

Elektrisch ontwerp van Tetris Spel gebaseerd op een Single Chip Microcontroller

Semih C Karakoç
Computer Science and Engineering
Inholland University of Applied Sciences
Alkmaar, Netherlands
Email: 695258@student.inholland.nl

Samenvatting—In dit document wordt behandeld hoe het Tetris spel werkt, hoe een Tetris gameboy (PICtris spel) gebouwd kan worden met de verkregen componenten, wat een MCU heeft voor functie en welke type er is gebruikt, welke hardware en software is gebruikt om dit voor elkaar te krijgen en tenslotte worden enkele praktijk ervaringen gedeeld.

Index Terms—microcontrollers, PIC18F4520, ULN2803A IC, ELM2881SURWA LED matrix, project PICtris, Tetris gameboy, Tetris spel, gameboy ontwerp, hardware, software

I. INTRODUCTIE

A. Tetris

Tetris is een videospel dat bedacht is door de wiskundige Alexey Pazhitnov [1]. In het videospel moet je als speler alle vakjes van de lege rijen probeert in te vullen met willekeurige puzzelstukjes die uit de lucht vallen, totdat je één of meerdere hele rij(en) vol hebt. Zodra je één rij vol hebt, zal die rij verdwijnen en omgezet worden in een x aantal punten. Hetzelfde geldt voor: “double” rijen, “triple” rijen en een “TETRIS” (vier rijen), hiervoor krijgt de speler uiteraard veel punten in ruil! Het videospel heeft minimaal vier knopjes nodig om het spel te kunnen bedienen, hieronder is een lijstje te zien met welk knop wat doet:

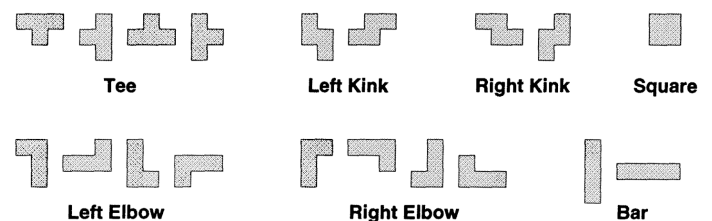
- 1) bovenste knop zorgt ervoor dat het object geroteerd kan worden;
- 2) linker knop zorgt ervoor dat het object horizontaal naar links verplaatst;
- 3) rechter knop zorgt ervoor dat het object horizontaal naar rechts verplaatst;
- 4) onderste knop zorgt ervoor dat het object sneller naar beneden valt.

Zoals al eerder verteld bevat Tetris allerlei verschillende puzzelstuk-vormen. Deze vormen worden ook wel Tetromino's genoemd [2]. Er zijn zeven verschillende Tetromino's, namelijk:

- 1) de “Tee”, ook wel de T-vorm genoemd;
- 2) de “Left Kink”, ook wel de S-vorm genoemd;
- 3) de “Right Kink”, ook wel de Z-vorm genoemd;
- 4) de “Square”, ook wel O-vorm genoemd;
- 5) de “Left Elbow”, ook wel de L-vorm genoemd;
- 6) de “Right Elbow”, ook wel de J-vorm genoemd;

7) de “Bar”, ook wel de I-vorm genoemd.

Zie figuur 1 voor een betere verbeelding van hoe de Tetromino's er uit zien.



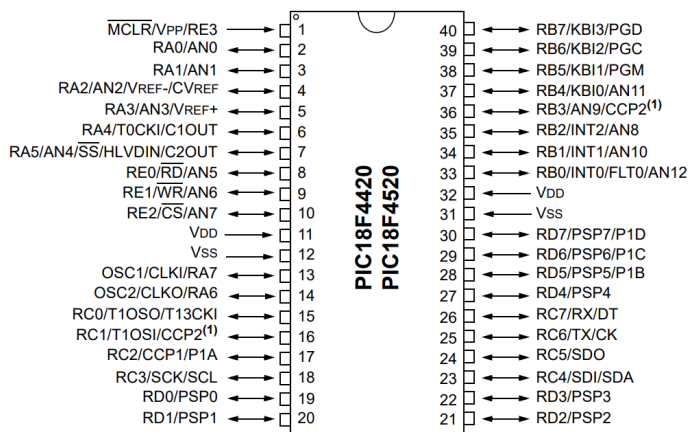
Figuur 1. Alle Tetromino's die in Tetris voor komen [2].

Tetris heeft voor de rest nog een paar regels, namelijk:

- 1) het is niet mogelijk om Tetromino's verder dan de rand van het spelgebied te verplaatsen;
- 2) het is game-over als de Tetromino's de bovenkant van het scherm hebben bereikt;
- 3) het is alleen mogelijk om rijen te verwijderen door één of meerdere rijen helemaal vol te hebben [3].

B. Microcontroller Unit

Een microcontroller (afgekort: MCU of μC) moet je zien als een mini-computer die draait op slechts één chip (single-chip). Deze chips worden ook wel IC's genoemd, dat afgekort “Integrated Circuit” betekent, dat is in het Nederlands vertaald: “Geïntegreerde Schakeling”. In een IC zitten heel veel kleine elektrische componenten die op een “semi-conducting material” worden geplaatst [4]. Samen vormen deze kleine elektrische componenten een circuit in een zwarte behuizing op hele kleine schaal, vandaar dat het een geïntegreerde schakeling wordt genoemd. Naast de IC bestaat er ook een PIC, deze IC is programmeerbaar in programmeertalen C en C++ [5]. Een normale IC is meestal voor één einddoel nodig en kun je niet zomaar een ander programma er op flashen. Een PIC kan dat wel, waarbij het wel mogelijk is om een programma erop te flashen. In dit project is er ook een PIC gebruikt, namelijk de “PIC18F4520” en op deze PIC staat het spel Tetris geprogrammeerd. Deze microcontroller (PIC18F4520) heeft in totaal 40 pins, zie figuur 2 voor de bijbehorende pin diagram.



Figuur 2. Pin diagram van de 40-Pins PIC18F4520 [6].

Deze 40-pin PIC-microcontroller is gebruikt, omdat er twee 2x8-pin LED-matrixen, 3 pinnen voor de flash, 4x1-pin voor de knopjes en tenslotte nog 1x8-pin voor de secundaire IC. Daarnaast moeten er ook nog pinnen vrij blijven voor de V_{DD} (+) en V_{SS} (-) aansluitingen en dat zijn er vier in totaal, dus er worden in totaal minimaal 35 pinnen gebruikt [6].

Bij dit project horen natuurlijk ook deelvragen en een onderzoeksvraag. Hieronder zie je een lijst met de deelvragen, namelijk:

- 1) Wat is de definitie van een blokschema? Ontwerp een blokschema voor het spelletje PICtris;
- 2) Welke soorten LED's bestaan er? Leg uit welke uitvoeringen en maatvoeringen er zijn;
- 3) Wat zijn de elektrische eigenschappen van een aantal kleuren LED's?
- 4) Wat zijn de elektrische gevolgen van deze eigenschappen?
- 5) Ontwerp een eenvoudige schakeling waarin een LED is aangesloten op een spanningsbron van 5V. Wat zijn de elektrische gevolgen van deze basisschakeling?
- 6) Wat zijn pull-up en pull-down weerstanden en waar worden ze voor gebruikt? Maak een ontwerp waarbij er een schakelaar gebruikt wordt op een μC die altijd een gedefinieerde toestand heeft.

De onderzoeksvraag die in dit artikel wordt beantwoord is: "Hoe kan de PIC18F4520 microcontroller gebruikt worden om een Tetris gameboy te bouwen met de verkregen componenten en middelen, waaronder de Tetris code?"

II. MATERIALEN EN METHODEN

Onder dit kopje wordt er voornamelijk uitgelegd welke materialen en methoden er zijn gebruikt in het produceren van de Tetris gameboy. Daarnaast worden ook de deelvragen beantwoord die horen bij dit onderzoek. Ook wordt er uitgelegd hoe het spel vanuit de kant van de software en hardware precies werkt.

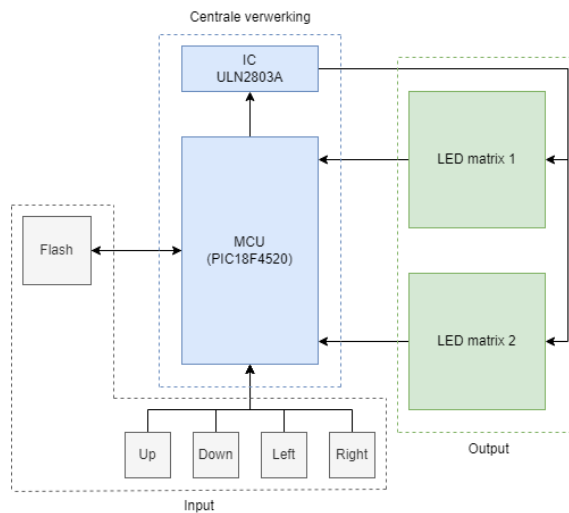
A. Systeem

Een functioneel blokschema is een visuele representatie van een systeem of proces waarbij de componenten van het systeem op een abstract niveau worden weergegeven als blokken die verbonden zijn met lijnen. Het kan worden gebruikt om het ontwerp of de werking van een systeem te visualiseren, zoals in dit geval bij de Tetris gameboy [7].

In dit project moest er ook een blokschema bedacht worden voor het Tetris spel. Deze blokschema bevat de volgende blokken en worden ook uitgelegd:

- 1) Up, down, left en right: dit zijn de knopjes die nodig zijn om het spel te kunnen spelen. Elk knopje heeft zijn eigen functie, dit is dus het input systeem.
- 2) Flash: de flash is nodig om de Tetris software op de PIC18F4520 te zetten. Dit is een bijzondere input om de microcontroller te kunnen programmeren.
- 3) MCU (PIC18F4520): de microcontroller functioneert eigenlijk als het "brein" van het circuit. Deze microcontroller is verantwoordelijk voor het uitvoeren van de logica van het Tetris spel.
- 4) IC (ULN2803A): deze IC is nodig om de LED matrixen te versterken en ook aan te sturen. Net als de MCU hoort dit tot de centrale verwerking van input en output.
- 5) LED matrixen: deze zijn nodig om het beeld van spel te laten zien. Elk LEDje kan individueel aangestuurd worden, dit is dus het output systeem.

De blokschema van het Tetris spel is te vinden in figuur 3.



Figuur 3. Een blokschema ontwerp van het Tetris spelletje.

B. Hardware

Een licht emitterende diode (LED) is een half-geleidende component dat licht uitzendt met een klein kleurenspectrum wanneer stroom door de halfgeleider loopt. LED's kunnen licht uitstralen die overeenkomen met golflengten van ultraviolet tot infrarood licht. Er bestaan verschillende soorten LED's, zoals

de meest voorkomende LED soort: de traditionele “Through-hole” LED. Je hebt ze in verschillende kleuren en maten. Deze “Through Hole LED” wordt meestal geleverd in 8mm, 5mm en 3mm qua grootte. Deze soort wordt meestal toegepast in simpele elektronische prototypen/apparaten en heeft als eigenschappen dat de LED minstens één kleur uitstraalt.

Naast deze traditionele through-hole LED zijn er ook vele andere soorten LED's. Een aantal van deze LED soorten zal hieronder worden uitgewerkt:

- 1) SMD (Surface Mounted Device) LED
- 2) COB (Chip on Board) LED
- 3) Bi-color LED
- 4) Tri-color LED
- 5) RGB-color LED
- 6) Low-power LED
- 7) High-power LED
- 8) LED matrix: 8.

1) *Surface Mounted Device LED*: Dit is een LED gemaakt voor printplaten met kleine elektronische circuits, zoals in smartphones of LED strips [8]. Deze worden dan op de PCB gesoldeerd. Daarom heet dit component de “Surface Mounted Device”, op z'n Nederlands noem je dit de “Oppervlak Gemonteerde Component”. De SMD LED wordt voornamelijk in computers en in PCB's gebruikt. Over de jaren heen zijn deze LEDjes steeds kleiner geworden, zodat er meer andere componenten op een PCB kunnen. In één SMB LED passen er meerdere LED's in.

Een van de eigenschappen van een SMD LED is dat ze zó minuscuul zijn, waardoor er weinig materiaal voor nodig is en bijna geen afval opleveren tijdens het productie proces. Daarnaast stralen deze LED's hoge intensiteit aan licht uit en werken ze ook op IC's [9].

2) *Chip on Board LED*: Een COB LED is ook een LED die op printplaten worden gesoldeerd. Het verschil tussen een COB LED en een SMB LED is dat de COB LED een grotere hoeveelheid licht uitstraalt ten opzichte van de SMB. Ook heeft de COB LED een optie om de lichtbundel te controleren. De verhoudingen tussen het vermogen en lumen zijn veel beter dan die van de SMB LED, waardoor de productiviteit veel hoger is [10].

Meestal wordt een COB LED op een PCB toegepast in de computerwereld [11].

3) *Bi-color LED*: De bi-color LED is een LED die twee kleuren individueel kan uitstralen. Zoals de naam bi-color LED verkapt bevat deze LED soort twee kleuren LED's die parallel zijn geschakeld. De ene LED gaat aan als er een positieve lading staat op de kathode (negatieve pool) en de andere als er een positieve lading staat op de anode (positieve pool) [12].

De belangrijke eigenschap van de bi-color LED is dat deze in staat is om twee verschillende kleuren kan uitstralen.

Deze LED's hebben daarnaast ook als eigenschap een lange levensduur en een klein elektrische vermogen (zijn zuinig!) [13].

4) *Tri-color LED*: Een tri-color LED lijkt een beetje op de bi-color LED, maar is deze toch een beetje anders. De tri-color LED heeft drie poten, namelijk: groene en rode anode, en één “common”kathode [14]. Deze tri-color LED wordt om die reden ook wel een bi-color LED genoemd met drie poten. Als er een positieve lading staat op de groene anode, gaat er een groene licht branden. Als je alleen een positieve lading zet op de rode anode, gaat er een rode licht branden. Echter kun je ook positieve lading zetten op beide anodes, dat geeft een kleuren combinatie van groen en rood. Er zal dan een soort geel/ambergiek kleur uitgestraald worden. Daarnaast kun je ook met groen en rood ook andere kleuren maken door de PWM waarde aan te passen, dat wil zeggen dat je de spanningspercentage kunt instellen voor beide anodes. Daarmee kunnen andere kleurtinten worden gemaakt. In andere woorden: door de voltage te veranderen per LED kun je de helderheid aanpassen, waardoor je verschillende kleuren kunt maken. Dit is niet hetzelfde als bij een RGB LED, omdat je met een RGB LED wel alle kleuren kan maken met de drie primaire kleuren die je kunt beheeren [15].

5) *Red-Green-Blue-color LED*: Een RGB-color LED is een LED die de drie primaire kleuren en combinatie van de primaire kleuren kan uitstralen, namelijk: rood, groen en blauw. Deze LED heeft dan ook vier poten: de common kathode, rode pin, groene pin en de blauwe pin. Net als dat je bij de tri-color LED bij de twee pinnen verschillende spanningen kunt voeden, kun je dat ook bij de RGB-color LED. Je kunt dan verschillende spanningen toereiken aan elke van de drie pinnen, waardoor je alle mogelijke kleuren kunt creëren [16]. Stel dat je de rode en blauwe poten maximale spanningsval geeft en dat je de groene poot de helft van die spanningsval toereikt, dan krijg je een paarse kleur met een extra effect!

6) *Low-power LED*: Een low-power LED is een LED die weinig vermogen verbruikt zoals de naam dat ook verkapt. Deze LED's zijn extreem zuinig en kunnen ook in een compact uitvoering worden geleverd, maar hebben het nadeel dat ze weinig licht opleveren. Low-power LED's werden gebruikt in de eerste LED lampen en tegenwoordig worden deze LED's gebruikt als indicator-lichting [17]. Kortom zijn deze low-power LED's erg zuinig, compact, hebben een vermogen van 50 mW en geven helaas weinig licht [18].

7) *High-power LED*: Een high-power LED verbruikt juist veel vermogen zoals de naam dat ook aangeeft. Deze LED's verbruiken minimaal 1 Watt aan vermogen [19]. Naast dat ze veel vermogen nodig hebben geven deze LED's ook veel licht en hebben een grote lichtbundel. Nadeel is dat er rekening gehouden moet worden met de warmte productie van deze LED. Te veel warmte kan ervoor zorgen dat de levensduur

van high-power LED sneller achteruit gaan en verouderen. Dat is ook de reden waarom er in sommige toepassingen van een high-power LED ook een koellichaam vereist wordt als deze continu gebruikt wordt [20]. In de datasheet wordt duidelijk aangegeven in welke toepassing en bij welke type LED een koellichaam vereist is.

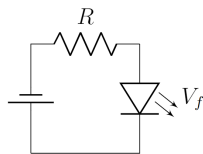
De elektrische eigenschappen van LED's kunnen variëren afhankelijk van de kleur van het licht dat ze produceren. Hieronder volgt een overzicht van de elektrische eigenschappen van de drie verschillende kleuren LED's:

Tabel 1
LED EIGENSCHAPPEN VAN DE DRIE PRIMAIRE KLEUREN.

Kleur	Fabrikant	Half-geleider	Spanning (V)	Stroomsterkte (mA)
Rood	Multicomp [21]	AlGaAs	2,0	20
Groen	Broadcom [22]	InGaN	3,2	20
Blauw	Kingbright [23]	InGaN	3,3	20

De waarden van elke LED van hun fabrikant die genoemd zijn in de tabel hierboven worden geverifieerd door de drie volgende andere fabrikanten:

- 1) Rode LED: fabrikant 1 [21] wordt geverifieerd door fabrikant 2 [24].
- 2) Groene LED: fabrikant 1 [22] wordt geverifieerd door fabrikant 2 [25].
- 3) Blauwe LED: fabrikant 1 [23] wordt geverifieerd door fabrikant 2 [26].



Figuur 4. Een voorbeeld van een elektrisch circuit waarbij een LED en een weerstand in serie zijn geschakeld met een voedingsspanning (V_{bron}) van 5V.

Als bijvoorbeeld de spanningsval van de LED 2V is, en de voorwaartse stroomsterkte (I_f) 20mA is, kan de stroomsterkte door de schakeling beter beperkt worden tot 15mA, zodat de LED minder snel beschadigd raakt. Om de waarde van de weerstand te bepalen, wordt de wet van Ohm toegepast [27]:

$$I = \frac{(V_{bron} - V_f)}{R}$$

Dan wordt de volgende berekening gebruikt om de waarde van de weerstand te bepalen:

- 1) $I = \frac{(5V-2V)}{R}$
- 2) $R = \frac{(5V-2V)}{15mA}$
- 3) $R = 180\Omega$

De weerstandswaarde van de weerstand moet gelijk zijn aan 180Ω. Als de stroom door de schakeling juist verhoogt

moet worden kan er een kleinere weerstandswaarde gebruikt worden. Als de stroomsterkte juist verhoogt moet worden tot (20mA), wordt de volgende berekening gebruikt om de waarde van de weerstand te bepalen:

- 1) $I = \frac{(5V-2V)}{R}$
- 2) $R = \frac{(5V-2V)}{20mA}$
- 3) $R = 120\Omega$

De waarde van de weerstand moet gelijk zijn aan 120Ω. Aan de andere kant, als de stroom door de schakeling juist verlaagt moet worden, moet er een grotere weerstandswaarde worden gebruikt. Bijvoorbeeld als de stroom verlaagt moet worden tot 10 [mA], kan er met de volgende berekening de waarde van de weerstand bepaald worden:

- 1) $I = \frac{(5V-2V)}{R}$
- 2) $R = \frac{(5V-2V)}{10mA}$
- 3) $R = 300\Omega$

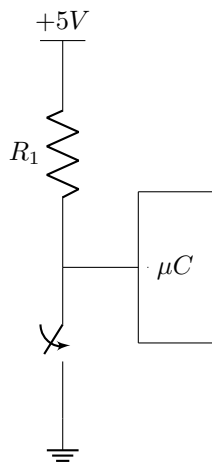
De waarde van de weerstand moet gelijk zijn aan 300Ω.

Kortom is het belangrijk om een weerstandswaarde te kiezen die geschikt is voor de LED en de gewenste stroom, omdat een te hoge weerstandswaarde ertoe kan leiden dat de LED niet helder genoeg is. En bij een te lage weerstandswaarde kan dat ertoe leiden dat de LED beschadigd raakt of zelfs defect gaat [28].

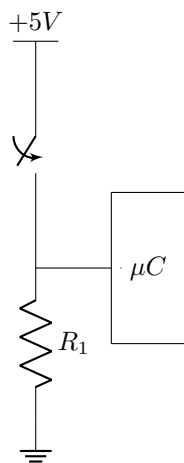
Een schakelaar aansluiten op een microcontroller (μC) vanuit een 5 V V_{cc} klinkt heel makkelijk, maar dat is het niet. De microcontroller moet namelijk een "gedefinieerde toestand" hebben, dat betekent simpelweg: aan of uit, binair gezien als 1 of 0. Als de schakelaar zoals de voorbeeld hierboven wordt aangesloten, zal de microcontroller geen gedefinieerde toestand hebben. Dit komt door een "zwevende spanning" [29], dat is ruwweg vergelijkbaar met een ruis, zoals op een radio of een oude TV wanneer er geen zender beschikbaar is. Ruis is eigenlijk een opname van willekeurig verschillende frequenties uitgezonden door andere apparaten. De draad die via de ingangspen naar de microcontroller gaat vangt die frequenties op via velden die niet gezien door het menselijk oog. Die frequenties zijn dan de "zwevende spanningen" en worden door de microcontroller afwisselend gezien als een 1 of 0, dus géén gedefinieerde toestand!

Om dit probleem op te lossen worden er weerstanden gebruikt met een weerstandswaarde van meestal 10kΩ. Deze weerstanden hebben een speciale naam, namelijk de "pull-up" of "pull-down" weerstand [30]. De schakelaar wordt tussen de aarde/massa (GND) en de ingangspen van de microcontroller geplaatst. Dit betekent dat de pull-up weerstand tussen de spanningsbron (V_{cc}) en de ingangspen van de microcontroller moet zitten. Een pull-down weerstand wordt aangesloten tussen de ingangspen en de aarde, dus net andersom.

Wanneer de schakelaar open staat wordt er een hoog signaal gelezen door de microcontroller, namelijk 5 V. Wordt de schakelaar ingedrukt, dan is het circuit gesloten en kan er zowel stroom naar de microcontroller als naar de grond lopen via de gesloten schakelaar. Op dat moment splitst de stroom en kan de microcontroller geen 5 V meer lezen en ziet de microcontroller dit als een laag signaal. Kortom: de ingangspen van de microcontroller wordt als het ware naar de hoge stand (pull-up) getrokken wanneer de schakelaar open staat. Je kunt daarnaast ook een pull-down weerstand gebruiken. Deze zorgt ervoor dat wanneer de schakelaar openstaat, dat er juist geen signaal gelezen kan worden, dus het signaal wordt naar beneden getrokken (pull-down) [30]. In figuur 5 is het ontwerp van de pull-up weerstand schakelschema te zien en in figuur 6 is het ontwerp van de pull-down weerstand schakelschema te zien.

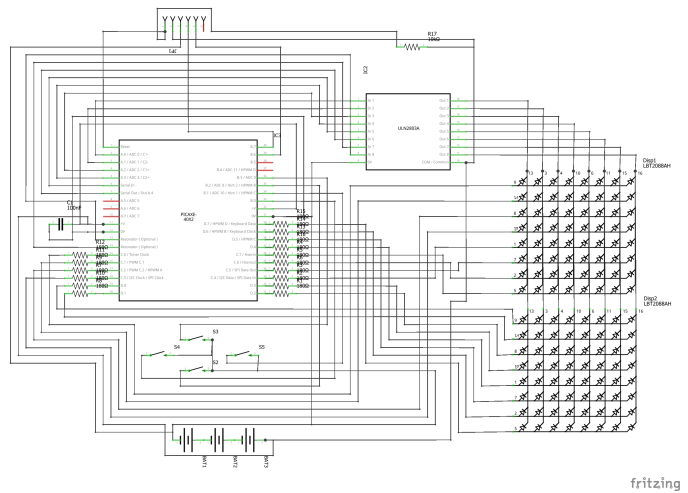


Figuur 5. Een voorbeeldcircuit met een voedingsspanning, een pull-up weerstand, een ingangspen van een microcontroller, een drukknop en een massa (GND) [31].



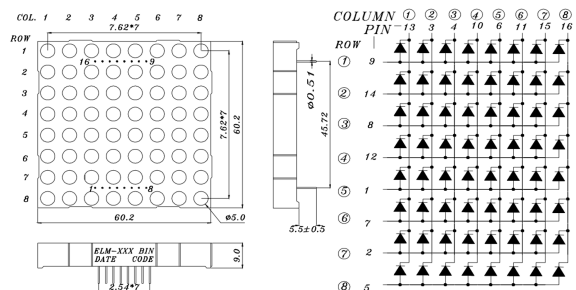
Figuur 6. Een voorbeeldcircuit met een voedingsspanning, een drukknop, een ingangspen van een microcontroller, een pull-down weerstand en een massa (GND) [31].

In dit project moest er ook gebruik gemaakt worden van een pull-down weerstand. In figuur 7 is de schakelschema van de Tetris gameboy te zien. In de schakelschema is het moeilijk te zien waar de pull-resistor precies zit. De common pin (COM) van de IC (ULN2803A) is verbonden met de voeding, dat is het kleine blokje dat in de afbeelding te zien is. Vanaf deze common pin gaat er een draad naar een $10k\Omega$ weerstand. Deze pull-up weerstand is dan weer doorverbonden naar de flash. De $10k\Omega$ pull-up weerstand zorgt ervoor dat de flash een gedefinieerde toestand heeft, wanneer deze niet in gebruik is.



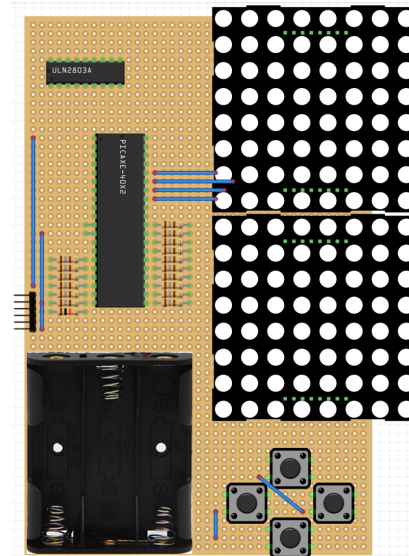
Figuur 7. Zelf gemaakte schakelschema (in Fritzing) van de Tetris gameboy.

Ook moest er gebruik gemaakt worden van twee 8×8 LED matrixen. Deze matrixen zorgen ervoor dat het spel wordt weergegeven voor de speler, dus dienen als output (userinterface). De LED matrix (ELM-2881SURWA/S530-A2) is een 8×8 array van rode LED's die op een bepaalde manier (matrix) met elkaar zijn aangesloten [32]. De LED's zijn allemaal individueel aanstuurbaar. In figuur 8 is schema van de ELM-2881SURWA/S530-A2 LED matrix te zien. Het rechter schema van figuur 8 is ook terug te zien in het schakelschema van het PICtris spel en is ook te zien hoe de twee matrixen zijn aangesloten: zie figuur 7. De pinnen 9, 14, 8, 12, 1, 7 en 2 zijn gelimiteerd (met behulp van weerstanden) op een lagere stroomsterkte om de LED's niet te laten beschadigen.

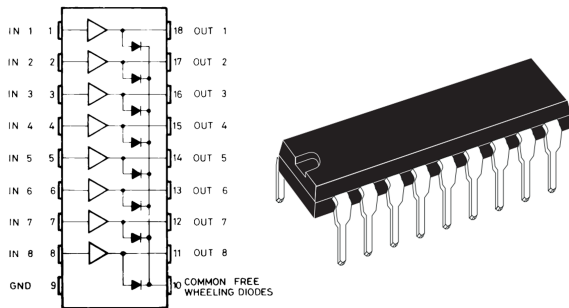


Figuur 8. Schema's van de ELM-2881SURWA/S530-A2 LED matrix [32].

Tenslotte is er qua hardware nog gebruik gemaakt van een IC, namelijk de ULN2803A. De ULN2803A is een hoge spanning en hoge stroom Darlington transistor array [33], zie het rechter figuur in figuur 9. Deze IC wordt meestal gebruikt om het digitale signaal van een ander component te versterken, omdat het component te weinig stroom levert. In het PICtris project is er hetzelfde probleem: de PIC18F4520 moet de LED matrixen aansturen met digitale signalen, maar de PIC18F4520 levert daarvoor te weinig stroom. Om dit probleem op te lossen is er in het circuit een extra IC (ULN2803A) toegevoegd die de zwakke digitale signalen van de PIC18F4520 versterkt, en daarna stuurt de ULN2803A het versterkte digitale signaal door naar de LED matrixen. In figuur 7 (schakelschema PICtris) is de ULN2803A terug te zien, daarbij is ook te zien hoe het digitale signaal wordt versterkt door een inkomende V_{dd} draad. Bovendien is deze common pin ook terug te zien in het linker deel van figuur 9.



Figuur 10. Perfboard Tetris gameboy design.



Figuur 9. Schema's van de ULN2803A [33].

In dit project was er een keuze mogelijk om de componenten van de Tetris gameboy te solderen op een protoboard/perfboard (geperforeerde bord) of op een zelf ontworpen PCB. Er is gekozen om de Tetris gameboy te realiseren op een perfboard. De reden daarvan is dat er meer flexibiliteit geeft en leerzamer is dan simpelweg de componenten op een ontworpen PCB te solderen. Een PCB is dan net iets mooier en beter qua design dan een perfboard. Bij een perfboard moet er uiteraard gebruik gemaakt worden van heel veel draadjes, wat bij een PCB juist niet hoeft. Er is gekozen om de perfboard design te maken in het softwareprogramma genaamd "Fritzing" [34], in figuur 10 wordt het ontwerp gerepresenteerd. Deze software is geschikt voor het designen van perfboard's.

Er is gekozen om de ULN2803A IC horizontaal te plaatsen, omdat de output pinnen van de IC dan in dezelfde richting staan als die van de ELM2881SURWA LED matrixen. Het is dan makkelijker om de draden aan te sluiten en hoeven ze niet zoveel gebogen te worden. Daarnaast heeft de PIC18F4520 microcontroller nu genoeg ruimte om zich heen voor zijn eigen aansluitingen. De batterijhouder is linksonder geplaatst voor een betere grip voor het linker hand.

C. Software

Het spel Tetris bestaat uit verschillende functies die de speler helpen het spel te spelen. Een van de belangrijkste functies is de mogelijkheid om de Tetromino's naar links of rechts te bewegen terwijl ze vallen, en ook de Tetromino's te kunnen draaien om ze in een betere oriëntatie te plaatsen. Een andere belangrijke functie is de mogelijkheid om de valsnelheid van de Tetromino's te versnellen, waardoor de speler sneller lijnen kan wissen. Naast deze basis functies, zijn er nog paar andere functies die later behandeld zullen worden. Daarnaast zijn de spelregels al eerder uitgelegd in de introductie van dit artikel, deze is hier te vinden: [I](#).

Deze functies zijn in combinatie met statements te schrijven als een algoritme. In dit project moest er een algoritme gemaakt worden, deze is te vinden in algoritme [1](#). Hieronder zijn de functies die in het algoritme voorkomen nog uitgelegd:

- 1) `initialiseerMatrix()`: initialiseert de twee 8x8 LED matrixen en zorgt ervoor dat alle LED's uitstaan.
- 2) `genereerTetromino()`: genereert een nieuwe Tetromino aan de bovenkant van de LED matrix.
- 3) `verplaatstTetrominoNaarBeneden()`: zorgt ervoor dat de Tetromino naar beneden valt met een bepaalde interval.
- 4) `draaiTetromino()`: zorgt ervoor dat de Tetromino 90 graden naar rechts draait wanneer het knopje omhoog is ingedrukt.
- 5) `versnelTetrominoNaarBeneden()`: zorgt ervoor dat de Tetromino versnelt naar beneden gaat wanneer het knopje omlaag is ingedrukt.
- 6) `checkLinksBewegingsMogelijkheid()` en `checkRechtsBewegingsMogelijkheid()`: checken beide of er een collision is tussen de vallende Tetromino en een andere Tetromino, of rand van de LED matrix.
- 7) `verplaatstTetrominoNaarLinks()`: als er geen collision is,

- dan wordt de Tetromino naar links verplaatst met één vakje.
- 8) verplaatsTetrominoNaarRechts(): als er geen collision is, dan wordt de Tetromino naar rechts verplaatst met één vakje.
 - 9) checkCollision(): checkt of de vallende Tetromino een collision heeft met een andere Tetromino.
 - 10) controleerEnVerwijderVoltooidLijnen(): checkt of er voltooid lijnen zijn, en verwijdert de lijn(en) indien het nodig is.
 - 11) verhoogScore(): verhoogt de score wanneer er x aantal rijen zijn verwijderd met x aantal score.

Algorithm 1: PICtris (Tetris) algorithm

Input: Twee 8x8 LED matrixen, PIC18F4520, ULN2803A, een flash, Tetromino's, een score variable en de vier knopjes (speler input)

Output: Het spel PICtris wordt gespeeld op de twee 8x8 LED matrixen en de logica van het spel wordt uitgevoerd door de PIC18F4520.

```

1: initialiseerMatrix()
2: while spelNietAfgelopen do
3:   genereerTetromino()
4:   verplaatsTetrominoNaarBeneden()
5:   if omhoogKnop wordt ingedrukt then
6:     draaiTetromino()
7:   else if naarBenedenKnop wordt ingedrukt then
8:     versnelTetrominoNaarBeneden()
9:   else if linksKnop wordt ingedrukt then
10:    if checkLinksBewegingsMogelijkheid() then
11:      verplaatsTetrominoNaarLinks()
12:    end if
13:   else if rechtsKnop wordt ingedrukt then
14:    if checkRechtsBewegingsMogelijkheid() then
15:      verplaatsTetrominoNaarRechts()
16:    end if
17:   end if
18:   if checkCollision() then
19:     vergrendelTetromino()
20:     controleerEnVerwijderVoltooidLijnen()
21:     if x aantal voltooid lijnen zijn verwijderd then
22:       verhoogScore()
23:     end if
24:   end if
25:   if checkGameOver() then
26:     spelAfgelopen()
27:   end if
28: end while
29: return Score

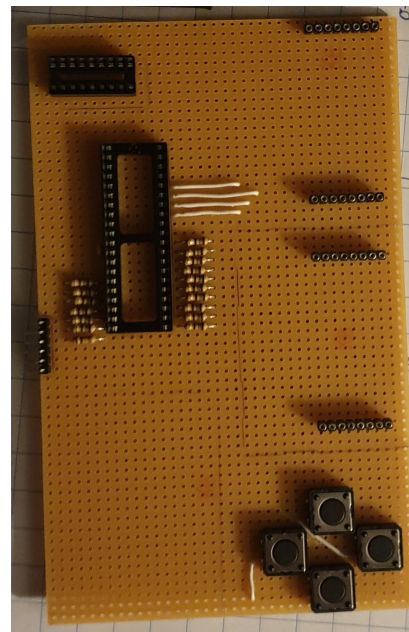
```

III. RESULTATEN

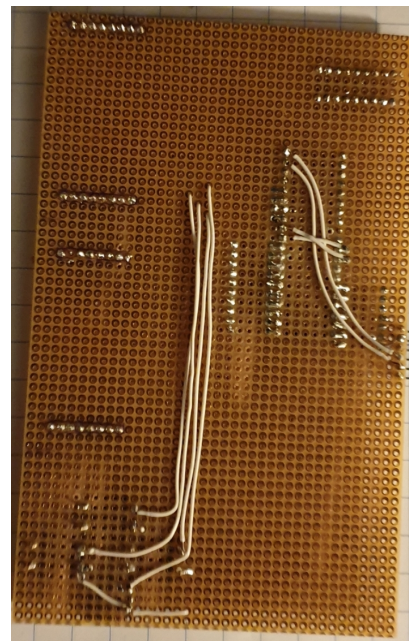
Hier zijn de resultaten van het project:

A. Hardware

Zie figuur 11 en 12 van de vóór- en achterkant van de Tetris gameboy, van vóór de (meeste) bedradingen. Deze foto's bevatten maar paar van de bedradingen, omdat er geen foto's zijn gemaakt van dat er géén bedrading zijn.

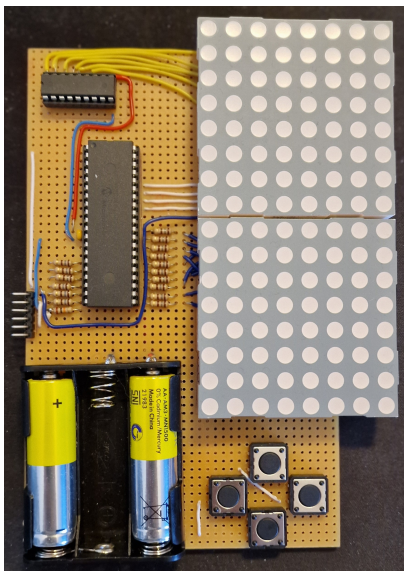


Figuur 11. Foto van de voorkant van de Tetris gameboy, vóór de (meeste) bedradingen.

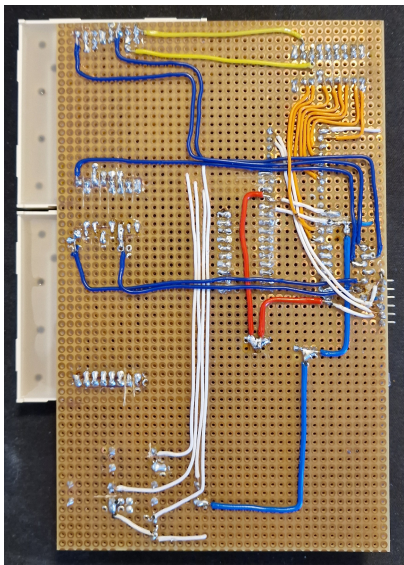


Figuur 12. Foto van de achterkant van de Tetris gameboy, vóór de (meeste) bedradingen.

Zie figuur 13 en 14 van de vóór- en achterkant van de Tetris gameboy, van ná de bedradingen.



Figuur 13. Foto van de voorkant van de Tetris gameboy, ná de bedradingen.



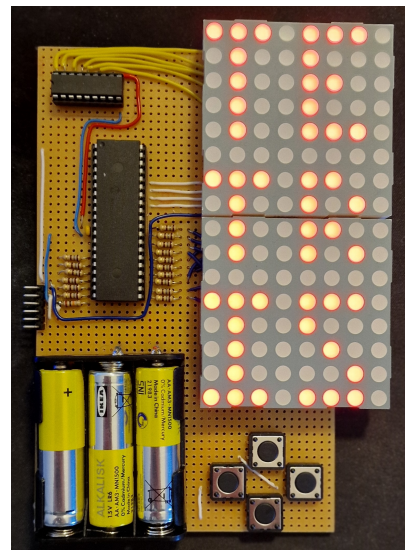
Figuur 14. Foto van de achterkant van de Tetris gameboy, ná de bedradingen.

In figuur 14 is te zien dat bij de bovenste socket van onderste matrix dat de soldering niet netjes is gedaan. Dit komt, omdat een aantal pinnen van de eerst gesoldeerde socket intern kapot waren (tulcontact was defect). Daarom moest de hele socket gedemonteerd en vervangen worden met behulp van een desoldeer pomp. Daarna moest er een nieuwe socket in gesoldeerd worden, maar omdat de desoldeer pomp de meeste koperen eilandjes eruit had gezogen, hechtte het soldeertin niet meer goed aan de perboard, waardoor het soldeertin direct aan verbindingsdraadje gehecht moest worden. Daarom zien de soldeerresultaten bij die socket er minder goed uit in

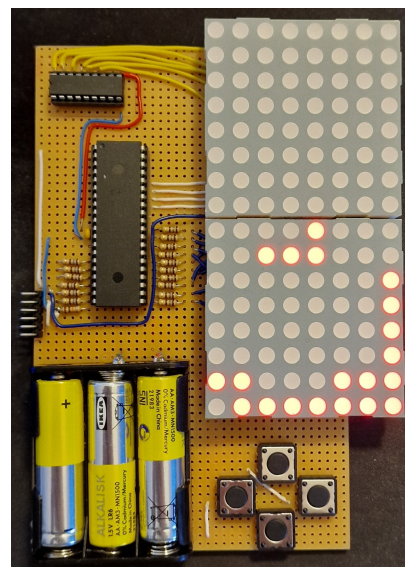
vergelijking met de rest. Het verschil tussen vóór en ná de soldering van die socket is terug zien in figuur 12 en in figuur 14. Voor de rest is het resultaat best netjes en was het solderen redelijk goed te doen.

B. Tetris Gameboy

Onder dit kopje worden er foto's laten zien van dat de Tetris gameboy succesvol werkt. In figuur 15 is er een foto te zien waarbij op de LED matrixen te zien zijn dat het Tetris spel foutloos opstart. In figuur 16 en 17 is de Tetris gameplay te zien, hierbij is de eerste foto eerder in het potje gemaakt, en de tweede foto is later in het potje gemaakt. Tenslotte in figuur 18 is te zien dat het potje is afgelopen en dat de score wordt weer gegeven (score: 3).



Figuur 15. Foto van de start-up van het Tetris spel.



Figuur 16. De eerste foto die hoort bij het potje Tetris.

IV. CONCLUSIE

In dit artikel is er onderzoek gedaan om de volgende onderzoeksvraag te kunnen beantwoorden:

“Hoe kan de PIC18F4520 microcontroller gebruikt worden om een Tetris gameboy te bouwen met de verkregen componenten en middelen, waaronder de Tetris code?”

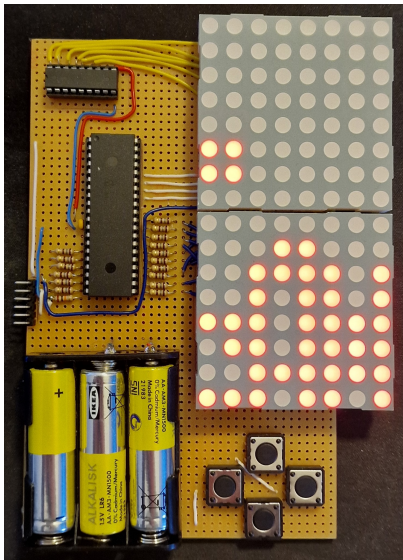
Na uitgebreid onderzoek onder het kopje II: “Methoden en Materialen”, en het bouwen van de Tetris gameboy is het vastgesteld dat het mogelijk is om een Tetris gameboy te bouwen met de PIC18F4520 microcontroller. De PIC18F4520 microcontroller wordt in eerste instantie geflashed met de Tetris programmeercode in programmeertaal C/C++. De PIC18F4520 is abstract te vergelijken met het brein van de schakeling, want het is de besturing en logica van het Tetris spel. Terwijl de microcontroller de logica uitvoert, moest de ULN2803A IC de digitale signalen van de PIC18F4520 microcontroller versterken. De ULN2803A stuurt die versterkte digitale signalen daarna weer door naar de twee 8x8 LED matrixen ELM-2881SURWA. Deze LED matrixen dienen voor de graphics van het spel, oftewel de output van het Tetris spel. Daarnaast zijn er vier knopjes gebruikt als input van de Tetris gameboy om het spel te kunnen besturen. Om het spellogica en regels mogelijk te maken is er een algoritme gemaakt die de PIC18F4520 microcontroller in theorie moet gebruiken om de input en output signalen te verwerken. Deze algoritme is omschreven in functies die in woorden beschreven zijn.

Het was een uitdaging om de Tetris gameboy op een perfbord te bouwen met een PIC18F4520 microcontroller, maar het is aangetoond dat het kan. Het resultaat is een werkende Tetris gameboy, die op een perfbord is gerealiseerd. Deze Tetris gameboy is daarnaast nog zelfs te verbeteren door meer functies toe te voegen, zoals een buzzer, aan/uit schakelaar of zelfs door een scorebord.

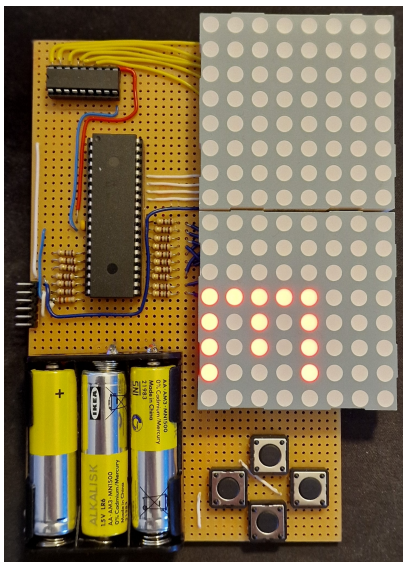
Dit project heeft de auteur de gelegenheid gegeven om verder te leren over de werking van o.a. IC's en microcontrollers. Ook heeft de auteur in de praktijk ervaren dat werken met een perfbord in beginsel heel veel vrijheid geeft om al probeerend de juiste verdeling van componenten te ontdekken en daarna de verbindingen tot stand te kunnen brengen. Voor een volgend project is gebruik van een PCB ontwerp, wat in het begin meer tijd kost en later minder gedoe geeft, aan te raden.

DANKBETUIGINGEN

De auteur wil zijn dank uitspreken aan Martijn Oldenburg en Seethu Christopher voor hun ondersteuning en begeleiding tijdens het schrijven van dit artikel. Dankzij M. Oldenburg heeft de auteur de benodigde componenten ontvangen om dit project tot leven te kunnen brengen. Daarnaast heeft S. Christopher haar kennis gedeeld over het schrijven van een IEEE-artikel in de “Research and Citation” lessen, wat de auteur van dit artikel erg geholpen heeft.



Figuur 17. De tweede foto die hoort bij het potje Tetris.



Figuur 18. Foto van dat de score te zien is, omdat het game-over is.

De resultaten zijn prima, aangezien alles werkt. De batterijhouder is bijvoorbeeld links onder is geplaatst, omdat daar een betere grip zit voor de linker hand. De knopjes zitten dan uiteraard rechts georiënteerd van de batterijhouder.

Hieronder nog even samengevat wat de knopjes deden: De bovenste knop zorgt ervoor dat de Tetromino's draaibaar zijn. De onderste knop zorgt ervoor dat de Tetromino's versneld naar beneden vallen. De rechter knop zorgt ervoor dat de Tetromino's naar rechts verplaatst kunnen worden. De linker knop zorgt ervoor dat de Tetromino's naar links verplaatst kunnen worden.

REFERENTIES

- [1] J. Brzustowski, "Can you win at tetris?" 1992, [Accessed December 28, 2022]. [Online]. Available: <https://doi.library.ubc.ca/10.14288/1.0079748>
- [2] H. Burgiel, "How to lose at tetris," *The Mathematical Gazette*, vol. 81, no. 491, pp. 194–200, Jul. 1997, [Accessed December 28, 2022]. [Online]. Available: <https://doi.org/10.2307/3619195>
- [3] R. BREUKELAAR, E. D. DEMAINE, S. HOHENBERGER, H. J. HOOGEBOOM, W. A. KOSTERS, and D. LIBEN-NOWELL, "Tetris is hard, even to approximate," vol. 14, no. 01n02, pp. 41–68, Apr. 2004, [Accessed December 28, 2022]. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1142/s0218195904001354>
- [4] D. Ibrahim, *Microcontroller based applied digital control*. John Wiley & Sons, 2006.
- [5] J. Morton, *The PIC microcontroller: your personal introductory course*. Elsevier, 2005.
- [6] M. T. Inc., "PIC18F2420/2520/4420/4520 28/40/44-Pin Microcontrollers with XLP Technology," 2022, [Accessed December 28, 2022]. [Online]. Available: <https://www1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39631E.pdf>
- [7] J. Earle, *Engineering Design Graphics*, ser. Addison-Wesley world student series. Addison-Wesley, 1999.
- [8] F. LEDs, "Comparison between 3528 leds and 5050 leds," accessed: 6-1-2023. [Online]. Available: <https://www.flexfireleds.com/comparison-between-3528-leds-and-5050-leds/>
- [9] M. Electronics, "Lstst-s326kgkfkft: Smd led," accessed: 6-1-2023. [Online]. Available: <https://www.mouser.com/datasheet/2/239/LTST-S326KGKFKFT-1143909.pdf>
- [10] R. Miron, "The basics of chip-on-board (cob) leds," 2016, accessed: 6-1-2023. [Online]. Available: <https://www.digikey.com/en/articles/the-basics-of-chip-on-board-cob-leds#:~:text=What%20are%20COB%20LEDs%3F,to%20form%20a%20single%20module>
- [11] C. LED, "Bsl-cob25-03w030xxfr60-0320: Ceramic cob led module," accessed: 6-1-2023. [Online]. Available: <http://www.cob-led.com/ceramic-cob-led-module/BS-LCOB25-03W030XXFR60-0320.pdf>
- [12] V. S. O. Division, "Tlsv5300: Bi-color led emitting diode," accessed: 6-1-2023. [Online]. Available: <https://www.vishay.com/docs/83056/tlsv5300.pdf>
- [13] directindustry.com, "bi-color led - wl-sbtw," accessed: 6-1-2023. [Online]. Available: <https://www.directindustry.com/industrial-manufacturer/bi-color-led-77947.html#:~:text=bi%20color%20LEDWL%20DSBTW&text=Characteristics%20Low%20energy%20consumption%20High,switches%20and%20symbols%20Decorative%20...>
- [14] PICAXE, "Tri-colour led," accessed: 6-1-2023. [Online]. Available: <https://picaxe.com/circuit-creator/light-and-lcd-outputs/tri-colour-led/#:~:text=Tri%20colour%20LEDs%20contain%20two,be%20red%2C%20green%20or%20orange>
- [15] Farnell, "Ld5911v2: Bi-color led," accessed: 6-1-2023. [Online]. Available: <https://www.farnell.com/datasheets/1756451.pdf>
- [16] "Rgb led pinout, configuration, circuit & datasheet," 2018, [Accessed January 6, 2023]. [Online]. Available: <https://components101.com/diodes/rgb-led-pinout-configuration-circuit-datasheet>
- [17] E. Yilmaz, "What is the difference between low power, mid power and high power leds?" 2020, [Online; accessed 8-January-2023]. [Online]. Available: <https://bit.ly/3kV4ZVH>
- [18] M. Electronics, "Eapl2835ra0 datasheet," 2021. [Online]. Available: <https://www.mouser.com/datasheet/2/143/EAPL2835RA0-949337.pdf>
- [19] Farnell, "Datasheet 1w high power led," 2012. [Online]. Available: <https://www.farnell.com/datasheets/1636581.pdf>
- [20] T. Scully, "What you need to know about leds," 2021, [Online; accessed 8-January-2023]. [Online]. Available: <https://www.ledsupply.com/blog/what-you-need-to-know-about-leds/>
- [21] *Standard LED - Red Emitting Colour*, Multicomp, Oct 2011. [Online]. Available: <https://www.farnell.com/datasheets/1498852.pdf>
- [22] "88-hsmq-c170-t0000," 2016. [Online]. Available: <https://www.micro-semiconductor.nz/datasheet/88-HSMQ-C170-T0000.pdf>
- [23] H. Ding, *5mm ROUND LED LAMP - L-9294QBC-D - Blue*, Kingbright, Dec 2011. [Online]. Available: <https://www.farnell.com/datasheets/1519875.pdf>
- [24] "06f6425," 1999. [Online]. Available: <https://www.digchip.com/datasheets/parts/datasheet/000/06F6425-pdf.php>
- [25] "Av02-0611en," 2010. [Online]. Available: <https://www.mouser.com/datasheet/2/678/av02-0611en-1827743.pdf>
- [26] "Hlmp-hg64-vy0dd," 2009. [Online]. Available: <https://www.tme.eu/Document/e17ac5a5d91f1e843e5681cfa4a5ba4b/HLMP-HG64-VY0DD.pdf>
- [27] M. L. Schagrin, "Resistance to ohm's law," *American Journal of Physics*, vol. 31, pp. 536–547, 1963, [Accessed January 7, 2023].
- [28] eepower.com, "Resistor applications: Resistor for led," accessed: 6-1-2023. [Online]. Available: <https://eepower.com/resistor-guide/resistor-applications/resistor-for-led/>
- [29] S. Saslow, *Electricity demystified*. McGraw-Hill Professional, 2007.
- [30] C. Platt, *Encyclopedia of electronic components volume 1*. O'Reilly/Make, Sebastopol CA, Oct. 2012.
- [31] C. Digest, "Pull-up and pull-down resistor," 2021, accessed: 8-1-2023. [Online]. Available: https://circuitdigest.com/sites/default/files/projectimage_tut/Pull-up-and-Pull-down-Resistor.png
- [32] Everlight, "Elm-2881surwa datasheet," 2007. [Online]. Available: https://media.digikey.com/pdf/Data%20Sheets/Everlight%20PDFs/ELM-2881SURWA_S530-A2.pdf
- [33] STMicroelectronics, "ULN2803A Darlington Transistor Array," <https://www.farnell.com/datasheets/1690352.pdf>, 2012.
- [34] "Fritzing - a software for electronic prototyping," 2021, [Online; accessed 8-January-2023]. [Online]. Available: <https://www.fritzing.org/>