Dries Kennes & Michiel Bellekens | Project II | 2015-2015

Smartclock

Project II – ICT-Elektronica



# Voorwoord

Wij zijn Dries Kennes en Michiel Bellekens, studenten ICT-Elektronica Fase 2 aan Thomas More Mechelen op Campus De Nayer.

Dit project heeft als doel het maken van een Smartclock. Zoals de naam reeds doet vermoeden is het een klok/wekker met enkele slimme extra functies die nuttig kunnen zijn voor de gebruiker. Zo is de belangrijkste feature dat de gebruiker kan worden gewekt aan de hand van zijn/haar kalender.

De gebruiker kan via een web interface de klok configureren naar zijn/haar eigen wensen. Ten eerste kan de gebruiker instellen hoe lang voor de eerste afspraak de wekker moet afgaan. Ten tweede kan men kiezen of men gewekt wenst te worden via een muziekfile, muziekstream of via voorgeprogrammeerde geluiden. Ten derde kan de gebruiker ook een minimum en maximum wektijd instellen. Dit betekent dat onafhankelijk van de afspraken de wekker nooit vroeger dan het minimum en later dan het maximum mag afgaan. Tot slot zijn er nog enkele instellingen voor de lay-out op het scherm zoals het formaat en de font size van de tijd en de datum.

Ons contacteren kan via email, [dries.kennes@student.thomasmore.be](mailto:dries.kennes@student.thomasmore.be) , michiel.bellekens@student.thomasmore.be, of via de website, [dries007.net](http://dries007.net).

Inhoudsopgave

[1 Voorwoord 2](#_Toc451201940)

[2 Hardware 5](#_Toc451201941)

[2.1 Raspberry Pi Zero Essentials kit 5](#_Toc451201942)

[2.2 I2C RTC (3.3 V DS3231) 5](#_Toc451201943)

[2.3 2.4” 240x320 spi tft lcd (3.3 V) 6](#_Toc451201944)

[2.4 Spanningsregelaar (MCP1703) 7](#_Toc451201945)

[2.5 Levelshifter (AN10441) 7](#_Toc451201946)

[2.6 Audio stereo DAC (PCM 5102A 3.3 V) 8](#_Toc451201947)

[2.6.1 Intermezzo I2S 8](#_Toc451201948)

[2.7 Audio amplifier (TPA2016D2 5V) 9](#_Toc451201949)

[2.8 Overige onderdelen 9](#_Toc451201950)

[2.8.1 Rotary encoder 9](#_Toc451201951)

[2.8.2 Buzzer 9](#_Toc451201952)

[2.8.3 NOR gate flipflop 10](#_Toc451201953)

[2.8.4 Supercap 10](#_Toc451201954)

[2.8.5 WS2812 led’s 10](#_Toc451201955)

[2.9 De PCBS 12](#_Toc451201956)

[3 Software 14](#_Toc451201957)

[3.1 Main code (app.py) 14](#_Toc451201958)

[3.1.1 Google calendar authenticatie 14](#_Toc451201959)

[3.1.1.1 Registreren van Smartclock 14](#_Toc451201960)

[3.1.1.2 Device specifieke codes verkrijgen 14](#_Toc451201961)

[3.1.1.3 Calendar informatie opvragen 15](#_Toc451201962)

[3.1.1.4 Refresh token gebruiken 15](#_Toc451201963)

[3.1.2 Netwerk en acces point 15](#_Toc451201964)

[3.1.3 LCD aansturen 15](#_Toc451201965)

[3.1.4 Web interface verwerking/Flask 15](#_Toc451201966)

[3.1.5 RTC aansturen 16](#_Toc451201967)

[3.1.6 Rotary encoder 16](#_Toc451201968)

[3.1.7 WS2812 led’s aansturen 16](#_Toc451201969)

[3.1.8 Web interface 17](#_Toc451201970)

[3.1.8.1 Status tab 17](#_Toc451201971)

[3.1.8.2 Wifi settings tab 17](#_Toc451201972)

[3.1.8.3 Clock settings tab 17](#_Toc451201973)

[3.1.8.4 Google calendar tab 17](#_Toc451201974)

[4 Budget/kostenraming 18](#_Toc451201975)

[5 Besluit 19](#_Toc451201976)

[6 Bijlagen 20](#_Toc451201977)

[6.1 PCB Schema’s & Lay-out 21](#_Toc451201978)

[6.2 Scripts 22](#_Toc451201979)

[6.3 Broncode (app.py) 23](#_Toc451201980)

[6.3.1 De website 24](#_Toc451201981)

[6.3.1.1 Index.php 24](#_Toc451201982)

[6.3.1.2 Hardware.php 24](#_Toc451201983)

[6.3.1.3 Software.php 24](#_Toc451201984)

[6.3.1.4 Pictures.php 24](#_Toc451201985)

[6.3.1.5 About.php 24](#_Toc451201986)

[6.4 Foto’s 24](#_Toc451201987)

# Hardware

## Raspberry Pi Zero Essentials kit

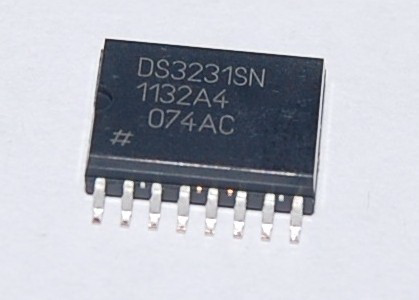
Het embedded platform dat wordt gebruikt in dit project is de Raspberry Pi zero. Dit is gekozen om een aantal verschillende redenen. Ten eerste biedt de zero een zeer goede ondersteuning voor verschillende communicatie interfaces zoals SPI, I2S en I2C maar ook voor het opzetten van draadloze netwerken of webservers. Ten tweede is de kostprijs ook zeer aantrekkelijk aangezien de Pi Zero Essentials kit slechts €8 kost en alle basis benodigdheden bevat.



Figuur 1: De inhoud van de Raspberry Pi Zero Essentials kit.

## I2C RTC (3.3 V DS3231)

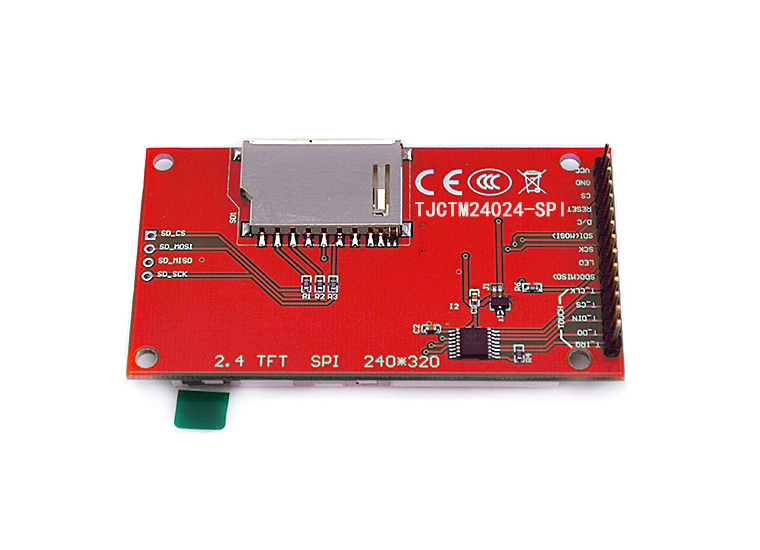
De eerste belangrijke component voor de werking van de Smartclock is de DS3231 real time clock. Deze chip werd gekozen voor zijn hoge nauwkeurigheid en zijn instelbaarheid via de ingebouwde I2C interface die ook wordt ondersteund in de Linux kernel. Zijn hoge nauwkeurigheid dankt de chip aan de ingebouwde temperatuur gecompenseerde kristal oscillator. Een extra reden voor de keuze van deze chip is de mogelijkheid om een batterij toe te voegen als back-up voeding. Het overschakelen naar de batterijspanning gebeurt automatisch wanneer de chip detecteert dat zijn voedingspanning wegvalt. Dit is handig om te kunnen garanderen dat het alarm toch nog minstens 1 keer kan afgaan nadat de hoofdvoeding is uitgevallen. Naast de tijd in uren, minuten en seconden (24 uurs of 12 uurs met AM/PM) wordt ook de datum bijgehouden. Deze datum wordt automatisch aangepast, rekening houdend met het aantal dagen in elke maand en ook correctie voor schrikkeljaren. De klok geeft toegang tot 2 time-of-day alarmen die bij een alarmconditie de INT (interrupt) pin gaan aansturen (actief laag).



Figuur 2: De package van de DS3231 chip

## 2.4” 240x320 spi tft lcd (3.3 V)

Om de klok en eventueel andere informatie te kunnen tonen aan de gebruiker hebben we een 2.4” 240x320 SPI tft display gebruikt. Datasheets voor deze display zijn moeilijk te vinden. Hierdoor moesten we ons baseren op de weinige informatie die we wel konden vinden en voor de rest wachten tot de displays toekwamen.



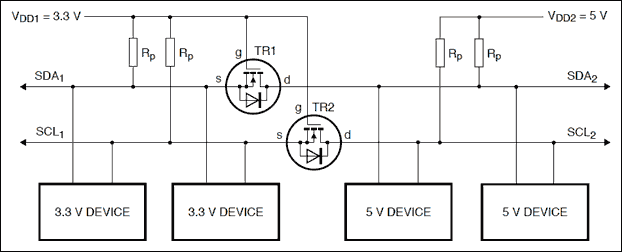
Figuur 3: De SPI 2.4" 240x320 tft lcd display voor -en achteraanzicht.

## Spanningsregelaar (MCP1703)

Aangezien onze voeding 5V bedraagt en een deel van onze componenten zoals de lcd op 3.3 V werken moeten we de spanning naar 3.3 V kunnen regelen. De MCP1703 is een CMOS low drop-out (max 650mV) spanningsregelaar die 250 mA kan leveren en zelf slechts 2 µA verbruiken .

## Levelshifter (AN10441)

De Raspberry pi Zero gebruikt 0 V en 3.3 V als GPIO level. Om te kunnen communiceren met de andere componenten op 5 V zoals de RTC hebben we levelshifters nodig. Aangezien de communicatie over bv. I2C bi-directioneel is, moeten de levelshifters ook bi-directioneel zijn en snel kunnen werken. De makkelijkste manier is om MOSFET’s op elke lijn te plaatsen. De AN10441’s werken bi-directioneel door zijn 3 mogelijke states. State 1 is wanneer het 3.3 V gedeelte hoog wordt/is. In dit geval is de MOSFET niet in geleiding aangezien de drempelspanning tussen de gate en de source niet is bereikt. Doordat de MOSFET niet in geleiding is wordt de 5 V kant op zijn beurt ook hoog getrokken door zijn eigen pull-up weerstand. Beide kanten zijn dus hoog maar op een ander spanningsniveau. De tweede state is wanneer de 3.3 V kant wordt laag getrokken. In dit geval wordt de drempelspanning tussen de gate en de source wel overschreden waardoor de MOSFET in geleiding gaat. Hierdoor wordt het 5 V gedeelte ook laag getrokken. De derde state is wanneer de 5 V kant laag wordt getrokken. In dit geval zal de diode, ingebouwd in de MOSFET ervoor zorgen dat de 3.3 V kant laag wordt getrokken tot een level waarbij de drempelspanning wordt overschreden. Wanneer dit gebeurt, zal de MOSFET in geleiding gaan waardoor het 3.3 V gedeelte nog verder wordt laag getrokken.



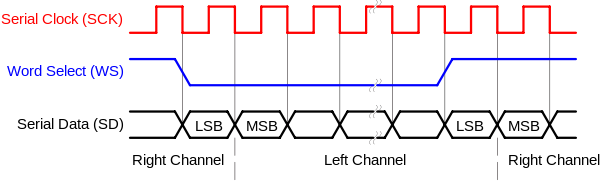
Figuur 4: Shiften tussen 3.3 V en 5 V op een I2C bus.

## Audio stereo DAC (PCM 5102A 3.3 V)

Om ook muziek te kunnen spelen wanneer de wekker afgaat, hebben we een digital to analog converter nodig. Deze chip ondersteunt de I2S serial bus interface standaard die dient voor digitale audio (zie intermezzo I2S). Dit is handig aangezien de Raspberry Pi Zero deze standaard ondersteunt. De PCM 5102A chip heeft een stereo output, wat wil zeggen dat er een L (links) en R (rechts) kanaal is voor de audio.

### Intermezzo I2S

I2S staat voor Inter-IC Sound en is een seriële bus interface standaard die wordt gebruikt om verschillende digitale audio devices te verbinden. De bus heeft minimum 3 lijnen: bit clock lijn, word clock lijn (WS of LRCLK) en een data lijn. De bit clock wordt gepulst voor elke bit op de datalijnen. De word clock laat het device weten voor welk kanaal (1 of 2 ) de huidige data is bedoeld. Wanneer de word clock laag is, is de data bedoeld voor het linker kanaal, anders voor het rechter kanaal.



Figuur 5: De timing van een I2S seriële bus interface.

## Audio amplifier (TPA2016D2 5V)

De TPA2016D2 is een stereo audio versterker die tot 2.8 W/kanaal kan leveren afhankelijk van de weerstand van de speakers. De chip bevat ook een Dynamic Range Compression (DRC) en Automatic Gain Control (AGC) functie. De DRC functie gaat dynamisch de range van het geluid beperken. Dit wil zeggen dat de harde geluiden boven een bepaalde waarde worden afgezwakt terwijl de waardes onder deze drempel ongewijzigd blijven. De belangrijkste functie van de DRC is het opvangen van te grote niveauverschillen in het geluid. De AGC gaat op zijn beurt ervoor zorgen dat de versterking automatisch wordt aangepast aan het ingangssignaal. Zwakkere signalen zullen dus harder worden versterk als de sterkere signalen. De versterker kan tussen -28dB en 30dB versterken op beide kanalen van het stereo signaal. Het instellen van de versterker kan door via I2C, 7 registers in te stellen. In deze registers kan bv. De versterking en de versterkingssnelheid worden ingesteld.

## Overige onderdelen

### Rotary encoder

Als input voor bv. het volume van het geluid of de helderheid van het scherm wordt gebruik gemaakt van een rotary encoder. De gebruikte rotary encoder heeft naast een rotatie functie ook een drukknop functie.



### Buzzer

De buzzer dient hoofdzakelijk als back-up wekker. Indien de voedingspanning wegvalt, zal door de back-up voeding van de RTC deze toch nog blijven werken. Tijdens normale werking wordt het alarm in de RTC afgezet vooraleer het zijn interrupt kan geven en zullen de speakers voor het alarm zorgen. Indien de Raspberry pi niet gevoed wordt, zal dit niet gebeuren waardoor de interrupt wel wordt gegeven en er een set plaats vindt van de flipflop. Dit zorgt er op zijn beurt voor dat de buzzer zal afgaan tot de gebruiker de flipflop reset via een aparte knop. De Raspberry pi kan de buzzer ook setten en resetten indien nodig.



### NOR gate flipflop

De flipflop wordt gebruikt om te kunnen bepalen hoelang de buzzer moet aflopen. Wanneer de flipflop wordt geset

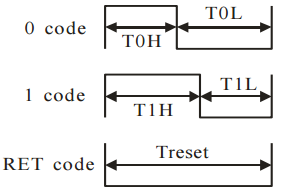
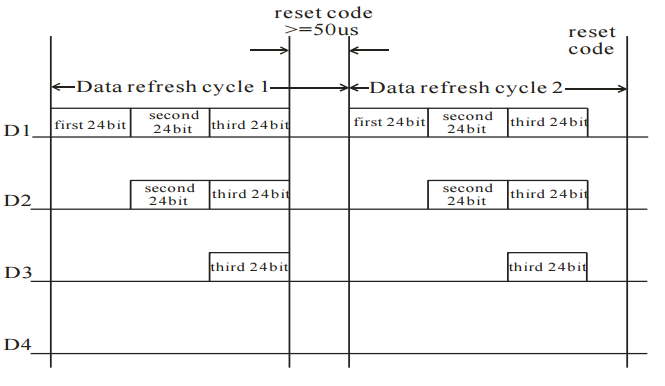
### Supercap

Als back-up voeding voor de basisfunctionaliteit van de klok wordt een supercap van 1.5 farad gebruikt. De RTC schakelt over naar de voeding van de supercap indien de voedingsspanning wegvalt.



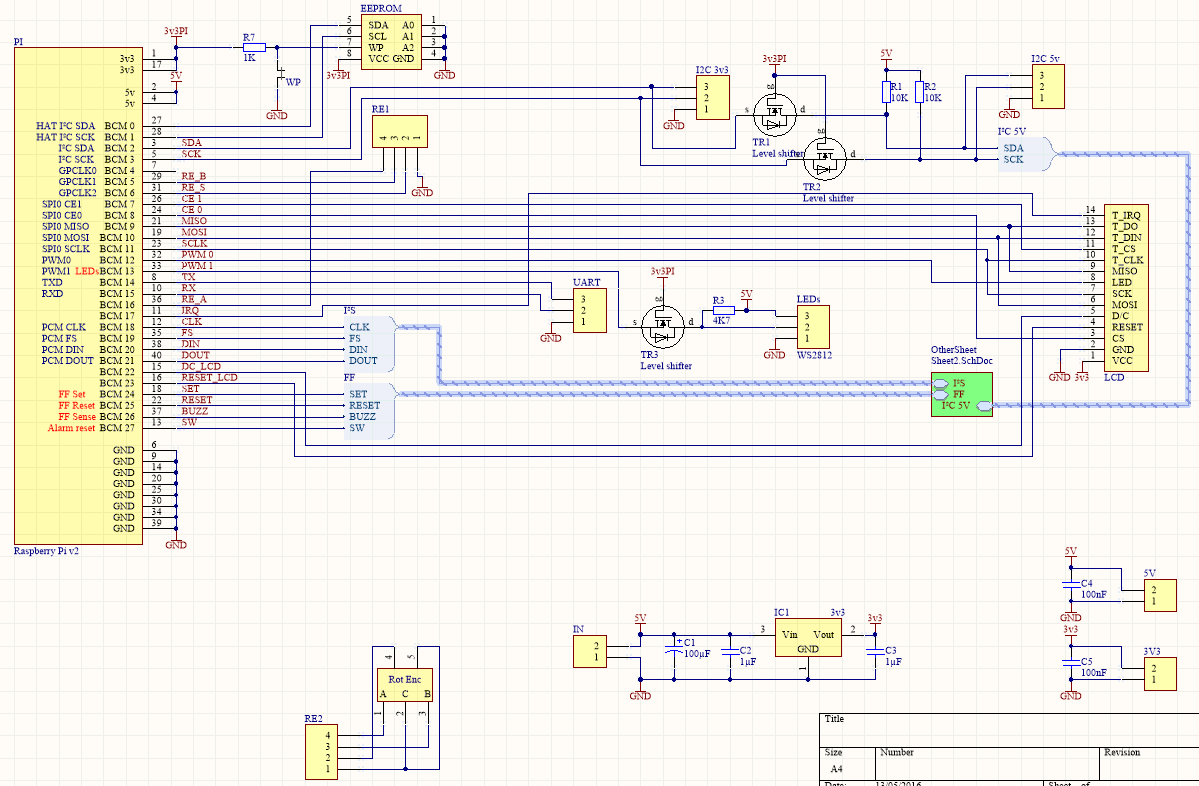
### WS2812 led’s

De WS2812 LEDs werken als een lange serie schakeling, waarbij elke led de eerste 24 bits gebruikt om zijn kleur in te stellen. De andere bits worden doorgegeven, zie onderstaande figuren. De volgorde van de bits is niet RGB, maar GRB, met hoogste bit eerst.

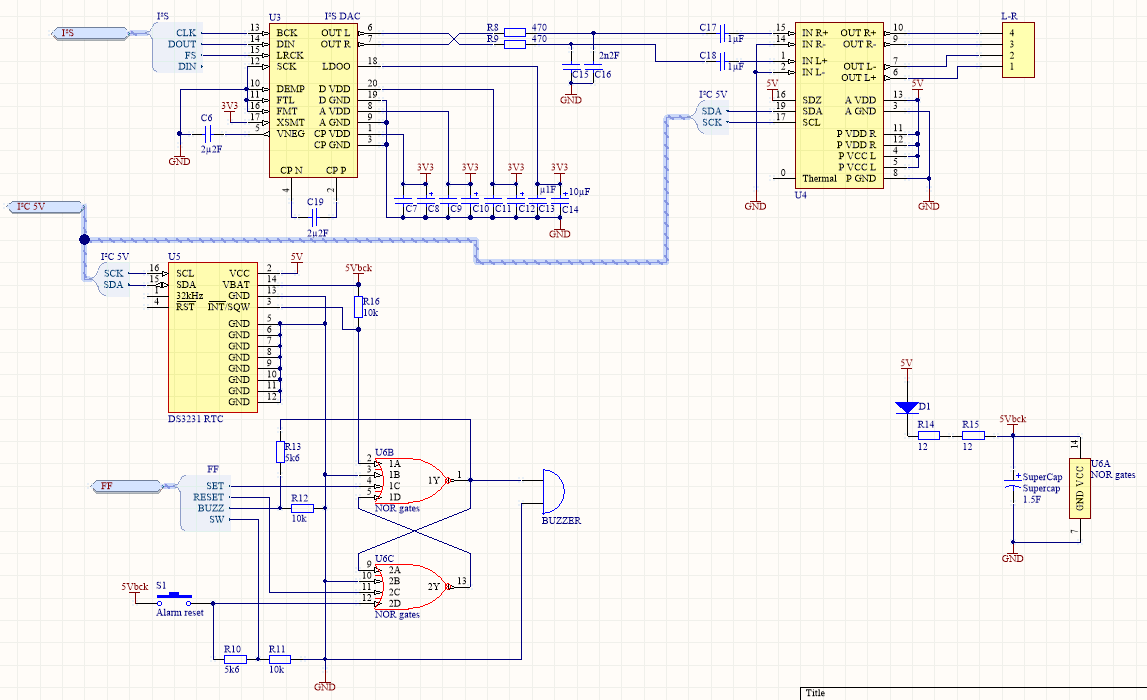


|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Code | Betekenis | Tijd | Min | Typ | Max |
| T0H | 0 code - high voltage time | 0,35 µs ±150 ns | 200 ns | 350 ns | 500 ns |
| T1H | 1 code - high voltage time | 0,70 µs ±150 ns | 550 ns | 700 ns | 850 ns |
| T0L | 0 code - low voltage time | 0,80 µs ±150 ns | 650 ns | 800 ns | 950 ns |
| T1L | 1 code - low voltage time | 0,60 µs ±150 ns | 450 ns | 600 ns | 750 ns |
| Reset | low voltage time | > 50µs | 50 µs |  |  |
| TH+TL | Cyclus time | 1,25µs ±600ns | 660 ns | 1250 ns | 1850 ns |

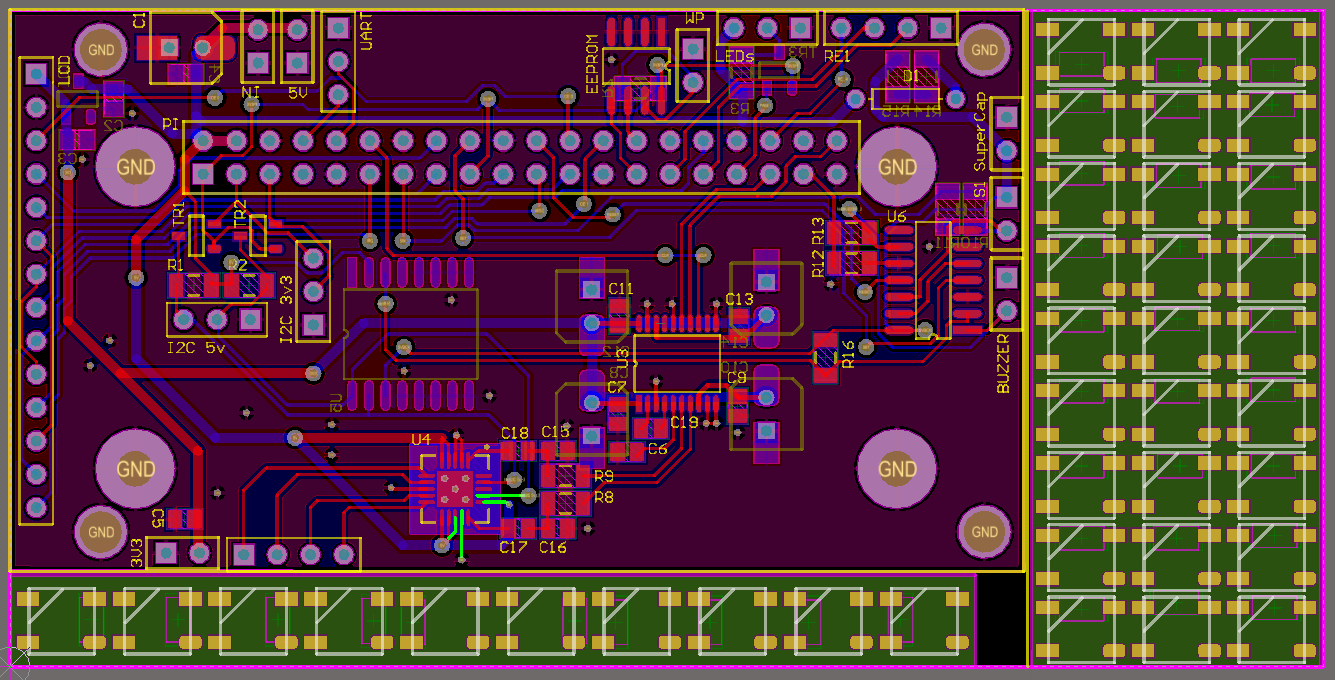
## De PCBS



Figuur 6: PCB schema sheet 1.



Figuur 7: PCB schema sheet 2.



Figuur 8: Het roze gedeelte is de PCB lay-out voor dit project. Om de resterende ruimte van de print niet verloren te laten gaan werden hier pads voor ws2812 led’s voorzien.

# Software

## Main code (app.py)

### Google calendar authenticatie

De Smartclock gebruikt de google calendar API om toegang te kunnen krijgen tot de kalender data van de gebruiker. Het gebruiken van de API gebeurt in enkele stappen.

#### Registreren van Smartclock

Om als developer toegang te krijgen tot één van de google APIs moet de toepassing worden geregistreerd via de google developers console. Tijdens het registeren moet de developer aanduiden tot welke onderdelen van google de toepassing de toegang wilt. Na de registratie geeft google de developer een client ID en client secret, deze zijn zeer belangrijk verder in het authenticatie proces. De client ID en client secret zijn hetzelfde voor alle Smartclocks en dienen dus uitsluitend om de developer aan te duiden.

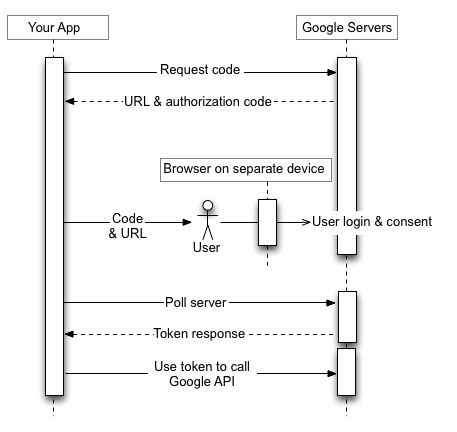


Figure 9: Schematische voorstelling van het stappenplan om toegang te krijgen tot de google calendar van de gebruiker.

#### Device specifieke codes verkrijgen

Dit is de eerste stap die moet worden uitgevoerd om de gebruiker om toestemming te vragen. Er moet een http post request worden gestuurd naar google met de client ID en een lijst van scopes. De scopes geven weer in welke mate de developer toegang wil tot de calendar informatie, in dit geval is het readonly. Het antwoord van deze request is een json object dat 5 zaken bevat. De user code en verificatie URL moeten aan de gebruiker worden getoond. Het interval, device code en expire time zijn nodig voor de toepassing maar moeten niet aan de gebruiker worden getoond.

De gebruiker moet naar de verificatie URL surfen en vervolgens zijn user code ingeven en op volgende klikken. Nu zal een nieuwe pagina laden waarin staat beschreven welke toepassing tot welke delen toegang vraagt. De laatste stap voor de gebruiker is het klikken op toestaan.

Tegelijkertijd met het tonen van de user code en de verificatie URL, kan de toepassing <https://www.googleapis.com/oauth2/v4/token> pollen voor een access en refresh token. Het pollen bestaat uit een post request die de device code, client ID en client secret bevat. De tijd tussen requests wordt gespecifieerd door het interval. Zolang de gebruiker geen toegang heeft verleend zal het antwoord op de request een json object zijn dat een error bevat. Deze error kan informatie bevatten zoals slow down indien de requests te snel op elkaar volgen. Indien de gebruiker wel toegang heeft verleend zal het antwoord een json object zijn dat een access token, refresh token, token type en expire time bevat. De access token en refresh token moeten worden opgeslagen voor langere tijd. De access token wordt gebruikt tijdens het opvragen van informatie uit de kalender. De refresh token is nodig bij het verkrijgen van een nieuwe access token na het verlopen van de vorige.

#### Calendar informatie opvragen

De volgende stap is het opvragen van de informatie uit de google calendar. Hiervoor is een get request nodig naar <https://www.googleapis.com/calendar/v3/calendars/primary/events> met een geldige access token. Extra parameters kunnen worden toegevoegd aan de request om een beperkte hoeveelheid informatie op te vragen. Zo zijn enkel de toekomstige afspraken nuttig en dus geven we als timeMin parameter de huidige tijd mee. Het antwoord is een json object dat kan worden opgeslagen en gebruikt worden in de rest van app.py.

#### Refresh token gebruiken

Indien de access token is vervallen moet met de refresh token een nieuwe worden opgevraagd. Een post request met de client ID, client secret en refresh token zal als antwoord een nieuwe access token geven. De refresh token kan meermaals worden gebruikt en dient dus voor langere tijd opgeslagen te worden.

De volledige handleiding over de google API met voorbeelden is te vinden op : <https://developers.google.com/identity/protocols/OAuth2ForDevices>

### Netwerk en acces point

### LCD aansturen

### Web interface verwerking/Flask

Flask is een micro framework voor python waarmee webpagina’s en python code met elkaar kunnen worden verweven. Eerst moet een instance van de Flask klasse worden gemaakt. Dit object heeft een run method die met enkele parameters kan worden opgeroepen. De 2 belangrijke parameters zijn host en port. De host parameter geeft weer op welk IP-adres Flask moet luisteren. De port parameter geeft op zijn beurt weer op welke poort Flask moet luisteren. Met de route() annotatie wordt ingesteld op welke URL een bepaalde functie moet worden getriggerd. Op deze manier kunnen Ajax calls vanuit de web interface een functie in python oproepen. De opgeroepen python functie wordt uitgevoerd en de return value wordt als response teruggestuurd naar de web interface. De response informatie kan dan worden opgenomen in de web interface. Op deze manier worden bijvoorbeeld de huidige settings opgevraagd die in de settings tab van de web interface kunnen worden weergegeven.

### RTC aansturen

Om onze I2C RTC aan te sturen moeten eerst enkele zaken worden geconfigureerd. Ten eerste moet I2C worden ingeschakeld in de /etc/modules-load.d/raspberrypi.conf file. In deze file moeten 3 lijnen worden toegevoegd namelijk i2c-bcm2835, i2c-dev en rtc-ds1307. Ten tweede moeten de i2c-tools worden geïnstalleerd. De laatste stap is het instantiëren van de RTC door het commando echo ds3231 0x68 > /sys/class/i2c-adapter/i2c-1/new\_device toe te voegen in .bash\_profile file. Vanaf nu kan de RTC worden geset naar de systeem clock met het hwclock –w commando. De systeem clock kan in de andere richting ook worden gesynchroniseerd met de RTC via het hwclock –s commando. Het hwclock commando is een shell commando, maar python biedt ondersteuning om shell commando’s uit te voeren vanuit de python code via subproces.call(). Deze functie verwacht het gewenste commando in de vorm van een lijst zoals bv. subprocess.call(['hwclock', '-w']).

### Rotary encoder

Om de rotary encoder aan te sturen wordt gebruikt gemaakt van de RPi.GPIO module in python. Eerst wordt GPIO in de BCM mode gezet, dit wil zeggen dat de pinnen kunnen worden aangesproken via de BCM pinnummering. Vervolgens worden pin A, pin B en pin S (switch) via GPIO.setup() als input gezet en worden de inwendige pull-up weerstanden geactiveerd. Als laatste wordt een eventhandler toegevoegd aan pin A en pin S. Deze eventhandlers reageren op een falling edge en roepen respectievelijk de functie int\_rot en int\_btn\_ok op. Voor pin A (rotatie) wordt een bouncetime van 25ms toegevoegd en voor de pin S (switch) 250ms. De callback functies navigeren door het menu aan de hand van het aantal klikken en/of rotaties door waardes in de status dictionary te veranderen. De mogelijke waardes zijn none en elke waarde die in de enum Menu zit. Elk element uit deze enum bevat een naam voor het menu veld en eventueel namen voor welke settings het menu item kan aanpassen. De @unique decorator wordt toegevoegd aan de enum om zeker te zijn dat er geen waardes dubbel worden opgenomen.

### WS2812 led’s aansturen

### Web interface

Voor de web interface is de HTML, CSS en javascript framework bootstrap gebruikt. Dit stelt ons in staat om op een snelle en relatief simpele manier een mooie website te maken die schaalbaar is voor verschillende toestellen. De web interface bestaat uit 1 webpagina met 4 verschillende tabs. Het nut van elke tab wordt hieronder kort uitgelegd.

#### Status tab

De status tab geeft de gebruiker wat informatie over de status van het toestel.

#### Wifi settings tab

Deze tab geeft een lijst van alle beschikbare netwerken. De gebruiker kan hier zijn netwerk kiezen en instellen.

#### Clock settings tab

De settings tab is de belangrijkste tab na het in gebruik nemen van het toestel. Hier kan de gebruiker de Smartclock instellen naar zijn eigen wensen. Ten eerste kan het format en de size van de tijd en de datum worden ingesteld. Ten tweede kan de gebruiker instellen hoelang voor de eerste afspraak de wekker moet afgaan. Ten derde kan ook optioneel een minimum en maximum wek tijd worden ingesteld. Deze waarden willen zeggen dat de wekker nooit vroeger dan het minimum en later dan het maximum mag afgaan. Een vierde instelling bepaalt of de wekker enkel in de week, weekend of elke dag mag afgaan. Ten vijfde kan de gebruiker kiezen of de dag wordt weergegeven of niet en indien het wordt getoond in welke size dit moet. De laatste instelling bepaalt welk type van alarm er moet worden gebruikt tijdens het wekken. De gebruiker heeft hierbij de keuze uit een muziekfile, muziekstream of 1 van de ingebouwde geluiden.

#### Google calendar tab

In de google calendar tab wordt de verification URL en de user code getoond. Deze heeft de gebruiker nodig om de Smartclock toegang te geven tot zijn google calendar?

# Budget/kostenraming

Dit is een kostenraming van de componenten voor dit project (voor 1 product):

|  |  |
| --- | --- |
| Naam | Kostprijs |
| Wifi dongle | € 2 |
| Buzzer | € 3 |
| USB adapter | € 1 |
| RTC | € 0.50 |
| Supercap | € 2 |
| Levelshifters | € 0.20 |
| 2 x speaker | € 2.50 |
| 3.3V spanningsregulator | € 0.50 |
| Micro SD | € 8 |
| Led’s | € 0.50 |
| Power adapter | € 2 |
| Amplifier | € 2.50 |
| Rotary encoders | € 0.50 |
| PCB | € 3.50 |
| Raspberry Pi Zero essentials kit | € 8 |
| LCD scherm | € 7 |
| DAC | € 2.50 |
| 8 x WS2812 led’s | € 0.80 |
| **Totaal** | **€ 47** |

# Besluit

# Bijlagen

## PCB Schema’s & Lay-out

## Scripts

## Broncode (app.py)

De volledige broncode is ook beschikbaar op [github.com/\*](https://github.com/dries007/ModernMasterMind).

### De website

Ook voor de website werd het bootstrap framework gebruikt.

#### Index.php

#### Hardware.php

#### Software.php

#### Pictures.php

#### About.php

## Foto’s