15. De Teloorgang Van De Rekenliniaal

Otto van Poelje **februari 2002**

Abstract: The demise of the slide rule, and the electronic calculators and computers that took its place

Key words: electronic calculator, computer, HP35

(en wat er voor in de plaats kwam)

In elke geschiedschrijving van rekenlinialen wordt in een der laatste paragrafen vermeld –en vaak op droevige toon- dat het eind van het tijdperk van de rekenlinialen werd ingeluid door de opkomst van de “zakjapanner”, ofwel de draagbare electronische rekenmachine.
Maar wat gebeurde er precies bij de teloorgang van de rekenliniaal, en was er wel echt reden voor de droefheid van de verstokte rekenschuiver?
Om deze vragen zinvol te behandelen, is het nuttig een aantal aspecten te bekijken, zoals het feitelijke gebruik van de rekenliniaal, de kwaliteit van het rekentuig en de evolutie van de electronische calculators.

Gebruik van rekenlinialen
De eerste helft van de 20e eeuw waren rekenlinialen en mechanische rekenmachines beiden beschikbaar als industrieel gefabriceerde producten, betaalbaar, en elk met hun eigen gebruikersklasse.
De rekenliniaal was draagbaar (wat we nu “palmtop” noemen), kon naast vermenigvuldigen en delen ook transcendente functies uitvoeren (zoals sinus en logaritme), maar vereiste een zeker begrip van de werking. Gewone mensen konden er niet direct mee werken. Daaraan ontleende de drager een zekere status die vanuit het vestzakje geëtaleerd kon worden met een snelle “what-if” berekening.
De mechanische calculator daarentegen was groter en zwaarder (“desktop”), en kende als basisfuncties optellen en aftrekken, maar ook wel vermenigvuldigen en delen als een repeterende basisfunctie (hoewel er ook ontwerpen, zoals de Millionnaire, bestonden die direct konden vermenigvuldigen).
Er was nauwelijks een mechanische equivalent van de gespecialiseerde vak-rekenschuif (zoals voor beton, vloeistofstroming), daarvoor moest de mechanische rekenmachine vergezeld zijn van desbetreffende tabellenboeken.

De kwaliteit van mechanisch rekentuig
Rekenlinialen en rekenmachines waren geen van beiden snel, bij de rekenliniaal kostte het instellen en aflezen inspanning en tijd, maar bij de rekenmachine kostte vooral herhaald optellen en aftrekken veel tijd. In het computertijdperk gebruikt men wel de eenheid FLOPS (FLoating point

OPerations per Seconds) om de aritmetische prestaties uit te drukken: op de rekenliniaal zal een geroutineerde gebruiker 1 FLOPS kunnen halen, terwijl een klassieke PC ruim een MegaFLOPS = 10^6 FLOPS haalt (een hedendaagse supercomputer-cluster haalt meer dan 1 GigaFLOPS = 10^9 FLOPS). De snelheid van bijvoorbeeld een electro-mechanische MonroeMatic CSA-8 kan bij sommige delingen tot ver onder 0,1 FLOPS zakken. Verder was het grote verschil de precisie in aantal decimalen: een 25 cm rekenliniaal komt nooit verder dan 3 decimalen, terwijl bijvoorbeeld een Odhner ("naaimachine") op zijn minst 3 maal zo nauwkeurig was. Het is duidelijk dat de rekenliniaal om deze reden niet gebruikt kon worden op financiële kantoren of bij het doorrekenen van meer complexe rekenmodellen. De rekenliniaal was voor de snelle, eerste benadering "anytime – anywhere", en de mechanische rekenmachine voor de consolidatie van een rekenmodel, in de "back-office".

Computers

Hoe veranderden deze gebruikersaspecten door de opkomst van de electronische rekenmachines?

Laten we eerst een onderscheid maken tussen de vroege computers en de latere electronische calculators. De "general-purpose" computers kwamen commercieel beschikbaar na de tweede wereldoorlog, maar waren de eerste tientallen jaren honderden malen groter, duurder en complexer dan mechanische rekenmachines, dus ze waren niet echt vergelijkbaar.

Pas in de 60'er jaren was de techniek, miniaturisatie en prijs van digitale electronische rekenmachines zo sterk verbeterd, dat een electronische uitvoering van de mechanische rekenmachine mogelijk werd.

Verder moet een aparte klasse van electronische rekenmachines genoemd worden, de analoge computers. Deze machines, die gebruik maakten van een analoge electrische spanning om een numerieke waarde voor te stellen, leken meer op de rekenliniaal (die daarvoor de analoge lengte op de schalen gebruikte). Analoge computers waren onnauwkeurig, net als de rekenliniaal, maar hadden het voordeel dat ze in "real-time" werkten, en dus ook differentiatie en integratie van tijdfuncties konden uitvoeren. Uiteindelijk zijn analoge computers, vanaf the 60'er jaren, voornamelijk voor besturingen gebruikt (in militaire en proces-technologische toepassingen). Er zijn nooit electronische calculators gemaakt op analoge basis.

Tijdlijn van calculators

Enkele hoogtepunten in de ontwikkeling van de electronische calculator waren:

1960

Eerste electronische 4-functie tafelrekenmachine ANITA MkVII. De opvolger, MkVIII, was de eerste succesvolle commerciële versie. Dit ruim 15 kilo zware product van de Britse firma Sumlock Comptometer en Bell Punch maakte gebruik van 177 gas-gevulde thyratron buizen als schakelelement. Deze calculator werkte echter intern nog steeds decimaal, niet digitaal.

Het toetsenbord was ook nog steeds "comptometer"-achtig.

De naam ANITA stond voor "A New Inspiration To Arithmetic".

Het valt op dat niet alleen computer firma's, maar ook mechanische rekenmachine-fabrikanten (die de bui al zagen hangen) actief waren op het gebied van de nieuwe electronische calculators. Rond deze tijd komt Faber Castell uit met zijn bekende Novo-Duplex 2/83 rekenliniaal.

1963

Eerste getransistoriseerde tafelrekenmachine, Friden EC-130 (ruim $ 2000,-). Deze machine had een voor die tijd futuristische vormgeving. Het was een binaire machine (maar wel met een afwijkende BCD codering), en had een akoestische vertragingslijn als geheugen. Het scherm was een echt CRT beeldscherm, waarop de 4 registers van een stapelgeheugen zichtbaar waren. Dit was de eerste calculator waar de bewerkingsvolgorde verliep volgens de "Reverse Polish Notation" (RPN), zie ook de latere HP calculators.

1964

Eerste programmeerbare tafelrekenmachine, Mathatron ($ 5000,-). Er waren ook machines die geprogrammeerd konden worden door middel van ponskaarten, zoals de Wyle WS-02 (1964) of de Wang LOCI-2 (1965).
Rond deze tijd introduceerde Nestler voor zijn rekenlinialen nog het nieuwe kunststof materiaal Astralon, bijvoorbeeld voor de Polymath-Duplex.

1968

Eerste programmeerbare wetenschappelijke tafelrekenmachine, HP9100A (Hewlett-Packard, $ 4900,-), die net als de Friden EC-130 gebruik maakte van RPN invoer. Tot diep in de 90'er jaren is RPN de enige standaard geweest op HP calculators.

1970

Een van de eerste draagbare 4-functie rekenmachine, de Sharp EL-8.
Deze machine kan worden herkend aan zijn gecombineerde vermenigvuldig/deel toets, terwijl de 8(!)-segments gasontladings display de nul op "half acht" heeft staan (ofwel een zes zonder staart), zodat op het eerste gezicht elke EL-8 defect lijkt. Deze eerste calculators hadden ook nog geen onderdrukking van voorloop nullen.

Dit is dus het begin van de zakjapanners, hoewel deze EL-8 nog heel volumineus was, en veel batterijen nodig had.
De ontwikkeling van de zakjapanner ging snel, het volumen slonk en de prijs daalde van meer dan 1000 gulden tot rond 100 gulden omstreeks 1972, terwijl tegenwoordig de batterij of de zonnecel al meer kost dan de rest.
Slachtoffer van de prijzenslag werd helaas de kwaliteit, en vooral materiaal en

vormgeving van de behuizing. Calculators waren over het algemeen niet om aan te zien.

1972

Eerste draagbare wetenschappelijke rekenmachine HP-35 Classic ($ 395,-). Het verhaal gaat, dat Bill Hewlett de ontwikkelaars bijeenriep en zei, wijzend op de HP 9100: “ontwerp een calculator met dezelfde functies, maar zo klein dat hij in mijn shirtpocket past”. En dat gebeurde.
Het succes van de HP 35 was overweldigend door zijn compacte afmetingen, snelle uiterlijk en uitgebreide functies, en juist deze machine maakte het grotere publiek bewust, dat de rekenliniaal inderdaad verouderd was en een opvolger had gekregen. De HP 35 gaf technici, net als de oude rekenschuif, weer een aparte status, niet alleen vanwege zijn hoge prijs en snelle vormgeving, maar vooral omdat gewone mensen niet makkelijk met RPN invoer konden werken: bij RPN moest de berekening 5 * (3 + 2) worden ingevoerd als 5 ENTER 3 ENTER 2 + *.
De “scientific” functies waren de goniometrische en logaritmische operatoren. In principe kunnen deze worden berekend uit tabellen in het geheugen, of door een reeksontwikkeling. HP heeft echter gekozen voor de CORDIC methode (COordinate Rotation for Digital Computers). Volgens dit algoritme wordt bijvoorbeeld een sinus bepaald door de gegeven hoek als een complex getal voor te stellen, en door opeenvolgende rotaties de hoek nul te maken waarbij elke volgende stap een factor 2 kleinere hoekverdraaiing geeft (“binary search”); de factor-2 iteratie kan in een digitale “processing unit” door elementaire shift en add operaties worden uitgevoerd.
De electronica was samengebracht in slechts 5 IC’s (Integrated Circuits), waarvan één voor de rekenkundige registers en berekeningen, één voor “control & timing”, en drie ROM’s voor microprogramma’s, zoals het CORDIC algoritme.
Ironisch genoeg was 1972 ook het jaar waarin productie van de Curta (“koffiemolen”) werd beëindigd.
Faber-Castell probeerde datzelfde jaar het leven van de rekenliniaal nog te rekken door een combinatie uit te brengen van een rekenliniaal met een electronische calculator op de andere kant (Type TR2).

1974

Eerste programmeerbare draagbare wetenschappelijke rekenmachine HP 65, met geheugen op magneetkaartjes ($ 795,-).
In de jaren hierna besloten de meeste rekenlinialenfabrikanten te stoppen met hun productie.

Verdere evolutie van calculators
Na deze eerste succesvolle producten verschenen vele andere wetenschappelijke handcalculators, zowel van HP zelf (zo’n 100 verschillende types tot 2001, toen HP aankondigde te stoppen met calculators) als van de concurrenten, waarvan vooral TI (Texas Instruments) een spannende wedstrijd liep met HP: TI antwoordde op de HP 35 met de SR-50, op de HP 65 met de SR-52. Meestal lag HP voor, soms TI. Maar HP had altijd een betere kwaliteit en

hogere prijs dan TI. HP-adepten spreken nog steeds over TI als “The Dark Side”.
Wel was TI in de 60’er jaren de eerste firma geweest, die speciale IC’s ontwierp voor calculators (in project “Cal-Tech”, 1965), maar pas in 1972 kwamen ze zelf uit met een 4-functie pocket calculator, de TI-2500 Datamath.
Deze calculators van HP, TI en andere fabrikanten zijn de laatste jaren meer en meer in trek geraakt bij een nieuw type verzamelaar, de verzamelaar van electronische calculators.

In de reeks uitgebrachte wetenschappelijke calculators werden steeds nieuwe mogelijkheden ingebracht, zoals “continu geheugen” (inhoud gaat niet verloren bij uitschakelen), financiële “contante waarde” berekeningen, statistiek, conversies, complexe getallen, matrices, alternatieve getalstelsels (binair, octaal, hexadecimaal) en gebruik van alfanumerieke symbolen voor namen van variabelen, programma-labels en berichten.
De rekenliniaal kon hiermee nauwelijks concurreren, hoewel enkele van de genoemde functies wel terug zijn te vinden in rekenlinialen. De rekenliniaal was het sterkst in conversies van eenheden met een constante factor: hiervoor werden de zogenoemde “gauge”-points (maatpunten) aan de schalen toegevoegd, zodat met één instelling elke conversie afgelezen kon worden met “losse handen” (tegenwoordig zou dit een “hands-free” calculator genoemd worden).
Voor de conversies tussen polaire en rechthoekige coördinaten kon de sinus-, tangens- en P-schaal hulp bieden, maar directe conversie was op de rekenliniaal niet mogelijk.
Ook zijn er gespecialiseerde linialen geweest voor financiële toepassingen zoals samengestelde interest, of voor berekeningen aan verdelingen in de statistiek (b.v. de Pickett 6-T).
Naast het direct programmeren van toetsen-reeksen, introduceerde HP in zijn calculators ook een algemene “Solver”, waarbij een impliciete functie van meer dan een variabelen voor elk van de variabelen kan worden opgelost, gegeven de andere variabelen. Als voorbeeld de vrije val - vergelijking: $y = v_o t - ½ G t^2$.
Als deze vergelijking is ingevoerd in de Solver, zijn er 4 variabelen zichtbaar (afstand y, beginsnelheid v_o, versnelling zwaartekracht G en tijd t); aan elk willekeurig drietal variabelen kan een waarde worden toegekend, waarna de vierde variabele wordt berekend.
De vak-specifieke functies, waarvoor vroeger veel gespecialiseerde rekenlinialen waren ontworpen, werden bij programmeerbare calculators aangeboden in de vorm van programma modules per vakgebied.
Al deze verbeteringen gaven de calculators een steeds groeiende voorsprong op de klassieke, reeds uit-ontwikkelde rekenliniaal.

Verdere verbeteringen bestonden uit nieuwe vormen van displays, vooral de energie-zuinige LCD-displays (Liquid Crystal Display). Met de LCD schermen ging de display techniek weer terug van licht-gevend naar licht-refecterend, iets wat de rekenliniaalschalen al 400 jaar kenden!
Ook de geheugen-grootte werd steeds verbeterd, voor opslag van registers en programma’s.
De rekenliniaal kende in feite maar twee registervormen: de stand van de schuif en de stand van de loper. Soms was er meer dan een loper om nog een extra tussenresultaat vast te houden, zoals bij de Hemmi 154.

Grafische calculator

Een nieuw type handcalculator ontstond begin jaren 1990, de "grafische calculator". Deze heeft een iets groter scherm, waarop niet alleen uitkomsten van berekeningen kunnen worden getoond, maar ook grafieken van functies. De HP 48 was een der eerste grafische calculators, maar er bestaan concurrerende modellen van TI, Sharp, Casio en anderen. Dit type calculator wordt voornamelijk op scholen gebruikt (en door sommige leraren verfoeid), omdat het steun biedt bij de typische wiskunde sommen in de analyse. De populariteit is nog gegroeid toen nieuwere versies ook in staat waren om symbolische vereenvoudigingen en oplossingen te geven van vergelijkingen, integralen en zelfs differentiaalvergelijkingen.
Dit soort toepassingen staat ook ver van de rekenliniaal. Er zijn wel rekenlinialen met schuivende lijnen en nomogrammen geweest, maar nooit met de mogelijkheden van een grafische calculator.
Ooit is er een rekenliniaal geweest die enigszins symbolisch kon werken, de Keuffel & Esser Analon, die relaties kon "berekenen" tussen dimensies in het MKSC stelsel van natuurkundige eenheden.

BASIC

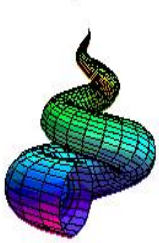
Afgezien van deze ontwikkeling in electronische calculators, is ook de evolutie van de algemene computer niet te verwaarlozen. In de 60er jaren konden de destijds grote en dure computers perfect rekenen, onder andere door talen als FORTRAN, ALGOL en COBOL.
In de 70'er jaren ontwierp J. Kemeny een vereenvoudigde taal, BASIC (Beginner's All Purpose Symbolic Instruction Code), waarin iedereen snel kon leren rekenen en programmeren.

Eind 70'er en begin 80'er jaren waren er draagbare "BASIC-in-ROM" computertjes op de markt (Casio, Sharp, TI, HP), die op rekengebied konden concurreren met handcalculators, en

bovendien nog veel meer in huis hadden op het gebied van programmeren.

PC calculator programma's

Verder begon in 1981 de opmars van de PC, waarvoor ontelbaar veel toepassingen zijn ontworpen. Een groep toepassingen bestond uit "rekenprogramma's", waar we een ontwikkeling zien die doet denken aan de grafische handcalculator: vergelijkingen, grafieken en symbolische manipulaties. Alleen de prestaties van de PC in snelheid en geheugen overvleugelden in toenemende mate de beperkte grafische calculator. Vandaag de dag worden laptop PC's steeds kleiner, terwijl grafische calculators steeds groter worden.
De vele rekenprogramma's voor de PC variëren van de freeware (gratis) CC4/Xplore voor DOS of GraphCalc voor Windows, en de goedkope Derive, tot de dure, luxe en krachtige pakketten als MathCad, MAPLE en Wolfram Mathematica.



Zie figuur voor een 3D "tubeplot" in MAPLE:

- f:= [(t-5*Pi)*sin(t)/3, (t-5*Pi)*cos(t)/3, (t-5*Pi)*.9, t=0 .. 5*Pi]:
  > tubeplot(f, radius = (t-5*Pi)*.2, tubepoints = 25, style=PATCH lightmodel=light3, shading=zhue, orientation = [-75,90]);

Conclusie

De teloorgang van de rekenliniaal is veroorzaakt door de opkomst van goedkope, snelle en veelzijdige electronische handcalculators. De aparte status, die de rekenliniaal gaf aan zijn eigenaar, werd gelukkig vervangen door de even aparte status van de HP 35.
In ruil voor de klassieke rekenliniaal kregen we de de gigantische voordelen van de wetenschappelijke, programmeerbare, grafische en symbolische handcalculator en de nog krachtiger PC rekenprogramma's.
Wat hebben we dan eigenlijk verloren?
In feite niets, want het verlies van de nostalgische rekenliniaal als gereedschap heeft het nieuwe en fantastisch interessante gebied ontsloten van de nostalgische rekenliniaal als verzamelobject.