



Waarom Hewlett-Packard voor computer-logika kiest



HP RPN (Reverse Polish Notation)

Inleiding

Hewlett-Packard RPN

Voornaamste bestanddelen	4
Getal invoerkonventie	4
Automatisch stapelgeheugen	5
Andere kenmerken van HP RPN	8
"LAST X" register	8
Toetsen voor het manipuleren van het stapelgeheugen	9

Algebraïsche systemen

Belangrijkste benaderingen	9
Eenvoudig algebraïsch	9
Algebraïsch met hiërarchie	10
Algebraïsch met haakjes	10
Algebraïsch met hiërarchie en haakjes	10
Getal invoerkonventies	10

Algebraïsche systemen vergeleken met het HP RPN systeem

Verwerkingskonsistentie	10
Terugkoppeling via de uitlezing	11
Intoetsingsefficiëntie	12
Foutcorrectie	13

Samenvatting

Vertrouwen in de nauwkeurigheid van de uitkomsten	15
Eenvoud van bediening	15
Efficiëntie	15

Geavanceerde calculator logika HP RPN/Algebraïsch

Een vergelijkende analyse

Inleiding

Dit boekje bespreekt diepgaand de logische systemen, verkrijgbaar op geavanceerde zakrekenmachines, die vandaag de dag in gebruik zijn. Logische systemen hebben een grote invloed op de algehele effectiviteit van calculators: het logische systeem van een bepaalde calculator legt direct de snelheid, nauwkeurigheid en eenvoud vast, waarmee de gebruiker antwoorden kan verkrijgen. Het RPN systeem, zoals het op Hewlett-Packard calculators geïmplementeerd is (in het vervolg aangeduid als HP RPN), wordt eerst besproken, gevolgd door de verschillende algebraïsche systemen, zoals ze op de meeste concurrerende merken aangeboden worden. HP RPN wordt dan tegenover de meest verfijnde algebraïsche systemen geplaatst en de voordelen van elk worden aan de hand van voorbeelden onderstreept.

Er wordt niet getracht de programmeereffectiviteit van elk systeem te evalueren. De bespreking blijft eerder beperkt tot de fundamentele kenmerken van het systeem, zoals men in oplossingen, die met de hand ingetoetst worden, zal tegenkomen. Echter, de voordelen van een bepaald systeem bij met de hand uitgewerkte oplossingen (b. v. efficiëntie, gemak in gebruik), gelden over het algemeen evenzeer voor de programmeereffectiviteit.

Dit boekje zal in het bijzonder interessant zijn voor leraren, die zich bezighouden met onderricht in het gebruik van calculators, of die leerlingen helpen, het meeste voordeel te trekken uit het gebruik van hun calculator. Het zal ook interessant zijn voor gebruikers op elk gebied, die andere aankoopmogelijkheden overwegen, of die de effectiviteit van hun bestaande machines trachten te verhogen door een beter begrip van het logische systeem.

Hewlett Packard RPN

Voornaamste bestanddelen

De fundamentele elementen van HP RPN zijn:

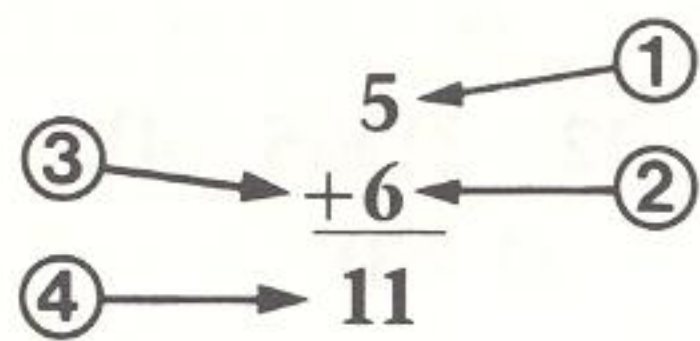
- Een getalinvoerconventie, die een consistente benadering tot alle soorten operaties biedt.
- Vier speciale geheugens, logisch gerangschikt in een "stapel", die automatisch zorg draagt voor het opslaan en terugroepen van getallen, die in berekeningen gebruikt worden.
- Enkele bijzondere kenmerken, zoals het manipuleren van het stapelregister en een extra register, om de gebruiker flexibiliteit te verschaffen in het manipuleren en veranderen van de getallen in zijn berekeningen en om eventueel gemaakte fouten te kunnen corrigeren.

Getalinvoerconventie

Het hart van het HP RPN systeem is de getalinvoerconventie volgens de regels van de Omgekeerde Poolse Notatie (Reverse Polish Notation = RPN), zoals deze in 1949 door de Poolse wiskundige Jan Lukasiewicz werd ontwikkeld. RPN staat toe, dat de operator direct na de operand(en) geplaatst wordt, waardoor iedere dubbelzinnigheid in de uitwerkingsvolgorde van samengestelde berekeningen vermeden wordt. Daardoor zijn de regels van de algebraïsche hiërarchie en ingevoegde haakjes niet nodig, om de uitwerkingsvolgorde te verduidelijken. Let U op hoe de volgende berekening met de hand uitgevoerd wordt:

$$5 + 6$$

Het eerste getal wordt opgeschreven, daarna het tweede. Tenslotte wordt de optelling uitgevoerd en het antwoord verkregen:



In feite werd de onderstaande volgorde aangehouden, gelezen van links naar rechts:

5 6 +

Dit is, in essentie, de RPN konventie. Het getal (in dit geval twee) gaat aan de functie vooraf – dit noemt men “postfix” notatie.

In een HP RPN calculator volgt de intoetsingsvolgorde direkt:

- Toets het eerste getal in 5
- Druk op de toets **ENTER** om het eerste getal van het tweede te scheiden **ENTER**
- Toets het tweede getal in 6
- Druk op de **+** toets **+**

De uitkomst, 11, verschijnt onmiddellijk na het drukken van de + toets in de uitlezing. Het enige nieuwe element in deze intoetsingsvolgorde is ENTER, gebruikt om de twee getallen te scheiden. De ENTER-toets wordt alleen gebruikt om het eerste getal van het tweede te scheiden bij iedere bewerking, waarbij twee getallen na elkaar via het toetsenbord ingevoerd moeten worden. Dat is de enige functie van de ENTER-toets. Ook bij meer complexe opgaven werkt de RPN-konventie op dezelfde manier:

16 + 30 – 11 + 17 – 14

Druk in	Uitlezing	Opmerkingen
16 ENTER	16,00	
30 +	46,00	(16 + 30)
11 –	35,00	(16 + 30 – 11)
17 +	52,00	(16 + 30 – 11 + 17)
14 –	38,00	(16 + 30 – 11 + 17 – 14)

ENTER wordt alleen ingedrukt als er twee getallen na elkaar in de calculator ingevoerd worden; daarom hoefden alleen 16 en 30 van elkaar gescheiden te worden. Daarna wordt

ieder getal eenvoudigweg ingetoetst, gevolgd door de rekenopdracht; en ieder tussenantwoord verschijnt onmiddellijk in de uitlezing. Deze tussenantwoorden of subtotalen stellen de gebruiker in staat de berekeningen te “volgen”, waarmee een terugkoppeling verschaft wordt bij het intoetsen van iedere berekening.

Een andere eigenschap van de RPN-konventie is haar consistentie voor alle soorten problemen. De funktietoets komt **altijd** na het getal (of de getallen) waarop deze moet werken. In het voorgaande werd aangegeven hoe dit met eenvoudige twee-getalsberekeningen werkt, maar de volgorde is dezelfde voor één-getalsberekeningen. Funkties zoals $\sqrt{}$, sin, tan, ln en log werken alle op één enkel getal of deel van een vergelijking. Voor deze funkties is de fundamentele intoetsvolgorde dezelfde als in het voorafgaande. Bijvoorbeeld: om de vierkantswortel van 5 te vinden:

Druk in	Uitlezing
5	5
$\sqrt{x}$	2,2361

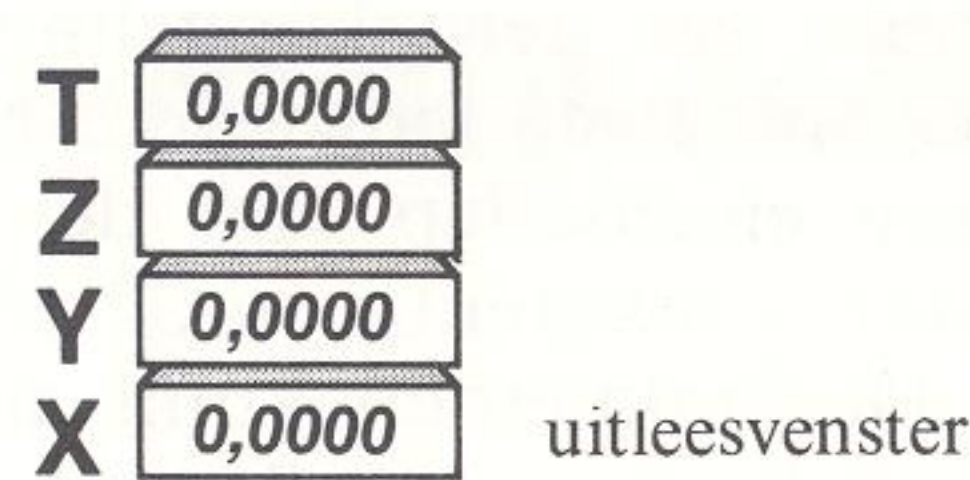
Er was geen ENTER nodig, omdat met slechts één getal gewerkt werd. Het is belangrijk om in te zien dat, in tegenstelling tot het bovenstaande, algebraïsche systemen op precies dezelfde manier werken voor één-getalsberekeningen, maar dat voor twee-getalsopdrachten de functie tussen de getallen geplaatst wordt, en gevolgd moet worden door een = toets. De getalinvoerkonventies van de meeste algebraïsche machines zijn inkonsistent, omdat ze een combinatie gebruiken van algebraïsch (twee-getalsfunkties) en RPN (één-getalsfunctie).

Automatisch stapelgeheugen

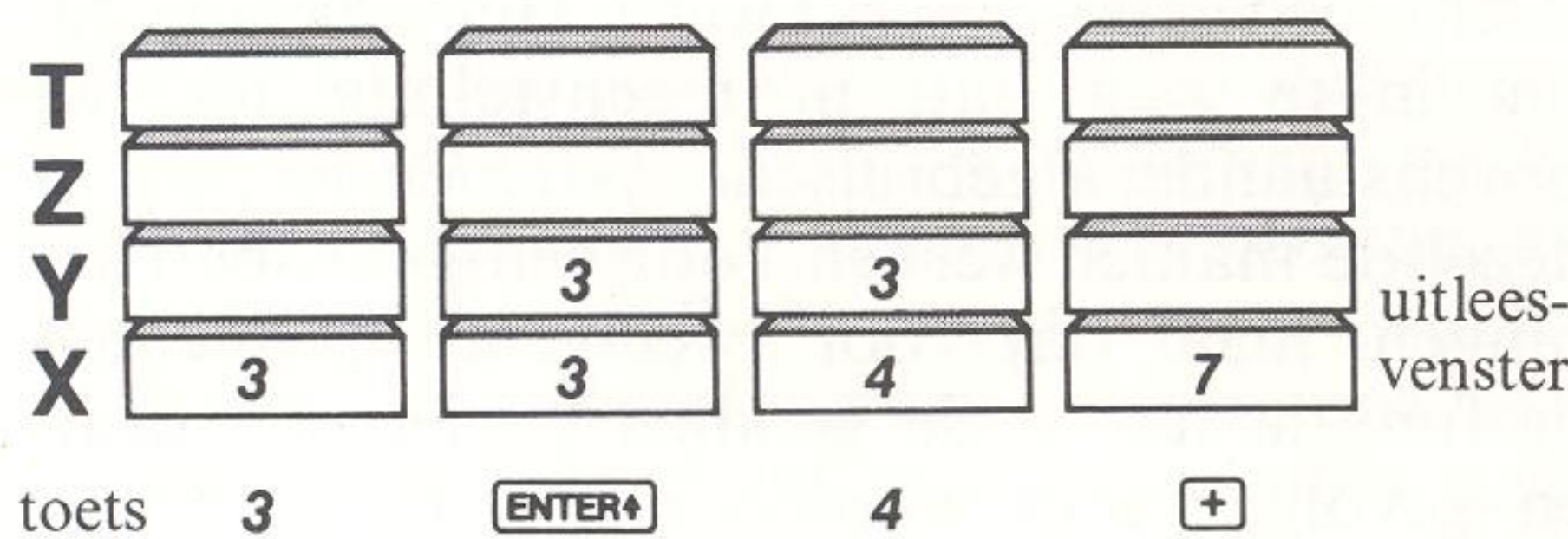
Het HP RPN logische systeem combineert een “automatisch stapelgeheugen” met de zojuist besproken RPN getalinvoerkonventie. Het stapelregister verschaft een automatisch mechanisme om tijdelijk getallen en tussenuitkomsten op te slaan en om ze op het juiste punt in een berekening beschikbaar te stellen. In essentie is de stapel verantwoordelijk voor de “huishouding” of het beheer van de getallen die op hun bewerking wachten.

Het stapelgeheugen bestaat uit vier opslagregisters, logisch zodanig gerangschikt, dat in een berekening de getallen die het laatst ingevoerd werden, weer het eerst beschikbaar

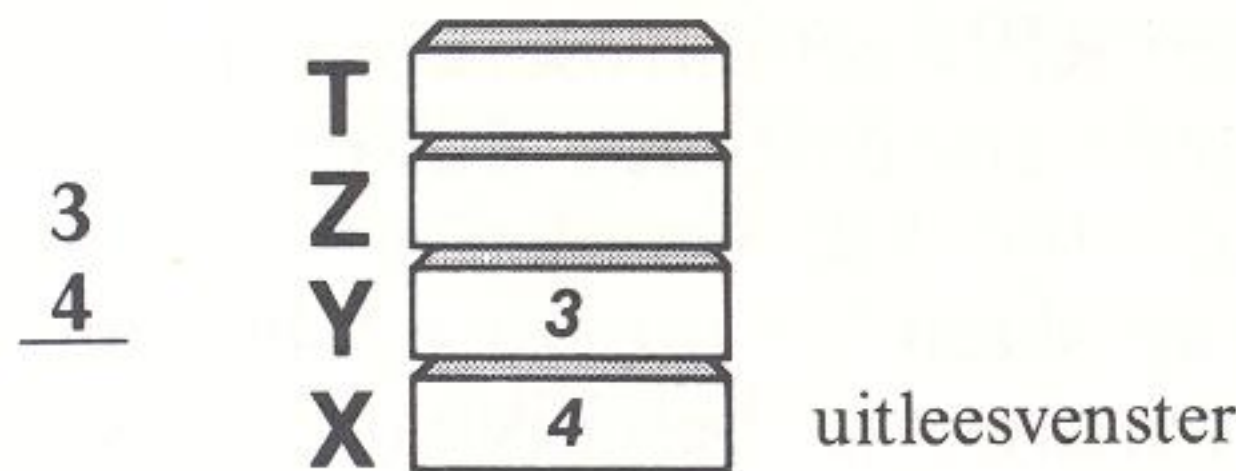
komen. (Dit is een zgn. LIFO-stapel: last-in, first out). Dit kan het beste duidelijk gemaakt worden, als men zich de registers boven elkaar voorstelt:



Er zijn in de figuur vier registers, ieder aangeduid met een letter, die gebruikt wordt om naar dat speciale register te verwijzen. U ziet ook, dat het X register het uitlezingsregister is, d.w.z. het getal dat U in de uitlezing van de calculator ziet, is **altijd** het getal in het X register. Als verduidelijking zullen wij een eenvoudig probleem uitwerken: $3 + 4 = 7$. In het volgende diagram verloopt de uitwerking van links naar rechts, waarbij de inhoud van de stapelregisters getoond wordt, zoals hij onmiddellijk na het drukken van elke toets zou zijn.



U ziet, dat juist voordat de + toets wordt gedrukt, de twee getallen in het stapelregister logisch op dezelfde manier gerangschikt zijn als wanneer we de bewerking met de hand uitgevoerd zouden hebben.



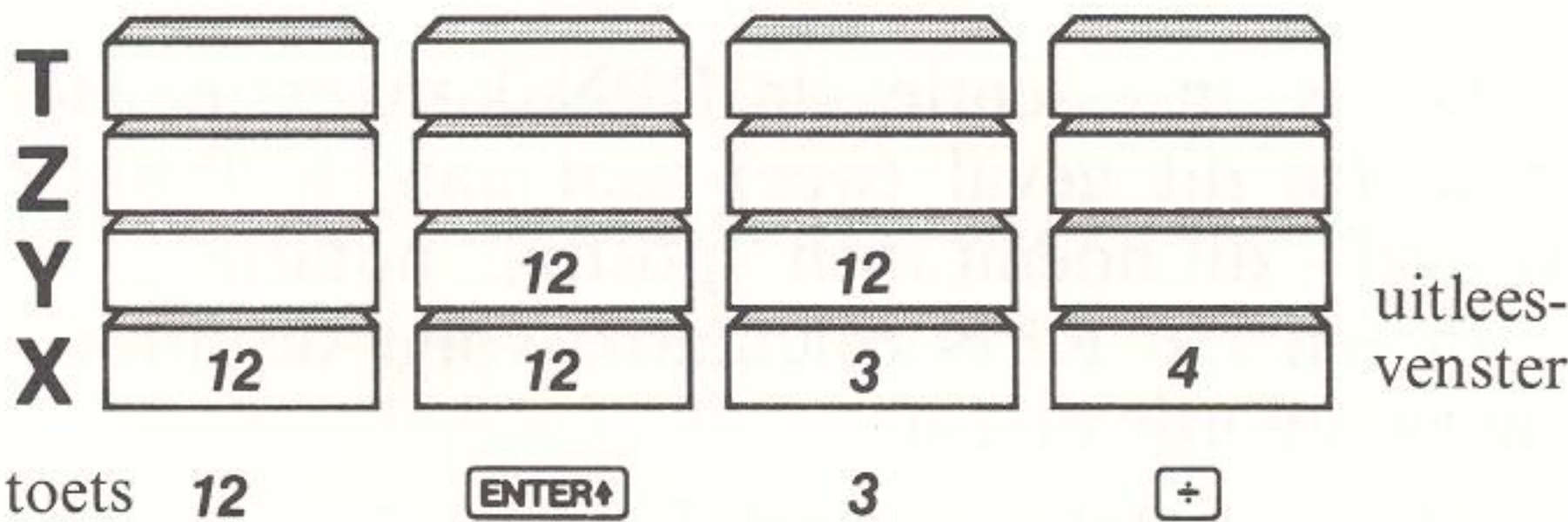
Het effect van de ENTER toets was, dat het getal 3 uit het X register werd overgenomen in het Y register, waardoor het X register in gereedheid werd gebracht om het tweede getal op te nemen. Als de + toets

ingedrukt wordt, worden de getallen in het X en Y register bij elkaar opgeteld en de uitkomst verschijnt in het X register.

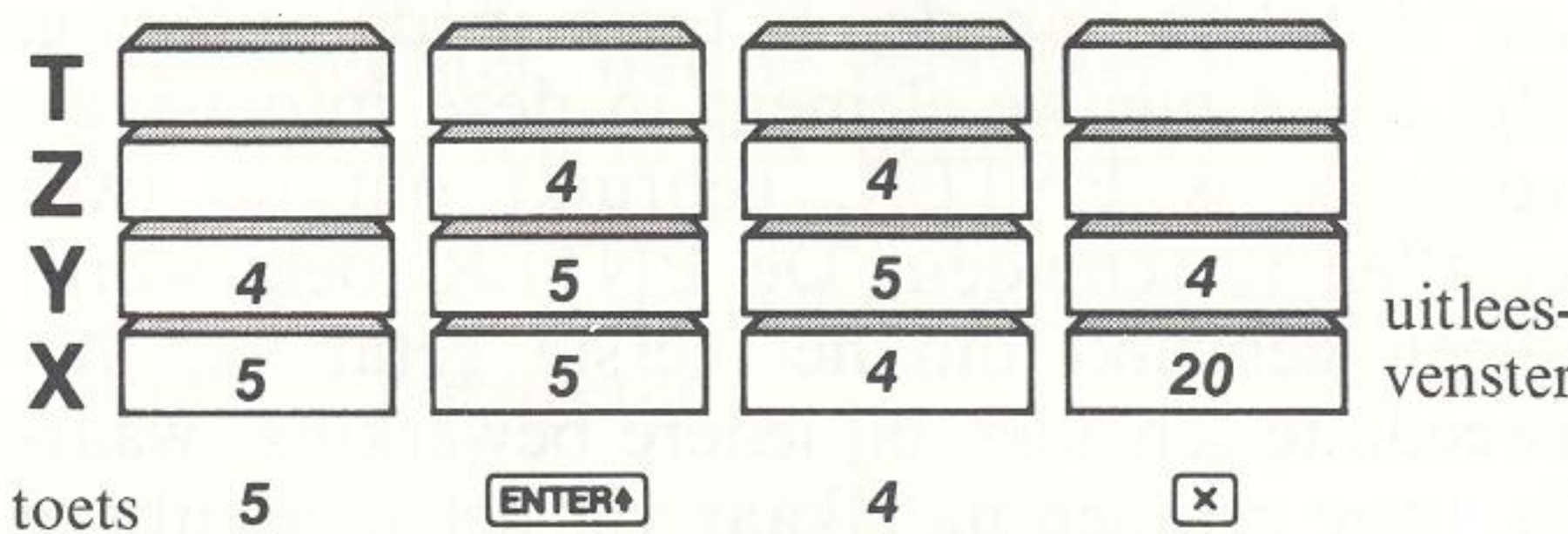
Laten we nu een meer complex probleem bezien:

$$5 \times \frac{(12 \div 3) + (5 \times 4)}{(2 \times 3)}$$

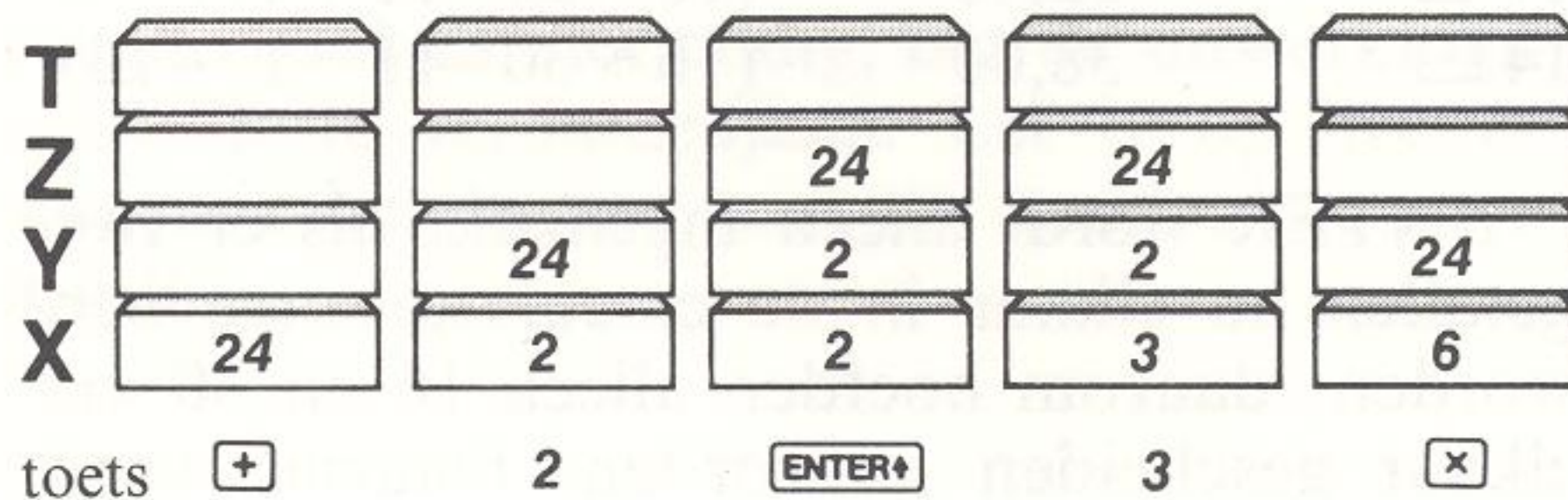
Het probleem wordt op dezelfde manier aangepakt als met de hand, waarbij de vergelijkingen tussen haakjes eerst berekend worden:



Dit is de eerste tussenuitkomst, $(12 \div 3) = 4$. Deze tussenuitkomst wordt automatisch door het stapelregister onthouden, terwijl de tweede tussenuitkomst (5×4) , berekend wordt.



Dit is de tweede tussenuitkomst, $(5 \times 4) = 20$. Er boven, in het Y register, staat de vorige tussenuitkomst, $(12 \div 3) = 4$. Beide tussenuitkomsten staan op precies de juiste plaats, in het X en het Y register, om bij elkaar opgeteld te worden, waardoor men $(12 \div 3) + (5 \times 4)$ verkrijgt. We gaan verder met het probleem door het uitvoeren van deze opstelling, gevolgd door de berekening van $(2 \times 3) = 6$ in de noemer.



Weer staan de twee tussenuitkomsten op de juiste plaats in de X en Y registers voor de volgende stap in de berekening:

$$\frac{(12 \div 3) + (5 \times 4)}{(2 \times 3)} = \frac{24}{6}$$

Het quotiënt wordt nu berekend door de toets in te drukken, waarna de laatste vermenigvuldiging wordt uitgevoerd om het antwoord te verkrijgen:

T					
Z					
Y	24		4		
X	6	4	5	20	
toets		÷	5	×	

U zult gemerkt hebben, dat gedurende de gehele berekening geen haakjes in de calculator ingevoerd werden. Haakjes zijn nodig in de geschreven vorm van vele uitdrukkingen, om dubbelzinnigheid te voorkomen en om er voor te zorgen, dat de berekeningen in de juiste volgorde worden uitgevoerd. HP RPN zorgt ervoor, dat de berekeningen op de juiste manier na elkaar uitgevoerd worden, doordat het de volgorde aanhoudt, waarin het probleem aangepakt wordt en automatisch de tussenuitkomsten opslaat. Het stapelregister stelt de gebruiker in staat het probleem te benaderen in een volgorde, die met de structuur van de geschreven vergelijking overeenstemt. Dit maakt het overbodig haakjes in te voeren en bij te houden terwijl men aan het probleem werkt.

U zult in het voorgaande voorbeeld gezien hebben, dat het T register in het geheel niet gebruikt werd. Alhoewel het probleem er tamelijk complex uitzag, waren slechts de X, Y en Z registers nodig. Door de manier waarop dit systeem de oplossing van problemen benadert, beslaat het aantal tussenuitkomsten zelden meer dan drie van de vier niveaus in het stapelregister. Het zeer complexe probleem, dat later in deze paragraaf uitgewerkt wordt, verduidelijkt dit punt. De problemen, die tot nu toe uitgewerkt werden, handelden alle over twee-getalsbewerkingen. Eén-getalsbewerkin-

gen, zoals x^2 , $1/x$, $\sqrt{}$, en logaritmische en trigonometrische functies werken alleen op de inhoud van het X register en de antwoorden verschijnen weer in het X register, zonder de andere stapelregisters te beïnvloeden. Bijvoorbeeld, met 2 in het X register wordt de functie $1/x$ als volgt uitgevoerd:

T		
Z		
Y		
X	2	,5
toets	2	$1/x$

Om de werking van het stapelregister in het HP RPN systeem verder te verduidelijken beschouwen we het volgende probleem, dat het Mach-getal M berekent voor een voorwerp dat zich met een snelheid v, in knopen, voortbeweegt op een hoogte h, in voet.

$$M = \sqrt{5 \left[\left(\left(1 + 0,2 \left[\frac{v}{661,5} \right]^{3,5} \right) - 1 \right) \left[1 - (6,875 \times 10^{-6}) h \right]^{-5,2656} \right\} + 1 \right)^{0,286} - 1}$$

Laten we uitgaan van een voorwerp, dat zich met een snelheid van 350 knopen voortbeweegt op een hoogte van 25.500 voet. De opgave wordt aangepakt vanuit het binnenste paar haakjes; we beginnen dus met:

$$\left[\frac{350 \text{ knopen}}{661,5} \right]^2$$

T					
Z					
Y		350	350		
X	350	350	661,5	,53	,28
toets	350	ENTER	661,5	÷	x ²

T					
Z					
Y	,28		,06		1,06
X	,2	,06	1	1,06	3,5
toets	,2	×	1	+	3,5

T				
Z				
Y		1,21		,21
X	1,21	1	,21	6,875
toets	y^x	1	-	6,875
				EEX

T				
Z			,21	,21
Y	,21	,21	6,875-06	6,875-06
X	6,875 06	6,875-06	6,875-06	25500
toets	6	CHS	ENTER+	25500
				x

T				
Z	,21	,21		,21
Y	,18	1	,21	,82
X	1	,18	,82	5,2656
toets	1	$x \div y$	-	5,2656
				CHS

T				
Z				
Y	,21		,58	1,58
X	2,76	,58	1	1,58
toets	y^x	x	1	+
				,286

T			
Z			
Y		1,14	
X	1,14	1	,14
toets	y^x	1	-

T			
Z			
Y	,14		
X	5	,70	,84
toets	5	x	$\sqrt{x}$

Het HP RPN systeem maakte het mogelijk deze berekening in dezelfde volgorde te benaderen en uit te werken als bij een gewone uitwerking met potlood en papier.

Na het drukken van iedere funktietoets verscheen de uitkomst van die bewerking onmiddellijk in het X register, waardoor voor een terugkoppeling van de tussenuitkomsten gezorgd werd.

Andere kenmerken van HP RPN

Er zijn nog enkele kenmerken van het HP RPN systeem, die bijdragen tot zijn bruikbaarheid bij het oplossen van problemen. Deze kenmerken hebben betrekking op de mogelijkheid om met gegevens in de stapelregisters te manipuleren. Daar de bewerkingen in dit systeem niet opgeslagen worden of hangende blijven, kan deze mogelijkheid waardevol zijn om getallen opnieuw te rangschikken of te dupliceren voordat de volgende bewerking die aan de beurt is, werkelijk uitgevoerd wordt. Dit kan bijzonder nuttig zijn bij foutcorrectie.

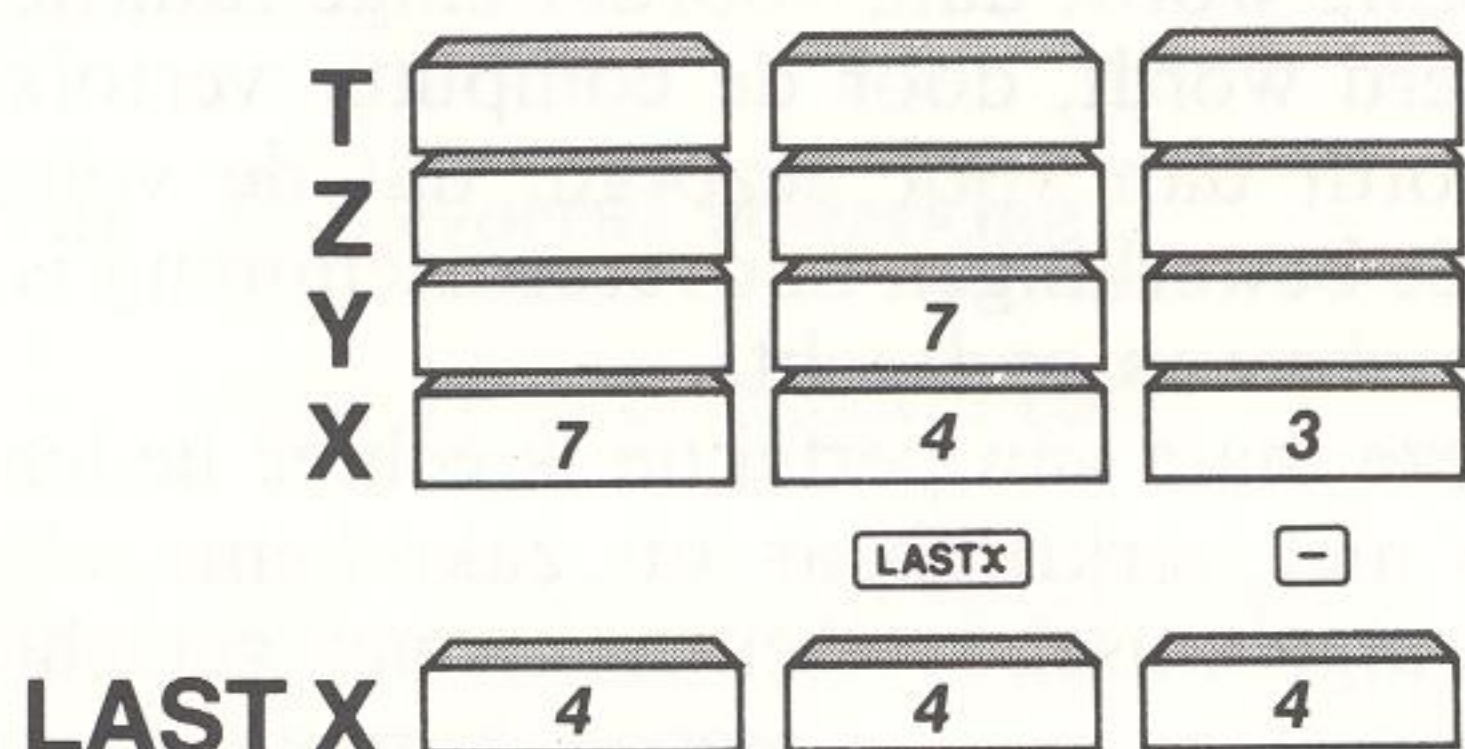
"LAST X" register

In de volgende illustraties zult U zien, dat een vijfde register, LAST X genoemd, toegevoegd is. In het kort gebeurt het volgende: iedere keer, dat de gebruiker een funktietoets indrukt, die een nieuw getal in het X register plaatst, gaat het vorige getal naar het LAST X register. Ter verduidelijking bekijken we het volgende probleem: $3 + 4 = 7$:

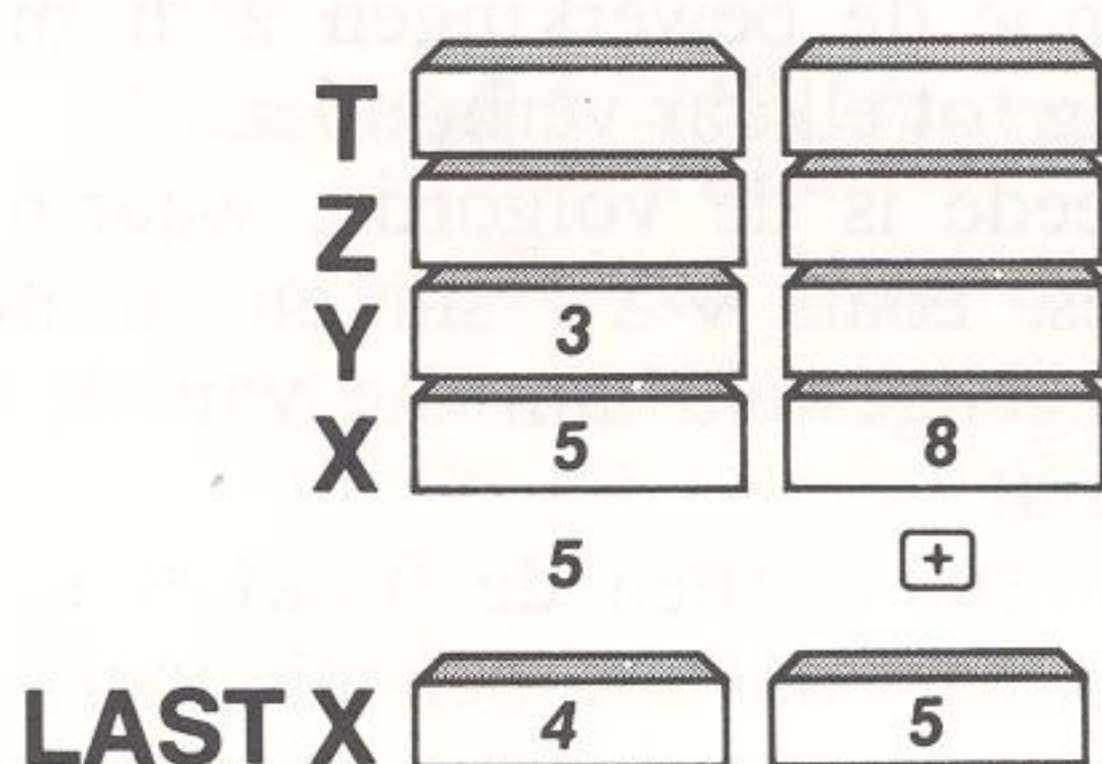
T				
Z				
Y		3	3	
X	3	3	4	7
	3	ENTER+	4	+
LAST X				4

Toen + ingedrukt werd, waardoor 3 en 4 bij elkaar opgeteld werden om 7 te verkrijgen, werd de 4 van het X register in het LAST X register geplaatst. Dit getal is nu beschikbaar om weer opgeroepen te worden en kan dan gebruikt worden om een foute invoer te corrigeren of om één terug te gaan om de laatst uitgevoerde berekening te verifiëren. Om te laten zien hoe deze mogelijkheid gebruikt kan worden om fouten te herstellen, zullen we aannemen dat het bovenstaande probleem $3 + 5 = 8$ had moeten zijn, in plaats van $3 + 4 = 7$. Het LAST X register wordt gebruikt om het foutieve getal, 4, terug te halen, waarna de tegen-

gestelde bewerking uitgevoerd wordt door 4 af de trekken. Het juiste getal, 5, wordt daarna ingetoetst en opgeteld:



Het tegengestelde van de optelling is nu uitgevoerd.

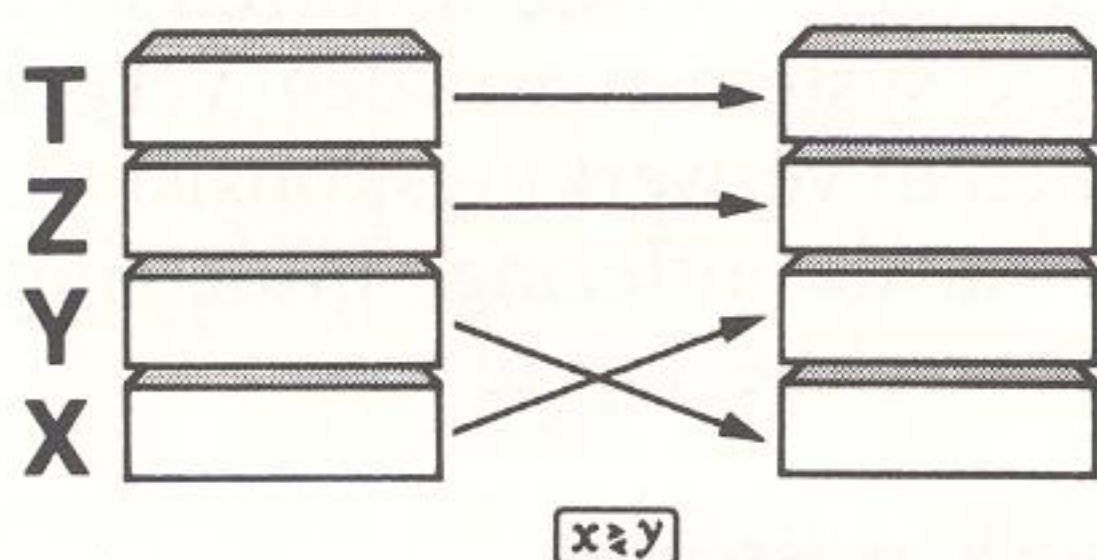


Als de verkeerde **funktietoets** ingedrukt werd, kan de gebruiker op een overeenkomstige manier LAST X terughalen, de tegengestelde functie uitvoeren en dan met de juiste bewerking verder gaan.

Toetsen voor het manipuleren van het stapelgeheugen

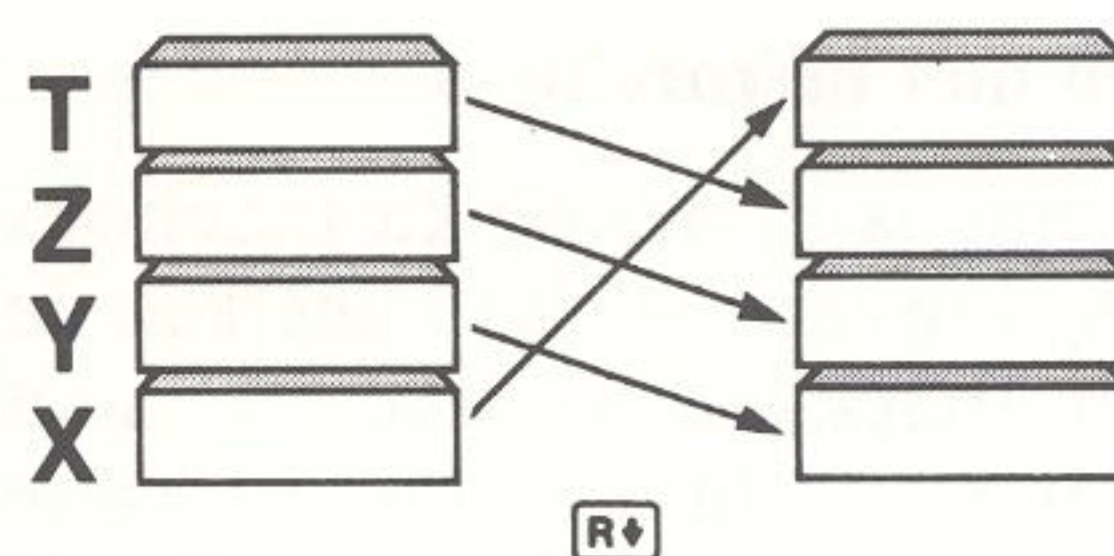
Naast de ENTER toets is er nog voorzien in twee andere toetsen, die een middel verschaffen om getallen in de stapel anders te rangschikken. Dit zijn de "X verwissel Y" en de "roll down" toets.

"X verwissel Y" verwisselt eenvoudigweg de inhoud van deze twee registers, zonder de verdere inhoud van de stapelregisters aan te tasten.



Deze mogelijkheid is nuttig in deel- en aftrekbewerkingen, waar de volgorde van de inhoud van de X en Y registers belangrijk is.

De R↓ toets laat de inhoud van alle vier stapelregisters "afrollen", zoals in de kolom hiernaast afgebeeld:



Deze mogelijkheid stelt U in staat de ogenblikkelijke inhoud van alle stapelregisters te controleren. Indien gebruikt in combinatie met "X verwissel Y", verschaft het een mogelijkheid om alle vier de getallen in een willekeurige volgorde te rangschikken. Het nut van deze functies komt het duidelijkst naar voren in complexe berekeningen, waarbij de mogelijkheid om deze te controleren, om te keren en het stapelregister opnieuw te rangschikken het onnodig maakt, dat de gebruiker weer van voren af aan moet beginnen.

Algebraïsche systemen

Belangrijkste benaderingen

De algebraïsche systemen, die tegenwoordig verkrijgbaar zijn, vertonen grote verschillen in vernuft en implementatie. Ze hebben echter allemaal de bedoeling om een eenvoudig middel te verschaffen om problemen in te voeren, door toe te staan dat argumenten en functies in dezelfde volgorde ingevoerd worden als zij verschijnen in de geschreven vorm. Dit is in feite het geval met zeer eenvoudige problemen, die slechts twee argumenten en één enkele functie bevatten. Naarmate de problemen complexer worden, moet er een middel gevonden worden om de volgorde van de bewerkingen vast te stellen. Hoe dit tot stand gebracht wordt, is verschillend: rechtstreeks de intoetsvolgorde aanhouden; gehoorzamen aan de volgorde-regels van een ingebouwde funktiehiërarchie; het invoeren van haakjes via het toetsenbord om dubbelzinnigheid te vermijden, enz., enz. Verscheidene implementaties volgen, waarbij als voorbeeld de opgave $5 \times 6 + 2 \times 5$ gebruikt wordt.

Eenvoudig algebraïsch

De rekenopdracht wordt verwerkt in de volgorde, waarin het ingevoerd wordt, zonder rekening te houden met de hiërarchie:

$$5 \times 6 + 2 \times 5 = 160$$

Algebraïsch met hiërarchie

Een hiërarchie is in de logika ingebouwd; kenmerkend is, dat vermenigvuldigen en delen vóór optellen en aftrekken uitgevoerd moeten worden. Alle andere functies (zoals trigonometrische en logaritmische functies, y^x , %, $\sqrt{\quad}$, enz.) moeten ook vastgelegde plaatsen hebben, waardoor enkele niveaus meer nodig zijn binnen de hiërarchie.

$$5 \times 6 + 2 \times 5 = 40$$

Algebraïsch met haakjes

Om de uitwerkingsvolgorde vast te leggen, kunnen ook haakjes ingevoerd worden. Binnen de haakjes is geen hiërarchie aanwezig.

$$\begin{aligned} 5 \times 6 + 2 \times 5 &= 160 \\ 5 \times (6 + 2) \times 5 &= 200 \\ 5 \times (6 + 2 \times 5) &= 200 \end{aligned}$$

Algebraïsch met hiërarchie en haakjes

Haakjes kunnen ingevoerd worden en er is een hiërarchie ingebouwd.

$$\begin{aligned} 5 \times 6 + 2 \times 5 &= 40 \\ 5 \times (6 + 2) \times 5 &= 200 \\ 5 \times (6 + 2 \times 5) &= 80 \end{aligned}$$

Getal invoerkonventies

In een ideaal algebraïsch systeem zou een rekenopdracht op dezelfde manier moeten worden ingevoerd als deze opgeschreven wordt. De volgende enigszins complexe opgave zou dus onveranderd ingevoerd kunnen worden:

$$\frac{(5 + \sqrt{6})^2 + \sin 40^\circ}{3 + \cos 35^\circ}$$

Sommige computertalen, zoals BASIC, benaderen dit ideale doel het dichtst, door toe te laten dat de gehele vergelijking ingevoerd kan worden, nadat zij herschreven is op één regel, met haakjes tussengevoegd om dubbelzinnigheid te voorkomen:

$$[(5 + \sqrt{6})^2 + \sin 40^\circ] / (3 + \cos 35^\circ)$$

In dit geval waren er twee nieuwe paren haakjes nodig, om te garanderen, dat de oorspronkelijke vergelijking ongeschonden bleef. Gewoonlijk verschijnt de gehele vergelijking op het uitvoermedium van de computer, zodat er

een visuele terugkoppeling is, om de gebruiker in staat te stellen de korrekte plaatsing van de haakjes e. d., te controleren. De gehele vergelijking wordt dan, voordat enige functie uitgevoerd wordt, door de computer vertolkt en er wordt dan voor gezorgd, dat de volgorde van de bewerkingen in overeenstemming is met de geschreven opdracht.

Deze mate van perfectie is echter heden ten dage niet verkrijgbaar op zakrekenmachines. Deze algebraïsche systemen kennen verschillende beperkingen. Ten eerste kunnen de uitlezingen van de calculators niet-numerieke tekens, zoals $\sqrt{\quad}$ en $()$, niet tonen. Zij laten bovendien slechts één getal tegelijkertijd zien en laten niet zien hoe de bewerkingen zich binnen de vergelijking tot elkaar verhouden.

Ten tweede is de volgorde, waarin één-getalsfuncties, zoals $\sqrt{\quad}$, sin en ln ingevoerd worden, tegengesteld aan die van de geschreven opdracht.

En tenslotte worden de functies uitgevoerd op het moment dat dubbelzinnigheid opgeheven is, d. w. z. zodra verdere invoer geen effect zal hebben op de dan nog hangende bewerking. Deze laatste eigenschap heeft tot gevolg, dat op ieder willekeurig ogenblik sommige bewerkingen uitgevoerd zullen zijn, terwijl andere opgeslagen worden in afwachting van verdere invoer.

De volgende paragraaf gaat in op de werking van de meest verfijnde algebraïsche systemen in vergelijking met het HP RPN systeem, om de gebruiker de eigenschappen van elk systeem tot in de finesses uit de doeken te doen.

Algebraïsche systemen vergeleken met het HP RPN systeem

Voor deze vergelijking wordt het algebraïsche systeem met ingebouwde hiërarchie en haakjes gebruikt. De systemen worden vergeleken om de verschillen in verwerkingskonsistentie, terugkoppeling via de uitlezing, intoetsingsefficiëntie en foutcorrectie aan te tonen.

Verwerkingskonsistentie

Zoals eerder besproken, is een van de kenmerken van HP RPN de konsistentie, die de gebruiker geboden wordt bij de ordening van getal- en functie-invoer. Algebraïsche systemen missen deze konsistentie, zoals we aan zullen tonen aan de hand van dit voorbeeld:

2 x Cos 72° + 17
ln 2

In HP RPN is de intoetsingsvolgorde als volgt:

Druk in Uitgevoerde bewerking

- 72 } Cos 72° wordt berekend
- [COS] }
- 2 } 2 x cos 72° wordt berekend
- [x] }
- 2 } ln 2 wordt berekend
- [ln] }
- [+] 2 x cos 72° / ln 2 wordt berekend
- 17 } 17 wordt bij 2 x cos 72° / ln 2 opgeteld
- [+] }

De funktietoetsen volgen altijd direkt op de getallen, waarop zij moeten werken, onverschillig of de funktie nu een één-getalsfunctie (cos, ln) of een twee-getalsfunctie is (x, ÷, +). In het algebraïsche systeem is de intoetsingsvolgorde als volgt:

Druk in Uitgevoerde bewerking

- 2 } "Vermenigvuldig" wordt ingevoerd
- [x] } na de 2, in afwachting van het tweede argument.
- 72 } 72 wordt vóór cosinus ingevoerd en
- [COS] } de cosinus wordt onmiddellijk berekend.
- [+] "Delen" wordt ingevoerd, in afwachting van het tweede getal voor de deling.
- 2 } 2 wordt vóór ln ingevoerd, en de ln
- [ln] } wordt onmiddellijk berekend.
- [+] "Plus" wordt ingevoerd, in afwachting van het tweede getal.
- 17 Het tweede getal voor de "plus" wordt ingevoerd.
- [=] "Is gelijk" wordt ingevoerd, waarmee het eind van de berekening aangegeven wordt.

Het zal U opgevallen zijn, dat voor twee-getalsbewerkingen de funktie **tussen** de argumenten wordt ingevoerd; maar voor één-getalsbewerkingen (cos, ln) wordt de funktie **na** het getal ingevoerd. Deze eigenschap wijkt af van het ideale algebraïsche systeem, dat in de vorige paragraaf besproken werd, en leidt tot een inkonsistentie die de gebruiker moet begrijpen en aankunnen.

Terugkoppeling via de uitlezing

Laten we nu eens bekijken hoe een calculator tijdens de werking "terug kan praten" (via de uitlezing). In een lange berekening zou de uitlezing iets kunnen tonen, dat betrekking heeft op iedere stap, op het moment, dat deze uitgevoerd wordt; of zij zou iets kunnen tonen, dat betekenisloos is, niet in de volgorde past, of dat een diepgaand begrip van het logische systeem vereist, om te kunnen interpreteren. Vergelijkt U in het volgende voorbeeld die terugkoppeling via de uitlezing voor HP RPN en algebraïsch:

6 x sqrt(22) + Sin 37°
17

HP RPN			ALGEBRAÏSCH		
Druk in	Uitlezing	Opmerkingen	Druk in	Uitlezing	Opmerkingen
22,	22,		6	6	
[x]	4,69	Uitkomst van vierkantswortel	[x]	6,	"Vermenigvuldig" blijft wachten, tot het vermenigvuldigtal ingevoerd en berekend is
6,	6,		22	22	
[x]	28,14	Uitkomst van vermenigvuldiging	[x]	4,69	Uitkomst van vierkantswortel
17,	17,		[+]	28,14	Uitkomst van vorige vermenigvuldiging, "delen" blijft wachten
[+]	1,66	Uitkomst van deling	17	17	
37,	37,		[+]	1,66	Uitkomst van vorige deling, "optellen" blijft wachten
[SIN]	0,60	Uitkomst van sinus	37	37	
[+]	2,26	Uitkomst van optelling. Eindantwoord	[SIN]	0,60	Uitkomst van sinus
			[=]	2,26	Uitkomst van vorige optelling. Eindantwoord

In het HP RPN systeem, laat de uitlezing altijd de uitkomst (tussenantwoord) van de zojuist ingetoetste functie zien. Dit stelt de gebruiker in staat om gedurende de gehele berekening de redelijkheid ervan te controleren, of om te ontdekken, waar een moeilijkheid in de berekening ontstaat. De calculator voert een functie **altijd** uit op het moment dat zij ingetoetst wordt; het is niet nodig bewerkingen, die later uitgevoerd moeten worden, op te slaan ("hangende" operaties).

In het algebraïsche systeem daarentegen, laat de uitlezing soms de uitkomst van een vorige opdracht zien als een latere opdracht ingetoetst wordt, en soms de uitkomst van de laatst ingetoetste opdracht. Het is een kenmerkende eigenschap van het algebraïsche systeem, dat er een inkonsistentie bestaat in de verhouding tussen de inhoud van de uitlezing en de functievolgorde. Als er haakjes ingevoegd worden, komt dit nog veel duidelijker naar voren.

In HP RPN wordt een probleem vanuit het binnenste haakjespaar bewerkt, net zo als men het met de hand zou doen.

In een algebraïsch systeem wordt het van links naar rechts bewerkt. Laten we de uitwerking van het onderstaande probleem eens volgen:

$5 \times (4 + (3 \times (2 - 6)))$

HP RPN			ALGEBRAÏSCH		
Druk in	Uitlezing	Opmerkingen	Druk in	Uitlezing	Opmerkingen
2,	2,		5	5	
ENTER	2,00		x	5,	"Vermenigvuldigen" blijft wachten
6,	6,		(	5,	
=	-4,00	Uitkomst van de aftrekking	4	4	
3,	3,		+	4,	"Optellen" blijft wachten
x	-12,00	Uitkomst van de vermenigvuldiging		4,	
4,	4,		3	3	
+	-8,00	Uitkomst van de optelling	x	3,	"Vermenigvuldigen" blijft wachten

HP RPN			ALGEBRAÏSCH		
Druk in	Uitlezing	Opmerkingen	Druk in	Uitlezing	Opmerkingen
5,	5,		(	3,	
x	-40,00	Uitkomst van de laatste vermenigvuldiging	2	2	
			=	2,	"Aftrekken" blijft wachten
			6	6	
			(	-4	Uitkomst van aftrekking 2 stappen terug
			(	-12	Uitkomst van vermenigvuldiging 6 stappen terug
			(	-8	Uitkomst van optelling 10 stappen terug
			=	-40,	Uitkomst van vermenigvuldiging 14 stappen terug

In dit algebraïsche systeem heeft de inhoud van de uitlezing praktisch iedere bruikbaarheid voor de gebruiker verloren. In essentie is de mens/machine dialoog verworden tot een mens-naar-machine monoloog, totdat de laatste = toets ingedrukt wordt. Het gevolg is, dat de calculator de gebruiker niet helpt bij het volgen van zijn berekening, waardoor hij gedwongen wordt dit zelf te doen, hetgeen de kans op het maken van fouten vergroot.

Intoetsefficiëntie

Let U op het aantal aanslagen, dat in de twee systemen nodig was om de zojuist uitgewerkte opgave, $5 \times (4 + (3 \times (2 - 6)))$, tot een oplossing te brengen. In HP RPN waren 10 aanslagen nodig; in het algebraïsche systeem waren 16 aanslagen nodig.

In het HP RPN systeem is het niet nodig om haakjes in de calculator in te voeren, waardoor met minder aanslagen volstaan kan worden. Algemeen wordt aangenomen, dat zelfs in middelmatig ingewikkelde problemen, algebraïsche systemen een groter aantal aanslagen ver-

eisen, door de noodzaak om haakjes in te voeren. Alhoewel haakjes in de geschreven vergelijking nodig zijn, om dubbelzinnigheid te vermijden, zijn deze niet nodig bij het HP RPN systeem.

Dit kenmerk van HP RPN is ook van belang voor programmeerbare calculators, omdat het ruimte spaart in het programme geheugen.

Foutcorrectie

Het vermogen van het HP RPN systeem om invoerfouten te herstellen werd in een eerdere paragraaf al ten dele besproken. Het feit, dat er geen "hangende" bewerkingen zijn en dat het stapelregister en het LAST X register toegankelijk en manipuleerbaar zijn, geeft de gebruiker de flexibiliteit terug te gaan tot een bewerking die abusievelijk uitgevoerd werd, of deze zelfs om te keren. De volgende voorbeelden laten zien hoe een algebraïsch systeem typische foutieve toestanden behandelt, vergeleken met het HP RPN systeem.

Bekijkt U de volgende opgave:

$$(5 + 3) \times 6$$

Neemt U nu aan, dat de gebruiker per ongeluk + indrukte in plaats van $\times$ en daarna zijn fout ontdekte:

$$(5 + 3) + \dots \text{hola!}$$

Om dit in het algebraïsche systeem te herstellen, zou de gebruiker kunnen proberen eerst de 6 **op te tellen**, daarna weer **af te trekken** en dan terug te gaan om de gewenste vermenigvuldiging uit te voeren:

Druk in Opmerkingen

- | | |
|-----|---|
| [1] | |
| 5 | |
| [+] | |
| 3 | |
| [1] | |
| [+] | "Plus" per ongeluk ingedrukt. |
| 6 | } Probeer te herstellen door de 6 eerst op te tellen, daarna af te trekken. |
| [=] | |
| 6 | |
| [x] | Nu vermenigvuldigen, zoals oorspronkelijk voorgenomen. |
| 6 | |
| [=] | Onjuist antwoord, -22, wordt getoond. |

Deze procedure kon de fout niet corrigeren. De moeilijkheid ontstaat door de ingebouwde hiërarchie, die de uitwerking als volgt laat verlopen:

$$(5 + 3) + 6 - 6 \times 6$$

of

$$8 + 6 - 36 = -22$$

Een andere benadering zou zijn geweest om 0 in te toetsen (in plaats van 6), zodra de gebruiker zich realiseerde, dat hij per ongeluk de + toets had ingedrukt. Het zou er op lijken, dat hierdoor het effect van de fout teniet gedaan werd, waarna de vermenigvuldiging uitgevoerd zou kunnen worden. Het antwoord zal echter weer fout zijn, maar anders dan de vorige keer:

$$(5 + 3) + 0 \times 6$$

of

$$8 + 0 = 8$$

Eén methode, die zeker zal werken is, om voortijdig de berekening te beëindigen, door op de = toets te drukken, waardoor alle hangende bewerkingen uitgevoerd worden en aan een nieuwe berekening begonnen kan worden.

$$(5 + 3) + 0 = 8$$

$$8 \times 6 = 48$$

Het spreekt vanzelf dat, als deze eenvoudige opdracht ingesloten was in een langere reeks, door het indrukken van de = toets **alle** open haakjes gesloten werden terwijl **alle** hangende berekeningen meteen uitgevoerd zouden worden. De uitkomst staat dan mogelijk in geen enkele verhouding tot de gewenste berekening.

In het HP RPN systeem zou de fout op de volgende manier gecorrigeerd kunnen worden:

Druk in Opmerkingen

- | | |
|---------|---|
| 5 | |
| [ENTER] | |
| 3 | |
| [+] | |
| 6 | |
| [+] | "Plus" per ongeluk ingedrukt. |
| [LASTX] | Breng het laatste getal (6) terug in X (Het is niet nodig LAST X te gebruiken, maar wel gemakkelijk). |
| | Trek de 6 af, waardoor de onjuiste optelling omgekeerd wordt. |

Druk in Opmerkingen

- LASTX** Breng de 6 nogmaals in het X register.
⊗ Vermenigvuldig als gepland en verkrijg het juiste antwoord: 48.

Wat hier gedaan werd is logisch het volgende:

$$\begin{array}{r} 5 \\ + 3 \\ \hline 8 \end{array} \xrightarrow{+6} \begin{array}{r} 8 \\ + 6 \\ \hline 14 \end{array} \xrightarrow{-6} \begin{array}{r} 14 \\ - 6 \\ \hline 8 \end{array} \xrightarrow{\times 6} \begin{array}{r} 8 \\ \times 6 \\ \hline 48 \end{array}$$

De fout wordt volkomen weggewerkt

Omdat tussenuitkomsten berekend worden naarmate iedere opdracht ingevoerd wordt, kunnen de opdrachten omgekeerd worden. Verder waarborgt de LAST X functie, dat het getal, dat inkorrekt bewerkt werd, nauwkeurig teruggeroepen kan worden.

Een ander soort fout, die kan optreden, is onjuiste invoer van haakjes. Bekijk U, bijvoorbeeld, de volgende opgave:

$$\frac{(17-5)^2}{16-4}$$

Neemt U aan dat de teller korrekt geëvalueerd werd, maar dat toen de deling uitgevoerd werd, de gebruiker de haakjes om de noemer als volgt weglief:

$$(17-5)^2 \div 16-4=4$$

De uitkomst is natuurlijk onjuist, omdat voor de deelv bewerking 16 als noemer is gebruikt, in plaats van $(16-4)=12$. Het juiste antwoord is 12.

Om te corrigeren zou de gebruiker kunnen proberen de volgorde om te draaien, maar de ingebouwde hiërarchie zal hem tegenwerken:

$$(17-5)^2 \div \underbrace{16-4+4 \times 16}$$

Poging de volgorde om te draaien

Als men dit probeert, wordt de laatste vermenigvuldiging vóór de laatste optelling uitgevoerd, hetgeen het volgende resultaat oplevert:

$$\begin{aligned} (17-5)^2 \div 16-4+4 \times 16 \\ \text{of} \\ 144 \div 16-4+64 \\ \text{of} \\ 9+60=69 \end{aligned}$$

Omdat de gebruiker van het HP RPN systeem niet hoeft te onthouden dat hij haakjes om de noemer moet plaatsen en ze in de reeks aanslagen moet invoegen, loopt hij alleen al daarom minder kans deze fout te maken.

Na de teller met HP RPN berekend te hebben, toetst de gebruiker de waarde 16 in, en **dan pas** beslist hij welke bewerking hij wil uitvoeren. Iedere opdracht werkt onmiddellijk op de getallen die de gebruiker al ingevoerd of berekend heeft; het is niet nodig "vooruit te kijken" of de getallen voor een reeds ingetoetste bewerking van tevoren op te geven.

Laten we echter aannemen, dat de HP RPN gebruiker exakt dezelfde fout maakte als de gebruiker van het algebraïsche systeem, d.w.z.:

$$(17-5)^2 \div 16-4$$

Op dit punt zou de waarde 5 in het X register (de uitlezing) staan. Om de fout te herstellen, keert de gebruiker de volgorde van de onjuiste berekeningen om en voert ze daarna opnieuw korrekt in.

Oorspronkelijke berekening:

$$\begin{array}{r} 17 \\ - 5 \\ \hline 12 \end{array} \xrightarrow{\times 12} \begin{array}{r} 12 \\ \times 12 \\ \hline 144 \end{array} \xrightarrow{\div 16} \begin{array}{r} 144 \\ \div 16 \\ \hline 9 \end{array} \xrightarrow{-4} \begin{array}{r} 9 \\ - 4 \\ \hline 5 \end{array}$$

Terugkeren tot waar de fout gemaakt werd

$$\begin{array}{r} 5 \\ + 4 \\ \hline 9 \end{array} \xrightarrow{\times 16} \begin{array}{r} 9 \\ \times 16 \\ \hline 144 \end{array}$$

Opnieuw korrekt invoeren:

laatste uitkomst 144

$$\begin{array}{r} 16 \\ - 4 \\ \hline 12 \end{array}$$

144 $\div$ 12 juiste antwoord

De foutkorrektiemogelijkheden van een calculator zijn speciaal voor lange berekeningen belangrijk. Het vooruitzicht om met een opgave weer van voren af aan te moeten beginnen, nadat men al vele aanslagen ingevoerd heeft, is voor een gebruiker niet aantrekkelijk. Korrektiemogelijkheden zouden moeten resulteren in een grotere betrouwbaarheid en een meer efficiënte besteding van de tijd van de gebruiker.

Samenvatting

In dit boekje zijn de kenmerken van twee soorten logische systemen voor gebruik in hedendaagse geavanceerde zakrekenmachines onderzocht. Uiteindelijk moeten deze kenmerken bezien worden in het licht van de doelmatigheid bij het verschaffen van antwoorden op de aard van de problemen, die de gebruiker in zijn werk tegenkomt. Voor zeer simpele opgaven wordt de keus hoofdzakelijk bepaald door de vraag, of de gebruiker de opgaven liever invoert op de manier waarop hij ze gewoonlijk gedrukt ziet (algebraïsch), of in de volgorde die hij zou gebruiken om de opgave met potlood en papier op te lossen (HP RPN).

Echter, voor opgaven van slechts middelmatige complexiteit, komt de relatieve doelmatigheid van de systemen heel wat duidelijker naar voren. De criteria voor het bepalen van deze "doelmatigheid" worden afgeleid uit de manier, waarop het systeem de gebruiker bijstaat zijn antwoorden te verkrijgen, waarbij speciaal gelet wordt op:

1. Het vertrouwen, dat de gebruiker stelt in de nauwkeurigheid van de uitkomsten;
2. Eenvoud van bediening;
3. Efficiënte besteding van de tijd en de energie van de gebruiker.

Vertrouwen in de nauwkeurigheid van de uitkomsten

Verscheidene kenmerken van het HP RPN systeem dragen er toe bij, dat de gebruiker een groter vertrouwen in de uitkomsten kan hebben dan bij algebraïsche systemen. De consistente benadering van de invoer van getallen en functies heeft tot gevolg, dat het maken van fouten minder waarschijnlijk wordt.

Omdat haakjes in het geheel niet in een HP RPN calculator ingevoerd worden, is het onmogelijk deze verkeerd te plaatsen of ze te vergeten.

Doordat de tussenresultaten in de uitlezing verschijnen, kan de gebruiker de berekening "volgen", waardoor hij geholpen wordt om bij te houden, waar hij in complexe berekeningen gebleven is en hij de redelijkheid van tussenuitkomsten kan nagaan.

Eenvoud van bediening

Zoals al eerder werd opgemerkt, zijn beide systemen recht-door-zee voor zeer fundamentele bewerkingen, zoals eenvoudig rekenen met twee getallen. Naarmate de opgaven ingewikkelder worden, stelt de consistente invoerkonventie van het HP RPN systeem minder eisen aan de gebruiker. Waar de bewerkingen in HP RPN alle op dezelfde manier benaderd worden, moet de gebruiker van een algebraïsche machine verscheidene regels en konventies leren, d.w.z. sommige functies moeten tussen de getallen geplaatst worden, sommige moeten op hun getallen volgen, ingebouwde hiërarchieën moeten geleerd en onthouden worden en haakjes moeten zorgvuldig ingevoerd worden om dubbelzinnigheid te vermijden. Wanneer men het HP RPN systeem eenmaal kent, stelt het de gebruiker in staat problemen van steeds grotere complexiteit op te lossen, zonder dat zij anders benaderd hoeven te worden, terwijl de gebruiker van een algebraïsch systeem mogelijk extra structuren van het systeem zal moeten leren en onthouden.

Efficiëntie

Algemeen wordt aangenomen, dat HP RPN systemen voor andere dan zeer fundamentele opgaven minder aanslagen nodig hebben. Dit is te danken aan de onderliggende structuur van RPN, die de noodzaak om haakjes in te voeren overbodig maakt. Fouten hebben echter ook invloed op de doelmatigheid, waarmee de gebruiker zijn calculator kan bedienen. In het HP RPN systeem is de kans om fouten te maken kleiner en foutcorrectie is rechttoe, rechtaan. Fouten zijn minder waarschijnlijk door de consistentie van de invoerkonventie, overbodigheid van haakjes en de terugkoppeling via de uitlezing, die de gebruiker in staat stelt een complex probleem op de voet te volgen. Foutcorrectie, vaak onmogelijk in een algebraïsch systeem, is in HP RPN recht-door-zee, waardoor de noodzaak om lange berekeningen opnieuw te beginnen vermeden wordt.

Al met al biedt het HP RPN systeem uitmuntende verwerkingseigenschappen voor calculatorgebruikers, die te maken hebben met opgaven van middelmatige of grote complexiteit. Het is een systeem dat ontworpen werd met het oogmerk de calculator de grootste last van het oplossen van problemen te laten dragen en tevens om de moeilijkheden voor de gebruiker zelf zoveel mogelijk te beperken.



In Nederland:

Hewlett-Packard Benelux N.V.

Van Heuven Goedhartlaan 121, Postbus 667,
1180 AR Amstelveen, tel. (020) 47 20 21

In België:

Hewlett-Packard Benelux N.V.

Groenkraaglaan 1, 1170 Brussel, tel. (02) 660 50 50

Hewlett-Packard S.A., europees hoofdkantoor:

7, rue du Bois-du-Lan, Postbus, CH-1217 Meyrin 2,
Genève, tel. (022) 82 70 00



Deekhandel Broekhuis bv

AFD. SCHRIJFWAREN

Hengelo-o - Postbus 142

Tel. 074-910267

Enschede, str. 19

Scan Copyright ©
The Museum of HP Calculators
www.hpmuseum.org

Original content used with permission.

Thank you for supporting the Museum of HP
Calculators by purchasing this Scan!

Please to not make copies of this scan or
make it available on file sharing services.