



Flipperkast met betaalmodule

6^e jaar Elektriciteit-elektronica

Schooljaar 2020-2021

Robin Monseré

Begeleiders: Dhr. K. Hertens

Voorwoord

Voor onze geïntegreerde proef kregen we de opdracht om zelf een project te kiezen en dit te realiseren. Ik was dan ook best blij dat we zelf die keuze mochten maken. Ik ben voor een flipperkast gegaan, en er mijn eigen twist aan te geven. Mijn focus ligt niet enkel op de flipperkast zelf maar ook op de betaalmodule die ik er heb bijgemaakt. Deze werkt met RFID-tags. Wil je de flipperkast gebruiken? Zet wat Credits op je RFID-tag en je kan aan de slag! De gedachte hierachter is dat andere arcade games dan ook gespeeld worden met diezelfde badge. Om dit te realiseren heb ik gebruik gemaakt van meerdere Arduinos, solenoïdes, stuurschakelingen en andere elektronica zoals een I2C LCD, RFID-reader, etc.

Graag zou ik enkele mensen bedanken die me dit jaar geholpen hebben met mijn GIP, zonder hun hulp zou deze GIP niet tot stand zijn gekomen. Eerst en vooral wil ik meneer Hertens bedanken, die me doorheen het jaar tips en uitleg gaf. Daarnaast wil ik Gauthier Vanhove bedanken die met zijn 3D printer stukjes heeft gemaakt, Yoni Beheydt die me geholpen heeft met de constructie van de flipperkast en Lukas Oliver die me paint.net heeft leren kennen. Ook de rest van de klas die kwam testen en hun oprechte mening gaf.

Abstractum

Deze GIP was geen simpele opdracht. Ik heb er zeker veel van geleerd, niet enkel over de elektronica en de programmatie maar ook over planning, testen, 3D printen, prototyping, je werk bijhouden en documenteren. Voor mij is het zeker geslaagd als ik kijk naar de hoeveelheid kennis die ik hier uit gehaald heb.

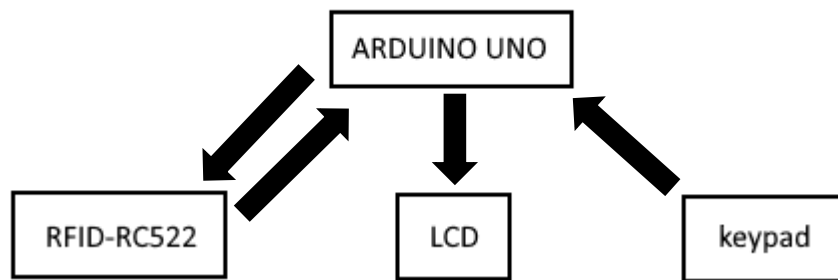
Inhoudsopgave

1	Inleiding	1
2	Betaalmodule	2
2.1	Werking	3
2.2	Toetsenbord	4
2.2.1	Werking	4
2.2.2	Aansluitingen	6
2.2.3	Programma	6
2.2.3.1	Bibliotheek	6
2.2.3.2	Declareren	6
2.2.3.3	keypad.getKey()	7
2.2.3.4	keypad.waitForKey()	8
2.3	RFID sensor module	9
2.3.1	werking	9
2.3.2	Aansluitingen	10
2.3.3	SPI bus	11
2.3.4	RFID badge	11
2.3.4.1	Geheugen	12
2.3.5	Programma	13
2.4	I2C-LCD	15
2.4.1	Werking	15
2.4.2	Aansluiting	15
2.5	Programma	16
2.5.1	Diagram	16
2.5.2	Uitleg	17
2.6	Omhulsel	23

1 Inleiding

Mijn GIP valt op te delen in 2 stukken, de flipperkast en de betaalmodule. Ik begin bij de betaalmodule, deze is volledig ge-3D-print. Hier wordt een Arduino Uno gebruikt, een LCD, keyboard en RFID-lezer.

Schematische voorstelling:



Figuur 1. Schematische voorstelling betaalmodule.

Daarna is het aan de flipperkast.

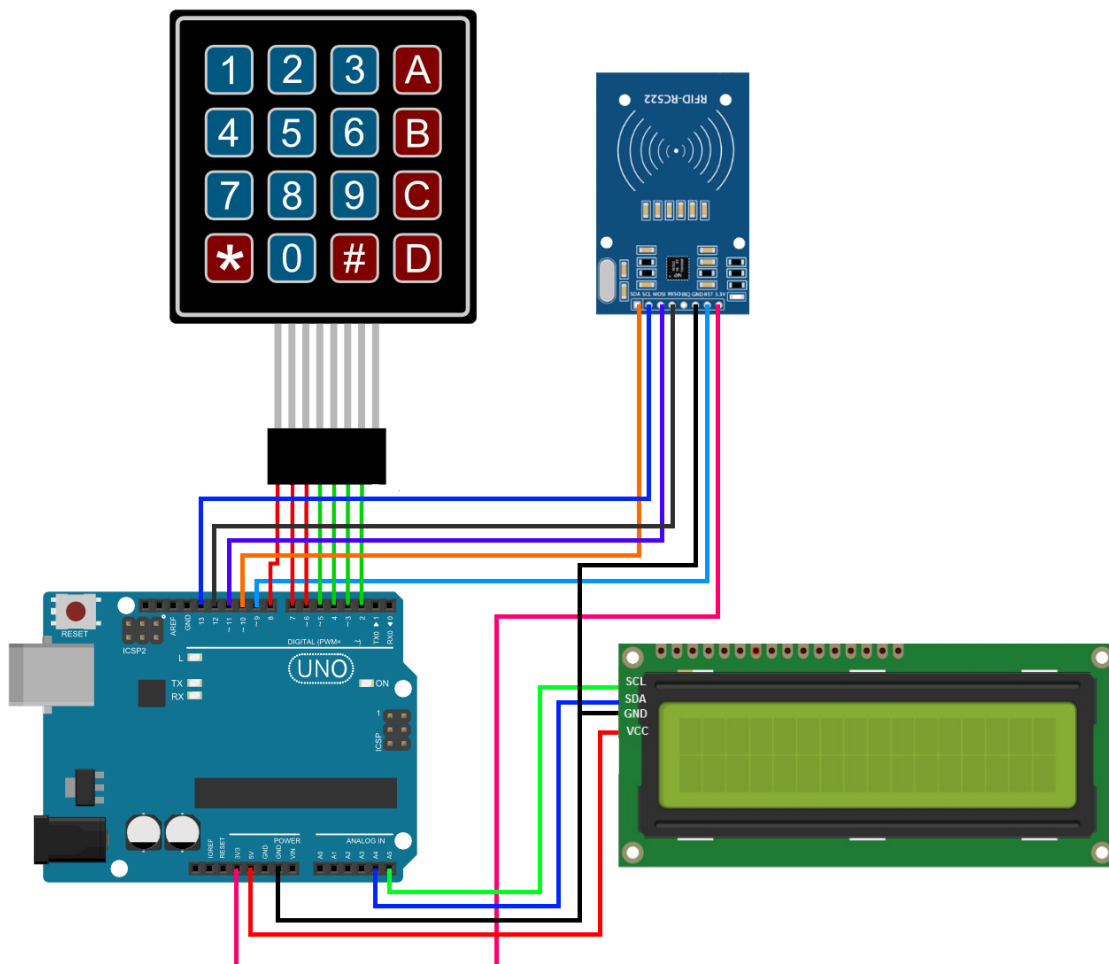
2 Betaalmodule

De “betaalmodule” wordt gebruikt om “Credits” op een RFID-badge te zetten, dit kan je vergelijken met een bankkaart of de Prizma kaart waarmee je een maaltijd betaalt. Deze Credits heb je nodig om de flipperkast te kunnen gebruiken. De badge wordt ingelezen via de RFID-RC522, en via het toetsenbord kan je navigeren op de LCD en ingeven hoeveel credits je op je badge wilt zetten.



Figuur 2. RFID-badge.

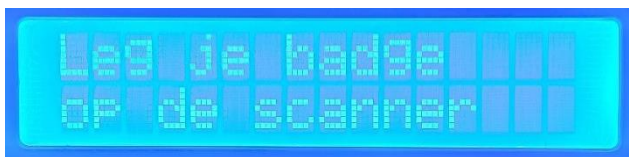
De betaalmodule bestaat uit een Arduino Uno, een LCD, een membraan toetsenbord en RFID-lezer. De Arduino Uno had net genoeg digitale ingangen om alle componenten aan te sluiten.



Figuur 3. Verbindingen voor de betaalmodule.

2.1 Werking

De betaalmodule wacht tot er een badge gedetecteerd wordt, dan verschijnt er “leg je badge op de scanner” op de LCD, zoals in figuur 4. Als die een badge detecteert, zal er “welkom [naam badge]” op de LCD komen, dit komt omdat elke badge een specifieke UID heeft (vb: 5D 68 BD 02). Deze UID wordt ingelezen en vergeleken met UID's die in het programma zitten. Zo weet het programma welke badge er op de scanner ligt. Het is de bedoeling dat de gebruiker de badge laat liggen tot alles klaar is. Daarna kan de gebruiker kiezen uit 2 dingen, Credits storten, of kijken wat het saldo is van de badge (zie figuur 5). Door op * of # te drukken op het toetsenbord kom je in het corresponderend menu.



Figuur 5. LCD, passieve toestand.



Figuur 4. LCD, keuzemenu.

Druk je op *, dan krijg je te zien hoeveel credits op de badge staan, door op # te duwen kom je terug in het keuzemenu. Als je kiest om credits te storten word je gevraagd hoeveel er moeten bijkomen. Door in te geven op het toetsenbord, met een maximum van 999, komt de waarde op het scherm. Je wordt gevraagd om te bevestigen door op * te duwen. Als het programma de credits succesvol heeft gestort, verschijnt dit op het scherm. (figuur 6).



Figuur 6. LCD, storting.



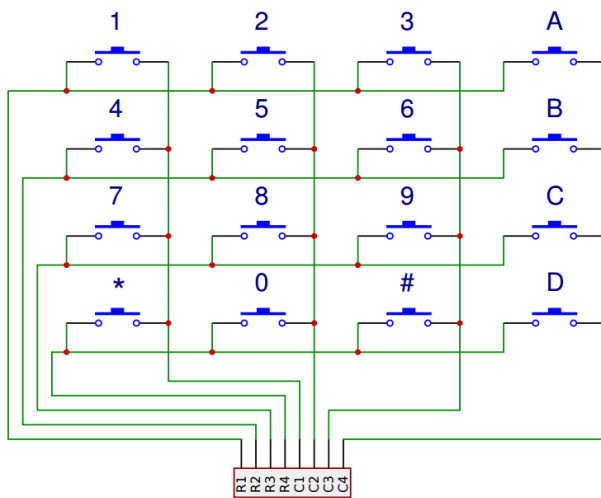
Figuur 7. LCD, storting geslaagd.

Als dit gedaan is, keert het programma terug naar het keuzemenu. Wanneer er plots een badge van de scanner wordt gehaald, dan zal de LCD terug naar het eerste scherm springen. Dan kan een andere persoon zijn badge op de scanner leggen.

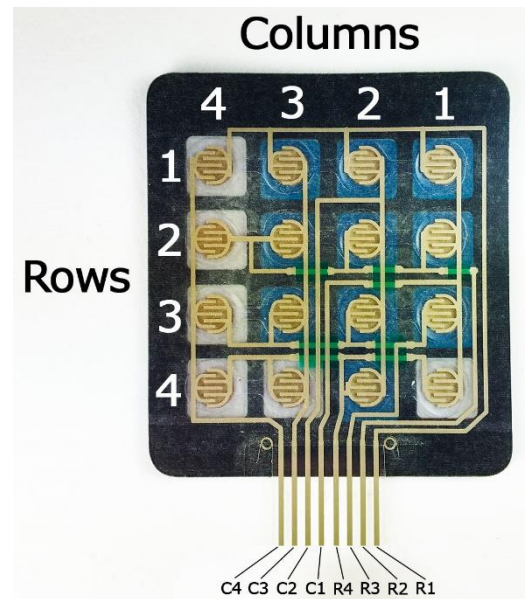
2.2 Toetsenbord

2.2.1 Werking

De knoppen op het toetsenbord zijn gerangschikt in rijen en kolommen. Onder elke knop zit een membraanschakelaar. Elke schakelaar in een rij is verbonden met de andere schakelaars in die rij, en elke schakelaar in een kolom is ook verbonden met elkaar (zie figuur 8 en figuur 9).

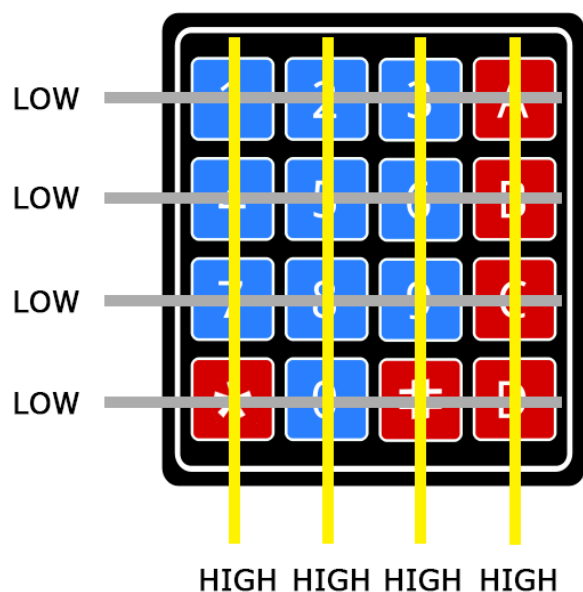


Figuur 8. Schema toetsenbord.

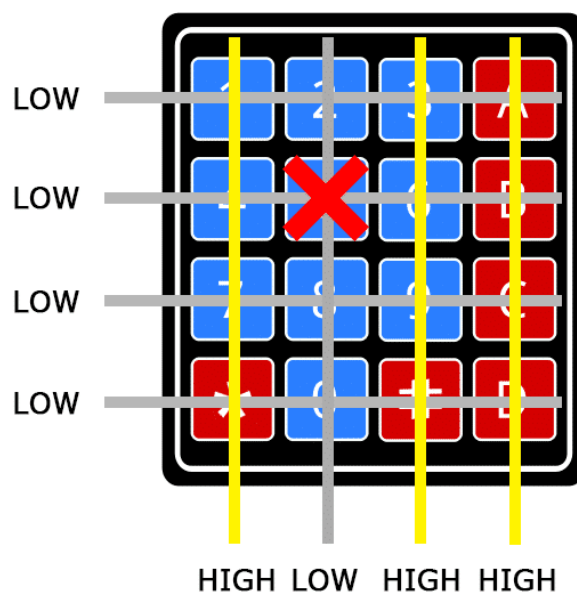


Figuur 9. Binnenkant toetsenbord.

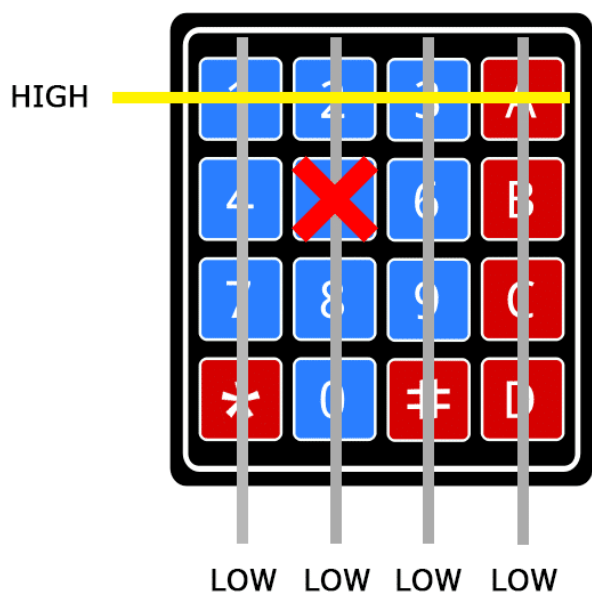
Dit toetsenbord heeft 16 knoppen, en toch maar 8 aansluitingen. Het bepalen van welke knop er ingedrukt wordt, gebeurt in het programma. Dit gebeurt in 4 stappen. Ten eerste is elke kolom pin hoog, en elke rij pin laag. (Zie figuur 10). Wanneer er een knop wordt ingedrukt, wordt de kolom pin daarbij laag getrokken (zie figuur 11). De kolom van de ingedrukte knop is nu bepaald, de Arduino weet nu wel nog niet welke knop het precies is, het moet nu enkel de rij nog bepalen. Dit gebeurt door elke kolom pin nu laag te trekken en 1 voor 1 de rij pinnen kort hoog te maken. (Zie figuur 12) De Arduino leest de kolom pinnen in en wanneer die hoog komt (zie figuur 13) weet die nu ook in welke kolom de knop zit. Met die kennis beslist de Arduino welke knop je net ingedrukt hebt. Welk cijfer of letter waar staat op het toetsenbord, moet je in het programma declareren.



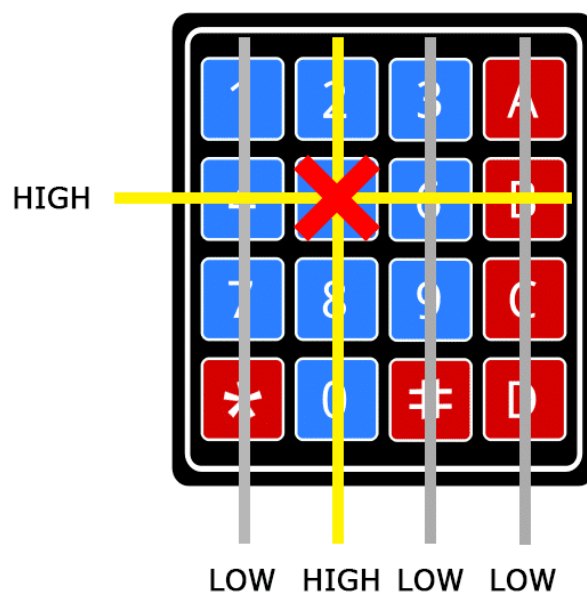
Figuur 11. Geen knop ingedrukt.



Figuur 10. "5" ingedrukt en kolom pin laag



Figuur 13. Kolom pinnen laag, rij pinnen 1 voor 1 hoog.



Figuur 12. Rij pin trekt kolom pin hoog.

2.2.2 Aansluitingen

Het aansluiten van dit membraantoetsenbord aan een Arduino is zeer simpel, er zijn 8 pinnen die moeten aangesloten zijn, deze kunnen rechtsreeks aan de digitale ingangen van de Arduino verbonden worden. Op het schema (figuur 3) kan je zien dat er echter maar 7 verbindingen worden gemaakt, dit komt omdat de kolom met de knoppen A, B, C en D niet gebruikt worden. En die hoef ik dan ook niet aan te sluiten.

2.2.3 Programma

2.2.3.1 Bibliotheek

Het programmeren van een Arduino toetsenbord is zeer gemakkelijk. Door gebruik te maken van een bibliotheek hoef je zelf niet veel te programmeren maar kan je een functie oproepen die standaard in de bibliotheek zit. Voor vele sensoren en actuatoren kan je een bibliotheek vinden en gebruiken om het programma makkelijker te maken. Alle informatie over de bibliotheek kan je hier vinden: <https://playground.arduino.cc/Code/Keypad/>

2.2.3.2 Declareren

Je begint in het programma met de nodige variabelen te declareren, ook wordt er een matrix aangemaakt met de karakters van het toetsenbord. Hier worden de karakters A, B, C en D ook niet gedeclareerd, ik heb die toch niet nodig.

```
const int ROW_NUM = 4;
const int COLUMN_NUM = 3;
char keys[ROW_NUM][COLUMN_NUM] =
{
  {'1', '2', '3'},
  {'4', '5', '6'},
  {'7', '8', '9'},
  {'*', '0', '#'}
};

byte pin_rows[ROW_NUM] = {8, 7, 6, 5}; // de rijen van het keyboard
byte pin_column[COLUMN_NUM] = {4, 3, 2}; // de kolommen van het keyboard
Keypad keypad = Keypad(makeKeymap(keys), pin_rows, pin_column, ROW_NUM,
COLUMN_NUM );
```

Daarna maak je een “Keypad” object aan, dit gebeurt in rij 36 (figuur 14). Als je meerdere toetsenborden gebruikt voor je project dan maak je meerdere objecten aan en wijs je de correcte pinnen toe aan het juiste object. Voor het oproepen van een functie die in de bibliotheek zit, plaats je altijd het object ervoor. Zo weet de Arduino over welk toetsenbord je het hebt. Bij mijn GIP kan er geen verwarring zijn want ik gebruik maar 1.

2.2.3.3 keypad.getKey()

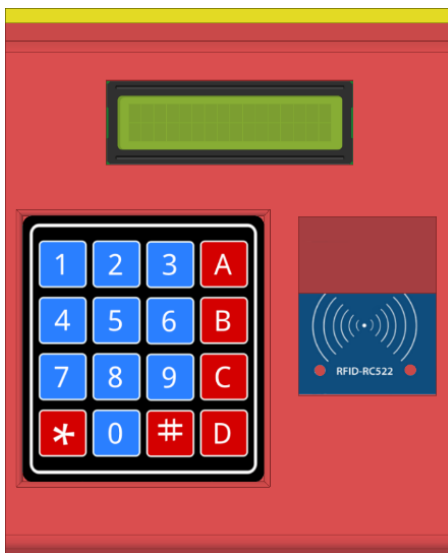
Om te weten welke toets er op een bepaald moment is ingedrukt, roep je de functie “keypad.getKey()” op, deze geeft een karakter terug. Wanneer er geen knop wordt ingedrukt op het moment, dan keert de “getKey” functie ‘NO_KEY’ terug. Dit karakter steek ik in een variabele die ik “keypressed” noem. Nu gaat het programma door 3 ‘if’ en ‘else if’ statements. Deze controleren of de variabele een ‘#’ of een ‘*’ is, dan gaat het programma verder in de correcte functies. Als er echter op een andere knop gedrukt is, bv: 1 of 5, dan zal het programma in de laatste if else functie komen. Er komt een tekst op het scherm die de gebruiker laat weten dat je op ‘#’ of ‘*’ moet drukken. En dan gaat het programma verder.

```
char keypressed = keypad.getKey();
if (keypressed == '#')
{
    KeuzeMenu = false;
    STORT();
}
else if (keypressed == '*') // * voor naar balans menu te gaan.
{
    KeuzeMenu = false;
    BALANS();
}
else if (keypressed != NO_KEY)
{
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print(F("Druk op # of *"));
    delay(1000);
    lcd.clear();
    lcd.print(F("#: Stort Credits"));
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print(F("*: Bekijk balans"));
}
```

2.2.3.4 keypad.waitForKey()

Soms is het nodig dat het programma moet wachten op een toets die ingedrukt wordt, dit kan gemakkelijk gedaan worden met de 'waitForKey' functie. Dit stopt het volledige programma en wacht tot er een toets wordt ingedrukt. Als je ook wilt weten welke toets dit is dan ken je die toe aan een variabele. In het voorbeeld zit het programma in een while lus en telkens wanneer er op een toets wordt gedrukt dan wordt deze gecontroleerd, als het een '#' is dan gaat het programma uit de while lus en verder door het programma.

```
char KeyPressed = ' ';  
while (KeyPressed != '#')  
{  
    KeyPressed = keypad.waitForKey();  
}  
KeuzeMenu = true;  
KEUZEMENU();
```



2.3 RFID sensor module

Gebruik maken van een RFID kit is essentieel om te weten wie speelt op de flipperkast. Zo kan er een verdienmodel aangekoppeld worden. Ik heb voor de RC522 gekozen omdat deze zeer bekend is. Het is goedkoop, vaak minder dan 5 euro, het is betrouwbaar en heeft een laag verbruik.

Er zijn 2 belangrijke onderdelen, de RC522, een sensor die een RFID chip kan uitlezen en naar schrijven. En de RFID chip, die zit meestal in een kaart of badge. (Zie figuur 14)

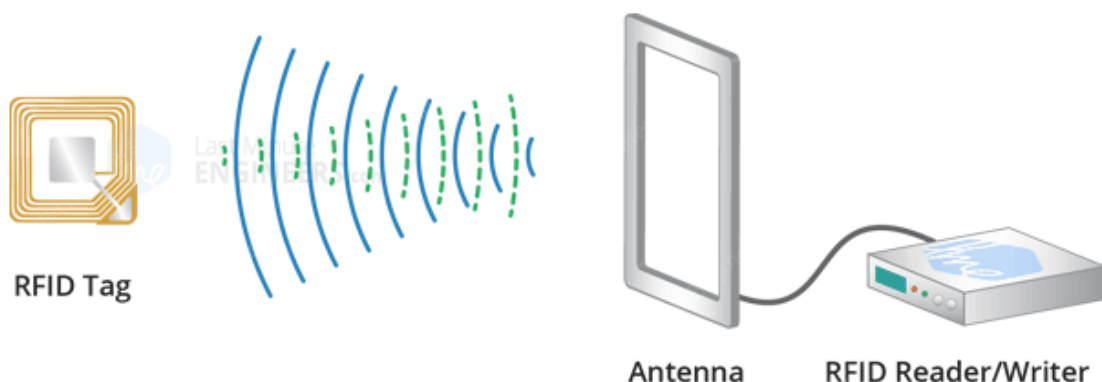


Figuur 14. Een volledige RFID-RC522 kit met kaart en badge.

Deze technologie wordt vaak toegepast in de praktijk. In grote bedrijven wordt het gebruikt om te weten wanneer arbeiders beginnen aan hun shift of wanneer ze naar huis gaan. Ook de Prizma eetkaart werkt met dit. Dit kan ook gebruikt worden om in een winkel automatisch af te rekenen. RFID staat voor: Radio Frequency Identification.

2.3.1 werking

De RC522 module bestaat uit een radiofrequentiemodule en een antenne die een hoogfrequent elektromagnetisch veld genereert. De tag is meestal een passief apparaat, wat betekent dat er geen batterij in zit. In plaats daarvan bevat het een microchip die informatie opslaat en verwerkt, en een antenne om het signaal te ontvangen en te verzenden.

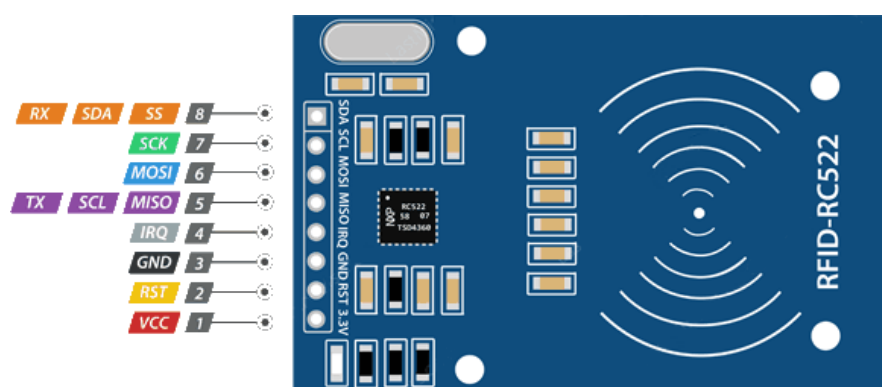


Figuur 15. Principe werking van RFID.

Om de informatie die op een tag opgeslagen is te lezen, wordt deze in de buurt van de RC522 geplaatst (hoeft geen direct contact te hebben). De RC522 genereert een elektromagnetisch veld waardoor elektronen door de antenne van de tag bewegen en vervolgens de chip van stroom voorzien. De aangedreven chip in de tag reageert vervolgens door de opgeslagen informatie terug te sturen naar de lezer in de vorm van een ander radiosignaal. Dit wordt backscatter genoemd. De verandering in het elektromagnetisch veld wordt gedetecteerd en opgevangen door de lezer, die de gegevens vervolgens naar een computer of microcontroller stuurt. In dit geval een Arduino Uno, De communicatie tussen Arduino en de RC522 gebeurt via de SPI bus. Door opnieuw gebruik te maken van een bibliotheek kan dit vlot en simpel gedaan worden.

2.3.2 Aansluitingen

De RC522 werkt op een spanning van 3.3V dus we beginnen met de VCC pin aan de 3.3V te verbinden en de GND pin aan de GND van de Arduino. De RST pin kan aangesloten worden op elke digitale ingang van de Arduino, hier is die op poort 9 aangesloten. De rest van de pinnen zijn voor de SPI communicatie, deze worden best verbonden met hardware SPI pinnen van de microcontroller. Deze zijn het snelst. Elk type Arduino bord heeft andere pinnummers daarvoor. De Arduino Uno gebruikt pin 11 voor de MOSI (**M**aster **O**ut, **S**lave **I**n), pin 12 voor MISO (**M**aster **I**n, **S**lave **O**ut), pin 13 voor SCK (**S**erial **C**lock) en pin 10 voor de CS (Chip Select).

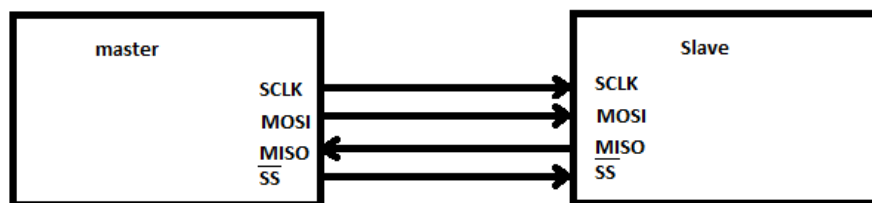


Figuur 16. Aansluitingen RC522

2.3.3 SPI bus

De RC522 maakt gebruik van de SPI bus, dit is een welbekend en wereldwijd gebruikt communicatie protocol. De start van de communicatie gebeurt door de masterchip. Het is mogelijk om meerdere slaves te hebben, maar ze moeten dan ieder een aparte chip select hebben. Er zijn altijd vier verbindingen voor communicatie nodig, namelijk:

- MISO: Master In Slave Out, de data van de slave wordt hierover naar de master gestuurd.
- MOSI: Master Out Slave In, op deze lijn wordt de data verzonden van master naar slave.
- SCLK: Seriële Clock, wordt geleverd door de master.
- SS: Slave Select, Deze lijn wordt actief laag aangestuurd. De lijn voor de geselecteerde slave zal laag zijn. Wanneer de communicatie met de slave gedaan is, zal de lijn een logische 1 krijgen.



Figuur 17. Schematische voorstelling SPI bus.

2.3.4 RFID badge

Ik heb beslist om een badge te gebruiken en geen kaart, de badge is wat kleiner en past op de RC522, de kaart heeft meer ruimte nodig.

In de bibliotheek die ik gebruik voor de RC522 zit een voorbeeld programma genaamd “Dumpinfo”. Dit programma is zeer handig, het schrijft niets van informatie naar de badge maar het toont alle nuttige informatie die in de badge opgeslagen is op het scherm van de seriële monitor. Dit is ook het merk, type, UID en hoeveel opslag er is. De badges die ik gebruik hebben 1KB aan data en de UID (Unique Identifier) is “20 C3 93 5E”. Elke kaart heeft een andere UID, als deze door toeval toch hetzelfde is, of je wil die voor een andere reden veranderen, dan is dit ook mogelijk met een programma die in de bibliotheek zit.

```
Firmware Version: 0x92 = v2.0
Scan PICC to see UID, SAK, type, and data blocks...
Card UID: 20 C3 93 5E
Card SAK: 08
PICC type: MIFARE 1KB
```

Figuur 18. Gegevens RFID-badge.

2.3.4.1 Geheugen

De RFID badge heeft een geheugen van 1K, ook dit kunnen we perfect zien via het voorbeeld programma. Dit geheugen is georganiseerd in 16 **sectoren** (van 0 tot 15). Elke sector is verder verdeelt in 4 **blokken**, elke blok kan 16 bytes aan **data** opslaan.

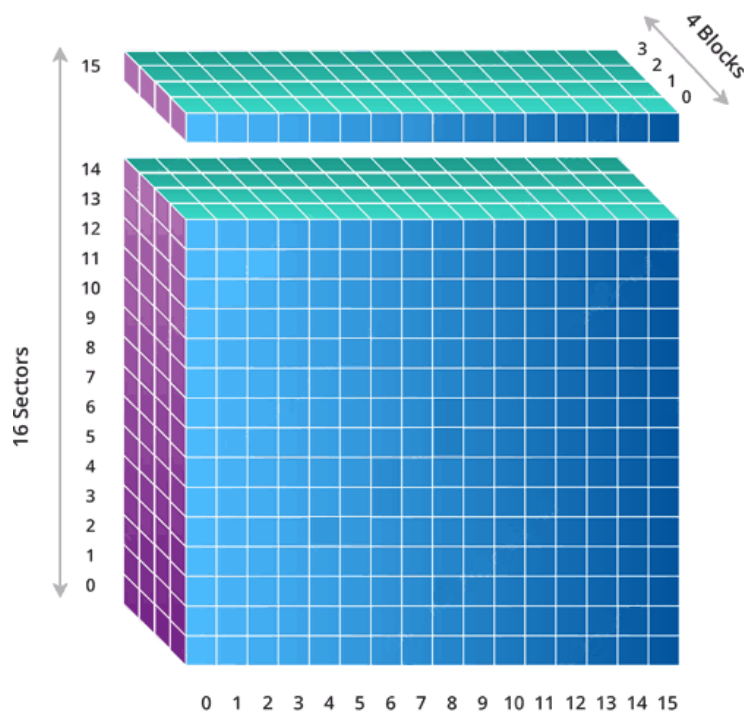
```
Firmware Version: 0x92 = v2.0
Scan PICC to see UID, SAK, type, and data blocks...
Card UID: 20 C3 93 5E
Card SAK: 08
PICC type: MIFARE 1KB
```

Sector	Block	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	AccessBits
15	63	00	00	00	00	00	00	FF	07	80	69	FF	FF	FF	FF	FF	FF	[0 0 1]
	62	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	[0 0 0]
	61	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	[0 0 0]
	60	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	[0 0 0]
14	59	00	00	00	00	00	00	FF	07	80	69	FF	FF	FF	FF	FF	FF	[0 0 1]
	58	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	[0 0 0]
	57	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	[0 0 0]
	56	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	[0 0 0]
13	55	00	00	00	00	00	00	FF	07	80	69	FF	FF	FF	FF	FF	FF	[0 0 1]
	54	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	[0 0 0]
	53	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	[0 0 0]
	52	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	[0 0 0]
12	51	00	00	00	00	00	00	FF	07	80	69	FF	FF	FF	FF	FF	FF	[0 0 1]

Figuur 19. Geheugen RFID-badge.

Dus

als we het even uitrekenen, 16 bytes aan data per blok, en 4 blokken per sector, voor 16 sectoren: $16 \times 4 \times 16 = 1024$ bytes = 1Kb. Dit geheugen kunnen we gebruiken om naar te schrijven en van te lezen, hier zetten we de hoeveelheid Credits op. Er moet enkel afgesproken worden op welke plaats we die data plaatsen. Je kan kiezen waar je dit doet, ik koos voor block 60.



Figuur 20. Schematische voorstelling 1Kb.

2.3.5 Programma

Om de RC522 te programmeren gebruik ik de MFRC522 bibliotheek gemaakt door miguelbalboa op GitHub. Ook de SPI bus bibliotheek van Arduino wordt gebruikt. Om te starten maak je een object aan die je later terug kan oproepen. Dit is mfrc522 in het programma. Ook worden de SDA (pin 10) en RST (pin 9) pin gedeclareerd.

```
MFRC522 mfrc522(10, 9);
```

In de setup wordt dit object geïnitieerd. En dan kan het gebruikt worden. In de MFRC522 bibliotheek zitten verschillende voorbeeldprogramma's die ik gebruikt heb en stukken van heb gekopieerd. Zoals dit stuk:

```
while (KeuzeMenu == true)
{
    MFRC522::StatusCode status;
    MFRC522::MIFARE_Key key;
    for (byte i = 0; i < 6; i++) key.keyByte[i] = 0xFF;
    status = mfrc522.PCD_Authenticate(MFRC522::PICC_CMD_MF_AUTH_KEY_A,
    Block, &key, &(mfrc522.uid));

    if (status != MFRC522::STATUS_OK) {
        Serial.print(F("Authentication failed: "));
        Serial.println(mfrc522.GetStatusCodeName(status));
        CorrectRFID = false;
        RFIDSCAN();
    }
}
```

Dit stuk wordt gebruikt terwijl de badge op de scanner ligt en wacht op de gebruiker die kiest of er Credits moeten bijkomen of het saldo wil bekijken (zie figuur 4). Het programma zit in een while lus en blijft dit doorlopen. De RC522 stuurt een signaal met de key (deze is voor elke badge gelijk) naar de badge en kijkt of die een reactie terug krijgt. Zo niet, dan zal de status niet gelijk zijn aan 'STATUS_OK' en gaat het programma terug naar de RFIDSCAN functie. Daar wacht het programma op een nieuwe badge (zie figuur 3). De RFIDSCAN functie wacht op een nieuwe badge, leest deze in en bepaalt welke badge het is aan de hand van de UID. Alle UIDs worden in het begin van het programma in een array gestoken, en ook alle namen van de badges.

```
String AllPlayers[13] = {"Admin" , "Blauw" , ... , "Wit"};
String UIDtags[13] = {" 23 AA E9 1B" , " 5D 68 BD 02", ..., " D7 4B 21 03"};
```

Er wordt gekeken op welke plaats de UID staat in de rij, de naam van de badge staat op dezelfde plaats in de andere array. Als de UID niet in het systeem zit dan komt er een error op de LCD, en het programma herhaalt zich.

De volledige RFIDSCAN functie staat op de volgende pagina.

```

void RFIDSCAN()
{
    Serial.println(F("Nu in Void RFIDSCAN"));
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 0);
    ///////////"-----"
    lcd.print(F("Leg je badge"));
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print(F("op de scanner"));
    bool Card = false;
    while (Card == false) {
        if (mfrc522.PICC_IsNewCardPresent()) {
            if (mfrc522.PICC_ReadCardSerial()) {
                Card = true;
            }
        }
    }
    while (CorrectRFID == false)
    {
        tag = "";
        Serial.println(tag);
        for (byte i = 0; i < mfrc522.uid.size; i++)
        {
            tag.concat(String(mfrc522.uid.uidByte[i] < 0x10 ? " 0" : " "));
            tag.concat(String(mfrc522.uid.uidByte[i], HEX));
        }
        tag.toUpperCase();
        Serial.println(tag);
        for (byte i = 0; i < 12; i++)
        {
            if (tag == UIDtags[i])                // Als 1 van de UIDtags gelijk
            {
                CurrentPlayer = AllPlayers[i];    // is aan de ingelezen tag
                CorrectRFID = true;                // Zet CorrectRFID true
                lcd.clear();                      // En verwelkom de speler.
                lcd.print(F("Welkom "));
                lcd.print(CurrentPlayer);
                Is_Ingelezen = false;
                delay(500);
                KeuzeMenu = true;                // Zo geraakt het progamma
                KEUZEMENU();                      // in KEUZEMENU()
            }
        }
        if (CorrectRFID == false)
        {
            Serial.println(F("Deze tag zit niet in de databasis"));
            lcd.clear();
            lcd.print(F("Afgewezen"));
            delay(500);
            return;
        }
    }
}
}

```

2.4 I2C-LCD

De LCD is cruciaal, hier komt alle nodige informatie op. De LCD is relatief gemakkelijk om aan te sturen omdat we dit al vroeg geleerd hadden in school. Ook hier gebruik ik weer een bibliotheek.

2.4.1 Werking

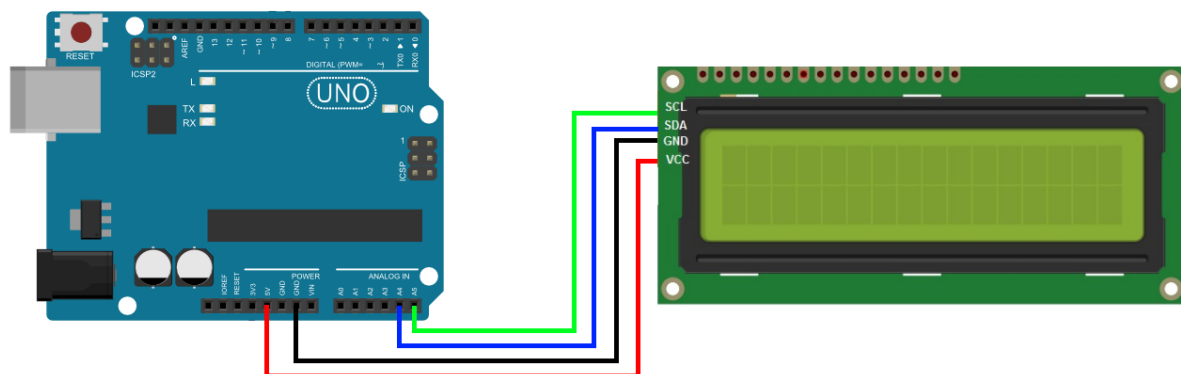
Dit type LCD is ideaal voor het weergeven van tekst en cijfers, vandaar dat het ook ‘character LCD’ wordt genoemd. De LCD die ik gebruik heeft achteraan een I2C module gemonteerd. Deze module is voorzien van een PCF8574-chip (voor I2C-communicatie) en een potentiometer om de led-achtergrondverlichting aan te passen. Het voordeel van een I2C LCD is dat de bedrading heel eenvoudig is. Er zijn slechts 4 pinnen nodig om het LCD-scherm te bedienen, 2 data pinnen en de VCC en GND.



Figuur 21. LCD met I2C module gemonteerd.

2.4.2 Aansluiting

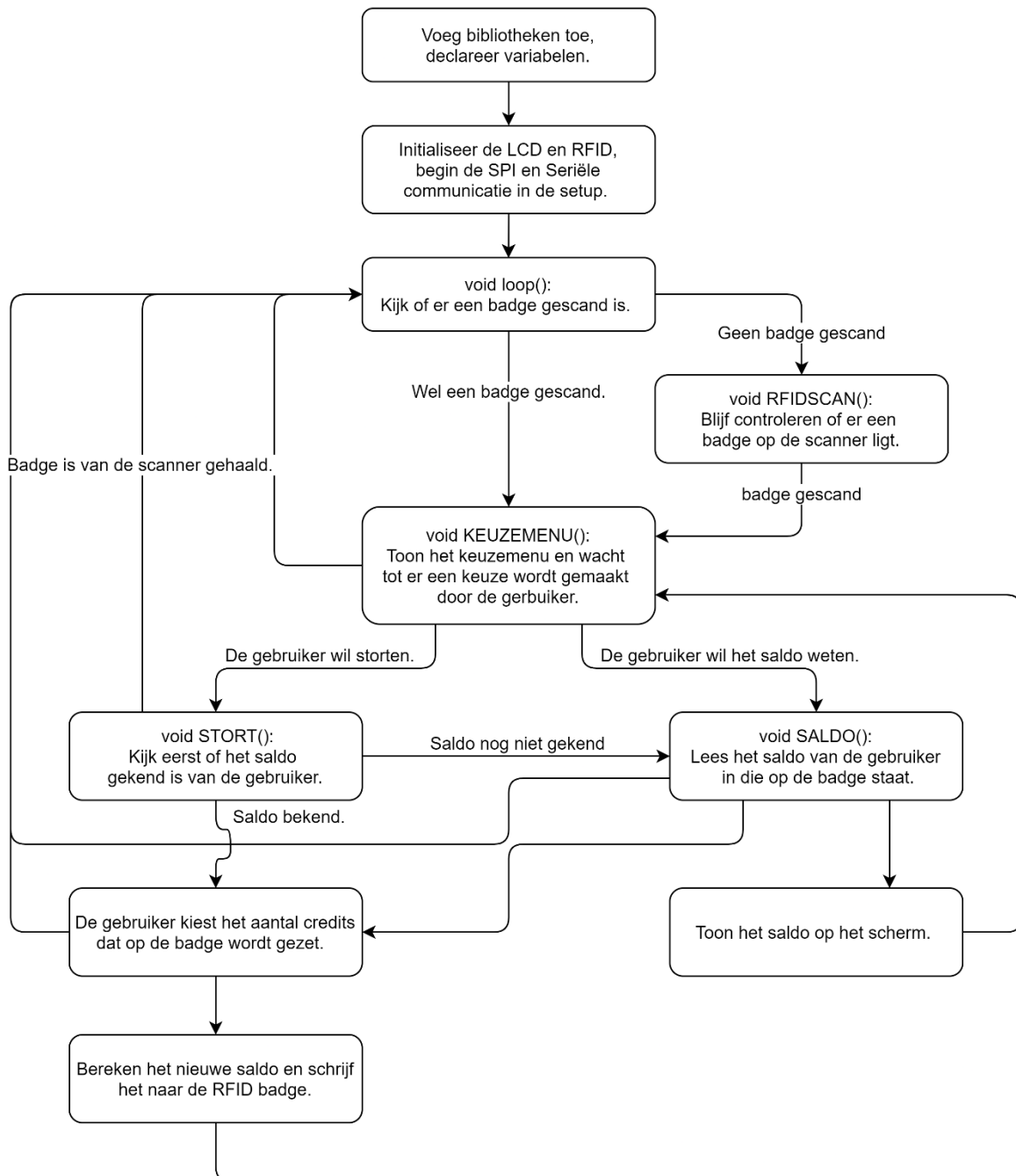
Door de I2C module zijn er maar 4 aansluitingen nodig i.p.v. 11. De 2 datapinnen (SDA en SCL) worden respectievelijk aangesloten op de A4 en A5 pin van de Arduino Uno. Zoals te zien op figuur 22.



Figuur 22. Aansluitingen voor LCD.

2.5 Programma

2.5.1 Diagram



2.5.2 Uitleg

Het programma start met het toevoegen van bibliotheken, declareren van de nodige variabelen, het aanmaken van de LCD en RFID objecten. Daarna volgt de setup, deze wordt maar 1 maal doorlopen in het programma. Hier begint de seriële communicatie en de SPI bus. De LCD en RFID worden hier geïnitieerd. Daarna komt het programma in de loop. De zin die wordt gestuurd naar de seriële monitor werd gebruikt als debug tool, zo kon ik makkelijk zien waar het programma vast liep of waar er iets anders misging. Op verschillende plaatsen in het programma kom je dit dan ook tegen. Daarna wordt er gecontroleerd of de variabele ‘CorrectRFID’ true of false is. Deze variabele houdt bij of er een badge met een UID die in het geheugen zit op de scanner ligt. Dit zal de eerste keer altijd false zijn en dus naar de RFIDSCAN functie gaan.

```
void loop()
{
    Serial.println(F("Nu in Void Loop"));
    if (CorrectRFID == false) RFIDSCAN();
    if (CorrectRFID == true)  KEUZEMENU();
}
```

Het programma komt in de RFIDSCAN functie. Hier wordt er eerst de uitleg op de LCD gezet. Daarna blijft de Arduino de while lus doorlopen. Deze while lus wacht tot er een nieuwe badge op de scanner ligt, dan wordt de lokale ‘card’ variabele true en het programma gaat verder.

```
void RFIDSCAN()
{
    Serial.println(F("Nu in Void RFIDSCAN"));
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print(F("Leg je badge"));
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print(F("op de scanner"));
    bool Card = false; // lokale var voor check of er een kaart
    while (Card == false) { // aanwezig is, dit houdt de code tegen
        if (mfrc522.PICC_IsNewCardPresent()) { // als er geen badge op
            if (mfrc522.PICC_ReadCardSerial()) { // de scanner ligt.
                Card = true; // Zo wordt niet heel de RFIDSCAN()
            } // doorlopen. Dit bakje staat dan
        } // ook vaak inactief.
    }
}
```

De badge is nu wel nog niet ingelezen, en gecontroleerd. Dit gebeurt nu, door gebruik te maken van de bibliotheek is het inlezen van de UID niet moeilijk. Deze UID wordt dan in een for lus gecontroleerd of die overeenkomt met een UID die gekend is in de ‘UIDtags’ variabele. Met de UID kan de naam van de gebruiker ook bepaald worden. De ‘CorrectRFID’ variabele wordt true gemaakt en het programma gaat verder naar het keuzemenu. Als dit echter niet het geval is en de badge een UID bezit die niet gekend is, dan zal de LCD een error geven en naar de loop terugkeren.

```

while (CorrectRFID == false)
{
    tag = "";
    Serial.println(tag);
    for (byte i = 0; i < mfrc522.uid.size; i++)
    {
        tag.concat(String(mfrc522.uid.uidByte[i] < 0x10 ? " 0" : " "));
        tag.concat(String(mfrc522.uid.uidByte[i], HEX));
    }
    tag.toUpperCase();
    Serial.println(tag);
    for (byte i = 0; i < 12; i++)
    {
        if (tag == UIDtags[i])                // Als 1 van de UIDtags gelijk
        {
            CurrentPlayer = AllPlayers[i];      // is aan de ingelezen tag
            CorrectRFID = true;                  // Zet CorrectRFID true
            lcd.clear();                         // En verwelkom de speler.
            lcd.print(F("Welkom "));
            lcd.print(CurrentPlayer);
            Is_Ingelezen = false;
            delay(500);
            KeuzeMenu = true;                    // Zo geraakt het programma in
            KEUZEMENU();                         // KEUZEMENU()
        }
    }
    if (CorrectRFID == false)
    {
        Serial.println(F("Deze tag zit niet in de databasis"));
        lcd.clear();
        lcd.print(F("Afgewezen"));
        delay(500);
        return;
    }
}
}

```

Nu weet het programma wie de gebruiker is. Het keuzemenu wordt weergegeven op de LCD en wacht nu op de keuze van de gebruiker. De Arduino blijft in een while lus controleren met if en else if functies of de gebruiker op een toets drukt. Als dit een '#' is, dan zal het programma in de STORT functie gaan. Als het een '*' is, zal het programma in de SALDO functie gaan. Als het echter een andere knop is zal er een melding op LCD scherm komen die laat weten dat je op '#' of '*' moet drukken. Ook zit er nog een blokje code in de while lus die blijft controleren of er wel nog een badge op de reader ligt. Ditzelfde stukje komt voor in de keuzemenu, saldo, stort en inlees functie. Als er nog een badge aanwezig is gaat het programma gewoon verder, maar als er geen meer is, gaat het terug naar de rfidscan functie.


```

while (KeuzeMenu == true)
{
    MFRC522::StatusCode status; //check of tag nog aanwezig is, zo niet,
    MFRC522::MIFARE_Key key;    //zal programma terug in RFIDSCAN() gaan.
    for (byte i = 0; i < 6; i++) key.keyByte[i] = 0xFF;
    status = mfrc522.PCD_Authenticate(MFRC522::PICC_CMD_MF_AUTH_KEY_A,
    Block, &key, &(mfrc522.uid));
    if (status != MFRC522::STATUS_OK) {
        Serial.print(F("Authentication failed: "));
        Serial.println(mfrc522.GetStatusCodeName(status));
        CorrectRFID = false;
        RFIDSCAN();
    }

    char keypressed = keypad.getKey();
    if (keypressed == '#')
    {
        KeuzeMenu = false;
        STORT();
    }
    else if (keypressed == '*') // * voor naar saldo menu te gaan.
    {
        KeuzeMenu = false;
        SALDO();
    }
    else if (keypressed != NO_KEY)
    {
        lcd.clear();
        lcd.setCursor(0, 0);
        lcd.print(F("Druk op # of *"));
        delay(1000);
        lcd.clear();
        lcd.print(F("#: Stort Credits"));
        lcd.setCursor(0, 1);
        lcd.print(F("*: Bekijk saldo"));
    }
}
}

```

Als de gebruiker beslist heeft om het saldo te bekijken zal het programma eerst kijken of het saldo al niet eerder is ingelezen. Zo hoeft het niet een 2de keer ingelezen worden als het niet nodig is. Als het saldo echter nog niet bekend is, zal het programma in de inlees functie gaan. Er wordt ook een parameter meegegeven die aangeeft dat op het einde van de inlees functie het programma moet terugkeren naar de saldo functie. Dit is nodig omdat de stort functie dit ook gebruikt. De inlees functie start met het resetten van de variabele die het aantal Credits bijhoud, daarna wordt de sleutel aangemaakt die nodig is om te lezen en schrijven van en naar een RFID badge. Deze sleutel kan je aanpassen en zo kan je het beveiligen. Standaard is deze sleutel: FFFFFFFFFFFFFh. Daarna wordt er gekeken of de badge klaar is om uitgelezen te worden. Als dit niet het geval is, zal er naar de seriële monitor een error gestuurd worden. En gaat het programma terug naar de rfidsan functie om de badge opnieuw te scannen. Als alles in orde is en de data van de badge ingelezen is naar een variabele dan kan deze gebruikt worden. Er wordt teruggekeerd naar de saldo functie en het aantal Credits wordt op het scherm aangegeven. Als de gebruiker nu op ‘#’ drukt zal er teruggekeerd worden naar het keuzemenu.

```

void SALDO()
{
    Serial.println(F("Nu in Void SALDO"));
    if (Is_Ingelezen == false) INLEZEN(false);
    Serial.println(NCredits); // Credits in,
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print(F("Credits: "));
    lcd.print(NCredits);
    lcd.setCursor(0, 2);
    lcd.print(F("#: Keer terug"));
    char KeyPressed = ' ';
    while (KeyPressed != '#')
    {
        // code dat controleert of er nog een badge aanwezig is.
    }
    KeuzeMenu = true;
    loop();
}

```

```

void INLEZEN(bool Stort)
{
    NCredits = 0; // Reset Credits var
    Serial.println(F("Nu in Void INLEZEN"));
    MFRC522::MIFARE_Key key; // Maak key klaar
    for (byte i = 0; i < 6; i++) key.keyByte[i] = 0xFF;
    MFRC522::StatusCode status;
    status = mfrc522.PCD_Authenticate(MFRC522::PICC_CMD_MF_AUTH_KEY_A,
    Block, &key, &(mfrc522.uid));
    if (status != MFRC522::STATUS_OK) {
        lcd.clear();
        lcd.setCursor(5, 0);
        lcd.print(F("Error 404"));
        Serial.print(F("Authentication failed: "));
        Serial.println(mfrc522.GetStatusCodeName(status));
        CorrectRFID = false;
        return;
    }
    status = mfrc522.MIFARE_Read(Block, ReadBuffer, &BufferSize);
    if (status != MFRC522::STATUS_OK) {
        lcd.clear();
        lcd.setCursor(5, 0);
        lcd.print(F("Error 400"));
        Serial.print(F("Reading failed: "));
        Serial.println(mfrc522.GetStatusCodeName(status));
        CorrectRFID = false;
        return;
    }
    Is_Ingelezen = true; // Hierdoor lees je maar 1 keer in
    for (byte i = 0; i < 16; i++) {
        if (ReadBuffer[i] != 32) {
            Serial.println(ReadBuffer[i]);
            NCredits = NCredits + ReadBuffer[i];
        }
    }
    memset(ReadBuffer, 0, sizeof(ReadBuffer)); // zet de buffer terug leeg
    Serial.print("Bool Stort = "); // voor volgende keer.
    Serial.println(Stort);
    if (Stort == false) SALDO();
    if (Stort == true) STORT();
}

```

Als de gebruiker echter gekozen heeft om Credits te storten op de badge dan wordt er ook eerst gekeken of het saldo dat op de badge staat bekend is. Dit is nodig zodat het saldo kan opgeteld worden. Als het saldo bekend is wordt er aan de gebruiker gevraagd om het gewenste aantal credits in te geven. Het maximum is 999. Als het gewenste getal is ingegeven, wordt dit opgeteld bij het aantal Credits die al op de badge stonden. Dan wordt er gevraagd om te bevestigen. Na bevestiging wordt het decimaal getal omgezet naar hexadecimale getallen die naar de badge kunnen geschreven worden.

```
void STORT()
{
    Serial.println(F("Nu in Void STORT"));
    if (Is_Ingelezen == false) INLEZEN(true);
    memset(WriteBuffer, 0, sizeof(WriteBuffer));
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print(F("Bedrag: "));
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print(F("Bevestig met *"));
    char PressedKeys[3] = {" "};
    byte n = 0;
    bool AsteriskPressed = false;           // check voor '*',
    while (AsteriskPressed == false) {      // bevestig de storting.
        char PressedKey = ' ';
        PressedKey = keypad.waitForKey();
        if (PressedKey == '*') {
            AsteriskPressed = true;
        }
        else if (n < 3 && PressedKey != '#')
        {
            PressedKeys[n] = PressedKey;
            Serial.println(PressedKeys[n]);
            lcd.setCursor(8 + n, 0);
            lcd.print(PressedKey);
            n = n + 1;
        }
    }
    if (n == 0)
    {
        lcd.clear();
        lcd.print(F("    Annuleren?    "));
        lcd.setCursor(0, 1);
        lcd.print(F("    Druk #    "));
        char KeyPressed = ' ';
        while (KeyPressed != '#') {
            KeyPressed = keypad.waitForKey();
        }
        KeuzeMenu = true;
        KEUZEMENU();
    }
    NCredits = NCredits + atoi(&PressedKeys[0]); //bereken totaal credits
    bool bevestigd = false;
    while (bevestigd == false) {
        lcd.clear();                               // Nog éénmaal bevestigen.
        lcd.print(F("Saldo:"));
        lcd.setCursor(7, 0);
        lcd.print(NCredits);
    }
}
```

```

    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print(F("Bevestig met *"));
    char KeyPressed = ' ';
    KeyPressed = keypad.waitForKey();
    if (KeyPressed != '*')
    {
        lcd.clear();
        lcd.print(F("    Annuleren?    "));
        lcd.setCursor(0, 1);
        lcd.print(F("    Druk #    "));
        char KeyPressed = ' ';
        KeyPressed = keypad.waitForKey();
        delay(100);
        if (KeyPressed == '#')
        {
            Is_Ingelezen = false;
            KeuzeMenu = true;
            KEUZEMENU();
        }
    }
    else if (KeyPressed == '*')
    {
        bevestigd = true;
    }
}

Is_Ingelezen = false;

for (byte i; i < 16; i++)
{
    if (NCredits > 255) {
        WriteBuffer[i] = 255;
        NCredits = NCredits - 255;
    }
    else if (NCredits < 255)
    {
        WriteBuffer[i] = NCredits;
        NCredits = 0;
    }
    else if (NCredits = 0)
    {
        WriteBuffer[i] = 0;
    }
}

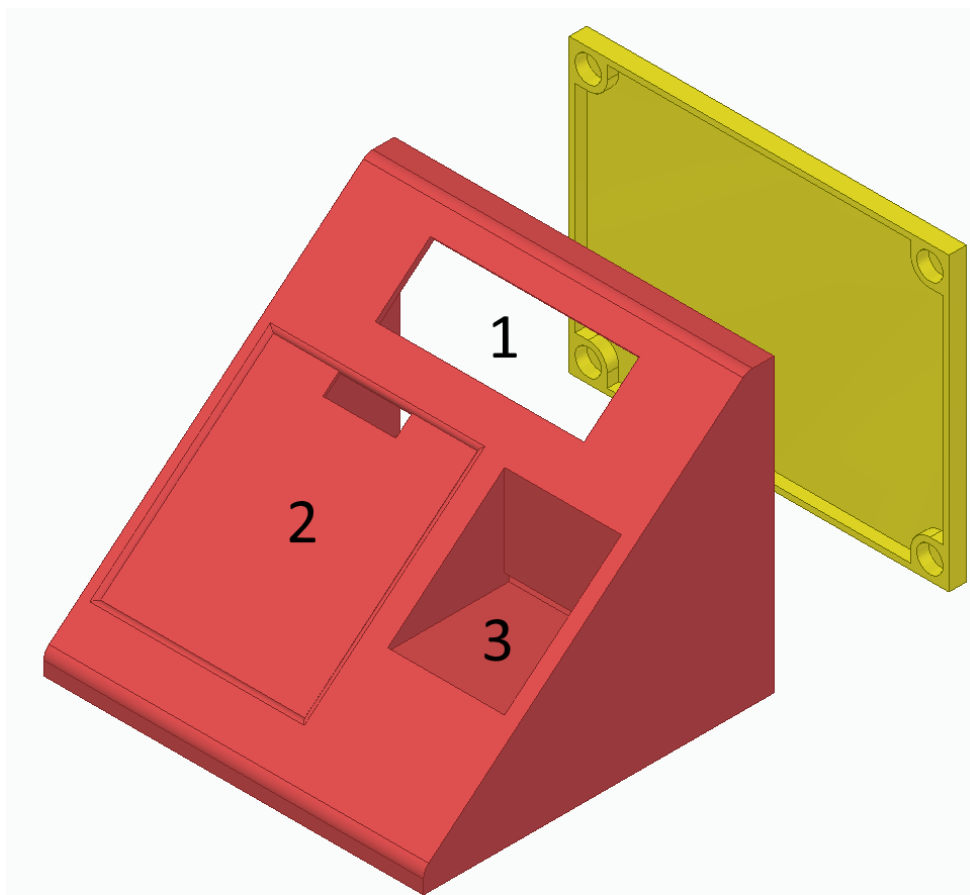
// hier komt code die key klaarmaakt en controleert of de badge klaar
// is om data te ontvangen. Bij een error, ga terug naar RFIDSCAN

status = mfrc522.MIFARE_Write(Block, WriteBuffer, 16);
// code die bij een error dit aangeeft op de LCD/seriele monitor
if (status == MFRC522::STATUS_OK) {
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(4, 0);
    lcd.print(F("Storting"));
    lcd.setCursor(4, 1);
    lcd.print(F("geslaagd"));
    delay(2000);
    KeuzeMenu = true;
    KEUZEMENU();
}
}

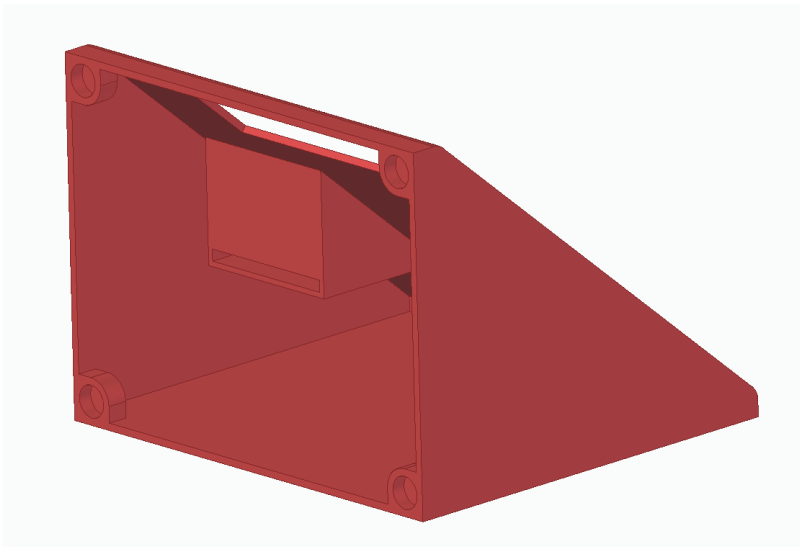
```

2.6 Omhulsel

Het omhulsel bestaat uit 2 delen, het stuk waar alle componenten en de Arduino inzitten. Het 2^{de} stuk is de achterkant die alles afsluit met behulp van magneten die in de 4 gaten in de hoeken moeten. Beide stukken zijn getekend in Solid Edge en ge-3D-print. De LCD (1) zit vast in het gat. Het toetsenbord (2) wordt vastgelijmd en de draden voor de verbindingen met de Arduino gaan via het gaatje. Spijtig genoeg heb ik hier gemist en moet het gaatje aan de onderkant i.p.v. de bovenkant. Ik wou dit niet opnieuw laten printen want door zelf een gaatje te maken met een warme soldeerbout is het gemakkelijk opgelost (zie figuur 23). Het toetsenbord heeft een zelfklevende achterkant maar dit bleef niet goed zitten, een beetje warme lijm ging wel. De RFID-module (3) schuift door de gleuf en wordt ook met warme lijm vastgemaakt. Omdat er heel wat verbindingen gemaakt worden, en er niet veel plaats is (zie figuur 25), heb ik de draden ook met warme lijm vastgemaakt aan het doosje.



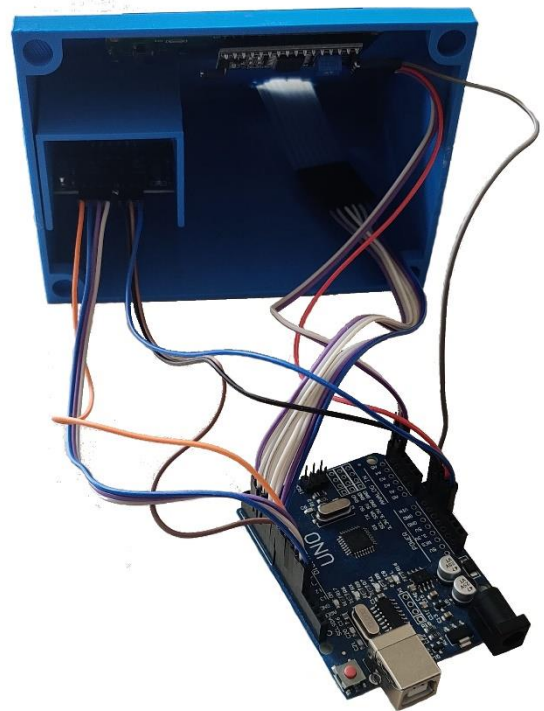
Figuur 23. Solid Edge assembly tekening .



Figuur 24. Achterkant van de betaalmodule.



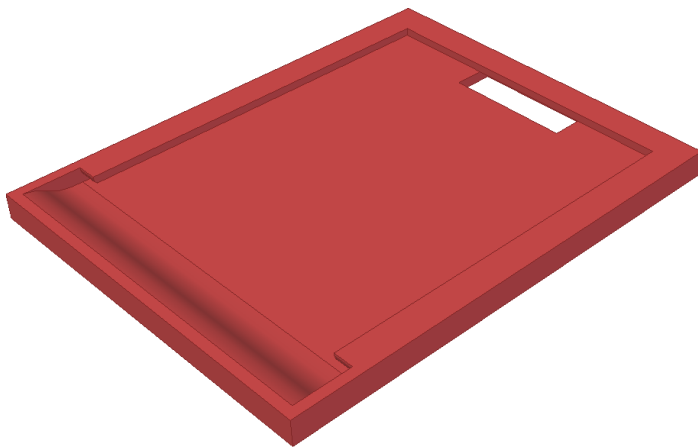
Figuur 26. Extra gat gemaakt voor bedrading van toetsenbord.



Figuur 25. Veel draden en weinig plaats.

2.7 Tussenbesluit

Als ik de betaalmodule nog eens zou moeten maken, zou ik enkele dingen aanpassen. Eerst en vooral, het omhulsel zou ik iets groter maken met meer plaats voor de componenten, of andere draden gebruiken die het makkelijker maken om alles er in te krijgen. De gaten voor de magneetjes moeten iets groter en het gat voor de draden van het toetsenbord moet op een andere plaats. Ik zou ook een andere methode gebruiken om het toetsenbord vast te maken. Seconde lijm plakte niet goed op de achterkant van het toetsenbord en warme lijm is nogal dik. Ik had geëxperimenteerd met een manier om het toetsenbord er in te laten schuiven maar omdat dit problemen opleverde met het ondersteunend materiaal die ik niet uit de print kreeg heb ik toch geopteerd om het er aan te lijmen. Achteraf gezien was dit echter geen goed idee en zou ik terug gaan naar het eerste ontwerp.



Figuur 28. Solid edge tekening voor toetsenbord case.



Figuur 27. Toetsenbord kon er niet volledig in.

Bronnen:

<https://www.circuitbasics.com/how-to-set-up-a-keypad-on-an-arduino/>

<https://lastminuteengineers.com/how-rfid-works-rc522-arduino-tutorial/>

<https://playground.arduino.cc/Code/Keypad/>

<https://github.com/miguelbalboa/rfid>

https://github.com/johnrickman/LiquidCrystal_I2C