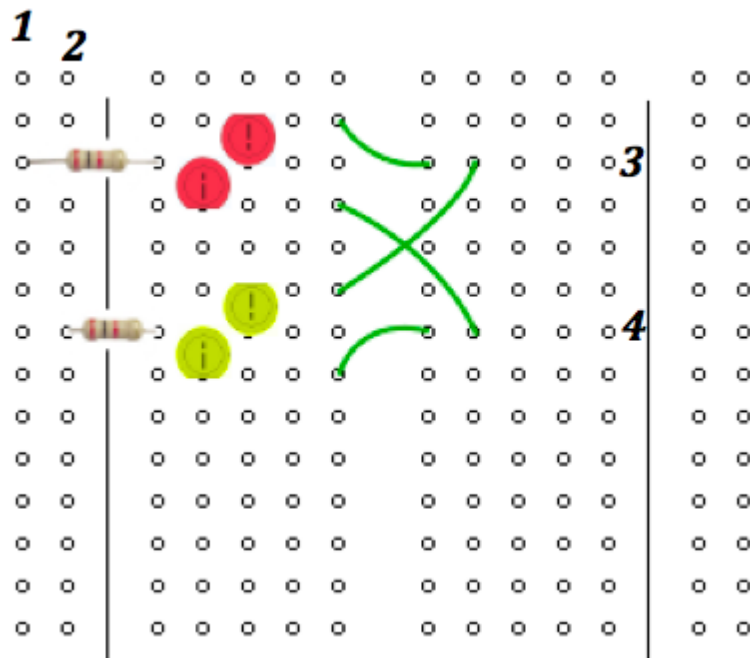


## Practicum 2: Multiplexing

Dit practicum helpt je bij het aansluiten van meerdere leds als het aantal pinnen wat je beschikbaar hebt beperkt is. We doen dit met de techniek multiplexing. Hierover later meer.

### Pin schaarste

De vorige keer hebben we tussen de 8 en 15 leds aangestuurd. Leds toevoegen is eenvoudig, tenminste, zolang er nog **vrije pinnen** zijn op je Arduino. Zelfs daarna is een extra led geen probleem als het niet erg is dat hij een van de bestaande leds volgt: je kan hem in serie in het circuit van een andere led opnemen. Die twee doen dan wel altijd hetzelfde, maar toch. Als je ieder ledje iets anders wil laten doen loop je al snel tegen het probleem aan dat je pinnen op raken.



- Bouw het schema hier boven na. Leds van dezelfde kleur delen een weerstand en hun + poot. De linker leds en de rechter leds delen hun – poot.
- Zet nu +5V op rail 1 en GND op rail 3. Wissel de +5V tussen 1 en 2, en wissel GND tussen rail 3 en 4. Hoeveel leds branden er? Kun je zelf kiezen welke?

Ondanks dat alle leds hun aansluitingen delen met twee andere leds kun je in deze schakeling toch één led tegelijk aanzetten. Met de +5V kies je in welk van de twee **rijen** (in dit geval komt dat overeen met kleuren) een led mogelijk kan gaan branden. Met de GND kies je in welke **kolom** mogelijk een led mag branden. Alléén de led op de kruising gaat ook daadwerkelijk aan. Als je 1 en 2 beide op +5V zet en/of 3 en 4 beide op GND kunnen er ook meer leds branden.

De Arduino kan pinnen hoog zetten of laag, maar niet loskoppelen (eigenlijk wel, maar daarover later meer). Maar door een led kan stroom maar in één richting stromen. Als je +5V op 3 of 4 zet gebeurt er dus niets. Als je zowel op 1 en 2 als op 3 en 4 +5V zet is er geen **spanningsverschil**, en loopt er ook geen stroom. Je kunt deze schakeling dus wel degelijk door de Arduino uit laten voeren. Het lijkt alleen nog niet heel erg nuttig: we hebben immers nog steeds 4 leds en 4 pinnen.

- Voeg een gele en een rode led toe aan de schakeling. Je hebt niet meer rails nodig, wel een nieuwe baan. Kijk hoe je de nieuwe leds kunt laten branden.

Met slechts **één extra pin** (baan) hebben we **2 nieuwe leds** aan de schakeling toegevoegd. We hebben nu 6 ledjes, in 2 rijen en 3 kolommen. Vergeleken met de 2x2 situatie kunnen we berekenen dat het aantal pinnen dat we nodig hebben voor **NxM ledjes** = **N+M**.

---

## Over multiplexing

Je kunt je voorstellen dat de winst in leds per pin groter wordt naarmate het aantal leds stijgt. Voor 64 leds (8x8) kun je met 16 pinnen uit de voeten (8+8), voor 8 extra leds (8x9) ben je maar één pin extra kwijt, en voor 17 extra leds maar 2 (9x9). Als je een HD matrix aansluit (1920x1080) krijg je voor één extra pin maar liefst 1920 extra pixels! Maarja, dan mag je wel eerst 3000 pinnen aangesloten hebben!

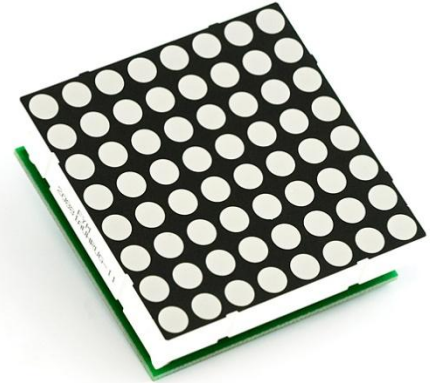
Dit is allemaal leuk en aardig, maar met multiplexing kun je nog steeds maar 1 led tegelijk aanzetten. Toch hoeft dat geen probleem te zijn. We zagen vorige keer al dat je een led kan dimmen door hem korter aan dan uit te zetten. Als de led echter snel aan/uit ging maar ongeveer even lang aan als uit was zag je het knipperen niet eens gebeuren. De kunst van het multiplexen is nu om de hele matrix af te lopen en één voor één alle pixels die aan moeten zijn kort aan te zetten. Alle pixels worden geknipperd, maar snel genoeg zodat je toch een samenhangende afbeelding kunt maken. Omdat een pixel net zo lang uit is als er andere pixels zijn die aan moeten zijn wordt hij toch gedimd. Immers, als er 10 pixels moeten branden kan elke afzonderlijke pixel ongeacht hoe groot de matrix is toch maar 1/10<sup>e</sup> van de tijd aan zijn.

---

## LED Matrix

Met 64 LEDs is het mogelijk een 8x8 LED matrix te maken. De LED matrices waar wij mee werken zijn groot genoeg om precies aan te kunnen sluiten op een klein breadboard. Een voorbeeld hiervan is te zien tijdens de les.

- Sluit alle pinnen van de LED matrix aan op je Arduino. Je zou pin 3 tot en met pin 16 kunnen gebruiken. Pin 19 staat niet als zodanig gedocumenteerd maar de analoge pinnen kunnen ook fungeren als digitale output pinnen en zijn doorgenummerd vanaf pin 13.



Je zou zeggen dat dergelijke LED matrices gebruikersvriendelijk zijn gefabriceerd, waarbij de rijen en de kolommen op een logische manier op het onderdeel zijn geplaatst. **Niets is minder waar.** Om de LED matrix aan te kunnen sturen moeten we eerst uitvinden welke rijen en welke kolommen op welke pinnen zijn aangesloten.

- Gebruik de voorbeeld sketch FindRowsAndCols.ino om uit te zoeken welke pinnen van de Arduino corresponderen met welke rijen en kolommen op de LED matrix. Maak notities van je observaties!

Nu je de rijen en kolommen hebt gevonden kan je deze informatie gebruiken om afbeeldingen op je LED matrix tevoorschijn te toveren. Je kan helaas niet individuele pixels aan of uit zetten. Om iets zinnigs te kunnen laten zien zul je moeten multiplexen.

- Download de sketch "MultiPlexMatrix\_opdracht.ino".
- Vul de code aan met de gevonden rijen en kolommen
- Zorg ervoor dat het plaatje in de array "bitmap" wordt gedisplaysed op de LED matrix. Volg hiervoor de instructies in de comments van de code.
- Verander het plaatje. Je mag hierbij de voorbeeld notatie gebruiken, maar ook losgaan met binaire constanten, bijvoorbeeld: 0b00110100.

***Maak een filmpje van het resultaat van je werk van dit practicum.***

***Leg hierin uit wat je hebt gemaakt en demonstreer hoe het werkt (zowel hardware als code)***

***Vermeld duidelijk je volledige naam of studentnummer. (of namen en nummers als je samen hebt gewerkt)***

***Als je tegen een probleem aan bent gelopen en dit op een creatieve manier hebt weten op te lossen (of juist niet) laat dit zien in je filmpje.***

***Upload de link naar je filmpje op***

***[https://home.informatica.hva.nl/vlo/main/work/work.php?cidReq=DMCIIVMIE&id\\_session=0&gidReq=1&origin=&gradebook=&id=18&isStudentView=true](https://home.informatica.hva.nl/vlo/main/work/work.php?cidReq=DMCIIVMIE&id_session=0&gidReq=1&origin=&gradebook=&id=18&isStudentView=true)***

## Extra opgave

Figuren één voor één voorbij laten komen op je display is natuurlijk leuk, maar het zou toch mooier zijn als je een tekst voorbij kon laten rollen waarbij het volgende teken al in beeld komt **terwijl** het oude teken verdwijnt. Je zult dan eigenlijk tijdens de overlap een combinatie van twee tekens op het scherm moeten hebben. Om dit voor elkaar te krijgen zul je eerste zelf het beeld moeten berekenen aan de hand van je twee tekens. Je moet hiervoor de bitwise shift operatoren gebruiken en de **bitwise or** die je opschrijft als |.

- Probeer twee tekens elkaar af te laten wisselen
- Maak een lichtkrant waarbij een hele tekst voorbij kan rollen.
- Vind je multiplexing saai? Probeer dan eens Charlieplexing met 9 leds en maak een dobbelsteen! <http://en.wikipedia.org/wiki/Charlieplexing>