

Naam: Klas: Studentnummer:

Let op: *Alle componenten na afloop van de les weer netjes in de goede bakjes terugleggen! Kijk ook nog even tussen je spullen of je niet per ongeluk componenten van een eerder lab hebt meegenomen!*

Inleiding

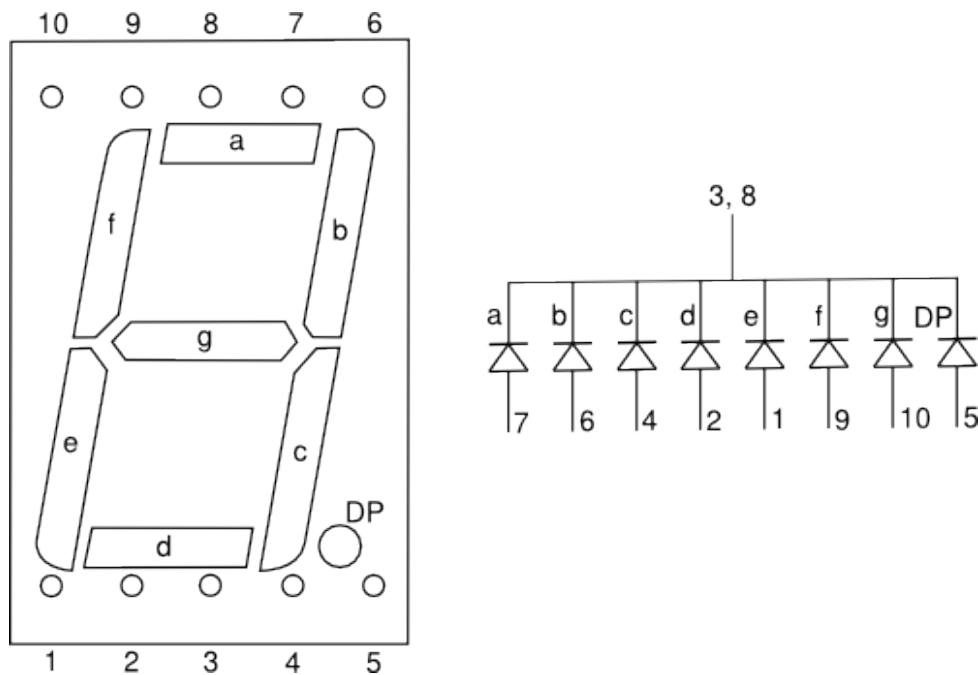
In dit kwartaal hebben we veel naar het analoge domein gekeken. Volgend kwartaal gaan we ons onder andere bezig houden met microcontrollers in het digitale domein. Nu is er regelmatig een verbinding van het analoge domein naar het digitale domein nodig, bijvoorbeeld voor het inlezen van een temperatuursensor.

Om het analoge domein te verbinden met het digitale domein gebruiken we een analoog-digitaal converter (ADC). In dit lab gaan we een simpele ADC bouwen die deze omzetting van analoog naar digitaal laat zien. Hiervoor gebruiken we een paar digitale ICs en een paar analoge ICs.

Leerdoelen

- Een 7-segment display kunnen aansluiten en gebruiken.
- De werking van een simpele ADC begrijpen.
- Een simpele ADC kunnen bouwen met behulp van opamps.
- De werking van een IC kunnen opzoeken in een datasheet.
- Verschillende schakelingen koppelen met een geschikt IC.

Opdrachten



Figuur 1: Pinnen en segmenten van het common-cathode 7-segment display.

Opdracht 1: Een 7-segment display aansturen met behulp van een BCD naar 7-segment decoder

7-segment displays zijn beschikbaar als common-anode of common-cathode variant.

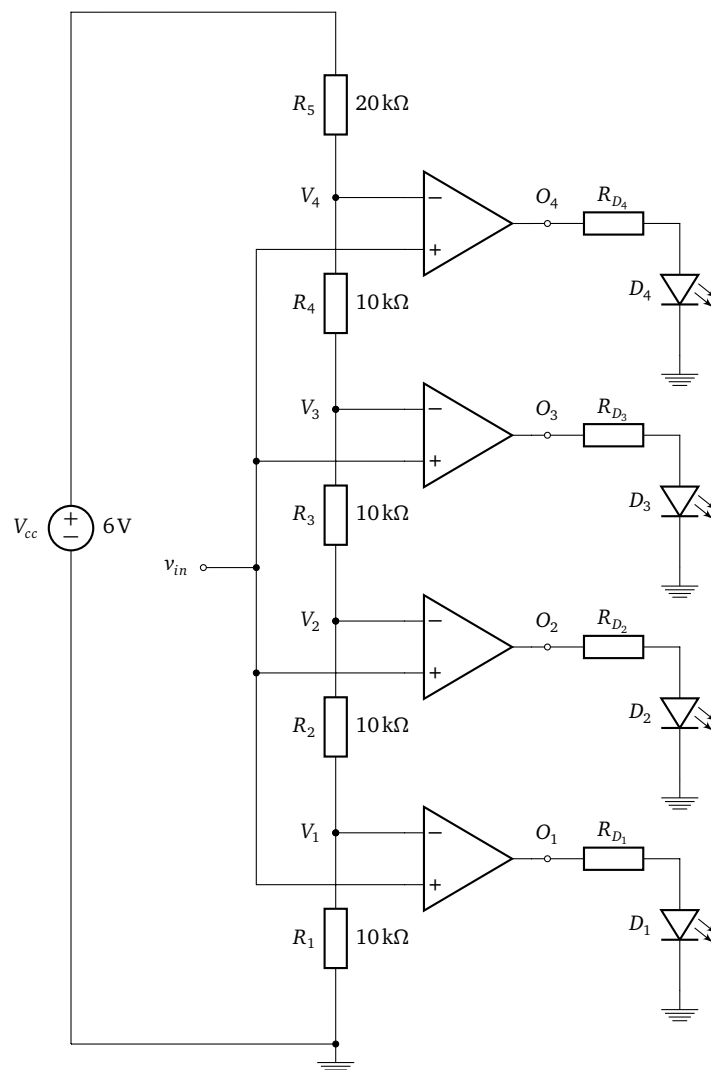
1. Wat betekent dit en wanneer zou je welke willen gebruiken?
2. Welke waarden kan het display tonen?

De CD4511 is een BCD naar 7-segment decoder welke een 4-bits BCD waarde op de ingangen omzet naar de juiste pinnen voor het 7-segment display.

3. Zoek de pinout van de CD4511 op in de datasheet. Deze is beschikbaar op het netwerk.
4. Wat is BCD? Welke waarden kan de CD4511 het display laten tonen?
5. Sluit een common-cathode 7-segment display met behulp van weerstanden tussen 470Ω en $1k\Omega$ aan op de CD4511. Verifieer de werking door de ingangen A , B , C en D handmatig met draadjes hoog en laag te maken. Gebruik $V_{cc} = 5V$. Maak de ingangen $\overline{LT}$ en $\overline{BL}$ hoog en $\overline{LE}$ laag.
6. Waar moet je op letten als je schakelaars zou gebruiken?

Let op: Laat deze schakeling intact. Je hebt deze later nog nodig!

Conclusie 1

**Schakeling 1:** Een ADC met opamps

Een AnalooG-Digitaal Converter (ADC) zet een analoge spanning om naar een discrete (binaire) digitale waarde. Met behulp van een reeks opamps is een simpele ADC te realiseren.

In eerdere labs van dit kwartaal heb je al opamps bekeken. Je kunt al een opamp gebruiken als een comparator. Wanneer het signaal op de niet inverterende ingang hoger is dan op de inverterende ingang dan wordt de uitgang hoog, anders laag. Door meerdere opamps te gebruiken en steeds het ingangssignaal te vergelijken met een spanning die een stapje hoger is kunnen we afleiden door welke binaire waarde de analoge spanning het beste wordt gerepresenteerd.

Opdracht 2: Simpele AnalooG-Digitaal Converter (ADC)

In deze opdracht maken we een simpele ADC. Om de juiste vergelijkingsspanningen op de n niet inverterende ingangen te krijgen maken we gebruik van een spanningsdeler van $n + 1$ gelijke weerstanden. In [schakeling 1](#) gebruiken we als laatste weerstand de dubbele waarde zodat we geen problemen krijgen met de voeding en uitgangen van de opamps. We maken hier dus een ADC met een ingangsspanning van 0 – 5 V, die gevoed wordt met 6 V.

1. Hoeveel opamps (comparators) zijn er nodig om een 4-bits ADC te maken?
Hint: hoeveel mogelijkheden heb je met 4 bits?
2. Hoeveel waarden kunnen we onderscheiden door gebruik te maken van 4 opamps? Hoeveel bits zijn dit?
3. Wat zijn de spanningen op de punten V_1 t/m V_5 in [schakeling 1](#)?

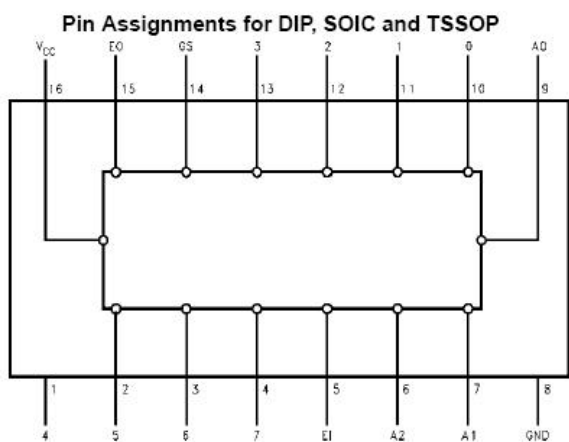
De LM224 is een Quad-opamp. Dat wil zeggen dat er 4 opamps in het IC met een DIP14 package zitten. De LM224 kun je aansluiten met $V_{CC} = 6\text{ V}$ en GND. Er is dus geen bipolaire voeding nodig.

4. Bouw met een LM224 een ADC volgens het schema in [schakeling 1](#).
5. Gebruik het tweede kanaal van de voeding om een spanning op de ingang van je ADC te zetten.
6. Kloppen de vergelijkingen? Reageren ze op de juiste spanning? Kun je eventuele afwijkingen verklaren?

Let op: Laat deze schakeling intact. Je hebt deze later nog nodig!

Conclusie 2

Connection Diagram



Truth Table

Inputs									Outputs				
EI	0	1	2	3	4	5	6	7	A2	A1	A0	GS	EO
H	X	X	X	X	X	X	X	X	H	H	H	H	H
L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L
L	X	X	X	X	X	X	X	L	L	L	L	L	H
L	X	X	X	X	X	X	L	H	L	L	H	L	H
L	X	X	X	X	X	L	H	H	L	H	L	L	H
L	X	X	X	X	L	H	H	H	L	H	H	L	H
L	X	X	X	L	H	H	H	H	H	L	L	L	H
L	X	X	L	H	H	H	H	H	H	L	H	L	H
L	X	L	H	H	H	H	H	H	H	H	L	L	H
L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H

H = HIGH
L = LOW
X = Irrelevant

Figuur 2: Pinnen en waarheidstabel voor de 74HC148.

Om de uitgangen van de opamps om te kunnen zetten naar een binaire waarde kunnen we met behulp van de technieken die zijn behandeld tijdens ELE10 eenvoudig een schakeling met logische poorten maken. Dit zou echter erg veel ICs kosten. Gelukkig zijn er ICs beschikbaar met deze functionaliteit.

Opdracht 3: ADC waarde weergeven op een 7-segment display

De CD4511 verwacht een 4-bits BCD waarde welke vervolgens op het 7-segment display wordt weergegeven.

De 74HC148 is een zogenaamde 8-naar-3 encoder en doet precies wat we nodig hebben. Het zet maximaal 8 ingangssignalen om naar een 3-bits getal welke we daarna op de CD4511 kunnen aansluiten. De waarheidstabel voor dit IC is gegeven in [figuur 2](#).

1. Zet de uitgangssignalen O_1 t/m O_4 uit [schakeling 1](#) om in een binair getal m.b.v. de 74HC148 en sluit deze aan op de CD4511. De pinnen *GS* en *EO* hoef je niet te gebruiken.
2. Varieer met het tweede kanaal van de voeding de spanning op de ingang van de ADC. Werkt alles naar behoren?
3. Zet nu m.b.v. de signaalgenerator achtereenvolgens een sinus, driehoek en blokgolf met $V_{pp} = 5V$ en een offset van 2.5V op de ingang van je ADC. Bekijk verschillende frequenties tussen 0.1Hz en 20Hz. Wat valt op?
4. Stel dat je onbeperkt opamps zou hebben. Hoeveel verschillende waarden zou je met deze schakeling kunnen onderscheiden? Welk IC vormt de eerste beperking?

Conclusie 3

1 Controle en aftekenen

Controleer de volgende punten voordat je deze labopdracht laat aftekenen. Indien je één van deze vragen met **nee** kunt beantwoorden zal de opdracht niet worden afgetekend.

- Is de labopdracht uitgeprint?
- Zijn alle metingen volledig en door jezelf uitgevoerd?
- Zijn alle vragen waarbij ruimte voor beantwoording is vrijgelaten ook daadwerkelijk door jezelf in je eigen woorden beantwoord?
- Zijn alle grafieken en tabellen volledig ingevuld? Zijn grafieken voorzien van een legenda?
- Heb je zinvolle conclusies opgeschreven en deze goed onderbouwd in je eigen woorden? (*Lege vakjes zijn niet zinvol...*)
- Kun je alle metingen, antwoorden op de vragen en resultaten verklaren aan de docent?
- Kun je soortgelijke metingen herhalen en verklaren op de praktijktoets?
- Heb je alle mogelijke fouten die je kunt maken benoemd met een oplossing, zodat je deze niet maakt tijdens de praktijktoets?