

## Hint Tentamen Elektronische Schakelingen

Datum: vrijdag 22 juni 2001  
Tijd: 14.00-17.00

---

*Dit tentamen is een "open boek" tentamen. Het gebruik van een rekenmachine is toegestaan. Gebruik de opgavenbladen ook voor het noteren van de antwoorden in de aangegeven ruimtes, maar houdt ze beknopt. Eventueel kunt u extra bladen gebruiken die u dan duidelijk van uw naam moet voorzien.*

*Prefix reminder: micro =  $10^{-6}$ , nano =  $10^{-9}$ , pico =  $10^{-12}$ , femto =  $10^{-15}$ , atto =  $10^{-18}$*

---

De moderne auto's van tegenwoordig zitten boordevol high-tech elektronica. Tijdens het rijden in de auto worden er zeer veel processen en omgevingsfactoren in de gaten gehouden door middel van sensorsystemen. Denk hierbij aan zaken als ABS, brandstofinspuiting, uitlaatgasmeting, buitentemperatuur, ijsvorming op de wegen en nog veel en veel meer.

Deze elektronica moet zeer robuust zijn. Je wilt natuurlijk nadat je een dagje met de auto naar het strand bij Costa del Sol geweest bent, dat de auto direct start zonder problemen. Dat de auto daar een dagje heeft staan bakken in het zonnetje mag niet van invloed zijn. Een heel andere situatie is wanneer je in de winter eens een keer meegedaan hebt (of bent wezen kijken) bij een elfstedentocht en je auto heeft de hele dag op een parkeerplaats in een gure noordenwind gestaan, ook dan moet de auto zonder problemen starten. Door het gebruik van sensoren is de auto bestand gemaakt tegen een groot aantal van dit soort invloeden.

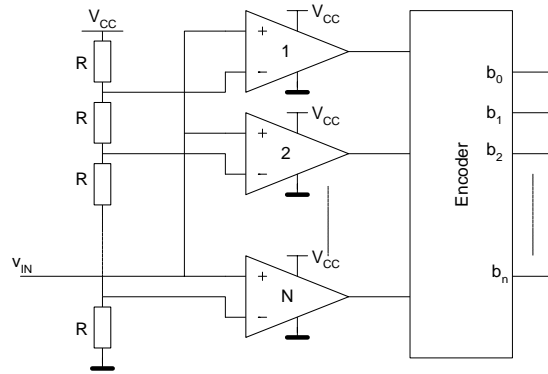
Veel van de meetsystemen in de auto's, en algemener veel meetsystemen, hebben een specifieke opbouw. Dit is blokschematisch aangegeven in figuur 1.



Figuur 1: blokschema van een meetsysteem

Aan het begin van de keten zit een sensor die hetgeen we willen meten omzet in een elektrisch signaal, dit kan bijvoorbeeld de benzine flow zijn of de temperatuur van de koelvloeistof. Vaak kan een sensor niet zomaar op een elektronische data-processor aangesloten worden, er is een aanpassing nodig; denk bijvoorbeeld aan impedantieniveaus en versterking. Data processing gebeurt vaak met een microprocessor. Dit kan op een relatief goedkope manier maar ook op een zeer flexibele manier: wanneer een andere processing gewenst is, is het een kwestie van andere software en het is geregeld. In de top klasse van BMW zitten bijvoorbeeld circa 25 dedicated microprocessors die een veelheid van informatie verwerken afkomstig van nog veel meer sensoren. Microprocessors verwerken digitale signalen. Dit betekent dat de signalen afkomstig van de sensor (die meestal analoog zijn) omgezet moeten worden van analoog naar digitaal (AD conversie). Om te voorkomen dat storende signalen de AD conversie nadelig beïnvloeden vindt er voor deze conversie eerst filtering plaats.

De analoog-digitaal-omzetter wordt ontworpen volgens het "flash" (Nederlands: flits) principe: in één stap, binnen één klokperiode, wordt de omzetting in het binair gecodeerde digitale domein gemaakt. Het principe van een dergelijke A/D omzetter is weergegeven in Figuur 2.

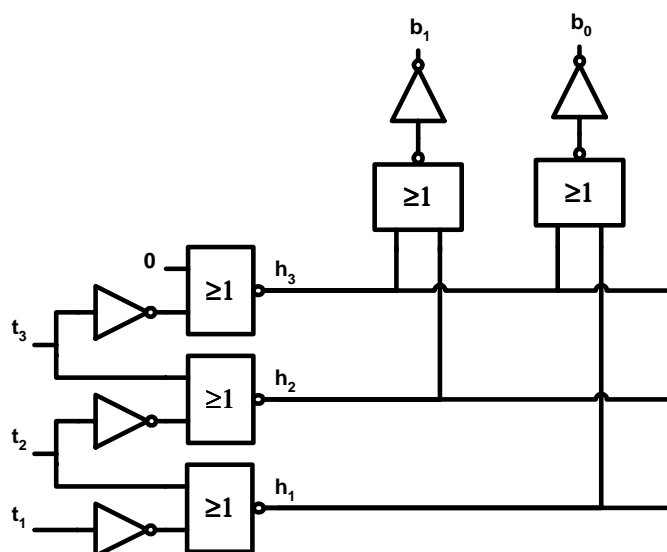


Figuur 2: Principeschema flash AD omzetter

Duidelijk herkenbaar zijn een weerstandsladder ( $R, R, R, \dots, R$ ) tussen de voedingslijnen ( $V_{CC}$  en  $0V$ ) en een grote hoeveelheid (verzadigende) operationele versterkers, waarvan de ingangsspanning bestaat uit het verschil tussen een constante spanning afkomstig van de weerstandsladder en de ingangsspanning van de A/D omzetter ( $v_{in}$ ). Ten gevolge van het verzadigen van de operationele versterker zet elke operationele versterker de ingangsspanning om in een "0" of een "1" afhankelijk van het teken van de waarde van zijn ingangsspanning. Iedere operationele versterker werkt hier dus als één-bits A/D omzetter. Door de juiste logische combinatie te maken van alle nullen en éénen kan een meer-bits A/D omzetter gerealiseerd worden.

Neem verder aan dat de besproken AD-omzetter een 6-bits omzetter is. De encoder logica krijgt als ingangen de  $2^6 - 1 = 63$  uitgangen van de verzadigde operationele versterkers en produceert een 6-bits binaire codering van het sensor signaal. Merk op dat de uitgangen van de operationele versterkers een zogenaamde thermometer code afgeven: als bit  $i$  hoog is zijn alle "lagere" bits ook hoog. De encoder heet dan ook wel een *thermometer-naar-binair* omzetter. Zo'n omzetter kan elegant gemaakt worden door de thermometer code eerst om te zetten naar een 1-hoog code, waarbij het aantal bits gelijk blijft maar alleen het hoogste aan-bit van de thermometer code aan gezet wordt in de 1-hoog code. Alle andere bits zijn dan laag. Deze 1-hoog code stuurt dan weer een aantal NOR poorten (één per uitgangsbite) die de inverse van de uitgangsbits produceren, 6 invertoren leveren uiteindelijk het binaire signaal  $\langle b_5-b_0 \rangle$ . Iedere NOR-poort heeft 32 ingangen, omdat van de (6-bits) binaire getallen van 0 t/m 63 er voor iedere bit-positie er steeds 32 met een "0" en 32 met een "1" zijn.

Het principe is hieronder geïllustreerd voor een 2-bits AD omzetter. Hier vormt  $\langle t_3-t_1 \rangle$  de thermometer code,  $\langle h_3-h_1 \rangle$  de 1-hoog code en  $\langle b_1-b_0 \rangle$  het binaire signaal.



Figuur 3: Twee-bits thermometer-naar-binair omzetter