

## Vervanging van de programmeerbare functiegenerator Wavetek 75

<b>Auteur</b>	Willem de Vries	<b>Afstudeerbegeleider</b>	T. Kamerling
<b>Studentnummer</b>	553406	<b>Afstudeerbedrijf</b>	Altran Netherlands B.V. Helmond
<b>Hogeschool</b>	Hogeschool van Arnhem en Nijmegen	<b>Bedrijfsbegeleider</b>	D. Coe
<b>Opleiding</b>	Automotive	<b>Datum</b>	08-06-2020





## Voorwoord

Voor u ligt het eindverslag van de 'vervanging van de programmeerbare functiegenerator Wavetek 75'. De afstudeeropdracht is uitgevoerd bij Altran engineering in Helmond. Dit eindverslag is geschreven in het kader van mijn afstuderen aan de opleiding Automotive aan de Hogeschool van Arnhem en Nijmegen (HAN). De opdracht werd uitgevoerd van februari 2020 tot en met juni 2020.

Tijdens mijn derdejaars-stage heb ik ook bij Altran stage gelopen. Tijdens deze stage is de opdracht bedacht om de programmeerbare functiegenerator Wavetek te vervangen. De Wavetek is namelijk verouderd en het is lastig om een signaal te programmeren.

Ik wil graag Duncan Coe bedanken omdat hij mij de kans heeft gegeven om mijn afstudeerstage ook bij Altran uit te voeren. Daarnaast wil ik hem ook graag bedanken voor de feedback die ik al die tijd heb mogen ontvangen. Ook wil ik Thymen Kamerling bedanken voor de begeleiding en de feedback tijdens deze afstudeerstage.

Daarnaast heeft Twan Vlemminx mij ontzettend veel geholpen met de uitvoering van de opdracht, ook hem wil ik graag bedanken.

Ten slotte wil ik alle andere mensen van de afdeling Testing bedanken voor de leuke tijd die ik heb gehad bij Altran.

Ik wens u veel leesplezier toe.

Willem de Vries

Helmond 8 Juni 2020

## Summary

The Wavetek 75 is a programmable function generator that is used at Altran for generating arbitrary analog signals for various tests. The target for this project is to replace the Wavetek 75 with a device that simplifies defining an arbitrary signal. The Wavetek is outdated and it is very difficult to program a signal. In addition, there are some knobs on the Wavetek that do not work properly and the Wavetek does not have a digital screen where the defined signal can be made visual.

To find a suitable device, research has been conducted to all the devices on the market that can generate an arbitrary analog output signal. At the end of the research, eleven devices are selected, which are compared in a matrix. They are compared with 16 requirements that are determined at the start of the project. These requirements consist of both hardware requirements and functional requirements. For Altran it is very important that the replacement device is multi-usable and that the device can be used for other purposes.

The result of the research is the module NI 9263 of National Instruments, because the module meets all the requirements. This module has to be placed in a NI cDAQ chassis that is also made by National Instruments. This NI cDAQ can easily be connected to a PC.

The module has to be controlled by LabVIEW. LabVIEW is a graphic programming environment, that is also made by National Instruments. As a result, the communication between the software and hardware is extremely simple.

Apart from meeting all the requirements, the NI 9263 is also chosen for the following reasons:

- Altran is in possession of three cDAQ's and LabVIEW 2014, eliminating the need to purchase additional hardware and software.
- Altran is in possession of other modules made by National Instruments which can measure and store measurement signals.
- A program can be developed in Labview which is specifically made for the current use and to the wishes of the end user.

The development of the program in LabVIEW is performed in a number of steps:

- To be able to define a signal simply.
- To be able to generate an output signal with the device.
- To be able to control the timing of the signal.
- To be able to start the signal with an external trigger.
- Shaping the user interface.

For the validation of the program, the NI 9263 is connected to an external data acquisition system. The Wavetek is also connected to this data acquisition system so it can be tested and compared to the NI 9263. The program is also tested by one of the end users.

Based on the results of the validation, it can be concluded that the NI 9263 can generate the defined signal more accurately, because of its ability to build the signal in smaller steps. Additionally, the time in which a signal can be defined and generated is reduced by 97% for a relatively complicated signal.

The NI 9263 in combination with the program is a good substitute for the Wavetek. This results was predicted upfront as the specifications of the NI 9263 are better, compared to the Wavetek.

However, the NI 9263 still requires more testing to verify all applications, for example on lifespan tests. Secondly, the operation of the emergency stop could be improved. Finally, as an end user recommended, an instruction manual should be included in which the complete usage of the NI 9263 and the program is described. With the inclusion of this manual it can be guaranteed the device can still be used in the future.

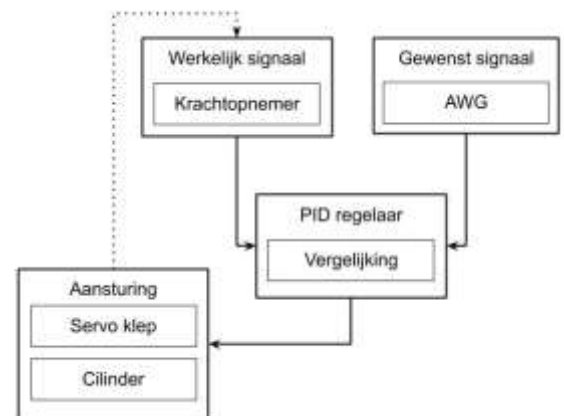
## Inhoud

Voorwoord.....	3
Summary.....	4
1. Inleiding.....	6
2. Eisenpakket.....	7
3. Vooronderzoek en keuze van apparatuur.....	9
3.1. Wavetek 75.....	9
3.2. Alternatieven voor de Wavetek.....	10
3.3. Vergelijkingsmatrix.....	11
3.4. Conclusie keuze.....	14
4. NI 9263 & LabVIEW.....	15
5. LabVIEW programma.....	17
5.1. Opbouw van het programma.....	17
5.2. De user interface.....	20
6. Validatie.....	24
6.1. Testen van de hardware en programma.....	24
6.2. Ervaringen van Test engineers.....	25
7. Conclusie.....	26
8. Discussie.....	28
9. Aanbevelingen.....	29
10. Bronnen.....	30
Bijlagen.....	31

## 1. Inleiding

In de testwereld wordt er veelal gebruik gemaakt van apparatuur die een willekeurig signaal kunnen genereren. De Engelse benaming hiervoor is "arbitrary waveform generator" afkorting AWG, deze benaming wordt in de technische wereld meestal gebruikt. Hiermee kunnen onder andere servo-hydraulische cilinders worden aangestuurd die een kracht uitoefenen op een testobject. Bij Altran wordt de Wavetek 75 gebruikt om zo één signaal te kunnen genereren. De Wavetek is ondertussen al 38 jaar oud en is niet gebruiksvriendelijk. De Wavetek heeft geen digitaal scherm waarmee gecontroleerd kan worden of het geprogrammeerde signaal het gewenste signaal is wat nodig is voor een test. Een test engineer is hierdoor veel tijd kwijt om de Wavetek te programmeren, omdat het signaal eerst geprogrammeerd moet worden en vervolgens kan er pas gecontroleerd worden of het gewenste signaal voldoet. Mocht dit niet het geval zijn dan moet het hele proces weer opnieuw beginnen, het is namelijk erg lastig om een deel te corrigeren.

De Wavetek wordt op dit moment voor verschillende testen gebruikt waar verschillende willekeurige signalen voor gemaakt zijn. De toepassing is voor al deze testen hetzelfde. Bij deze testen vergelijkt een PID-regelaar<sup>1</sup> het signaal van de Wavetek met het signaal van een krachtopnemer (krachtsensor) die aan het uiteinde van de cilinder is geplaatst. Bij een verschil in signaal zal de PID-regelaar de klep van de servo-hydraulische cilinder aansturen, afhankelijk van de instellingen van de PID-regelaar. In Figuur 1 is dit schematisch weergegeven.



Figuur 1 Schema werking PID regelaar

Voor dit project is er een hoofdvraag geformuleerd: Welke apparatuur is er nodig om een output signaal te maken wat de huidige aansturing kan vereenvoudigen binnen de middelen waarover Altran Engineering beschikt?

Met als deelvragen:

- Wat zijn de eisen waar deze vervanger aan moet voldoen?
- Over welke middelen beschikt Altran Engineering waarmee een willekeurig signaal gemaakt kan worden?
- Welke apparaten en/of software bestaat er om de Wavetek te vervangen?
- Hoe eenvoudig is het om met de nieuwe AWG een willekeurig signaal te maken?
- Voldoet de nieuwe AWG aan de eisen?
- En is de eindgebruiker tevreden met het eindresultaat?

De opbouw van het rapport is als volgt: De eisen die zijn opgesteld aan het begin van dit project zijn terug te vinden in hoofdstuk 2 'Eisenpakket'.

In hoofdstuk 3 wordt de huidige toepassing van de Wavetek beschreven. Daarnaast worden de resultaten van het onderzoek voor de vervanger van de Wavetek beschreven. Ten slotte wordt er in hoofdstuk 3 op basis van de resultaten de keuze beargumenteerd.

In het hoofdstuk hierna (4) wordt de werking van het gekozen apparaat beschreven en bijbehorende software.

In hoofdstuk 5 'LabVIEW programma' wordt de opbouw van het programma in de software LabVIEW in chronologische volgorde beschreven. En daarbij worden de user interface en de functies in het programma uitgelegd.

Het gerealiseerde programma is gecontroleerd en gevalideerd in hoofdstuk 6 door de apparatuur aan te sluiten aan een externe data acquisitie systeem en een signaal te vergelijken met de Wavetek. Ook is de gebruiksvriendelijkheid getest. In hoofdstuk 7 wordt de conclusie gegeven van dit project. Gevolgd door de discussie (8) en de aanbevelingen (9).

<sup>1</sup> Een PID-regelaar (P=Proportioneel I=Integrerend D=Differentiërend) is een veel voorkomende regelaar in de regeltechniek. Het vergelijkt de gewenste waarde met de werkelijke waarde. Wanneer er een verschil tussen deze twee zit zal de PID-regelaar het verschil proberen nul te maken.

## 2. Eisenpakket

Het eisenpakket is aan het begin van dit project opgesteld door Altran. Hierbij zijn er een aantal eisen overgenomen van de specificaties van de Wavetek zodat het signaal minimaal even goed is of beter. Het eisenpakket wat hierna volgt, vertelt wat de eis inhoudt en wat de eis is:

### 1. Externe trigger

Een trigger signaal is een signaal dat een proces kan starten. Wanneer een AWG een aansluiting heeft voor een externe trigger kan een signaal van een AWG gestart worden door een extern (meet)apparaat. Hierover moet de vervanger beschikken in verband met de synchronisatie van meetsignalen.

### 2. Signaal meermalen afspeelbaar

Het signaal moet meermalen naar keuze afspeelbaar zijn.

### 3. Amplitude offset en tijdbasis aanpasbaar

Het signaal moet nadat het is gedefinieerd in tijd, in amplitude en in offset aanpasbaar zijn. Dit moet bij het uitvoeren van de test mogelijk zijn wanneer het gewenste signaal aangepast moet worden.

### 4. Verticale en horizontale resolutie

De verticale en horizontale resolutie wordt gegeven in bits. Hoe meer bits des te kleiner de stap tussen punten van het gemaakte signaal des te nauwkeuriger kan het (analoge) signaal beschreven worden. Hoe hoger de resolutie des te beter de AWG het gewenste signaal uitgeeft. Meer uitleg hierover in bijlage C.

### 5. Voltagebereik

Het voltagebereik is de hoogte van het voltage dat een AWG maximaal kan uitsturen. Het bereik moet tussen de -10 V en de +10 V liggen.

### 6. Sample rate

De sample rate is de snelheid waarmee het gemaakte signaal doorlopen kan worden. De sample rate moet een signaal kunnen afspelen met 0.2 Hz tot 2 MHz, oftewel er moet een sample elke 50 seconden tot 500 nanoseconden uitgestuurd kunnen worden. Meer uitleg hierover in bijlage C.

### 7. Uitgangsimpedantie

De uitgangsimpedantie moet minder dan 10 Ohm zijn. Met deze eis kan er gegarandeerd worden dat het gewenste signaal wordt behaald, omdat de ingangsimpedantie van de apparatuur (in dit geval de PID-regelaar) een impedantie heeft van ongeveer 1 MOhm. Meer uitleg hierover in bijlage C.

### 8. Stand-alone unit

Een unit die eenvoudig verplaatsbaar is en die onafhankelijk te gebruiken is zonder dat er bijvoorbeeld één vaste PC ervoor nodig is. De AWG moet op meerdere plekken te gebruiken zijn zonder dat er een complete PC verplaatst moet worden.

### 9. Eenvoudig uit te breiden

Het aantal units moet eenvoudig uit te breiden zijn waardoor de testen waarvoor de huidige Wavetek gebruikt wordt ook tegelijk uitgevoerd kunnen worden.

### 10. Altran beschikt over software

Naast dat er hardware aangeschaft moet worden, zal er bij een aantal soorten apparatuur ook software aangeschaft moeten worden. Altran beschikt al over een aantal soorten software zoals LabVIEW. Ook is er software die gratis te downloaden is. Omdat software vaak apart moet worden aangeschaft moet dit worden meegenomen als eis en bij de totale kosten worden opgeteld. Wanneer de software kosten meegenomen worden in de totale kosten wordt ervoor gezorgd dat Altran niet voor onverwachte kosten komt te staan.

### 11. Nauwkeurigheid

De nauwkeurigheid van een signaal wordt vaak gegeven in een bepaald bereik. Bijvoorbeeld, een DC signaal van 5 Volt met een opgegeven nauwkeurigheid van +/- 0,1% zal in werkelijkheid tussen de 4.995 en 5.005 zijn. De AWG mag een maximale afwijking hebben van +/- 20 mV bij 5 V.

Daarnaast is de ruis van een signaal een onderdeel van de nauwkeurigheid. Toch wordt de nauwkeurigheid en de ruis van een signaal vaak apart vermeldt op een datasheet. Daarom moet er ook bekend zijn wat de ruis over



het signaal is om te kunnen vaststellen hoe stabiel het analoge signaal is. Deze ruis wordt gegeven in  $V_{rms}$ . De ruis op het signaal van de AWG mag maximaal  $1\text{ mV}_{rms}$  zijn.

**12. 10 of meer geheugenplaatsen**

Een interne opslag van minimaal 10 signalen, zodat de gedefinieerde signalen eenvoudig weer opnieuw gegenereerd kunnen worden zonder dat het signaal opnieuw gedefinieerd moet worden.

**13. Altran is bekend met hardware en software**

Voor Altran is het zeer belangrijk dat Altran bekend is met de hardware en/of software. Hierdoor is het niet noodzakelijk om een nieuwe soort software te begrijpen door de engineers van Altran.

**14. Het kunnen ontvangen van een meetsignaal & Complete vervanging van een huidige testopstelling**

Om in de toekomst een complete vervanging van een testopstelling te kunnen realiseren is het van belang dat de apparatuur ook een meetsignaal kan ontvangen en opslaan. Voor Altran is het belangrijk dat de vervanger van de Wavetek multi-inzetbaar is, zodat er in de toekomst gekeken kan worden naar andere toepassingen.

**15. Voor andere testen te gebruiken waar een actuator aangestuurd moet worden**

De apparatuur moet ook de mogelijkheid hebben om andere actuatoren aan te sturen.

**16. Binnen budget van €2000,-**

Voor dit project is er een budget beschikbaar gesteld van 2000 euro voor de aanschaf hardware en eventuele software.

Deze eisen (1 tot en met 16) worden gebruikt om de verschillende soorten apparatuur te vergelijken in een vergelijkingsmatrix.

Naast deze eisen zijn er ook eisen over gebruiksvriendelijkheid. Omdat de gebruiksvriendelijkheid bekend is nadat de vervanger is aangeschaft, is dit niet meegenomen als eis voor het kiezen van een apparaat dat de Wavetek kan vervangen.



### 3. Vooronderzoek en keuze van apparatuur

Voordat er een vervanger gekozen kan worden is het belangrijk om te weten hoe de Wavetek op dit moment wordt gebruikt (3.1). Op de markt zijn er veel verschillende soorten apparatuur die een willekeurig analoog signaal kunnen genereren. In 3.2 wordt er uitgelegd wat de verschillende soorten AWG's zijn en wat de verschillen zijn onderling. Vervolgens is er onderzoek gedaan op internet om alle apparatuur op te zoeken die een willekeurig analoog signaal kunnen genereren. Omdat er veel keuze is, is het lastig om dit allemaal te vergelijken. Daarom is er een vergelijkingsmatrix (3.3) gemaakt waarin alle geselecteerde apparaten weergegeven worden en worden beoordeeld aan de hand van de eisen. Uit deze vergelijkingsmatrix is vervolgens een keuze gemaakt die wordt beargumenteerd in 3.4.

#### 3.1. Wavetek 75

De programmeerbare functiegenerator die nu nog wordt gebruikt komt uit 1986 en is gemaakt door Wavetek (later overgenomen door Fluke). De Wavetek heeft een verticale resolutie van 4.095 punten en een aanpasbare horizontale resolutie van 2 tot 8.192 punten. Het geheugen kan onderverdeeld worden in vier blokken van 2.048 punten. Er kan één signaal gemaakt worden van 8.192 punten of vier verschillende signalen (waarvan drie opgeslagen kunnen worden en één actief). De sample rate kan ingesteld worden van 0.2 Hz tot 2 MHz, oftewel elke 500 nanoseconden tot 50 seconden kan er een sample gegenereerd worden. Hierdoor kan een signaal van 1.000 nanoseconden tot 113,8 uur duren. Naast een zelf te programmeren signaal kan de Wavetek verschillende standaard signalen uitgeven.

- DC
- Blokgolf
- Driehoek
- Sinus
- Cosinus

De Wavetek heeft ook een aantal operationele functies waardoor er een test kan worden gestart door een trigger van de meetapparatuur:

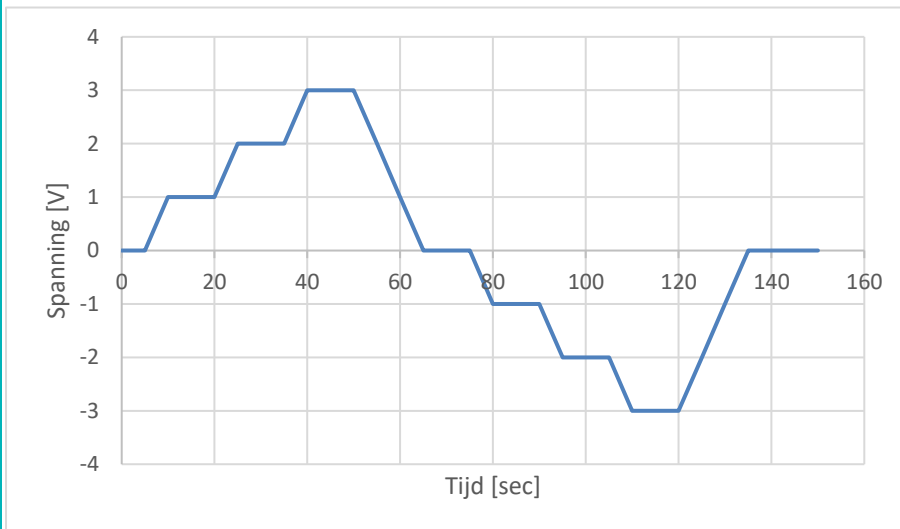
- 'Continuous' : Het ingestelde signaal loopt continu door van het startpunt tot het eindpunt van het signaal.
- 'Triggered' : Het signaal wordt pas gestart door een extern signaal of met de drukknop op het voorpaneel van de wavetek. Het signaal stopt wanneer het een 'break point' tegenkomt.
- 'Gated' : In principe hetzelfde als 'triggered' maar deze loopt door totdat het externe signaal wegvalt.
- 'Burst' : In principe hetzelfde als 'triggered' maar deze telt het aantal keer dat het signaal wordt doorlopen.
- 'Toggled' : Wordt gestart door een trigger en blijft continu doorlopen totdat een trigger het signaal stopt bij het eerstvolgende 'break point'.

In de huidige situatie wordt de 'Triggered' functie gebruikt om een test te starten en daarnaast wordt de 'Burst' functie gebruikt voor levensduurtesten. Voor alle specificaties van de Wavetek zie bijlage B12 (bron: [14]).



Figuur 2 Wavetek 75

De Wavetek wordt op dit moment gebruikt voor diverse testen. Een voorbeeld van een signaal is te zien in Figuur 3. Hierbij moeten verschillende niveaus worden gehaald met een positieve en negatieve spanning. Dit moet geleidelijk oplopen, dit wordt gerealiseerd de 'ramp' functie.



Figuur 3 Voorbeeld Willekeurig Signaal

Ten slotte wordt de Wavetek op dit moment gebruikt voor signalen die meestal maar één keer worden afgespeeld. Het wordt dus niet doorlopend afgespeeld. Daarnaast is het zo dat de periodetijd van een signaal vrij lang. Hierdoor is de sample rate vrij laag. Bij het voorbeeld hierboven is de sample rate 14 Hz.

### 3.2. Alternatieven voor de Wavetek

Er zijn een aantal alternatieven die de Wavetek kunnen vervangen. Deze alternatieven kunnen onderverdeeld worden in een aantal soorten:

- Traditionele Arbitrary Waveform Generator zoals de Wavetek
- PLC-modules
- Compacte apparaten met een USB aansluiting of soortgelijk
- PCI kaarten voor PC's

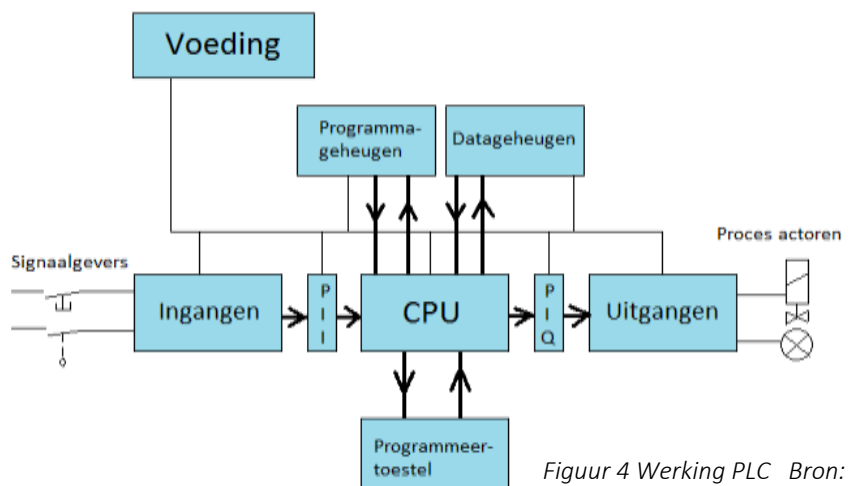
Hierna volgt een korte beschrijving van alle soorten alternatieven.

#### Arbitrary Waveform Generator

Arbitrary Waveform Generators die nu op de markt zijn, zijn eigenlijk de modernere versie van de Wavetek 75. De verschillen zitten dan vooral in kwaliteit, functionaliteit en dimensies.

#### PLC-modules

Er zijn ook PLC modules te koop die een analoog signaal kunnen uitsturen. Deze moeten worden gemonteerd aan een PLC-bus. Deze modules worden aangestuurd door een processor (CPU) (zie Figuur 4). Hoe de modules aangestuurd worden, wordt in de bijbehorende software bepaald. Om te zorgen dat een PLC-module gebruikt kan worden als een AWG moet er een programma gemaakt worden in de desbetreffende software.



Figuur 4 Werking PLC Bron: [1]

**Compacte apparaten met een USB aansluiting of soortgelijk**

Daarnaast zijn er apparaten die via een USB of iets soortgelijks aan een PC aangesloten kunnen worden. Deze apparaten zijn vrij compact. De apparaten worden met speciaal gemaakte software of drivers aangestuurd. De drivers zijn vaak gratis te downloaden alleen is de software waarvoor de driver is gemaakt niet gratis. Ook hier zal er een programma geschreven/gemaakt moeten worden.

**PCI kaarten voor PC's**

In een PC kunnen kaarten worden toegevoegd voor verschillende doeleinden. Deze kaarten worden op het moederbord van de PC gemonteerd. Er worden ook kaarten gemaakt die een analoog signaal kunnen uitsturen. Deze kaarten worden aangestuurd met de bijbehorende software. Ook hier zal er een programma geschreven moeten worden in de desbetreffende software.

### 3.3. Vergelijkingsmatrix

Voordat de vergelijkingsmatrix is gemaakt, is er op internet onderzoek gedaan naar alle apparatuur die een analoog signaal kunnen genereren. Wanneer de prijs boven het budget was of dat het niet mogelijk is met het desbetreffende apparaat een willekeurig signaal te maken, dan zijn deze niet meegenomen in de vergelijkingsmatrix. Daarnaast is er ook onderzocht wat er al beschikbaar is bij Altran. Uiteindelijk zijn er elf apparaten geselecteerd, dit zijn:

**Arbitrary Waveform Generator***Siglent SDQ2042X*

De Siglent is net zoals de Wavetek een Arbitrary Waveform Generator en heeft vergelijkbare functies als de Wavetek. Door het digitale scherm is het eenvoudiger om een signaal te maken, omdat het signaal visueel gemaakt wordt op dit scherm. Daarnaast heeft Siglent ook zijn eigen software waarmee een signaal gemaakt kan worden. In deze software kunnen op meerdere manieren een signaal worden gevormd. Dit kan door een tabel in te vullen of door een signaal te tekenen met een pen in een grafiek. Zie bijlage B1 (bron: [3]).

*Rigol DG800*

Voor de Rigol geldt hetzelfde als de Siglent, alleen is de software minder gebruiksvriendelijk/toegankelijk ten opzichte van de software van de Siglent. Dit komt doordat de interface niet duidelijk aangeeft hoe een signaal gedefinieerd kan worden. Er is bijvoorbeeld geen optie om een tabel in te vullen. Zie bijlage B2 (bron: [4]).

**PLC-modules***Dataforth MAQ20-VO*

De Dataforth MAQ20-VO is een PLC-module die een analoog output signaal kan genereren. Deze module zal dus in een PLC kast of een PLC-chassis geplaatst moeten worden. Deze kast of chassis kan vervolgens weer aan een PC verbonden worden. Dataforth heeft zijn eigen software ontwikkeld voor deze modules. Deze software is erg prijzig. Zie bijlage B3 (bron: [5]).

**Compacte systemen met een USB aansluiting of soortgelijk***imc C-series*

De imc C-series is een high-end data acquisitie systeem waarmee signalen kunnen worden gegenereerd maar ook gemeten kunnen worden. Imc heeft verschillende soorten software, de standaard software is het goedkoopste maar daarmee is het niet eenvoudig om een willekeurig signaal te maken. Imc biedt ook de 'Automation' software aan. In deze software zit een functie waarmee eenvoudig een willekeurig signaal gemaakt kan worden. Deze software is alleen drie keer zo duur als de standaard software. De verbinding tussen de imc en een PC wordt via een LAN-aansluiting gerealiseerd. Zie bijlage B4 (bron: [6]).

*PicoScope 5000 series*

De PicoScope wordt aan een laptop of desktop aangesloten via een USB kabel. De software is specifiek voor de PicoScope gemaakt en is gratis te downloaden. Zie bijlage B5 (bron: [7]).

*USB-3100 Series*

De USB-3100 series wordt, zoals de naam al zegt, aangesloten via een USB aan een PC. De USB-3100 series heeft geen analoge input waardoor het signaal niet gestart kan worden met een externe trigger. Dit apparaat kan op meerdere manieren worden bestuurd. Zo is er een driver genaamd ULx die via LabVIEW werkt. Maar dit apparaat kan ook via Python, DAQami en nog een aantal soorten software worden aangestuurd. Zie bijlage B6 (bron: [8]).

*DT9853*

De DT9853 is vergelijkbaar met de USB-3100 series, het kan geen analoge input ontvangen en kan ook met meerdere soorten software worden aangestuurd. Onder andere MATLAB kan gebruikt worden voor de DT9853. Zie bijlage B7 (bron: [9]).

*NI 9263*

De NI 9263 is een module die is gemaakt door National Instruments. De module moet in een chassis (NI cDAQ Figuur 5) geplaatst worden die vervolgens weer verbonden is aan een PC via een USB-aansluiting. De module wordt aangestuurd via de software LabVIEW, Altran beschikt over een licentie van LabVIEW 2014. Daarnaast beschikt Altran over modules die een analoge input kunnen ontvangen, hiermee kan een extern trigger signaal ingelezen worden, waarmee het signaal gestart kan worden. Zie bijlage B8 (bron: [10]).



Figuur 5 NI cDAQ Bron:[2]

**PCI kaarten voor PC's***NI 6722*

De NI 6722 is ook een module gemaakt door National Instruments. Het verschil met de NI 9263 is dat de NI 6722 een PCI kaart is. Ook is de NI 6722 voor high-end data acquisitie. De prijs ligt veel hoger vergeleken met de NI 9263 (bijna drie keer zo duur). Ook wordt deze module aangestuurd door LabVIEW. Altran beschikt over PCI kaarten van National Instruments die een analoge input hebben. Zie bijlage B9 (bron: [11]).

*PCI-1720U*

De PCI-1720U is ook een PCI kaart voor een PC. Voor deze PCI kaart is een driver gemaakt die werkt met LabVIEW. Deze driver is gratis te downloaden en daarbij is er een licentie voor LabVIEW nodig waarover Altran al beschikt. Wanneer deze kaart wordt aangeschaft, moet er waarschijnlijk een extra PCI kaart gekocht moeten worden die een analoge input kan ontvangen, zodat het signaal gestart kan worden met een externe trigger. Zie bijlage B10 (bron: [12]).

*Adlink DAQe-2500 series*

De Adlink DAQe-series is ook een PCI kaart en ook deze kaart werkt met een driver die gemaakt is voor LabVIEW. Een voordeel van deze kaart is dat de Adlink ook een analoge input kan ontvangen waardoor het willekeurige signaal door een externe trigger gestart kan worden. Zie bijlage B11 (bron: [13]).

Om de geselecteerde apparaten op een overzichtelijke manier te kunnen vergelijken is de vergelijkingsmatrix gemaakt. In de vergelijkingsmatrix (Figuur 6 op de volgende pagina) staan in de linker kolom alle eisen en in de bovenste rij staan alle geselecteerde apparaten. Wanneer een apparaat voldoet aan een eis is dit met een ✓ aangegeven en wanneer een apparaat niet voldoet is dit aangegeven met een ✗. Waar geen vink of kruis geplaatst kon worden is aangegeven met een 🐛. Deze worden onderaan de matrix toegelicht. Onderaan de vergelijkingsmatrix wordt een totaalscore gegeven. Dit is het percentage van het aantal groene vinkjes.

Alle informatie komt uit de datasheets die op de site staan van het desbetreffende apparaat. Mocht er in deze datasheet informatie ontbreken, dan is er contact opgenomen met de klantenservice van de site om zo de informatie op te vragen.

VERGELIJKINGSTABEL VOOR VERVAANGERS NAARDEK													NB = NIET BESCHIKBAAR N.V.T. = NIET VAN TOEPASSING			
Subject line																
Externe trigger	✓	✓	✗	✓	✓	✗	✗	✓	✓	✗	✓	✓				
Signaal meetmaten afneembaar	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓				
Amplitude is aanpasbaar	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓				
Tijdsbasis is aanpasbaar	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓				
Minimale verticale resolutie van 14 bit	✓	✓	✗	✓	✗	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗				
Grafiek vorm te wijzigen van minimaal 12 bit	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓				
Voltage bereik +/- 10V	✓	✗	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓				
Minimale sample rate van 10.5/s	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓				
Maximale uitgangsspanning van 10 Ohm	✗	✗	NB	NB	✗	✓	✓	✓	✓	✓	NB	✗				
Stand-alone unit	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓				
Benodigd uitbreidbaar	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	N.V.T.				
Altran beschikt over benodigde software	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	N.V.T.				
Naamswaarde hoger dan +/- 20 mV bij 5 V	✗	✗	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	NB				
Built onder 1 mVrms	NB	NB	✗	NB	✓	✓	NB	✓	✓	NB	NB	NB				
10 of meer geheugengedragten	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗				
Altran is bekend met hardware	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✓	✗	✗	N.V.T.				
Altran is bekend met software	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✓	✗	✗	N.V.T.				
Kan een meshgrootte ontwerpen	✗	✗	✗	✓	✓	✗	✗	✓	✓	✗	✓	✗				
Complete vervanging van apparatuur verzameling	✗	✗	✓	✓	✗	✗	✗	✓	✓	✗	✓	✗				
Voor andere testen te gebruiken waarbij een actuator aangesloten moet worden	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓				
Prijs	€425	vanaf €240	€300 - €400 (schatting)	vanaf €12000	vanaf €179	vanaf €305	€ 770	€470	vanaf €1370	€350	vanaf €495	N.V.T.				
Software bij prijs inbegrepen	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	N.V.T.	N.V.T.	✓	✓	N.V.T.				
Software prijs	N.V.T.	N.V.T.	€ 2.990	€1371 tot €5100	N.V.T.	N.V.T.	N.V.T.	N.V.T.	N.V.T.	N.V.T.	N.V.T.	N.V.T.				
Binnen budget	✓	✓	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	N.V.T.				
Totale score in %	44.7	61.9	59.5	81.0	44.7	78.6	83.3	97.4	92.8	49.0	83.3					
*	Niet direct beschikbaar aan apparaat maar Altran beschikt al over andere hardware die hier gebruik van een externe trigger mogelijk maakt															
**	Heeft een PIC bus aansluiting nodig zodat de module verbonden kan worden aan een pc															
***	Deze apparaten werken met een driver die is gemaakt door National Instruments in LabVIEW, deze drivers zijn gratis te downloaden en Altran beschikt over LabVIEW															

Figuur 6 Vergelijkingsmatrix



### 3.4. Conclusie keuze

De keuze is uiteindelijk gebaseerd op een eindscore die onderaan de matrix staat. De hoogste score is behaald door de module van National Instruments de NI 9263 met een score van 97,6%.

Naast de reden dat de NI 9263 de hoogste score heeft zijn er nog een aantal andere redenen waarom de NI 9263 is gekozen:

Altran heeft drie NI cDAQ's (Figuur 5) waar een NI 9263 in geplaatst moet worden. Wanneer er drie NI 9263 worden aangeschaft, kunnen de testen tegelijk uitgevoerd worden waarvoor de huidige Wavetek gebruikt wordt. Op het moment is het budget voor investeringen bij Altran laag. Daardoor wordt er alleen geïnvesteerd als er zekerheid is dat het werkt en dat kan door een functie die LabVIEW biedt (dit wordt verder uitgelegd in 5.1).

De module valt binnen het budget van 2000 euro. Voor Altran is het ook zeer belangrijk dat de hardware en software bekend is, zodat er de mogelijkheid is dat er na dit project verder mee gewerkt kan worden. Dit is ook een reden geweest voor de keuze van de NI 9263, omdat de software (LabVIEW) en de hardware die hierbij gebruikt wordt bij meerdere engineers binnen Altran bekend is.

Daarnaast beschikt Altran over vele andere modules die onder andere meetsignalen kunnen ontvangen, maar ook modules waar rechtstreeks versnellingsopnemers en temperatuursensoren op aangesloten kunnen worden. Door deze modules kan er in de toekomst uitgebreid worden naar de complete vervanging van apparatuur van bepaalde testen. Ten slotte is voor deze module gekozen omdat er in LabVIEW een programma gemaakt kan worden dat specifiek voor deze toepassing is ontwikkeld. Hierdoor kan de user interface overzichtelijker en eenvoudiger vormgegeven worden dan traditionele AWG's, omdat AWG's vaak veel knoppen en functies hebben waardoor het gebruik van een AWG onoverzichtelijk wordt. Met LabVIEW kan de user interface aangepast worden op de wensen van test engineers.

#### Configuratie

De NI 926 serie wordt in verschillende configuraties (Figuur 7) gemaakt. De verschillen zitten in:

- Soort output
- Bereik
- Kanalen
- Sample rate
- Resolutie
- Aansluiting
- Prijs

Product Name	Module Type	Signal Ranges	Channels	Sample Rate	Simultaneous	Resolution	Connectivity
NI 9260	Voltage Output	3 Vrms	2	51.2 kS/s/ch	Yes	24-Bit	BNC, mini XLR
NI 9263	Voltage Output	±10 V	4	100 kS/s/ch	Yes	16-Bit	Screw-Terminal, Spring-Terminal
NI 9264	Voltage Output	±10 V	16	25 kS/s/ch	Yes	16-Bit	Spring-Terminal, 37-Pin DSUB
NI 9265	Current Output	0 mA to 20 mA	4	100 kS/s/ch	Yes	16-Bit	Screw-Terminal
NI 9269	Voltage Output	±10 V	4	100 kS/s/ch	Yes	16-Bit	Screw-Terminal

Figuur 7 Configuraties NI 926 serie Bron:[10]

Er is voor de NI 9263 gekozen omdat deze module een schroefaansluiting (screw-terminal) heeft. Dit is gekozen omdat dit waarschijnlijk duurzamer is dan een veeraansluiting. Daarnaast heeft de module een hoge sample rate waardoor de module ook inzetbaar wordt voor korte signalen (bijvoorbeeld één seconde). Ook is de NI 9263 het laagste in prijs. De NI 9263 is namelijk 470 euro waar de andere configuraties minimaal 1000 euro zijn of meer.

## 4. NI 9263 & LabVIEW

### NI 9263

De NI 9263 (Figuur 8) wordt in één van de sleuven van de cDAQ geplaatst. De cDAQ kan vervolgens op een computer worden aangesloten via een USB-kabel. De cDAQ wordt vooral gebruikt voor de data acquisitie van digitale of analoge signalen zoals aangegeven in Figuur 9. Maar door de module NI 9263 kan er ook een signaal gegenereerd worden.



Figuur 8 Module NI 9263  
Bron: [17]



Figuur 9 Werking NI modules en cDAQ Bron:[16]

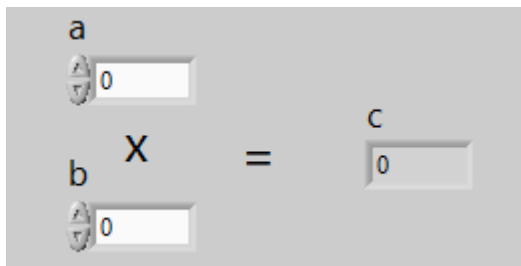
De module zet het digitale signaal van de computer om in een analoog signaal, oftewel een DAC-converter (Digital to Analog converter). De module is beveiligd tegen overspanning en kortsluiting.

De cDAQ controleert de timing, synchronisatie en de overdracht van de data van de modules naar een computer.

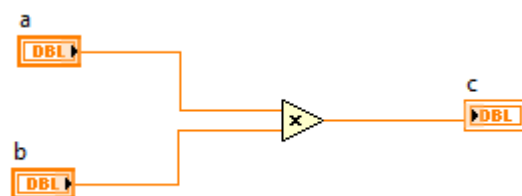
### LabVIEW

Om een signaal te definiëren wordt de software van National Instruments (LabVIEW) gebruikt. Een voordeel van LabVIEW, is dat een programma dat is geschreven op een computer met de licentie, omgezet kan worden naar een applicatie. Deze applicatie kan vervolgens op alle laptops en desktops geopend worden met de gratis 'Runtime' software. Hierdoor is het niet nodig om meerdere licenties aan te schaffen.

LabVIEW is een grafische programmeeromgeving waarbij commands in de vorm van blokjes zijn. Door deze blokjes aan elkaar te verbinden ontstaat er een programma of een code. In de verbindinglijnen tussen de blokjes worden waardes meegegeven. Dit kunnen getallen zijn maar ook woorden of een directory van een bestand. Vervolgens voert een blokje een bepaalde bewerking uit en geeft het desbetreffende blokje een waarde mee naar het volgende blokje. Wanneer het volgende blokje alle waardes binnen heeft die nodig zijn om een bepaalde bewerking te doen, dan wordt de bewerking uitgevoerd. LabVIEW bestaat uit twee schermen: Front-panel: hier kunnen alle input waardes worden gedefinieerd en output waardes worden weergegeven; Block-diagram: hier worden alle blokjes met elkaar verbonden. In Figuur 10 en Figuur 11 wordt een voorbeeld gegeven van een front panel en een block diagram .



Figuur 10 Rekenvoorbeeld Front Panel



Figuur 11 Rekenvoorbeeld Block Diagram

Een voordeel van LabVIEW is dat er enorm veel mogelijkheden zijn en dat de hardware die gebruikt wordt ook door National Instruments is gemaakt. Hierdoor is de aansturing en de data-acquisitie eenvoudig. Alle drivers die hiervoor nodig zijn, zijn gratis te downloaden via de website van National Instruments. Daarnaast kan LabVIEW ook worden gebruikt voor de aansturing en uitlezing van apparaten van andere fabrikanten.



Het voordeel van LabVIEW is tegelijk ook het nadeel. Het is een enorm grote programmeeromgeving waardoor het voor een beginner niet eenvoudig is om een programma te maken in LabVIEW. Wel zijn er veel voorbeeldprogramma's en kunnen er op speciale forums vragen worden gesteld waarop andere LabVIEW programmeurs weer reageren. LabVIEW biedt ook allerlei kant en klare standaard programma's voor data acquisitie. Ook op internet zijn veel programma's te vinden van LabVIEW-programmeurs die hun code delen. Dit is een groot voordeel bij het leren programmeren van LabVIEW.

## 5. LabVIEW programma

In 5.1 wordt uitgelegd hoe er een programma in LabVIEW gemaakt is voor de aansturing van de NI 9263 module. In 5.2 wordt de user interface van het programma toegelicht.

### 5.1. Opbouw van het programma

Het programma moet voldoen aan een aantal functionele eisen zoals die in het eisenpakket zijn opgesteld. Daarnaast zijn er nog een aantal eisen aan toegevoegd zodat het programma dezelfde functies heeft als de Wavetek. De functionele eisen zijn:

- Mogelijkheid om het signaal te kunnen starten met een externe trigger. Dit moet gebeuren bij een bepaald niveau, oftewel een trigger level (nummer 1 van het eisenpakket).
- Mogelijkheid om een offset voor het signaal te maken en de amplitude van het signaal procentueel te kunnen verhogen (nummer 3 van het eisenpakket).
- De timing moet exact zijn. Dit betekent, wanneer er aangegeven wordt dat er bijvoorbeeld na 5 seconden de voltage één Volt moet zijn, dan mag dit tijdstip niet afwijken.
- Er moet eenvoudig een signaal gedefinieerd kunnen worden. Denk hierbij aan twee tabellen: één voor de tijd en de ander voor de voltages. In Tabel 1 wordt een voorbeeld gegeven waarin een signaal eenvoudig gedefinieerd kan worden zonder dat er dezelfde stappen moeten worden gezet in tijd.

Tijd [sec]	0	2	5	10	13	47	50	100	103
Voltage [V]	0	0	1	1	0	0	2	2	0

Tabel 1 Voorbeeld Signaal Definiëren

- Een noodstop die het signaal terugbrengt naar een waarde die gewenst is.
- De mogelijkheid om het gedefinieerde signaal op te slaan, om het vervolgens voor een volgende keer weer te kunnen gebruiken.
- Een gebruiksvriendelijke user interface. Denk hierbij aan dat de instellingen maar op één manier gedaan kan worden en dat men gewaarschuwd wordt op het moment dat ze een signaal willen uitsturen.

Na onderzoek op het internet en in de standaard programma's die LabVIEW biedt, bleek dat er nog niet een programma bestond die aan de functionele eisen voldoet. Hierdoor moest er een programma ontwikkeld worden.

Om in LabVIEW een programma te kunnen maken zal eerst de basis geleerd moeten worden. Door de cursus 'LabVIEW Core 1' door te nemen is de basis geleerd. Dit is de eerste cursus die gevolgd kan worden om te kunnen programmeren in LabVIEW. Deze cursus bestaat uit een tekstboek die alle basis functies uitlegt en een boek die opdrachten beschrijft met die basis functies. Door LabVIEW Core 1 is er later in het project geen vertraging opgelopen, omdat de basis beheerst werd.

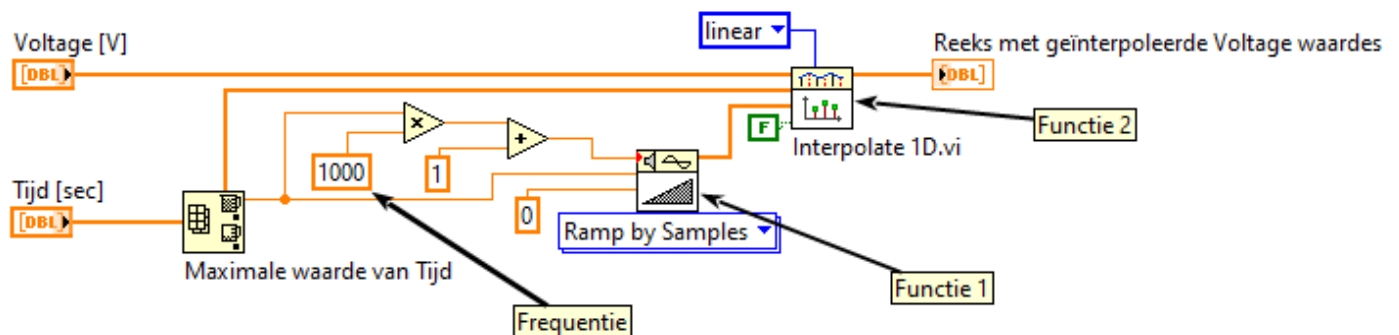
Het programma is ontwikkeld in vijf stappen:

1. Het signaal eenvoudig kunnen definiëren.
2. Een output signaal kunnen genereren.
3. De timing van het signaal kunnen controleren.
4. Het signaal kunnen starten met een externe trigger.
5. Het vormgeven van de user interface.

Om bij een ingegeven signaal de tussenliggende punten bij een bepaalde sample-rate te bepalen (in tijd en voltagewaarde), zijn er binnen Labview twee functies gebruikt: de eerste functie is de 'Ramp by Samples' functie. Deze functie gebruikt de hoogste waarde van de tijd-kolom en genereert een reeks van samples met 1000 Hz. Bijvoorbeeld bij een maximale tijd van 65 seconden is de reeks van tijd (secondes) als volgt:

0.001  
0.002  
0.... (enzovoort)  
64.999  
65.000

De tweede functie is de 'Interpolate' functie. Deze functie zorgt ervoor dat er geïnterpoleerd wordt tussen de Y waardes of de voltage waardes van de tabel, zodat het signaal geleidelijk aan op kan lopen. Hierbij worden de waardes geïnterpoleerd naar de reeks van functie 1. In Figuur 12 wordt weergegeven hoe dit in LabVIEW wordt gedefinieerd.

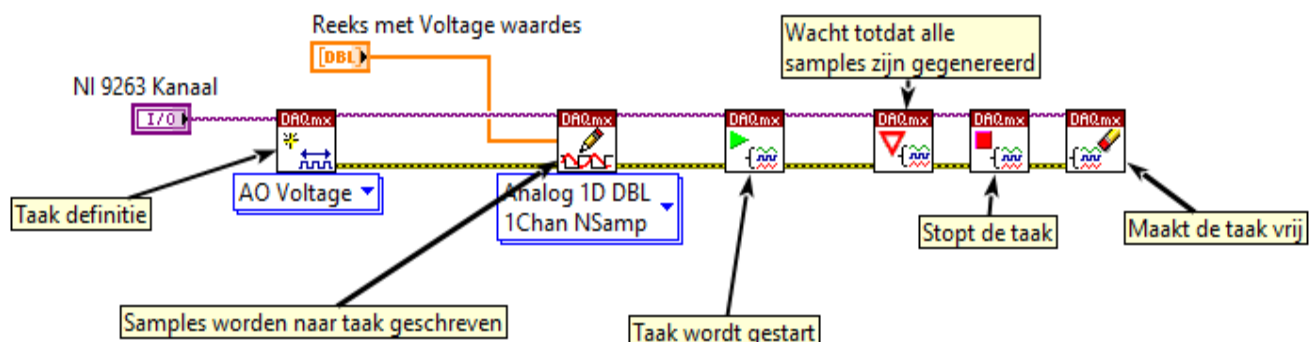


Figuur 12 Eenvoudig signaal definiëren d.m.v. twee tabellen

Bij de start van de ontwikkeling van het programma was de NI 9263 module nog niet ter beschikking. Om te voorkomen dat er errors ontstaan tijdens het genereren van signalen, kan er een Labview optie gebruikt worden waarmee hardware gesimuleerd kan worden. Dit moet geïnstalleerd worden in een apart programma van National Instruments (NI MAX). Met deze optie kan er gegarandeerd worden dat het programma dat een analoog kanaal aanroept daadwerkelijk een signaal kan genereren.

In LabVIEW (zie Figuur 13) zijn er speciale functies voor de automatische communicatie met de hardware, dit heet DAQmx. Dit maakt het eenvoudig om met de hardware te communiceren.

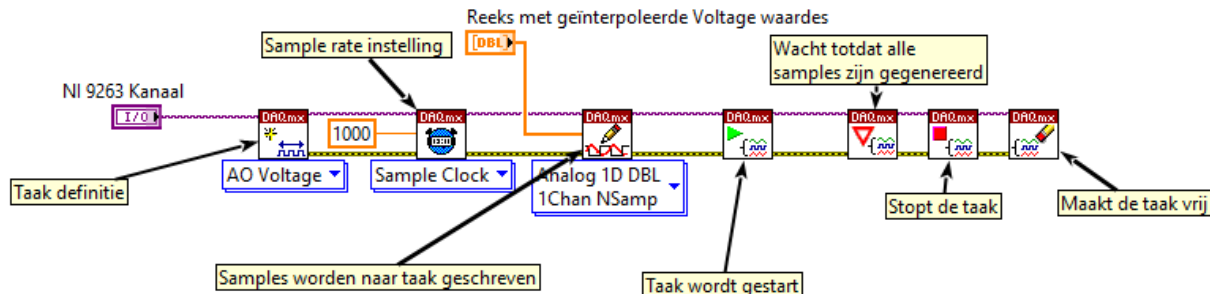
Om een signaal te kunnen genereren wordt er eerst een taaklijn gedefinieerd. In dit geval gaat het om een Analoge Output Voltage (AO Voltage in Figuur 13 DAQmx taaklijn).



Figuur 13 DAQmx taaklijn

Hier moet ook worden aangegeven voor welk kanaal van de NI 9263 deze taak geldt. Daarna worden alle samples voor de voltage waardes naar de taak geschreven. Zodra de hardware weet welke samples er gegenereerd moeten worden, kan de taak gestart worden. Er wordt vervolgens gewacht totdat alle samples zijn gegenereerd, dan wordt de taak gestopt en ten slotte wordt de buffer leeggemaakt. In Figuur 13 worden deze DAQmx functies weergegeven.

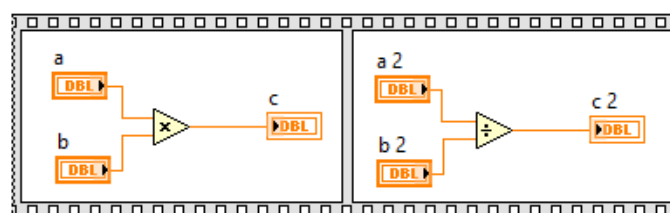
De timing is gedefinieerd in LabVIEW door zogenaamde 'Hardware timing'. Hierbij wordt er een waarde van de sample rate meegegeven aan de taak waarmee de hardware de ontvangen samples moet uitsturen. Hierdoor is de timing exact zoals het gedefinieerd is in **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden..** Dit is de Sample Clock functie. In Figuur 14 wordt weergegeven hoe dit in LabVIEW wordt gedefinieerd.



Figuur 14 Hardware Timing

Zoals eerder al in de eisen werd genoemd, moet het signaal gestart kunnen worden door een externe trigger. Hier moet er dus continu gecontroleerd worden of het triggersignaal boven een bepaalde waarde komt, voordat het signaal wordt uitgestuurd. Ook zijn er andere functies toegevoegd zoals instellingen als: een offset van het signaal, het procentueel verhogen van de amplitude, het aantal herhalingen van het signaal en een noodstop die ingesteld kan worden in hoeveel tijd en naar welke voltagewaarde het signaal moet teruggaan.

Ten slotte is de user interface ontwikkeld. De user interface is zoveel mogelijk 'foolproof' gemaakt, zodat er op een efficiënte en veilige manier met de apparatuur gewerkt kan worden. Hier is gebruik gemaakt van de 'sequence' functie in LabVIEW. Deze functie zorgt ervoor dat de blokjes op het block diagram altijd in een bepaalde volgorde uitgevoerd worden. In Figuur 15 wordt eerst de bewerking uitgevoerd in het linker vak en vervolgens de bewerking in het rechter vak. Daarnaast is er een functie genaamd 'visible' in LabVIEW waarmee het blokje, bijvoorbeeld waar het kanaal van de NI 9263 gekozen moet worden, verdwijnt en verschijnt op het front panel. Door deze functie toe te passen voor elke instelling in een 'sequence' kan er minder snel een instelling fout worden ingesteld of worden overgeslagen, omdat de ene instelling pas tevoorschijn komt op het moment dat de vorige is ingesteld. In de volgende paragraaf wordt hier verder op ingegaan.



Figuur 15 Sequence

## 5.2. De user interface

De user interface van het programma wordt in deze paragraaf toegelicht.

De gebruiker moet voordat hij of zij het programma kan openen eerst de runtime versie van LabVIEW installeren op zijn of haar PC. Voor de gebruiker is alleen het 'front panel' te zien. Het programma begint met een scherm (Figuur 16) waarin een keuze gemaakt moet worden. Deze keuzes zijn:

### 1. Handbediening:

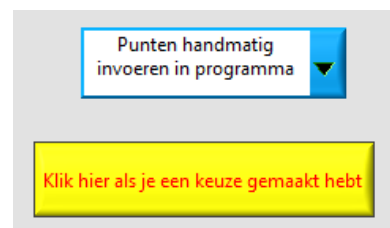
Hier kan getest worden of alles goed is aangesloten. Daarnaast kan er, in het geval dat er een servo-hydraulische cilinder moet worden aangestuurd, een kleine spanning gegenereerd worden door een gewenste waarde in te voeren. Hiermee kan er bekeken worden in de data acquisitie of de krachtsensor goed is ingesteld.

### 2. Punten handmatig invoeren in programma:

Hier kan in het programma zelf een signaal gedefinieerd worden door met de hand een tabel voor tijd en een tabel voor voltage in te vullen.

### 3. Punten via een .csv bestand inladen:

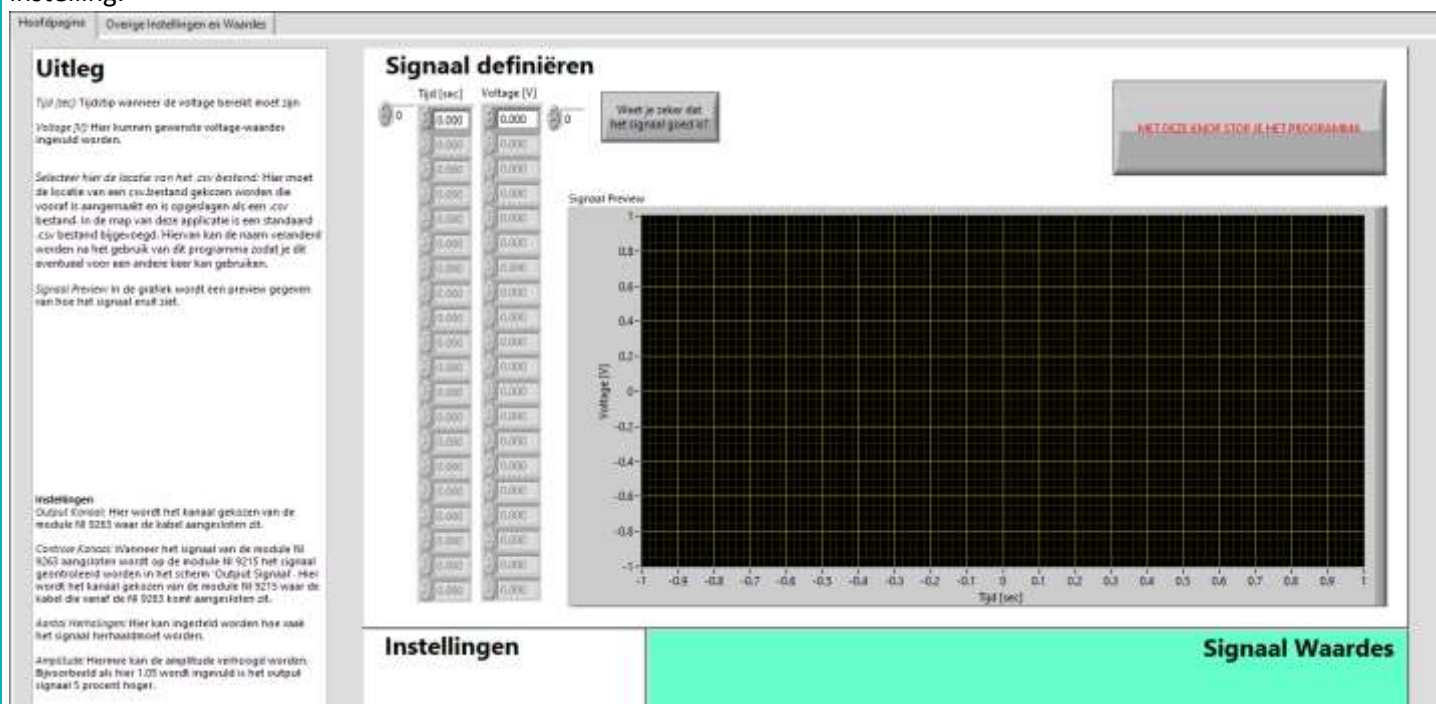
Er kan ook een signaal gedefinieerd worden (in bijvoorbeeld Excel) in een .csv bestand met voltage als functie van de tijd. Ook kunnen signalen die al een keer zijn gedefinieerd hier worden geselecteerd. Dit programma is verder precies hetzelfde als het programma 'Punten handmatig invoeren in programma'.



Figuur 16 Keuzemenu

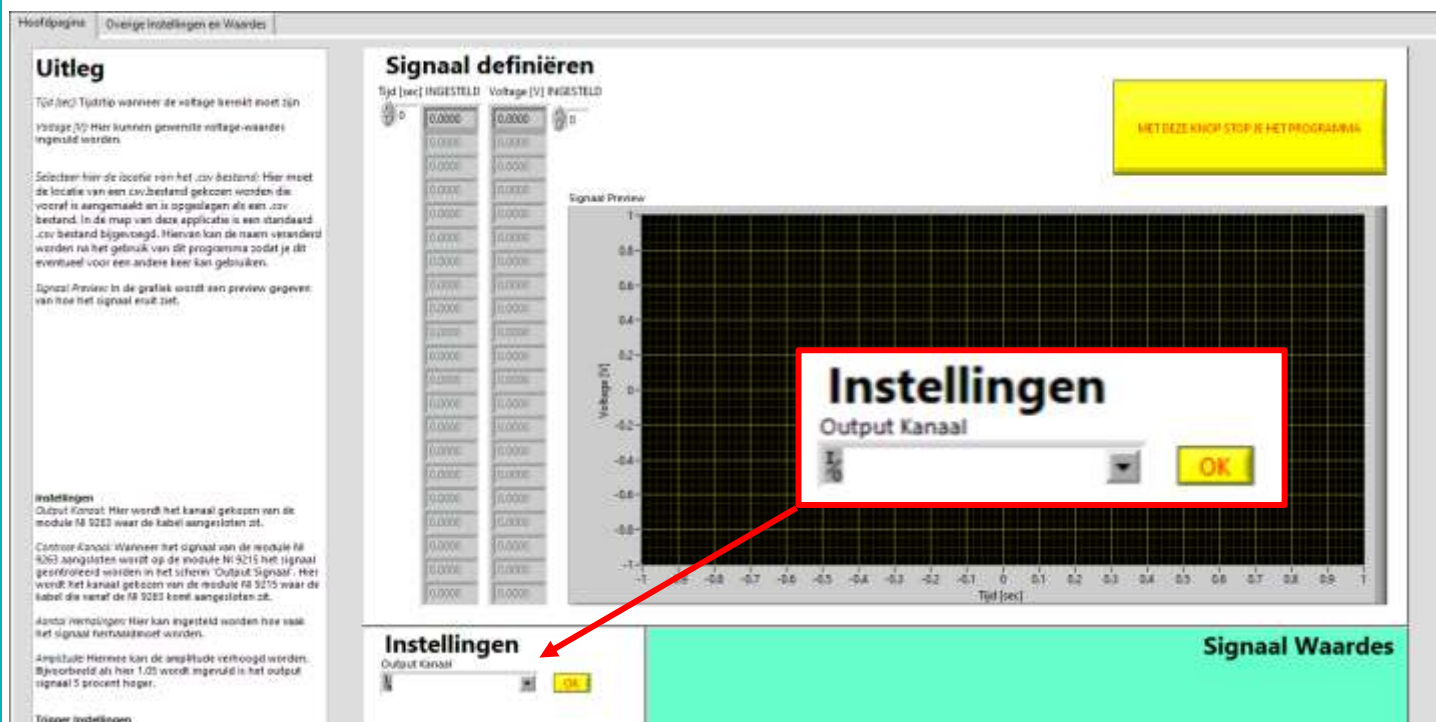
Door de handbediening, met de hand punten invoeren en via een .csv bestand punten inladen op te delen in meerdere verschillende schermen wordt het overzichtelijker en wordt het programma ook minder complex.

Wanneer nummer twee wordt gekozen, komt het scherm tevoorschijn dat in Figuur 17 is te zien. In dit scherm kan een signaal gedefinieerd worden door de tabellen in te vullen. Wat er ingevoerd wordt in de tabellen is ook gelijk te zien bij 'Signaal Preview'. Wanneer het gewenste signaal is ingevuld in de tabellen, kan er op de knop 'Weet je het zeker dat het signaal goed is?' gedrukt worden. Zodra hier op wordt gedrukt kan het signaal niet meer worden aangepast en ga je door naar de eerste instelling (Figuur 18). Bij deze instelling moet het output kanaal gekozen worden van de module NI 9263 waarop de kabel is aangesloten. Wanneer hier een keuze is gemaakt, kan er op de knop OK worden gedrukt. Ook hierna komt de volgende instelling tevoorschijn en kan de vorige instelling niet worden aangepast. Dit geldt voor elke instelling.



Figuur 17 Met de hand punten invoeren

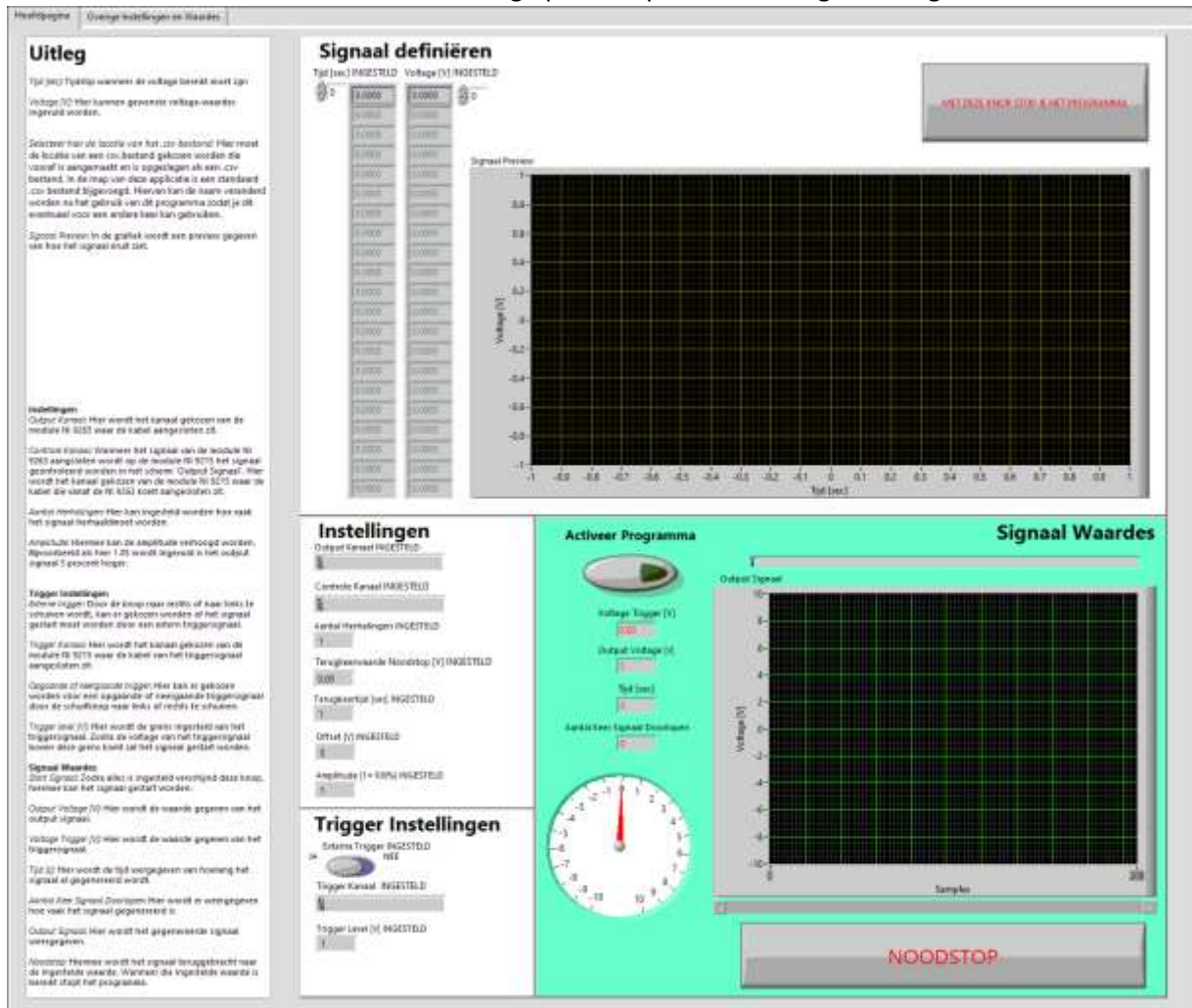
Op deze manier wordt ervoor gezorgd dat er op een stapsgewijze manier alles wordt ingesteld zodat de kans op fouten of dat er per ongeluk een instelling wordt overgeslagen veel kleiner wordt. Mocht er tussendoor toch een foutje gemaakt worden, dan kan het programma gestopt worden met de knop: 'MET DEZE KNOP STOP JE HET PROGRAMMA'. Hierna moet het programma weer gestart worden, zodat de instellingen weer opnieuw gedaan kunnen worden. Het programma onthoudt de laatste instelling waardoor niet alles opnieuw ingesteld hoeft te worden. Ook dit verkleint de kans op fouten en verhoogt de efficiëntie om een signaal te maken.



*Figuur 18 Eerste instelling*

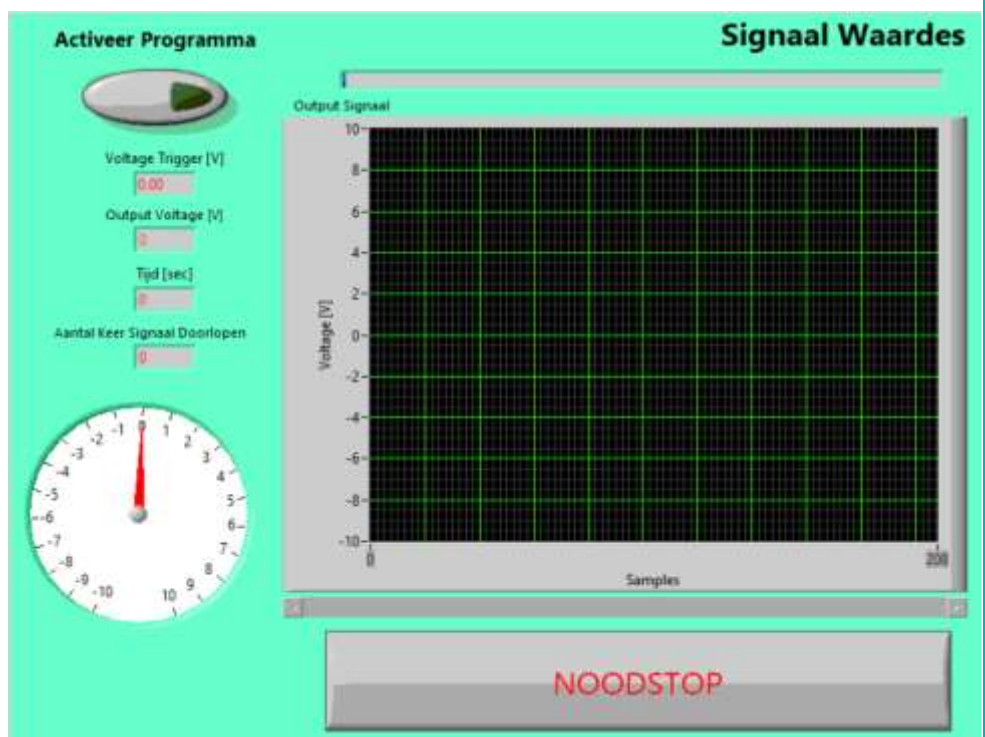


Wanneer alles is ingesteld ziet het scherm er uit als in Figuur 19. In dit geval is er voor gekozen om een externe trigger het signaal te laten starten. Hierna moet er alleen nog op de knop 'Activeer Programma' gedrukt worden.



Figuur 19 Complete scherm

In dit scherm komen een aantal vensters tevoorschijn waarmee allerlei waarden worden weergegeven. In de grafiek wordt het gegenereerde signaal weergegeven. De meterklok geeft de huidige voltage die op dat moment wordt gegenereerd. Daarnaast wordt weergegeven: de huidige voltage als getal, voltage van de trigger, de tijd die is verstreken, het aantal herhalingen van het signaal tot dan toe en een statusbalk van de versteken tijd van het signaal. In Figuur 20 is ingezoomd op deze vensters.



Figuur 20 Complete scherm ingezoomd



### Veiligheid

In het programma zijn verschillende maatregelen genomen zodat er veilig gewerkt kan worden. Dit zijn:

1. Zodra er op de noodstop wordt gedrukt, wanneer het signaal wordt gegenereerd, wordt het signaal teruggebracht naar een vooraf ingestelde waarde. Ook kan de tijd waarin dit moet gebeuren vooraf worden ingesteld. Bij deze functie is er ook voor gezorgd dat wanneer er per ongeluk nul of een negatief getal ingesteld staat dat het signaal alsnog teruggaat naar de ingestelde terugkeerwaarde (Figuur 21). Bij de noodstop is het noodzakelijk dat het output kanaal van de NI 9263 rechtstreeks op een module met een analoge input wordt aangesloten (Figuur 22). Op deze manier wordt de laatste waarde gemeten die gegenereerd is. Dit is de waarde die de noodstop gebruikt om het signaal af te bouwen naar een veilige waarde die vooraf is ingesteld.

### Instellingen

Output Kanaal INGESTELD

1/0

Controle Kanaal INGESTELD

1/0

Aantal Herhalingen INGESTELD

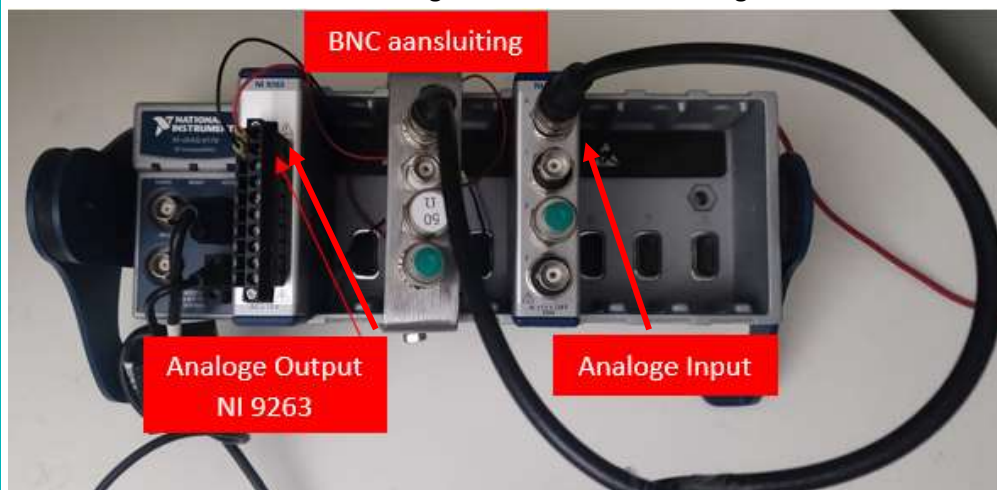
1

Terugkeerwaarde Noodstop [V]

0.00

OK

Figuur 21 Terugkeerwaarde Noodstop



Figuur 22 Aansluiten van analoge output aan analoge input

2. De knop om het programma te stoppen verdwijnt zodra het signaal is gestart, zodat alleen de noodstop nog over blijft. Hierdoor wordt ervoor gezorgd dat alleen de noodstop gebruikt kan worden. Hiermee wordt het werken met de apparatuur veiliger omdat er geen verwarring kan ontstaan op het moment dat er een noodstop nodig is.
3. Mocht de gebruiker niet weten wat er ingesteld moet worden dan kan er bij de uitleg gelezen worden hoe en wat er ingesteld moet worden.

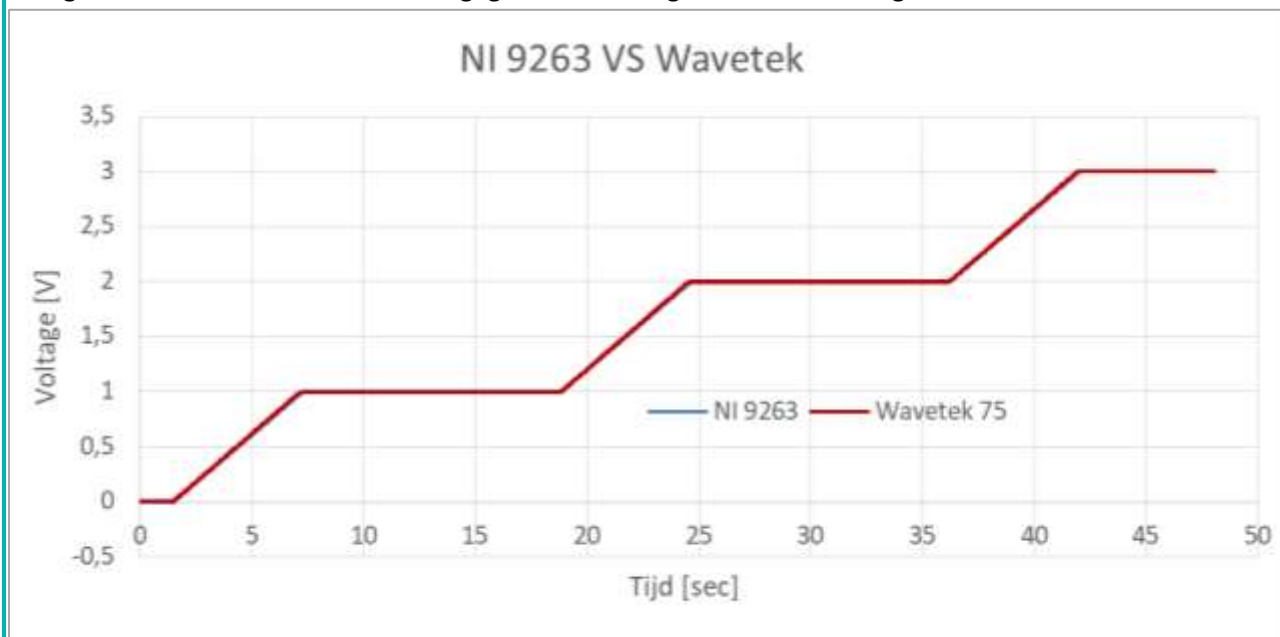
## 6. Validatie

De resultaten van de validatie van het programma worden in dit hoofdstuk weergegeven. Dit is gedaan door het programma en de apparatuur te testen en te vergelijken met de bestaande situatie (6.1). Daarnaast is het programma door de eindgebruikers (test engineers) getest en beoordeeld in 6.2.

### 6.1. Testen van de hardware en programma

Het programma is getest door de apparatuur aan te sluiten op een extern data acquisitie systeem. Ook werd de Wavetek aangesloten zodat het vergeleken kon worden met de NI 9263. Hierbij is er een signaal gekozen wat al geprogrammeerd was in de Wavetek. Dit signaal is vervolgens nagemaakt in het programma.

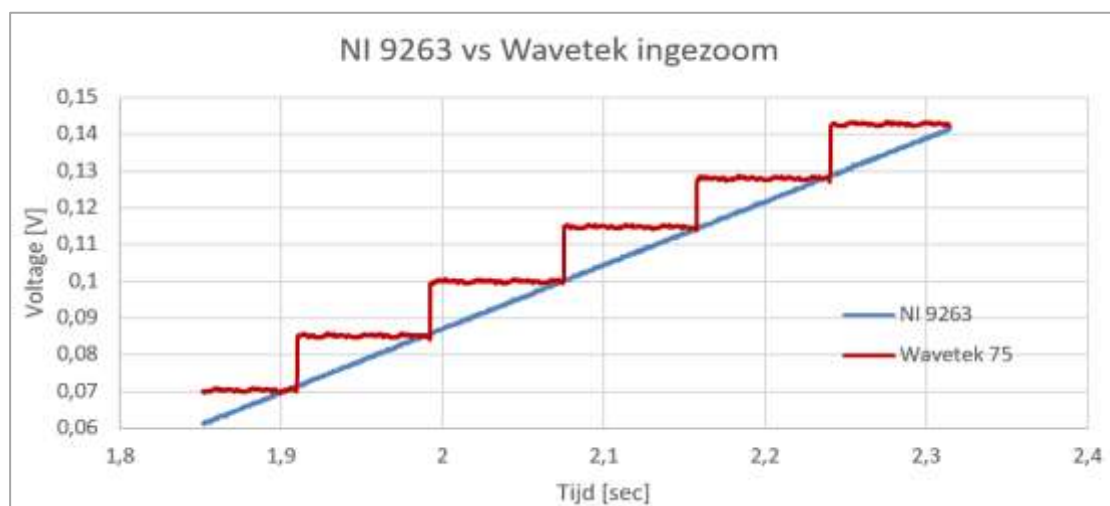
In Figuur 23 wordt het resultaat weergegeven van een gedeelte van het signaal.



Figuur 23 Signaalvergelijking NI 9263 VS Wavetek 75

De nauwkeurigheid van het signaal van de NI 9263 is ongeveer het ingestelde voltage  $\pm 0.6$  mV. De nauwkeurigheid van de Wavetek is ongeveer het ingestelde voltage  $\pm 0.9$  mV. Dit is bepaald door de waarden bij 1, 2 en 3 Volt te analyseren en hierbij de uiterste waarden te nemen.

De nauwkeurigheid van het signaal is ook gecontroleerd door in te zoomen op het signaal. Dit is gedaan op een deel waar het signaal stijgt zodat de resolutie van beide generators zichtbaar wordt. Zie Figuur 24.



Figuur 24 Signaalvergelijking ingezoomd

De tijd die nodig was om dit signaal te kopiëren kostte ongeveer vijf minuten, terwijl het programmeren van het oorspronkelijke signaal in de Wavetek ongeveer drie uur kostte.

## 6.2. Ervaringen van Test engineers

Om er zeker van te zijn dat het product gebruiksvriendelijk is, is het ook getest door verschillende test-engineers. Bij de eerste keer dat het programma werd gebruikt door een test engineer, kwamen er een aantal kinderziektes naar boven. Deze zijn opgelost door een aantal aanpassingen in het programma te maken. Ook gaf één van de engineers aan dat er een soort algemene gebruiksaanwijzing zou moeten komen, met daarin ook de beschrijving van de hardware en hoe dit aangesloten moet worden.

## 7. Conclusie

Tijdens dit project is gezocht naar het antwoord op de vraag: Welke apparatuur is er nodig om een analoog output signaal te maken wat de huidige aansturing kan vereenvoudigen binnen de middelen waarover Altran Engineering beschikt?

Na een onderzoek wat de beste optie voor Altran was, bleek dat de module NI 9263 van National Instruments met het gebruik van LabVIEW, de Wavetek het beste kon vervangen, vanwege de volgende middelen waarover Altran beschikt:

- Kennis over LabVIEW
- Licentie van LabVIEW 2014
- Budget van €2000,-
- Beschikbaarheid van een NI cDAQ van National Instruments waar de NI 9263 voor is gemaakt
- Ervaring met hardware van National Instruments

Na de implementatie van de NI 9263 en het bijbehorende programma voldoet het opgeleverde product aan de eisen van hoofdstuk 2 'Eisenpakket', want:

1. In het programma kan er gekozen worden om het signaal te triggeren door een externe trigger.
2. Signaal is meermalen naar keuze afspeelbaar door bij de instellingen het aantal herhalingen aan te geven.
3. De amplitude, offset en tijdbasis zijn aanpasbaar bij het uitvoeren van een test.
4. De verticale resolutie van de module is 16 bits. De horizontale resolutie is niet meer afhankelijk van een geheugen maar de limiet is 100.000 samples per seconde of 100 kHz.
5. Het voltagebereik van de module is -10V tot +10V.
6. De sample rate voldoet, omdat de sample rate nu niet meer afhankelijk is van de grootte van een geheugen. Er is standaard een sample rate ingesteld van 1000 Hz. Hierdoor wordt (ongeacht de totale tijd van een signaal) er standaard een signaal gegenereerd met een sample rate van 1000 Hz.
7. De uitgangsimpedantie van de module is twee ohm, dit is lager dan de eis van tien Ohm.
8. De cDAQ en de module zijn een stand-alone unit want het is eenvoudig verplaatsbaar en eenvoudig te verbinden via een USB aan een PC.
9. Uitbreiding is mogelijk, omdat Altran beschikt over drie cDAQ's. Om uitbreiding mogelijk te maken moeten meerdere NI 9263 aangeschaft worden.
10. Altran heeft een licentie van LabVIEW 2014 waardoor aanschaf van een nieuwe licentie niet noodzakelijk is.
11. De nauwkeurigheid inclusief de ruis van de NI 9263 ligt onder de eis van +/-5 mV.
12. Het programma heeft meer dan tien geheugenplaatsen, omdat het signaal wordt opgeslagen als een .csv bestand. De enige beperking hier is de schijfruimte van de desbetreffende PC.
13. Altran is bekend met de hardware en software van National Instruments.
14. Altran beschikt over modules van National Instruments die een meetsignaal kunnen ontvangen. Hiermee kan er in de toekomst een complete vervanging van meetapparatuur gerealiseerd worden.
15. Het is mogelijk om de module te gebruiken voor andere doeleinden waar een willekeurig signaal voor gegenereerd moet worden, dan de Wavetek op dit moment voor wordt gebruikt. Ook kan de module gebruikt worden als gewone functiegenerator door middel van de standaard programma's in LabVIEW.
16. De aanschaf van de module is binnen het budget van €2.000,- euro gebleven.

De NI 9263 kan het oude signaal van de Wavetek perfect volgen, deze conclusie kan worden getrokken uit de validatie.

Daarnaast bleek dat de NI 9263 het signaal in kleinere stappen opbouwt dan de Wavetek, waardoor het gedefinieerde signaal veel nauwkeuriger wordt gevolgd. In het voorbeeld dat is genomen voor de validatie, bouwt de Wavetek het signaal op in stappen van ongeveer 16 mV en de NI 9263 doet dit in stappen van ongeveer 0.35 mV (dit is dan ook de kleinste stap vanwege de resolutie van de NI 9263).

Ten slotte kost het veel minder tijd om een signaal te definiëren. Bij de Wavetek duurt dit gemiddeld 3 uur en in het programma duurt dit ongeveer 5 minuten (dit is afhankelijk van het aantal punten dat ingevoerd moet worden). Dat betekent dat de tijd waarin een signaal gedefinieerd kan worden nog maar 2.78% is van de oude situatie. Het voordeel van het programma in LabVIEW is dat het naar de wensen van de eindgebruikers gemaakt is. Hierdoor kon het programma gemaakt worden naar deze toepassing.

## 8. Discussie

Op basis van de resultaten in hoofdstuk 6 Validatie kan gesteld worden dat de NI 9263 en de cDAQ, in combinatie met het programma, een goede vervanger is van de Wavetek. Voortaan kan er veel eenvoudiger en in veel kortere tijd een signaal gedefinieerd en gegenereerd worden. En daarbij heeft het signaal een betere nauwkeurigheid, omdat het signaal in kleinere stappen wordt opgebouwd.

Dat het signaal beter zou zijn, was van te voren verwacht, omdat de module niet beperkt wordt door een geheugen en omdat de module een verticale resolutie heeft van 16 bit. En daarbij kan de module tot 100.000 samples per seconde uitsturen (100kHz) waardoor er nog kortere signalen gegenereerd kunnen worden.

Tijdens het testen konden nog niet alle toepassingen geverifieerd worden. Er is bijvoorbeeld niet getest of dit programma geschikt is voor levensduurtesten waarbij het gedefinieerde signaal honderden keren achter elkaar gegenereerd moet worden. Er zou meer getest moet worden met verschillende signalen en daarbij ook voor langere tijd (meerdere uren).

Wat eventueel verbeterd zou kunnen worden is hoe de noodstop werkt. Op dit moment wordt de laatste uitgestuurde waarde gemeten door een module met een analoge input. Deze waarde wordt gebruikt om het signaal af te bouwen naar de vooraf ingestelde waarde. Het is dus noodzakelijk dat de analoge uitgang direct op een analoge ingang wordt aangesloten. Als dit niet wordt gedaan, is de laatste waarde niet bekend en daardoor werkt de noodstop niet goed.

### Vervolgopdrachten

Het programma uitbreiden zodat er meetsignalen gemeten kunnen worden waardoor andere (meet)apparatuur vervangen kan worden. Door dit te doen wordt de testapparatuur compacter en beter verplaatsbaar. Daarnaast kunnen alle meetsignalen automatisch omgezet worden naar een Excel bestand. Dit zou de dataverwerking kunnen vereenvoudigen.

Ten tweede zou er een programma gemaakt kunnen worden waarmee vier of meerdere signalen tegelijk gegenereerd kunnen worden. Dit kan gebruikt worden voor testen waarbij er meerdere servo-hydraulische cilinders aangestuurd moeten worden met verschillende krachten of signaaltvormen.

## 9. Aanbevelingen

Het programma in combinatie met de cDAQ en de NI 9263 is een kant en klaar product en het kan zo gebruikt worden. Toch zal er een algemene gebruiksaanwijzing moeten komen om te zorgen dat het programma in de toekomst gebruikt kan blijven worden.

Daarnaast zou het programma uitgebreid kunnen worden zodat het meer functies heeft, waardoor de data acquisitie bij verschillende testen binnen Altran vereenvoudigd kan worden. Deze functies kunnen zijn:

- Een uitbreiding naar vervanging van testapparatuur die de signalen meet van krachtopnemers of verplaatsingsopnemers.
- Automatische generatie van rapporten. In LabVIEW is het mogelijk om rapporten automatisch te genereren met de data die is gemeten.
- Een uitbreiding waar meerdere verschillende signalen tegelijk gegenereerd kunnen worden.

Dit is interessant voor testen die vaker voorkomen, anders is de tijd die geïnvesteerd moet worden om zo één programma te maken niet efficiënt.

Ten slotte zou de noodstop verbeterd kunnen worden wanneer het niet afhankelijk is van de laatst gemeten waarde van de analoge input. Het kan een potentieel gevaar zijn, omdat de noodstop niet goed zou werken wanneer de analoge input kanaal niet goed staat ingesteld. Een oplossing kan zijn dat het programma weet op welk punt van de reeks van het signaal is door middel van de tijd.



## 10. Bronnen

- 1) *PLC werking*. (2018). [Illustratie]. Geraadpleegd van <https://transportband.webnode.nl/products/hoofdstuk-2-de-aansturing/>
- 2) *NI cDAQ*. (z.d.). [Foto]. Geraadpleegd van <https://www.ni.com/nl-nl/shop/select/compactdaq-chassis>
- 3) Siglent Technologies co.ltd. (2020). *Siglent SDG2000X Series* [Function/Arbitrary Waveform Generator]. Geraadpleegd van [https://www.siglenteu.com/wp-content/uploads/dlm\\_uploads/2017/10/SDG2000X\\_DataSheet\\_DS0202X-E02E.pdf](https://www.siglenteu.com/wp-content/uploads/dlm_uploads/2017/10/SDG2000X_DataSheet_DS0202X-E02E.pdf)
- 4) Rigol. (2018). *Rigol DG800* [Datasheet Rigol DG800]. Geraadpleegd van <https://beyondmeasure.rigoltech.com/acton/attachment/1579/f-08a0/1/-/-/-/DG800%20Datasheet.pdf>
- 5) Dataforth. (2017). *Dataforth MAQ20* [Datasheet Dataforth MAQ20]. Geraadpleegd van [https://www.dataforth.com/catalog/pdf/MAQ20\\_AnalogOutput\\_VoltageCurrent.pdf](https://www.dataforth.com/catalog/pdf/MAQ20_AnalogOutput_VoltageCurrent.pdf)
- 6) imc. (2017). *Imc C-SERIES: CS-1016-FD* [Datasheet imc C-SERIES]. Geraadpleegd van [https://www.imc-tm.nl/index.php?elD=tx\\_nawsecuredl&u=28079&g=1&t=1590762499&hash=07302899e57ace26073da5115a34eba5ab4ae140&file=fileadmin/Download-Center/Datasheets/imc\\_C-SERIES/CS-FD/TD\\_CS1016-FD\\_en.pdf](https://www.imc-tm.nl/index.php?elD=tx_nawsecuredl&u=28079&g=1&t=1590762499&hash=07302899e57ace26073da5115a34eba5ab4ae140&file=fileadmin/Download-Center/Datasheets/imc_C-SERIES/CS-FD/TD_CS1016-FD_en.pdf)
- 7) *PicoScope® 5000 Series*. (z.d.). Geraadpleegd op 20 maart 2020, van <https://www.picotech.com/oscilloscope/5000/picoscope-5000-specifications>
- 8) Measurement Computing . (2018). *USB-3100 series* [Datasheet USB-3100 series]. Geraadpleegd van <https://www.mccdaq.com/PDFs/specs/USB-3100-series-data.pdf>
- 9) Measurement Computing. (2019). *DT9853 & DT9854* [Datasheet DT9853]. Geraadpleegd van <https://www.mccdaq.com/PDFs/specs/DT9853-DT9854-Datasheet.pdf>
- 10) National Instruments . (2016). *NI 9263* [Datasheet NI 9263]. Geraadpleegd van [https://www.ni.com/pdf/manuals/373781b\\_02.pdf](https://www.ni.com/pdf/manuals/373781b_02.pdf)
- 11) National Instruments . (2017). *DEVICE SPECIFICATIONS NI 6722/6723* [Datasheet NI 6722]. Geraadpleegd van <https://www.ni.com/pdf/manuals/370822d.pdf>
- 12) Mouser Electronics. (2015). *PCI-1720U* [Datasheet PCI-1720U]. Geraadpleegd van <https://nl.mouser.com/datasheet/2/638/PCI-1720U20150714145354-1570928.pdf>
- 13) Adlink Technology. (2014). *PXI/DAQ/DAQe-2500 Series* [Datasheet Adlink 2500 Series]. Geraadpleegd van [https://www.adlinktech.com/Products/Download.ashx?type=MDownload&isDatasheet=yes&file=664%5cDAQe-2500Series\\_Datasheet\\_en\\_2.pdf](https://www.adlinktech.com/Products/Download.ashx?type=MDownload&isDatasheet=yes&file=664%5cDAQe-2500Series_Datasheet_en_2.pdf)
- 14) Wavetek. (1986). *Arbitrary Waveform Generator* [Datasheet en handleiding Wavetek 75]. Geraadpleegd van [https://nscainc.com/wp-content/uploads/pdf/W\\_75A.pdf](https://nscainc.com/wp-content/uploads/pdf/W_75A.pdf)
- 15) *NI Community*. (z.d.). Geraadpleegd op 25 maart 2020, van <https://forums.ni.com/?profile.language=en>
- 16) *Parts of a DAQ System*. (z.d.). [Illustratie]. Geraadpleegd van <http://www.ni.com/data-acquisition/what-is/>
- 17) *NI 9263*. (2020). [Foto]. Geraadpleegd van <https://www.ni.com/nl-nl/shop/select/c-series-voltage-output-module>

## Bijlagen

A	A1	Door de SLB-er getekende SLB-verklaring
	A2	Definitief Plan van Aanpak
B	B1	Siglent SDQ2042X
	B2	Rigol DG800
	B3	Dataforth MAQ20-VO
	B4	Imc c-series
	B5	Picoscope 5000 series
	B6	USB-3100 series
	B7	DT 9853
	B8	NI 9263
	B9	NI 6722
	B10	PCI-1720U
	B11	Adlink DAQe-2500 series
	B12	Wavetek 75
C	C1	Resolutie, Sample Rate en Uitgansimpedantie