

Analoge ingang voor computers

de verbinding met buiten
analoge ingang voor computers

elektuur mei 1985

Scanned, ocr'ed and converted to PDF by MSXHans 2001

Kommunikatie met de buitenwereld is erg belangrijk voor een computer. De meeste verbindingen met die buitenwereld leveren echter aan de computer geen digitale maar analoge waarden, denk maar aan een stuurknuppel of een spanning die moet worden gemeten. Een A/D-omzetter is in zo'n geval onmisbaar. De opzet van de hier gepresenteerde schakeling is zodanig dat ze past op de universele I/O-bus die ook in deze Elektuur wordt beschreven. De schakeling bevat één A/D-omzetter waarvan de ingang via software kan worden doorverbonden met een van de acht aanwezige analoge ingangen. Trouwens, de bediening is ook heel eenvoudig: dat gaat gewoon vanuit BASIC met behulp van een enkel peek- en poke-kommando.

De opzet van deze A/D-schakeling is in feite vrij eenvoudig, maar dat doet beslist niets af aan de kwaliteiten: die zijn uitstekend. Op de print zitten acht ingangen waarop men dus acht analoge spanningen kan aanbieden. Met een poke-kommando kan men vanuit BASIC één van die acht ingangen selekteren, zodat die bewuste ingang wordt doorverbonden met de ingang van de A/D-omzetter. Dat kommando dient tevens voor het starten van de analoog-naar-digitaal-omzetting. Daarna kan men met een peek-kommando de omgezette waarde ophalen, waarna ze verder door de computer kan worden verwerkt.

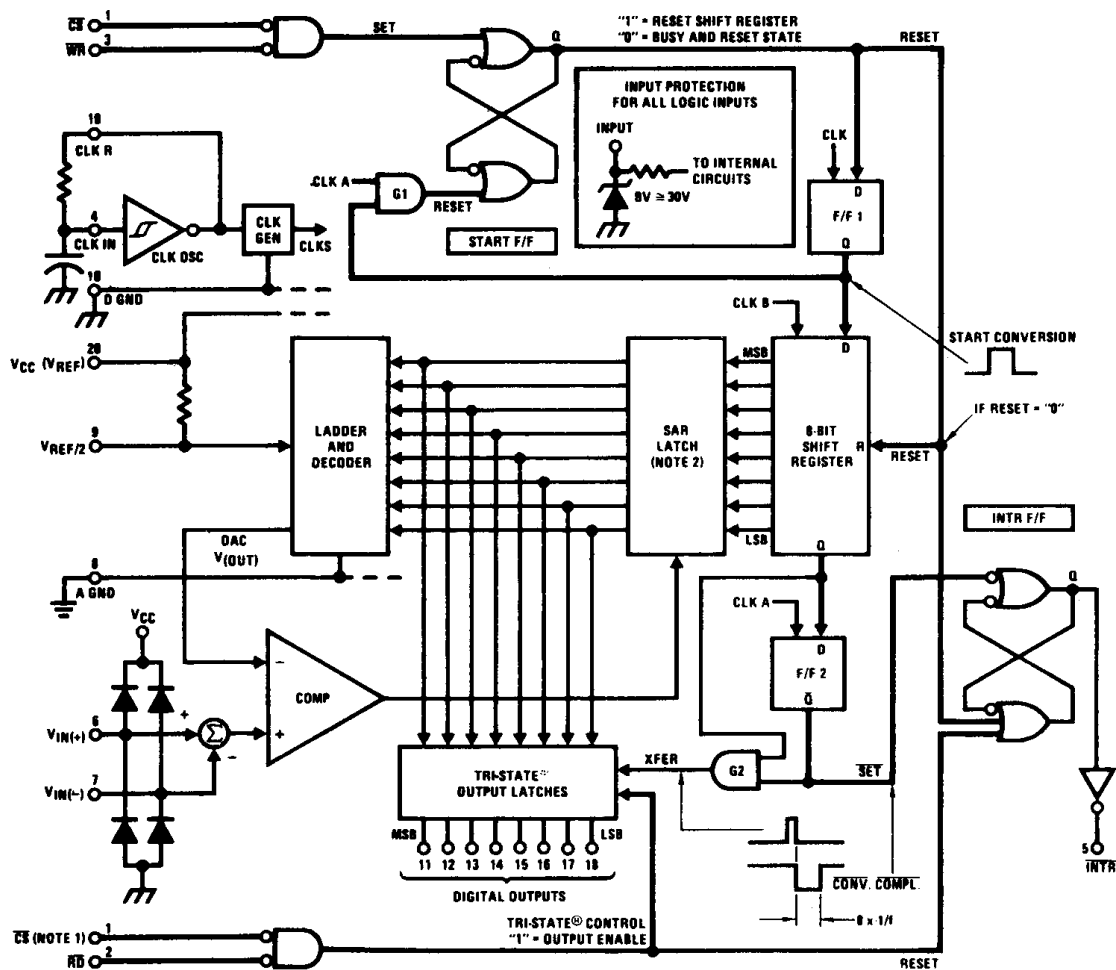
Het fijne van dit ontwerp is, dat het net zo probleemloos in het gebruik is als we zojuist hebben beschreven. Geen moeilijke machinetaal-programma's of zo (hoewel de ervaren computerist dat natuurlijk altijd kan doen), maar gewoon met de wereldtaal voor computers: BASIC.

De A/D-omzetter

Voordat we de schakeling zelf gaan bekijken, is het nuttig om eerst even het hier toegepaste A/D-IC apart onder de loep te nemen.

De ADC0804 van National Semiconductor is een acht-bits A/D-omzetter die werkt volgens de successieve approximatiemethode. Het IC is speciaal ontworpen voor gebruik bij microprocessors; het bezit dan ook acht data-uitgangen die in een hoogohmige toestand kunnen worden geschakeld. Uit die acht uitgangen kunnen we dan meteen afleiden dat de resolutie van de omzetter $2^8 = 256$ stapjes bedraagt. We geven nog even een korte beschrijving van de toegepaste omzetsmethode. Een uitvoerige beschrijving hiervan is al eens verschenen in Elektuur mei 1982 in het beschrijvende

artikel "A/D- en D/A-omzetting". Bij de successieve approxima-tiemethode oftewel iteratiemethode wordt de te meten spanning in stapjes vergeleken met een soort referentiespanning die in binair verdeelde trapjes steeds nauwkeuriger hetingangssignaal benadert. Daartoe worden in het IC een laddernetwerk van weerstanden (R-2R-netwerk) en een referentiespanning gebruikt. Eerst wordt de halve referentiespanning door middel van een komparator vergeleken met deingangsspanning. Als de spanning kleiner is dan $1/2 V_{ref}$, wordt de hoogste uitgang "0", de vergelijkingsspanning wordt bij de volgende stap gereduceerd tot een kwart en vervolgens weer vergeleken met deingangsspanning. Was deingangsspanning groter dan $1/2 V_{ref}$, dan wordt uitgang 8 "1" en wordt de vergelijkingsspanning bij de volgende stap $1/4 V_{ref}$. Afhankelijk van het resultaat wordt de vergelijkingsspanning bij de volgende stap verhoogd of verlaagd met $1/8 V_{ref}$, bij de daaropvolgende stap gaat daar weer $1/16 V_{ref}$ bij af, en zo gaat dat door totdat alle acht uitgangen een digitale waarde hebben.



Note 1: \overline{CS} shown twice for clarity.

Note 2: SAR = Successive Approximation Register.

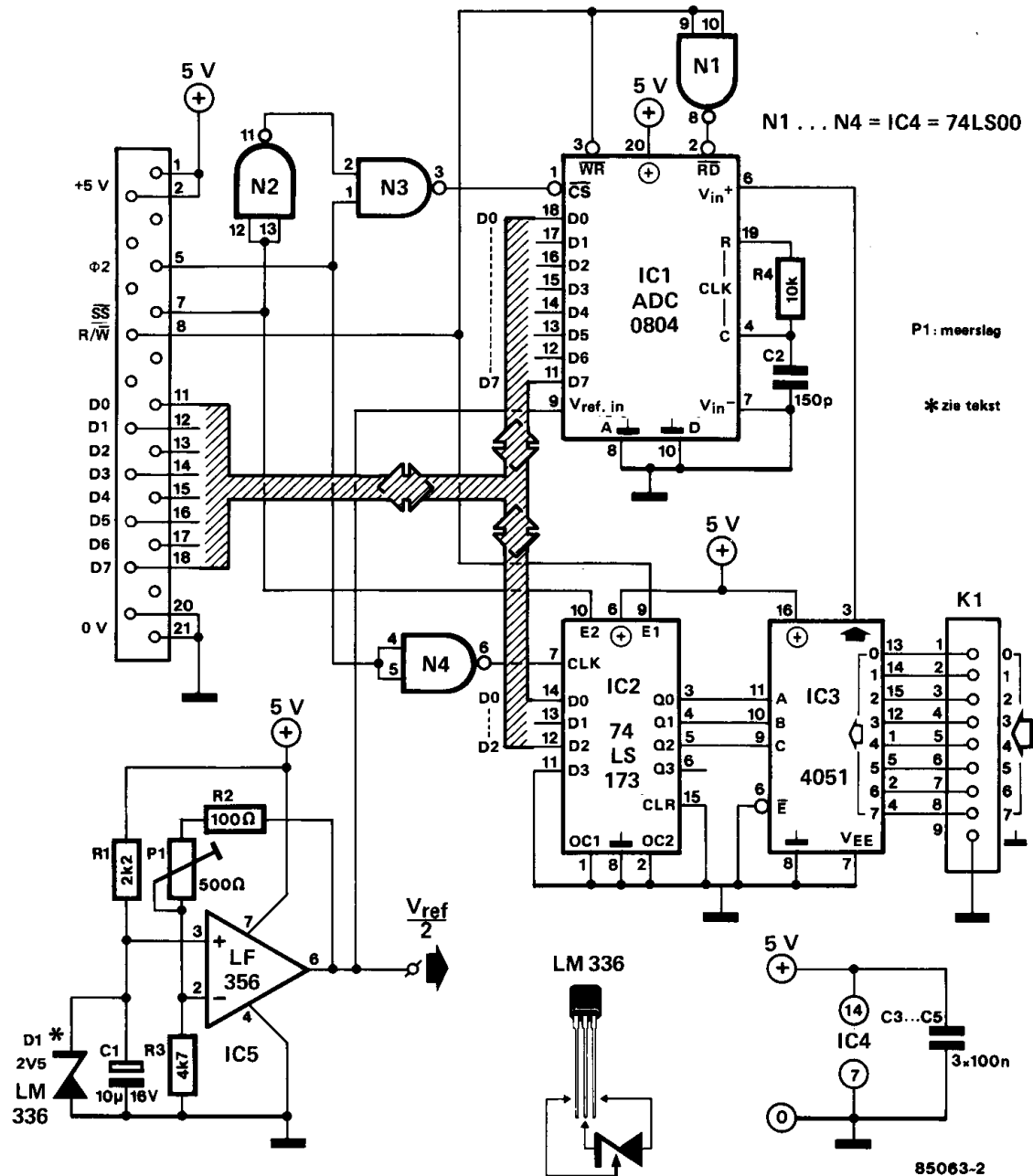
85063-1

Figuur 1. Het blokschema van het inwendige van de A/D-omzetter ADC0804. Dit IC gebruikt voor de omzetting een iteratiemethode.

Het blokschema van het inwendige van het IC staat in figuur 1. De spanning die het laddernetwerk geeft, wordt ingesteld met behulp van analoge schakelaars in het IC. Het meest significante bit wordt het eerst "getest" en na acht vergelijkingen (64 klokpulsen) staat aan de acht uitgangen van het laddernetwerk een binaire code die de waarde van het ingangssignaal vertegenwoordigt (11111111 = volle schaal). Die code wordt vervolgens overgebracht naar de uitgang-geheugens (output latches). Op dat moment wordt een interrupt-signaal gegeven via de INTR-flipflop. In onze schakeling wordt van dit interrupt-signaal echter geen gebruik gemaakt.

Er zijn twee ingangen waarmee de omzetter kan worden geactiveerd, WR en CS. Eerst moet het IC worden "geselecteerd" met een "0" op CS. Als de WR-ingang van "1" naar "0" gaat, worden de interne SAR-tussengeheugens gereset. Zolang CS en WR hierna "0" blijven, blijft de omzetter in een reset-toestand. De omzetting begint pas tussen 1 en 8 klokperiodes na dat minstens één van deze ingangen hoog is geworden. De reset-toestand (CS en WR beide nul) houdt het volgende in: de start-flipflop wordt geset, waardoor de interrupt-flipflop gereset wordt. In D-flipflop 1 wordt een "1" gezet en deze staat dan na één klok-puls op de ingang van het achtbits schuif-register. Die "1" wordt ook doorgegeven naar NAND-poort G1 en die levert dan in combinatie met het kloksignaal een reset-sigitaal voor de start-flipflop. Als daarna op een van de ingangen CS en WR "1" verschijnt, wordt de start-flipflop gereset en dan kan het schuifregister de "1" van de D-flipflop inlezen, waardoor de omzetting wordt gestart. Nadat de "1" door het hele schuifregister is geklokt, verschijnt hij aan de Q-uitgang van dit register ten teken dat de omzetting kan worden beëindigd. Via G2 zorgt het "1"-signaal ervoor dat de digitale nivo's worden ingelezen in de output latches. Bij de volgende klok-puls wordt de "1" in D-flipflop 2 gelezen en dat heeft tot gevolg dat de interrupt-flipflop (INTR) wordt geset en via een inverter een "0" aan de INTR-uitgang verschijnt.

Bij het lezen van de data zorgt de combinatie CS en RD dat de interrupt-flipflop weer wordt gereset en dat de data in de output latches aan de uitgangen verschijnen (gewoonlijk zijn die uitgangen hoog-ohmig).



Figuur 2. Het schema van de complete schakeling. D1 en IC5 leveren de referentiespanning voor de A/D-omzetter IC1. IC2 en IC3 verzorgen de ingangskeuze.

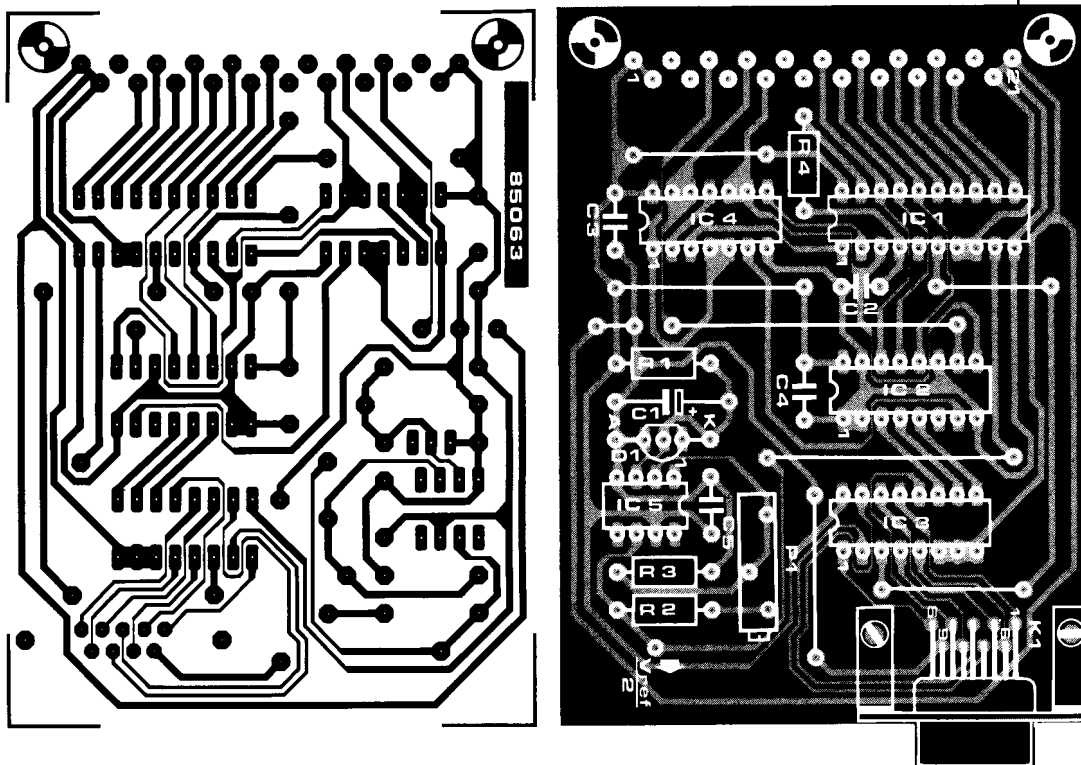
Het schema

In figuur 2 staat IC1, de A/D-omzetter, praktisch centraal. Weerstand R4 en condensator C2 vormen de frekwentiebepalende componenten voor de interne klok van de omzetter. De WR -ingang van het IC (pen_3) is rechtstreeks verbonden met de R/W -aansluiting van de I/O-bus. De CS -ingang (pen 1) ontvangt een combinatie van $\phi 2$ en SS (slot select)

via N2 en N3. Het RD-sigitaal voor pen 2 wordt afgeleid van het R/W-sigitaal door middel van inverter N1.

De ingang van de omzetter is verbonden met de uitgang van de acht-kanaals-multiplexer IC3. Op de ingangen van IC3 kunnen acht analoge spanningen worden aangeboden (maximale bereik 0... 5 V). De keuze van het kanaal dat wordt doorverbonden met IC 1, geschiedt met IC2 (een vier-bits latch). De latch ontvangt zijn gegevens van de datalijnen D0... D2; het kloksigitaal ontvangt IC2 via N4 van de 02-aansluiting. Links onder in de tekening zien we tenslotte het referentiespanningsgedeelte, bestaande uit een referentiespanningszener en een buffer waarvan tevens de versterking over een heel klein bereik kan worden ingesteld (voor de fijnaafregeling). We hebben hier een echte referentie-zener voorgeschreven, maar wie iets minder hoge eisen stelt kan ook heel goed een gewone zener van 1,8... 2,2 V toepassen.

Het opbouwen van de schakeling zal niet veel moeite kosten, vooral niet met het in figuur 3 afgebeelde print-ontwerp. Voor de ingangen kan men bijvoorbeeld een haakse 9-polige vrouwelijke D-konnektor nemen, daarop is het print-ontwerp gebaseerd.



Figuur 3. Het printje voor de omzetter Dit is zodanig opgezet dat het past op de slots van de I/O bus uit deze Elektuur.

Het werken met de omzetter

Het is belangrijk dat men eerst het verhaal over de I/O-bus doorleest, zodat men weet hoe alles daar funktioneert. De A/D-print wordt in een van de slots van de I/O-bus gestoken. Afhankelijk van het gekozen slot en de instelling van de adresdekoderingsschakelaars ligt de omzetter dan in een bepaald adresbereik dat vier adressen omvat. Voordat de omzetter

kan worden gebruikt, moet eerst nog de referentiespanning worden afgeregeld. Hang daartoe een nauwkeurige digitale voltmeter aan de uitgang $V_{ref}/2$ en stel P1 zo in dat de spanning op dit punt exakt 2,50 V bedraagt. Het ingangsspanningsbereik loopt dan van 0 tot 5 V. Wil men een ander spanningsbereik hebben, bijvoorbeeld 1 V, dan moet een andere referentiespanning worden genomen. De referentiespanningsdiode moet altijd een spanning leveren die iets kleiner is dan de helft van het gewenste spanningsbereik. Kan men in zo'n geval uitgang $V_{ref}/2$ niet ver genoeg omhoog draaien met P1, dan mag R2 in waarde vergroot worden.

De bediening is, zoals gezegd, heel eenvoudig. Eerst schrijft men met een POKE een getal tussen 0 en 7 naar een van de vier adressen van het bewuste slot. Hierdoor wordt een van de acht ingangen 0... 7 geselecteerd en wordt tevens de konversie gestart. Daarna kan men de gedigitaliseerde waarde ophalen met behulp van een PEEK op een van die vier adressen. Een extra wachtlus tijdens de omzetting is niet nodig, daar BASIC toch zo traag is dat de konversietijd van 100 us voor de omzetter al lang is verstreken tussen het uitvoeren van het POKE- en het PEEK-kommando.

Wil men altijd dezelfde ingang afvragen, dan wordt gewoon steeds hetzelfde getal naar het omzetter-adres gePOKEd. Bij sommige analoge signaalbronnen kan het nodig zijn om de procedure wat uit te breiden. Sluit men op de multiplexer-ingangen namelijk een bron aan die een vrij hoge uitgangsimpedantie bezit, dan duurt het even voordat die spanning ook op de ingang van de A/D-omzetter staat (door de RC-kombinatie die dan gevormd wordt door de uitgangsimpedantie en de ingangskapaciteit van de A/D-omzetter). Dit kan worden opgelost door twee POKES met dezelfde ingangsdata achter elkaar naar de A/D-kaart te sturen en daarna pas te PEEKen.

Onderdelenlijst

Weerstanden: R1 = 2k2

R2 = 100 ohm

R3 = 4k7

R4 = 10k

P1 = 500 ohm meerslagen-instelpotmeter

Kondensatoren:

C1 = 10 uF/16 V

C2 = 150 p

C3...C5 = 100 n

Halfgeleiders:

D1 = LM 336 2,5 V (zie tekst)

IC1 = ADC0804

IC2 = 74LS173

IC3 = 4051

IC4 = 74LS00

IC5 = LF356

Diversen:

21-polige haakse konnektor, male, volgens DIN 41617

9-polige haakse D-konnektor, female

Geschatte bouwkosten:

f 80,- (inkl. print)