

## ANALOG CMOS SQUARE-LAW CIRCUITS

Door K. Bult.

14 januari 1988.

Promotoren:

Prof.dr. H. Wallinga,

Prof.ir. O.W. Memelink.

Dit proefschrift beschrijft basisprincipes en implementaties van analoge CMOS schakelingen, gebaseerd op de kwadratische relatie tussen drainstroom en gate-sourcespanning van een verzadigde MOS transistor.

In het bijzonder is aandacht besteed aan lineaire spanning-stroom omzeters en vierkwadrant vermenigvuldigers en aan de analyse van het harmonische gedrag van deze schakelingen.

Twee principes vormen de grondslag voor de werking van alle in dit proefschrift beschreven schakelingen. Het "Two Transistor Linear and Squaring Principle" beschrijft twee relaties tussen de spanningen en stromen van twee identieke MOS transistoren. Onder de voorwaarde van een constante som van de gate-sourcespanningen is er

- een lineair verband tussen het verschil in gate-sourcespanningen en het verschil in drainstromen en
- een kwadratisch verband tussen het verschil in gate-sourcespanningen en de som van de drainstromen.

Dit principe vormt de basis van de klasse "Stacked Two-Transistor Square-Law Circuits", een klasse van schakelingen waarin gebruik wordt gemaakt van een "stapeling" van twee MOS transistoren om met behulp van een externe spanningsbron een constante som van gate-sourcespanningen af te dwingen. Er wordt een zestal basis schakelingen van deze klasse besproken. Vervolgens wordt er een analyse gegeven van het frequentieafhankelijk gedrag en het ruisgedrag van deze schakelingen.

Speciale aandacht wordt besteed aan het harmonische gedrag van deze schakelingen. De harmonische vervorming wordt geanalyseerd zowel voor lage als hoge frequenties. Deze analyses monden uit in eenvoudige uitdrukkingen die inzicht verschaffen en gebruikt kunnen worden bij het ontwerpen van dit soort schakelingen.

De harmonische vervorming blijkt frequentieafhankelijk te zijn. Alle lineaire schakelingen in dit proefschrift bereiken lineariteit met behulp van niet-lineaire MOS transistoren. Lineaire reactieve elementen, zoals capaciteiten, kunnen afwijkingen veroorzaken in de door MOS transistoren bewerkstelligde kwadratische spannings-stroom relatie. Dit kan aanleiding geven tot vervorming. Het effect daarvan is vaak al merkbaar bij frequenties ver beneden de bandbreedte van de schakeling.

Enkele voorbeelden van toepassing van basis-schakelingen in grotere schakelingen zijn drie verschillende lineaire spanning-stroom omzeters, een all-pass filter en een tijdcontinue vertraginglijn. Met behulp van het all-pass filter wordt bovendien een systeem ontwikkeld voor de automatische controle van tijdconstanten en transconductanties op dezelfde chip. Door de aanwezigheid van een en dezelfde instelspanning voor alle schakelingen uit de "Stacked Two-Transistor Square-Law Circuits", is deze klasse uitermate geschikt voor toepassing van dit soort systemen en daarmee voor het realiseren van nauwkeurige filterschakelingen.

Het "Four-Transistor Multiplier Principle" vormt de basis van de vier beschreven vierkwadrant spanningsvermenigvuldigers. Er wordt eveneens een vier-kwadrant stroomvermenigvuldiger beschreven. Ana-

lyse van het harmonisch gedrag van de spanningsvermenigvuldigers wijst uit dat toepassing van het "Four-Transistor Multiplier Principle" met constante instelspanning, met betrekking tot vervorming, betere resultaten oplevert dan met constante instelstroom.

\* \* \*

## A THIN-FILM MAGNETORESISTIVE ANGLE DETECTOR

Door C.J.M. Eijkel.

30 september 1988.

Promotor:

Prof.dr. J.H.J. Fluitman.

In dit proefschrift zijn de eigenschappen onderzocht van een contactloze hoekopnemer op basis van het anisotroop magnetoweerstand-effect (AMR-effect). Dit effect koppelt de oriëntatie van een weerstandsanisotropie in een stuk ferromagnetisch materiaal aan de oriëntatie van de magnetisatie in dat materiaal. In het onderhavige onderzoek is permalloy (Ni<sub>82</sub>Fe<sub>18</sub>) in dunne-film vorm als AMR materiaal gebruikt. De hoekopnemer bestaat uit een AMR-element met daartegenover een roterbare permanente magneet. Het magnetisch veld is steeds in het vlak aan de permalloy film. Twee stroom- en twee spanningscontacten zijn op de film aangebracht. Wanneer een excitatiestroom door de film wordt gestuurd, kan een signaalspanning worden gemeten, die via het AMR effect een maat is voor de oriëntatie van de magnetisatie in de film en dus voor de stand van de magneet. Een model is opgesteld, dat de elektrische en magnetische eigenschappen van de detector beschrijft. Het elektrisch en magnetisch gedrag van een AMR dunne film kunnen gescheiden worden onderzocht, indien het magnetisch veld statisch kan worden verondersteld.

In eerste instantie is het AMR-effect behandeld voor een algemeen AMR-element, met het oogmerk de geometrie te optimaliseren voor toepassing in een hoekopnemer. Enkele speciale geometriën zijn in detail beschreven. Het kon geconcludeerd worden, dat een AMR-element met constante stroom gestuurd dient te worden, terwijl de signaalspanning met hoge impedantie gemeten moet worden. Dit is nodig om de bijdrage van contact-weerstanden aan de signaalspanning te elimineren. In een dergelijke vierpuntsmeting moet de invloed van de laagohmige contacten op de stroomdichtheidsverdeling in de film klein zijn om een zo groot mogelijk onvervormd signaal te krijgen. Voor diverse geometriën zijn uitdrukkingen gegeven voor de signaalspanning, de inwendige weerstand van het element en voor een kwaliteitsfactor die gebaseerd is op de verhouding van signaalamplitude en gedissipeerd vermogen. Er wordt een optimale filmdikte gevonden, die afhangt van de depositiemethode en het materiaal van de AMR-film. Tevens wordt voor pseudo-Hallelementen een optimale lengte/breedte-verhouding van ongeveer 1.35 gevonden.

Verschillende types hoekopnemers zijn voorgesteld, waarbij een type dat twee onderling over 45 graden geroteerde AMR-elementen gebruikt de beste combinatie van nauwkeurigheid, eenvoud en flexibiliteit bleek te zijn. De twee uitgangssignalen zijn de sinus en de cosinus van tweemaal de hoek tussen de magnetisatievector en een referentieas. De hoekmeting is lineair en heeft een voor AMR-detectie maximaal bereik van 180 graden. Bovendien is de meting onafhankelijk van de temperatuur, zolang geen temperatuurgradiënten in de elementen aanwezig zijn. Een nadeel van dit type opnemer is de relatief complexe vorm van het uitgangssignaal. Een aantal elektronische schakelingen voor uitlezing van de AMR-elementen is behandeld.