

DASK - Biblioteksspecifikation, MR-3

ATOMENERGIREGISTRERET  
30 MAR. 1960  
BIBLIOTEK

SEKVENSBETEGNELSE
MR 3
side 1/12

REGNECENTRALEN  
DANSK INSTITUT FOR MATEMATIKMASKINER  
DASK - BIBLIOTEKSSPECIFIKATION

Kodet af WH d. 3.4.58
Indkørt af HBH.WH d. 11.4.58
Udgivet d. 5.2.60

<u>Reelle, kvadratformede matricer:</u> Inversion (Ferritlager; $2 \leq n \leq 15$ )
--

Indhopsadresser	Udhopsadresser	Indgang	Udgang	Max. ordre-antal	Køretid	
					min.	max.
0A8	196A8	C(MMD) = A	$A^{-1} \rightarrow$ MMR C(MAR) ødelægges	204	Se side	3
11A8		C(MMD) = A C(MMR) = B	$A^{-1}B \rightarrow$ MMR C(MAR) ødelægges	194		
207A8	274A8		Sekvensen trimmet	68	$75\frac{1}{2}$ AT	$75\frac{1}{2}$ AT
Kodelængde		0 - 206 (uden trimmedel) 0 - 274 (med trimmedel)		Undersekvenser FRI (0A9)		
Begyndelsesadresse		Lige		Arbejdsceller Matrixregistrene, samt 1998v, 2002v		
Grundparametre		Ingen		Perm. konstanter C(2039), C(2040v)		
Programparametre		Ved trimning: nA00				

### Grundlag

I ferritlageret reserveres  $6n^2$  halvceller til 3 pseudoregistre, der hver kan indeholde en kvadratformet matrix af ordenen  $n$ :

matrix-multiplikandregister MMD  $0$  til  $2n^2-1$   
 matrix-akkumulatorregister MAR  $2n^2$  til  $4n^2-1$   
 matrix-multiplikatorregister MMR  $4n^2$  til  $6n^2-1$

Matricerne lagres rækkevis i pseudoregistrene. Elementerne lagres på flydende, pakket form.

Den matematiske metode er følgende: På matricen  $A$  udføres rækkeoperationer, der skaffer nuller under og over diagonalen. De samme rækkeoperationer udføres på en enhedsmatrix. Derefter divideres rækkerne i begge matricer med de tilsvarende diagonalelementer i  $A$ . Herved er  $A$  blevet omformet til en enhedsmatrix, medens den oprindelige enhedsmatrix er blevet omformet til  $A^{-1}$ .

De øjeblikkelige elementer kaldes  $a$  (i den matrix, der oprindeligt var  $A$ ) og  $a'$  (i den matrix, der oprindeligt var en enhedsmatrix).

En rækkeoperation i  $A$  foregår da således:

$$- \frac{a_{qp}}{a_{pp}} \cdot a_{pj} + a_{qj} \rightarrow a_{qj} \quad (j = 1, 2, \dots, n)$$

(Herved bliver der nemlig skaffet nul på  $a_{qp}$ 's plads).

En rækkeoperation i enhedsmatricen:

$$- \frac{a_{qp}}{a_{pp}} \cdot a'_{pj} + a'_{qj} \rightarrow a'_{qj} \quad (j = 1, 2, \dots, n)$$

(Faktoren  $-\frac{a_{qp}}{a_{pp}}$  er altså den samme som ved rækkeoperationen i  $A$ )

Den sluttelige division i rækkerne i de to matricer foregår således:

$$\frac{a_{pj}}{a_{pp}} \rightarrow a_{pj} \quad \text{og} \quad \frac{a'_{pj}}{a_{pp}} \rightarrow a'_{pj} \quad (j = 1, 2, \dots, n)$$

(Herved bliver der nemlig skaffet 1 på  $a_{pp}$ 's plads).

Hvis det undervejs i rækkeoperationerne forekommer, at et diagonalelement  $a_{pp}$  er nul, foretages følgende rækkeadditioner (rækkeoperationer med faktoren 1):

$$a_{qj} + a_{pj} \rightarrow a_{pj} \quad \text{og} \quad a'_{qj} + a'_{pj} \rightarrow a'_{pj} \quad (j = 1, 2, \dots, n)$$

hvor  $a_{qp} \neq 0$ . (Herved bliver nemlig nullet på  $a_{pp}$ 's plads fjernet).

Ved ovennævnte metode kan man også finde  $A^{-1}B$ , hvor  $B$  er en vilkårlig matrix, nemlig ved at operere på  $B$  i stedet for på en enhedsmatrix.

Funktion.

Sekvensen foretager inversion samt kombineret inversion og multiplikation.

Ordren  $n$  fastlægges ved en trimning. Hvis man undlader at trimme, vil sekvensen arbejde med  $n = 8$ . (Dette medfører, at den uden trimning kan bruges som undersekvens for MR 6). Har man trimmet, vil sekvensen arbejde med den derved fastlagte orden, indtil den påny bliver trimmet. Om  $n$  gælder (pladshensyn i ferritlageret):

$$2 \leq n \leq 15.$$

Trimningen foretages ved et indekshop med 1 programparameter: nAOO. Her ved trimmes hele sekvensen under eet. NB. Hvis man ikke vil trimme MR 3, eller hvis man har trimmet og ikke gør det igen, kan man disponere frit over 207 - 274 AB.

Sekvensen arbejder med MAR og MMR, idet matricen A allerførst flyttes fra MMD til MAR. A er altså bevaret i MMD ved udhoppet, hvilket f.eks. kan benyttes til en kontrol:  $AA^{-1}$  = enhedsmatrix (indhop 63AB i MR 2).

Hvis A's determinant er nul, hoppers til 44AB, der indeholder ordren 44 AB 30. Ønsker man andre forhold, så kan i et tilfælde kan man lagre en passende hopordre.

Rutediagrammet viser i store træk, hvordan sekvensen arbejder. Med "rækkeaddition", "rækkeoperation", og "division" menes, at de pågældende operationer udføres både i MAR og MMR. Da sekvensen er meget kompakt og rummer en del tricks, afspejler rutediagrammet ikke i detaljer sekvensens virkemåde. (F.eks. bliver nullerne slet ikke sat, ved rækkeoperationerne i A, idet man i stedet for udfører rækkeoperationerne for næste diagonal-element på rækker, der er 1 kortere end forrige gang. Efter udhop er diagonalen i C(MAR) lig den diagonal, man får ved at diagonalisere A). I rutediagrammet og forklaringen til koden er  $a_{pq}$  det øjeblikkelige diagonalelement,  $a_{qp}$  det element, på hvis plads, der skal skaffes nul.  $j$  er det løbende søjlenummer i rækkerne  $p$  og  $q$ .

I koden er det overalt i forklaringerne forudsat, at  $n = 8$ .

Køretiden afhænger af ordenen  $n$ , samt af hvor mange elementer, der er nul. (Som det fremgår af rutediagrammet, undersøges det før de flydende operationer (ved rækkeoperationer), om de kan overspringes). Køretiden varierer med  $n$ . Som eksempler kan anføres følgende.

<u><math>n = 8</math></u>	alle elementer $\neq 0$	diagonal-matrix
	ca. 2,9 sek.	ca. 0,5 sek.

SEKVENSBETEGNELSE
MR 3
side 4/12

Nøjagtigheden afhænger stærkt af forholdet mellem elementerne i og uden for diagonalen, idet nøjagtigheden bliver størst, når elementerne i diagonalen er numerisk store i forhold til elementerne udenfor.

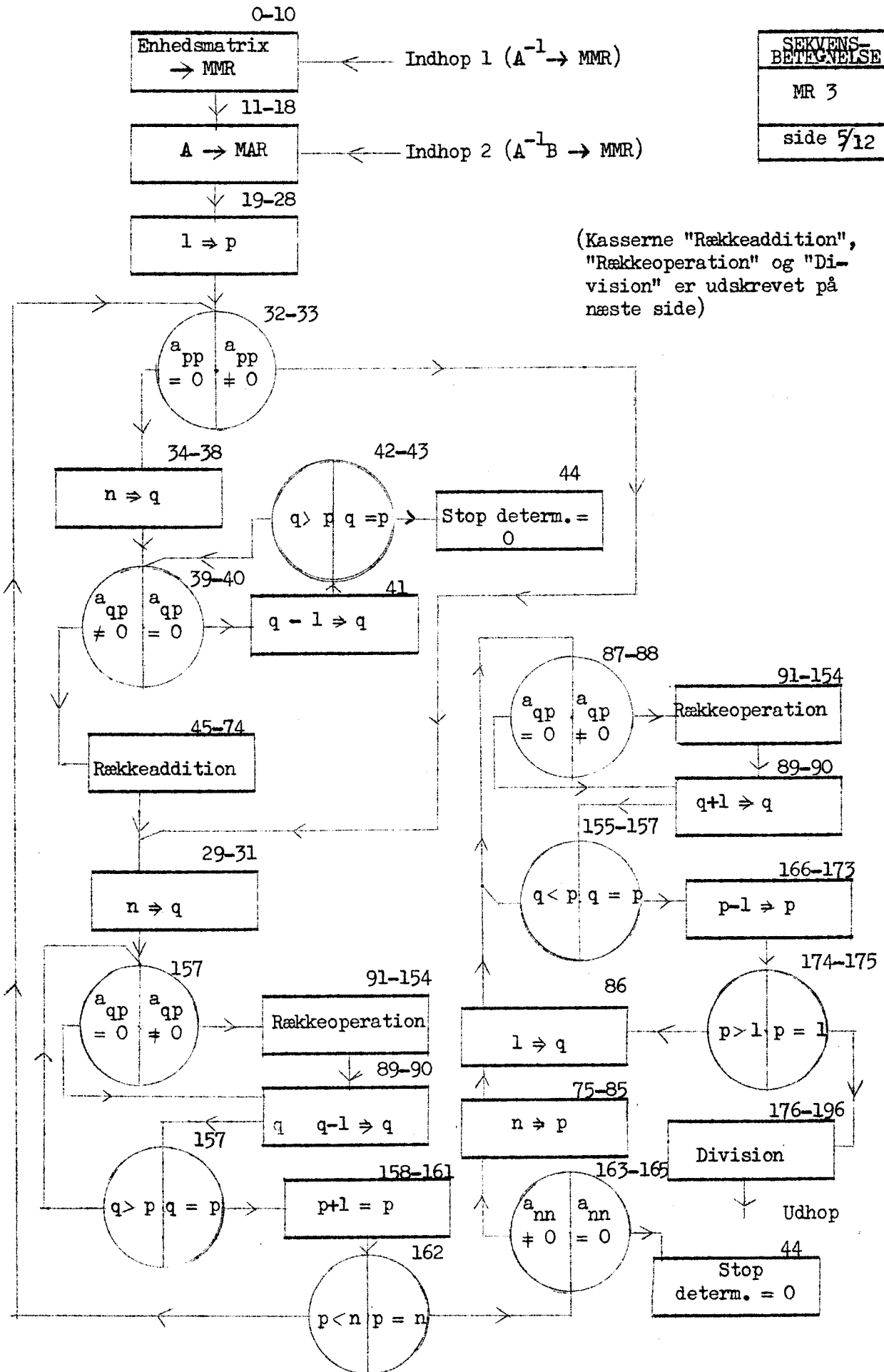
(Der er mulighed for at sætte tilstrækkeligt små elementer i resultatmatricen lig nul. I sekvensen FR 1 foretages ved subtraktion af to tal en normalisering af differensens taldel. Hvis tallene er af forskellig størrelsesorden, bliver der ingen eller få skift ved normaliseringen; hvis de er nær ved at være ens, bliver der mange skift.

MR 3 arbejder nu på den måde, at den undersøger dette skiftantal; hvis det er større end  $C(91A8 \text{ adr})$ , bliver resultatet af subtraktionen sat lig nul. Ved at ændre  $C(91A8 \text{ adr})$  kan man altså opnå, at differenser under en ønsket (relativ) størrelse bliver sat lig nul.

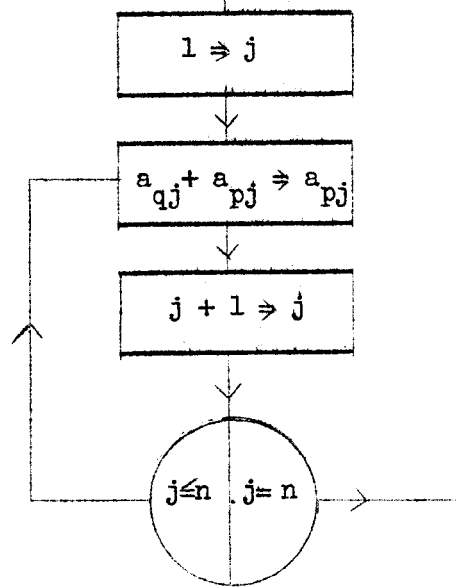
Normalt er  $C(91A8 \text{ adr}) = 26$ , idet et flydende, pakket tal har 27 binarer i taldelen).

Rutediagram.

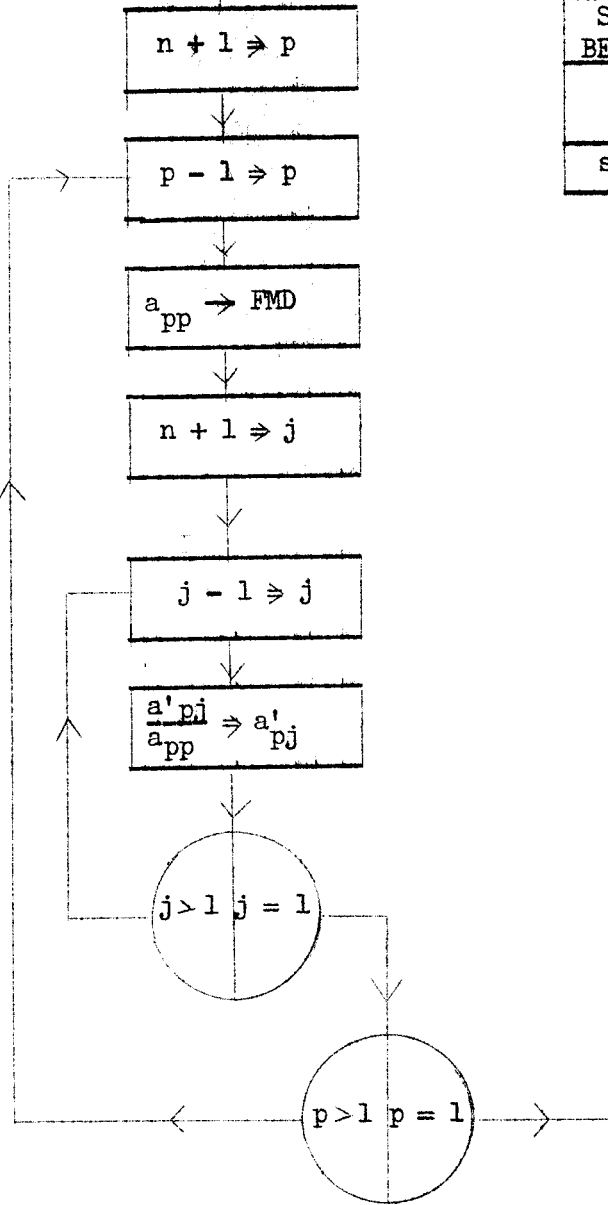
SEKVENSBETEGNELSE
MR 3
side 5/12



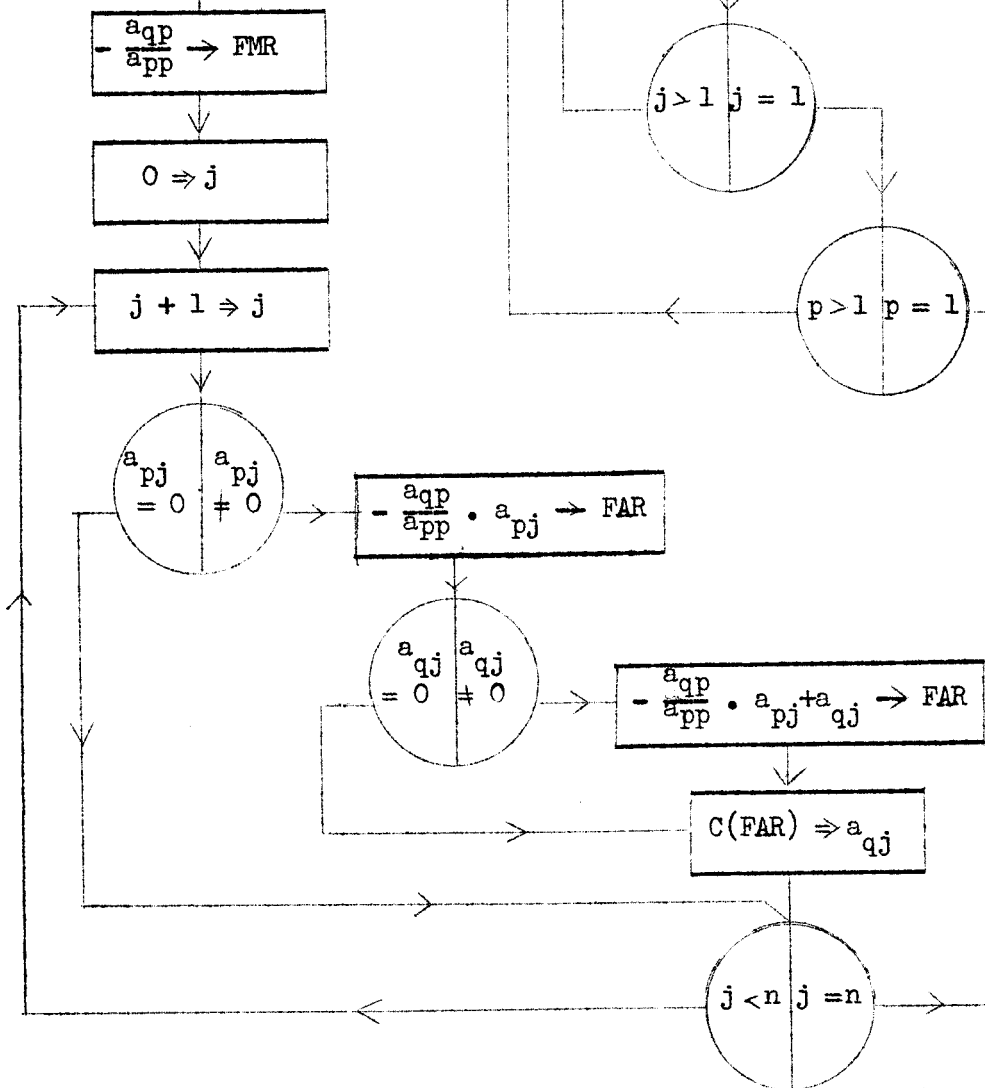
Rækkeaddition



Rutediagram (fortsat) Division



Rækkeoperation



(T) ved en ordre betyder, at den bliver ændret ved trimning.

SEKVENSBETEGNELSE
MR 3
side 7/2

Kode

$A^{-1}$ → MMR indhop	0	193 A3 34	opbevar C(IRB)
(T)	1	128 A 35	128 → IRB
	4 →	2046 B 35	-2+C(IRB) → IRB
(T)	3	256 B 48	0 → MMR
	2 ←	2 A3 33	hop på indeks B
	5	48 A9 40	1 (fl. pakker) → AR
(T)	6	144 A 35	144 → IRB
(T)	9 →	2030 B 35	-18+C(IRB) → IRB
(T)	8	256 B 03	C(AR) → MMR
	7 ←	7 A3 33	hop på indeks B
	12 ←	12 A3 10	hop
$A^{-1}B$ → MMR indhop	11	193 A3 34	opbevar C(IR)
	10 →	194 A8 54	
	13	195 A3 74	
(T)	14	128 A 35	128 → IRB
	18 →	2046 B 35	-2+C(IRB) → IRB
	16	0 B 40	
(T)	17	128 B 03	flyt element
	15 ←	15 A3 33	hop på indeks B
	19	1993 A 63	0 → L(s)
	20	2040 A 60	
	21	151 A3 29	2048 → 151 A8 adr
(T)	22	2032 A 75	
	23	31 A3 74	2032 → 30,149,89 A8 adr pos
	24	149 A8 74	
	25	89 A3 74	
(T)	26	2016 A 75	2016 → 147 A8 adr pos
	27	147 A8 74	
(T)	28	1922 A 55	-126 → IRC
	162 →	31 A3 66	øg adresser i 31 & 147 A8 med 2
	30	147 A8 66	
(23)(29)	31	(2032) A 35	-16+2p → IRB
	32	254 C 43	
	87 ←	87 A3 51	hop, hvis app ≠ 0
	34	2046 B 75	
	35	72 A3 74	
	36	73 A3 74	-18+2p → 72,73,51 A8 adr pos
	37	51 A3 74	
(T)	43 →	254 A 75	254 → IRD
(T)	39	254 B 43	hop, hvis aqp ≠ 0
	48 ←	48 A3 51	
(T)	41	2032 B 35	-16+C(IRB) → IRB
	42	197 A3 16	C(IRC)-C(IRB) → AR
	38 ←	73 A3 51	hop, hvis C(IRB) > C(IRC)
	165 →	44 A3 30	stop (determinanten nul)

(T)	71 → 45	2032 A 75	}	2032 → 51 A8 adrpos
	46	51 A8 74		
(T)	47	382 A 75	}	382 → IRD
	40 → 48	54 A8 74		
	49	56 A8 74	}	C(IRD) → 54,56,61 A8 adrpos
	50	61 A8 74		
(37)(46)	51	(2034) A 75	}	-18+2p(eller -16) → IRD
	65 → 52	2 D 75		
	53	64 A8 74	}	opbevar C(IRD)
(48)	54	(254) B 40		
	55	2026 A 16	}	
(49)	56	(254) C 40		
	57	2021 A 16	}	a <sub>qj</sub> +a <sub>pj</sub> → FAR
	58	2 A9 16		
	59	202 A8 16	}	
	60	2016 A 16		
(50)	61	(254) C 08	}	2+C(IRB) → IRB
	62	2 B 35		
	63	2 C 55	}	retabler IRD
(53)	64	(0) A 75		
	52 ← 65	52 A8 73	}	
	66	54 A8 60		
	67	185 A8 21	}	
	72 ← 68	72 A8 11		
(T)	69	2032 B 35	}	-16+C(IRC) → IRC
(T)	70	2032 C 55		
	45 ← 71	45 A8 10	}	-18+2p+C(IRB) → IRB
(35)	68 → 72	(2032) B 35		
(36)	73	(2032) C 55	}	hop
	87 ← 74	87 A8 10		
	164 → 75	151 A8 69	}	1936 → 86 A8 adrpos
(T)	76	1936 A 75		
	77	86 A8 74	}	2046 → 149 A8 adrpos
	78	144 A8 40		
	79	106 A8 08	}	
	80	2046 A 75		
	81	149 A8 74	}	16 → 147 & 89 A8 adrpos
(T)	82	16 A 75		
	83	147 A8 74	}	-112-2(8-p) → IRB
	84	89 A8 74		
	85	0 A 55	}	-16(eller 16)+C(IRB) → IRB
(77)(169)	175 → 86	(1936) A 35		
(T) 157, → 154, → 74, → 33 → 87	92 ← 88	254 B 43	}	s <sub>max</sub>
	89	92 A8 51		
(25)(84)	150 ← 90	(2032) B 35	}	-C(FMD) → FMD
	91	150 A8 10		
	92	26 A 00	}	a <sub>qp</sub> → FAR
(T)	88 → 92	254 C 40		
	93	2021 A 16	}	
	94	1996 A 41		
	95	2036 A 16	}	
	96	1996 A 08		
	97	254 B 40	}	
(T)	98	2026 A 16		



99 50 A9 16  
 100 2000 A 40  
 101 2004 A 08  
 102 2003 A 60  
 103 2007 A 29  
 104 151 A8 60  
 110 ← 105 110 A8 51  
 (79)(167) 106 (2032)B 35  
 (79)(167) 107 (2032)C 55  
 121 ← 108 113 A8 10  
 109 2 A 00  
 105 → 110 31 A8 60  
 (T) 111 254 A 75  
 115 ← 112 115 A8 10  
 113 22 A8 60  
 114 382 A 75  
 115 121 A8 29  
 116 126 A8 74  
 117 128 A8 74  
 118 131 A8 74  
 119 133 A8 74  
 120 138 A8 74  
 (115) 108 → 121 (2034)A 75  
 140 → 122 2 D 75  
 123 139 A8 74  
 124 2 B 35  
 125 2 C 55  
 (106) 126 (254)C 43  
 140 ← 127 140 A8 11  
 (117) 128 (254)C 40  
 129 2026 A 16  
 130 57 A9 16  
 (118) 131 (254)B 43  
 137 ← 132 137 A8 11  
 (119) 133 (254)B 40  
 134 2021 A 16  
 135 2 A9 16  
 136 202 A8 16  
 132 → 137 2016 A 16  
 (120) 138 (254)B 08  
 (123) 139 (O)A 75  
 122 ←, 127 → 140 132 A8 73  
 141 133 A8 60  
 142 185 A8 21  
 147 ← 143 147 A8 11  
 (T) 144 2032 B 35  
 (T) 145 2032 C 55  
 113 ← 146 113 A8 10  
 (27)(30)(83)(171) 143 → 147 (2016)B 35

$$-\frac{a_{qp}}{a_{pp}} \rightarrow \text{FAR}$$

$$C(\text{FAR}) \rightarrow \text{FMR}$$

hop, hvis der skaffes  
 nuller under diagonalen  
 $-16+2(8-p)+C(\text{IRB}) \rightarrow \text{IRB}$   
 $-16+2(8-p)+C(\text{IRC}) \rightarrow \text{IRC}$

hop  
 konstant  
 $2048-16+2p \rightarrow \text{ARvadr}$   
 $254 \rightarrow \text{IRD}$

hop  
 $2048-16 \rightarrow \text{ARvadr}$   
 $382 \rightarrow \text{IRD}$   
 $C(\text{ARvadr}) \rightarrow 121 \text{ A8 adr}$

$C(\text{IRD}) \rightarrow 126, 128, 131, 133$   
 $138 \text{ A8 adrpos}$

$2048-16+2p(\text{eller } 2048-16) \rightarrow \text{IRD}$   
 $2+C(\text{IRD}) \rightarrow \text{IRD}$   
 opbevar  $C(\text{IRD})$   
 $2+C(\text{IRB}) \rightarrow \text{IRB}$   
 $2+C(\text{IRC}) \rightarrow \text{IRC}$

hop, hvis  $a_{pj} = 0$

$$a_{pja} \rightarrow \text{FAR}$$

$$-\frac{a_{qp}}{a_{pp}} \cdot a_{pj} \rightarrow \text{FAR}$$

hop, hvis  $a_{qj} = 0$

$$a_{qja} \rightarrow \text{FMD}$$

$$-\frac{a_{qp}}{a_{pp}} \cdot a_{pj} + a_{qj} \rightarrow \text{FAR}$$

hop til kontrol af s

$$-\frac{a_{qp}}{a_{pp}} \cdot a_{pj} + a_{qj} \rightarrow L(a_{qj})$$

retabler IRD  
hop på indeks D

hop, hvis  $C(133 \text{ A8 adr}) = 382$

$-16+C(\text{IRB}) \rightarrow \text{IRB}$   
 $-16+F(\text{IRC}) \rightarrow \text{IRC}$

hop  
 $-32+2p(\text{eller } 16-2(8-p))+C(\text{IRB}) \rightarrow \text{IRB}$

		148	2 C	55	$2+C(IRC) \rightarrow IRC$	
(24)(81)(161)(173)		149	(2032)C	55	$-16+2(p-1)$ (eller $-2-2(8-p)$ ) $+C(IRC) \rightarrow IRC$	
	90	$\rightarrow$ 150	197 A8	16	$C(IRC)-C(IRB) \rightarrow AR$	
(21)(75)		151	(0)C	75	hop, hvis der skaffes nuller under diagonalen	
		157	$\leftarrow$ 152	157 A8	73	hop på indeks C ( $p \neq 8$ )
		155	$\leftarrow$ 153	155 A8	53	hop på indeks B ( $p \neq 8$ )
		87	$\leftarrow$ 154	87 A8	33	
		153	$\rightarrow$ 155	2000 A	08	$C(IRB)-C(IRC) \rightarrow AR$
		156	2000 A	41		
	87	$\leftarrow$ , 152	$\rightarrow$ 157	87 A8	51	hop, hvis $C(IRB) < C(IRC)$
		158	151 A8	60	hop, hvis der skaffes nuller over diagonalen	
(T)		166	$\leftarrow$ 159	166 A8	11	$18+C(IRC) \rightarrow IRC$
		160	18 C	55	øg adresse i 149 A8 med 2	
		161	149 A8	66	hop på indeks C	
(T)		29	$\leftarrow$ 162	29 A8	53	hop, hvis $a_{88} \neq 0$
		163	254 A	43	hop (determ. nul)	
		75	$\leftarrow$ 164	75 A8	51	$-18+C(IRC) \rightarrow IRC$
		44	$\leftarrow$ 165	44 A8	10	øg adresser i 106 & 107 A8 med 2
(T)		159	$\rightarrow$ 166	2030 C	55	
		167	106 A8	46		
		168	109 A8	61		
		169	86 A8	26		
		170	109 A8	61		
		171	147 A8	26		
		172	109 A8	61		
		173	149 A8	26		
(T)		174	126 C	75	hop, hvis $C(IRC) > -126$	
	86	$\leftarrow$ 175	86 A8	73		
(T)		176	128 A	35	$128 \rightarrow IRB$	
(T)		177	144 A	75	$144 \rightarrow IRD$	
(T)		192	$\rightarrow$ 178	2030 D	75	$-18+C(IRD) \rightarrow IRD$
(T)		179	128 D	40	$a_{pp} \rightarrow AR$	
		180	191 A8	74	opbevar $C(IRD)$	
		181	2021 A	16	$a_{pp} \rightarrow FMD$	
(T)		182	8 A	55	$8 \rightarrow IRC$	
	190	$\rightarrow$ 183	2047 C	55	$-1+C(IRC) \rightarrow IRC$	
		184	2046 B	35	$-2+C(IRB) \rightarrow IRB$	
(T)		185	256 B	40		
		186	2026 A	16	$a'_{pj} \rightarrow FAR$	
		187	50 A9	16	$a'_{pp} \rightarrow FAR$	
		188	2016 A	16	$\frac{a'_{pj}}{a_{pp}} \rightarrow L(a'_{pj})$	
(T)		189	256 B	08	hop på indeks C ( $j > 1$ )	
(180)		183	$\leftarrow$ 190	183 A8	53	retabler IRD
		191	(0)A	75	hop på indeks B ( $p > 1$ )	
	178	$\leftarrow$ 192	178 A8	33		
(0)(11)		193	(0)A	35		
(12)		194	(0)A	55	retabler IR	
(13)		195	(0)A	75		
	udhop	196	1 D	10	hop ud	
		$\rightarrow$ 197	2002 A	54	$C(IRC)-C(IRB) \rightarrow AR$	
		198	2002 A	60		
		199	2002 A	34		
		200	2002 A	21		

	←	201	1 D 10	hop tilbage
	→	202	1998 A 61	
		203	91 A8 20	hop tilbage, hvis $s \leq s_{\max}$
	←	204	1 D 11	
		205	1998 A 68	$0 \rightarrow L(s)$
	←	206	2 D 10	hop tilbage
Trimning indhop		207	1 D 64	$n \rightarrow \text{adr}$
		208	182 A8 29	
		209	1 D 20	$2n \rightarrow \text{adr}$
		210	82 A8 29	
		211	109 A8 20	
		212	2040 A 20	$2048+2n+2 \rightarrow \text{adr}$
		213	160 A8 29	
		214	1 D 61	
		215	1 D 21	$-2n \sim 2048-2n+2048 \rightarrow \text{adr}$
		216	70 A8 29	
		217	145 A8 29	
		218	2040 A 20	
		219	22 A8 29	
		220	41 A8 29	$2048-2n \rightarrow \text{adr}$
		221	45 A8 29	
		222	69 A8 29	
		223	144 A8 29	
		224	1 D 21	
		225	1 D 21	$2048-4n \rightarrow \text{adr}$
		226	26 A8 29	
		227	70 A8 60	
		228	109 A8 21	$-2n-2 \sim 2048-2n-2+2048$
		229	166 A8 29	$\rightarrow \text{adr}$
		230	178 A8 29	
		231	2040 A 20	$2048-2n-2 \rightarrow \text{adr}$
	232	7 A8 29		
	233	1 D 2A		
	234	12 A 0C		
	235	1 A8 29	$2n^2 \rightarrow \text{adr}$	
	236	14 A8 29		
	237	17 A8 29		
	238	176 A8 29		
	239	2040 A 20	$2048+2n+ \rightarrow \text{adr}$	
	240	179 A8 29		
	241	109 A8 21	$2048+2n^2-2 \rightarrow \text{adr}$	
	242	174 A8 29		
	243	1 A8 60		
	244	82 A8 20	$2n^2+2n \rightarrow \text{adr}$	
	245	6 A8 29		
	246	177 A8 29		
	247	1 A8 61		
	248	82 A8 20	$-2n^2+2n \rightarrow \text{adr}$	
	249	2040 A 20		
	250	76 A8 29		

251	174 A8 61	}	2048-2n <sup>2</sup> +2 -- adr
252	2039 A 20		
253	28 A8 29		
254	1 A8 60		
255	1 A8 20	}	4n <sup>2</sup> -- adr
256	3 A8 29		
257	8 A8 29		
258	185 A8 29		
259	189 A8 29	}	2048+4n <sup>2</sup> -2 -- adr
260	80 A8 20		
261	32 A8 29		
262	92 A8 29		
263	2040 A 21	}	4n <sup>2</sup> -2 -- adr
264	39 A8 29		
265	38 A8 29		
266	87 A8 29		
267	97 A8 29	}	6n <sup>2</sup> -2 -- adr
268	111 A8 29		
269	163 A8 29		
270	1 A8 20		
271	2039 A 21	}	hop ud
272	47 A8 29		
273	114 A8 29		
274	2 D 10		

Trimning udhop