

2023

Datasheet Cortex M4



Hogeschool Utrecht

Franc van der Bent

V1.9
Sept 2023

[DATASHEET CORTEX M4-BOARD]

Dit document is een handleiding voor het HU Cortex M4-board

This page is intentionally left blank

INHOUDSOPGAVE

1.	Overzicht en introductie Cortex M4-board.....	3
2.	STM32F4 Discovery.....	4
2.1.	Gettingstarted.....	4
2.1.1.	System requirements	4
2.1.2.	Development toolschain beschikbaar voor STM32F4 Discovery	4
2.2.	Hardware en layout.....	5
2.2.1.	Embedded ST-LINK/V2.....	10
2.2.2.	Power supply en power selectie.....	13
2.2.3.	LEDs.....	13
2.2.4.	Drukknoppen.....	13
2.2.5.	USB OTG ondersteund	14
2.2.6.	JP1 (ldd) geldt ook voor de 411.....	14
2.2.7.	OSC klok.....	15
2.2.8.	Soldeerbruggen.....	16
3.	Cortex M4-board	17
3.1.	LCD	17
3.2.	Toetsenbord.....	18
3.3.	LEDs	19
3.4.	UART	20
3.5.	Servo	21
3.6.	RTC	22
3.7.	Micro SD	23
3.8.	VGA.....	24
3.9.	ADC & DAC & buzzer.....	25
3.10.	Wireless module.....	26
3.11.	Interfaces.....	27
4.	Bijlagen	28
4.1.	Bijlage 1: Importeren van template; bijvoorbeeld voor μCOS-II.....	28
4.2.	Bijlage 2: Tabel van alle mogelijkheden per pin van de STM32F4 Discovery.....	34
4.3.	Bijlage 3: Mechanische tekening STM32F4 Discovery.....	46
4.4.	Bijlage 4: Elektrische schema's STM32F4 Discovery	47

1. OVERZICHT EN INTRODUCTIE CORTEX M4-BOARD

Het Cortex M4-board is een ontwikkelbord dat op de Hogeschool Utrecht gebruikt wordt om studenten bekend te maken met programmeren en programmeertalen. In de loop van 2021 is een chiptekort ontstaan waardoor we genoodzaakt waren om over te stappen op een andere processor die nog wel beschikbaar was. Dit is de STM32F411VET die ook in een Discovery omgeving verkrijgbaar was. In 2023 was de STM32F407 weer volop verkrijgbaar. Studenten met een 411 kunnen deze desgewenst omwisselen voor een 407.

De onderdelen op het Cortex M4-board worden beschreven in dit document de aanwezige onderdelen zijn:

- STM32Fdiscovery
 - Of STM32F407VGT6 microcontroller
 - Of STM32F411VET6 microcontroller
 - On-board ST-LINK programmer en debugger
- 2x16 tekens alfanumeriek display
- 4x4 matrix toetsenbord
- 8 LEDs aan te sturen met schuifregister 74HC595
- UART
- 2x servo aansluitingen
- Micro SD kaarthouder
- VGA aansluiting
- 2 *12 bit ADC's
- 2 *12 bit DAC's of externe DAC module
- Buzzer
- MRF24J40 Wireless module (Optioneel)

2. STM32F4 DISCOVERY

2.1. GETTINGSTARTED

Volg de aanwijzing hieronder om het STM32F4 Discovery board te configureren en de Discovery applicatie te starten:

1. Check de jumper positie op het board, JP1 aan, CN3 aan (Discovery geselecteerd);
2. Sluit het STM32F4 Discovery board aan een PC met een USB kabel type A naar mini-B aan de USB connector CN1 om het board van spanning te voorzien. De rode LED LD2 (PWR) brand nu;
3. De 4 LEDs tussen de knoppen B1 en B2 knipperen nu;
4. Druk op de userknop B1 om de ST MEMS sensor te activeren. Als het board nu beweegt, knipperen de LEDs mee met de beweging en snelheid. (Wanneer de 2^e USB kabel aangesloten wordt (type A naar micro-B) en aan een PC wordt gehangen, zal de PC deze als muis detecteren en kan met de beweging de muis worden bewogen);
5. Om meer over dit demo project te leren, bezoek www.st.com/stm32f4-dicover en volg de handleiding;
6. Ontwerp en maak je eigen projecten aan de hand van voorbeelden.

2.1.1. SYSTEM REQUIREMENTS

- Windows PC (XP, Vista, 7, 8,10), MAC/Linux
- 2 x USB type A naar mini-B kabel

2.1.2. DEVELOPMENT TOOLSCHAIN BESCHIKBAAR VOOR STM32F4 DISCOVERY

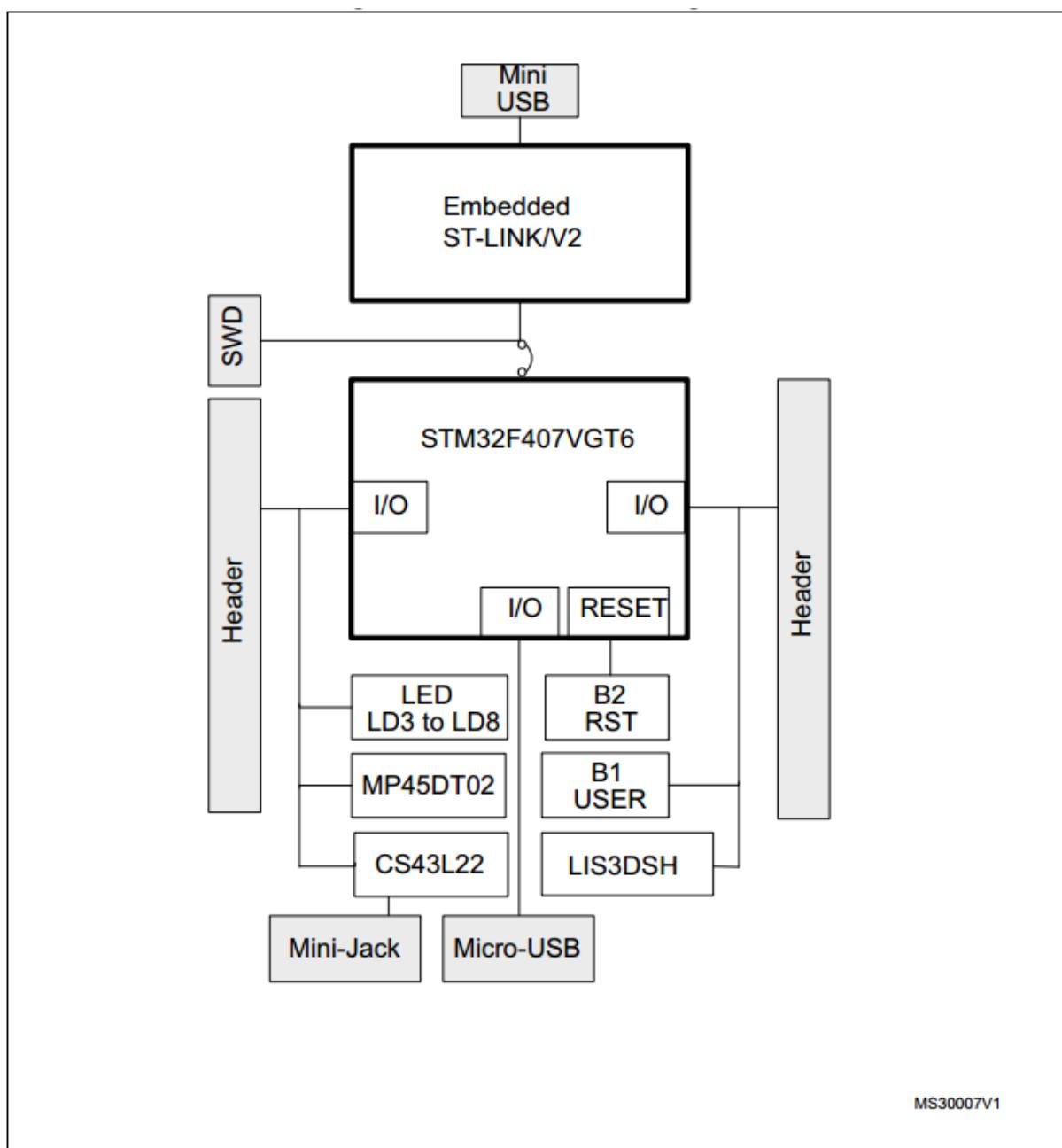
- STM32CubeIDE
- Altium,TASKING™VX-Toolset
- AtollicTrueSTUDIO®
- IAREmbeddedWorkbench® for ARM(EWARM)
- Keil™,MDK-ARM
- CooCox, CoIDE

2.2. HARDWARE EN LAYOUT

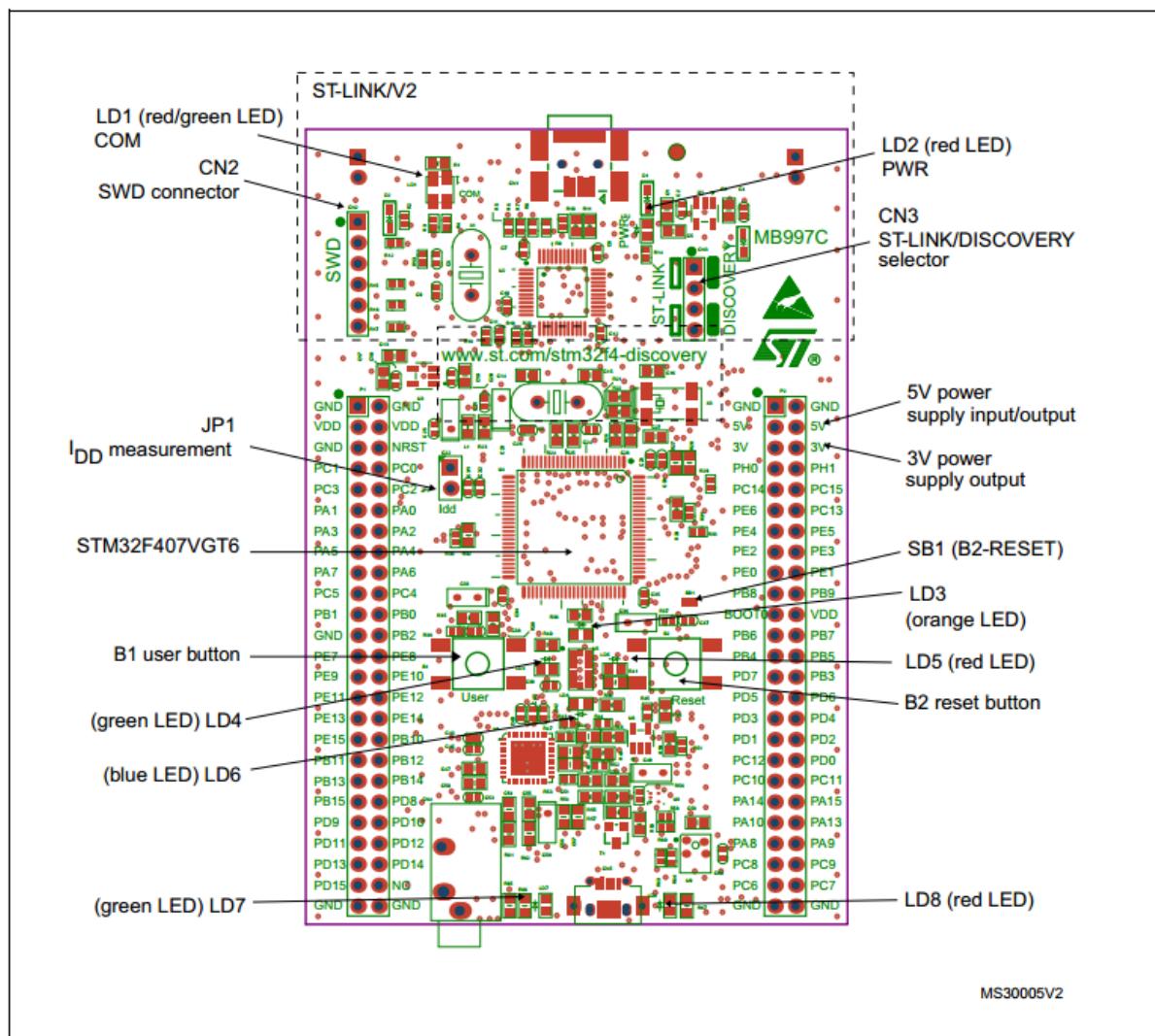
De STM32F4 Discovery is ontworpen om een STM32F407/411 microcontroller in een 100-pins LQFP pakket.

Figuur 1 laat de connecties om de STM32F407/411 en de randapparatuur (ST-LINK/V2. Knoppen, LEDs, Audio DAC, USB, ST MEMS accelerometer, ST MEMS microfoon en connectors)

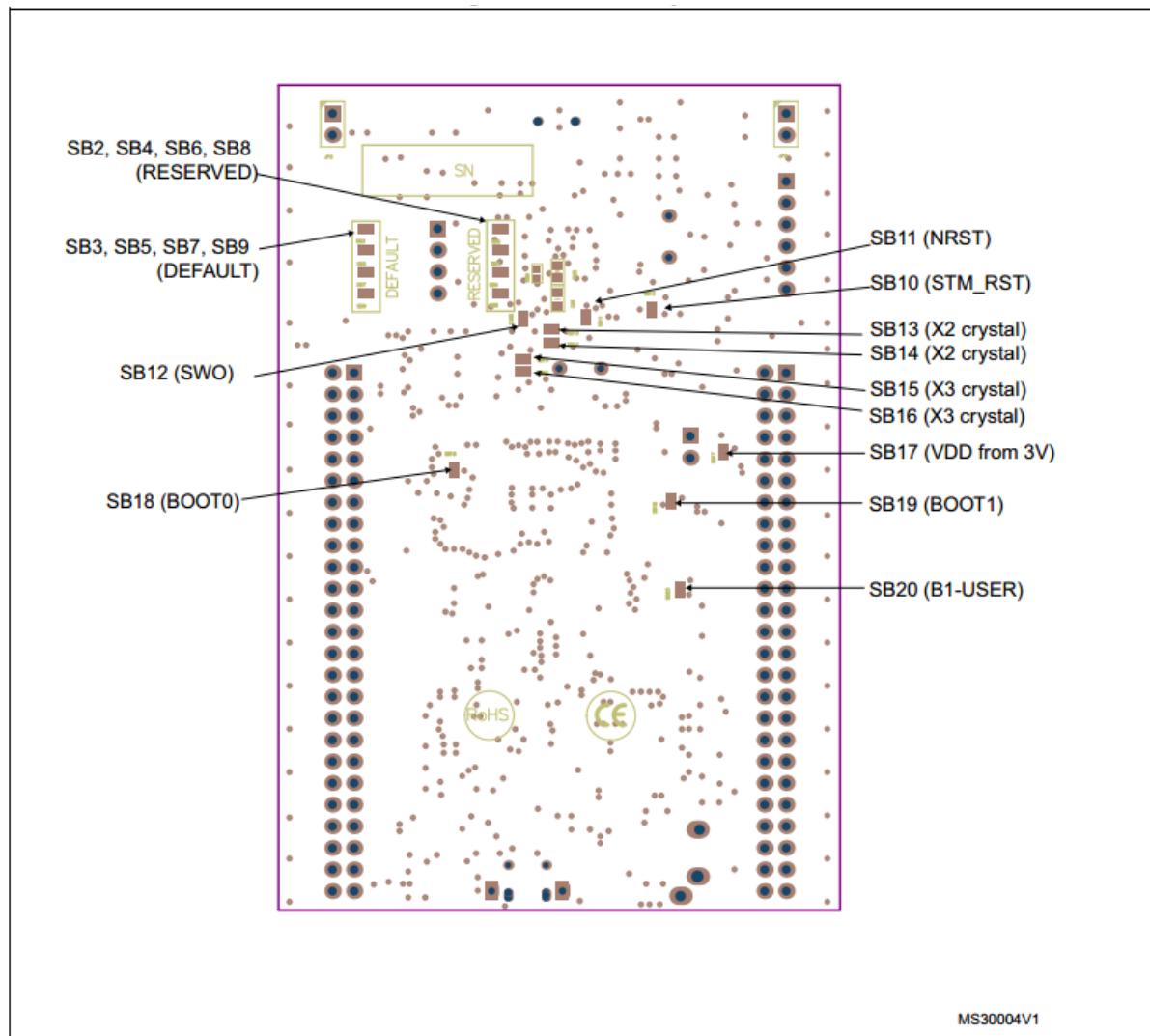
Figuur 2 en Figuur 3 helpen om deze randapparatuur te vinden op de STM32F4 Discovery.



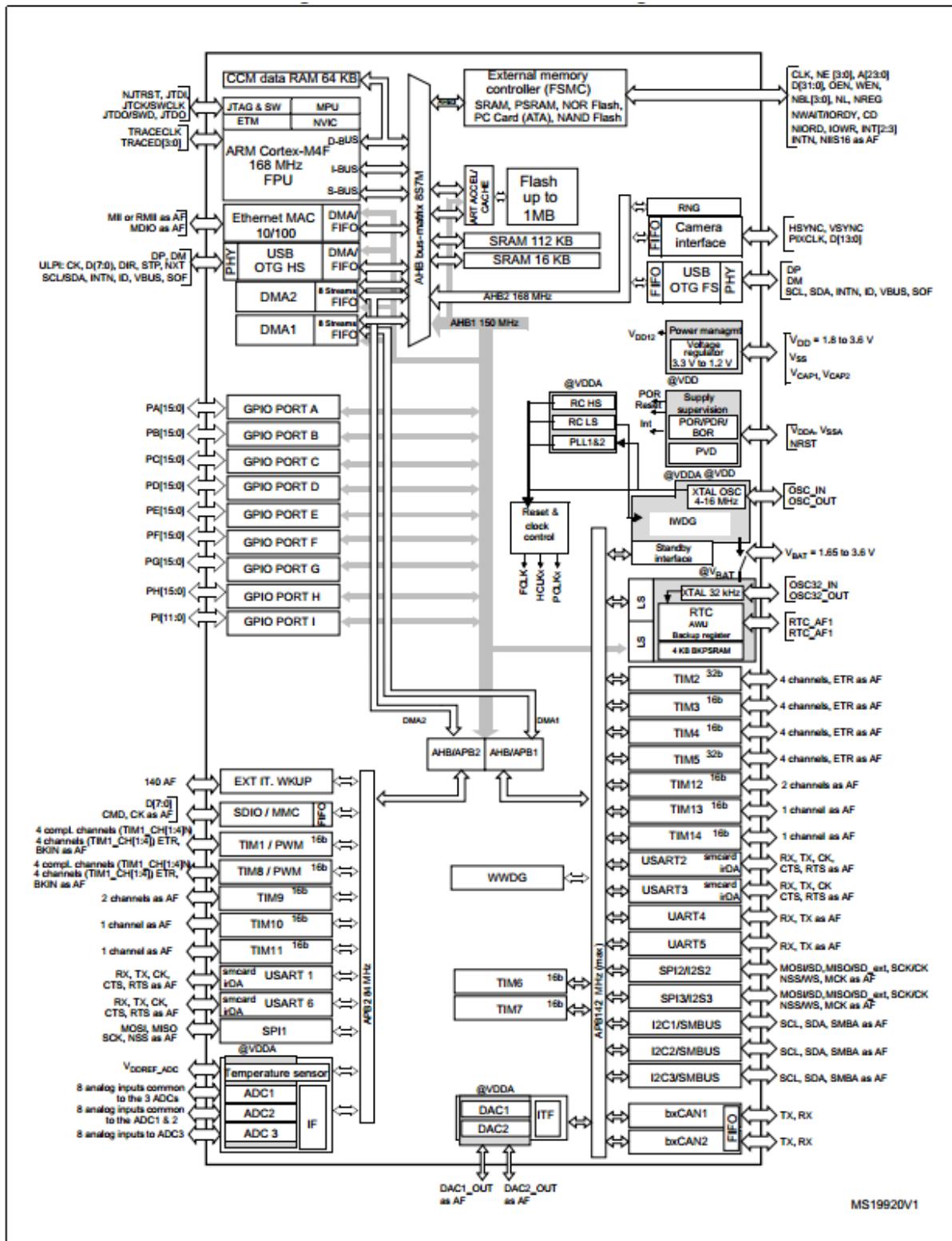
Figuur 1 - Hardware blok diagram



Figuur 2 - Top layout



Figuur 3 - Onderkant layout



Figuur 4 - STM32F407VGT6 blok diagram

2.2.1. EMBEDDED ST-LINK/V2

De ST-LINK/V2 programmeer en debug tool is geïntegreerd op het STM32F4 Discovery board. De embedded ST-LINK/V2 kan op 2 verschillende manieren gebruikt worden, dit ligt aan de jumpers op CN3 (zie Tabel 1):

- Programmeren/debuggen van het MCU on board;
- Programmeren/debuggen van een MCU in een extern applicatie board met behulp van een kabel verbonden met de SWD connector CN2.
- De embedded ST-LINK/V2 heeft enkel ondersteuning voor STM32 apparaten. Voor meer informatie over debug programmeer functies, refereer naar de user manual UM1075. Deze beschrijft de ST-LINK/V2 in alle detail functies.



Hardware requirements:
- USB cable type A to mini-B
- computer with Windows XP, Vista or 7

Development toolchain:
Altium, TASKING VX-
Toolset, Atollic,
TrueSTUDIO
IAR, EWARM
Keil, MDK-
ARM

MS19052V1

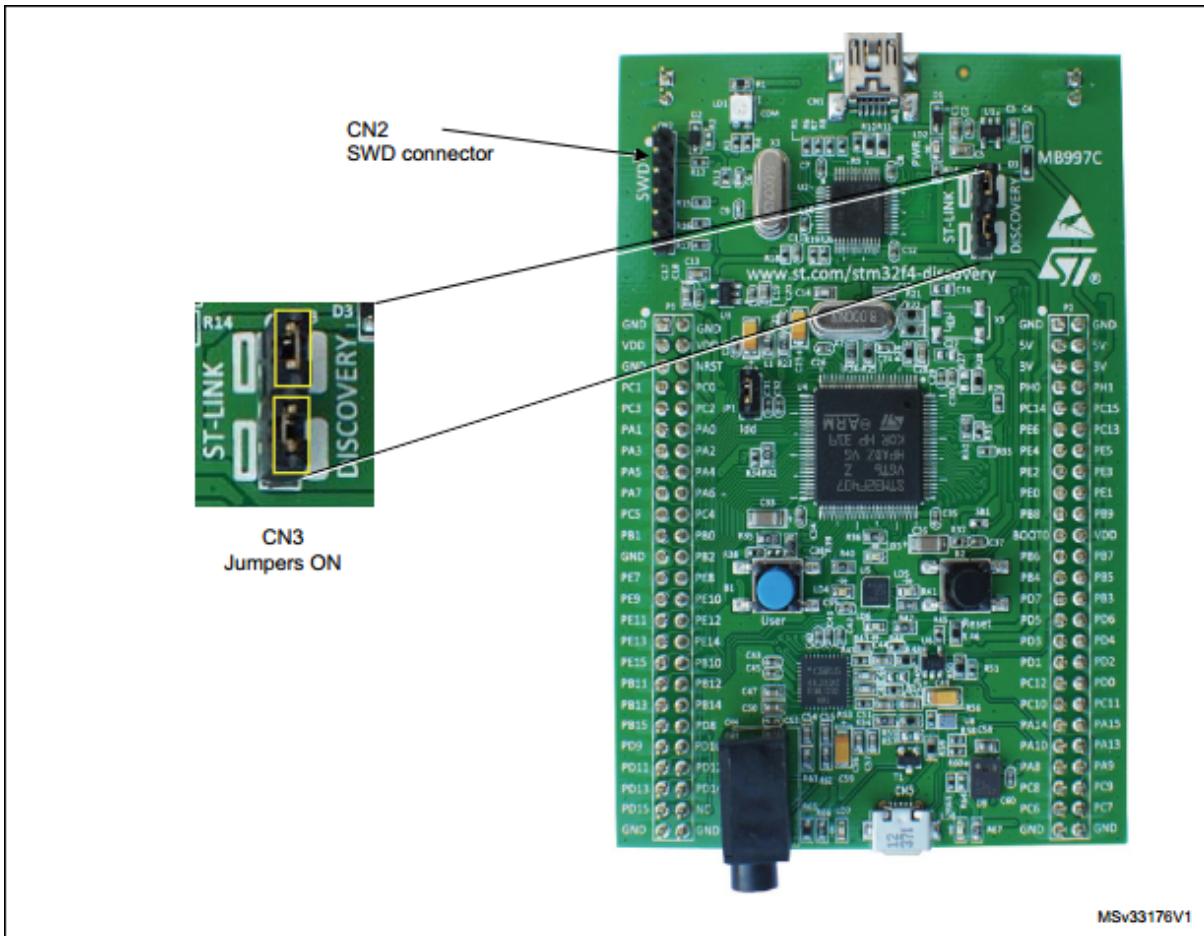
Figuur 5 - Typische configuratie

Jumper status	Beschrijving
Beide CN3 jumpers aan	ST-LINK/V2 functies geactiveerd voor on board programmeren
Beide CN3 jumpers uit	ST-LINK/V2 functies geactiveerd voor applicatie door externe CN2 connector (SWD ondersteund)

Tabel 1 - Jumper optie

2.2.1.1. ST-LINK/V2 gebruiken voor het programmeren/debuggen van de STM32F4

Zorg er voor dat beide jumpers op CN3 staan als in figuur 7, gebruik dan niet de SWD connector, dit kan de communicatie verstören met de STM32F407VGT6 van het STM32F4 Discovery board.



Figuur 6 - STM32F4 Discovery jumper connect

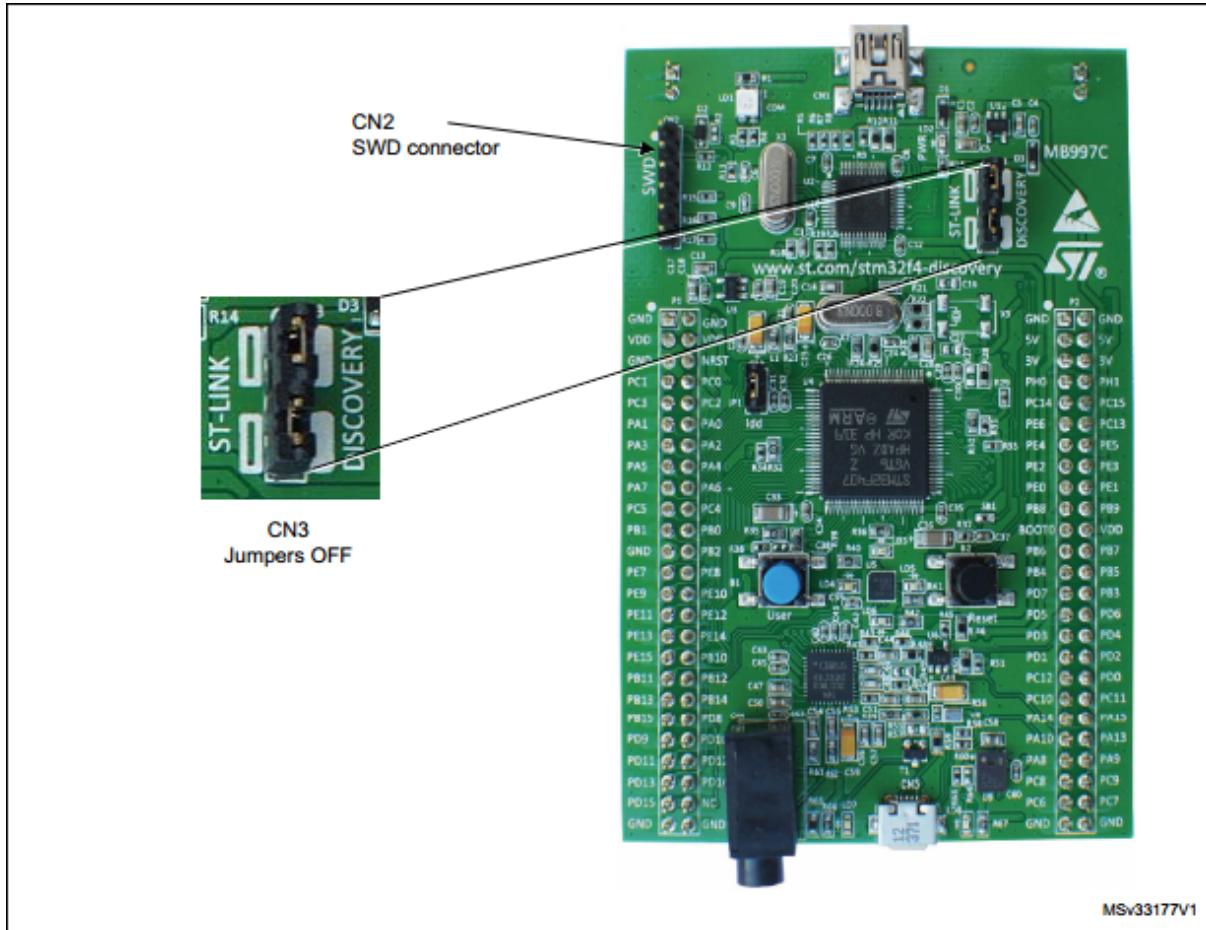
2.2.1.2. ST-LINK/V2 gebruiken voor het programmeren/debuggen van een externe STM32 applicatie

Het is erg gemakkelijk op de ST-LINK/V2 te gebruiken voor het programmeren van de STM32 op een externe applicatie. Verwijder de 2 jumpers van CN3 zoals te zien in Figuur 7, en verbind de applicatie aan de CN2 debug connector zoals Tabel 2.

SB11 moet uit zijn als de CN2 pin 5 gebruikt wordt in de externe applicatie.

Pin	CN2	Beschrijving
1	VDD TARGET	VDD van applicatie
2	SWCLK	SWD klok
3	GND	Ground
4	SWDIO	SWD data input/output
5	NRST	Reset van doel MCU
6	SWO	Gereserveerd

Tabel 2 -Debug connector CN2 (SWD)



Figuur 7 - ST-Link connecties afbeelding

2.2.2. POWER SUPPLY EN POWER SELECTIE

De power supply wordt gedaan vanuit de host PC door de USB kabel of door een externe 5V voeding.

De diodes D1 en D2 de 5V en 3V pinnen tegen externe voedingen:

- 5V en 3V kan gebruikt worden als output voeding wanneer een ander applicatie bord verbonden is aan pinnen P1 en P2.
In dit geval leveren de 5V en 3V een 5V of 3V voeding. Stroom verbruik mag niet hoger dan 100mA zijn;
- 5V kan ook gebruikt worden als input voeding, bijvoorbeeld als de USB connector niet verbonden is met de PC
In dit geval moet de STM32F4 Discovery worden gevoed door een externe voeding of hulpapparatuur die voldoet aan de standaard EN-60950-1: 2006+A11/2009 en moet een extra laag voltage beveiliging hebben met gelimiteerde stroom mogelijkheid.

2.2.3. LEDs

- LD1 COM: LD1 default waarde is rood. LD1 wordt groen als indicatie dat er communicatie tussen de PC en de ST-LINK/V2 aanwezig is;
- LD2 PWR: De rode LED is een indicatie dat het board aan staat;
- User LD3: Oranje LED is een gebruik LED verbonden met I/O PD13 van de STM32F407VGT6;
- User LD4: Rode LED is een gebruik LED verbonden met I/O PD12 van de STM32F407VGT6;
- User LD5: Blauwe LED is een gebruik LED verbonden met I/O PD14 van de STM32F407VGT6;
- User LD6: Groene LED is een gebruik LED verbonden met I/O PD15 van de STM32F407VGT6;
- USB LD7: Groene LED als indicatie wanneer de VBUS aanwezig is op CN5 en verbonden met PA9 van de STM32F407VGT6;
- USB LD8: Rode LED als indicatie voor een overcurrent van VBUS op CN5 en is verbonden met I/O PD5 van de STM32F407VGT6.

2.2.4. DRUKKNOPPEN

- B1 USER: Gebruiker en wake-up knop verbonden met I/O PA0 van de STM32F407VGT6;
- B2 RESET: Drukknop verbonden met de NRST en wordt gebruikt om de STM32F407VGT te resetten.

2.2.5. USB OTG ONDERSTEUND

De STM32F4 wordt gebruikt enkel om USB OTG aan te sturen op full speed. De micro-AB connector (CN5) geeft de mogelijkheid om een host of apparaat component aan te sluiten, zoals bijvoorbeeld een USB-stick, muis, enz....

Twee LED worden als indicatie LEDs gebruikt voor deze module:

- LD7 (groene LED) Geeft aan wanneer de VBUS actief is;
- LD8 (rode LED) geeft aan wanneer er een overcurrent is van verbonden apparaten.

2.2.6. JP1 (LDD) GELDT OOK VOOR DE 411

Jumper LD1, gelabeld Idd, geeft de mogelijkheid het stroomverbruik van de STM32F407VGT6 te meten door de jumper weg te halen en een Amperemeter aan te sluiten.

- Jumper plaatsen: STM32F407VGT6 heeft voeding en staat aan (default);
- Jumper niet plaatsen: Er moet een Ampèremeter aangesloten zijn om de stroom van de STM32F407VGT6 te meten, anders is er geen voeding en staat de STM32F407VGT6 uit.

2.2.7. OSC KLOK

2.2.7.1. OSC klok supply

Als PH0 en PH1 gebruikt worden als GPIOs in plaats van als klok, dan worden SB13 en SB14 gesloten en R24, R25 en R68 verwijderd.

- **MCO van ST-LINK.** Van de MCO van de STM32F103. Deze frequentie kan niet worden veranderen en is vast 8 MHz en verbonden met PH0-OSC_IN van de STM32F407VGT6.
Configuratie nodig:
 - SB13, SB14 open;
 - R25 verwijderd;
 - R68 gesoldeerd.
- **Oscillator onboard.** Van het X2 kristal. Voor typische frequenties en condensatoren en weerstanden, refereert naar de STM32F407VGT6 datasheet. Configuratie nodig:
 - SB13, SB14 open;
 - R25 gesoldeerd;
 - R68 verwijderd.
- **Oscillator van externe PH0.** Voor de externe oscillator door pin 7 van de P2 connector. Configuratie nodig:
 - SB13 gesloten;
 - SB14 gesloten;
 - R25 en R68 verwijderd.

2.2.7.2. OSC 32 kHz klok supply

Als PC14 en PC15 enkel gebruikt worden als GPIO in plaats van als klok, dan moet SB15 en SB16 gesloten zijn en R21 en R22 verwijderd. Wanneer je een low power klok wilt toevoegen aan je board heb je een normaal 32kHz kristal nodig. Eigenlijk voldoen alle kristallen maar bijvoorbeeld Farnell nummer 1652573 .

- **Oscillator onboard.** Van X3 kristal (**niet meegeleverd**). Configuratie nodig:
 - SB15, SB16 open;
 - C16,C27, R21 en R22 gesoldeerd.
- **Oscillator van externe PC14.** Van externe oscillator door pin 9 van de P2 connector.
Configuratie nodig:
 - SB16 gesloten;
 - SB15 gesloten;
 - R21 en R22 verwijderd.

2.2.8. SOLDEERBRUGGEN

Bridge	State ⁽¹⁾	Description
SB13,14 (X2 crystal) ⁽²⁾	OFF	X2,C14,C15,R24 and R25 provide aclock. PH0, PH1 are disconnected from P2.
	ON	PH0, PH1 are connected to P2 (R24, R25 and R68)
SB3,5,7,9 (Default)	ON	Reserved, do not modify.
SB2,4,6,8	OFF	Reserved, do not modify.
SB15,16 (X3crystal)	OFF	X3,C16,C27,R21 and R22 deliver a 32 kHz clock. PC14, PC15 are not connected to P2.
	ON	PC14, PC15 are only connected to P2. Remove only R21, R22
SB1 (B2-RESET)	ON	B2 pushbutton is connected to the NRST pin of the
	OFF	B2 pushbutton is not connected to the NRST pin of the
SB20 (B1-USER)	ON	B1 pushbutton is connected to PA0.
	OFF	B1 pushbutton is not connected to PA0.
SB17 (VDD powered from 3V)	OFF	VDD is not powered from 3V, depends on JP1 jumper.
	ON	VDD is permanently powered from 3V, JP1 jumper has no effect.
SB11 (NRST)	ON	NRST signal of the CN2 connector is connected to the NRST pin of the
	OFF	NRST signal of the CN2 connector is not connected to the NRST pin of the STM32F407VGT6 MCU.
SB12 (SWO)	ON	SWO signal of the CN2 connector is connected to PB3.
	OFF	SWO signal is not connected.
SB10 (STM_RST)	OFF	No incidence on STM32F103C8T6 (ST-LINK/V2) NRST signal.
	ON	STM32F103C8T6 (ST-LINK/V2) NRST signal is connected to GND.
SB18 (BOOT0)	ON	BOOT0 signal of the STM32F407VGT6 MCU is held low through a 510 ohm pull-down resistor.
	OFF	BOOT0 signal of the STM32F407VGT6 MCU is held high through a 10 kohm pull-up resistor.
SB19 (BOOT1)	OFF	The BOOT1 signal of the STM32F407VGT6 MCU is held high through a 10 kohm pull-up resistor
	ON	The BOOT1 signal of the STM32F407VGT6 MCU is held low through a 510 ohm pull-down resistor.

Tabel 3 - Soldeer bruggen

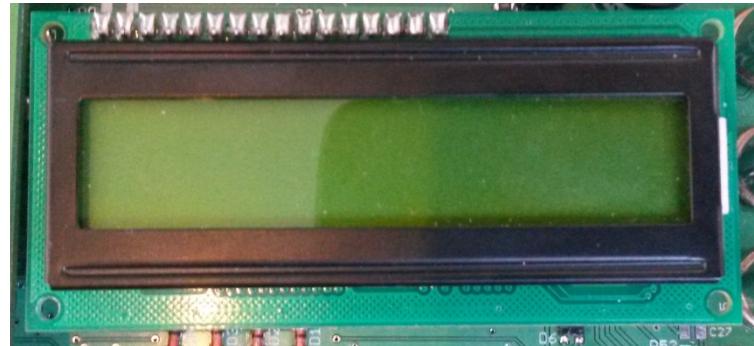
1. Default SBx status is dikgedrukt
2. SB13 en SB14 zijn OFF om de gebruik de kans te geven te kiezen tussen de MCO en X2 kristal als klok source.

3. CORTEX M4-BOARD

In dit hoofdstuk worden de onderdelen die op het Cortex M4 moederboard zitten beschreven.

3.1. LCD

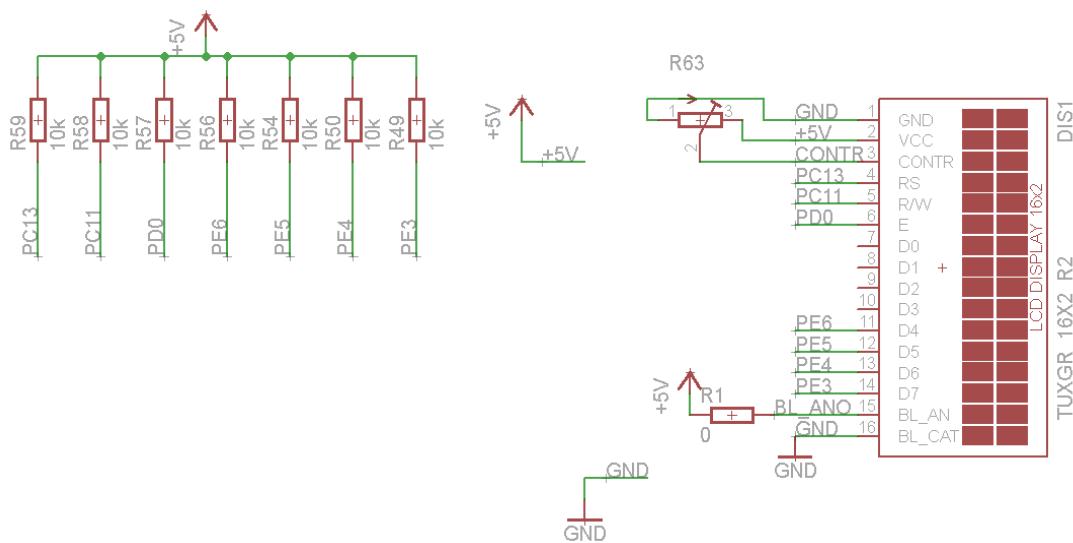
De LCD display, te zien in Figuur 8, is een 1x16 of een 2 x 16 tekens, HD44780 display en wordt standaard geleverd bij het Cortex M4 board. Deze is aangesloten zoals te zien is in Figuur 9 en Tabel 4- Port Map LCD.



Er kan voor gekozen worden om een display aan te sluiten die

Figuur 8- Foto van LCD

andere eigenschappen heeft, bijvoorbeeld meer regels. Met behulp van de contrast weerstand kan het contrast worden ingesteld. De backlight zit aangesloten op 5V en kan uitgezet worden met een soldeer jumper. Alle signaal lijnen hebben een pull-up weerstand naar 5 Volt. Dit is gedaan omdat de display op 5 Volt werkt. Voor meer informatie zie de datasheet van de display controller de HD44780.



Figuur 9 -Aansluitschema van LCD

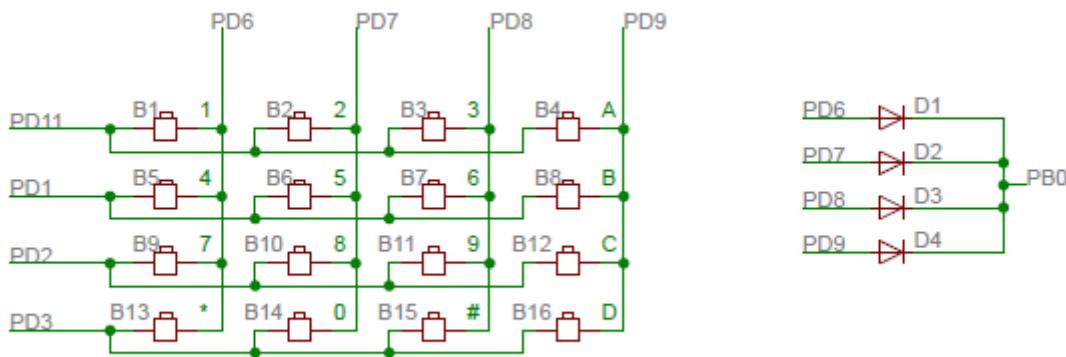
RS	PC13
R/W	PC11
Enable	PD0
DB4	PE6
DB5	PE5
DB6	PE4
DB7	PE3
BL_A	Vcc
BL_K	Ground

Tabel 4- Port Map LCD

3.2. TOETSENBORD

Het toetsenbord dat aanwezig is op het Cortex M4-board(te zien in Figuur 10) is een matrix van 4x4 toetsen. Elke rij en kolom is aangesloten op het ARM-board. Met behulp van deze aansluitingen kan het toetsenbord uitgelezen worden. De matrix is uit te lezen door elke keer een andere rij hoog te maken. Tijdens elke rij moet gekeken worden of er een kolom hoog is. Hieruit is te bepalen welke toets ingedrukt is. Wanneer deze uitlees methode wordt gebruikt die ook wel 'pollen' wordt genoemd komt de routine alleen maar met een waarde van een toets terug wanneer die toets ook op het moment van uitlezen is ingedrukt! Het verdient de voorkeur om in verband met dender de toetsen ook meerdere malen uit te lezen om er zeker van te zijn dat er een toets is ingedrukt en belangrijker nog dat de hij weer is losgelaten. Dit bijhouden van de toetsstatus is handig omdat je in veel gevallen wilt weten hoe vaak een toets is ingedrukt.

Er is ook een mogelijkheid tot het gebruik maken van interrupts. Elke rij is met een diode aangesloten op 1 poort van de microcontroller. Door alle rijen hoog te maken wordt deze interrupt pin hoog als er één toets wordt ingedrukt. In de interrupt service routine moet dan gekeken worden welke rij en kolom hoog is.



Figuur 10- Aansluitschema toetsenbord en diodes

Rij 1	PD11
Rij 2	PD1
Rij 3	PD2
Rij 4	PD3
Kolom 1	PD6
Kolom 2	PD7
Kolom 3	PD8
Kolom 4	PD9
Interrupt	PB0

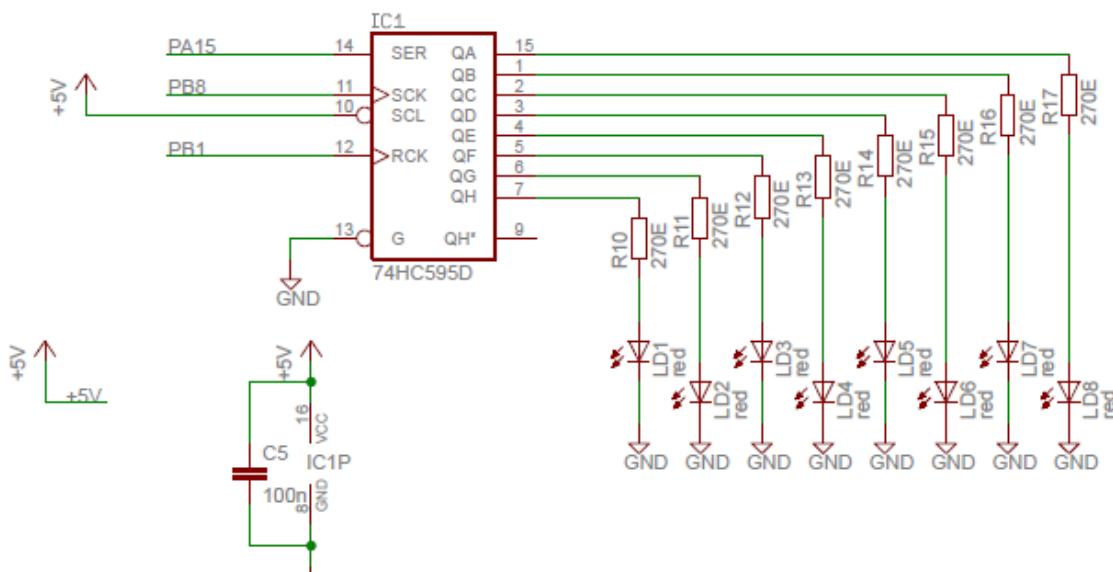
Tabel 5 - Port Map Keyboard

3.3. LEDs

Er zijn op het Cortex M4-board acht LEDS aangesloten via een schuifregister. Dit schuifregister is de 74HC595. Dit is een 8 bits schuifregister dat met behulp van 3 aansluitingen kan worden aangestuurd. Dit schuifregister met LEDs is te zien in Figuur 11. Het schuifregister is aangesloten op de pinnen van de STM32 zoals te zien is in Tabel 6 en Figuur 11. Voor informatie over het aansturen van het schuifregister wordt verwezen naar de datasheet.

SCK	PB8
RCK	PB1
SER	PA15

Tabel 6- Port Map LEDs



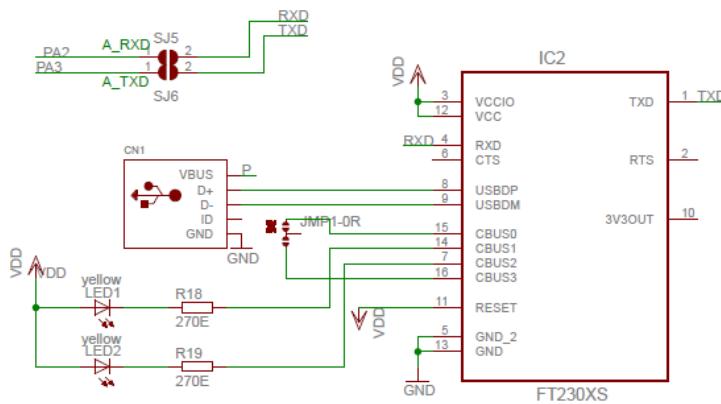
Figuur 11- Aansluitschema schuifregister en LEDS

3.4. UART

Op het Cortex M4-board zit een seriële verbinding om te communiceren met een computer. De communicatie met een computer kan gedaan worden met een willekeurig terminal programma. Om de UART signalen om te zetten naar USB signalen wordt gebruik gemaakt van een FTDI chip. Via soldeer jumpers zijn er verschillende configuraties mogelijk. In Tabel 7 - Mogelijkheden soldeerjumpers staan een aantal configuraties van de soldeer jumpers. De aanwezige LEDs knipperen bij ontvangende of te verzendende signalen. De USB connector, de LEDs en de FTDI chip zijn te zien in



Figuur12- FTDI chip en USB connector en LEDs

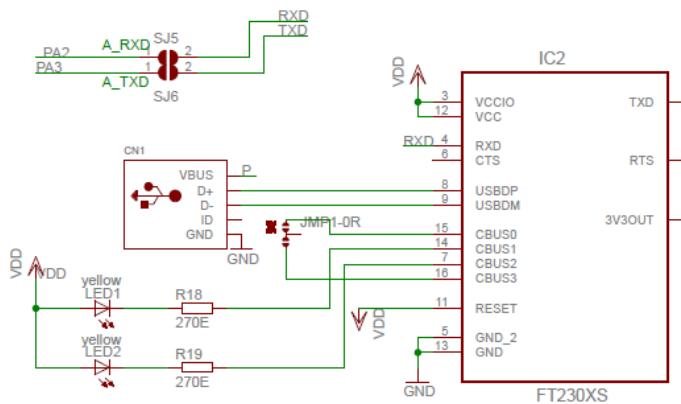


Figuur 13 Aansluitschema schuifregister en LEDs

Alle soldeer jumpers open	Geen verbinding
SJ 5 en SJ 6 dicht	UART van ARM naar FTDI
SJ 5 en SJ 6 open	GPIO functie voor PA3 en PA4 DEFAULT

Tabel 7 - Mogelijkheden soldeerjumpers

RXD	PA2
TXD	PA3



Figuur 13- Aansluitschema FTDI chip USB connector en LEDs

3.5. SERVO

Op het ARM-board is een mogelijkheid om 2 servo's aan te sluiten. Deze kunnen gebruikt worden met PWM of bitbangdelays. Via een jumper is het mogelijk om te selecteren hoe de servo's gevoed worden. Er is een mogelijkheid om deze vanaf het Cortex M4 te voeden of om deze voeding op de daarvoor bestemde connector

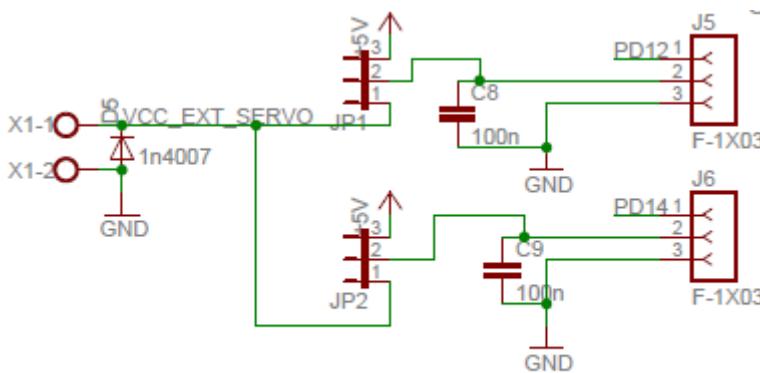
aan te bieden.

Servo_1	PD12
Servo_2	PD14

Tabel 8 - Port Map Servo



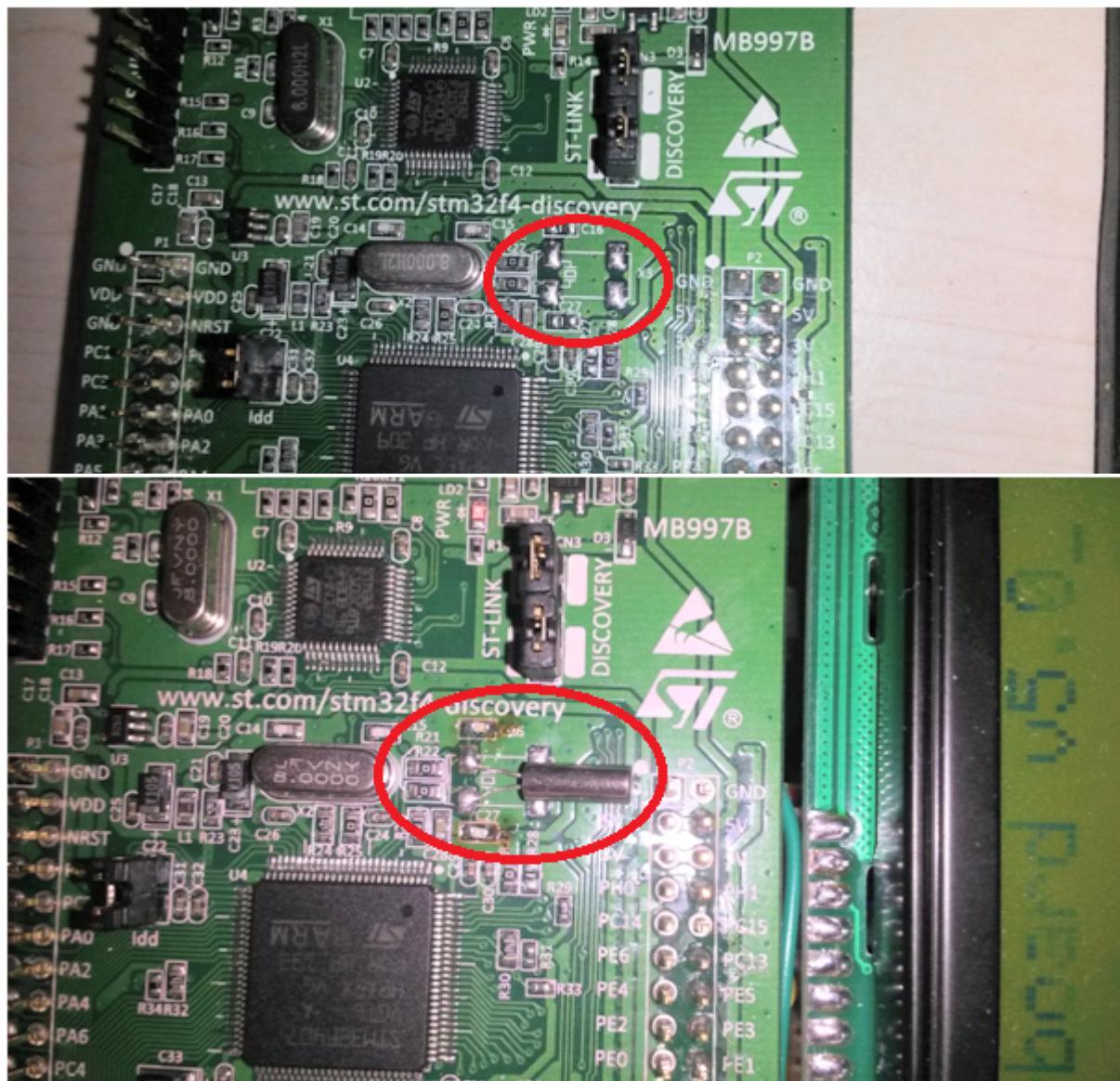
Figuur 14- Foto van SERVO aansluitpunt en externe voeding connector



Figuur 15- Aansluitschema van de SERVO headers

3.6. RTC

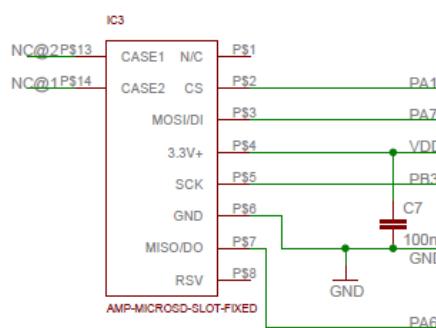
In de STM32F4 is een RTC aanwezig. Als de RTC gebruikt gaat worden moet er een aanpassing aan de STM32F4 Discovery gedaan worden. Er moet een 32,768kHz kristal geplaatst worden zoals Figuur 16. Ook moeten de 2 bijbehorende 16pF condensatoren geplaatst worden bij C16 en C27. Als er gebruik gemaakt gaat worden van een externe batterij moet weerstand R26 wel los gesoldeerd worden. R26 verbindt de back-up voeding met de VCC, als dit niet gedaan wordt zal de batterij rechtstreeks op de VCC aangesloten zijn en heel snel leeg gaan.



Figuur 16 Foto van plaatsing RTC Kristal

3.7. MICRO SD

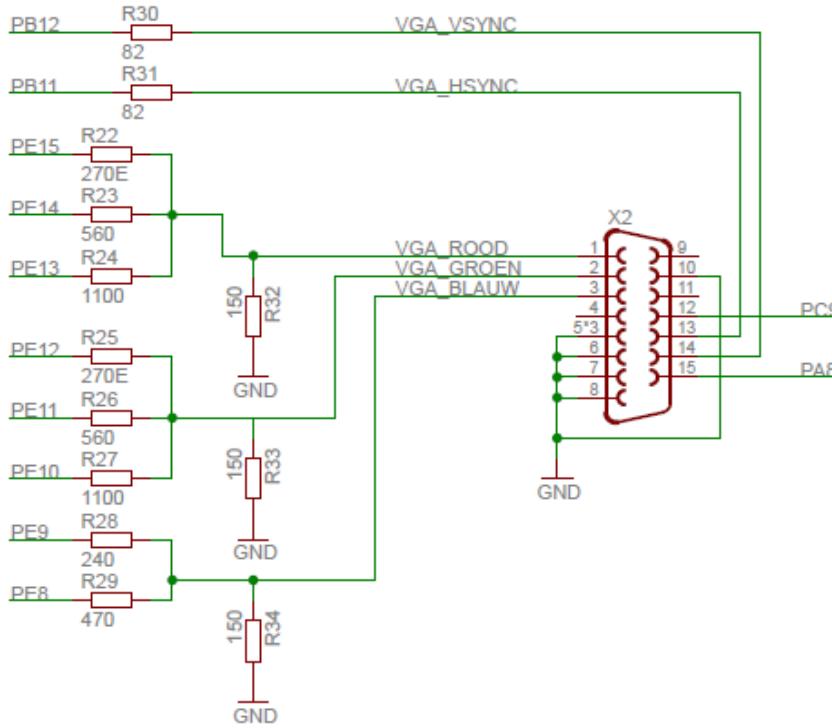
Op het Cortex M4- board is een aansluiting voor een micro SD kaart te zien. Deze is aangesloten via SPI zie Figuur 17. Deze kan hiermee beschreven en gelezen worden. Voor het gebruik van de micro SD kaart kan gebruik gemaakt worden van de meegeleverde bibliotheek. Let erop dat niet alle SD kaartjes kunnen worden gelezen door de diverse bibliotheken. Het is mogelijk dat er alleen maar kaartjes tot de 2Gb boundary kunnen worden gelezen door een bepaalde bibliotheek. De hardware is in staat om alle kaartjes te kunnen lezen en schrijven. Het kaartje is aangesloten in SPI mode. Dit betekent dat de het SD DMA kanaal niet kan worden gebruikt. Hiervoor moet een extern kaartje aan de microcontroller worden gekoppeld.



Figuur 17 -Aansluitschema micro-SD kaarthouder

3.8. VGA

De manier om de VGA aan te sturen met de ARM is te zien in onderstaande afbeelding. Voor rood, groen en blauw is een weerstandsdeler netwerk gebruikt om een hogere kleurdiepte te behalen. Er kan in totaal theoretisch 9 bits kleur worden gehaald en zijn er al snel 515 verschillende kleuren.



Figuur 19- VGA connector

Figuur 18- Aansluitschema VGA ARM

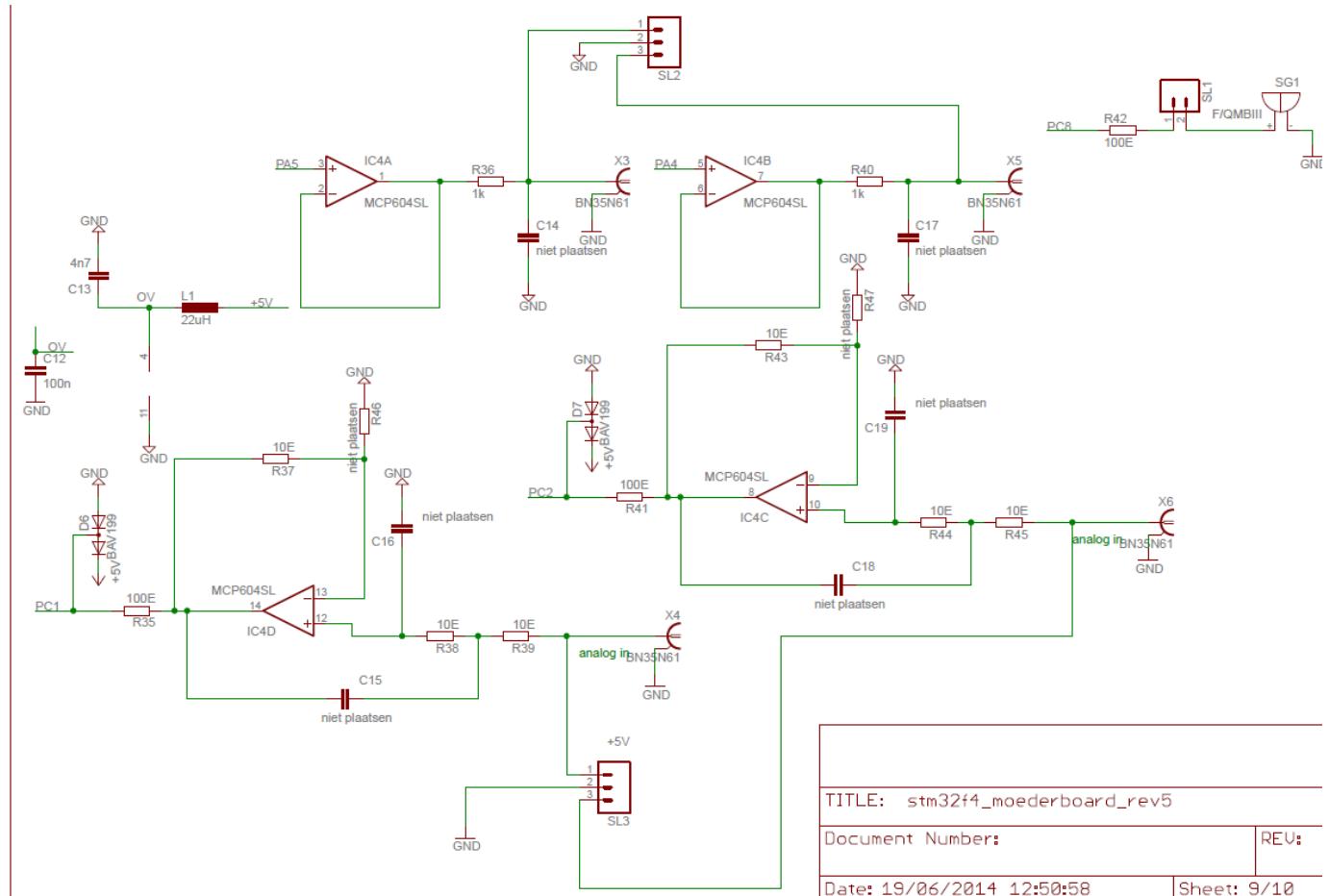
ARM	VGA schema	VGA CONNECTOR
PB12	VSYNC	VSYNC
PB11	HSYNC	HSYNC
PE15	Rood bit3	
PE14	Rood bit2	ROOD
PE13	Rood bit1	
PE12	Groen bit3	
PE11	Groen bit2	GROEN
PE10	Groen bit1	
PE9	Blauw bit2	BLAUW
PE8	Blauw bit1	

Tabel 9- Port map VGA



3.9. ADC & DAC & BUZZER

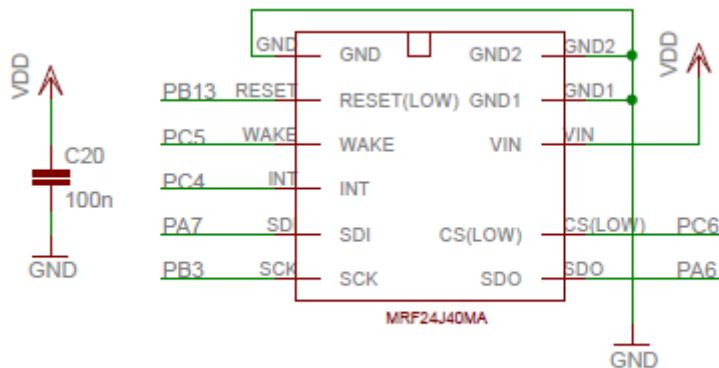
De op het Cortex M4-board aanwezige DAC's (407) en ADC's zijn te bereiken via headers. Deze worden allemaal gebufferd met een opamp. Dit is gedaan om te voorkomen dat bij een te hoog signaal op de ADC de processor kapot gaat. De in en uitgangen zitten op 2 standaard male headers. Op de print is plaats gelaten voor BNC connectors en die kunnen desgewenst worden bestukt. Ook zit hier een buzzer. Deze buzzer is aan te sturen via PWM. De zelfresonantie frequentie van de buzzer is 2.4 kHz. Op deze frequentie klinkt de buzzer het hardst. Let op voor de STM32F411 is het externe DAC bordje nodig.



Figuur 20- Aansluitschema ADC, DAC en buzzer

3.10. WIRELESS MODULE

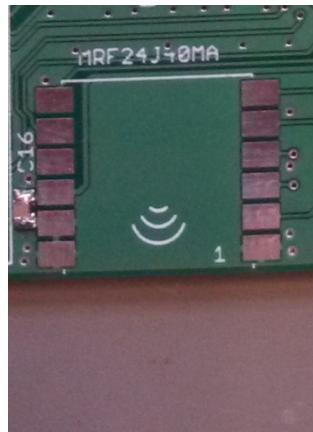
Op het Cortex M4 –board is een plek aanwezig om de MRF24J40 op te solderen. Als deze module is aangebracht kan hiermee draadloos data verzonden worden naar andere van deze modules. Deze module is aan te sturen via SPI. Naast de SPI signalen heeft deze nog een wake-up pin en een interrupt pin. Voor meer informatie over deze module wordt verwezen naar de datasheet. Om deze module te gebruiken kan er gebruik gemaakt worden van de meegeleverde library. De library ondersteunt een Mesh netwerk architectuur en de module kan desgewenst ook worden gebruikt voor ZigBee maar dan moet er software worden geschreven.



Figuur 21- Aansluitschema MRF24J40



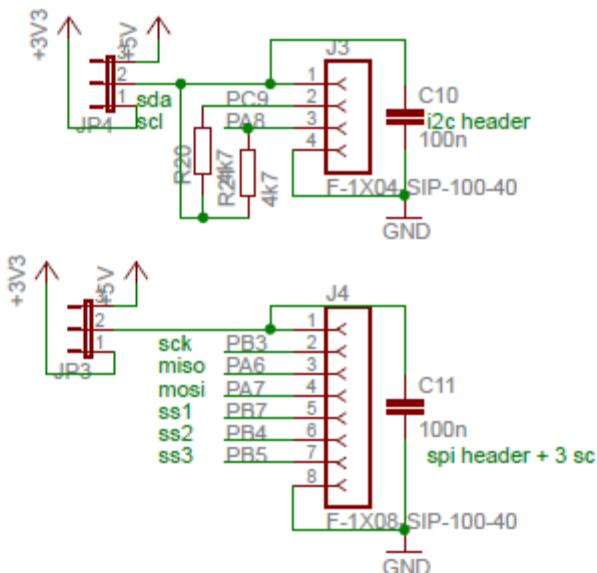
Figuur 22- Cortex M4 met MRF module



Figuur 23- Cortex M4 zonder module

3.11. INTERFACES

Op het Cortex M4-board zijn 2 seriële interfaces berijkbaar via headers, namelijk SPI en I2C. Hierdoor is het eenvoudig om modules die met deze protocollen werken aan te sturen. In onderstaande afbeelding is aangegeven hoe de pinnen met de processor zijn verbonden.



Figuur 24- Aansluitschema SPI en I2C

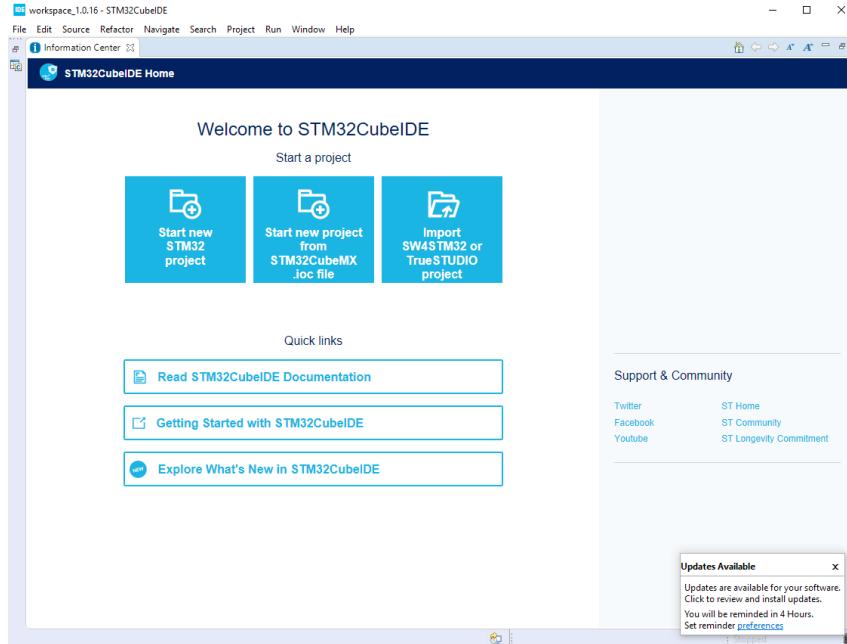


Figuur 25- Foto headers SPI en I2C

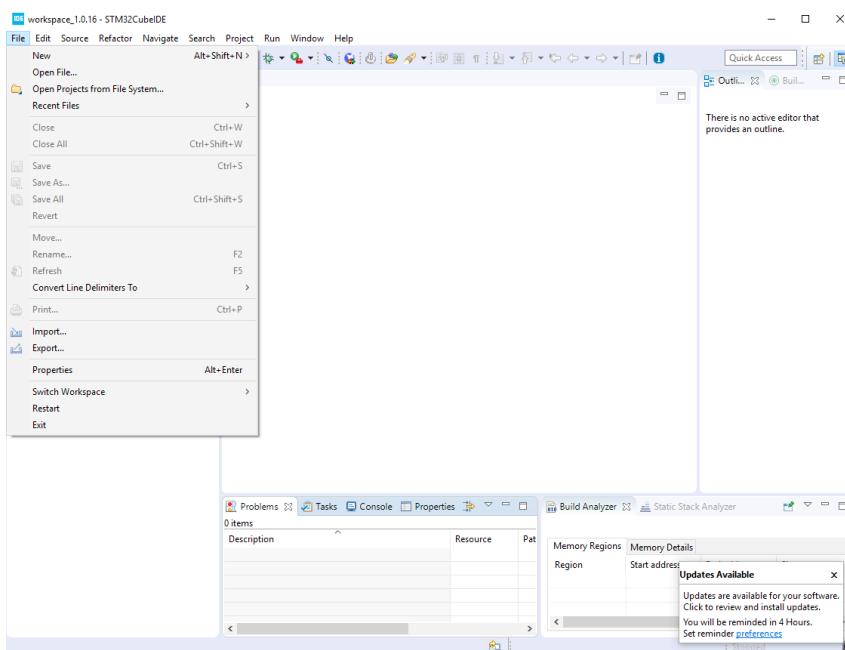
4. BIJLAGEN

4.1. BIJLAGE 1: IMPORTEREN VAN TEMPLATE; BIJVOORBEELD VOOR µCOS-II

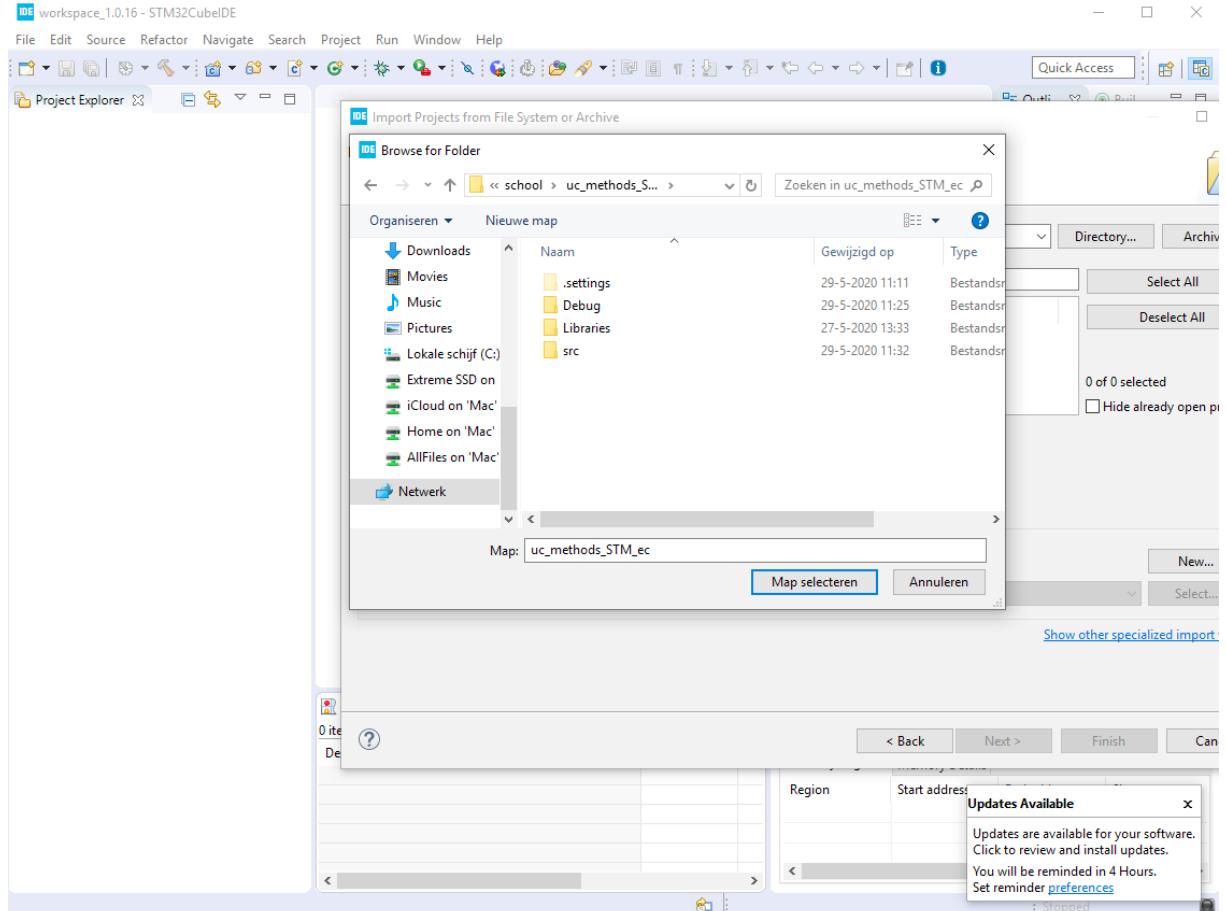
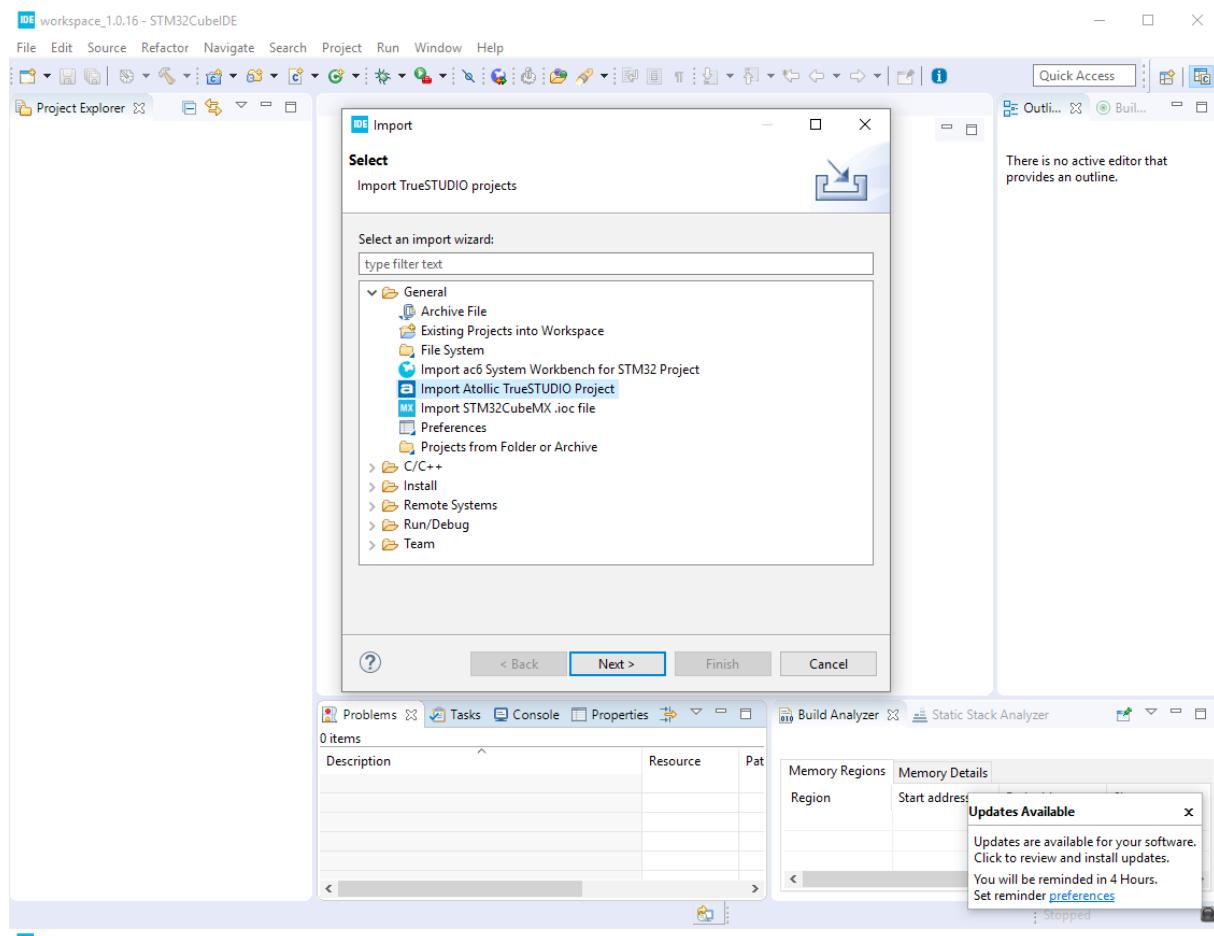
Download en installeer de IDE en start de IDE



Klik het informatiecentrum weg en selecteer File-> import



Bijlagen



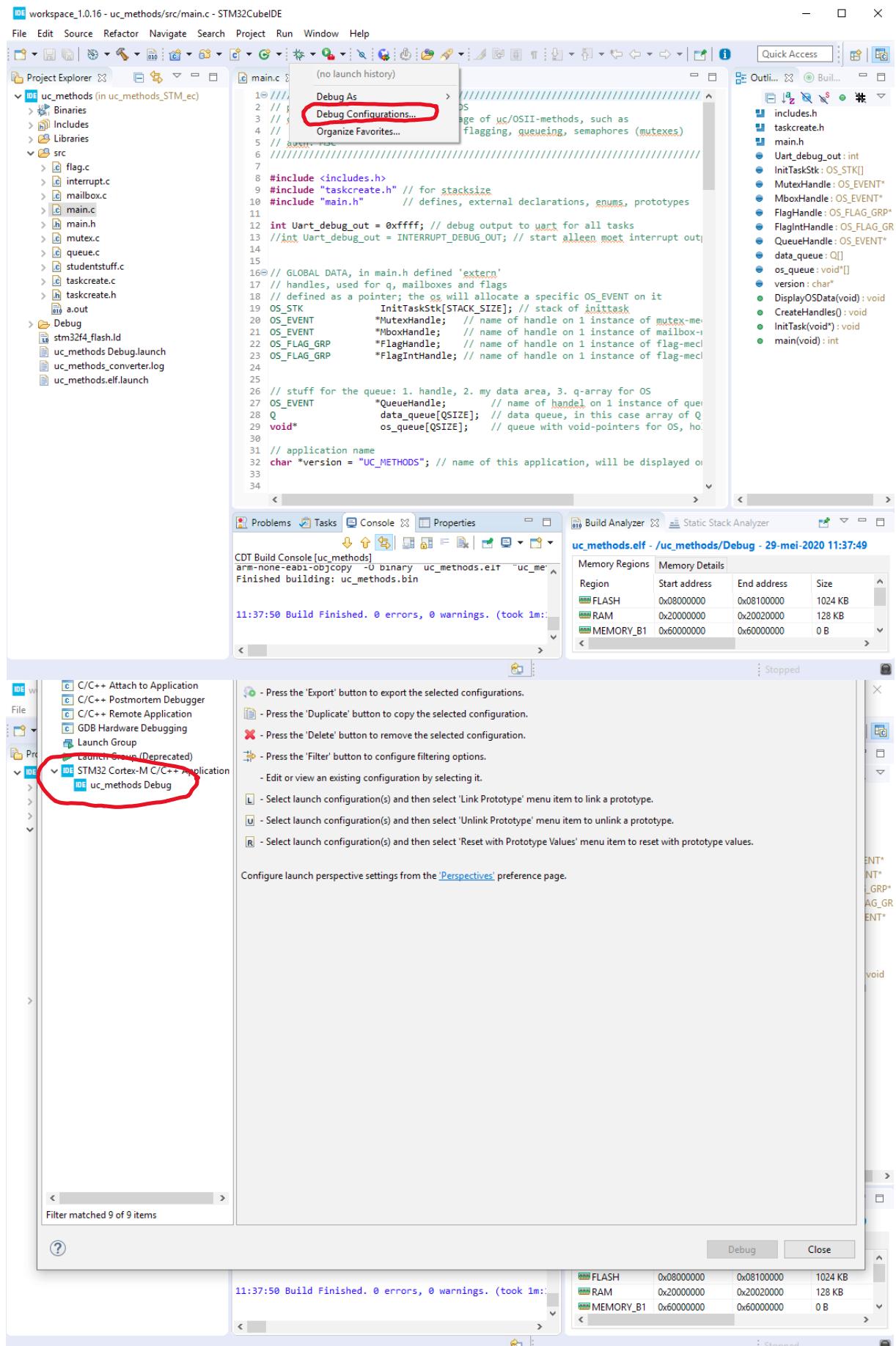
Bijlagen

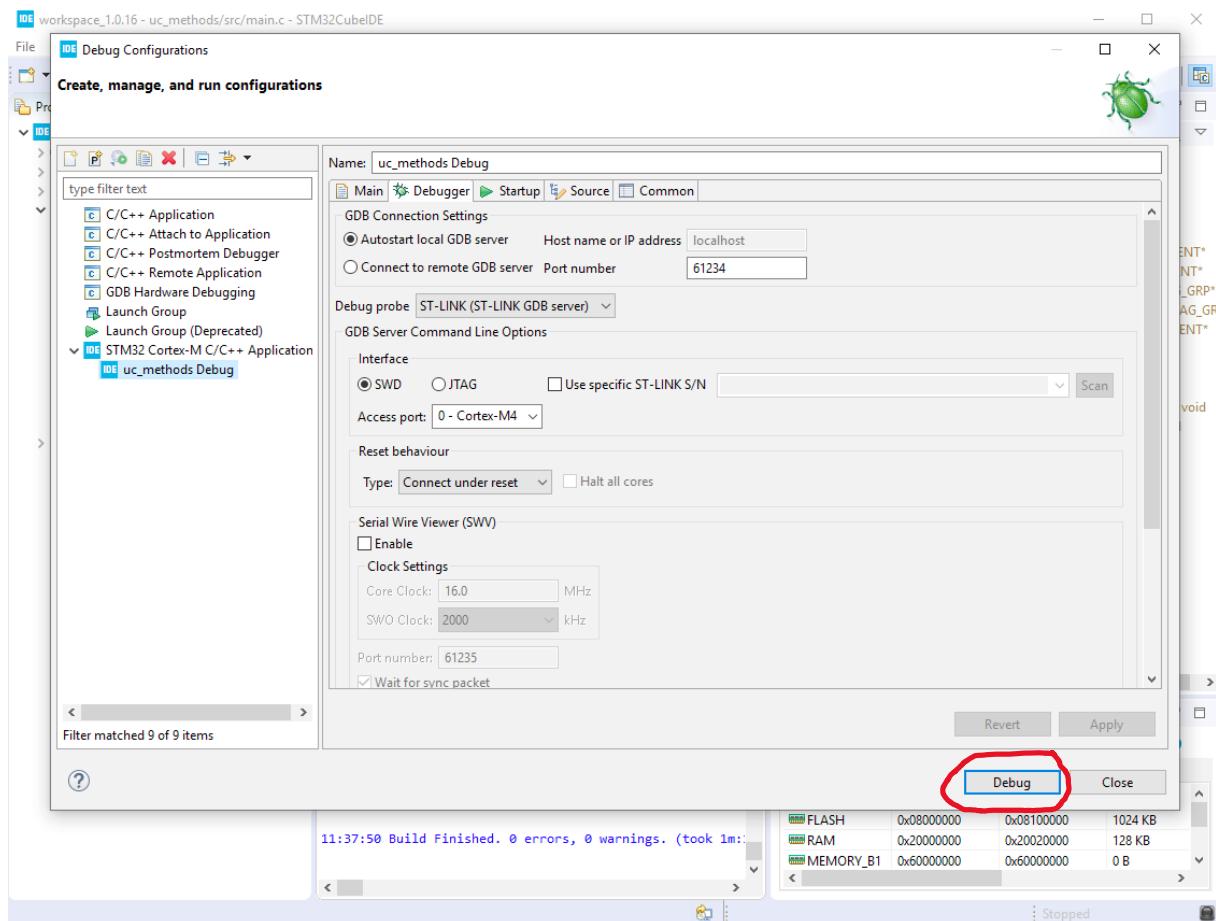
The screenshot shows two windows of the STM32CubeIDE IDE.

Top Window: This is the "Import Projects from File System or Archive" wizard. It displays a list of projects found in the specified source directory (\Mac\iCloud\school\uc_methods_STM_ec). One project, "uc_methods_STM_ec", is selected and set to be imported as an "Eclipse project". Other options like "Working sets" and "Import as" are also visible.

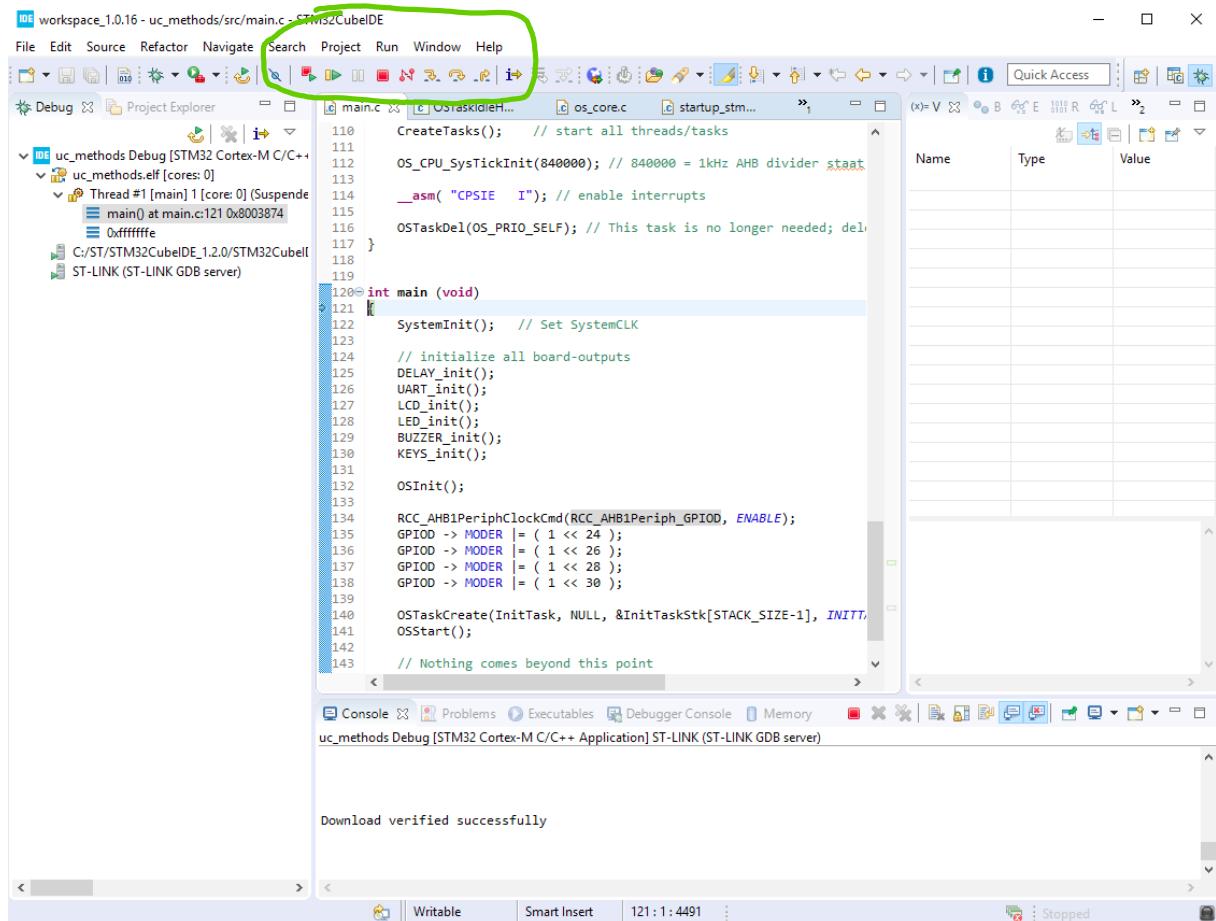
Bottom Window: This is the main workspace for the project "uc_methods_STM_ec". The "Project Explorer" view shows the project structure with source files like flag.c, interrupt.c, mailbox.c, main.c, main.h, mutex.c, queue.c, studentstuff.c, taskcreate.c, taskcreate.h, and a.out. The "main.c" file is open in the code editor, displaying C code for a task creation application. To the right of the code editor is the "Memory Regions" and "Memory Details" table, which lists memory regions like FLASH, RAM, and MEMORY_B1 with their start addresses. A floating "Updates Available" notification is present in the bottom right corner of the workspace window.

Bijlagen





KLIK OP DEBUG EN SWITCH VIEW



- Start - start het programma nadat het is geladen
- Pauze - pauzeer het programma en kijk waar hij nu is
- Stop - stop het programma en keer terug in edit mode
- Step-into - Neem een stap en volg de programma flow in de subroutine
- Step-over - Neem een stap en stop pas op de volgende regel. Als er een subroutine is voer die uit
- Step-out - Neem een stap en stop pas als je uit de huidige functie bent.

Druk op play en kijk wat er gebeurt met μCOS-II

4.2. BIJLAGE 2: TABEL VAN ALLE MOGELIJKHEDEN PER PIN VAN DE STM32F4 DISCOVERY

MCU pin		Board function					
Main function	Alternate functions	Freel/O	OSC	USB	SWD	LED	Power supply
BOOT0	VPP	94					21
NRST		14			NRST		5 6
PA0-WKUP	USART2_CTS/USART4_TX/ETH_MII_CRS/TIM2_CH1_ETR/TIM5_CH1/TIM8_ETR/ADC123_IN0/WKUP	23					12
PA1	USART2_RTS/USART4_RX/ETH_RMII_REF_CLK/ETH_MII_RX_CLK/TIM5_CH2/TIMM2_CH2/A_DC123_IN1	24					11
PA2	USART2_TX/TIM5_CH3/TIM9_CH1/TIM2_CH3/ETH_MDIO/ADC123_IN2	25					14
PA3	USART2_RX/TIM5_CH4/TIM9_CH2/TIM2_CH4/O_TG_HS_ULPI_D0/ETH_MII_COL/ADC123_IN3	26					13

Tabel 10 - MCU pin description versus board function

MCUpin		Board function										
Main function	Alternate functions		Free I/O	DAC OUT	DAC OUT	SPI MISO	SPI MOSI	I2C SCL	P2	P1	CN2	CN5
PA4	SPI1_NSS/SPI3_NSS/USART2_CK/DCMI_HSY NC/OTG_HS_SOF/I2S3_WS/ADC12_IN4/DAC1_OUT	29	LRCK/AIN1x						16			
PA5	SPI1_SCK/OTG_HS_ULP_I_CK/TIM2_CH1_ETR/TIM8_CHIN/ADC12_IN5/DAC2_OUT	30		SCL/SPC					15			
PA6	SPI1_MISO/TIM8_BKIN/TIM13_CH1/DCMI_PIXCLK/TIM3_CH1/TIM1_BKIN/ADC12_IN6	31		SDO	SDA/SDI/SDO				18			
PA7	SPI1_MOSI/TIM8_CH1N/TIM14_CH1TIM3_CH2/ETH_MII_RX_DV/TIM1_CH1N/RMII_CRS_DV/ADC12_IN7	32							17			
PA8	MCO1/USART1_CK/TIM1_CH1/I2C3_SCL/OTG_FS_SOF	67										43
PA9	USART1_TX/TIM1_CH2/I2C3_SMBA/DCMI_D0/O_TG_FS_VBUS	68						GREEN		1		44

Tabel 11 - MCU pin description versus board function (continued)

MCUpin		Board function									P2
Main function	Alternate functions										P2
PA10	USART1_RX/TIM1_CH3/ OTG_FS_ID/DCMI_D1	69								4	41
PA11	USART1_CTS/CAN1_RX/TIM1_CH4/OTG_FS_DM	70								2	
PA12	USART1_RTS/CAN1_TX/TIM1_ETR/OTG_FS_D_P	71								3	
PA13	JTMS-SWDIO	72								4	42
PA14	JTCK-SWCLK	76								2	39
PA15	JTDI/SPI3_NSS/I2S3_WS/TIM2_CH1_ETR/SPI1_NSS	77									40
PB0	TIM3_CH3/TIM8_CH2N/OTG_HS_ULPI_D1/ETH_MII_RXD2/TIM1_CH2N/ADC12_IN8	35									22
PB1	TIM3_CH4/TIM8_CH3N/OTG_HS_ULPI_D2/ETH_MII_RXD3/OTG_HS_INTN/TIM1_CH3N/ADC12_IN9	36									21
PB2		37									24

Tabel 12 - MCU pin description versus board function (continued)

MCUpin			Board function											
Main function	Alternate functions	LQFP100	Power supply	Free I/O	OSC	USB	SWD	Pushbutton	LED	MP45DT02	LIS302DL	CS43L22	P2	
PB3	JTDO/TRACESWO/SPI3_SCK/I2S3_CK/TIM2_CH2/SPI1_SCK	89					SWO						6	28
PB4	NJTRST/SPI3_MISO/TI M3_CH1/SPI1_MISO/I2 S3ext_SD	90												25
PB5	I2C1_SMBA/CAN2_RX/OTG_HS_ULPI_D7/ETH_PPS_OUT/TIM3_CH2/SPI1_MOSI/SPI3_MOSI/DCMI_D10/I2S3_SD	91												26
PB6	I2C1_SCL/TIM4_CH1/CAN2_TX/OTG_FS_INTN/DCMI_D5/USART1_TX	92	SCL											23
PB7	I2C1_SDA/FSMC_NL/D_CMI_VSYNC/USART1_RX/TIM4_CH2	93												24
PB8	TIM4_CH3/SDIO_D4/TI M10_CH1/DCMI_D6/OTG_FS_SCL/ETH_MII_TX D3/I2C1_SCL/CAN1_RX	95												19

Tabel 13 - MCU pin description versus board function (continued)

MCUpin		Board function										
Main function	Alternate functions											Power supply
PB9	SPI2_NSS/I2S2_WS/TIM4_CH4/TIM11_CH1/OTG_FS_SDA/SDIO_D5/DCMI_D7/I2C1_SDA/CAN1_TX	96	SDA									20
PB10	SPI2_SCK/I2S2_CK/I2C2_SCL/USART3_RX/OTG_HS_ULPI_D3/ETH_MII_RX_ER/OTG_HS_SC_L/TIM2_CH3	47		CLK								34
PB11	I2C2_SDA/USART3_RX/OTG_HS_ULPI_D4/ETH_RMII_TX_EN/ETH_MII_TX_EN/OTG_HS_SDA/TIM2_CH4 (LET OP!!! Niet aanwezig om de stm32F411)	48									VGA HSYNC	35
PB12	SPI2_NSS/I2S2_WS/I2C2_SMBA/USART3_CK/TIM1_BKIN/CAN2_RX/OTG_HS_ULPI_D5/ETH_RMII_TXD0/ETH_MII_TXD0/OTG_HS_ID	51									VGA VSYNC	36

Tabel 14 - MCU pin description versus board function (continued)

MCUpin		Board function								P2	P1
Main function	Alternate functions		Free I/O	Power supply	MWFi RST	ADC IN	ADC IN			CN2	CN5
PB13	SPI2_SCK/I2S2_CK/USART3_CTS/TIM1_CH1N/CAN2_TX/OTG_HS_ULPI_D6/ETH_RMII_TXD1/ETH_MII_TXD1/OTG_HS_VBUS	52								37	
PB14	SPI2_MISO/TIM1_CH2N/TIM12_CH1/OTG_HS_DMUSART3_RTS/TIM8_CH2N/I2S2ext_SD	53								38	
PB15	SPI2_MOSI/I2S2_SD/TIM1_CH3N/TIM8_CH3N/TIM12_CH2/OTG_HS_DP	54								39	
PC0	OTG_HS_ULPI_STP/ADC123_IN10	15		PowerOn						8	
PC1	ETH_MDC/ADC123_IN11	16								7	
PC2	SPI2_MISO/OTG_HS_ULPI_DIR/TH_MII_TXD2/I2S2ext_SD/ADC123_IN12	17								10	
PC3	SPI2_MOSI/I2S2_SD/OTG_HS_ULPI_NXT/ETH_MII_TX_CLK/ADC123_IN13	18	DOUT/AIN4x							9	

Tabel 15 - MCU pin description versus board function (continued)

MCUpin		Board function							
Main function	Alternate functions		Free I/O	MiWi INT	MiWi Wake	MiWi SS	Buzzer	I2C SDA	P2
PC4	ETH_RMII_RX_D0/ETH_MII_RX_D0/ADC12_IN14	33							20
PC5	ETH_RMII_RX_D1/ETH_MII_RX_D1/ADC12_IN15	34							19
PC6	I2S2_MCK/TIM8_CH1/S DIO_D6/USART6_TX/D CMI_D0/TIM3_CH1	63							47
PC7	I2S3_MCK/TIM8_CH2/S DIO_D7/USART6_RX/D CMI_D1/TIM3_CH2	64	MCLK						48
PC8	TIM8_CH3/SDIO_D0/TI M3_CH3/USART6_CK/D CMI_D2	65							45
PC9	I2S_CKIN/MCO2/TIM8_CH4/SDIO_D1/I2C3_SD A/DCMI_D3/TIM3_CH4	66							46
PC10	SPI3_SCK/I2S3_CK/UA RT4_TX/SDIO_D2/DCMI_D8/USART3_TX	78	SCLK						37

Tabel 16 - MCU pin description versus board function (continued)



MCUpin			Board function										
Main function	Alternate functions	LQFP100	Free I/O	Power supply	PUSHBUTTON	LED	SWD	USB	OSC	LCD RS	LCD RW	P2	
PC11	UART4_RX/SPI3_MISO/SDIO_D3/DCMI_D4/USART3_RX/I2S3ext_SD	79											38
PC12	UART5_TX/SDIO_CK/D CMI_D9/SPI3_MOSI/I2S3_SD/USART3_CK	80	SDIN										35
PC13	RTC_AF1	7											12
PC14	OSC32_IN	8											9
PC15	OSC32_OUT	9											10
PD0	FSMC_D2/CAN1_RX	81											36
PD1	FSMC_D3/CAN1_TX	82											33
PD2	TIM3_ETR/UART5_RXS DIO_CMD/ DCMI_D11	83											34
PD3	FSMC_CLK/USART2_C TS	84											31
PD4	FSMC_NOE/USART2_R TS	85	RESET										32

Tabel 17 - MCU pin description versus board function (continued)

MCU pin		Board function						
Main function	Alternate functions	Free I/O	KEY K1	KEY K2	KEY K3	KEY K4	P2	
PD5	FSMC_NWE/USART2_Tx	86						29
PD6	FSMC_NWAIT/USART2_RX	87						30
PD7	USART2_CK/FSMC_NE1/FSMC_NCE2	88						27
PD8	FSMC_D13/USART3_TX	55						40
PD9	FSMC_D14/USART3_RX	56						41
PD10	FSMC_D15/USART3_CK	57						42
PD11	FSMC_A16/USART3CTS	58						43
PD12	FSMC_A17/TIM4_CH1/USART3_RTS	59						44
PD13	FSMC_A18/IM4_CH2	60						45
PD14	FSMC_D0/TIM4_CH3	61						46
PD15	FSMC_D1/TIM4_CH4	62						47
PE0	TIM4_ETR/FSMC_NBL0/DCMI_D2	97		INT1	INT2			17
PE1	FSMC_NBL1/DCMI_D3	98						18

Tabel 18 - MCU pin description versus board function (continued)



MCUpin		Board function																						
Main function	Alternate functions	Free I/O		LCD D7		LCD D6		LCD D5		LCD D4		Power supply												
		OSC	USB	SWD	LED	Pushbutton	LIS302DL	MP45DT02	CS43L22	LQFP100	PE2	PE3	PE4	PE5	PE6	PE7	PE8	PE9	PE10	PE11	PE12	PE13	PE14	
PE2	TRACECLK/FSMC_A23/ ETH_MII_TXD3	1																						
PE3	TRACED0/ FSMC_A19	2																						
PE4	TRACED1/FSMC_A20/D CMI_D4	3																						
PE5	TRACED2/FSMC_A21/T IM9_CH1/DCMI_D6	4																						
PE6	TRACED3/FSMC_A22/T IM9_CH2/DCMI_D7	5																						
PE7	FSMC_D4/ TIM1_ETR	38																						
PE8	FSMC_D5/ TIM1_CH1N	39																						
PE9	FSMC_D6/ TIM1_CH1	40																						
PE10	FSMC_D7/ TIM1_CH2N	41																						
PE11	FSMC_D8/ TIM1_CH2	42																						
PE12	FSMC_D9/ TIM1_CH3N	43																						
PE13	FSMC_D10/ TIM1_CH3	44																						
PE14	FSMC_D11/ TIM1_CH4	45																						

Tabel 19 - MCU pin description versus board function (continued)

Main function	MCUpin	Alternate functions	Board function																			
			P2	P1	CN2	CN5	Power supply	Free I/O	VGA	R3	OSC	OSC_IN	OSC_OUT	USB	SWD	LED	Pushbutton	LIS302DL	MP45DT02	CS43L22	LQFP100	
PE15	FSMC_D12/ TIM1_BKIN	46																	33	7	8	
PH0	OSC_IN	12																		5	6	3
PH1	OSC_OUT	13																		4	22	4
																				3		3
																				4		4
																				5		5
																				6		6
																				3		
																				4		
																				22		
																				5	3	1
																				2		
																				5		
																				23		
																				49		
																				50		
																				1		
																				2		

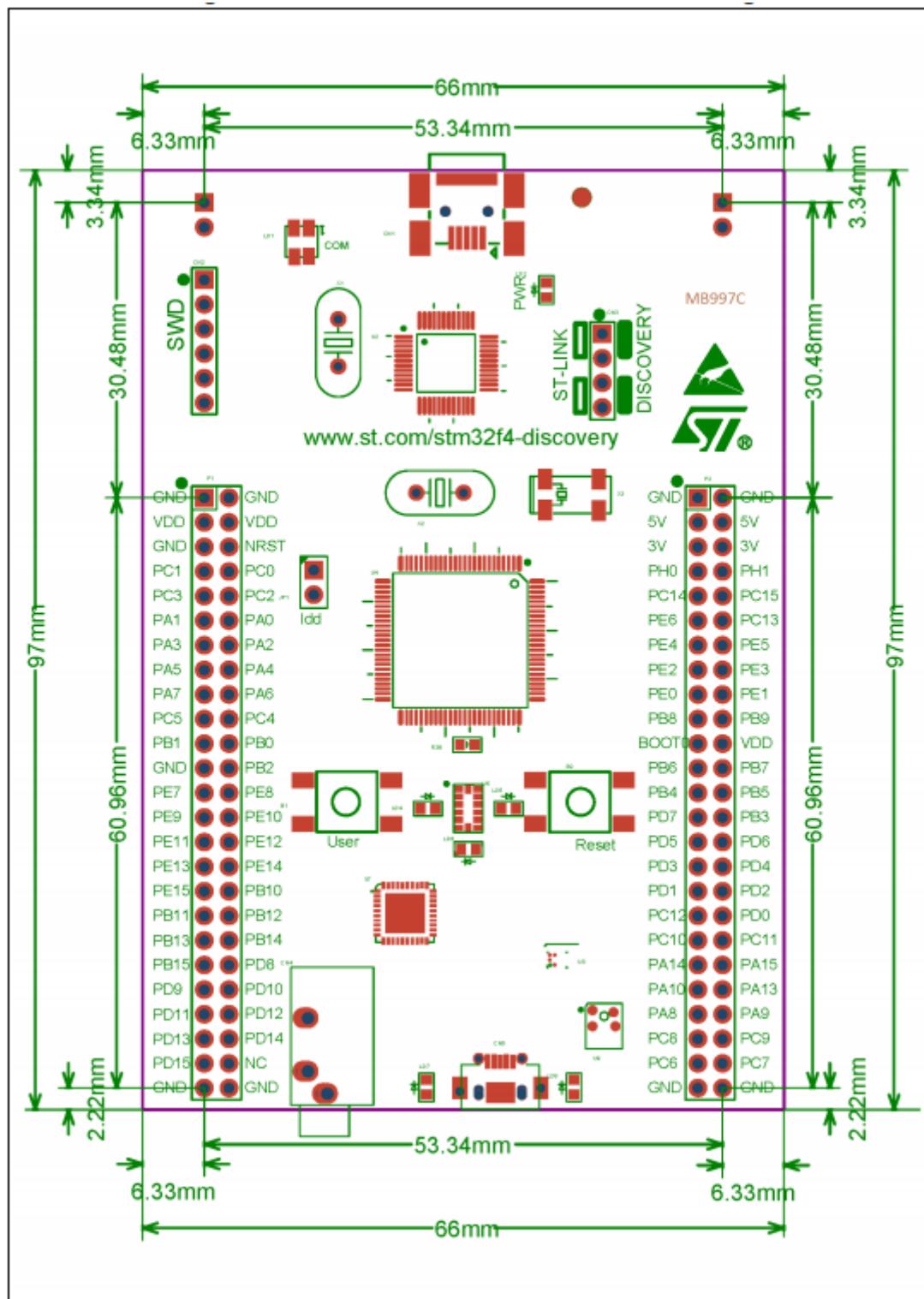
Tabel 20 - MCU pin description versus board function (continued)



MCUpin		Board function				
Main function	Alternate functions	P2	P1	CN2	CN5	
						49
						50

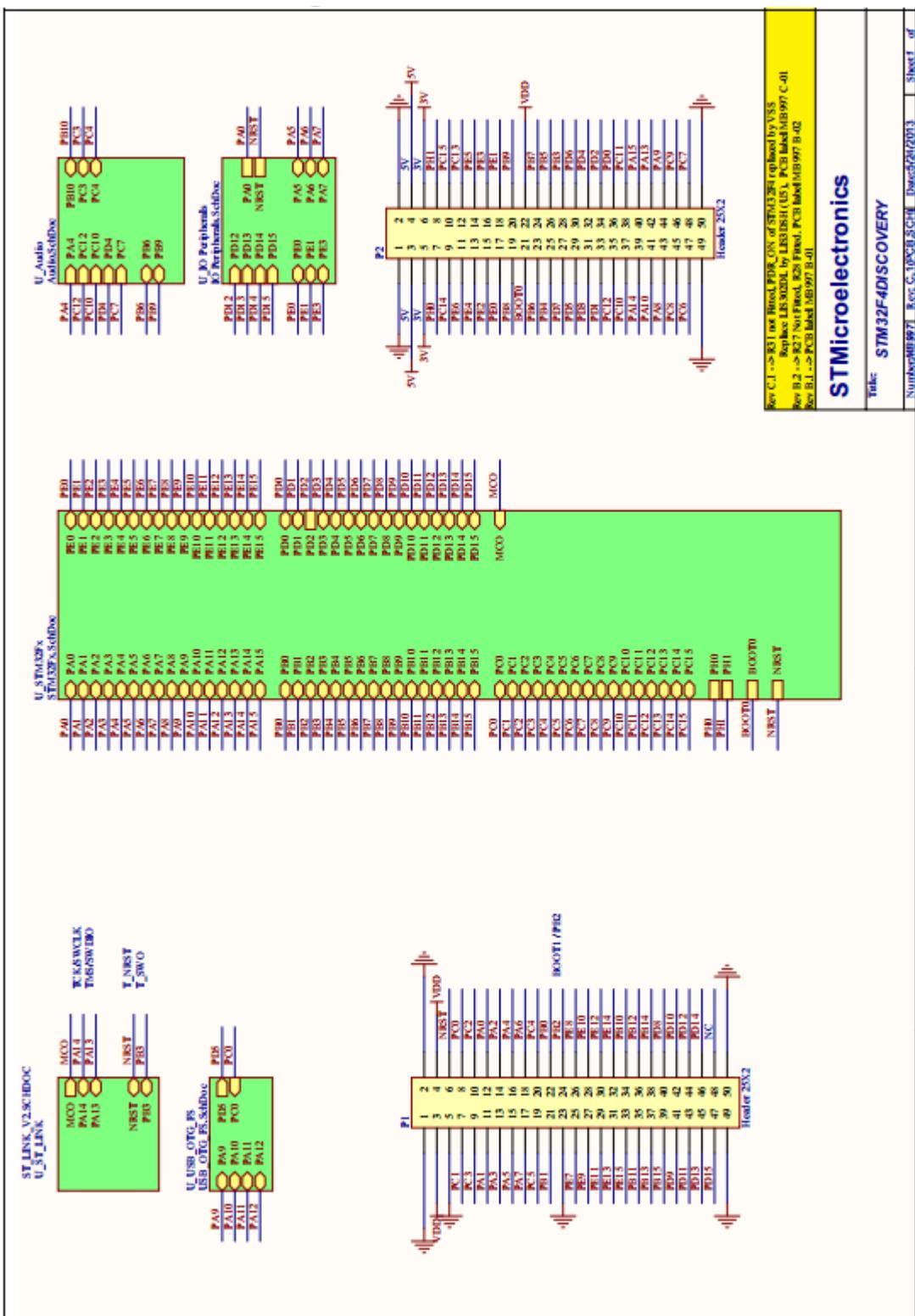
Tabel 21 - MCU pin description versus board function (continued)

4.3. BIJLAGE 3: MECHANISCHE TEKENING STM32F4 DISCOVERY

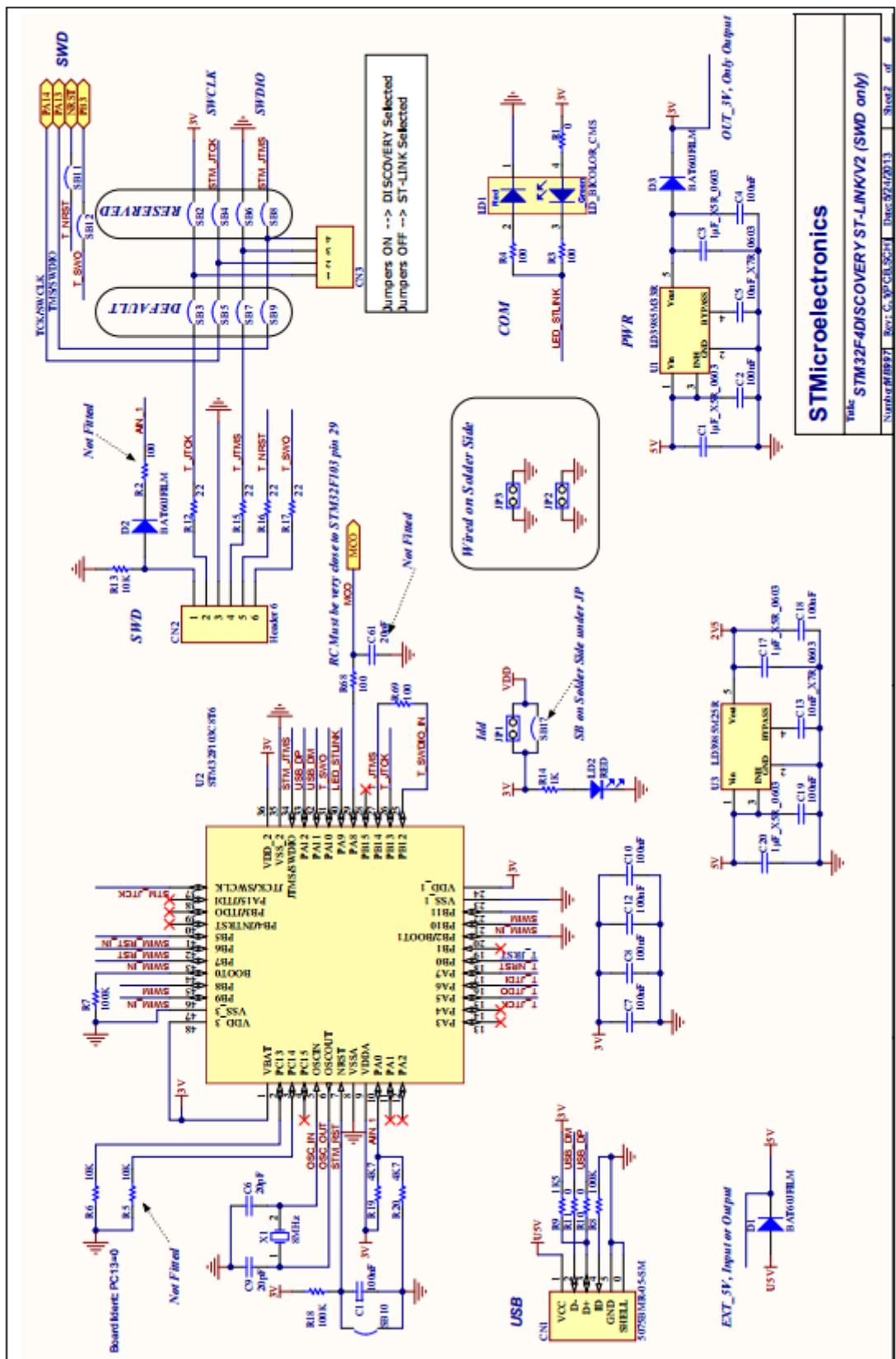


Figuur 26- Mechanische tekening STM32F4 Discovery

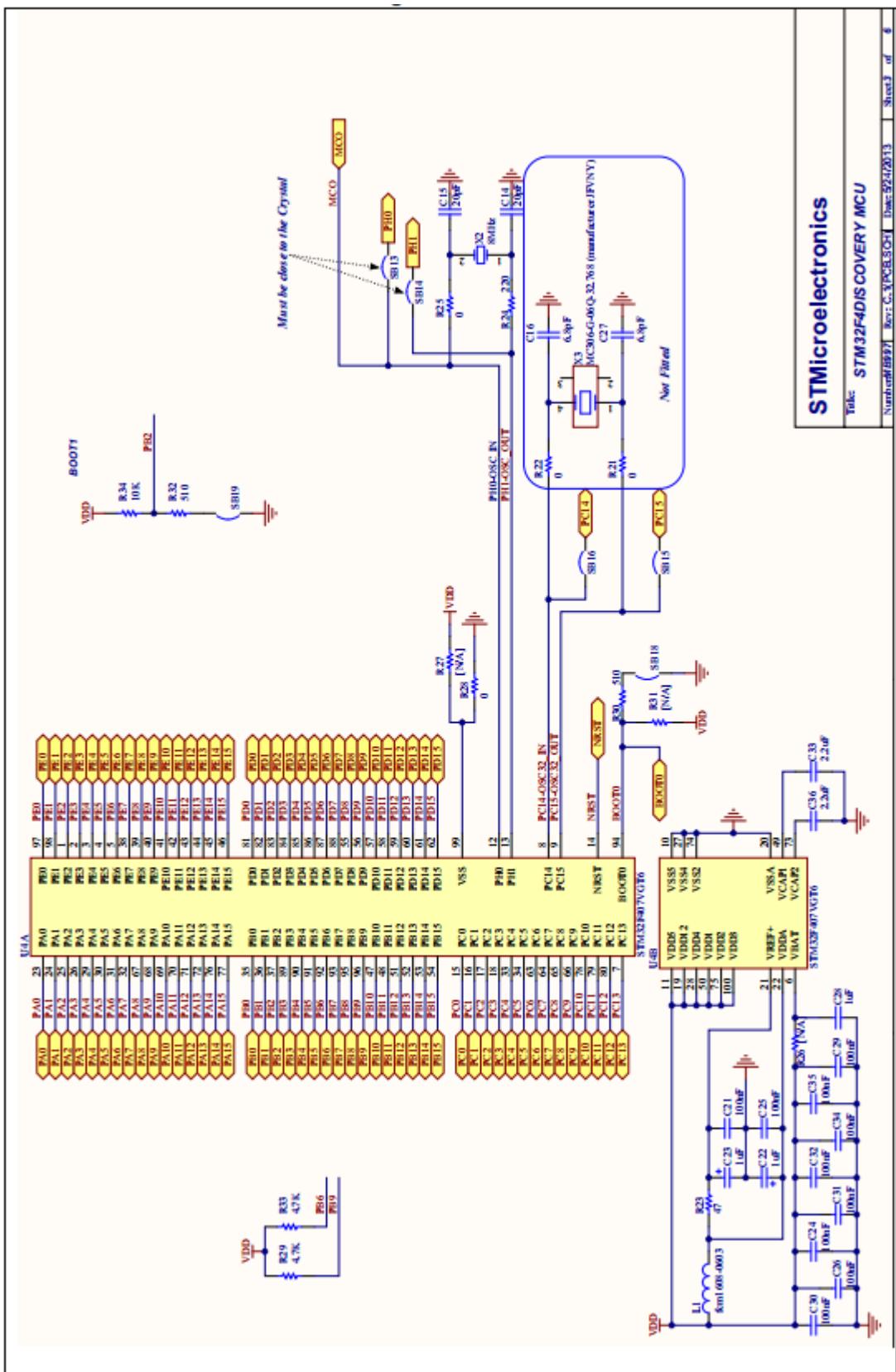
4.4. BIJLAGE 4: ELEKTRISCHE SCHEMA'S STM32F4 DISCOVERY



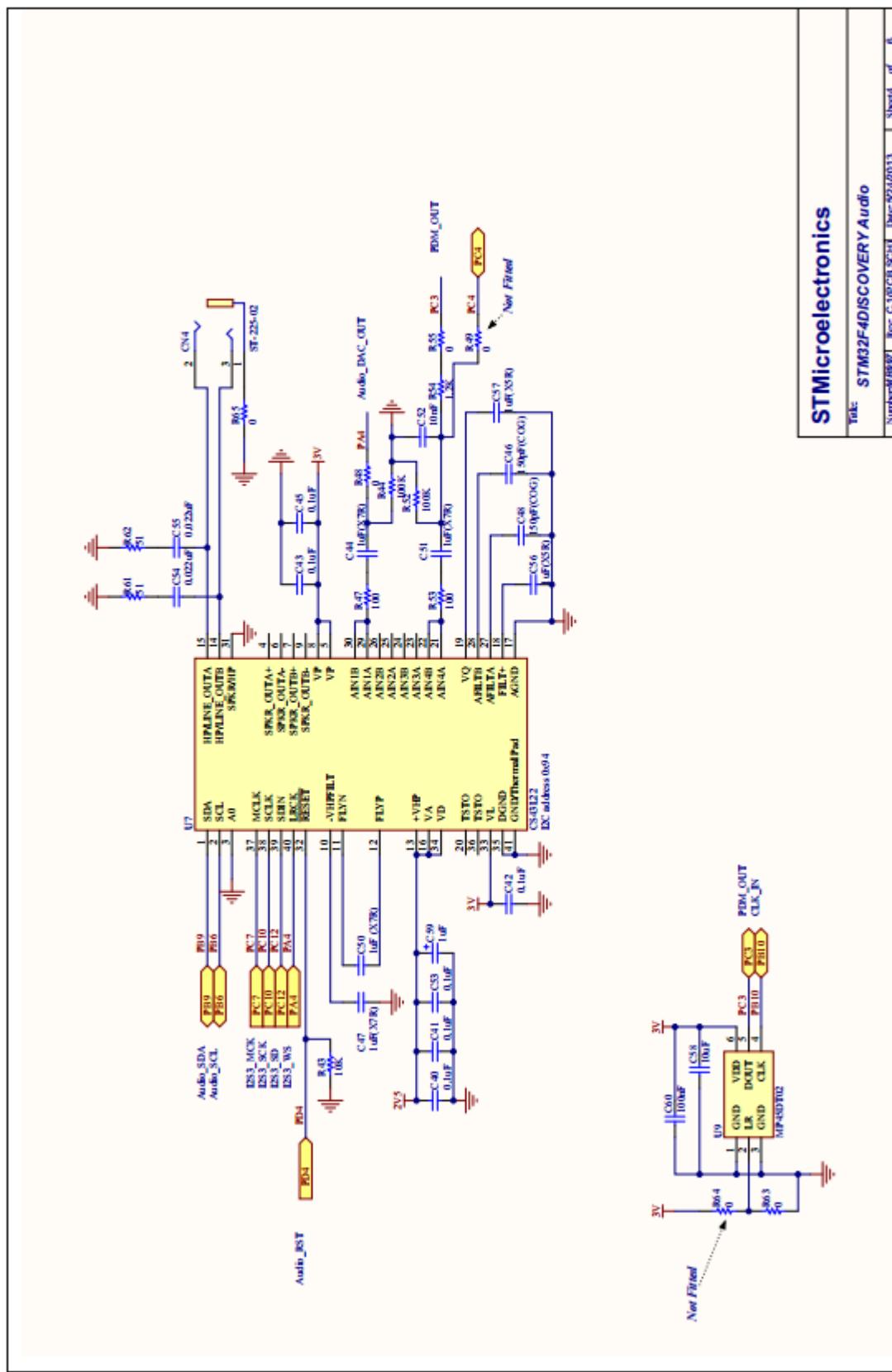
Figuur 27- Elektrische schema's STM32F4 Discovery



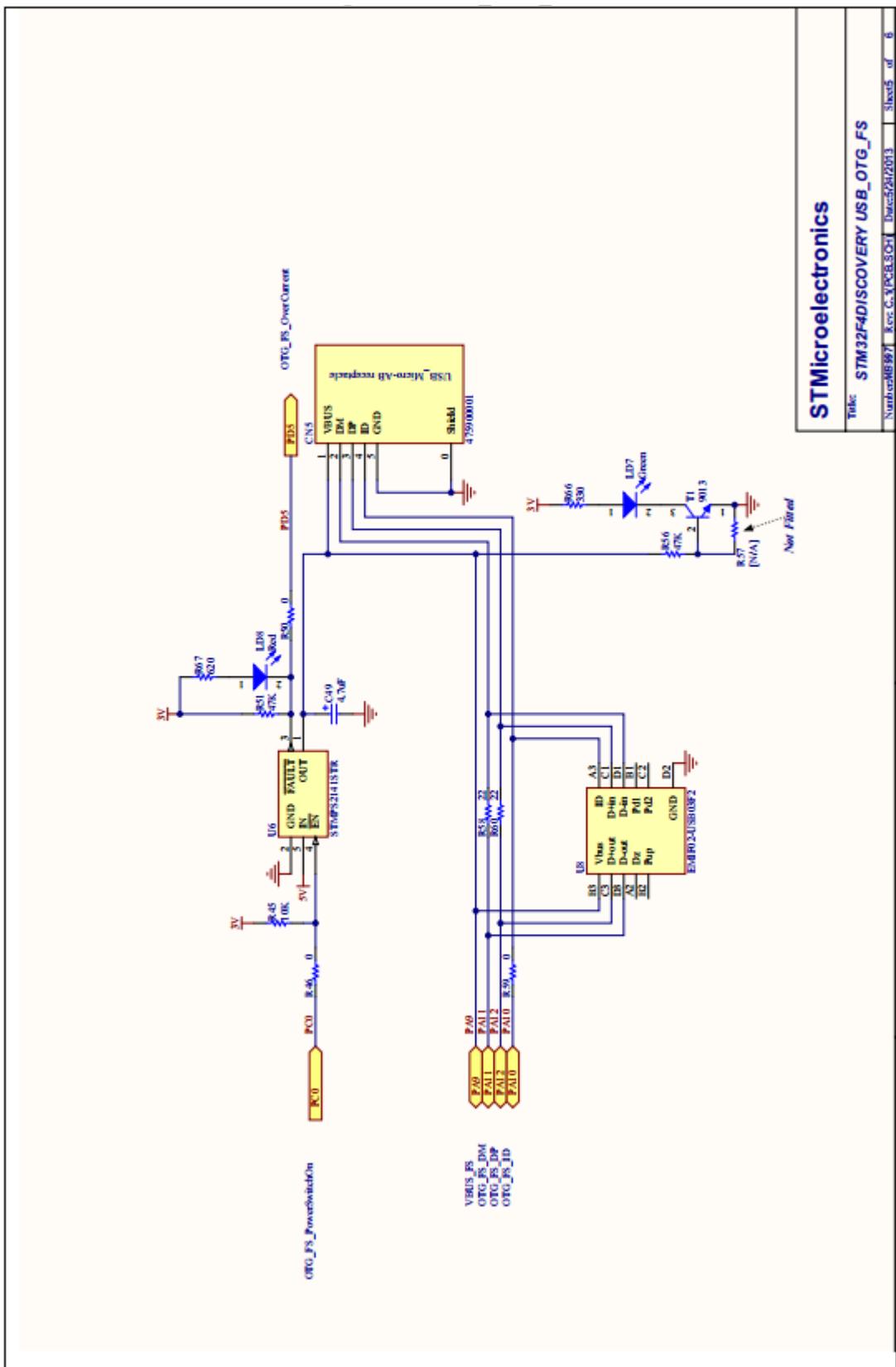
Figuur 28- Elektrische schema's STM32F4 Discovery (continued)



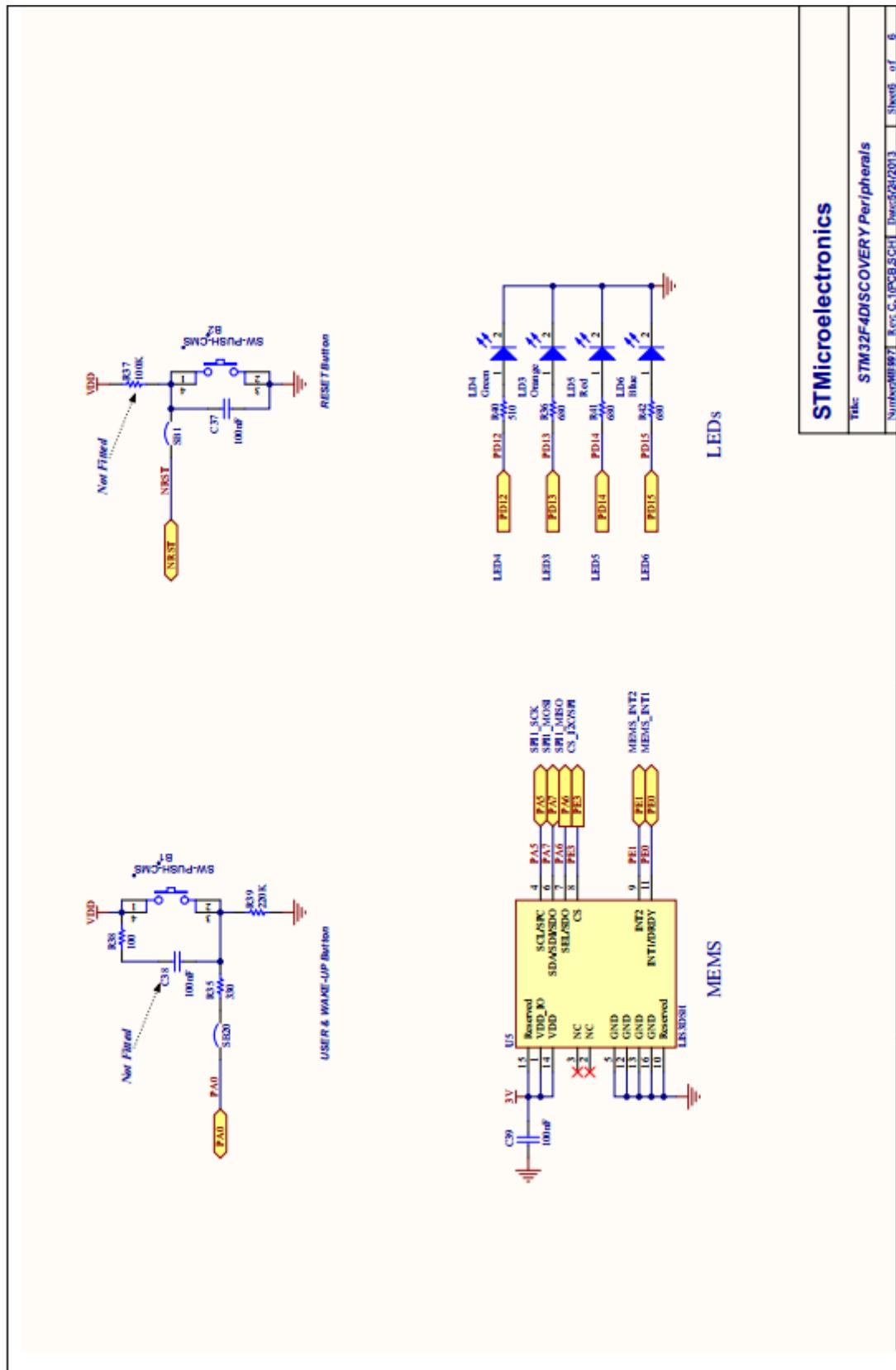
Figuur 29- Elektrische schema's STM32F4 Discovery (continued)



Figuur 30- Elektrische schema's STM32F4 Discovery (continued)



Figuur 31- Elektrische schema's STM32F4 Discovery (continued)



Figuur 32- Elektrische schema's STM32F4 Discovery (continued)

