

Inleiding

Deze week ligt de focus op ontwerp en realisatie van DA- en AD-converters. Een DA-Converter (DAC) zet een digitaal signaal om naar een analoog signaal en een AD-Converter (ADC) zet een analoog signaal om naar een digitaal signaal. We gaan deze week de volgende converters bouwen:

- Een 3-bit flash ADC
- Een 6-bit DAC met binary offset. Deze krijgt de 6 bits van de pipeline ADC en converteert dit weer in een analoge uitgangsspanning

Leerdoelen

- Uit discrete componenten een 6-bit DA-converter met offset binary kunnen bouwen.
- Uit discrete componenten een 3-bit AD-converter kunnen bouwen.

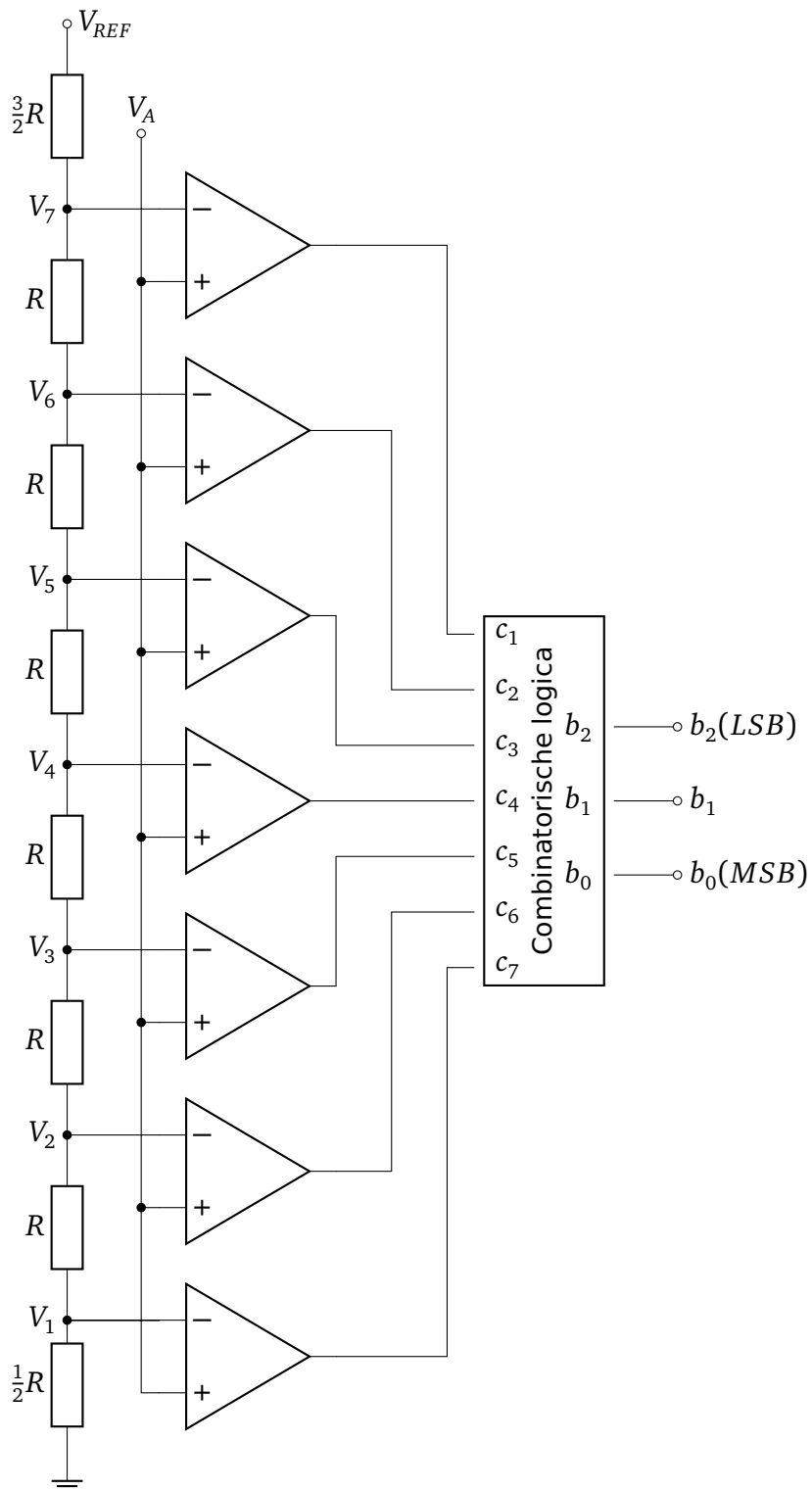
Praktische aanwijzingen (BELANGRIJK!)

Bij deze opdracht gebruik je analoge ICs (opamp) en digitale ICs die met elkaar moeten samenwerken. Om deze schakeling goed te kunnen laten werken, is het handig om het volgende voedingsschema te nemen:

- Je krijgt een voedingsspanning van +10 V en –10 V binnen van de labvoeding. Maak hiervan zelf een voeding van +5 V m.b.v. een LM7805.
- Voor de digitale IC 74HC148 gebruik een voedingsspanning van 0 V en +5 V.
- Voor de opamp (TL074), gebruik –10 V en +10 V als voedingsspanning.
- Voor de comparatoren (TLC339), gebruik 0 V en +10 V als voedingsspanning.
- Om de comparatoren (TLC339) correct te laten werken, heb je informatie nodig uit de datasheet. Lees dit zodat je weet hoe je deze comparatoren moet laten werken!
- Gebruik voor de referentiespanning VREF een spanning van +5 V. Deze referentiespanning mag NOOIT direct van de voedingsspanning gehaald worden, omdat je dan veel te veel spanningsvariaties krijgt. Zorg dus voor een goede ontkoppeling, eventueel in combinatie met een RC-filter en gebruik een opamp als buffer om een stabiele referentiespanning te maken. De rimpelspanning van deze referentiespanning moet kleiner zijn dan +20 mV.
- Voorzie iedere voedingsaansluiting van ieder IC van 100 nF ontkoppelcondensatoren, die zo dicht mogelijk bij het IC geplaatst zijn.

3-bit flash ADC

De volgende opdracht is het maken van een 3-bit flash ADC, schematisch weergegeven in [schakeling 1](#). Gebruik twee TLC339 quad comparatoren en losse weerstanden van $R = 10\text{ k}\Omega$ voor het weerstandsnetwerk. Gebruik verder een 74HC148 om de combinatorische logica te realiseren.



Schakeling 1: 3-bits flash AD-converter

Opdracht 1: 3-bits flash AD-converter

- Bepaal de spanningen $V_i, i = 1, \dots, 7$, in termen van V_{REF} .
- Vul [tabel 1](#) verder in. De 'Max. fout (V)' kolom laat de maximale fout zien die mogelijk is t.o.v. V_i .
- Maak wederom een (Eagle of KiCAD) schema en laat hierbij duidelijk zijn hoe het weerstandsnetwerk, de TLC339 comparatoren (2x) en de 74HC148 aangesloten moeten worden. Verbind bits b_2, b_1 en b_0 ook met LEDs (denk aan weerstanden om de stroom te begrenzen!), zodat je deze waarden makkelijk kunt aflezen.
- Bouw de schakeling op aan de hand van het schema.
- Test de schakeling door verschillendeingangsspanningen V_A op de schakeling te zetten en vul daarmee [tabel 1](#) aan met gemeten waarden van V_i .
- Beschrijf hieronder je conclusies.

Conclusie 1**Tabel 1:** Kwantisatieniveaus van een 3-bits ADC met $0 < V_A < V_{REF}$

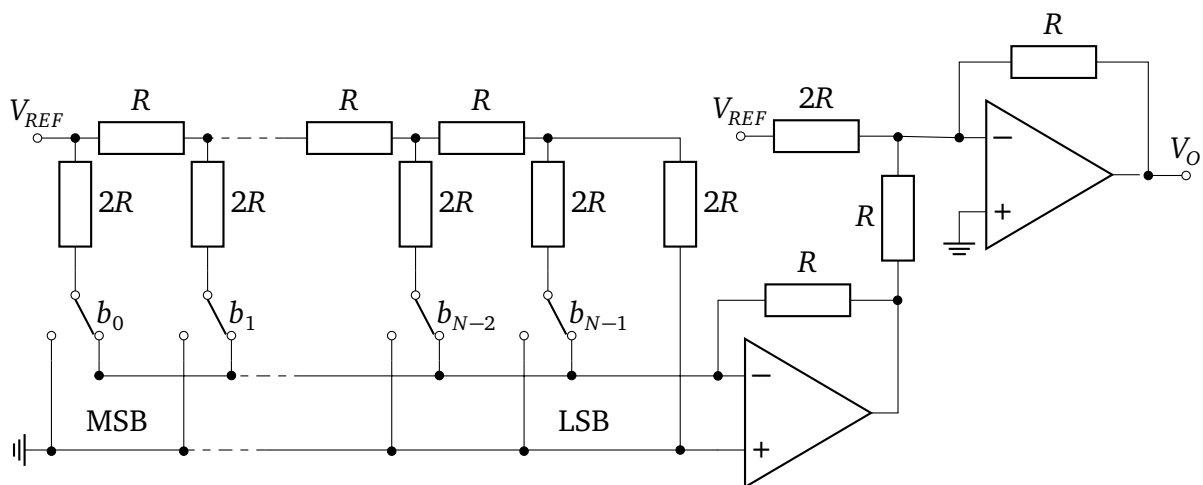
V_A	Berekende $V_{i,ber}(V)$	Gemeten $V_{i,met}(V)$	Max. fout (V)	$b_2 b_1 b_0$	display
$V_A < V_1 =$	$\frac{1}{16} V_{REF}$		$\frac{1}{16} V_{REF}$	000	0
$V_1 < V_A < V_2 =$				001	1
$V_2 < V_A < V_3 =$				010	2
$V_3 < V_A < V_4 =$				011	3
$V_4 < V_A < V_5 =$				100	4
$V_5 < V_A < V_6 =$				101	5
$V_6 < V_A < V_7 =$				110	6
$V_7 < V_A$	–	–		111	7

6-bits DAC met offset binary

De meeste DAC kunnen meestal dan wel alleen maar positieve of alleen maar negatieve spanningen uitgeven. De 6-bits R-2R ladder DAC, die we hier gaan maken, maakt gebruik van het offset binary systeem om zowel positieve als negatieve waarden te coderen volgens:

Waarde	Binaire code
+max	111111
⋮	⋮
0	100000
⋮	⋮
-max	000000

De schakeling van een N -bits R-2R ladder DA-converter offset binary is gegeven in [schakeling 2](#). Gebruik voor R een weerstand van $10\text{ k}\Omega$ (dus $2R$ is $20\text{ k}\Omega$).



Schakeling 2: N -bits R-2R ladder DAC met offset binary

Opdracht 2: 6-bits DAC met offset binary

- Bepaal V_O in termen van de bitwaarden ($b_5 b_4 b_3 b_2 b_1 b_0$). Wat is het bereik van deze converter en is hij inverterend of niet-inverterend?
- Maak een schema (Eagle of KiCAD) van de 6-bits DAC. Je kunt dezelfde componenten gebruiken als bij opdracht 1. Let op de voedingsspanning en referentiespanning, zoals aangegeven in de paragraaf 'praktische aanwijzingen'.
- Maak een simulatie van [schakeling 2](#) voor een 6-bits converter en controleer daarmee de werking van de schakeling.
- Bouw [schakeling 2](#) voor een 6-bits converter op.
- Vul [tabel 2](#) in met berekende, gesimuleerde en gemeten waarden.
- Beschrijf hieronder je conclusies: Bespreek in het bijzonder hoe de berekende en gemeten waarden voor het maximum, 0 en minimum overeenkomen.

Conclusie 2**Tabel 2:** Vergelijking tussen berekende en gemeten V_O -waarden

Offset binaire code	Berekende V_{Orek}	Gesimuleerde V_{Osim}	Gemeten V_{Omet}	$\frac{V_{Omet} - V_{Orek}}{V_{REF}}$
111111				
111110				
111101				
111100				
111000				
110000				
100001				
100000				
011111				
001111				
000111				
000011				
000010				
000001				
000000				

Controle: controleer of je overal alle gegevens goed opgeschreven hebt. Zijn alle grafieken en tabellen volledig ingevuld? Heb je alle simulaties opgeslagen en foto's/filmpjes gemaakt van alle opgebouwde schakelingen en uitgevoerde metingen? En heb je zinvolle conclusies opgeschreven en deze goed onderbouwd?