

Deltamodulatie

Eduard Stikvoort 01-08-1989

Zoals bekend geacht wordt, het begon voor mijn tijd, dateert de delta modulator uit 1950 (Greefkes en De Jager). Voor zover ik bij groepsgenoten Dijkmans en Schoofs heb kunnen nagaan, was het onderzoek spoedig gericht op adaptie-mechanismen die, passend bij de stand van de techniek, analoog werden geïmplementeerd.

Eerst even kort iets over deltamodulatie voor degene die de truuk niet kent.

Een inkomend (analoog) signaal wordt vergeleken met het door de kodeerinrichting gerekonstrueerde signaal. Het verschil, de fout dus, wordt in een bemonsterende vergelijkenschakeling gestopt met een tweewaardig uitgangssignaal.

De bemonsteringsfrequentie is vele malen hoger is dan de hoogste frequentie die in het analoge ingangssignaal voorkomt. Zo ontstaat een reeks monsters die digitaal verwerkt kunnen worden. Deze monsters worden in een analoog signaal omgezet door aan een positief monster een positieve puls toe te kennen en aan een negatief monster een negatieve puls. Het gerekonstrueerde signaal ontstaat uit de pulsen door ze laagdoorlatend te filteren. Greefkes gebruikte daar een eerste orde integrator voor. Uitgebreide informatie over de klassieke delta-modulator is te vinden in Steele [1].

De bitrate die uit een deltamodulator komt is tamelijk hoog. Het onderzoek richtte zich dan ook spoedig op verlaging van de benodigde bitrate of, wat op hetzelfde neerkomt, verlaging van de bemonsteringsfrequentie. Eén van de mogelijkheden lag in het adaptief veranderen van de grootte van de pulsen die bij de D/A omzetting in de lus worden gebruikt. Een groot ingangssignaal wordt dan met grote, en een klein ingangssignaal wordt dan met kleine pulsen gecodeerd, wat een vergroting van het dynamisch bereik geeft. Het toepassingsgebied van spraakoverdracht (b.v. telefonie) en verstaanbaarheid was het bepalende criterium. De gang van het onderzoek werd in hoge mate vertroebeld door de slechte objectiveerbaarheid van het criterium verstaanbaarheid en al spoedig ontstond een curieuze verzameling variëteiten.

Ludwig Eggermont heeft aan de HiDM (één van de varianten) gewerkt, waarbij het adaptie-mechanisme, digitaal gerealiseerd werd. Het bleef echter gericht op verstaanbaarheid van spraak. Later is Höfelt begonnen aan de andere kant, namelijk de orde van het lusfilter. Tot dan werd in hoofdzaak over eerste orde koders nagedacht, en af en toe een tweede orde.

Samen met PYE-TMC is door Höfelt aan een tweede orde koder voor A/D omzetting voor telefonie gewerkt, later is hij overgegaan op de derde orde koders, en heeft hij de stabiliteit van de kaders met een lineair lusfilter kunnen ophelderen. Leon Amman, zijn assistent heeft bij toeval ontdekt dat een derde orde koder stabiel bleef werken buiten het stabiele gebied dat door Höfelt was aangegeven doordat een OPA (operationele versterker) in het lusfilter vastliep tegen de voedingsspanning. Samen met het CAB is een telefoniecodec ontworpen (zie [2]). N.a.v. deze resultaten heeft Warrink een derde orde sigma delta modulator gemaakt met de bedoeling HiFi audio om te zetten.

Leenknecht en v.d. Kam hebben het onderzoek van Höfelt nog enige tijd voortgezet.

Veel later pas is Stikvoort [3] erin geslaagd wat nadere uitleg te geven aan de stabiliteit van éénbitskoders waarbij van een niet-lineair lusfilter gebruik wordt gemaakt. Op het ogenblik werken Naus, Dijkmans en Bradinal aan sigma-delta modulatoren voor A/D omzetting van HiFi audio, en wordt samen met CE en ELCOMA eveneens aan éénbits D/A omzetting gewerkt. Een zeer bruikbaar hulpmiddel is hierbij de éénbitskode generator in de vorm van de in TTL uitgevoerde derde orde noise-shaper die door Naus en Stikvoort is gerealiseerd.

Eén van de soorten oorzaken die hebben verhinderd dat éénbitskodering succesvol kon worden toegepast voor het omzetten van HiFi audio was de vervorming van de analoge schakelingen. In tegenstelling tot het voor de meeste mensen voor de hand liggende is niet de vergelijkingsschakeling de flessehals, maar is de vervorming die optreedt in de D/A omzetting in de lus de grote boosdoener. Die moet voldoende ruisarm en voldoende vervormingsarm zijn. Deze laatste eis is erg streng, omdat spektrale componenten rond de (halve) bemonsteringsfrequentie door vervorming terug kunnen vouwen in de basisband. Vroege ontwerpen van o.a. Stikvoort en Warrink zijn hierop gesneuveld. De éénbitskode generator maakt het nu mogelijk om het moeilijkste onderdeel te weten de éénbits D/A

afzonderlijk te testen.

referenties

1 R.Steele Delta modulation systems, Pentech 1975

2 MHH. Höfelt, On the stability of a one-bit quantized feedback system, Pro. Int. Conf. ASSP, Washington DC 1979 pp.844-848

3 EF.Stikvoort, Some remarks on the stability and performance of the noise-shaper or sigma-delta modulator, IEEE tr. on communicationsm okt.1988 pp.1157-1162