STICHTING
MATHEMATISCH CENTRUM
2e BOERHAAVESTRAAT 49
AMSTERDAM

Programmering voor de ARMAC

Deel VI

Matrix-complex RAM

door

T.J. Dekker

MR 30

1959

Inhoud

Voorwoord

De Rekenafdeling van het Mathematisch Centrum heeft jarenlang dankbaar gebruik gemaakt van de matrix-programma's, die Mevrouw R.D.M. Zonneveld-Mulder alhier voor de Armac heeft geprogrammeerd. Deze programma's betreffen het inverteren van matrices, het oplossen van lineaire stelsels en het berekenen van determinanten.

Langzamerhand ontstond er behoefte aan een flexibeler stelsel matrix-routines, dat een uniforme representatie van matrices mogelijk maakt. Het complex van matrix-programma's "RAM", dat U hier geboden wordt, hoopt in deze behoefte te voorzien.

In dit rapport wordt verder beschreven hoe het complex RAM kan worden gecombineerd met andere standaard-matrixprogramma's, met name het programma ter bepaling van eigenwaarden en -vectoren van symmetrische matrices, dat Mejuffrouw M.J.H. Römgens gemaakt heeft.

Ik wil hierbij dank brengen aan de Heer J. Nederkoorn, die enige subroutines heeft geprogrammeerd en RAM op de machine heeft getest en aan de Heer P.A. Neeteson van het Centraal Planbureau, de eerste gebruiker van RAM, die de subroutine transporteer sub-matrix heeft gemaakt.

Verder dank ik alle leden van de Rekenafdeling, die door het geven van suggesties of het uiten van verlangens aan het tot stand komen van RAM hebben medegewerkt.

Inleiding.

Een matrix is een getallenrechthoek, die - zoals we steeds zullen veronderstellen - met constante rij- en kolom-spatiëring in het geheugen staat. Een matrix is bereikbaar via een zestal parameters, die, in een vaste volgorde achter elkaar in het geheugen geplaatst, samen het zgn. matrix-adres vormen.

Een matrix-adres, dat op een adres k begint, wordt aangeduid met $\underline{k}$ en de bijbehorende matrix met $(\underline{k})$. Verder heet k een kengetal van de matrix $(\underline{k})$.

Het matrix-adres $\underline{k}$ is als volgt ingericht:

$[k]$ = a = begin-adres van de matrix,
$[k+1]$ = ν = rij-spatiering,
$[k+2]$ = τ = kolom-spatiering,
$[k+3]$ = b = binaire exponent,
$[k+4]$ = N = rij-lengte,
$[k+5]$ = T = kolom-lengte.

De bijbehorende matrix $(\underline{k}) = \| M_{tn} \|$ wordt gedefinieerd door:

$M_{tn} = m_{tn} \cdot 2^b = \{a + n\nu + t\tau\} \cdot 2^b$, waarbij n = 0(1) N-1, t = 0(1) T-1.

Een kengetal k dient steeds een veelvoud van 8 te zijn en verder moeten als regel ν en τ groter of gelijk aan +0 zijn.

Het complex RAM gebruikt de volgende sluitletters:

J voor inversie,
K voor werkruimte,
L voor in- en uitvoerprogramma,
P voor vermenigvuldiging,
S voor additieve operaties en diversen,
R voor specifieke voorponsing en voor het kengetal van matrices, die door de matrix-ponsroutine geponst zijn. Het moet, zoals steeds, worden afgeraden R in de algemene voorponsing op te nemen.

De geheugenbezetting van RAM is als volgt:
Invoer van matrices, typ- en pons-routines en transponeer-subroutines: OLO t/m 15L5 en 28X127,
Invoer van gemengde getallen: RO (eventueel = L6) en 29X127,
Matrix-inversie: OJO t/m 23J6,
Matrix-vermenigvuldiging: PO, P1, P2,
Additieve operaties en diversen: SO, S1, S2,
Transportsubroutines: RO (eventueel = S3).
Voor werkruimte moet men in het algemeen kanaal KO beschikbaar houden. De inversie gebruikt nog meer werkruimte. Zie verder hiervoor de beschrijving der subroutines.

Invoer van matrices.

Het matrix-invoerprogramma wordt geactiveerd door de controle-combinatie RP gevolgd door een adres, zijnde een kengetal k. In het matrix-adres k moeten a, ν, τ van te voren gegeven zijn.

De matrix ($\underline{k}$) = $\| M_{tn} \| = \| \mu_{tn} \| \cdot 10^D \cdot 2^B$ wordt dan als volgt op de band gegeven:

RPk (k is een adres, dus: regelnummer, sluitletter, kanaalcorr.)
N
T
B
D

De opeenvolgende kolommen van $\| \mu_{tn} \|$
RC
bis (d.w.z. herhaal vanaf RPk inclusief soortspecificatie).

De controlecombinatie RPk mag op de gebruikelijke wijze zowel voor als na de soortspecificatie geponst worden.
Indien D $\neq$ 0 is, worden de elementen μ_{tn} vermenigvuldigd met een factor $f = 10^D \; 2^{B-b}$, waarbij b zo gekozen wordt, dat $\frac{1}{2} \leqslant f < 1$ is.
In het geheugen komt dan te staan de matrix
$\| m_{tn} \| = f \; \| \mu_{tn} \|$ en b wordt de binaire exponent van $\| M_{tn} \|$.

Opmerkingen: De factor f is dikwijls niet exact. Gewoonlijk zal men B=0 kiezen. Indien men de elementen van $\| \mu_{tn} \| \; 10^D$ als gehele getallen wil beschouwen, neme men B = +33.

Na de decimale exponent D zijn toegestaan de controle-combinaties:

RPR q : repeteer eerstvolgende woord q maal;

RPX q : skip q elementen van de matrix.

Hierbij is q een geheel getal zonder teken; als $q \leqslant 31$ mag dit in één aanslag geponst worden.

Na de controle-combinatie RPk en vóór het einde van de matrix mag men geen RC, RA of RX inlassen.

Indien einde matrix bereikt is, eist het programma RC of een nieuwe adres-specificatie, dus RA of RPk. Als de band te veel elementen bevat (dus meer dan N x T), dan stopt het invoerprogramma. Als de band te weinig elementen bevat (m.a.w. als RC, RA of een nieuwe RPk te vroeg komt), dan kan het zijn, dat deze fout niet wordt gedetecteerd. Men kan testen of einde matrix bereikt wordt, door stop-opdracht 2 30X0 in te schakelen. Stopt het programma op genoemde opdracht, welke op a27L0 staat, dan is het einde van de matrix bereikt. De stop-als-fout-bij-controle staat op a24L2.

Na de controle-combinatie RPk zijn op de gebruikelijke wijze toegestaan de soort-specificaties RB, RD, RG en RE. Bovendien kan men aanwenden de soortspecificatie RSe met $e = 0(1)\,31$ voor het invoeren van woorden van de gedaante 2^{-e} x gemengd getal. In dit geval zal men B = e nemen. Zie verder hiervoor pag. 5.

Er bestaat voor het invoeren van matrices ook nog een tweede versie, speciaal voor matrices, die door het matrixponsprogramma zijn uitgeponst. Voor deze versie moet de matrix ($\underline{k}$) als volgt geponst zijn:

RP k+4 (het ponsprogramma ponst: RP4R0)
N
T
B
D = 0
N+T+B+D
de opeenvolgende kolommen van (μ_{tn}), ieder gevolgd door de som der elementen modulo 2-p.
Bij het invoeren worden de sommen gecontroleerd. Indien een som niet klopt, stopt het programma op b26L1.
Deze som-controle maakt banden in duplo overbodig. Wel kunnen deze banden ter controle worden ingelezen (autostart 1). Dit dient dan te geschieden, voordat de inhoud van 0 t/m 7 K0 gewijzigd is, omdat zich hier het complete matrix-adres van de zojuist uitgeponste matrix bevindt.
Het is om deze reden dan tevens noodzakelijk, dat tijdens de controle-lezing de waarde van de sluitletter R aan die van K gelijk is.

In deze versie zijn geen repeteer- of skip-faciliteiten aanwezig.

Het matrix-invoerprogramma omvat de kanalen L0, L1, L2, L3 en plaats 28X127.

Invoer van gemengde getallen.

Voor de invoer van gemengde getallen bestaat de soortspecificatie RSe, waarbij e = 0(1)31.
Deze soortspecificatie kan ook los van het matrix-complex RAM gebruikt worden. De parameter e moet in één pentade geponst worden. De soortspecificatie RSe kan op de gebruigelijke wijze voor of na de combinatie RA of RP geponst worden.
De soortspecificatie RSe accepteert getallen van de vorm:

+ ... + ...
- ... - . ...
± . ... (echte breuk),
± ... . (geheel getal),

waarbij steeds het gehele gedeelte < 2^e moet zijn. Hieruit wordt een dubbel-lengte getal gevormd in [A,S} , dat dan over e plaatsen naar rechts wordt uitgeschoven. Dit uitgeschoven getal wordt niet afgerond.
In S wordt dus afgeleverd: 2^{-e} x gegeven gemengd getal. Geheel getal voorafgaande aan echte breuk moet worden afgesloten met X (of met ±.). Er wordt geen X geskipt tussen geheel gedeelte en breukgedeelte van een gemengd getal.

Het programma omvat kanaal RO en plaats 29X127. Op de band staat voor de liefhebbers de specifieke voorponsing RFROL6.

Het programma stopt bij capaciteitsoverschrijding - opgetreden wegens keuze van te kleine e - op plaats b26RO en bij teken-ongelijkheid van kop en staart op a16RO

N.B. Denk erom, dat niet meer dan 33-e bits van de breuk in S komen.

<u>Matrix-typroutines</u>.

Voor het typen van matrices bestaan de volgende subroutines, waarbij steeds wordt verondersteld, dat de typecode in S wordt meegegeven en het matrix-adres van de te typen matrix in het laatste kernenkwart staat (m.a.w. de matrix (<u>24XO</u>) wordt getypt.
Aanroep 220L5 =) Typ exponent en matrix.

Deze subroutine roept eerst een subroutine voorbereiding aan, typt dan na SNP (d.i. Start Nieuwe Pagina) de decimale exponent D en daarna volgen de rijen van de matrix (<u>24XO</u>), ieder voorafgegaan door SNP.
Aanroep 229L5 =) Subroutine voorbereiding.

Deze subroutine maakt B=b, indien breuk-code, en B =b-33,

indien geheel-getalcode in S is meegegeven. Zij berekent daarna, als B.$\neq$ 0 is, een factor $f = 2^B 10^D$, waarbij D zó gekozen wordt, dat $0,1 < f < 1$ is.
De subroutine levert D af op 23XO en in S en f op 19XO en in A.
Dan kan de programmeur zelf zorgen voor het typen van D of afhankelijk van D een typcode kiezen en daarna de matrix typen met de aanroep:
22 6.L 5 =). Typ matrix na voorbereiding.
Deze subroutine typt de rijen van (24XO), ieder voorafgegaan door SNP.

Als van te voren bekend is, dat b=0 is, kan men ook een matrix typen zonder exponent en zonder voorbereiding. Hiervoor gebruikt men de aanroep:
22 5 L 5 =) Typ matrix zonder voorbereiding.
In dit geval wordt geen factor f bepaald. De matrix $\| m_{tn} \|$ wordt zonder meer rij-gewijs getypt, elke rij voorafgegaan door SNP. De binaire exponent b moet gelijk aan nul zijn.

De voorbereidingssubroutine brengt een wijziging aan in het matrix-adres 24XO, een wijziging die door de daaropvolgende typroutine weer hersteld wordt. Verder is na elke typroutine het matrix-adres 24XO intact.
Voor werkruimte worden gebruikt 0 t/m 7 KO en diverse plaatsen in XO.

Het typprogramma omvat de kanalen L2, L3, L4 en de eerste helft van L5.

Matrix-ponsroutine.

Aanroep 22 0 L 4 =) Pons matrix (24XO).
Deze subroutine ponst de matrix (24XO) zodanig, dat deze door de tweede invoer-versie kan worden gelezen. Achtereenvolgens wordt geponst:
Roffel blank, RP 4RO RB; daarna in binaire code N, T, B, D gevolgd door hun som; daarna de kolommen van de matrix, elk gevolgd door hun som modulo 2-p; tenslotte een roffel blank.

Het matrix-adres wordt opgeborgen op 0 t/m 7KO, zodat na het ponsen de band ter controle kan worden ingelezen (autostart 1) als de waarde van de sluitletter R gelijk aan die van K gemaakt is.

De pons-routine omvat de kanalen L3 en L4 en gebruikt als werkruimte 0 t/m 7 KO en diverse plaatsen in XO. Na afloop is het matrix-adres 24XO intact.

Transpositie van matrices.

Voor het transponeren van matrices bestaan de volgende subroutines

22 1 L 3 ==)	Transponeer	8XO,
22 2 L 3 ==)	"	16XO,
22 3 L 3 ==)	"	24XO,
23 6 L 3 ==)	"	[S],

Deze subroutines transponeren de genoemde matrix-adressen, d.w.z. zij verwisselen daarin ν met τ en N met T.

Deze subroutines staan in kanaal L3.

Matrix-vermenigvuldiging.

Aanroep 22 0 P 0 ==)
Functie: (8XO) . (16XO) $\Rightarrow$ (24XO).
Van het matrix-adres 24XO moeten a, ν, τ gegeven zijn; b, N, T worden door de subroutine ingevuld.

Uit de vector-producten, die exact in drievoudige lengte worden opgebouwd, worden uniform geschaalde getallen van enkelvoudige lengte gevormd.

De product-matrix wordt zo ver mogelijk (maar niet meer dan 33 bits) naar voren geschoven opgeborgen. De factor-matrices hoeven niet tegen de komma genormeerd te zijn.
De subroutine omvat de kanalen PO, P1, P2 en gebruikt voor werkruimte kanaal KO. Na afloop staan alle matrix-adressen intact in XO en is de rest van XO ook intact.

De subroutine stopt als de rij-lengte van <u>8XO</u> ongelijk is aan de kolom-lengte van <u>16XO</u>.

<u>Matrix-inversie</u>.

Aanroep 22 0 J 0 ⟹
Functie: $(\underline{24XO})^{-1} \Rightarrow (\underline{24XO})$.

De subroutine normeert de kolommen tegen de komma, berekent dan de inverse matrix, die rij-gewijs geschaald is, en schuift tenslotte de rijen zover uit, dat de matrix-elementen uniform geschaald zijn.

De subroutine omvat de plaatsen OJO t/m 23J6
Voor werkruimte wordt gebruikt kanaal XO, OKO t/m 7 + 3NKO en de N^e kolom, dat zijn de adressen $a + N\nu + t\tau$ $(t=0(1)T-1)$.
De orde N=T van de matrix dient ≤ 50 te zijn.
Deze subroutine bevat de volgende deelsubroutine:
22 0 J 1 ⟹ Inverteer kolom-geschaalde matrix.
Deze subroutine inverteert een kolomsgewijs geschaalde matrix (<u>24XO</u>), waarbij de binaire exponenten zijn meegegeven op 8 + 3iKO (i=0(1)N-1) en levert een rijgewijs geschaalde matrix af op dezelfde plaats, waarbij de exponenten der rijen eveneens op 8 + 3iKO staan.

De inversie wordt uitgevoerd volgens "Aitken below the line" (zie L. Fox, Practical solution of linear equations and inversions of matrices, N.B.S., A.M.S. <u>39</u> (1954) 12-14).
Tijdens de inversie wordt niet opgenormeerd.
De subroutine stopt als $N \neq T$ is.
De subroutine omvat dezelfde kanalen als de vorige, behalve JO, en gebruikt dezelfde werkruimte.
In dit geval zou orde N=51 nog mogelijk zijn.

<u>Additieve operaties op matrices</u>.

Aanroep 22 16 SO ⟹ Lineaire combinatie.
Functie: $\lambda_1(\underline{8XO}) + \lambda_2(\underline{16XO}) \Rightarrow (\underline{24XO})$, waarbij $\lambda_1 = \{14XO\}$ en $\lambda_2 = \{22XO\}$.

Van het matrix-adres <u>24XO</u> moeten a, ν, τ gegeven zijn; b, N, T worden door de subroutine ingevuld. De subroutine stopt als de rij- of kolom-lengten ongelijk zijn.

De factor λ_1 of λ_2 wordt zó ver uitgeschoven, dat, na aanpassing van de exponent van dé bijbehorende matrix, beide matrices gelijke exponenten hebben.
Verder worden λ_1 en λ_2 gehalveerd (en de exponenten dien-overeenkomstig met 1 vermeerderd) als $|\lambda_1| + |\lambda_2| > 1$ is.
Wordt λ_1 of λ_2 door het uitschuiven gelijk aan nul, dan wordt (<u>8XO</u>) resp. (<u>16XO</u>) vervangen door een constante matrix ter vermijding van trommelacces.

De programmeur zorge, dat de λ's voldoende naar voren geschaald zijn om precisie-verlies te vermijden. De subroutine vormt de lineaire combinatie in dubbele lengte en bergt hiervan de afgeronde kop.

Aanroep: 22 0 S 0 ⟹ Optelling.
Functie: (<u>8XO</u>) + (<u>16XO</u>) ⟹ (<u>24XO</u>).
Aanroep: 22 1 S 0 ⟹ Aftrekking.
Functie: (<u>8XO</u>) - (<u>16XO</u>) ⟹ (24XO).

Deze subroutines gebruiken de vorige subroutine met $\lambda_1 = \frac{1}{2}$, $\lambda_2 = \pm \frac{1}{2}$, waarbij de exponenten met 1 verhoogd worden.

De additieve subroutines omvatten de kanalen SO, S1 en gebruiken KO voor werkruimte.Na afloop staan alle matrix-adressen intact in XO (en in KO). Het 0^e kernenkwart blijft ook intact. Het matrix-adres <u>24XO</u> mag gelijk zijn aan <u>8XO</u> of <u>16XO</u>.

<u>Diversen.</u>

Aanroep 22 0 S 2 ⟹ Zoek absoluut maximum.

$$\text{Functie: } |m| = \max_{t,n} |m_{tn}| \Rightarrow \{S\},$$
$$)m(\Rightarrow [A] ,$$
$$m \Rightarrow \{7XO\} .$$

Hierbij is)m(een adres, waar het maximum gevonden wordt en m de inhoud daarvan.

Aanroep: 22 18 S 2 ⟹ Vermenigvuldiging met constante.
Functie: {30XO} (24XO) ⟹ (24XO).
De vermenigvuldiging geschiedt afgerond. Er wordt niet opgenormeerd.

Aanroep 22 20 S 2 ⟹ Normering.
Deze subroutine normeert de matrix (24XO) tegen de komma.
Nauwkeuriger gezegd:

$$2^p \| m_{tn} \| \Rightarrow \| m_{tn} \|,$$
$$b - p \Rightarrow b,$$

waarbij p zó gekozen wordt, dat $\| m_{tn} \|$ tegen de komma geschoven wordt.

De S2-subroutines omvatten kanaal S2 en de normering bovendien een stuk van SO.

Voor werkruimte worden gebruikt 0 t/m 7, 30, 31 X 0.

De volgende subroutines staan in kanaal RO, welks band voor de liefhebbers is voorzien van de specifieke voorponsing RFROS3.
Aanroep: 22 0 S 3 ⟹ Transporteer submatrix.

Deze subroutine transporteert een submatrix uit (8XO) gespecificeerd door twee codewoorden c_1 en c_2 naar (24XO).
Hierbij is c_1 = (14XO), c_2 = (15XO).
Van (8XO) worden die elementen m_{tn} getransporteerd, waarvoor het n^e bit van c_1 en het t^e bit van c_2 gelijk aan 1 zijn. (hierbij wordt zó geteld, dat het 0^e bit het minst significant is). M.a.w.: c_1 specificeert de kolommen, c_2 de rijen van de submatrix.
Van het matrix-adres 24XO moeten a, ν, τ gegeven zijn; b, N, T worden ingevuld. N en T van 8XO moeten ≤ 34 zijn.
Het matrix-adres 24XO mag gelijk zijn aan 8XO.
Na afloop zijn de matrix-adressen in XO intact.
Voor werkruimte worden diverse plaatsen in XO gebruikt en c_1 wordt bedorven.

Aanroep: 22 30 S 3 $\Longrightarrow$ Transporteer matrix.
Functie: (<u>8XO</u>) $\Longrightarrow$ (<u>24XO</u>).

Deze subroutine maakt c_1 en c_2 gelijk aan -0 en roept dan de voorgaande subroutine aan.

Van het matrix-adres <u>24XO</u> moeten a, ν, τ gegeven zijn; b, N, T worden ingevuld. N en T van <u>8XO</u> hoeven in dit geval niet $\leqslant$ 34 te zijn.

<u>Eigenwaarden en -vectoren van symmetrische matrices.</u>

Deze kunnen worden bepaald met een programma, dat los staat van het RAM-complex.

De matrix moet symmetrisch en van orde N $\leqslant$ 48 zijn. (Onder bepaalde omstandigheden kan ook nog een enkele eigenwaarde en -vector van een asymmetrische matrix berekend worden.) Bovendien wordt verondersteld:

$$a = 0\ H\ 0 = 0\ X\ 54,\ \tau = 1,\ \nu = N.$$

De matrix moet zó geschaald zijn, dat de som van de absolute waarden der elementen van elke kolom < 1 is.

De orde N moet worden vastgelegd door de voorponsing RFI NXO. Het programma gebruikt verder de sluitletters: A, B, C, P, F (voor het programma), H (voor begin-adres a), J (voor de uit te ponsen eigenvectoren), R (voor specifieke voorponsing).

Programma en werkruimte omvatten samen de kanalen 32 t/m 53.

Het programma berekent achtereenvolgens voor de rangnummers n = 1 (1) N de eigenwaarden λ_n en de bijbehorende eigenvectoren. Hierbij is $|\lambda_n|$ bij toenemende n monotoon niet-stijgend.

Het programma ponst desgewenst: RAOJORB, daarna eigenvector, eigenwaarde en rangnummer, gevolgd door de controlecombinatie RC en de herhaling afgesloten met een E.

Het programma typt desgewenst: rangnummer, eigenwaarde en daarna de eigenvector.

Bij de bepaling van de eigenwaarde wordt geen binaire exponent verdisconteerd.

De eigenvectoren worden genormeerd op lengte één.

Voor nadere bijzonderheden wordt verwezen naar de gedetailleerde beschrijving, die op de Reken-afdeling ter beschikking is, maar wegens de omvang hier niet wordt gepubliceerd.

Berekening van Determinanten.

Determinanten kunnen worden bepaald met een programma, dat eveneens los van het RAM-complex staat. De orde N van de matrix moet $\leqslant$ 51 zijn.

Verder wordt verondersteld:

a = 0A0, $\tau = 1$.

Op 0 t/m N-1 D0 moeten decimale schalingsfactoren der kolommen gegeven zijn.

M.a.w. het programma bepaalt det.$\| M_{tn} \|$, waarbij de matrix $\| M_{tn} \|$ wordt gedefinieerd door:

$$M_{tn} = \left\{ t + \nu n A0 \right\} . 10^{[n D0]} .$$

Een binaire exponent kan niet worden verdisconteerd.

Het programma omvat de kanalen F0 t/m F5 en gebruikt voor werkruimte 0 t/m N-1 B0 , 0 t/m N-1 C0 en kanaal X0.

Men start het programma op a0F0 met in de getalschakelaar: $\nu . 2^{17} + N$. Het programma typt breuk en decimale exponent van de determinant en stopt.

Het determinant-programma bevat de volgende subroutine:

Aanroep: 22 24 F0 ==).

Indien in S wordt meegegeven $\nu . 2^{17} + N$ levert deze subroutine breuk en decimale exponent van de determinant, en wel

breuk in S en op 20X0

decimale exponent in A en op 21X0.

Voor nadere bijzonderheden wordt verwezen naar de gedetailleerde beschrijving, die op de Reken-afdeling aanwezig is.

Invoer.

RD RA 4028X2 60L0 00X0

Kanaal L0

		R	D O	R L	A O	
RP ⇨	0	10	26	X	0	
		29	34	X	30	
	1	14	11	L	0	→ RP^R_X
		10	31	L	0	
	2	12	26	X	0	Zet sprong
		22	4011	X	1	=) lees kengetal
	3	26	3	X	22	
		4	8	L	1	
	4	15	6	L	0	→ geen som-contr.
		2	30	L	0	voorbereiding som-controle
	5	4	28	X	0	
		26	0	X	4	0 ⇛ som
	6	4	5	X	0	
a4 →		24	31	X	30	
	7	24	4	X	12	
		13	6	X	0	berg k en maak N < 0
	8	26	1	X	4	
		4	2	L	1	1 ⇛ τ
	9	26	4	X	4	
		4	7	X	0	
	10	5	7	L	1	
		7	9	X	0	⇒ ga N, T, B, D bergen/contr.
a1 ⇒	11	27	4	X	8	RPR of X
		24	30	X	12	
	12	28	30	X	10	
		26	16	X	0	
	13	23	11	X	0	=) lees dec. int. 1
		12	27	X	0	berg q
	14	10	31	L	0	
		2	30	L	0	
	15	28	0	X	0	
		15	19	L	0	→ X

	16	22	30	X	0	=) lees w	
		2	28	X	0		
	17	29	34	X	20		
		15	18	L	0	→ geen verm.	
	18	23	11	L	1	=) w.f	
b17 →		12	1	X	0	berg	
	19	10	28	L	0		
b15 →		12	2	X	0		
	20	10	28	X	0		
		12	24	X	0	red opdr.	
	21	10	29	L	0		
		12	28	X	0		
	22	6	28	X	0	$\Rightarrow$	
b31L1 $\Rightarrow$		10	28	X	0		
	23	28	17	X	30	RP^R_X niet klaar ?	
		26	16	X	0		
	24	1	4	X	0	VO - λ	
		11	1	L	1	- ν	
	25	16	4	L	1	. N	
		9	0	L	1	- a	
	26	28	0	X	8	$\neq$ 0 ?	
		26	16	X	0		
	27	2	30	X	0		
		20	31	X	26	herstel $\frac{1}{4}$ X 0	
	28	7	13	X	18	$\Rightarrow$ klaar	
		22	25	X	0	voor RPR	
	29	10	1	X	0	voor RP^R_X	
		7	14	L	1		
	30	22	30	X	0	som contr.-opdr.	indicatie
		6	9	L	1		R of X
	31	26	16	X	0	sprong	
		23	20	L	1	tevens voor RPX	
			RC bis				

Invoer.

Kanaal L1

		R	D 9	R L	A 1	
	0					a
	1					ν
	2					τ
	3					f
	4					N
	5					T
	6					b
	7					$\nu-(T-1)\tau$
	8					versie-indicator, negatief, als som-contr.
b28X0 ⇒	9	12	1	X	0	
		8	5	X	0	
	10	12	5	X	0	
		10	1	X	0	
	11	22	25	X	0	⇒ naar V0 berg/contr.
=)		28	14	X	2	PL
b28X0 ⇒	12	18	3	L	1	
		26	32	X	30	
	13	4	1	X	0	
		8	1	X	0	
	14	22	25	X	0	⇒ naar V0 berg/contr.
b28X0 ⇒		27	1	X	4	
	15	0	27	X	0	
		4	27	X	0	

Invoer.

Kanaal L1

	16	15	2	X	0	→
		2	24	X	0	herstel al of niet verm.opdr.
	17	4	28	X	0	
		7	2	X	0	⇒
b25L2 ⇒	18	8	0	L	1	λ + a
a30 →		2	5	L	1	T ⇛ t
	19	4	7	X	0	
a23 →		12	25	X	0	
	20	6	28	X	0	⇒
b26X0 b2 X0 ⇒		10	2	L	1	
	21	2	7	X	0	
		25	1	X	4	t-1 ⇛ t > 0 ?
	22	4	7	X	0	
		8	25	X	0	
	23	15	19	L	1	→ volgende element
		2	8	L	1	
	24	28	34	X	20	
		15	27	L	1	→ geen som-contr.
	25	22	30	X	0	=) lees som
		9	5	X	0	
	26	28	0	X	8	
		26	16	X	0	stop als som niet klopt
	27	12	5	X	0	0 ⇛ som
b24 →		10	7	L	1	
	28	8	25	X	0	
		2	6	X	0	
	29	25	1	X	4	n-1 ⇛ n ≥ 0 ?
		4	6	X	0	
	30	15	18	L	1	→ volgende kolom
		29	0	X	0	n = 0 ?
	31	24	34	X	22	
		15	22	L	0	→

RC
bis

Invoer en typen. Kanaal L2

		R 0	D L	R 2	A		
	0	9	2	L	2	-k -5	B
		29	2	X	10		
		10	11	L	3		f'
		4	19	L	3		
	2	20	1	X	0	20 k+6 X0	
		2	23	X	0	2 23 X0	
	3	29	0	X	0	D = 0 ?	
		15	14	L	3	→	
	4	12	28	X	0		
		2	22	L	2		
b15 L5 →	5	4	6	X	0		
		10	30	L	2		
a11	6	6	18	L	2	⇒	
b13 L3 ⇒		25	10	X	4		
	7	4	22	X	0	B-10 ⇒ B	
		24	3	X	12		
	8	12	23	X	0	D+3 ⇒ D	
		10	19	X	0		
	9	18	31	L	2		
		24	34	X	22		
	10	7	16	L	2	⇒	
b6X0 ⇒		4	22	X	0		
	11	15	6	L	2	→	
b23		28	0	X	2		
b12 L3 →	12	24	3	X	4		
		4	22	X	0	B+3 ⇒ B	
	13	25	1	X	12		
		12	23	X	0	D-1 ⇒ D	
	14	10	19	X	0		
		28	1	X	10		
	15	22	16	L	2	=)	
		6	6	X	0	⇒	

Invoer en typen.

Kanaal L2

=)	16	28	22	X	2	
a10 →		24	2	X	12	
	17	26	2	X	30	$\frac{1}{4}$ {s} afger. + f
		8	19	X	0	
a6 →	18	12	19	X	0	⇒ f > 0 ?
		2	22	X	0	B
	19	15	21	L	2	→
		26	1	X	30	
	20	9	30	L	2	$\frac{1}{2}$ f
		24	1	X	4	B+1
	21	12	19	X	0	
a19 →		10	23	X	0	D
	22	7	6	X	0	⇒ invoerwissel
		6	12	L	3	
a6 X 0 ⇒	23	29	34	X	20	
		15	11	L	2	→
	24	24	1	X	12	
		12	23	X	0	
	25	10	0	L	2	B'
		2	1	L	2	f'
	26	9	28	L	2	
		29	28	X	10	
	27	1	0	L	2	voor afronding
		24	0	X	4	
	28	26	0	X	20	26 - B' x 20
		4	19	X	0	definitieve f
b14 L5 →	29	10	23	X	0	
		6	30	X	0	⇒ naar koppelopdr. voorbereiding
	30	0	0	X	0	
		16	0	X	0	
	31	RG +				$0{,}024 \times 4 \times 2^{33}$
		824633721				
		RC	bis			

In- uitvoer en transpositie. Kanaal L3

		R O	D L	R 3	A		
		2	1	X	0	Δ0	werk-
Transponeer		1	4095	X	0		ruimte
1e kwart =)	1	26	8	X	12		koppel-
		7	6	L	3	⇒	opdracht
2e kwart =)	2	26	16	X	12		werk-
		7	6	L	3	⇒	ruimte
3e kwart =)	3	26	24	X	12	2 .... X 0	
		7	6	L	3	⇒10 .... X 0	
	4	4	2	X	0	4 .... X 0	
		12	1	X	0	12 .... X 0	
	5	26	3	X	12		koppelopdracht
		2	1	L	3		
	6	28	5	X	2	zet koppelopdr. definitief	
Transponeer		28	1	X	2	zet koppelopdr. voorlopig	
matrix =) met k = [S]	7	28	2	X	10		
		24	17	X	30		
	8	8	2	L	3		
		8	4	L	3		
	9	28	4	X	10		
		9	0	L	3		
	10	28	3	X	10		
		6	3	L	3	⇒	
	11	22	30	X	0	voor invoer	
		6	12	L	1		
b6X0 ⇒	12	28	34	X	30		
		14	12	L	2	D > 0	
	13	28	0	X	8		
		15	6	L	2	→ D < 0	
	14	4	22	X	0	D = -0. f gereed voor invoer	
b3 L2 →		11	21	X	0	-T	
	15	18	18	X	0	.τ	
		8	17	X	0	+ν	

	16	8	18	X	0	$+\tau$
		12	23	X	0	
	17	21	6	L	1	
		10	22	X	0	
	18	2	20	X	0	
		4	6	X	0	
	19		R X 1			$\frac{12}{9}$ aa + 3
						$\frac{29}{28}$ 0 X $\frac{0}{8}$
	20	26	16	X	0	
		20	22	X	26	herstel 2e kwart x 0
	21	10	4	X	0	
		6	18	L	1	⇒ ga matrix bergen/contr.
a20X0 ⇒	22	28	0	X	2	berg koppelopdr. voorlopig
		18	19	X	0	
	23	26	32	X	30	
		4	22	X	0	
	24	8	22	X	0	
		2	0	L	3	haal koppelopdr. terug
a20X0 ⇒	25	6	0	X	23	⇒ ga typen
b8 L5 ⇒		15	26	L	3	
	26	24	3	X	4	
b25 →		4	20	X	0	zet typwissel, al dan niet vermenigvuldigend
b20X0 →	27	22	0	X	26	=) nieuwe pagina
		7	12	L	4	
	28	6	22	L	3	typwissel
		6	27	L	3	
	29	6	23	L	2	uitvoerwissel
		7	10	L	2	
	30		RT			
		T	G3	F2	J1XK	
	31		RB			
		RP	4R	OR	BO	
			RC	bis		

Uitvoer.

Kanaal L4

		R O	D L	R 4	A	
=)	0	4	7	X	0	Pons matrix
		2	27	X	0	
	1	4	30	X	0	b ⇒ B.
		26	0	X	12	
	2	12	31	X	0	0 ⇒ D
		12	23	X	0	0 ⇒ som
	3	21	7	K	0	
		2	31	L	4	
	4	4	20	X	0	zet ponswissel
		22	24	X	19	=) pons roffel blank
	5	10	31	L	3	
		22	27	X	20	=) pons RP4RORB
	6	26	28	X	12	
b9 →		12	27	X	0	
	7	22	26	L	4	=) haal element, tel op en pons of (vermenigv.) en typ
		10	27	X	0	
	8	24	1	X	12	
		28	6	X	30	
	9	24	28	X	30	
		15	6	L	4	→
	10	22	3	L	3	=) transponeer 3^e kwart XO
b20XO →		10	23	X	0	
	11	22	27	X	20	=) pons vorige som
		26	0	X	12	
	12	12	23	X	0	0 ⇒ som
b27 L3 →		2	28	X	0	
	13	4	21	X	0	zet "kolommen"-telling
		10	24	X	0	
a18 →	14	12	27	X	0	
		10	27	X	0	
	15	22	26	L	4	=) haal element, tel op en pons (vermenigv.) en typ
		10	21	X	0	

Uitvoer.

Kanaal L4

	16	25	1	X	12	
		12	21	X	0	
	17	10	27	X	0	
		8	25	X	0	
	18	14	14	L	4	→
		2	24	X	0	
	19	0	26	X	0	
		4	24	X	0	
	20	10	29	X	0	
		25	1	X	12	
	21	12	29	X	0	telling "rijen"
		15	20	X	0	→
	22	20	7	K	0	
		2	20	X	0	
	23	29	18	X	20	uit typen ?
		15	25	L	4	→
	24	10	23	X	0	
		22	27	X	20	=) pons laatste som
	25	22	24	X	19	=) pons roffel blank
b23 →		6	7	X	0	⇒ naar koppelopdracht
=)	26	8	27	L	4	
		28	27	X	10	
	27	10	0	X	0	10 a+nν +tτ XO
		6	20	X	0	⇒ naar a-helft wissel
a20XO ⇒	28	28	0	X	10	
		8	23	X	0	
	29	12	23	X	0	
		10	0	L	4	
	30	6	27	X	20	⇒ pons binair molecuul
		8	8	X	8	
	31	6	28	L	4	ponswissel
		7	10	L	4	
			RC	bis		

typen.

Kanaal L5

		R 0	D L	R 5	A	
=)	0	4	7	X	0	Typ exponent en matrix
		12	31	X	0	
	1	22	9	L	5	=)
		22	0	X	26	=) start nieuwe pagina
	2	10	30	L	3	
		12	0	X	0	
	3	10	23	X	0	
		22	0	X	23	=) typ exponent D
	4	10	31	X	0	
		7	6	L	5	⟹
=)	5	21	7	K	0	aanroep zonder voorbereiding
		24	0	X	4	
=)	6	4	7	X	0	aanroep na voorbereiding
b4 →		12	0	X	0	
	7	10	27	X	0	
		2	28	L	3	
	8	28	0	X	8	
		7	25	L	3	⟹
=)	9	29	32	X	30	<u>Voorbereiding</u>
		21	7	K	0	
	10	10	27	X	0	
		14	12	L	5	→ code Breuk
	11	25	33	X	12	
		12	27	X	0	
b10 →	12	12	22	X	0	
		4	30	X	0	zet koppelopdracht
	13	26	0	X	4	
		4	23	X	0	
	14	29	0	X	8	
		14	29	L	2	→
	15	2	29	L	3	
		6	5	L	2	⟹
			RC	bis		

Kanaal L5

16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					
31					

(RFR 0L6) Kanaal R0

RD RA 4029X2 6 0R0 00X0

Invoer gemengde getallen

		R	D O	R R	A O	
PS ⇨	0	26	4	X	8	lees e
		8	3	R	0	
	1	12	3	X	0	zet schuifopdr.
		2	4	R	0	
	2	4	30	X	0	zet soortspec.
		6	8	X	0	⇒
	3	26	0	X	28	voor schuifopdr.
		7	25	R	0	
	4	4	31	X	0	soortspec.
		22	5	R	0	
=)	5	4	29	X	0	
		10	0	X	0	α
28 →	6	26	1	X	22	
		29	4	X	30	
	7	14	27	R	0	→ R, X
		26	33	X	20	
	8	4	1	X	0	0 met goede teken
		29	31	X	30	
	9	15	16	R	0	→ + . , - . (geen kop)
		23	11	X	0	=) dec. int. 1
	10	2	1	X	0	
		12	1	X	0	
	11	28	34	X	20	berg kop met goede teken
		15	12	R	0	→
	12	13	1	X	0	
11 →		10	0	X	0	
	13	26	1	X	22	
		25	7	X	12	
	14	28	0	X	8	geen ± . ?
		27	0	X	12	
	15	15	22	R	0	→ geen staart
		28	0	X	0	tekens ongelijk ?

Kanaal RO

Invoer gemengde getallen

	16	26	16	X	0	
a9 →		26	10	X	12	
	17	22	12	X	0	=) deč. int. 2
		7	19	R	0	⇒
a20 ⇒	18	24	32	X	30	bij - verm.
		8	2	X	0	met factoren 10
	19	24	33	X	30	
b17 →		12	2	X	0	
	20	14	18	R	0	→
		8	30	R	0	-10^{10}
	21	3	29	R	0	2^{-5}
		17	31	R	0	$. 10^{-9}$
	22	26	29	X	28	
a15 →		2	1	X	0	kop
	23	29	34	X	20	
		14	3	X	0	→ neg.
	24	12	2	X	0	
		11	2	X	0	
	25	6	3	X	0	⇒ pos.
b3X0 ⇒		29	0	X	0	geen cap. overschr. ?
	26	14	29	X	0	→ klaar
		27	16	X	0	stop cap. overschr.
a7 ⇒	27	28	34	X	20	
		14	6	X	18	→ R
	28	26	4	X	8	skip
		6	6	R	0	⇒
	29	R	G	+	26	2^{28}
		84	35	45	6	
	30	+	71	79	86	$2^{34} - 1 - 10^{10}$
		91	83			
	31	+	46	11	68	$[2^{62} . 10^{-9} + 0,5]$
		60	18			

RC
bis

Vermenigvuldiging. Kanaal PO

		R	D O	R P	A O	
=)	0	4	27	X	0	Plaats koppelopdr.
		10	12	X	0	
	1	9	21	X	0	
		28	0	X	8	
	2	26	16	X	0	Stop als rij-lengte
		2	20	X	0	1e factor ≠ kolom-lengte 2e factor
	3	4	28	X	0	
		10	13	X	0	
	4	12	29	X	0	
		21	0	K	0	XO ⇒ werkruimte
	5	4	1	X	0	
		12	0	X	0	
	6	12	2	X	0	
		2	26	X	0	vorming incrementen der var. opdrachten
	7	4	4	X	0	
		17	4	X	0	
	8	8	25	X	0	
		12	5	X	0	
	9	2	18	X	0	
		24	17	X	20	
	10	0	9	X	0	
		4	6	X	0	
	11	10	12	X	0	
		12	3	X	0	
	12	17	6	X	0	
		8	10	X	0	
	13	12	7	X	0	
		2	17	X	0	
	14	24	17	X	20	
		11	13	X	0	
	15	16	10	X	0	
		2	16	X	0	

Vermenigvuldiging.

Kanaal PO

	16	24	17	X	20	
		0	8	X	0	$<a_2, a_1>$
	17	21	4	P	1	berg matrix-gegevens
		20	0	P	2	progr. ⇒ XO
	18	12	28	X	0	
		10	24	K	0	
	19	12	27	X	0	a_3
		7	8	P	1	⇒ naar cyclus
a24P1 ⇒	20	12	30	X	0	red element
		26	33	X	12	maak schuifopdr.
	21	9	29	X	0	
		28	17	X	30	schuif over meer dan 33 ?
	22	14	23	P	0	→
		26	0	X	12	
a22 →	23	8	27	P	0	
		4	29	X	0	
	24	20	28	P	0	wijzig programma in XO
		6	26	P	0	⇒
	25	7	24	P	1	
		20	4	P	2	
b24 ⇒	26	12	3	X	0	
		6	8	P	1	⇒ naar cyclus
	27	2	0	X	0	
		0	3200	X	9	
	28	9	29	X	0	bestemd voor
		29	0	X	8	0^e kwart XO
	29	15	1	X	0	tijdens "maak
		2	25	P	1	zaak in orde"
	30	1	3	X	0	
		4	0	X	0	
	31	6	0	X	0	
		0	0	X	0	

RC
bis

Vermenigvuldiging

Kanaal P1

		R	D 8	R P	A 1		
	0					T_3	t
	1					N_3	n
	2					T_3	
	3					I	
	4					schrijf-opdracht -incrementen	
	5						
	6					haal-opdracht -incrementen	
	7						
b26 PO ⟹	8	10	27	X	0	a_3	
b19 PO		8	25	P	1	begin v.d. grote cyclus	
b27 b31 →	9	28	25	X	10		
		6	4	X	0	⟹	
b15XO ⟹	10	26	1	X	12	vorming van geschaald vector-product in enkele lengte	
		24	22	X	30		
	11	3	0	X	0		
		16	2	X	0		
	12	26	32	X	30		
		12	2	X	0		
	13	0	2	X	0		
		10	23	X	0		
	14	8	31	X	0		
		12	30	X	0		
	15	28	7	X	30		
		14	20	P	1	→ staart irrelevant	

Vermenigvuldiging

Kanaal P1

	16	27	34	X	12	
		12	31	X	0	- 34 ⇒ m
	17	29	0	X	0	
		14	16	X	0	→ ga tekens gelijk maken
	18	27	1	X	12	product > 1, dus staart irrelevant
		12	31	X	0	- 1 ⇒ m
	19	10	3	X	0	
		12	23	X	0	herstel schuifopdr.
b15 →	20	10	0	X	0	
		12	29	X	0	kop ⇒ staart
	21	4	0	X	0	overloop ⇒ kop
		6	17	X	0	⇒ ga tekens gelijk maken
b24X0 ⇒	22	0	31	X	0	
		1	30	X	0	
	23	4	29	X	0	Is schaling in orde ?
		2	25	P	1	
	24	14	20	P	0	→ maak zaak in orde
a1X0 →		2	7	P	1	pak increment
	25	12	0	X	0	berg matrix-element
		27	1	X	12	
	26	8	0	P	1	t-1 ⇒ t > 0 ?
		28	0	X	10	
	27	10	4	P	1	pak increment
		15	8	P	1	→ volgend element
	28	10	2	P	1	kolom klaar
		28	0	X	10	
	29	10	1	P	1	
		25	1	X	12	n - 1 ⇒ n > 0 ?
	30	28	1	X	10	
		0	28	X	0	
	31	10	5	P	1	
		15	8	P	1	→ volgende kolom
			RC bis			

Vermenigvuldiging.

Kanaal P2

		R	D O	R P	A 2	
	0	10	23	X	0	staart
		8	31	X	0	
	1	9	23	P	2	(slot in P2 uitgevoerd)
		7	26	P	2	⇒
b1 ⇒	2	10	30	X	0	pak laatste element
		7	24	P	1	⇒ 2^{-12}. kop
	3	26	1	X	28	
		29	0	X	0	
b9 P1 ⇒	4	10	3	P	1	Vorming vectorproduct
		12	30	X	0	
	5	26	0	X	12	
		12	0	X	0	
	6	12	2	X	0	
b 14 →		24	34	X	22	begin kleine cyclus
	7	8	8	X	0	
		12	8	X	0	zet var. opdr.
	8	10	0	X	0	haal en
		16	0	X	0	vermenigvuldig
	9	4	29	X	0	
		0	0	X	0	
	10	4	0	X	0	kop
		2	29	X	0	
	11	26	12	X	20	
		0	2	X	0	
	12	4	2	X	0	2^{-12}. kop
		2	30	X	0	
	13	25	1	X	4	i - 1 ⇒ i > 0 ?
		4	30	X	0	
	14	2	6	P	1	pak increment
		15	6	X	0	→ volgende term
	15	12	29	X	0	staart
		6	10	P	1	⇒ ga enkele -lengte-getal vormen en schalen

Vermenigvuldiging.

b17 P1 ⇒	16	2	0	X	0	onderzoek tekengelijkheid		
		10	29	X	0			
b21 P1 →	17	26	33	X	28			
		24	34	X	28			
	18	29	0	X	8			
		14	22	X	0	→ tekens gelijk		
	19	2	29	X	0			
		11	20	X	0	1-p		
	20	0	0	X	0	tevens -1+p		
		16	0	X	0			
	21	4	0	X	0			
		12	29	X	0			
b18 a26 →	22	2	0	X	0			
		10	29	X	0			
	23	26	0	X	28	26 pX28		
		29	0	X	0			
	24	2	23	X	0			
		14	22	P	1	→ normering klaar		
	25	24	1	X	4	verhoog schuifopdr.		
		4	23	X	0			
	26	6	22	X	0	⇒ ga opnieuw schuiven		
b1 ⇒		24	1	X	12			werkz. in X0
	27	20	0	K	0	herstel X0		a3
		8	11	X	0			
	28	8	19	X	0		slot uitge-voerd in P2	increment
		2	27	X	0			haal opdr.
	29	12	27	X	0			
		28	30	X	2			staart, w,
	30		RX1			⇒ klaar		i, u
	31	0	0	X	2			m
		0	0	X	0			
			RC bis					

Inversie.

Kanaal JO

		R	D O	R J	A O	
=)	0	4	31	J	0	zet koppelopdracht
		21	7	K	0	
	1	20	0	J	0	maak XO klaar
		20	7	K	0	
	2	10	25	X	0	
		2	26	X	0	
	3	4	25	X	0	$\nu \Longleftrightarrow \tau$
		12	26	X	0	
	4	7	8	X	0	$\Longrightarrow$ normeer kolommen
		22	0	J	1	=) inverteer tot rij-geschaalde matrix
	5	10	18	J	0	
		12	24	X	0	
	6	26	3	X	12	
		12	25	X	0	
	7	22	2	J	2	=) - max. $\lvert b_j \rvert \Longrightarrow A$
		1	19	J	0	
	8	6	21	J	0	$\Longrightarrow$
		22	2	J	2	voor XO
	9	26	1	X	12	
		25	1	X	12	
	10	29	33	X	20	
		15	9	X	0	
	11	12	8	K	0	
		22	0	J	2	
	12	10	26	X	0	
		8	24	X	0	
	13	12	24	X	0	
		2	11	X	0	
	14	24	3	X	4	
		4	11	X	0	
	15	2	29	X	0	
		25	1	X	4	

Inversie.

Kanaal J0

	16	4	29	X	0	voor X0
		15	8	X	0	
	17	20	7	K	0	
		7	4	J	0	
	18	0	8	K	0	voor: zoek max. b_j
		0	0	X	0	
	19	1	4030	X	1	voor rij-normering
		0	0	X	0	
	20	11	8	K	0	voor 9x0: haal b_j
		7	23	J	0	
a8 ⟹	21	5	8	X	0	ΔV0p (doet normeersub-routine naar rechts schuiven)
		2	20	J	0	
	22	20	7	K	0	herstel M
b28 →		4	9	X	0	
	23	6	9	X	0	⟹ haal b_j
b9X0 ⟹		8	8	X	0	
	24	22	0	J	2	=) normeer rij
		10	26	X	0	τ
	25	8	24	X	0	
		12	24	X	0	a + tτ
	26	2	9	X	0	
		24	3	X	4	
	27	10	29	X	0	
		25	1	X	12	
	28	12	29	X	0	t-1 ⇒ t > 0 ?
		15	22	J	0	→
	29	20	7	K	0	herstel M
		11	27	X	0	b
	30	8	7	X	0	max. b_j
		12	27	X	0	
	31		RD			⟹ klaar

Inversie.

Kanaal J1

		R	D 0	R J	A 1	
=)	0	4	25	J	1	inverteer kolom-geschaalde
		10	28	X	0	tot rij-geschaalde matrix
	1	9	29	X	0	
		28	0	X	8	
	2	26	16	X	0	stop; matrix niet vierkant
		21	7	K	0	
	3	20	6	K	0	
		10	28	X	0	
	4	18	25	X	0	
		8	24	X	0	
	5	12	22	X	0	a+Nv
		2	26	X	0	
	6	24	17	X	22	
		4	18	X	0	2^{17} (a+N v)
	7	12	17	X	0	2^{17} t
		11	13	J	1	1-p
	8	23	24	J	3	=) transport 1-p $\Rightarrow \{a_{t,N}\}$
		10	28	X	0	
	9	18	26	X	0	
		9	26	X	0	
	10	8	24	X	0	
		12	24	X	0	
	11	26	3	X	12	
		18	28	X	0	
	12	8	14	J	1	
		7	21	J	2	$\Rightarrow$ ga spil zoeken
	13	0	0	X	0	1-p
		16	0	X	0	
	14	12	7	K	0	voor m_k-berger
		6	25	J	2	
b23 J6 $\Rightarrow$	15	8	24	X	0	slotbewerking
		2	27	X	0	

Inversie

Kanaal J1

	16	5	27	X	0	$-b \Rightarrow b$
b24 →		8	18	J	1	
	17	28	18	X	10	
		26	0	X	4	
	18	10	0	X	0	$a_{i,N}$
b19 →		24	1	X	4	
	19	28	33	X	30	$-{}^{2}\log a_{i,N}$
		15	18	J	1	
	20	1	8	K	0	
		4	8	K	0	
	21	2	20	J	1	
		0	26	J	1	
	22	28	20	X	2	
		2	0	X	0	$t-1 \Rightarrow t > 0$?
	23	25	1	X	4	
		4	0	X	0	
	24	10	26	X	0	τ
		15	16	J	1	
	25		RX1			$\Rightarrow$ klaar
	26	0	3	X	0	voor ophoging 20J1
		0	3	X	0	
	27	0	2	X	0	voor 0^e kwart
		4	2	X	0	X0, herschaling
	28	1	7	X	0	
		4	0	X	0	
	29	8	9	X	0	
		12	9	X	0	
	30	14	0	X	0	
		7	22	J	5	
	31	2	0	X	0	
		3	1	X	8	
			RC			

Inversie.

Kanaal J2

		R	D O	R J	A 2	
Normeer =)	0	8	7	J	2	
		12	4	X	0	
	1	10	6	J	2	
		7	2	J	2	
Zoek max =)	2	10	9	J	2	
		28	20	X	2	
	3	2	28	X	0	1_s
		4	1	X	0	
	4	8	24	X	0	$+a_s$
		26	0	X	4	
b18 →	5	12	3	X	0	
		6	3	X	0	⇒
	6	2	0	X	0	
		8	8	J	2	
	7	24	34	X	20	
		12	5	X	0	
	8	2	0	X	0	
		14	8	X	0	
	9	10	0	X	0	
		6	10	J	2	
b3X0 ⇒	10	12	0	X	0	
		15	11	J	2	→
	11	13	0	X	0	
b10 →		0	0	X	0	
	12	29	34	X	20	
		1	0	X	0	
	13	14	16	J	2	→ geen nieuw max. gevonden
		3	0	X	0	$- \lvert E_{max} \rvert \not\Rightarrow A$
	14	12	7	X	0	E_{max}
		10	28	X	0	
	15	9	1	X	0	} m
		12	6	X	0	

Inversie

Kanaal J2

b5X0 a3 →	16	10	1	X	0	
		25	1	X	12	l_s
	17	12	1	X	0	
		10	25	X	0	δ_s
	18	8	3	X	0	ophoging leesopdracht
		14	5	J	2	→
	19	10	6	X	0	m
		5	5	X	0	+ $\|E_{max}\|$
a15 J4 ⇒	20	12	24	X	0	⇒ zoek volgende spil
		10	15	X	0	
	21	25	3	X	12	ophoging
b12 J1 ⇒		12	15	X	0	m_k-berger
	22	26	3	X	4	
		24	17	X	20	δ voor transport spilrij
	23	0	25	X	0	
		4	17	X	0	
	24	22	2	J	2	=) zoek max in spilrij
		6	15	X	0	⇒ berg spilnummer m_k
b15 X0 ⇒	25	26	0	X	12	
b26 →		25	1	X	12	normeer - $\|spil\|$
	26	29	33	X	20	
		15	25	J	2	→
	27	13	14	X	0	p
		26	34	X	28	- noemer ⇒ (S)
	28	2	7	X	0	spil
		28	34	X	20	> 0 ?
	29	27	3	X	4	
		15	30	J	2	
	30	26	3	X	4	
b29 →		24	2	X	20	$\pm(\frac{1}{2}-p)$
	31	5	0	X	0	⇒ - teller
		22	0	X	31	=)

RC

Inversie

Kanaal J3

	R	D O	R J	A 3	
0	12	13	X	0	
	10	31	J	3	
1	8	24	X	0	
	12	18	X	0	
2	22	25	J	3	=) $\{a_{k,n}\} \Rightarrow \{w_n\}$
	10	25	X	0	transp. spilrij
3	2	24	X	0	
	24	17	X	22	
4	4	17	X	0	
	12	18	X	0	
5	26	0	X	12	
	23	24	J	3	=) maak spil-rij = 0
6	2	19	J	3	$0 \Rightarrow \{a_k\ n\}$
	4	0	X	0	
7	28	19	X	10	$+\frac{1}{2}$ - berger
	9	24	J	3	
8	24	17	X	30	
	8	16	J	3	
9	28	16	X	10	$a_{k,N}$-haler
	2	6	X	0	m_k
10	24	17	X	20	
	0	28	X	0	$+t' = k+1$
11	4	1	X	0	
	24	33	X	20	
12	0	1	X	0	
	0	15	J	3	
13	28	15	X	2	
	24	17	X	22	
14	8	18	J	3	
	28	18	X	10	
15	10	6	K	0	w_k
	12	9	K	0	$\Rightarrow w_{m_k}$

Inversie

Kanaal J3

	16	10	0	X	0	$a_{k,N}$
		24	1	X	12	
	17	28	34	X	30	
		15	18	J	3	→
	18	1	0	X	0	25 1 X 12
b17 →		2	0	X	0	12 ...
	19	0	0	X	0	10 0 X 0 $\frac{1}{2}$
		8	0	X	0	12 ...
	20	10	6	X	0	m_k
		9	29	X	0	-N
	21	24	17	X	30	$.2^{17}$
		18	25	X	0	$.\nu$
	22	8	19	J	3	X
		28	31	X	10	10 ....
	23	11	0	X	0	12 $)a_{k.m_k}($
		7	31	J	3	⇒
	24	10	0	X	0	
) =)		12	0	X	0	
Transport =)	25	28	31	X	2	zet koppelopdracht
		2	20	X	0	
	26	10	18	X	0	
		8	24	J	3	
b30 →	27	28	28	X	10	
		25	1	X	4	
	28		R X 1			10 ....
						12 ....
	29	10	28	J	3	
		8	17	X	0	
	30	28	34	X	20	
		14	27	J	3	→
	31	0	0	X	0	⇒
b23 ⇒		0	9	K	0	
			RC			

Inversie.

Kanaal J4

		R	D O	R J	A 4	
	0	10	6	X	0	
		18	25	X	0	voorbereiding eliminatie
	1	8	16	X	0	
		12	23	X	0	$a + m_k\nu + i\tau$
	2	2	22	X	0	
		1	25	X	0	aflaging van
	3	4	22	X	0	$a + k\nu$
		4	18	X	0	$a + k\nu + i\tau$
	4	1	23	X	0	
		4	17	X	0	$(k - m\ )\nu$
	5	20	28	J	1	
		10	29	X	0	N
	6	2	16	X	0	a
		7	11	J	4	$\Longrightarrow$ ga 0^{de} rij elimineren
b27 J5 $\Longrightarrow$	7	2	23	X	0	voorbereiding volgende rij
		0	26	X	0	
	8	4	23	X	0	$a + m_k\nu + i\tau$
		0	17	X	0	
	9	4	18	X	0	$a + k\nu + i\tau$
		2	19	X	0	
	10	0	26	X	0	$a + i\tau$
		10	31	X	0	
	11	25	1	X	12	$t - 1 \Rrightarrow t > 0$?
b6 $\longrightarrow$		12	31	X	0	
	12	14	16	J	4	$\longrightarrow$ ga volgende rij elimineren
		2	28	X	0	
	13	25	1	X	4	$t' - 1 \Rrightarrow t' > 0$?
		4	28	X	0	
	14	10	24	X	0	
		9	26	X	0	
	15	14	20	J	2	$\longrightarrow$ ga volgende spil zoeken
		6	15	J	6	$\Longrightarrow$ naar slotbewerking

Inversie.

Kanaal J4

a12 ⇒	16	4	19	X	0		$a+i\tau$
		10	23	X	0		
	17	8	18	J	4		
		28	18	X	10		
	18	10	0	X	0		
		12	12	X	0		
	19	2	17	X	0		
		29	0	X	0		$m_k = k$?
	20	10	23	X	0		
		14	25	J	4	→	
	21	24	17	X	30		
		8	18	X	0		
	22	8	23	J	4		
		28	23	X	10		
	23	10	0	X	0		
		12	0	X	0		
	24	27	0	X	4		
		10	18	X	0		
b20 →	25	8	26	J	4		
		28	26	X	10		
	26	5	0	X	0		$0 \Rightarrow a_{i\,k}$
		10	12	X	0		
	27	2	29	J	4		
		1	14	X	0		$-p$
	28	28	29	X	2		
		18	13	X	0		v.P
	29	26	33	X	28		26 33-p X 28
		4	10	X	0		Q_0
	30	12	11	X	0		Q_1
		2	29	X	0		$N \Rightarrow n$
	31	4	30	X	0		
		2	19	X	0		$a+i\tau$
			RC				

Inversie

Kanaal J5

		R	D 0	R J	A 5	
a26 →	0	10	9	K	0	begin eliminatie-cyclus
a27 →		0	4	J	5	
	1	28	4	X	2	
		0	29	J	5	
	2	28	22	X	2	
		12	8	X	0	w_j
	3	19	11	X	0	$. - Q_1$
		4	9	X	0	
	4	10	0	X	0	
		26	33	X	22	
	5	24	1	X	22	$a_{i,j} \Rightarrow (A)$
		0	9	X	0	
	6	28	0	X	8	tekens ≠ ?
		14	28	J	5	→ zet + 0 enz.
	7	24	33	X	28	
		24	34	X	22	som ⇒ (A)
b28 →	8	12	9	X	0	overdracht
		10	8	X	0	w_j
	9	17	10	X	0	$.-Q_0$
		0	9	X	0	
	10	26	0	X	28	
		29	0	X	0	
	11	14	22	J	5	→ geen herschaling
a15 →		4	8	X	0	
	12	26	1	X	4	
		0	10	J	5	Verhoog VO_m
	13	28	10	X	2	
		2	8	X	0	
	14	26	1	X	28	
		28	0	X	0	m nog te klein
	15	15	11	J	5	→
		2	10	J	5	

Inversie.

Kanaal J5

	16	1	31	J	5	
		0	30	J	5	
	17	4	1	X	0	maak schuifopdracht in XO
		2	10	J	5	
	18	28	31	X	2	
		2	29	X	0	
	19	1	30	X	0	
		24	1	X	4	
	20	4	9	X	0	N - n + 1
		2	22	J	5	
	21	4	2	X	0	
		7	1	X	0	⟹ herschaal reeds behandelde elementen van rij
a11 ⟹	22	R X 1				12 ......
b6XO ⟶						27 1 X 12
	23	2	0	J	5	
		24	3	X	4	
	24	28	0	X	2	
		8	30	X	0	
	25	12	30	X	0	
		2	25	X	0	
	26	14	0	J	5	⟶
		29	0	X	8	j = N ?
	27	15	0	J	5	⟶ $a_{i,N}$
		6	7	J	4	⟹ einde eliminatie rij
b6 ⟹	28	26	0	X	12	
		6	8	J	5	⟹
	29	2	0	X	0	
		0	3200	X	17	
	30	26	0	X	30	
		3	25	X	0	
	31	26	0	X	28	
		29	0	X	0	
			RC			

Inversie.

Kanaal J6

		R	D 0	R J	A 6	
	0	9	4095	X	0	rijen verwisseling
		26	0	X	0	
b15 ⇒	1	5	1	X	0	
		10	24	X	0	a
	2	2	25	X	0	ν
		24	17	X	22	
	3	0	24	X	0	
		0	14	J	6	
	4	4	23	X	0	< 10 a, 2 a >
		8	25	X	0	
	5	12	22	X	0	< ν , ν >
b21 →		2	6	J	6	
	6	10	10	K	0	m_i
		9	1	X	0	-i
	7	24	3	X	4	
		28	6	X	2	verhoog m_i-haler
	8	29	0	X	8	m_i = i ?
		14	19	J	6	→
	9	8	1	X	0	
		24	17	X	30	
	10	8	1	X	0	
		18	26	X	0	
	11	8	23	X	0	
		2	28	X	0	N ⇒ n
	12	4	0	X	0	
b18 →		28	14	X	10	
	13	8	0	J	6	
		28	15	X	10	
	14	2	0	X	0	2 a+iτ
		10	0	X	0	10 a+$m_i\tau$ +jν
b15 J4 ⇒	15	20	7	K	0	12 a+iτ
		6	1	J	6	⇒ 4 a+$m_i\tau$

Inversie.

Kanaal J6

	16	3	0	X	0	
		24	1	X	4	
	17	5	0	X	0	
		10	22	X	0	
	18	8	14	J	6	
		15	12	J	6	→
b8 →	19	10	1	X	0	
		24	1	X	12	i+1 ⇒ i
	20	12	1	X	0	
		9	29	X	0	-N
	21	28	0	X	8	
		15	5	J	6	→
	22	10	28	X	0	N
		12	0	X	0	
	23	18	25	X	0	.ν
		6	15	J	1	⇒ naar slotbewerking
	24		RC			
	25					
	26					
	27					
	28					
	29					
	30					
	31					

Additieve operaties en normering

Kanaal SO

		R	DO	RS	AO	
=)	0	10	4	S	0	optelling
		7	1	S	0	$\Longrightarrow$
=)	1	11	4	S	0	aftrekking
b0 $\rightarrow$		12	22	X	0	$\pm \frac{1}{2} \Longrightarrow \lambda_2$
	2	10	4	S	0	
		12	14	X	0	$+ \frac{1}{2} \Longrightarrow \lambda_1$
	3	26	1	X	12	
		7	16	S	0	$\Longrightarrow$
	4	0	0	X	0	$\frac{1}{2}$
		8	0	X	0	
b31 $\Longrightarrow$	5	2	14	X	0	lin. comb. voorber.
		4	15	X	0	
	6	14	7	S	0	$\rightarrow$
		5	15	X	0	$\lvert\lambda_1\rvert$
a6 $\rightarrow$	7	8	15	X	0	
		25	1	X	12	
	8	28	34	X	30	$\lvert\lambda_1\rvert + \lvert\lambda_2\rvert \leqslant 1$?
		7	1	S	1	
$\left.\begin{array}{l}\text{b21 S2}\\ \text{a10}\end{array}\right\} \Longrightarrow$	9	25	1	X	4	normering. voorbereiding verm.
		28	33	X	30	
	10	14	9	S	0	$\rightarrow$
		4	3	X	0	
	11	0	27	X	0	
		10	3	X	0	
	12	8	14	S	0	
		28	14	X	10	
	13	4	27	X	0	
		26	1	X	12	
	14 (	24	34	X	30)	24 34-pX30
		12	30	X	0	
	15	2	31	X	0	
		6	19	S	2	$\Longrightarrow$ ga vermenigvuldigen

Additieve operaties.

=)	16	26	0	X	12	lin. comb. voorber.
b3 →		4	31	X	0	
	17	12	27	X	0	0 of 1 $\Rightarrow b_3$
		2	12	X	0	
	18	4	28	X	0	N_3
		1	20	X	0	
	19	24	17	X	20	
		0	13	X	0	
	20	4	29	X	0	T_3
		1	21	X	0	
	21	28	0	X	0	
		26	16	X	0	stop als lengten ongelijk
	22	21	0	K	0	
		2	19	X	0	
	23	1	11	X	0	
		5	15	X	0	$b_1 - b_2 \Rightarrow \beta \geq 0$?
	24	14	26	S	0	→
		2	15	X	0	
	25	20	14	K	0	$M_1 \Leftrightarrow M_2$
		20	21	K	0	
a24 →	26	24	33	X	4	$33-\beta$
		29	34	X	20	
	27	15	28	S	0	→ β te groot
		1	29	S	0	
	28	29	29	X	2	
a27 →		10	22	X	0	
	29 (	26	33	X	30)	26 β X30
		12	22	X	0	
	30	14	31	S	0	
		11	22	X	0	$\lvert\lambda_2\rvert \neq 0$?
	31	28	0	X	8	
		14	5	S	0	→
			RC bis			

Additieve operaties.

Kanaal S1

		R	D O	R S	A 1	
	0	12	16	X	0	constante
		12	17	X	0	matrix $\Rightarrow M_2$
	1	12	18	X	0	
b8 S0 →		10	27	X	0	
	2	15	5	S	1	→ λ_1 en λ_2 niet te groot
		26	1	X	20	
	3	4	14	X	0	$\frac{1}{2}\lambda_1$
		2	22	X	0	
	4	26	1	X	20	
		4	22	X	0	$\frac{1}{2}\lambda_2$
	5	26	1	X	12	
a2 →		8	11	X	0	
	6	12	27	K	0	b_3
		10	18	X	0	vorming incrementen
	7	24	17	X	30	der var. opdrachten
		8	10	X	0	
	8	12	10	X	0	
		2	17	X	0	
	9	24	17	X	20	
		0	9	X	0	
	10	17	13	X	0	
		12	9	X	0	
	11	10	13	X	0	
		19	26	X	0	
	12	8	25	X	0	
		12	25	X	0	
	13	2	16	X	0	
		24	17	X	20	
	14	0	8	X	0	$< a_2, a_1 >$
		10	24	X	0	a_3
a26 b30 →	15	0	17	S	1	begin cyclus
		28	17	X	2	

Additieve operaties.

Kanaal S1

16	8	23	S	1	
	28	23	X	10	
17	10	0	X	0	haal
	2	0	X	0	elementen
18	28	0	X	2	
	18	14	X	0	$\cdot \lambda_1$
19	28	1	X	2	
	24	34	X	22	
20	10	0	S	1	
	16	22	X	0	$\cdot \lambda_2$
21	0	1	S	1	
	26	32	X	30	afronding
22	28	1	X	10	
	0	1	S	1	
23	4	0	X	0	berg element
	10	29	X	0	
24	25	1	X	12	$t-1 \Rightarrow t > 0$?
	12	29	X	0	
25	2	10	X	0	δ
	10	26	X	0	
26	14	15	S	1	→ volgende element
	10	13	X	0	
27	12	29	X	0	$T \Rightarrow t$
	10	28	X	0	
28	25	1	X	12	$n-1 \Rightarrow n > 0$?
	12	28	X	0	
29	0	9	X	0	
	10	26	X	0	
30	8	25	X	0	
	14	15	S	1	→ volgende kolom
31	20	0	K	0	
	6	31	X	0	⇒ klaar
			RC bis		

Zoek max., verm. en normering

Kanaal S2

		R	D O	R S	A 2	
Max. =)	0	20	12	S	2	
b19 →		28	31	X	2	
	1	10	26	X	0	
		19	29	X	0	
	2	8	25	X	0	
		28	13	X	10	
	3	2	24	X	0	a
		10	28	X	0	
	4	28	11	X	10	n
b29 →		10	29	X	0	
	5	28	12	X	10	t
a27 →		0	0	X	0	
	6	4	0	X	0	
		6	0	X	0	⟹
	7	2	0	X	0	
		6	18	X	0	
	8	10	0	X	0	
		28	9	X	10	
	9	14	2	X	0	m_{tn}
		11	9	S	2	
	10	8	15	S	2	) E_{max} (
		29	34	X	30	
	11	14	25	S	2	n
		9	15	S	2	
	12	29	15	X	10	t
		1	8	S	2	
	13	28	10	X	2	△
		10	9	S	2	
	14	12	7	X	0	
		6	25	S	2	
	15	0	0	X	0	$- \lvert E_{max} \rvert$
		0	0	X	0	

Zoek max., verm. en normering

Kanaal S2

	16	10	0	X	0	
		0	7	S	2	
	17	28	24	X	2	
		6	22	S	2	
Mult. =)	18	10	31	S	2	
		28	22	X	10	
b15 S0 →	19	20	20	S	2	
		7	0	S	2	
Norm. =)	20	4	31	X	0	
		22	0	S	2	=) Max.
	21	26	1	X	4	
		6	9	S	0	⇒ ga verm. voorbereiden
b1X0 ⇒	22	18	30	X	0	norm.) 18 30X0
		6	24	S	2	⇒ 26 32X30 afr.
	23	4	3	X	0	
		8	3	X	0	
b22 →	24		RX1			12 ....
						6 25 S2 skip
a3X0 b6X0 →	25	10	12	S	2	
		25	1	X	12	t-1 ⇒ t > 0 ?
	26	28	12	X	10	
		2	26	X	0	τ
	27	15	5	S	2	→
		10	11	S	2	
	28	25	1	X	12	n-1 ⇒ n > 0 ?
		28	11	X	10	
	29	0	13	S	2	
		15	4	S	2	
	30	11	15	S	2	$\lvert E_{max} \rvert$
		2	10	S	2	) E_{max} (
	31	18	30	X	0	voor mult.) ⇒
		26	32	X	30	
			RC			
			bis			

(RFR OS3)
Transporteer (sub-)matrix

Kanaal RO

		R	D O	R R	A O	
=)	0	28	30	X	2	zet koppelopdracht
Transp. sub-		10	10	X	0	
matrix	1	18	13	X	0	
		12	23	X	0	
	2	10	26	X	0	
		24	17	X	30	
	3	12	22	X	0	$\langle \tau_3 , 0 \rangle$
		26	0	X	12	
	4	12	28	X	0	$0 \Rightarrow N_3$
		10	12	X	0	
	5	12	30	X	0	$N_1 \Rightarrow n$ voor telling kolommen
		10	24	X	0	
	6	24	17	X	30	
		8	8	X	0	$\langle a_3 , a_1 \rangle$
	7	8	16	R	0	
		28	16	X	10	plaats variabele opdracht
	8	10	14	X	0	
		28	1	X	30	$\frac{1}{2} c_1 \Rightarrow c_1 > 0$?
	9	12	14	X	0	
		10	16	R	0	
	10	15	25	R	0	$\longrightarrow$
		26	0	X	12	
	11	12	29	X	0	$0 \Rightarrow T_3$
		2	13	X	0	
	12	4	31	X	0	$T_1 \Rightarrow t$ voor telling rijen
		2	15	X	0	
b20 $\longrightarrow$	13	28	1	X	20	$\frac{1}{2} c_2 \Rightarrow c_2 > 0$?
		26	0	X	12	
	14	15	17	R	0	$\longrightarrow$
		10	29	X	0	
	15	24	1	X	12	$T_3+1 \Rightarrow T_3$
		12	29	X	0	

Transporteer (sub-)matrix

	16	10	0	X	0	10 ......
		12	0	X	0	12 ......
	17	10	22	X	0	$< \tau_3, 0 >$
a14 →		8	16	R	0	
	18	8	10	X	0	$+\tau_1$
		28	16	X	10	plaats variabele opdracht
	19	10	31	X	0	
		25	1	X	12	$t-1 \Rightarrow t > 0$?
	20	12	31	X	0	
		14	13	R	0	→
	21	10	28	X	0	
		24	1	X	12	$N_3 + 1 \Rightarrow N_3$
	22	12	28	X	0	
		2	25	X	0	
	23	10	26	X	0	
		17	29	X	0	
	24	24	17	X	30	
		8	16	R	0	
	25	9	23	X	0	
a_{10} →		8	9	X	0	
	26	28	16	X	10	plaats variabele opdracht
		10	30	X	0	
	27	25	1	X	12	$n-1 \Rightarrow n > 0$?
		12	30	X	0	
	28	14	8	R	0	→
		2	11	X	0	
	29	4	27	X	0	$b_1 \Rightarrow b_3$
		24	0	X	4	
=)	30	27	0	X	12	⇒
Transporteer		12	14	X	0	$-0 \Rightarrow c_1, c_2$
matrix	31	12	15	X	0	
		6	0	R	0	⇒

RC

bis