hem in het oplossen van het probleem zónder heuristiek. De markt groeit heel snel en er zullen binnen een paar maanden waarschijnlijk nieuwe spelers zijn. Het is heel spannend en mooi dat we in zo'n rap ontwikkelend gebied zitten. We hebben een startup genaamd BlueBee, volledig gefocust op genetica. We werken nu samen met IBM, Intel, Altera en Xilinx om in een personalized medicine workgroup een referentieplatform te creëren en het is heel goed mogelijk dat over een jaar of twee iedereen onze oplossing gaat gebruiken.

Thesis Project at Audi

Safety-Critical Systems in the 48V Network

Richard Spijkers

The automotive industry has become a highly innovative industry, and many innovations are expected in the next decades. Audi, with its headquarters in Ingolstadt in the south of Germany, offered me the opportunity to work on this technology in the automotive industry, for one of the most premium car brands in the world. What is it like to work on future car technology at Audi?

The whole journey started with a discussion with my master thesis supervisor of the TU Delft about possibilities to do my graduation abroad. He mentioned the possibility to do my graduation at Audi, and I was interested right away. With so many new developments going on in this industry, ranging from autonomously driving cars to a new power network to enable new systems and to increase the fuel efficiency of cars, I knew the internship was going to be interesting. One thing led to the other, and after a successful interview at Audi's headquarters in Ingolstadt, I started there in August as one of the 40.000 employees located there.

The objective of my work was to make an overview of possible failures in the

Figure 1: The entrance of the Ingolstadt plant.

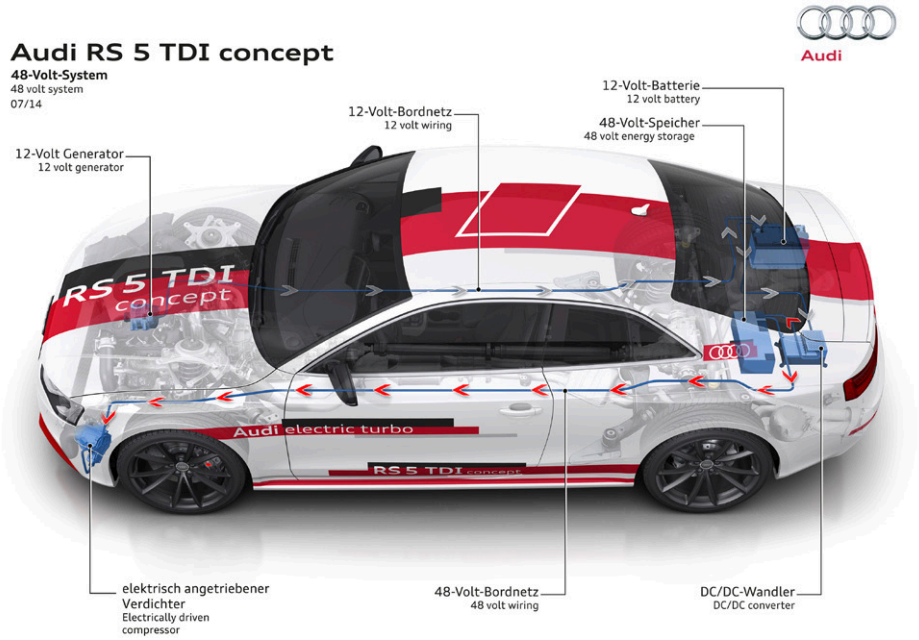


Figure 2: An electric turbocharger system.

Figure 3: The whole Ingolstadt facility.

new 48 V on-board power network, and to derive methods to operate these safety-critical systems in case of a failure. The safety-critical system consist of the braking and steering systems inside the car, and they may be supplied with power by the 48 V network in the future.

The 48 V on-board power network is a concept to further increase the fuel efficiency of cars, and decrease the CO2 emissions, while simultaneously increasing the power the network can manage so that new systems can be installed. For example, Audi will implement an electric turbocharger in several new types, so that a driver can accelerate faster than he could previously with a mechanical turbocharger.

In addition, it is possible to implement a mechanism where the engine of the car is turned off when the car is not accelerating. This can reduce CO2 emissions by 5% to 10%. Having driven in a car with this functionality myself, I must admit you do not even notice the engine turning off or on – but you definitely notice that the car does not brake on the engine!

The reason behind the work is to assure the safety of the driver at all times, and naturally safety is a very important aspect during the development of cars. Currently, there is no impact on the driver's safety when a failure in the 48 V network occurs. This is due to the fact that there are no safety-critical systems connected to the 48 V network. However, in the future these safety-critical systems may be supplied by the 48 V network. It was my job to investigate which possibilities there were to operate these systems in case of a failure, so that a fault could cause no harm.

To accomplish the objective, first a fault tree analysis of all possible faults of safety-critical systems was constructed. The overview of faults was both on the power system level, and on component level. From the analysis, it followed that there is actually one fault that both had a relative high frequency of occurrence, and that had serious consequences for the driver. Therefore, I proposed a concept that solved this problem. In addition, I tested the concept in practice and showed that in principle, it is possible to increase the robustness of the safety-critical systems in the car in this way. While Audi will likely not implement the solution as I had proposed, a different implementation of the concept appeared to be very interesting. Unfortunately, it is not possible to go into more details due to confidentiality.

I very much enjoyed my time there. It was great to work on something that had such a clear application, and the work was very satisfying. Furthermore, the atmosphere was great! All in all, I do not find it surprising that Audi was elected as the best employer of Germany in the engineering category in 2014. Would you like to have a similar experience, and are you interested in doing an (graduation) internship at Audi? Do not hesitate to contact me, because they are looking for driven and enthusiastic Electrical Engineers that would like to contribute to innovation in the automotive industry!

Figure 4: The Audi R8 e-tron

De Elektronenbuis

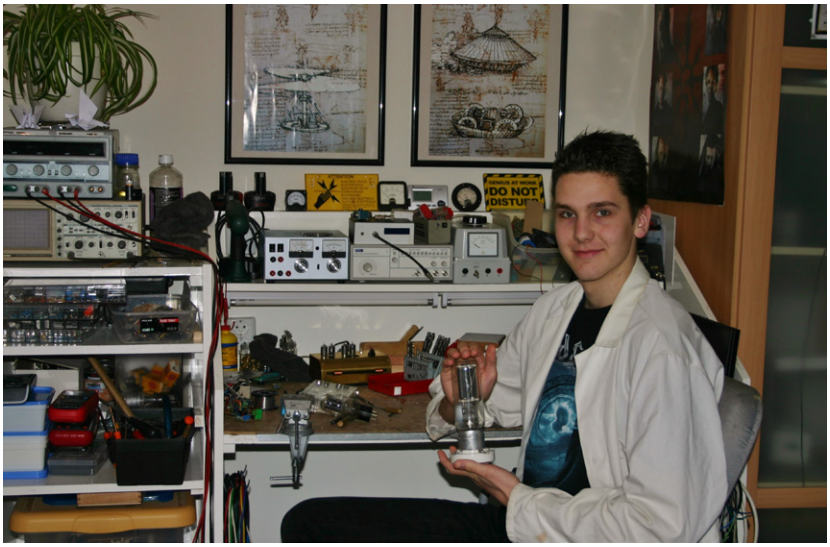
Een hobbyist aan het woord

Roel Zwetsloot

Er zijn tegenwoordig nog maar weinig hobbyisten die met buizen bouwen. Het merendeel daarvan is daarnaast niet al te jong meer. Zelf heb ik de 'buizengekte' te pakken gekregen op de jaarlijkse radiomarkt van het VERON in Rosmalen. Het tweede jaar dat ik ging had ik een vriend uitgenodigd mee te gaan. Ik prutste toen met transistors en microcontrollers, hij met buizen. Overtuigd om het eens te proberen verliet ik de beurs met mijn eerste paar buizen en dat smaakte naar meer. Waarom? Om meerdere redenen. Het resultaat steek je niet in een zwart niets zeggend doosje met knopjes, het glaswerk mag natuurlijk gezien worden. Het bolle glas en de rode gloed van de gloeidraden heeft aantrekkelijke charme. Om dezelfde redenen is het bouwproces heel leuk. Elke stap zie je het eindresultaat mooier en mooier worden. Met weinig en grote componenten is het bouwen ook een stuk prettiger, maar hoewel de schema's relatief weinig componenten bevatten zijn daardoor het rekenwerk en de componentkeuze des te belangrijker. Met diezelfde vriend gaan aan het bouwen tegenwoordig vele uren denkwerk, rekenwerk, simulatie en brainstorming aan vooraf.

Klank

Aangezien geen van mijn projecten in het vroege stadium echt goed klonk kan ik dat nog niet aanvoeren als reden natuurlijk, maar al snel volgde er meer projecten. '2e26' was een echte mijlpaal met goede performance en werd al snel gevolgd door 'Minimi' , een project met een heel ander doel voor ogen. Gericht op prijs en afmetingen was de performance ook verassend goed. Van de eerste bodeplots met meer deuken en kreukels dan op een hand te tellen valt werd het dus al snel beter. Vlakkere response en dus betere overdracht van de lage tonen, minder vervorming en tegelijk meer power. Naast het bouwplezier klinkt het nu ook nog eens heel goed. Het debat of transistors beter zijn dan buizen blijft natuurlijk altijd bestaan. Naar mijn mening hebben beide hun voordelen. Ik houd van warme tonen, iets wat buizen goed doen. Daarnaast zijn transistors dan wel goedkoper, maar de het plezier van het bouwen met buizen is zo significant groter dat de keuze voor mij makkelijk gemaakt is!



Figuur 1: Roel Zwetsloot in zijn werkplaats met een VT4c triode.

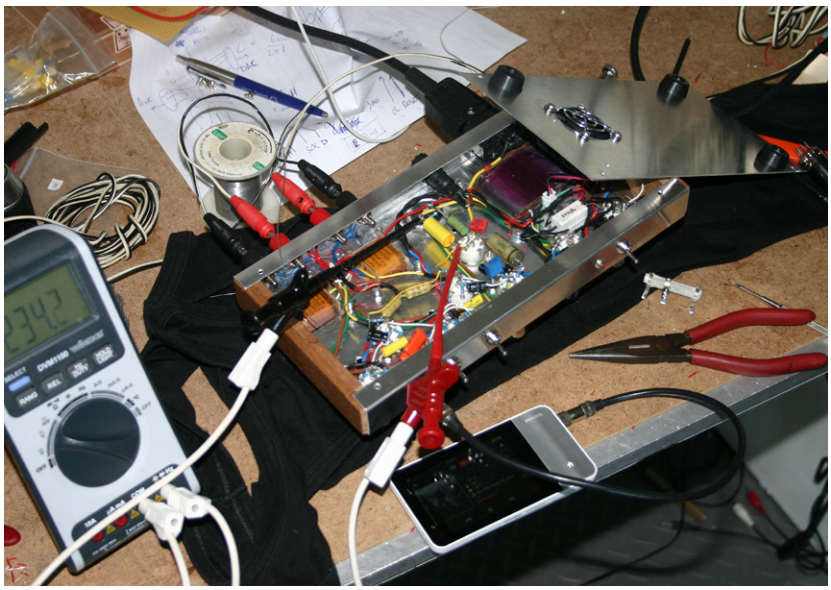
Minimi II

Op het moment bouw ik aan de opvolgers van de oude generatie, waaronder Minimi II. Deze leent zich goed voor uitleg omdat deze ontworpen zijn met formaat en simpliciteit als belangrijkste eigenschappen. Het verschil met zijn voorganger is echter dat het budget veel ruimer is, met als gevolg dat er geen compromis gemaakt hoeft te worden op geluid.

Het ontwerp bestaat eigenlijk maar

Figuur 2: Stereo 5W SE. Het eerste grote succes uit mijn bouwcarrière.

Figuur 3: Stereo 3W SE. Gebouwd om klein en goedkoop te zijn, heeft deze kleine amp toch verassend veel 'punch' en is hij zeer stabiel.



Figuur 4: Minimi van binnen op de testbank. Meten, verbeteren, testen en opnieuw.

uit drie onderdelen: de voortrap, de eindtrap en de voeding. Van de voor en eindtrap zijn er twee, aangezien het een stereo uitvoering is.

In de voortrap heb ik gekozen om de E80F buis te gebruiken, een pentode. Ik heb gekozen voor E80F vanwege robuustheid en lage ruis. De E80F is een special quality buis. Dat betekent dat deze buis een verlengde levensduur, minder ruis en microfonie heeft dan de normale versie: deze EF86 is al een uitstekende en populaire buis. De voortrap moet ontworpen zijn op lage ruis, genoeg versterking, klank en lage distortion. Triodes klinken prettiger dan pentodes en meestal gebruikt men deze dus in de voortrap. Omdat een pentode geschakeld als triode hetzelfde, soms zelfs beter doet dan een triode zijn deze uitstekend geschikt in deze positie. Een pentode wordt als triode ingesteld door het schermrooster aan de anode te verbinden. In de eindtrap komt een enkele E80L, weer een special quality buis. Weer een pentode maar dit keer een eindpentode. Deze kunnen meer vermogen leveren en zijn dus bedoeld om speakers etc. aan te sturen. Deze buis wordt niet geschakeld als triode aangezien de voortrap de klank al bepaalt en een triode als eindbuis weinig vermogen levert.

Figuur 5: Stereo 12W SE. Ontworpen voor maximaal vermogen en bass. Geweldige resultaten, desondanks in de wachtrij om gereviseerd te worden vanwege thermische problemen.

Rust Instelling

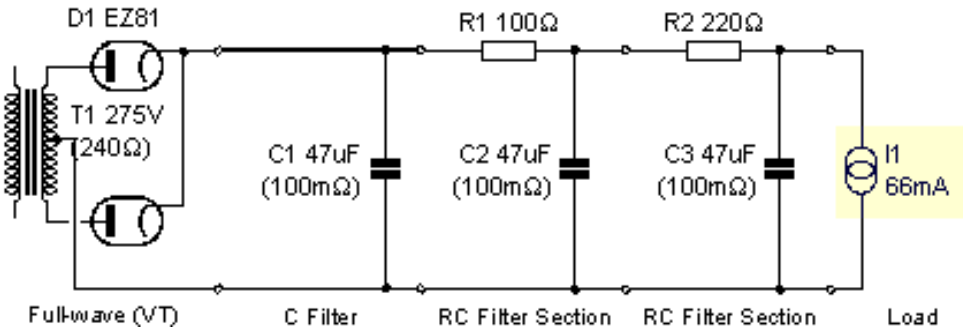
In rust moet er een stroom door de buis heen lope aangezien de buis alleen kan dissiperen en geen stroom kan leveren. De negatieve helft van het signaal zou wegvallen zonder ruststroom. In het figuur met de triodecurves is de rust instelling van de voorbuis aangegeven met de rode stip. De ruststroom (2.7mA) loopt ook door R2 en daarbij komt de kathode van de buis op een hoger potentiaal (+3.25V) dan aarde. De DC spanning van het rooster is nog steeds 0V; netto is de rooster-kathodespanning dus negatief wat de buis op zijn werkpunt instelt. Voor de eindbuis blijft het principe gelijk, maar complexer.

Voeding

De voeding wordt geregeld voor de dubbele buisgelijkrichter EZ81. Een dubbele filtersectie erachter zorgt ervoor dat de voeding bromvrij is. De stroombron simuleert twee versterkerkanalen, welke samen 66mA bij 290V opnemen. De transformator levert ook de gloeispanning voor alle buizen.

Signaal

Het klein signaal principe van het schema is voor een buizenversterker vrij eenvoudig. Het signaal wordt aangeboden op J1 en ontdaan van DC offset en lage frequenties door C1 en R1. Deze lage frequenties belasten de versterker alleen maar extra, ze verstoren de rustinstelling en je hoort ze toch niet. Een stijgende spanning op het rooster van de triode laat meer elektronen van de kathode naar de anode door. Deze extra elektronen zorgen voor een hogere spanning over zowel



Figuur 6: De voeding

R3 als R2. De rode stip beweegt zich als het ware over de rode lijn: de helling van deze lijn wordt bepaald door R3. De toenemende stroom door R2 zorgt ook dat de kathodespanning stijgt, waardoor de kathode-roosterpanning weer iets afneemt - een vorm van vervorming verminderende feedback. Het signaal over R3 wordt afgetapt. Het is 180 graden fase verschoven en heeft een grotere amplitude om de eindbuis aan te sturen. C2 en R4 blokkeren de anode biasspanning van de stuurbuis.

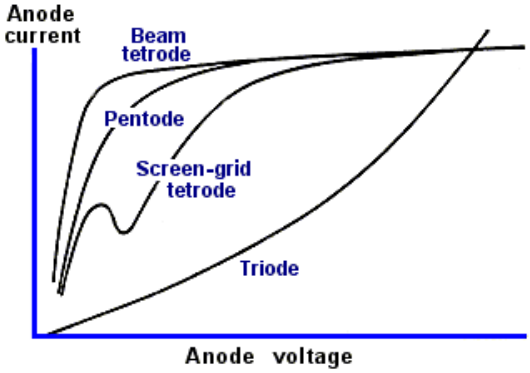
De eindbuis is een pentode, welke door de transformator en R6 tussen triode-mode en pentode ingesteld wordt. Dit noemt met de "Ultralineair" instelling en zit halverwege triode en pentode. Het heeft als voordelen dat het uitgangsvermogen veel hoger is dan een triode, maar de vervorming lager is dan zowel een pentode of een triode. Verder werkt de buis hetzelfde met als verschil dat de buis veel meer vermogen kan leveren. Daarnaast gebeurt dat niet in een weerstand maar "in" een transformator. Deze transformator negeert de anode biasstroom maar koppelt het sterke signaal naar de speaker. Een buis ziet graag 200-400V en een lage stroom, maar een speaker 2-15V en een hoge stroom. De wikkelverhouding van de transformator is zo dat de impedantie van de speaker omhoog getransformeerd wordt. Daardoor ziet de buis een voor hem optimale impedantie en kan hij ook meer vermogen leveren. Bij de eindbuis is de kathode weerstand R5 echter ontkoppeld voor het klein signaal. Dat is omdat de eindbuis maximale versterking moet hebben om veel vermogen te kunnen leveren bij lage vervorming. R7 zorgt voor feedback vanuit de uitgang naar de voortrap om de vervorming die de uitgangstrap bijdraagt te verminderen.

Buizen

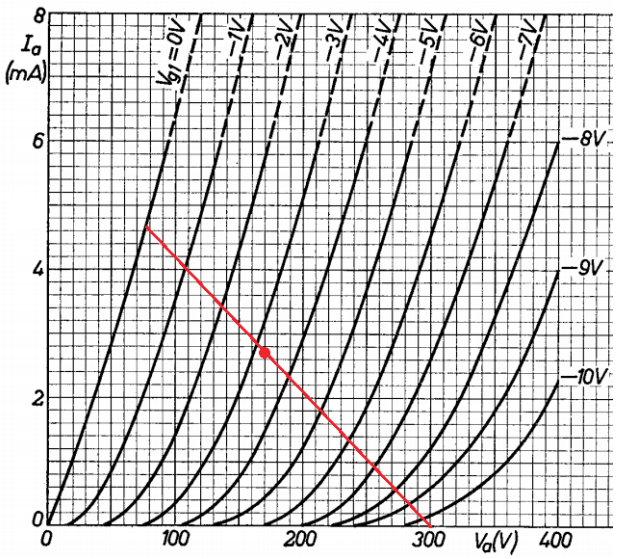
Geluidsversterkers zitten overal, van smartphones tot omroep installaties. Tegenwoordig meer dan vroeger omdat de mogelijkheden groter zijn, maar ook ruim voor de tweede wereldoorlog had men al middelen om elektrische signalen te versterken. Dit werd gedaan met behulp van buizen. Net zoals bij en kathodestraalbuis in een oscilloscoop of een oude TV wordt er rondom een kathode een elektronenwolk gegenereerd door deze te laten gloeien. De elektronen worden door een positieve spanning op de anode er naar toe getrokken. De anode is zelf echter niet warm genoeg om elektronen uit te zenden en dus kan de stroom maar in één richting: een diode. Deze diode kan niet versterken. Om deze stroom elektronen te reguleren kan er een rooster in de baan van de elektronen ingebracht worden. De som van de krachten op de elektronen, en dus de som van de velden bepalen de doorstroom in de buis. Door de roosterspanning te variëren varieert ook de hoeveelheid doorgelaten elektronen: een spanning gestuurde stroom 'bron', de triode.

Deze triode is echter verre van een perfecte stroombron. Als de spanning op de anode verandert dan verandert het veld en dus de stroom door de buis. Om dit probleem op te lossen

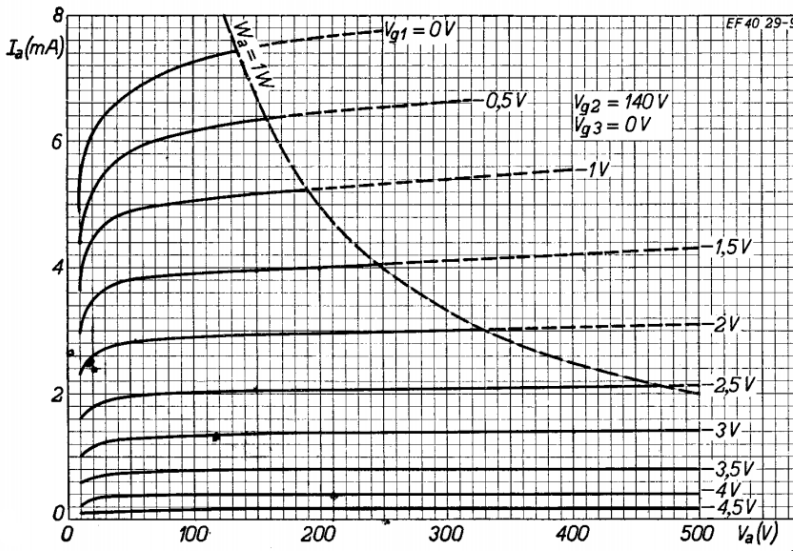
Figuur 7: Reclame van Philips voor de vroege B406 audiotriode



Figuur 8: Anodestroom als functie van anodespanning, met het stuurrooster op hetzelfde potentiaal als de kathode. Buistype als parameter.



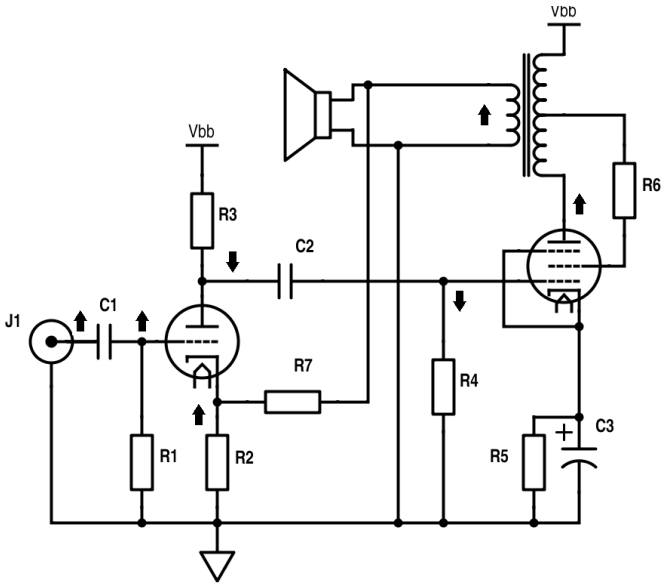
Figuur 9: De voorbuis met zijn load lijnen en werkpunt.



Figuur 10: Een voorbeeld van pentode curves, van de voorbuis.

werd een heel fijn rooster ingebracht, het schermrooster. Dit rooster zorgde onder andere voor een constant aanwezig veld in de buis. Het rooster is zo dun dat elektronen het bijna niet raken, en de anode zijn functie behoudt. Deze tweeroosterbuis heet de (screen-grid) tetrode.

Ook de tetrode heeft nadelen. Bij bepaalde instellingen heeft deze last van secundaire emissie. Elektronen die de anode raken slaan andere elektronen los, die aangetrokken werden door het schermrooster. Daardoor heeft de tetrode een rare kronkel met een plaatselijke negatieve differentiële weerstand. Hierdoor kan de buis ongecontroleerd gaan oscilleren. Om deze elektronen terug te sturen werd een remrooster ingebracht met als gevolg de pentode. Een beam tetrode berust op hetzelfde principe.



Figuur 11: Het schema zonder voeding. Voor eenvoud is de stuurbuis afgebeeld als triode.

Tips

Wil je zelf eens buizen zien, heb je interesse in elektronica geschiedenis, of wil je misschien zelfs zelf eens met buizentechniek doen? Kom dan eens kijken in de Studieverzameling. Ik en de andere vrijwilligers zijn altijd enthousiast voor een praatje en helpen je graag op weg. Je kunt ons elke maandag vinden in de kelders van EWI.

Bouwen op Innovatie

Advertorial

Huisman

Huisman is een wereldwijd opererend bedrijf met uitgebreide ervaring in het ontwerpen en fabriceren van zware constructie-installaties voor 's werelds meest toonaangevende onshore- en offshorebedrijven. Huisman is oorspronkelijk opgericht in 1929 als staalconstructiebedrijf. In 1986 is het samengegaan met ontwerpbureau ITREC, hierdoor waren ze in staat om in eigen beheer producten in zijn geheel te kunnen ontwikkelen, van concept tot na aflevering.

Huisman heeft vele vestigingen wereldwijd. Het hoofdkantoor staat in Schiedam, waar ook een productiefaciliteit is. Daarnaast zijn er nog productiefaciliteiten in Tsjechië en China, en wordt een nieuwe productiefaciliteit gebouwd in Brazilië. Er zijn nog additionele sales en engineeringkantoren in China, Singapore, Noorwegen, Australië en de Verenigde Staten. Daarnaast heeft Huisman in Nederland nog twee Engineeringkantoren in Enschede en Breda. Huisman opende deze Engineeringkantoren een aantal jaar geleden om ook Engineers uit het oosten en noorden van het land aan te trekken.

Producten

Het productassortiment kan in zes categorieën worden ingedeeld: kranen, pijplegsystemen, boorinstallaties, lieren, scheepsontwerpen en speciale projecten. Deze projecten variëren van stand-alone componenten tot zeer geavanceerde, geïntegreerde systemen. Door de samenwerkingsverbanden die worden aangegaan met klanten en het feit dat alles in het werk gesteld wordt om nieuwe technische oplossingen te vinden en deze als turnkey projecten op te leveren, heeft Huisman in de markt een reputatie opgebouwd als solide, betrouwbare partner.

Innovatie

Een van de drijfveren van Huisman is innovatie. Huisman is constant bezig

Figure 1: One of Huisman's ships

met het doorontwikkelen van producten en het ontwerpen van nieuwe. Belangrijkste uitgangspunten daarbij zijn efficientie en veiligheid. Dit resulteerde eerder al in het innovatieve Mast Kraan concept, wat inmiddels zijn toegevoegde waarde al ruimschoots heeft bewezen en waar inmiddels ook een variant van 5,000mt van gebouwd is. Daarnaast heeft Huisman de boorindustrie een nieuwe oplossing geboden voor het boren in zeer diep water met de Dual Multi Purpose Tower. Een van de meest recente innovatieve nieuwe oplossing is de Rope Luffing Knuckle Boom Crane.

Elektrotechnische systemen

De eisen aan de elektrotechnische installaties kunnen per project enorm variëren. Netspanningen, frequenties en aardingstelsels van elektrotechnische scheepsinstallaties verschillen vaak per schip en komen vaak weer niet overeen met installaties op land. Creativiteit, durf en het maken van intelligente keuzes zijn daarom steevast vereist.

Door elektrotechnische systemen te ontwerpen voor producten waarbij de eigenschappen van elkaar verschillen, leer je heel goed te kijken naar de essentiële eigenschappen van het product: waar gaat het werkelijk om, wat is werkelijk een verbetering? Selectietabellen van fabrikanten kunnen lang niet altijd toegepast worden, je zult altijd zelf een stap verder moeten kijken om tot de kern te komen. Hier begint dan ook de innovatie: de producten moeten in de kern steeds beter worden.

Huisman is dan ook een system integrator pur sang. Mechanische-, hydraulische-, elektrische- en besturingssystemen worden tot één veilig en duurzaam, functionerend geheel gebracht. Door middel van technische innovatie en menselijke creativiteit worden systemen geïntegreerd, worden delen op allerlei productielocaties gebouwd, en vervolgens fysiek samengebracht, terwijl er getest wordt conform de gestelde eisen.

De uitdaging voor Elektrotechniek binnen Huisman is om een elektrische installatie te bedenken, te ontwerpen en in te richten voor een apparaat waarbinnen allerlei gecontroleerde bewegingen van onderdelen uitgevoerd kunnen worden. Hiervoor zijn voedingssystemen, aandrijfsystemen, meetsystemen, bewakingssystemen en besturingssystemen nodig. Daarnaast zijn er vanzelfsprekend facilitaire systemen als verlichting, camera, communicatie, branddetectie, verwarmings- en koelsystemen aanwezig. Al deze systemen worden geïntegreerd in één elektrotechnisch systeem, in één apparaat.
Het is fascinerend dat door middel van een creatief en abstract proces enorme installaties in een fysiek apparaat tot leven gebracht kunnen worden als we de spanning inschakelen.

Turn-key delivery

De kracht van Huisman ligt in het volledig in eigen beheer ontwerpen en produceren van hoogstaande systemen, van concept design tot turn-key delivery. Wij willen in de markt bekend staan voor het leveren van wat wij beloven: een concurrentievoordeel voor onze klanten door middel van kwalitatief hoogwaardige oplossingen en diensten die consequent de beste zijn in haar klasse.
Wij streven er naar om onze oplossingen en ons serviceniveau uit te laten groeien tot de standaard binnen de industrie. Van onze medewerkers verwachten wij dat zij zichzelf continu uitdagen om innovatie, kwaliteit en veiligheid naar het volgende niveau te brengen. Bij Huisman leggen we de lat hoog. Onze medewerkers excelleren in probleemoplossend vermogen, technisch vernuft en creativiteit. Alleen dan kunnen wij verder bouwen aan een sterke en solide reputatie in de markt.

Streetlight Evolution

Kunst met straatverlichting

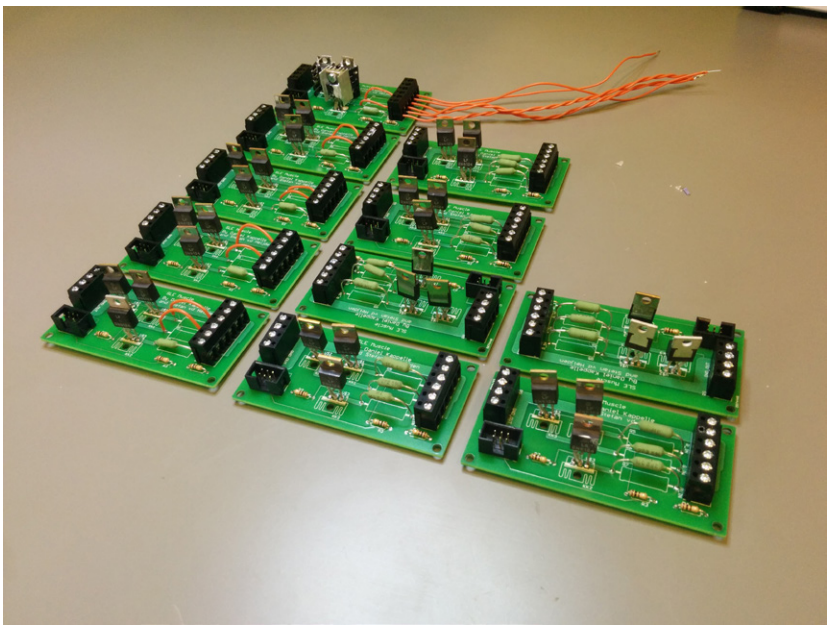
Daniel Kappelle

Tijdens de studie Electrical Engineering leer je ontzettend veel over de technische aspecten van electrotechniek. Alles van CMOS-technologie tot systeemresponsies van ingewikkelde circuits komt aan bod. Waar echter wat minder aandacht aan wordt besteed is de praktische toepassing van de opgedane kennis. Uiteraard wordt er tijdens de EPO projecten wel wat aandacht besteed aan toepassing, maar dit hoort altijd erg specifiek bij bepaalde vakken. Ook is er bij EPO niet heel veel vrijheid en wel veel hulp aanwezig. Dat is waarom ik het project Streetlight Evolution zo leuk vond om aan te werken, daar ging dat anders.

Streetlight Evolution is een honours project dat is opgezet door Koen Fraijman, derdejaars industrieel ontwerpen. Het was onderdeel van het Amsterdam Light Festival. Dit is een festival wat dit jaar voor de derde keer plaatsvond in, je raadt het al, Amsterdam. Tijdens dit festival, wat ongeveer een maand duurt, worden er allemaal kunstwerken tentoongesteld, verspreid door het centrum van Amsterdam. Al deze kunstwerken geven licht en doen daar wat bijzonders mee.

Ons kunstwerk was een ode aan de lantaarnpalen in Nederland. Het is namelijk zo, dat iedereen dagelijks aan tientallen, dan wel honderden lantaarnpalen voorbijgaat, maar er eigenlijk nooit op let. Lantaarnpalen zijn er gewoon en ze verlichten de straat, maar zelden zal iemand iemand er bij stil staan dat er meer achter zit. Ook lantaarnpalen moeten namelijk ontworpen en ge\"engineerd worden. Om daar eens aandacht voor te vragen en respect voor te tonen, bestaat ons kunstwerk uit lantaarnpalen die als een boeket geplaatst zijn. Op die manier zetten ze elkaar (letterlijk) in het licht.

Aan het project hebben we in de D:Dreamhal gewerkt met een team van uiteindelijk 12 studenten. Deze varieerden van bachelorstudenten tot internationale masterstudenten. Zij studeerden: industrieel ontwerpen, werktuigbouwkunde, civiele techniek, technische bestuurskunde, bouwkunde en ikzelf electrical engineering. Het team was onderverdeeld in een aantal subteams met verschillende taken. We hadden een officeteam, zij zorgden ervoor dat de logistiek op orde was, maar vooral ook dat de acquisitie geregeld werd. We hadden een designteam, zij bedachten met name hoe het geheel er uit moest zien en wat het moest kunnen. We hadden een constructieteam, zij zorgden ervoor dat het geheel stevig was en niet instortte. Ten slotte hadden we dan, uiteraard, het elektroteam.



Ons kunstwerk moest uiteraard licht geven, het is immers het Amsterdam *Light* Festival. Dat is waar het Elektroaspect van dit project om de hoek komt kijken. An sich klinkt het niet als een waanzinnig spannend Elektroklusje. Dat is ergens ook wel waar, het is niet de meest uitdagende elektronica. Echter, alles moest vanaf niets uitgedacht en opgebouwd worden. Het was geen EPO waar, wanneer de handleiding te kort schiet, studentassistenten of zelfs tutoren een zetje in de goede richting kunnen geven.

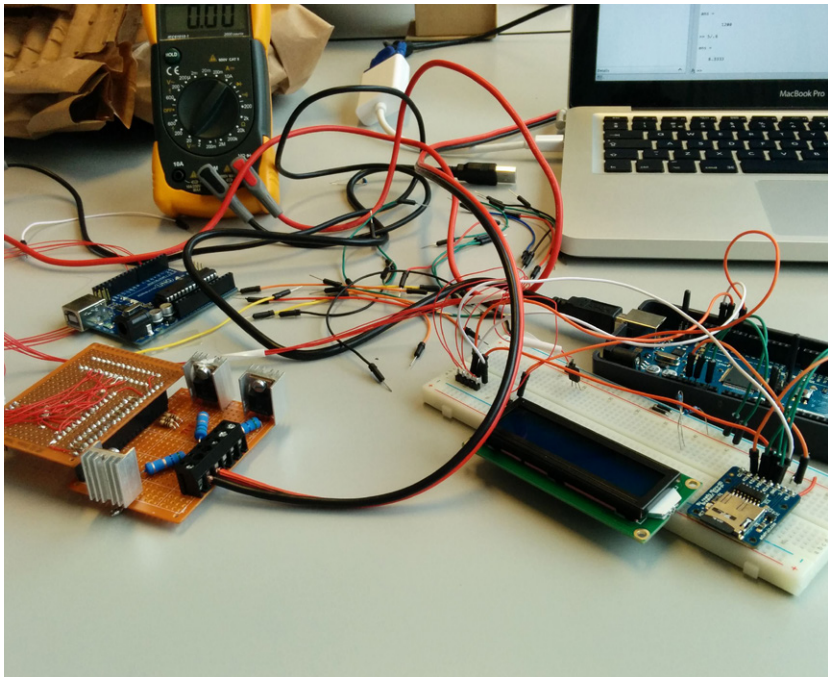
De elektrotechniek

Uiteraard begint het ontwerp van een systeem met specificaties, dankjewel EPO-3. Dat is ook gelijk een puntje wat beter had gekund. De specificaties waren niet echt gedetailleerd, maar goed, het belangrijkste was duidelijk: er moesten zes lantaarnpalen en zes spotjes zijn die elk (op eentje na) alle kleuren licht konden geven. Verder moesten ze bepaalde sequences kunnen afspelen met hun lampen om een lichtshow te cre\"eren. Natuurlijk moesten ze ook voldoende licht geven, de definitie van 'voldoende' ontrbrak helaas wel enigszins.

Met de eisen van het systeem in gedachten kwamen we eigenlijk direct al uit bij RGB LED-lampen. LEDs zijn makkelijk aan te sturen, ook met PWM, en verkrijgbaar in Rood (R), Groen (G) en Blauw (B). Voor de lantaarnpalen hebben we gekozen voor losse R, G en B LEDs van elk 3W. Dat komt dus neer op 9W per lantaarnpaal. De spots schijnden omhoog vanaf de grond en hoefde enkel de lantaarnpalen wat aan te lichten, deze konden dus op een veel lager vermogen. Hiervoor hadden we losse R, G en B LEDs van elk 1W, ofwel totaal 3W.

Goed, het soort lampen is duidelijk. Deze moesten echter wel aangestuurd worden, dat is natuurlijk waar het interessant wordt. Het aanstuursysteem bestond uiteindelijk uit drie hoofdonderdelen: een Arduino, een controlebordje en powerbordjes. De Arduino was geprogrammeerd om een SD-kaart uit te lezen met daarop de lichtshows en om deze via een seriele verbinding aan het controlebordje door te geven. Het controlebordje bestond vooral uit drie TLC5940 PWM-controllers, deze stuurde een PWM-signaal naar de powerbordjes. Verder had het controlebordje ook nog een LCD om wat info op weer te geven en wat knopjes om van show te wisselen. De powerbordjes gebruikten het PWM-signaal van de TLCs om de grote load van de lampen aan te sturen.

De vermogenselektronica van het systeem bestond dus uit de powerbordjes, maar uiteraard ook uit voedingen. Voor de voedingen hebben we Meanwell drivers gebruikt van 12V, 15V en 20V. Deze voedingen zijn erg betrouwbaar en hebben een degelijke weathersealing. De powerbordjes bestonden uit een PNP transistor met een weerstand aan de basis. De reden hiervoor is dat de TLCs alleen als currentsink werken.

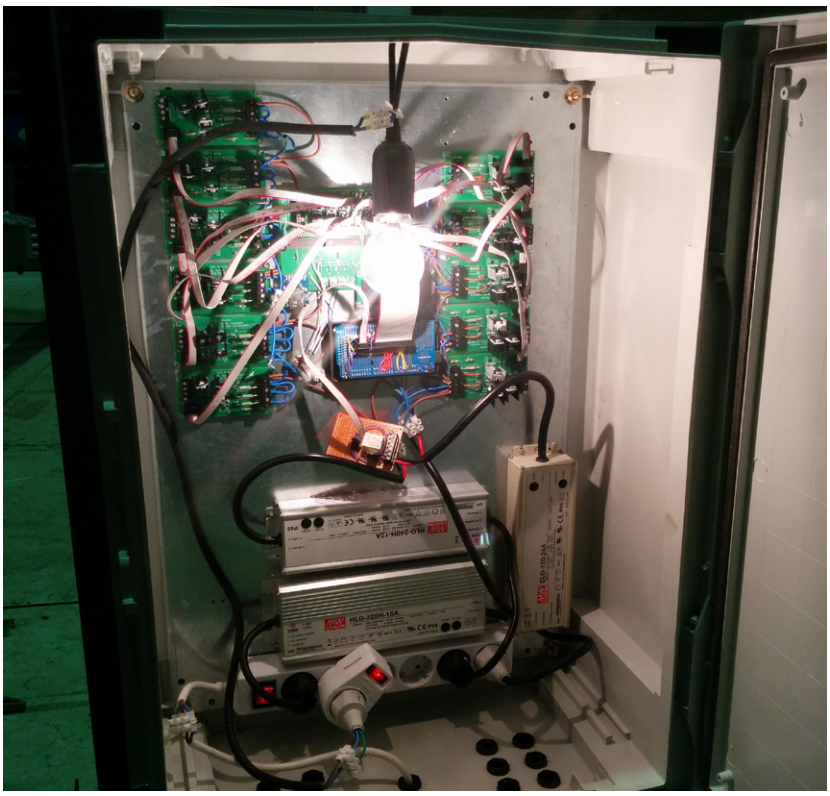


Verder gebruikten ze een serieweerstand voor de LED om de spanning precies goed te krijgen. De transistoren waren voorzien van heatsinks om de relatief grote stromen (1A) aan te kunnen.

De software

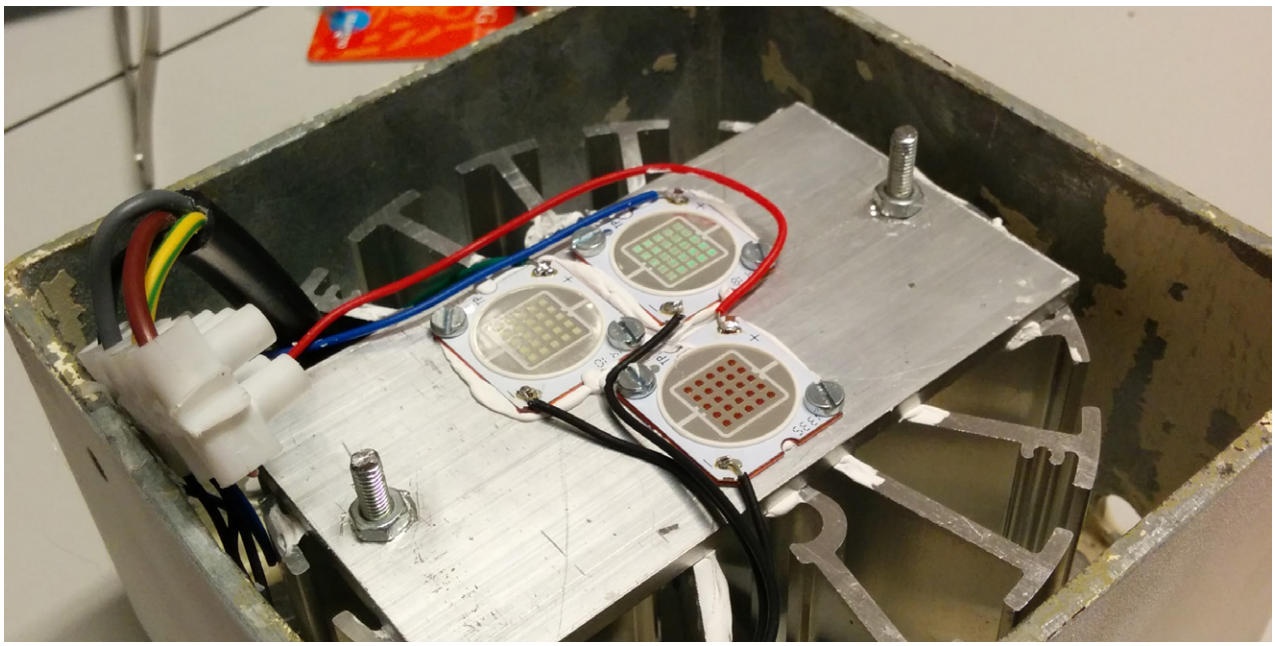
Ook op software gebied moest er het een en ander geklust worden. Er was voor gekozen om lichtshows te maken in de vorm van matrices met per regel de toestand van alle lampen. De Arduino las deze matrices, welke als .CSV's op een SD-kaart stonden, uit en ging ze regel voor regel af. Aanvankelijk zat er een kleine delay ingebouwd tussen elke regel, maar het bleek dat het uitlezen en schrijven samen al ongeveer 20ms duurde. De matrices waren dus eigenlijk een soort filmpjes van 50fps.

Het maken van de lichtshows bleek wel een ware uitdaging. Helaas kon ik geen programma's vinden om lichtshows te maken en als matrix-achtig bestand op te slaan. Uiteindelijk heb ik dus in Matlab alle lichtshows geprogrammeerd. Hiervoor maakte ik wel steeds functies om me wat te helpen. Zo kon ik bijvoorbeeld zo een lamp een sinus of een fade-in laten doen.



Ervaringen

Dit project was intens leerzaam en leuk om aan te werken. Een van de meest interessante dingen vond ik waarschijnlijk wel het samenwerken met mensen van andere disciplines. Met name het samenwerken met industrieel ontwerpers bleek een heel andere kijk op dingen te geven. Binnen het elektroteam werkte ik samen met Stefan (master industrieel ontwerpen) en hij kwam steeds met idee\"en waar ik zelf nooit aan had gedacht en die net even voor dat beetje extra zorgden. Met name op het gebied van dingen presenteren en praktisch in orde maken was dit merkbaar. Dit zijn dingen waar je als elektrostudent zelden mee te maken krijgt. Ook kwamen we er samen achter dat er waarschijnlijk veel winst valt te behalen uit de samenwerking tussen elektro'ers en IO'ers, wij consta-



teerden namelijk het volgende: IO'ers bedenken heel vaak een gave gadget, maar denken dat dit elektrotechnisch gezien onmogelijk of te duur is, terwijl elektro'ers vaak iets in elkaar klussen (of enkel bedenken), maar vervolgens geen enkel nut erin zien. Dit is waar ze elkaar nodig hebben om elkaar aan te vullen! Bovendien wist Stefan veel van LED verlichting af, wat ontzettend goed van pas kwam.

Verder waren er natuurlijk nog enkele elektrotechnische ervaringen, zoals het ontwerpen en laten maken van PCB's. Het moment dat er een pakketje van Eurocircuits klaar lag was toch wel heel erg kicken. Tot slot is er dan nog de ervaring van het project als geheel wat ook geweldig was, het was gezellig met het team, we hebben gave uitjes gemaakt (naar onder andere Tata Steel) en een gaaf eindproduct neergezet. Het idee dat er zo'n half miljoen mensen een kunstwerk hebben bekeken waar jij aan bijgedragen hebt, dat is gewoon top.

Challenges in Power System Protection

Advertorial

Evita Parabirsing (TenneT TSO B.V.)
Martijn Roos (Final Thesis project HAN polytechnic Arnhem)

TenneT TSO B.V. is the transmission system operator for the 110 kV, 150 kV, 220 kV and 380 kV of the Netherlands and part of Germany. Together with DNV GL (formerly known as KEMA), TenneT designed a new type of high voltage (HV) tower called Wintrack. By compacting the power line, optimizing the conductor and field compensation with additional conductors, the area of the electromagnetic field under the towers is reduced by at least 60%, see Figure 1. Figure 2 shows the construction of 380 kV (inner-circuit) and 150 kV (outer-circuit) lines in Wintrack-combination towers.

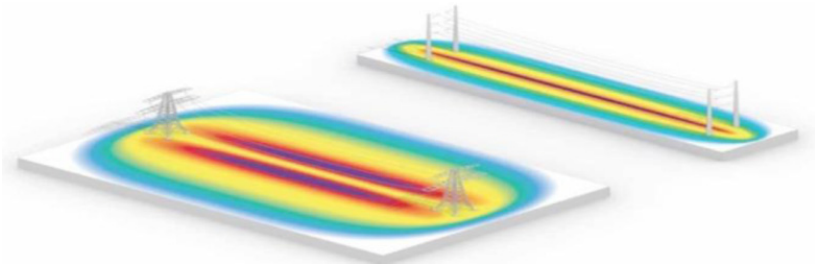


Figure 1: comparison of the electromagnetic field under a conventional and Wintrack HV-tower

For the protection of HV-overhead lines against abnormal grid situations (especially short circuits), TenneT uses a combination of differential and distance protection relays. The principal of differential protection relays is based on the Maxwell's current law, it measures and compares the current flowing into a certain line section with the measured current flowing out of the same line section. If a short circuit occurs within this protected line section, the differential relays will determine a certain difference between incoming and outgoing current, and will immediately trigger to switch off the concerning line section. Distance protection relays on the other hand, measure the current and voltage at the beginning of the line section and then calculate the measured impedance (see Figure 3). It compares the measured impedance with its impedance setting values, which are set to create protection zones (see Figure 4). If a short circuit occurs within the protection range of the distance protection relay, the fault impedance will be measured in the concerning protection zone and the distance relay then gives a trip to switch off the line section if the fault is measured during a predetermined zone time (see Figure 4). The protection zones are determined by the impedance (X and R values) of the protected line section. Three zones are commonly used, from which zone 1 reaches up to 85% of the protected line with time setting of 0 seconds, zone 2 reaches beyond the line up to 110% with time setting about 300 milliseconds and zone 3 reaches much further ahead with a time setting in the range of seconds. Furthermore the relays needs a start-up zone to trigger the impedance calculation and sometimes an extra reverse zone 4 is used to also protect in backwards direction.

Figure 2: Wintrack-combination tower with an 380 kV inner-circuit and an 150 kV outer-circuit

In the Wintrack-combination tower shown in Figure 2, the 380 kV circuit is positioned on the inner poles of the towers while the 150 kV circuit is positioned on the outer poles. It can immediately be seen that the conductors are positioned closer to each other than in conventional towers, which dramatically increases the effect of mutual coupling between the conductors. This effect is created by the magnetic field around a conducting line, which on its turn induces small currents in nearby conductors and therefore the mutual coupling has a direct influence on the impedance of the line measured by the protection relay. An overview is shown in Figure 5. Due to the mutual coupling, the impedance of the phase B (Z_B) of one circuit in a Wintrack tower is:

$$Z_{B,total}=Z_B+Z_{mB\text{-}A}+Z_{mB\text{-}C}+Z_{mB\text{-}a}+Z_{mB\text{-}b}+Z_{mB\text{-}c}$$

, where m is the influence on the impedance caused by the mutual coupling from the respective surrounding line. From this formula It is easy to derive that the impedance measured by a relay during faults depends on the impedance of the phase conductor as well as the mutual coupling with other phases.

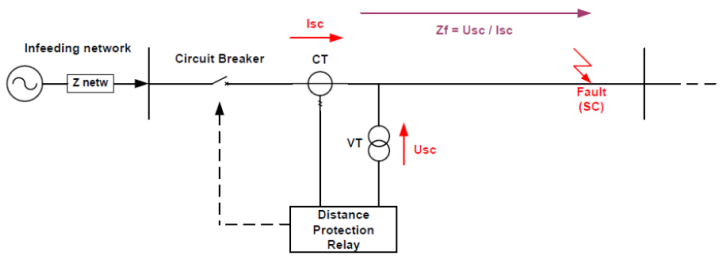


Figure 3: operating principal of the distance protection relay

The fault impedance measured by a distance protection relay can be determined using the symmetrical components method. This method uses 3 different impedances of the line: The positive, negative and zero sequence impedance depending on the fault type. The effect of mutual coupling especially influences the zero sequence impedance and therefore an impedance calculation factor (k- factor) is introduced, which the relay uses to distinguish the impedance between earth faults and phase faults including the influence of the mutual coupling.

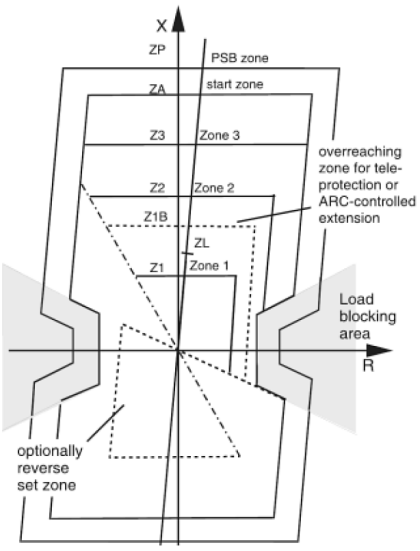


Figure 4: example of the relay characteristic, where the operation area is divided into protection zones for fault detection and the zones are graded from each other with their corresponding time setting

Because the effect of mutual coupling is influenced by the state of the parallel conductors, the zero-sequence impedance is calculated in three cases:

- The parallel conductors earthed on one side (Z_{01})
- The parallel conductors earthed on both sides (Z_{02})
- The parallel conductors in service (Z_{03})

In a line circuit constructed with conventional HV-towers, TenneT protection engineers always calculate the zone settings with the line impedance Z_1 and the k- factor is determined with Z_{02} , but this seems unlikely in the case of Wintrack combination towers.

A studycase focused on applying distance protection on a 380 kV / 150 kV combination circuit between Wateringen and Bleiswijk in the Netherlands constructed with Wintrack towers. The study reveals that when setting the 3 zones for a distance protection relay protecting a line circuit constructed with Wintrack HV-combination towers, hybrid protection settings are needed in which:

- The line impedance Z_1 is also dependent on the above three parallel conductor cases, because of the unsymmetrical structure of the Wintrack tower and bigger influence of the mutual coupling during normal operation
- A different k-factor has to be set for each zone independently

In the Wateringen-Bleiswijk study case zone 1 of the relay is properly set by calculating the impedance Z_1 with the parallel conductors earthed either on one or both sides. For zones 2 and 3, the impedance Z_1 needs to be calculated with the parallel conductors in service.

For the detection of phase-to-earth faults within each zone, the following k-factors seem to give the most accurate relay measurement:

- in zones 1 and 2 the k- factor is calculated by using Z_{01}
- in zone 3 the k- factor is calculated by using Z_{03}

This study shows that an innovative solution like Wintrack towers which has very positive impact on the environment and human health, creates engineering complexity and challenges in power system protection.

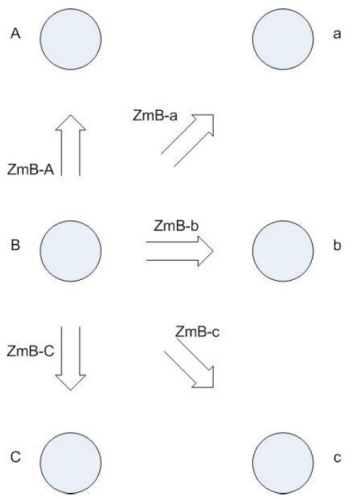
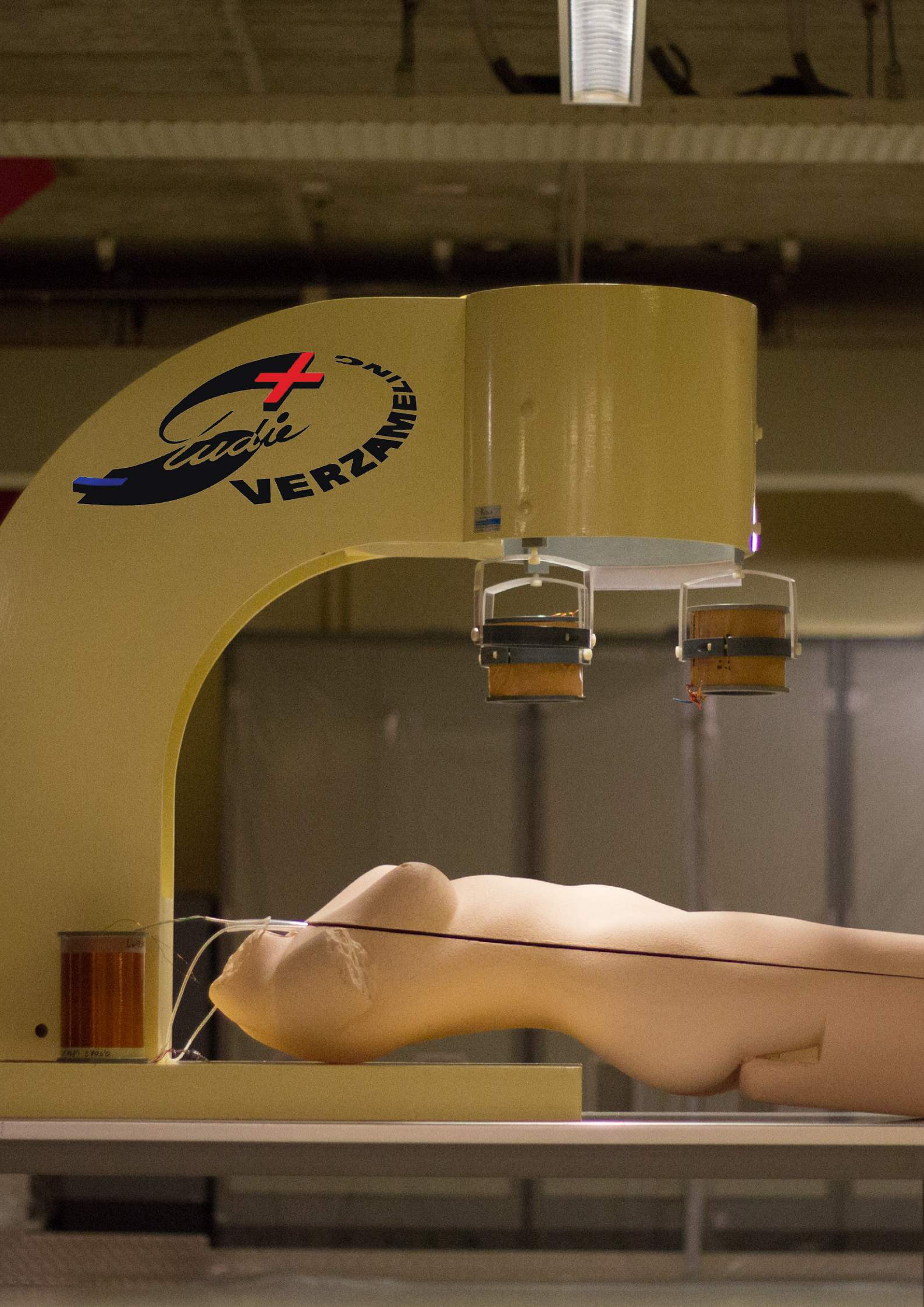


Figure 5: The influence of the mutual coupling on the conductor impedance in a Wintrack tower


Indie
VERZAMELING

Het dotteren van een patiënt

Een kijkje in de Studieverzameling van EWI

Pieter Trimp

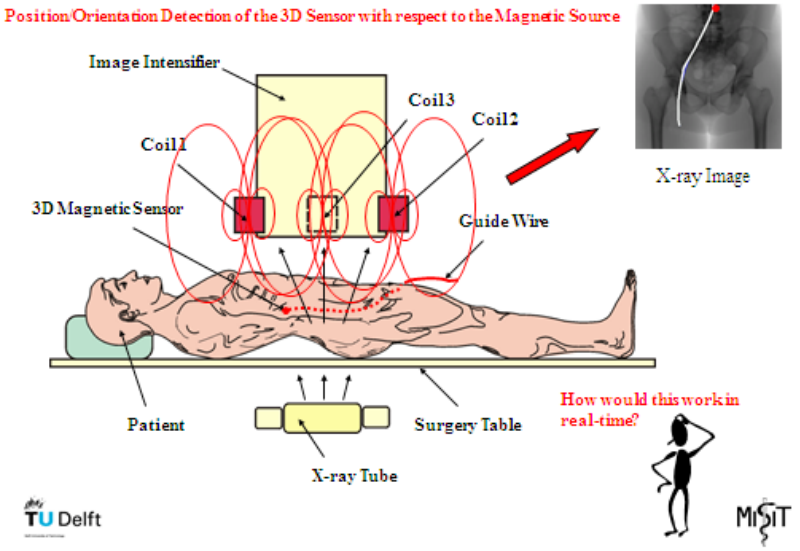
Charles Theodore Dotter (1920–1985) was een Amerikaans vasculair radioloog die algemeen bekend staat als degene die de interventieradiologie heeft ontwikkeld. Dotter beschreef deze techniek in1964, samen met zijn assistent Melvin P. Judkins.

De ingreep waarbij een vernauwd bloedvat via het adersysteem wordt verwijd, staat in nederland bekend als "dotteren".
Bij een dotterprocedure wordt een vernauwing van de slagader met behulp van een ballonnetje opgerekt. Een vernauwing in de slagader is het gevolg van aderverkalking (atherosclerose). Soms is de vernauwing zo verkalkt dat het niet zal lukken om deze plat te drukken. In dat geval wordt een stent geplaatst.
Dit artikel gaat over een elektronisch meetsysteem voor het lokaliseren en volgen van een katheder in het adersysteem van een patiënt die een dotter behandeling ondergaat. Deze behandeling kan bestaan uit het slechts lokaal oprekken van een vernauwde ader of ingeval van het terugveren van de vernauwing wordt er een stent geplaatst.
Het hier beschreven systeem is afkomstig uit het promotie onderzoek genaamd "Minimally Invasive Surgery and Intervention Techniques" van Dr. D. Tanase dat is uitgevoerd op het laboratorium voor Elektronische Instrumentatie.

Het vervaardigen en aanpassen van de dummie patiënt voor de vele noodzakelijke laboratorium proeven is bedacht en uitgevoerd in de werkplaats van de Faculteit EWI onder de leiding van Dhr. J.A.Geijp.
Deze dummy patiënt is gemaakt van een paspop van piepschuim. Deze paspop is overlangs door gesneden. Het onderste deel van de pop is voorzien van doorzichtige slangen, formaat tuinslang welke een deel van het adersysteem voorstellen. Vanaf de hals van de pop richting de benen kan worden gezien alsof het de aorta betreft. Daarna splitst de slang zich met behulp van een T-stuk naar de beide bovenbenen. De slangen zijn geheel in het onderste deel van de pop ingefreesd en gefixeerd te zamen met een papieren meetlint. Het slangenstelsel kan aan het oog worden onttrokken door de dummy pop weer te bedekken met het losse bovendeel. Het sensorsysteem wordt in deze testopstelling via de "aorta" van deze pop ingebracht via de hals. De geleide draad en katheder zijn hier vervangen door een bundel geisoleerde koperdraden die dienen voor het verzorgen van de voedingsspanning voor de sensor en signaaldraden voor het doorgeven van de informatie aan een data-acquisitie systeem.
M.b.v. de draadbundel kan men de sensor verder het slangenstelsel induwen of terugtrekken.
Het data acquisitie systeem wordt aangstuurd via het programma LabView. Dit programma geeft op het computerscherm de positie weer van de sensor in de x , y en z richting. Een positie meting kan worden geverifieerd door de bovenkant van de paspop te verwijderen en te te zien of deze overeenkomt met de positie via de ingebrachte papieren lineaal. Op de foto is te zien hoe de opstelling eruit ziet.

Het doel van het onderzoeksproject is om bij de start en gedurende de uitvoering van een dotterbehandeling een minimale opening in het lichaam van de patiënt te maken. Tevens dient de opening óók bij het binnengaan in het adersysteem (= vasculair system) minimaal gehouden te worden.
Nadat er een opening in de liesslagader is gemaakt, wordt er eerst een uiterst dunne (diameter 300 μm) geleide draad in deze liesader geschoven. De top van deze geleide draad is voorzien van een uiterst flexibel deel dat niet makkelijk door de aderwand heen zal gaan maar de aderwand blijft volgen bij het doorvoeren van deze geleide draad door het adersysteem. Over deze dunne geleide draad wordt vanaf de andere kant, dus vanaf de kant dat zich buiten het lichaam van de patiënt bevindt, een holle dunne flexibele slang geschoven. De hier beschreven methode is eigenlijk te vergelijken met de werking van een remkabel van een fiets.

Daar er geen enkele voorspelling gedaan kan worden welk pad de geleide draad zal volgen bij het steeds verder naar binnen voeren in het bloedvaten systeem zal dit invoerproces constant gevolgd moeten worden. Dit "constant" volgen gebeurd met behulp van röntgenstralen. Echter er zijn een aantal vervelende nadelen verbonden aan het gebruik van röntgenstralen. Het intensieve gebruik van röntgenstraling vormt een belangrijk gezondheidsri-



Figuur 1: In nevenstaande figuur is een patiënt op de onderzoekstafel te zien. Boven de patiënt is de Image Intensifier weergegeven met de drie spoelen. De Image Intensifier maakt met behulp van de x-ray Tube welke zich onder de onderzoekstafel bevindt een X-ray Image. De drie spoelen wekken na elkaar voor korte tijd van ongeveer 2msec een magneetveld op. Een groot deel van de puls tijd is nodig voor het opbouwen van het magneetveld. Deze magneetvelden zijn pas heel constant nadat een stroomregel circuit in het laatste deel van de stroompuls de stroom konstant houdt. In dit constante deel van de puls worden snel drie veldmetingen gedaan. Iedere 100 msec worden er drie maal drie veldmetingen gedaan plus één nulmeting aan het begin van een serie van drie pulsen.

sico voor het medische personeel en soms ook voor de patiënt. Het is wellicht goed om op te merken dat een röntgenbeeld een statisch beeld is. We hebben hier dus te doen met een röntgenfoto en niet met röntgenvideo om de straling dosis minimaal te houden.

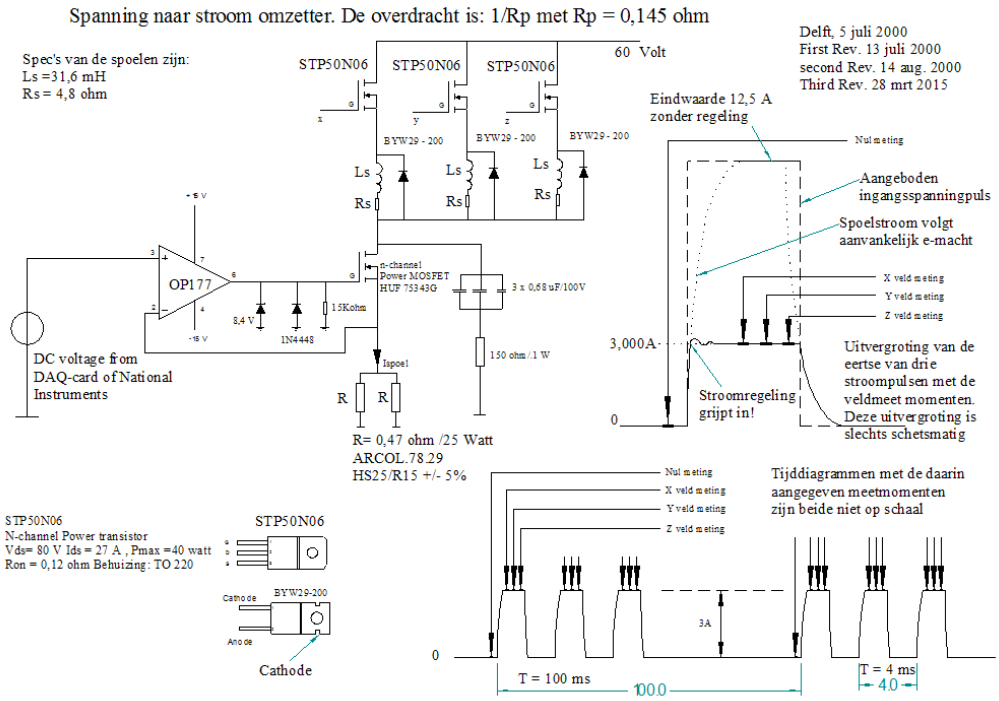
Verder zijn er patiënten waarbij het moeilijk is om in één keer bij de adervernauwing te komen. De arts moet dan de geleide draad zodanig manipuleren (door de draad bijvoorbeeld iets terug te trekken om de draad via een andere aderaftakking naar de vernauwing te brengen) dat hij via de juiste aderaftakking bij de adervernauwing aankomt. Het komt voor dat er wel tientallen röntgenbeelden moeten worden gemaakt voordat de arts bij de vernauwing is aan gekomen. Om het aderstelsel goed zichtbaar te krijgen op de röntgenfoto wordt er gebruik gemaakt van een contrastvloeistof die direct aan het begin van de dotterbehandeling in de bloedbaan van de patiënt wordt gebracht. Een nadeel van de contrast vloeistof is de prijs. De prijs van een liter contrast vloeistof kan gemakkelijk 1000 euro kosten.

Als derde nadeel kan tegenwoordig genoemd worden de belasting van het milieu. In de waterketen zijn Gd (=Gadolinium) concentraties aangetoond in afvalwater, oppervlaktewater, rivieren en drinkwater.

Al deze nadelen kunnen sterk worden verminderd door gebruik te maken van een magnetisch veld buiten de patiënt tezamen met een drie-dimensionale magneetveld sensor welke op de punt van de katheder wordt vastgemaakt. De positie en de oriëntatie van de sensor kan op deze manier worden bepaald t.o.v. de magnetische bron. Immers via een mathematisch algoritme kan een ruimtelijke vector worden gedefinieerd. Doormiddel van beeldbewerkingstechnieken kan de positie van de katheter worden gekoppeld aan het röntgenbeeld dat aan het begin van de dotterbehandeling van de patiënt is gemaakt. Met andere woorden het röntgenbeeld wordt nu nog maar één keer per patiënt gemaakt en dient dan nog slechts als plattegrond voor het daarop afbeelden van de sensor locatie gedurende de behandeling.

Dus het eenmalig genomen röntgenbeeld is een bevroren beeld. Over dit beeld , dat dient als een plattegrond van het aderstelsel van de patiënt, is de continue informatie van de positie van de sensor te volgen. De positie van de magneetveldsensor wordt 10x per seconde uitgelezen. Deze 3-dimensionale magneetveldsensor heeft afmetingen van (l x br x h) = (8 x 4 x 4) mm en is de HMC1023 van Honeywell. De interne opbouw van deze sensor bestaat uit drie afzonderlijke bruggen van Wheatstone. In figuur 1 is een overzicht te zien van de werking van het meetprincipe.

Het opwekken van de magneetvelden gebeurt puls vormig omdat de stromen die nodig zijn al gauw 3 Ampère bedragen. Bij een constante stroom van 3A zouden de spoelen al gauw oververhit raken. Dit wordt voorkomen door de spoelen maar een korte tijd aan te zetten. De tweede reden voor het puls vormig aansturen is gelegen in het feit dat zich in de directe omgeving van de opstelling metalen voorwerpen kunnen bevinden, zoals b.v. stoelen met een stalen frame. Zo'n stoel kan tijdens de veldmetingen per ongeluk worden verschoven en kan daardoor het ruimtelijk patroon van het magneetveld gedurende de metingen veranderen. Door het magneetveld iedere keer aan en uit te zetten met een burst frequentie van ongeveer 65 Hz wordt iedere keer opnieuw het ruimtelijk patroon van het magneetveld vastgelegd. Veranderingen in het magneetveld door een veranderende omgeving worden op deze wijze geëlimineerd. De afmetingen van de spoelen zijn: (lengte x buitendiameter x binnendiameter) = 89 x 107 x 98 mm en bevatten ieder 318 wikkelingen. De tijdkonstanten van de drie spoelen zijn nagenoeg gelijk. Immers alle drie de spoelen zijn identiek; de zelfinductie Ls = 31,6 mH en de serieweerstand is Rs = 4,8 Ω . De tijdkonstante bedraagt derhalve τ = Ls/Rs ~ 6,6 msec. Men moet dus minstens 5 τ = 33 msec wachten totdat de stroom door de spoel op



Figuur 2. De bovenstaande schakeling toont o.a. de spanning-naar-stroom omzetter. De Op Amp OP177 en de power MOSFET HUF 75343G bepaalt tezamen met de parallel weerstanden R de overdracht van ingangsspanning naar uitgangsstroom. De drie power MOSFETS (STP50N06) bovenin de schakeling vormen een MUX (= multiplexer). Deze drie power MOSFETS worden na elkaar aan- en uitgeschakeld. In het timing-diagram rechts onderaan is te zien dat de stroom door de spoelen eerst e-macht vormig toeneemt om vervolgens door de omzetter op een constante stroom waarde te worden gehouden. Op het moment dat de stroom door de spoel konstant is geworden en is gestabiliseerd worden er drie (x,y,z) veldmetingen verricht met de magneetveldsensor HMC1023 van Honeywell. Vóór de start van de serie van drie pulsen vindt er óók nog een nul meting plaats. Voor alle duidelijkheid wordt hier vermeld dat de pulsfrequentie zelve 250 Hz bedraagt, maar de katheter positie is slechts iedere 100 msec beschikbaar dus met een frequentie van 10Hz. In de figuur is het tijddiagram niet op schaal weergegeven.

zijn maximumwaarde is aangekomen maar is daarna nog niet echt konstant; immers het verloop van de stroom blijft een e-macht. Vervolgens wordt vóór het starten van de serie van drie stroompulsen een zgn. nulmeting gedaan welke wordt gevolgd met een serie van drie maal drie veldmetingen met een snel data aquisitie meetsysteem. Per puls vinden drie veldmetingen (t.w. x,y,z-meting) plaats aan het einde van iedere puls binnen ongeveer 50 usec. De drie veldmetingen worden uitgevoerd m.b.v. de magneetveldsensor HMC1023 van Honeywell waarna de stroom wordt uitgeschakeld terwijl alvast de stroom door de tweede spoel wordt aangeschakeld enzv. Om het probleem van de hinderlijke grote tijdkonstante te omzeilen worden de spoelen afwisselend op een spanning van 60V aangesloten. Immers na een tijdkonstante van 6,6 msec zou de stroom door een spoel al zijn opgelopen tot 63,3 % van 60/4,8 = 7,91 A; echter we willen maar een stroom van 3A. M.a.w. de stroom van 3A wordt al na ongeveer 2,5 msec bereikt. Een eenvoudig elektronisch regelcircuit zorgt er nu voor, dat zodra de stroom van 3A door de spoel wordt bereikt, dat de stroomregeling deze stroom heel nauwkeurig op 3A konstant houdt. Dus op deze manier is het hinderlijk "wachten" totdat de stroom zijn waarde van 3A heeft bereikt teruggebracht tot slechts 2,5 msec. De stroom door een spoel is de eerste 2,5 msec e-macht vormig maar daarna is de stroom gedurende de rest van de puls constant.

Gedurende het konstante gedeelte van de spoelstroom worden de veldmetingen dus uitgevoerd waarna de stroom wordt uitgeschakeld. Daarna wordt de tweede spoel en vervolgens de derde spoel op dezelfde manier aangestuurd.

Op deze manier kunnen we de pulsfrequentie in de toekomst wellicht nog iets verhogen waarmee de beeldverwerking van het projecteren van de kathetertip op het scherm nog iets sneller de actuele positie van de tip kunnen laten volgen.

De statische onnauwkeurigheid welke is gemeten in de locatie bepaling van de kathetertip bedraagt minder dan +/- 1mm in een meetvolume van 30x30x30 cm.

Hieronder is in figuur 2 het stroomregelcircuit te zien alsmede de selectie schakeling (lees multiplexer) voor de drie spoelen welke zijn toegepast bij de positiemetingen van de magneetveldsensor welke in het lichaam van de dummy patiënt kan worden verschoven.

Memristors

Do they really exist?

Dr. ing. Dimitri Jeltsema, M.Sc.

Abstract - In May 2008, HP Lab engineers announced their physical realization of the 'missing' fourth basic circuit element in electronics: the memristor. Not often a technological discovery attracted so much attention from the media. Apart from the wildest possible speculations on future applications in new non-volatile memory devices with human brain synthesizing properties and suggestions to rewrite the existing textbooks on circuit theory, the discovery met with much skepticism as well. In this brief note, we review a collection of scientific statements, arguments, and counter examples that critically address the existence of memristors.

I. Chua's memristor

Since electronics was developed, engineers designed, analyzed, and synthesized circuits using combinations of three basic two-terminal elements: resistors, inductors, and capacitors. From a mathematical perspective, the behavior of each of these elements, whether linear or nonlinear, is described by relationships between two of the four electrical variables: voltage, current, charge, and magnetic flux(-linkage). A resistor is described by the relationship of current and voltage, a capacitor by that of voltage and charge, and an inductor by that of current and flux. But what about the relationship between charge and flux? As Professor Chua (the inventor of the well-known chaotic Chua circuit) pointed out in his 1971 paper [2], a fourth element should be added to complete the symmetry; see Fig 1. He coined this `missing' element the *memristor*. More specifically, if q denotes the charge and ϕ denotes the flux, then a two-terminal *charge-controlled* memristor is defined by the constitutive relationship

$$\phi = f(q). \tag{1}$$

Since magnetic flux is the time integral of voltage V (Faraday's law), and charge is the time integral of current I, we obtain, after differentiating (1) with respect to time

$$\frac{d\phi}{dt} = V = M(q)I, \quad \frac{dq}{dt} = I. \tag{2}$$

where $M(q)=f'(q)$ is called the incremental *memristance*. At first glance (2) shows that a two-terminal charge-controlled memristor behaves like a resistor described by Ohm's law. The difference, however, is that $M(q)$ is not a constant, but varies with the instantaneous value of the charge. Recalling that charge follows from the time integral of current, it thus records the past values of the current and hence motivates the name memory resistor, or memristor for short. It follows from (2) that the SI unit of memristance is the ohm [Ω], the same as that of resistance.

It is important to realize that for the special case that the constitutive relationship (1) is linear, i.e., and thus that M is constant, a memristor becomes an ordinary resistor. Hence, memristors are only relevant in nonlinear circuits, which may account in part for their neglect in linear circuit theory. Furthermore, it is directly noticed from (2) that $V \equiv 0$ whenever $I \equiv 0$, regardless of q, which incorporates the memory effect. This characteristic feature is the so-called *no energy discharge property* [5], which is related to the fact that, unlike an inductor or a capacitor, a memristor does not store energy.

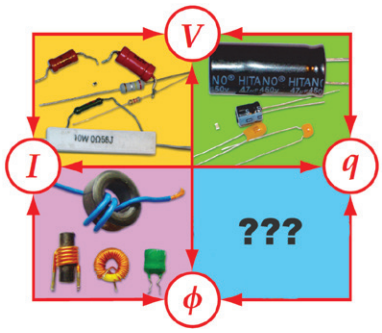


Fig. 1. A resistor is described by the relationship of current and voltage, a capacitor by that of voltage and charge, and an inductor by that of current and flux. There should exist an element that defines the relationship between charge and flux as to complete the symmetry.

II. About HP Lab's device

In 2008, researchers at the Hewlett-Packard (HP) laboratories claimed to have found an analytical physical model for a genuine memristor device. HP's device is a two-terminal, two-layer semiconductor constructed from layers of titanium oxide TiO_2 (a substance we also find in toothpaste and suncream) sandwiched between two metal electrodes in a crossbar architecture. One layer of titanium oxide is doped with oxygen vacancies and the adjacent layer is undoped, leaving it in its natural state as an insulator. Under the influence of a bias voltage, oxygen vacancies move from the doped layer of titanium dioxide to the undoped layer. A high concentration of dopants results in a relatively low resistance. Likewise, if

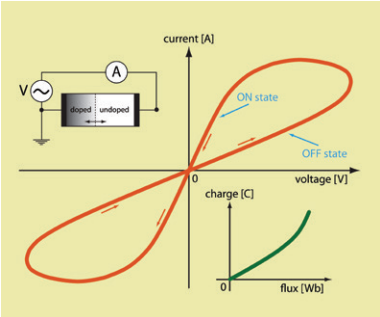


Fig. 2. Current-voltage plot demonstrating hysteretic phenomena of HP Lab's device.

the polarity of the voltage is reversed, oxygen vacancies migrate back into the doped layer, thus turning to the region with relatively high resistance. The most typical feature of HP's device is that, after reversing the polarity of bias voltage, the current does not take the same reverse path, an effect we know as hystereses.

An example of a typical current-voltage characteristic observed by the HP engineers is shown by the so-called Lissajous plot of Fig. 2. Based on this characteristic, the HP researchers were motivated to relate their device to a genuine memristor. The originally proposed model for HP's device reads

$$\frac{dw}{dt} = \mu_V \frac{R_{ON}}{D} I, \qquad V = -\left(R_{ON}\frac{w}{D} + R_{OFF}\left(1 - \frac{w}{D}\right)\right) I, \tag{3}$$

[12] where w denotes the internal state, D is the thickness of the film, μ_V represents the mobilities of the ionic defects, and R_{ON} and R_{OFF} are the electrical resistances in the ON and OFF region, respectively. At first sight (3) does not seem to coincide with the equations of a pure memristor (2) as $dw/dt \neq I$. However, letting

$$w = \mu_V \frac{R_{ON}}{D} q,$$

and substituting the latter into (3) yields an equation set isomorphic to (2). It is straightforward to reveal that q indeed has the units of electric charge (In [12] the following units are used: R_{ON} and R_{OFF} are measured in [Ω], D in [nm], μ_V in [$cm^2V^{-1}s^{-1}$], and hence w in [m]). However, the first question that comes into mind: where is the (magnetic) flux linkage?

III. Criticism

In 2008, 'The missing memristor found' [12] was published in the respected science journal Nature and the memristor's supposed discovery was announced on the front pages of most major newspapers. This was indeed interesting news for physics, electrical engineering, and nanotechnology, the very field in which the devices in question were discovered. However, apart from the fact that the actually discovered device had been discovered before 2008 already, there are numerous of critical issues, not only about the practical, but also about the theoretical concepts. Below we briefly outline a few of the most prominent issues.

A. Originality of HP's discovery

The first criticism received by HP Lab's discovery is that memristors, or the memristance phenomenon in particular, already existed. Indeed, a variety of physical devices, including thermistors, discharge tubes, Josephson junctions, and even ionic systems, like the Hodgkin-Huxley model of a neuron, were shown to exhibit memristive effects. Furthermore, it is also known that there have been many researchers before who observed similar peculiar hysteretic current-voltage characteristics in various materials [1]. However, most of these observations were reported as anomalous or interpreted as difficult time-varying conductances, often leading to paradoxes and confusion.

B. Violation of Landauer's principle

In [6] it is noted that the device model proposed in [12] included a mistaken assumption regarding ionic conduction. Furthermore, the authors of [7] discuss various issues and problems in the realization of memristors. They claimed that the physics behind the HP memristor model conflicts with fundamentals of solid state electrochemistry as the coupling of electronic/ionic diffusion currents was not considered. Additionally, they pointed to issues concerning fundamentals of non-equilibrium thermodynamics: the dynamic state equations set up for memristors like the HP memristor imply the possibility of violating Landauer's principle of the minimum amount of energy required to change 'information' states in a system. This critique was endorsed by the authors of [10].

> a pure two-terminal memristor might be merely a concept which cannot be realized in our world

C. HP's device is not actually a true memristor

As pointed out by the HP researchers themselves, no one has (yet) been able to come up with a realistic physical model that satisfies the set of equations (2). Thus, a pure two-terminal memristor might be merely a concept which cannot be realized in our world. However, one can generalize the concept by giving up the idea that there is a direct functional relation between the memristance and the charge. By this means, one gets rid of the connotation between the total electrical charge that has been transported through a system up to some time t and the magnetic flux established somewhere in the system at time t. Indeed, as pointed out in [3], [5], memristors are a special case of a much broader class of dynamical systems called *memristive systems*. In contrast to the basic mathematical description of a pure memristor (2), the flux linkage in memristive systems is no longer uniquely defined by the charge,

or vice-versa. In [3] a one-port memristive system is defined by

$$\frac{dw}{dt} = g(w, u), \qquad y = h(w, u)u. \tag{4}$$

The internal state is denoted by w, and u and y denote the input and output, respectively. However, the internal state w does not necessarily have to be related to flux or charge. The main peculiarity that distinguishes a memristive system from an arbitrary dynamical system is the form of the output equations or readout maps. Indeed, as with (2), it is noticed from (4) that the output y is zero whenever the input u is zero, regardless of the state w which incorporates the systems memory effect, i.e., the 'no energy discharge property'.

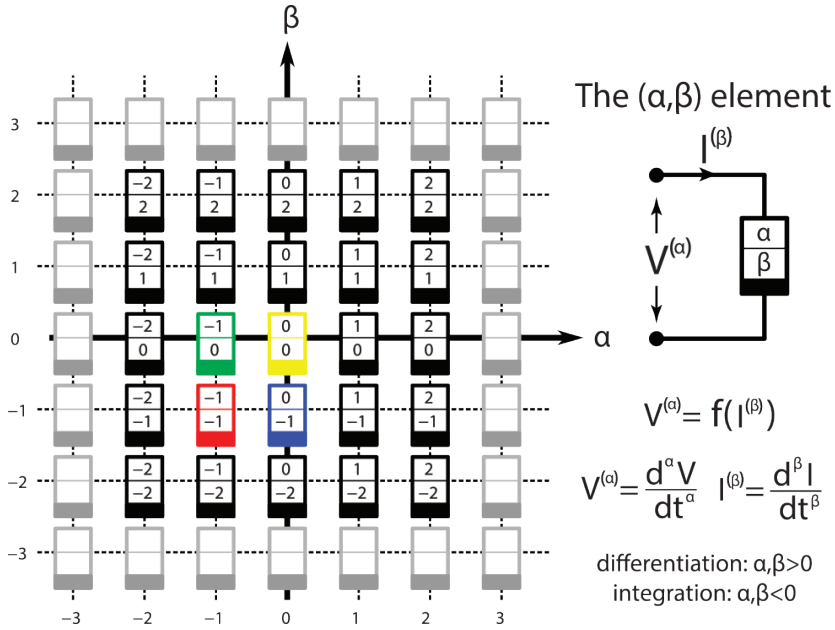


Fig. 3. The universe of higher-oder circuit elements: resistor (0,0), inductor (-1,0), capacitor (0,-1), memristor (-1,-1), meminductor (-2,-1), memcapacitor (-1,-2), etc..}

D. Widrow's memistor

The majority of publications refer to the memristor as a mathematical model or entity that was discovered and made rigorous by Chua [2]. However, it is notable that in 1960 Bernard Widrow coined the term *memistor* (memory resistor) as a device defined by charge dependent conductance [13]. Widrow used the memistors concept to simulate electronic neurons. The main difference between Widrow's and Chua's memory resistors is that Widrow's memistor is a 3-terminal device and real while Chua's memristor is a 2-terminal theoretical device conceived ten years after Widrow's memistor.

E. The universe of circuit elements

In many publications, including the work of Chua, the memristor is considered as the *fourth element* that completes four element quadrangle. However, as pointed out in [5], time-integration of the charge and flux enables one to define *meminductors* and *memcapacitors*, i.e., a fifth and a sixth element. In fact, multiple differentiations or integrations of the voltage and/or current naturally suggests a complete universe of higher-order circuit elements; see Fig. 3.

F. Symmetry abandoned

The memristor, as defined by Chua [2], is based on a completion of the possible relationships between the four fundamental physical electrical variables: charge, magnetic flux, voltage, and current. As a capacitor relates voltage to physical electric charge and an inductor relates current to magnetic flux, the same physical electric charge and magnetic flux should be associated in the definition of a memristor in order to maintain a perfect symmetry between the four fundamental electrical variables. In Chua's original paper, the memristor is defined like that: an element that relates electrical charge with magnetic flux. Moreover, Chua originally insisted not only on the close relation between magnetism and the memristor, but on the interaction of both, the electric *and* the magnetic fields [2]:

"...an inductor has been identified to be an electromagnetic system where only the first-order magnetic field is negligible. [...] The remaining case where both first-order fields are not negligible has been dismissed as having no corresponding situation in circuit theory. We will now offer the suggestion that this missing combination is precisely that which gives rise to the characterization of a memristor."

However, after HP's discovery, the original suggested physical symmetry between the four fundamental electrical variables is broken and flux is just conveniently (re-)defined as the integral of voltage - without regard to physical meaning, see e.g., [5]. An interesting thought experiment assuming a world without magnetism is given in [11]. In such world inductors cannot exist, but memristors could still be constructed. On the same grounds as the memristor was historically predicted, an 'inductor' could then be predicted.

G. A change of definition

In 2011, Chua changed his definition of memristors and states that *all* zero-crossing pinched hysteresis curves define memristors - regardless of any underlying charge-flux relationship [4]. However, as shown in [8], there actually exist many dynamical systems that do not satisfy either the equations of a pure memristor (2), or the equations

of a memristive system (4), and yet also produce the same type of zero-crossing hysteresis curves claimed as a fingerprint for a memristor. Moreover, in algebraic geometry, the lemniscate of Gerono is a plane algebraic curve of degree four and genus zero and is a lemniscate curve shaped like an ∞ symbol. This establishes that zero-crossing hysteresis serves as insufficient evidence for a memristor or a memristive system.

IV. Concluding Remarks

It seems that the memristor concept is hyped by commercial companies and a lot of researchers jumped on the same band wagon as it is a hot topic and thus easy to publish. In order to find a *real* memristor we should perhaps first turn to the Maxwell equations and figure out which material or device defines a constitutive relationship between magnetic and electric flux density. A real memristor is most likely a device that exhibits a *magneto-electric* effect!

References

[1] S. Chandra. On the Discovery of a Polarity-Dependent Memory Switch and/or Memristor (Memory Resistor). IETE Technical Review 27, 179-180, 2010.

[2] L.O. Chua. Memristor---the missing circuit element. IEEE Trans. on Circ. Theory, CT-18(2):507--519, September 1971.

[3] L.O. Chua and S.M. Kang. Memristive devices and systems. Proc. of the IEEE, vol. 64, no. 2, Feb. 1976.

[4] L.O. Chua. Resistance switching memories are memristors, Applied Physics A, vol 102, no. 4, Jan 2011.

[5] M. Di Ventra, Y. Pershin and L.O. Chua. Circuit elements with memory: memristors, memcapacitors and meminductors. Proc. of the IEEE, 97(10), 1717--1724.

[6] P. Meuffels and H. Schroeder. Comment on ``Exponential ionic drift: fast switching and low volatility of thin-film memristors'' by D.B. Strukov and R.S. Williams in Appl. Phys. A (2009) 94: 515-519", Applied Physics A 105: 65, 2011.

[7] P. Meuffels and R. Soni. Fundamental Issues and Problems in the Realization of Memristors, arXiv:1207.7319, 2012.

[8] B. Mouttet. Memresistors and non-memristive zero crossing hysteresis curves. arXiv:1201.2626v2, Jan. 2012

[9] Y. Pershin and M. Di~Ventra. Memory effects in complex materials and nanoscale systems. Advances in Physics, 60(2), 145--227, 2011.

[10] M. Di Ventra and Y. Pershin. On the physical properties of memristive, memcapacitive and meminductive systems. Nanotechnology 24 (25): 255201, 2013.

[11] S. Vongehr. Missing the Memristor. Advanced Science Letters 17, 285-290, 2012.

[12] D.B. Strukov, G.S. Snider, D.R. Stewart, R.S. Wiliams. The missing memristor found. Nature, vol. 453, May 2008.

[13] B. Widrow. An adaptive adaline neuron using chemical memistors. Stanford Electronics Laboratories Technical Report 1553-2, Oct. 1960.

Dr. ing. Dimitri Jeltsema, M.Sc.

Dimitri Jeltsema received the B.Eng. degree in electrical engineering from the Rotterdam University of Applied Sciences, The Netherlands, and the M.Sc. degree in systems and control engineering from the University of Hertfordshire, United Kingdom in 1996 and 2000, respectively. In May 2005 he received the Ph.D. degree with honors (cum laude) from Delft University of Technology, The Netherlands. Untill 2007 he has been a post doctoral researcher and lecturer at the Delft Center for Systems and Control. Currently he is an assistant professor at the Optimization and Systems Theory group of the Delft Institute of Applied Mathematics.

Underwater Electronics

Electrical Engineering at WASUB

David Zwart

Going underwater is one of the last things many electrical engineers will do with their projects. Water is one of the most problematic fluids for electronics due to its conductivity and ease of flowing somewhere you'd not want it to go. Going deeper into water, pressure builds up and almost any standard electronics housing will leak and water will roast the electronics. My task and challenge as Chief Electronics and as minor Student at the WASUB DreamTeam is to make sure all the electronic systems are designed, produced and integrated into the WASUB 5 and tested thoroughly.

The DreamTeams at the TU Delft provide students with extra opportunities of development. Many students, including myself, would like much more practical experience instead of just theory. Studies like Electrical Engineering focus mainly on theory, while practical knowledge seems to be equally important for building up a career. Joining a team like WASUB will provide experience and practical knowledge about electrical solutions in underwater situations.

Much research goes into water-based power solutions – think of onshore and offshore water turbines and offshore wind turbines. Pulling at the other side of the string: organizations like Greenpeace are putting much effort into preserving flora and fauna around these massive power sources, because they disrupt many ecosystems due to vibrations, loudness and geographic separation of habitats. It is very important that these products are designed more nature-friendly above and especially underwater.

Another example is found in the fishing industry. Research is done in fishing with electric pulses on the bottom of the ocean instead of using nets and destroying the ecosystem down there. Electric fishing greatly decreases the load of the ship dragging the fishing equipment.

Underwater and deep-water projects require knowledge of the ocean bottom, the water, ocean surface and air above the water. Companies involved with acquiring data of these different locations need their electrical measurement devices to be waterproof. Electrical engineers who have experience with making these devices waterproof can thus contribute greatly to these projects.

So, how could an electrical engineer be prepared for a career in the maritime industry? An electrical engineer at WASUB learns to think about developing waterproof electronics and is thus boosted up to a level where he can contribute greatly to the maritime industry. Next to that he gains much experience which he can apply in any field of expertise.

Figure 1: The WASUB

What does WASUB do?

WASUB creates a submarine which is propelled with a counter-rotating propeller. A well-trained pilot is inserted into the cabin and pedals to make the propellers turn. The cabin is not under pressure (it is filled with water), because that would make designing such a submarine very different:

- An air pressure cabin floats and need sinking material as compensation
- The pressure could pose a threat to the pilot

According to the competition regulations the submarine may not be propelled by any energy source, except for a human. (This means that an electrical motor or flywheel are not allowed)

The WASUB 5 will consist of the following basic parts:

- A hull
- A see-through canopy
- A pedal box
- Transmission
- Propeller hub
- Steering fins
- Pilot hatch (front)
- Installation hatch (back)
- Safety buoy (not in picture)

Previously at WASUB

Previous WASUB teams have attempted at integrating electrical systems into their submarines. Never before has the electrical system played a bigger part than last year. WASUB 4 was the first WASUB team actually implementing electrical steering successfully. They didn't have enough time for testing, but when they found that the system had flaws they did manage to get ev-

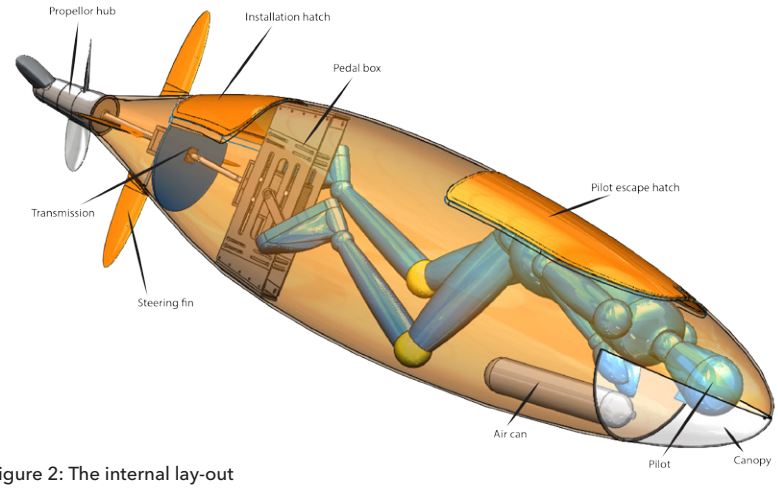


Figure 2: The internal lay-out

erything working in time. They implemented a joystick with tri-axial steering knobs and one dead-man switch for the safety buoy to be released in case of danger. The system directly sent a signal to 4 waterproof servos which turned the axes of the fins.

I wanted to join the team to help them improve on steering the sub electrically and on data-acquisition to give the team insight in the parameters of the sub.

WASUB 5

The WASUB 5 team of this year 2014-2015 will create a Human Powered Submarine which has to break the world record top speed of 7.3 knots. Our submarine will race in the class single-person screw-propelled submarines in a 100 meter drag race on the International Submarine Races 2015 in the USA.

The challenge therefore is to make a submarine which does not only accelerate to top speed fast enough, but also maintains its top speed between the speed measurement beacons, which are at meters 45 and 55.

The competition in America allows for multiple runs to try and set the highest speed and lap time. The competition will take about two weeks.

Why does the WASUB need electronics?

The WASUB is a very dynamic system with a lot of things going on at the same time. Adding electronics to this system allows for precise steering (for example, servos can be used as actuators). This is much more flexible than mechanical solutions, because there is no need to transfer a motion all the way over the submarine (like with braking cables). Next to that, electrical steering with such actuators takes up much less space and reduces mechanical complexity. When we couple a controller and joystick to this system, we allow the pilot to steer the system without effort. This relieves the burden on the pilot (mechanical steering often requires more force to handle). The disadvantage of electrical steering is that making rotating parts (an actuator for the fin) waterproof requires thorough and expensive mechanical design. The team has put a lot of man hours onto this - learning from the past. The Savöx High-Torque Servo will be used to steer such a fin.

The team plans to make implement adjustable parts in the counter-rotating propeller and drive-train, enabling the team to change the performance of the pilot in a later production stage. Data about the rotational speed and propulsion power comes from sensors in different parts of the drive-train.

Next to that, me and two mechanical engineering students, will be implementing an automatic steering system which attempts to balance the sub by steering the fins. This require a very precise control system, because steering needlessly (overshoot) increases drag of the sub. This drastically decreases the top speed of the submarine. On the other hand steering too little could pose a threat to the sub and pilot at high speed – crashing into the bottom of the basin should be avoided at all cost. The requirement is to keep the pilot steering as override to the controlled steering.

Developing this system completely from the ground is as we often say: 're-inventing the wheel' and could take a lot of time. Therefore I am currently researching how to implement solutions which have already been developed for other inherently unstable vehicles. (Hint: quadcopters!) The MultiWii Flight Controller as shown could be such a solution.

Challenges

At the start, it seems a challenging task to start as a minor at WASUB. But, as with everyone minor taking part in a DreamTeam for the first time, you learn along the way. The following courses of Electrical Engineering and Mechanical Engineering did help me get started and should cover all the basic theory needed for such a project:

- Lineaire Schakelingen
- Digitale Systemen
- Geïntegreerde Schakelingen
- Meettechniek
- Dynamische Systemen
- Regelsystemen

If information doesn't find its way to you, you can always ask someone of a previous WASUB team or even other DreamTeams. And don't forget that many professors are willing to do much to help you further!

There are parts where nobody has succeeded before at WASUB and that is where the newly started WASUB 5 team can show its strength.

That is what keeps motivating you, as an electrical engineer, to give everything for your design.

Facultaire Studentenraad

Inoni van Dorp

Met het eerste semester achter de rug is het tijd om ook iets over de bezigheden van de FSR te vertellen. Zo hebben we een tijdje terug een enquête uitgezet over de computerfaciliteiten en studievoorzieningen binnen EWI. We zullen aan de hand van jullie feedback hier een korte samenvatting van geven. Verder staat er de zogenaamde koffie-input op de planning en komen ook de verkiezingen voor de nieuwe FSR er alweer bijna aan!

Enquête faciliteiten EWI

De FSR vindt het belangrijk dat studenten op EWI toegang hebben tot een prettige studeeromgeving. Daarom hebben we in december een enquête opgesteld om te informeren hoe studenten de huidige studieplekken ervaren en/of tips hebben om deze te verbeteren. Een flink aantal mensen heeft deze enquête ingevuld en mede hierdoor tot een succes gemaakt. Hartelijk dank hiervoor!

Naar aanleiding van de response op de enquête heeft de FSR een aantal constateringen en aanbevelingen opgesteld en voorgelegd aan de decaan. Allereerst hebben wij gemerkt dat de Study 2.0 (de studieruimte op de tweede verdieping) erg gewaardeerd wordt. Jullie studeren graag in deze ruimte, wat tot gevolg heeft dat deze ruimte vaak druk en rumoerig kan zijn. De beschikbaarheid van studieplekken in het algemeen wordt door jullie als beter ervaren dan die van vaste computers, maar beide zijn voor verbetering vatbaar. Vaste computers worden vooral gebruikt voor incidenteel gebruik, zoals printen. Problemen met eduroam ontstaan meestal rond piekmomenten, zoals tijdens de lunch in de kantine. Wat betreft laptopvoorzieningen is vooral de roep om stopcontacten groot.
Al jullie input heeft geleid tot de volgende concrete aanbevelingen: Stopcontacten rond de grotere tafels in de kantine, meer staplekken met vaste computers in de centrale hal (voor printen en klein incidenteel gebruik), de afgesloten ruimtes in Study 2.0 (of de hele ruimte) omdopen tot stiltewerkplekken, toekomstige studieruimtes opdelen in kleinere deelruimtes.

Koffie-input eerstejaars

Omdat de FSR het belangrijk vindt dat ook de jongerejaars op de hoogte zijn van de bezigheden en het bestaan van dit studentenorgaan, hebben we de koffie-input opgezet. Dit houdt in dat we in de tweede week van het derde kwartaal langs een aantal eerstejaarscolleges gaan, van zowel Technische Informatica en Technische Wiskunde als van Electrical Engineering.

Het idee hierbij is eenvoudig: in ruil voor input kunnen de studenten een kopje koffie of thee krijgen. Op deze manier hopen we dat de studenten zullen merken dat hun mening over het onderwijs en de faculteit zeker van belang is en dat ze hiervoor altijd bij de FSR terecht kunnen. Bovendien zullen we alle verkregen input aandachtig doornemen en belangrijke zaken die hieruit voortvloeien oppakken. Afhankelijk van het succes van deze eerste koffie-input zal gekeken worden naar de mogelijkheid om dit ook voor studenten uit de andere jaarlagen te organiseren.

Facultaire Studentenraad 2015-2016

Het lijkt nog ver weg, maar toch komen de verkiezingen voor de FSR voor het collegejaar 2015-2016 er alweer bijna aan. In mei zullen de verkiezingen plaatsvinden, wat betekent dat studenten zich in de komende maanden verkiesbaar kunnen gaan stellen.

Lijkt het jou leuk om volgend jaar ook je medestudenten te vertegenwoordigen en invloed te hebben op wat er in onze faculteit gebeurt? Of twijfel je nog of de FSR wel iets voor jou is en zou je graag eerst iets meer willen weten over hoeveel tijd het kost en wat je allemaal doet? Spreek dan een van ons aan! We vertellen je graag wat je te wachten staat. Mailen kan natuurlijk ook via fsr@ch.tudelft.nl of fsr-ETV@tudelft.nl en misschien dat jij volgend jaar plaats kunt nemen in de Facultaire Studentenraad!

Link yourself to the power of TenneT

Netwerken: daar gaat het om bij TenneT. Letterlijk en figuurlijk. We zijn de eerste grensoverschrijdende elektriciteitstransporteur van Europa met 20.000 kilometer aan hoogspanningsnetwerken in Nederland en Duitsland. Onze focus is gericht op de ontwikkeling van een Noordwest-Europese energiemarkt en de integratie van duurzame energie. Tegelijkertijd staat de continuïteit van de elektriciteitsvoorziening voorop. 24 uur per dag, 7 dagen per week. We zoeken de samenwerking met professionals die interesse hebben in een unieke uitdaging. Wil jij op hoog niveau aan de slag in je vak? Bij een bedrijf dat in meerdere opzichten netwerken verbindt? Link yourself en ga vandaag nog naar

www.werkenbijTenneT.nl

TenneT zoekt:

Ambitieuze technici en andere professionals

TenneT
Taking power further

50 years ago: EURIELEC

The ETV as the founding father of what was to become EESTEC.

Herman van de Vijver, ETV Vice-President 1963-1965

In December 1964 the ETV was invited for a first meeting in Berlin with mainly German and French students, with the aim to found EURIELEC, an association of electrical engineering students. Thanks to our Dutch spirit, enthusiasm and language skills I was elected as the first president, so we went back home to organize the first Congress in November 1965 in Delft where more than 30 universities from 15 countries participated.

As our aim was to have a good European time, Cees Wittebrood (to become president in the next Board) and myself were free in the way we organized an interesting week. And next to our ETV Board we also had big support from our Faculty, the TH, the industry and our younger brother Thor in TH Eindhoven.

While preparing the congress we were invited to many country-coordinated meetings, such as in in Berlin, Grenoble and Ljubljana. This was a very pleasant way of discovering the richness of cultures on such a short distance from Delft.

The first morning we officially welcomed the members in our "jacquet" – rising questions from the French delegates as " why are you going to marry today?" Most participants were not so eloquent, as very few were educated in British language. Formal meetings took place in "the Gouden Wieken" in Scheveningen, discussing the regulations how to setup Eurielec, which was a fine way to experience international cooperation. Next to this we were lucky to discuss only less serious subjects, such as the feasibility of assisting with demand and supply of practical work experiences, explain about our universities and elect a new (French) president. Starting in 1969, subjects changed to more political items, which was the reason EURIELEC was eventually replaced by EESTEC.

A committee of honor was formed to help us to attract attention and funds – so we convinced the minister of Education and science (prof. Diepenhorst), the chairman of our department prof. Bordewijk, and ir. F(rits) Philips to become part of a select forum (which we never had to call upon). In those days raising money for the participants was no problem – all cost except travel was taken care of, with the help of the ministry, the TH, Philips, KIVI, and many more sponsors.

The choice of our congress theme was easy: "the computer and its applications" – everybody was talking about it, but nobody understood the impact this would have in later days on our society.

The official opening took place in the "oude aula" O.D. 118, where I welcomed all participants telling about the initiative the French electro technical students took first in 1958, later again in 1963 by convincing the Germans and demonstrating the possibilities for governmental subsidy – already a healthy reason to start a cooperation.
Then ir. Maris, president of the KIVI, compared the past world of students with Walt Disney, no true reality except on technology, whereas today students are much more realistic: also interested

in social affairs and organization, and demanding participation and responsibility in decision making in and outside the university. He then started a science fiction fantasy: the computer would in the future take over the congress activities by connecting the "digital personality set" of all concerned, sort of combination of linked in and Facebook! He expected the congress would take – with the help of telex – only half a day or so, without the need to see each other.

The rector magnificus prof. de Wijs would welcome the use of a more personal computer for today, to compose his speech, to advise on his dress, to select a subject (welcome and opening already given, what more could he do?). But the speed of the computer tape – 9,5 cm/sec – would slow him down. And on language, he did not need assistance as the law specified Dutch as the only language in the University, so no foreign students! He expressed his fear for computerized thinking, creating mental laziness, but would on the other hand welcome more time for intuitive thinking. Also the changing role of the student was mentioned, who would play a bigger role than just being consulted for whatever reason. To finish, Prof. de Wijs complimented the ETV for the excellent work done on this congress..

The last speaker was the chairman of our department, prof. Bordewijk, who also was proud on the way life in the faculty was changing with the help of more involvement from students and ETV. He later wrote a fine letter "congratulations with the result of this Congress".

The symposium started with Prof. Oberman (information processing machines) presenting applications of sorting and comparing large quantities of data, optimizing processes and prediction of e.g. the weather. Parallel to the technological development of the so-called "hardware" the technique of programming (so called software) is equally being developed to a very high degree. The so-called "general purpose" computer has a much wider application than the original switching functionality (referring to the PTT telephone and telex computers). Not a word about the integration with telecommunication... But he finished with referring to the second industrial revolution (hardly started), and miniaturization of circuits to become useful in missiles, enabling lower prices and finally increasing the reliability so computers would never fail again (…?)

Further we listened to important Dutch representatives such as ir. Nossbaum (Electrologica), Mr. Reinoud (PTT), Prof. Unk (famous thinking on the man-machine dialogue), drs. van der Pool (IBM), and ir. Grijseels (Satco project). They mentioned many examples of applications such as inventory control, airline reservation systems, design aid, prob-

Interesse in een gratis workshop in het buitenland?

EESTEC is een Europese vereniging voor EE en CS studenten waar meer dan 50 universiteiten bij aangesloten zijn, zo ook de ETV. Binnen EESTEC zijn er meer dan 4000 studenten actief betrokken bij workshops en commissies.

Als lid van de ETV krijg je de mogelijkheid om een educatieve workshop van een week te volgen bij meer dan 50 Europese universiteiten. Naast een interessant onderwerp krijg je ook de mogelijkheid de cultuur te proeven gedurende meerdere feestjes met veel buitenlandse studenten. Eens per studiejaar krijg je hier zelfs een reisvergoeding voor van maximaal €100,-! Verder zijn je overnachtingen en ontbijt, lunch en avondeten helemaal gratis!

Meld je snel aan op eestec.net. Zorg dat je je hier aanmeld als lid van Delft. Hierna kan je bij de events een onderwerp zoeken wat jou aanspreekt en je aanmelden.

Voor vragen of meer informatie kan je terecht bij de EESTEC commissie van de ETV persoonlijk of via mail: eestec-etv@tudelft.nl

lem solving, aid in teaching and stored artificial intelligence.

The closing line of the book was relevant to our activities: "believe that the aim of life is to have a nice time, go to nice places and meet nice people"
We also included a beautiful poem by Annie M.G. Schmidt (with her permission) "Nu bloeien de congressen langs de meren" which is all about the atmosphere and motivation on joining a congress, somewhere in beautiful places with interesting people – the only part of the book in Dutch.

Next to our formal discussions in "de gouden wieken" and the presentations on the computer and its applications, we had daily receptions and dinners, cultural outings, excursions to Electrologica, Philips (color TV), Delta works, and so on.

It was a new experience to meet with so many different nationalities, with only one common ground (electro technical male students) but ready to join the European culture and spirit. The question was not what we achieved, but how we discussed and experienced international understanding - important skills, which in a later phase proved to be very important (and helpful).

As a closing item, I copy Hans Eberhard Ronniger (German) reaction during the symposium dinner of November 9, 1965:

I have had great pain
by breaking my brain
to express an idea
to all who are here
But I am no poet
so I thought; Okay let go it
first it looks bad
for some had run mad
because of the statutes
which they thought were no goods,
but then they calmed down
by two drinks: one light, one brown
the brown was the beer
the light the Genever from here
after that they even were able
to solve the problem of Babel
from many languages they made a swinging
to Amsterdam's laugh, dancing and singing
but to become serious
we switched to the language of Shakespearean heroes
After great lectures during two days
- computer's use, not only two ways –
we now have lots of food
which was very good
and you know, how it is
first food, then laziness
and not only you
believe it – me too
I tired this hand
therefore the end:
thinking it over and looking back
it was here, EURI –E – LEC-LEC.

Changing TIEres

EESTEC Organizers report

Mitchel Chandi

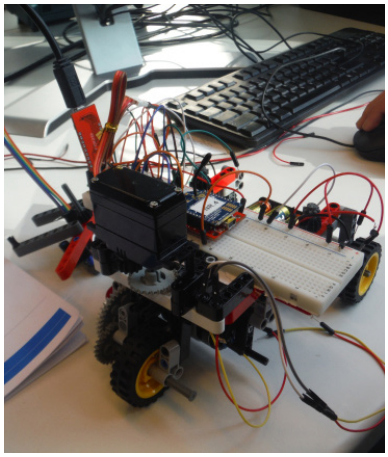
The workshop 'Changing TIEres; Autonomous Automobiles Across Amsterdam' started on Sunday, 15th of February. The organizing committee made sure that each participant was picked up and brought to the hotel. In the evening we had some ice-breaking games to get to know each other.

The first day started early; we had the opening presentation and some other presentations about the event and Faculty. After these presentations, we did several tours which included the highlights of the faculty. After having dinner, we prepared ourselves for the Carnaval party in Breda. As you might know, Carnaval has a certain dress code: weird costumes! After an amazing night and a few hours of sleep, it was time to wake up again.

After a presentation about the workshop, the participants worked on the Lego project with the assistance of a few students. As for the organizers, we split up in 2 groups: the assistants of the workshop and another group that made sure that the lunch was prepared and ready on time. After the workshop, we planned a barbecue at the faculty where the participants could meet the members of the electrical engineering study association. In the evening, we gave participants the option if they wanted to go back to the hotel or go out for a few drinks. We ended up splitting the group in two in order to satisfy both desires.

The next day, we started with the workshop in the morning and during afternoon the particapants attended the master presentations. This gives the participants a rough idea what it's like to study in Delft as an international student. In the evening we went to the 'skihut' in Rotterdam where one organizer celebrated his birthday.

On Friday we had the final presentations of the workshop. Each group had to present their final product to the others and show how well it worked. After these presentations we had a lecture on Wind energy and the participants got a chance to show their skills. The challenge was to cut a wind blade which rotated as fast as possible. In the evening we planned the international night, where each country has a table with their own typical beverages. The organizing committee opens these tables by trying out these beverages,



which also included alcoholic drinks.

On Saturday we had some sleep to deal with our hangovers and after a late breakfast, we took the train to Amsterdam. We gave the participants a few hours of free time to explore the capital city of Holland. After we had dinner together, it was time for the last party of our event. This was an great international exchange party with 2 halls, each with their own type of music.

Alll good things come to an end, as well as this event. It was finally the last day, Sunday, and everyone was a bit sad when they left. We received alot of positive reactions about our event and we were very pleased to hear that. As an organizer, the week demands a lot of energy and time, but it pays off. I wouldn't want to miss a great experience like this!

GEZOCHT: HORIZONVERBREDERS

“Hier ontstaan nieuwe, technische markten”

Sander Korving, Director Supply Chain Management

Koninklijke IHC (IHC) is wereldmarktleider in de bouw van gespecialiseerde schepen voor natte mijnbouw- en baggeractiviteiten en een belangrijke speler op het gebied van complexe custom built offshore schepen. Daarnaast ontwikkelen we voor alle schepen die we bouwen geavanceerd equipment en bieden we life cycle support. Dit realiseren we dagelijks met ruim 3.000 collega’s in binnen- en buitenland.

Werken bij IHC betekent dat je de kans krijgt alles uit jezelf te halen en groter te worden in je vak. Uitstekende arbeidsvoorwaarden zijn bij ons standaard. Net als ruimte om jezelf te ontwikkelen en de kans op doorstroming naar hogere functies, in Nederland of bij een van onze vele buitenlandse vestigingen. Bij ons ga je het maximale uit jezelf halen. En dat is een garantie!

Kijk voor meer informatie over jouw carrièremogelijkheden op www.ihcjobs.nl.

The technology innovator.

ASML Excursion

Visiting the Dutch Silicon Valley

Eray Albayrak

In February a group of ETV members had the pleasure to visit one of the leading companies in the field of lithography, ASML. Early in the morning, fully suited and eager to go to Veldhoven we step on the bus and left for the one and a half hour trip south. At arrival we joined other universities of technology and applied sciences from the Netherlands and Belgium. This excursion was organized to show the electrical aspects of the work ASML does, so the students all had a similar background.

We started the day with a short introduction which thought us the history of ASML, the company it is now and gave an introduction in the world of making chips through lithography. Although ASML was a company I knew, there were still some surprising facts I didn't knew. After the presentation we were split up in small mixed groups for a guided tour through the factory.

During the tour we got a good view of the ASML compound. We first headed to the office building, which was the highest building, where we had a great view. The area was much smaller than I expected. After this view, we went to see the buildings up close. Along the way some information was given at the different areas and it was interesting to see how big the clean rooms were and how they were kept as clean as possible. To end the tour we headed back to where we started.

It was lunch time, so I rejoined the rest of ETV members and we shared our experiences while eating some sandwiches. After everybody had finished their lunch we headed back into the presentation room where we would get short 7 minute presentations, the organization was very strict about the presenting time with a computer screen showing a timer, from different researchers and engineers working on the 'wafer stage control'. The case in the afternoon was also going to be about this part of the lithography machine. In every presentation a different aspect of the controller was explained, e.g. the mechanical elements, the electrical elements and the different control and feedback elements. All these elements have to work together on a high speed and high precision which is quite a challenge.

Figure 1: The group enjoying themselves

At this point the case was introduced. In this case a mixed group of students from the different universities had to design a feedback loop to make it possible for the wafer stage control to adjust its position to react to small disturbances to maximize the precision. After this introduction groups were formed and the problem was tackled. We first analyzed what the controller needed to do and how its operation could be influenced by disturbances. After that we designed a solution on how to correct the movement. This design was presented to a couple of other groups and the group with the best design and presentation got a little gift.

With a final word from the presenters and organization we ended the day with a drink in the lunchroom before heading back to Delft. It was an inspiring day and the program gave a good view on how our study is put to practice.

ETV Activities

Bart Kölling

Dies Cake

When we have a reason to celebrate, a cake could not be more fitting. The 26th of march was a special day, the ETV had reached an age of 109. There have been many highlights from the beginning in 1906 all the way forward in time leading up to 2015. In the morning the President made an announcement over the intercom and the executive committee (Dagelijks Bestuur) lined up behind a phenomenally large cake in the central hall of the EEMCS building. When the cutting of the cake began every student and employee could get a piece of the action!

Rally

This February the Rally Committee organised our yearly automotive event. This year the theme of the Rally was 'Prison Break'. The Committee had clothing resembling police officers, which the real cops didn't think was really funny. It was a challenging drive. The assignment kept the five teams busy and driving back and forth for a while. The participants eventually ended up near Breda. Taking pictures of themselves for challenges and for fun. Overall everyone was very positive and had a great day.

EWI Olympiad

Usually there is not a lot of interaction with our neighbours, but on the last day of march the Electrotechnische Vereeniging and Chrisitaan Huijgens organised an activity together. In teams filled with members from both associations the participants did challenges and answered questions throughout the Faculty. At the end of this everyone gathered for a drink and the award ceremony to see which team won.

CeBiT Excursion

The trip to Hannover had been awesome last year, so time there was a lot of enthusiasm noticeable from the members of the ETV. At around eight o'clock the bus left for Germany with a little bit under 30 ETV members. About half of the people were still asleep when we crossed the German border that morning. After the long trip it was half past twelve when the group finally entered the Hannover Messe. This huge venue was packed with the latest technology for us to admire. Many large companies like IBM and SAP were there. When it became evening the serious part was over. A small party was set up in the resellers area. Here the group could relax a bit and enjoy the cover band playing on a stage. Naturally everyone was quite tired at the end and traveling back in the middle of the night nobody could keep his or her eyes open.

Puzzle

Last month the internet was collectively entranced by a logic puzzle about Cheryl's Birthday. If you have not solved it yet, I highly recommend looking it up. If you have solved it, and gotten a taste for logic puzzles, here is another classic:

5 pirates of different ages have a treasure of 100 gold coins.

On their ship, they decide to split the coins using this scheme:

The oldest pirate proposes how to share the coins, and ALL pirates (including the oldest) vote for or against it.

If 50% or more of the pirates vote for it, then the coins will be shared that way. Otherwise, the pirate proposing the scheme will be thrown overboard, and the process is repeated with the pirates that remain.

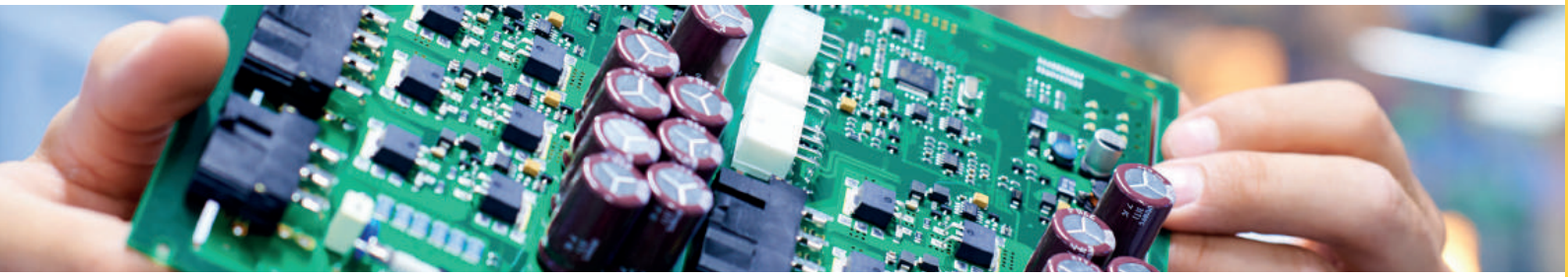
As pirates tend to be a bloodthirsty bunch, if a pirate would get the same number of coins if he voted for or against a proposal, he will vote against so that the pirate who proposed the plan will be thrown overboard.

Assuming that all 5 pirates are intelligent, rational, greedy, and do not wish to die, (and are rather good at math for pirates) what will happen?

WE TURN **YOUR IDEAS** INTO TOMORROW'S PRODUCTS

APPLIED MICRO ELECTRONICS

AME is a fast growing organization developing and manufacturing high quality products with electronics. Our goal is to create innovative products for our customers that exceed market expectations by making use of state-of-the-art development facilities and a highly automated manufacturing environment. Driven by technology, we strive for the best solution combining the disciplines of applied physics, electrical, mechanical, software and industrial engineering.



OUR OFFER

We offer you a challenging career full of opportunities for personal and professional growth.

JOIN OUR TEAM OF EXPERTS

Driven to exceed expectations and to excel in creating innovative solutions, our team of experts is continuously looking for future best-in-class colleagues within the technological disciplines of applied physics, electrical, mechanical, software and industrial engineering.

CAREER POSSIBILITIES

If you are interested in working with a talented, ambitious and experienced team of professionals using the best tools available and would like to work in a fast growing organization full of career opportunities then you are most welcome to apply for a job or take a look at our opportunities by visiting our website.

INTERNSHIP OPENINGS

AME is the ideal work environment to develop hands-on experience while completing your studies. You will be involved in challenging real-world projects and work with experts from a multitude of technological disciplines. We invite you to get in touch with us to discuss any internship openings.

AME

Applied Micro Electronics "AME" B.V.
Esp 100 | 5633 AA Eindhoven | recruitment@ame.nu | +31 40 2646400

WWW.AME.NU