

Besturing voor een pijporgel (3)

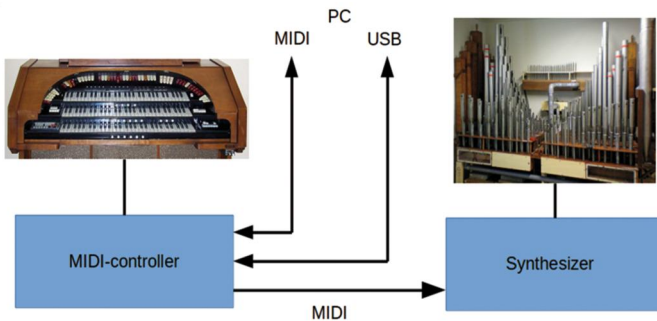
Ton Valkenburgh

Spelen met microcontrollers

In dit derde artikel laat ik zien hoe drie manualen en de pedalen worden aangesloten op de besturing.

1. Opzet

Ter herinnering laat ik nog even de globale opzet zien. Het bespelen van het orgel gebeurt vanaf een bestaand elektronisch orgel. De klavieren en pedalen hebben vrije contacten beschikbaar die nu gebruikt worden. Een MIDI-controller moet de stand van de contacten bijhouden en omzetten in MIDI-signalen voor de besturing (synthesizer) van de pijpen. Tussen de MIDI-controller en de Synthesizer-controller wordt een standaard MIDI-verbinding gebruikt. Hierdoor is het niet nodig dat eenheid met de klavieren en pedalen voor het bespelen van het orgel zich direct naast de pijpen bevindt. Dit heeft als bijkomend voordeel dat de besturing van de pijpen los te testen is met een MIDI-keyboard. Uiteraard moet een pc of laptop ook aangesloten kunnen worden om MIDI-berichten op te nemen en af te spelen. Globaal ziet het er dan als volgt uit:



Afbeelding 1: Globale opzet

2. De MIDI-controller

De MIDI-controller moet, net zoals de Synthesizer-controller, modulair worden opgebouwd. Bij de opzet is uitgegaan van drie manualen, een pedaal en een zwelraam. De opzet is echter zodanig dat het aantal manualen en pedalen kan worden uitgebreid. Voor de manualen, het pedaal en de bediening voor het zwelraam wordt gebruik gemaakt van een elektronisch orgel, de Conn 651 (afbeelding 2). Dit orgel (link 1) heeft drie manualen met ieder 61 toetsen en een pedaal met 32 toetsen. Op dit moment wordt het bovenste manuaal ook gebruikt om een Roland D110 synthesizer aan te sturen. Hiervoor zijn speciale contacten aangebracht die in een diodematrix zijn opgenomen. De Roland D110 is op afbeelding 1 te zien boven de manualen. Van de twee andere manualen wordt een rij contacten vrijgemaakt om de MIDI-controller aan te sturen. Deze contacten hebben een gemeenschappelijke rail. De pijpen die bij het orgel horen resoneren mee met het geluid dat uit de luidspreker van het orgel komt. Voor het kiezen van de registers wordt gebruikgemaakt van toetsen met een ingebouwde led. De led wordt vanuit de MIDI-controller aangestuurd. Een strook met de registertoetsen wordt onderaan het manuaal gemonteerd.

2.1. De modulaire opzet

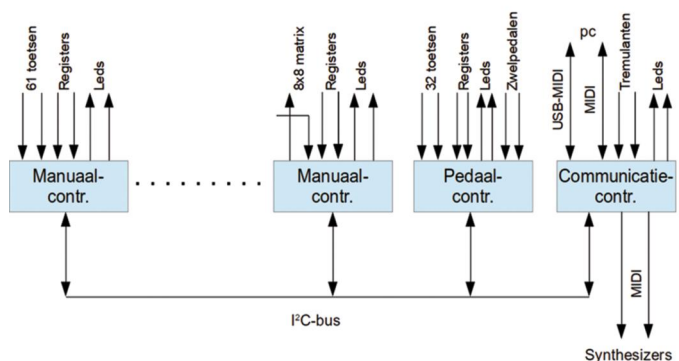
Ieder manuaal heeft zijn eigen controller. Dat geldt ook voor het pedaal. Voor communicatie met de 'buitenwereld' is er



Afbeelding 2: Conn 651

een communicatie-controller. Deze functioneert als coördinator binnen de MIDI-controller. In afbeelding 3 wordt de opzet weergegeven.

De eenheden van de MIDI-controller communiceren met elkaar door middel van een I2C-bus (zie link 2). De berichten op de I2C-bus zijn identiek aan de structuur van MIDI-berichten via USB (link 3). Via USB zijn zestien virtuele MIDI-kabels beschikbaar. Voor ieder 'standard' MIDI-bericht zit een header (een extra byte) bestaande uit een nibble voor het kabelnummer en een nibble voor het code-indexnummer. Het



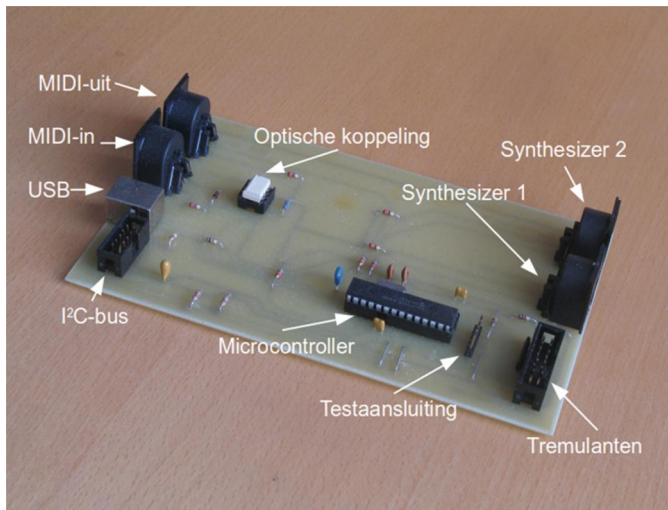
Afbeelding 3: MIDI-controller

totale pakket bevat altijd vier bytes. Bij MIDI-berichten korter dan twee, worden de resterende bytes gevuld met nullen.

Er zijn dus twee typen manueel-controllers. Eén voor toetsen met een gemeenschappelijke rail en één voor toetsen opgenomen in een diodematrix. De pedaal-controller is eigenlijk een eenvoudige versie van de manueel-controller, maar heeft wel de extra functie om ook twee zwelpedalen aan te sluiten. Hiermee kan het zwelraam van het pijporgel worden bediend én het volume van de Roland D110. De aansluiting Synthesizer 1 wordt gebruikt voor het pijporgel en de aansluiting voor Synthesizer 2 voor de Roland D110. Het is ook mogelijk om vanuit de pc met System Exclusive MIDI-berichten de diverse microcontrollers van nieuwe software te voorzien.

3. De communicatie-controller

De communicatie-controller is het hart van de MIDI-controller. Het functioneert als een soort router die de berichten naar de juiste eenheden stuurt. Binnen de MIDI-controller wordt een I2C-bus gebruikt voor de onderlinge communicatie. In rust staan alle eenheden - inclusief de communicatie-controller - te wachten op een bericht (slave-mode). Op het moment dat een eenheid bericht moet versturen vraagt hij de bus aan als master en stuurt dat bericht naar een specifiek adres. Er zijn drie adressen: MIDI, kanaalaanvraag, periferie. De communicatie-controller heeft de adressen MIDI en kanaalaanvraag. De andere eenheden hebben het gezamenlijke periferie-adres.



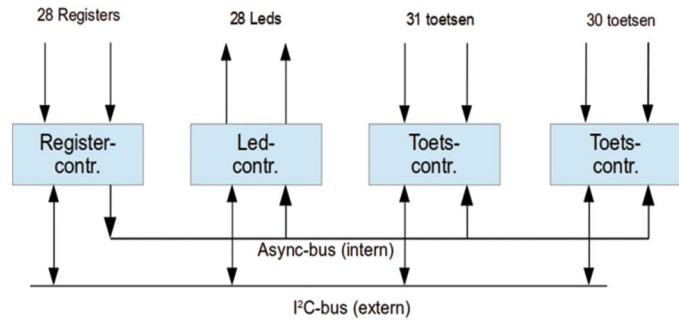
Afbeelding 4: Communicatie-controller

Alvorens de bus aan te vragen kijkt een eenheid of de bus vrij is. Treedt er toch een botsing op doordat meer eenheden tegelijkertijd de bus opgaan dan wordt dit in principe door de hardware afgevangen en als die het niet detecteert wordt het in de software afgehandeld. Voor de aansluiting van een pc of laptop zijn er een 'standaard' MIDI-verbinding en een MIDI-verbinding via USB. Verder worden de tremulanttoetsen met de bijbehorende leds door de communicatie-controller afgehandeld.

Als Microcontroller wordt de PIC18F2550 gebruikt. Deze heeft ook ondersteuning voor USB.

4. De manueel-controller

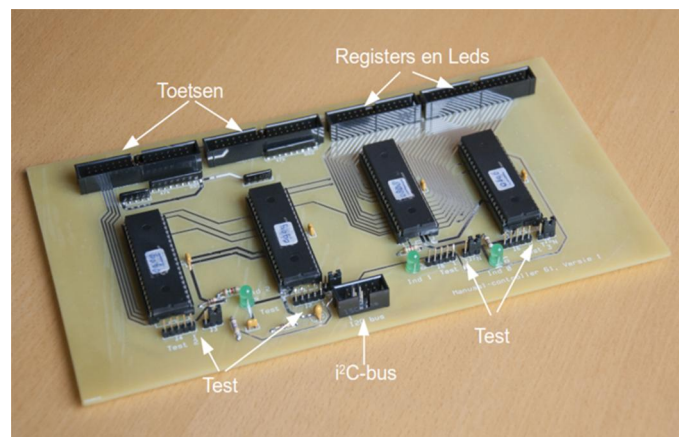
De manueel-controller is complexer dan de communicatie-controller. Om alle in- en uitgangen te kunnen bedienen zijn vier microcontrollers nodig. Drie PIC16F1939's en een PIC16F884 voor de leds. De PIC1939 heeft dezelfde pin-layout als de PIC16F884, maar heeft een groter werkgeheugen in verband met de benodigde buffers. Afbeelding 5 geeft de



Afbeelding 5: Manueel-controller 1x61

opzet van de manueel-controller voor 61 toetsen met een gemeenschappelijke aardrail.

Er is een interne bus voor communicatie vanaf de register-controller naar de Led-controller en de twee toets-controllers. Over deze asynchrone bus worden MIDI-berichten verstuurd. De communicatie met de Communicatie-controller gaat via de externe I2C-bus.



Afbeelding 6: Manueel-controller 1x61 print

De Register-controller kan via de interne bus leds aanzetten, uitzetten of een aantal keren laten knipperen. De Led-controller is in feite een eenvoudige uitvoering van de Pijp-controller (zie SoftwareBus 2019-4). Verder kunnen instellingen naar de Toets-controller worden gestuurd. Bijvoorbeeld: welke synthesizer, welke noot (de basisnoot) bij de laagste toets hoort, of bij iedere toets dezelfde noot hoort, maar ook om de toets-controller uit te schakelen.

De registregegevens zijn in tabellen vastgelegd; die zijn voor de drie Manueel-controllers uiteraard anders.

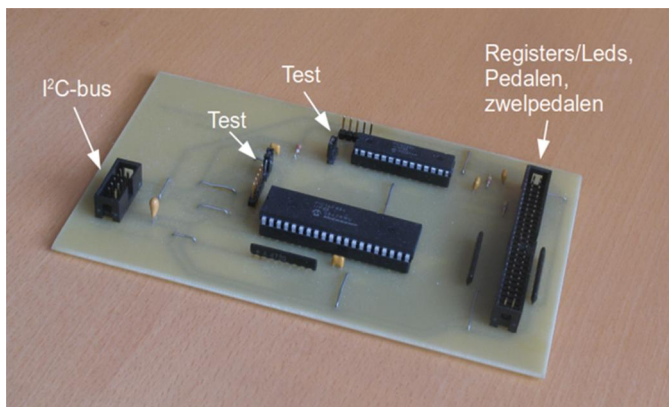
De registertabel bevat voor ieder register de volgende gegevens:

- Synthesizer (1 of 2);
- (basis)noot;
- Program Number (pijptype, presetnummer of niet relevant);
- Type (enkele noot: slagwerk), alle noten: pijpen, akoestische bas, octaaf toevoegen of preset).

De Manueel-controller voor de diode-matrix heeft slechts een enkele Toets-controller i.p.v. twee. De enige wijziging in de software is de extra aansturing om de rij van de matrix aan te wijzen en daarna de kolom uit te lezen.

5. De Pedaal-controller

Deze is veel eenvoudiger uitgevoerd; er zijn slechts vijf registers en 32 toetsen. Ook wordt voor de twee zwelpedalen gebruikgemaakt van twee analoge ingangen van een microcontroller. De registers en de leds worden met een enkele microcontroller ondersteund. De gebruikte microcontrollers zijn PIC16F1939 (toetsen) en PIC16F1938 (registers, leds en zwelpedalen). De stand van een zwelpedaal wordt omgezet



Afbeelding 7: Pedaal-controller

in een waarde van 0 tot 127. Zolang het zwelpedaal zich binnen een zekere marge om zijn oorspronkelijke stand bevindt wordt er geen MIDI-bericht (volume) verstuurd. Op deze wijze wordt het aantal MIDI-berichten aanzienlijk gereduceerd.

Berichten

Laten we eens kijken hoe de communicatie tussen de eenheden plaatsvindt als een register wordt gekozen, een toets van het manuaal wordt bespeeld en het register weer wordt uitgezet. De hieronder getoonde berichtenstroom geldt voor de Manuaal-controller.

Bericht	Reg.-contr.	Toets-contr.	Led-contr.	Comm.-contr.	Opmerking
Note On kanaal 0	Bron		Doel		Reactie op registertoets aanzetten, led gaat aan
Channel request	Bron			Doel	Vraagt kanaal voor een synthesizer aan
Program Change	Bron			Doel	Koppelt register aan kanaal, wordt doorgestuurd naar de synthesizer
Volume	Bron	Doel			Geeft basisnoot van manuaal
Control change Gen purp 1	Bron	Doel			Stelt verdere functies van de Toets-controller in
Note On		Bron		Doel	Reactie op indrukken van toets van het manuaal
Note Off		Bron		Doel	Reactie op loslaten van toets van het manuaal
Note Off kanaal 0	Bron		Doel		Reactie op registertoets uitzetten
Control Change Gen purp 1	Bron	Doel			Schakelt Toets-controller uit
Control Change All Notes Off	Bron			Doel	Geeft kanaal vrij, wordt doorgestuurd naar de synthesizer.

Het is ook mogelijk om vanuit de pc met System Exclusive MIDI-berichten de diverse microcontrollers van nieuwe software te voorzien.

6. Nawoord

De flexibiliteit die met de I²C-bus in deze opzet is bereikt maakt de uitbreiding van het aantal Manuaal-controllers en Pedaal-controllers erg eenvoudig. Ze worden eenvoudig op de bus aangesloten. De software voor de USB-verbinding is nog niet geschreven. Daarvoor is helaas nog geen tijd gevonden.

Een grote uitdaging van dit project was dat het orgel in het noordoosten van het land staat en dat de software wordt ontwikkeld en gedeeltelijk getest in de randstad. De uiteindelijke test is uiteraard met het orgel. De afstand tussen beide locaties maakte het oplossen van real-time problemen af en toe best lastig.



7. Links

- [1. http://theatreorgans.com/hammond/keng/kenhtml/ConnOrgans.htm](http://theatreorgans.com/hammond/keng/kenhtml/ConnOrgans.htm)
- [2. https://nl.wikipedia.org/wiki/I%C2%B2C-bus](https://nl.wikipedia.org/wiki/I%C2%B2C-bus)
- [3. https://www.usb.org/sites/default/files/midi10.pdf](https://www.usb.org/sites/default/files/midi10.pdf)