ERA-Tutorium 8

Thomas Kilian

Organisatorisches

- Gibt es Fragen zum letzten Tutorium?
- Wünsche und Anregungen?

Vorteile	Nachteile

Vorteile	Nachteile
Performanz	

Vorteile	Nachteile
Performanz	Höherer Aufwand

Vorteile	Nachteile
Performanz	Höherer Aufwand
Direkter Zugriff auf Hardware	

Vorteile	Nachteile
Performanz	Höherer Aufwand
Direkter Zugriff auf Hardware	schwerer zu verstehen -> Bugs

• In welche Teile lässt sich eine Mikroinstruktion unterteilen?

- In welche Teile lässt sich eine Mikroinstruktion unterteilen?
 - → Steuerteil (für Rechner)

- In welche Teile lässt sich eine Mikroinstruktion unterteilen?
 - → Steuerteil (für Rechner)
 - → Adressteil (Steuerung des Mikroprogrammsequencers)

- In welche Teile lässt sich eine Mikroinstruktion unterteilen?
 - → Steuerteil (für Rechner)
 - → Adressteil (Steuerung des Mikroprogrammsequencers)
- Was sind die 3 Schritte des Maschinenbefehlszyklus?

- In welche Teile lässt sich eine Mikroinstruktion unterteilen?
 - → Steuerteil (für Rechner)
 - → Adressteil (Steuerung des Mikroprogrammsequencers)
- Was sind die 3 Schritte des Maschinenbefehlszyklus?
 - **→** IFETCH

- In welche Teile lässt sich eine Mikroinstruktion unterteilen?
 - → Steuerteil (für Rechner)
 - → Adressteil (Steuerung des Mikroprogrammsequencers)
- Was sind die 3 Schritte des Maschinenbefehlszyklus?
 - **→** IFETCH
 - → DECODE

- In welche Teile lässt sich eine Mikroinstruktion unterteilen?
 - → Steuerteil (für Rechner)
 - → Adressteil (Steuerung des Mikroprogrammsequencers)
- Was sind die 3 Schritte des Maschinenbefehlszyklus?
 - **→** IFETCH
 - → DECODE
 - **→** EXECUTE

Aufgabe 1a

Aufgabe 1a

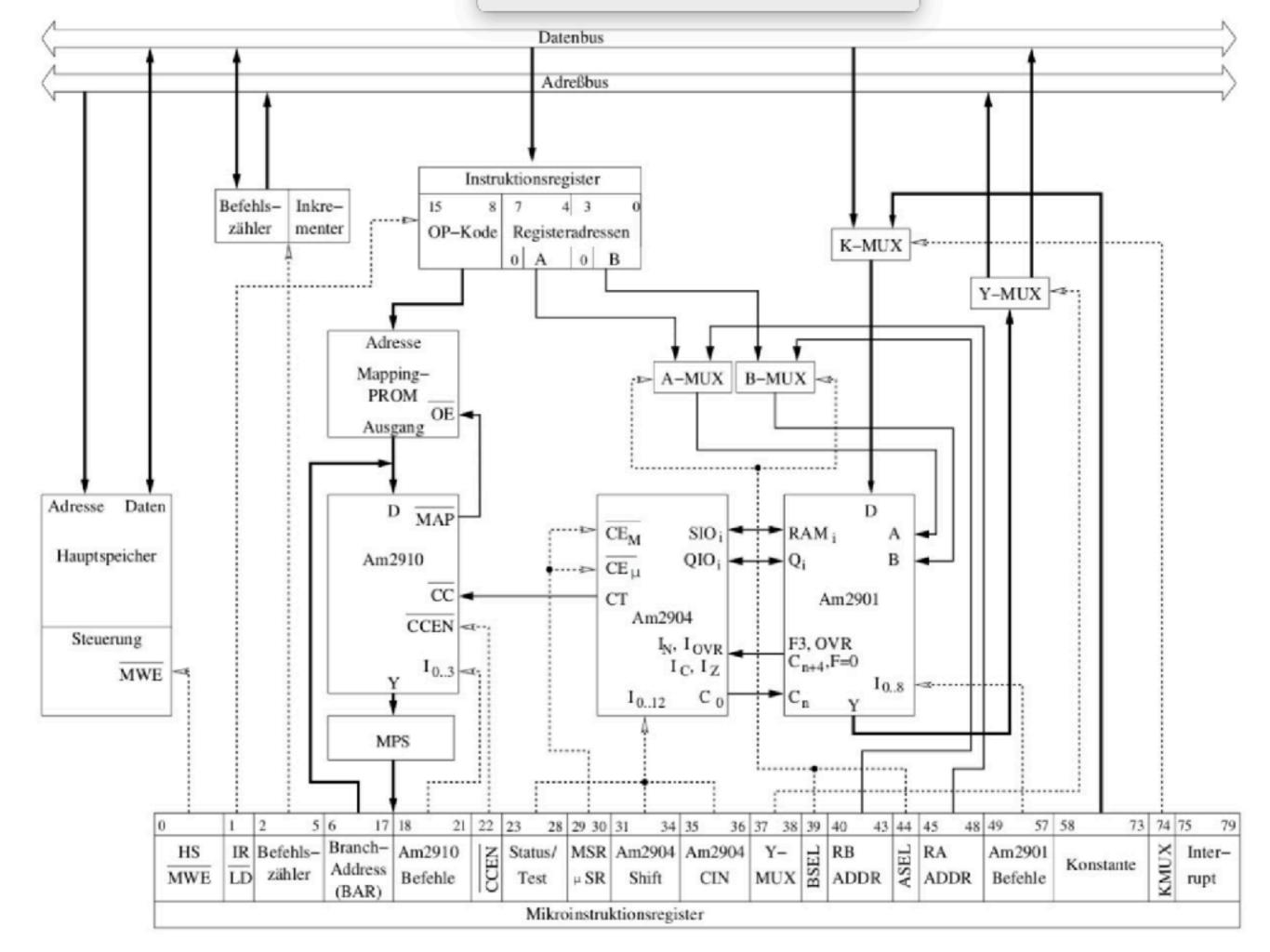
 Warum entspricht der ENIAC nicht den von-Neumann-Prinzipien?

Aufgabe 1a

- Warum entspricht der ENIAC nicht den von-Neumann-Prinzipien?
 - Struktur des Rechners nicht vom Problem abhängig!

Aufgabe 1b

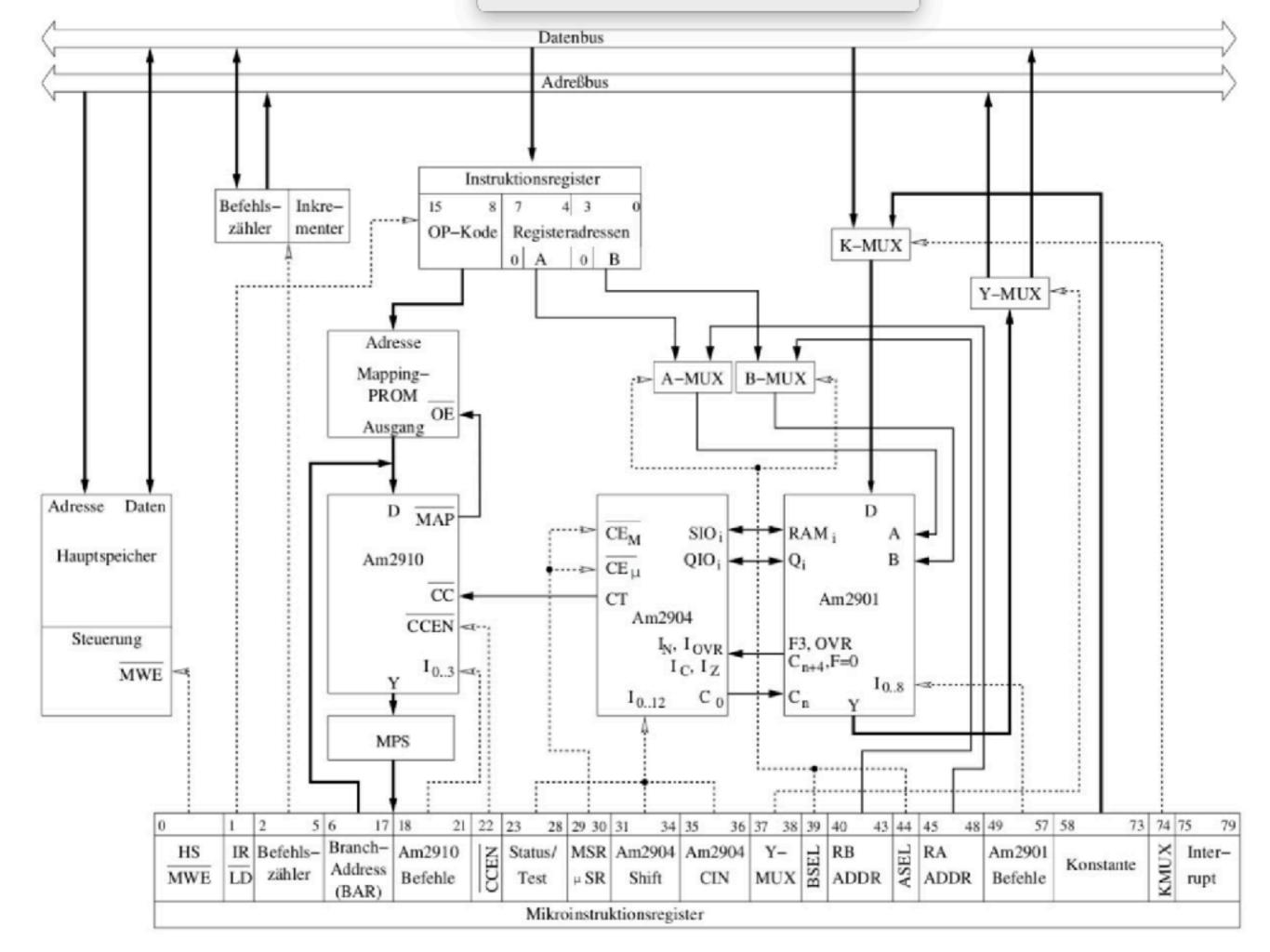
Beschreiben Sie alle Mikrooperationen, die die Zugriffssteuerung auf den Adress- bzw. Datenbus regeln. Welche Kombinationen sind in einer Mikroinstruktion nicht erlaubt?



Aufgabe 1c

Multiplexer-Steuerung in der MI-Maschine.

Erläutern Sie kurz, welche Mikrooperationen für die Steuerung des KMUX, AMUX und BMUX zuständig sind und was diese bewirken.



- 16-Bit-Register
- 2 davon können als Operanden ausgewählt werden
- B-Adresse automatisch Ziel
- Q-Register für Zwischenwerte
- mögliche Operanden
 - → Register A,B
 - → Q-Register
 - → externe Daten
 - **→** ()

- Operationen
 - → Addition
 - → Subtraktion
 - → AND
 - → OR
 - **→** XOR
 - **→** XNOR
 - → AND (!a, b)
- keine Multiplikation
- kein echtes Subtrahieren (-> Addition über Einer-Komplement und CF=1)

- Flags
 - Carry IN (C0)
 - Carry OUT (Cn)
 - Sign (F3)
 - Overflow
 - Zero (F=0)

- Ziel für Ergebnis
 - In Register speichern, F ausgeben
 - In Register speichern, RA ausgeben
 - In Q-Reg speichern, F ausgeben
 - Nicht speichern, F ausgeben (NOP)

Carry & Overflow Bits

Warum gibt es zwei Subtraktionsbefehle SUBR und SUBS?

Warum lässt die ALU die Quelle DB nicht zu?

74	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35
KMUX	12	11 10 10 13 13 14 16 A2 A3 A3 A3 A3 B1 B1 B1 B1 B1 B1 B1 B1 B2 B1 B3 B3 B3 B1 B1 B3 B3 B3 B3 B3 B3 B3 B3 B3 B3 B3 B3 B3												TESE	ABUS*	DBUS*	112	I11					
	Src Func Dest RA Addr RB Addr															I –	_ JX	C] M(- 1				
									A	м2	90	1											

74	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35
KMUX	12	11	01	5 I	14	I3	18	LI	91	A3	A2	A1	A0	ASEL	В3	B2	B1	B0	TESE	ABUS*	DBUS*	112	111
	Src Func Dest RA Addr RB Addr															Y M	– JX	C] M(- 1				
									A	м2	90	1											
X																							

74	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35
KMUX	12	11	01	5 I	14	13	81	LI	91	A3	A2	A1	A0	ASEL	B3	B2	B1	0 8	TESE	ABUS*	*SNEG	112	111
	S	Src Func Dest RA Addr RB Addr																Y MU	– JX	CI MU	- 1		
									A	м2	90	1											
X	AB I																						

74	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35
KMUX	12	11	01	5 I	14	81	81	LI	91	A3	A2	A1	A0	ASEL	В3	B2	B1	0 8	TESE	ABUS*	*SNEG	112	111
	Src Func Dost PA Addr PR Addr Y- C															C] MU	- 1						
									A	м2	90	1											
X	ı	AΒ	 	i ADD																			

74	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35
KMUX	12	11	01	5 I	14	81	81	LI	91	A3	A2	A1	A0	ASEL	E 3	B2	B1)BO	BSEL	ABUS*	*SNEG	112	111
	S	Src Func Dest RA Addr RB Addr															Y MU	– JX	C] MU	- 1			
		AM2901																					
X	,	AΒ		A	D))	N	IOI	Ρ														

74	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35
KMUX	12	11	01	5 I	14	81	81	LI	91	A3	A2	A1	A0	ASEL	B 3	B2	B1	B 0	TESE	YBUS*	*SNEG	112	111
	Src Func Dest RA Addr RB Addr															Y MU	– JX	CI MU	- 1				
									A	м2	90	1											
X	,	AΒ	 	A	DI)) 	N	O	o		>	(

74	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35
KMUX	12	I1	01	5 I	14	81	81	LI	91	A3	A2	A1	A0	ASEL	B 3	B2	B1	B 0	TESE	YBUS*	*SNEG	112	111
	٤	Src	;	F	un	С	D	es	t	RZ	A I	Add	lr		RI	3 <i>I</i>	Add	lr		Y MU	– JX	CI MU	- 1
									A	м2	90	1											
X	,	AΒ		A	DI))	N	O	o		>	(I R									

74	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35
KMUX	12	11	01	5 I	14	81	81	LI	91	A3	A2	A1	A0	ASEL	B 3	B2	B1	B 0	TESE	ABUS*	*SNEG	112	111
	٤	Src	;	F	un	С	D	es	t	R/	A I	Add	lr		RI	3 <i>I</i>	Add	lr		Y MU	– JX	C] MU	- 1
									A	м2	90	1											
X	,	AΒ		A	DI))	N	O	o		>	(I R		1	5						

74	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35
KMUX	12	11	01	5 I	14	81	81	LI	91	A3	A2	A1	A0	ASEL	E 3	B2	B1)B	TESE	ABUS*	*SNEG	112	111
	5	Src	;	F	un	O	D	es	t	R	A I	Add	lr		RI	3 <i>I</i>	Add	lr		Y M(– JX	CI MU	- 1
									A	м2	90	1											
X	 1	ΑB		Α	ΔI) 	N	IOI	o	 	>	(I R		1	5		M R				

74	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35
KMUX	12	11	01	5 I	14	81	81	LI	91	A3	A2	A1	A0	ASEL	E 3	B2	B1)B	TESE	ABUS*	*SNEG	112	I11
	5	Src Func Dest RA Addr RB Addr													Y M(– JX	CI MU	- 1					
									A	м2	90	1											
X	 1	ΑB		Α	D))	N	IOI	o	 	>	(I R		1	5		M R	A B	Н		

74	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35
KMUX	12	11	01	5 I	14	81	81	LI	91	A3	A2	A1	A0	ASEL	E 3	B2	B1)B	TESE	ABUS*	*SNEG	112	I11
	5	Src Func Dest RA Addr RB Addr														Y M(JX	CI	- 1				
		AM2901																					
X		ΑB		A	D) 	N	IOI	o	 	>	(I R		1	5		M R	A B	Н	C	10

RA – r0, Ergebnis nach r0

74	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35
KMUX	12	11	01	5 I	14	81	81	LI	91	A3	A2	A1	A0	ASEL	ВЗ	B2	B1	B 0	TESE	ABUS*	*SNEG	112	111
	S	Src	;	F	un	С	D	es	t	R/	A I	Add	lr		RI	3 <i>I</i>	Add	lr		I [—]	– JX	C] M(- 1
									A	м2	90	1											

74	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35
KMUX	12	11	01	S I	14	81	81	LI	91	A3	A2	A1	A0	ASEL	E 8	B2	B1)BO	TESE	ABUS*	*SNEG	112	111
		Src Func Dest RA Addr RB Addr																Y M(– JX	C] M(- 1		
									A	м2	90	1											
X																							

74	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35
KMUX	12	11	01	S I	14	13	81	LI	91	A3	A2	A1	A0	ASEL	E 3	B2	B1	DE	TESE	ABUS*	*SNEG	112	111
	S	Src	;	F	un	O	D	es	t	R	A <i>I</i>	Add	lr		RI	3 <i>I</i>	Add	lr		Y MU	– JX	CI MU	- 1
									A	м2	90	1											
X		ΑB																					

74	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35
KMUX	12	11	01	SI	14	I3	81	LI	91	A3	A2	A1	A0	ASEL	B3	B2	B 1	B0	BSEL	ABUS*	DBUS*	112	111
	5	Src	;	F	un	С	D	es	t	R	A 1	Add	ir		RI	3 <i>I</i>	Add	lr		Y MU	– JX	C] M(- 1
									A	м2	90	1											
X	•	AΒ		SI	UΒ	s																	

74	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35
KMUX	12	11	01	SI	14	EI	81	LI	91	A3	A2	A1	A0	ASEL	В3	B2	B1	B0	BSEL	ABUS*	PBUS*	112	111
	2	Src		F	un	C	D	es	t	R	A 1	Add	lr		RI	3 <i>I</i>	Add	lr		Y MU	– JX	CI	- 1
									A	м2	90	1											
X	•	AΒ		SI	UΒ	s	R/	ΑN	1F														

74	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35
KMUX	12	11	01	SI	14	13	81	LI	91	A3	A2	A1	A0	ASEL	B3	B2	B1	0 8	TESE	ABUS*	*SNEG	112	111
	2	Src		F	un	C	D	es	t	R	A 1	Add	ir		RI	3 <i>I</i>	Add	lr		Y M(– JX	CI MU	- 1
									A	м2	90	1											
X	•	AΒ		SI	UΒ	s	R	ΑN	1F)	(

74	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35
KMUX	12	11	01	SI	14	13	81	LI	91	A3	A2	A1	A0	ASEL	B3	B2	B1	DE	BSEL	ABUS*	*SNEG	112	111
	2	Src	;	F	un	C	D	es	t	R	A 1	Add	ir		RI	3 <i>I</i>	Add	lr		Y MU	– JX	C] MU	- 1
									A	м2	90	1											
X	,	AΒ		SI	JB	s	R/	ΑN	1F)	‹		l l R									

74	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35
KMUX	12	11	01	SI	14	13	81	LI	91	A3	A2	A1	A0	ASEL	B3	B2	B1	0 8	TESE	ABUS*	*SNEG	112	111
	5	Src		F	un	С	D	es	t	R	A 1	Add	lr		RI	3 <i>I</i>	Add	lr		Y M(– JX	CI MU	- 1
									A	м2	90	1											
X		ΑB		SI	UΒ	s	R/	ΑN	1F)	‹		l l R	 	C)						

74	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35
KMUX	12	11	01	SI	14	EI	81	LI	91	A3	A2	A1	A0	ASEL	B3	B2	B1	B0	BSEL	ABUS*	DBUS*	112	111
	8	Src	;	F	un	C	D	es	t	R	A 1	Add	ir		RI	3 <i>I</i>	Add	lr		Y M	– JX	CI MU	- 1
									A	м2	90	1											
X	 '	ΑB		SI	UΒ	s	R/	ΑN	1F)	(I I I R	 	C)		M R				

74	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35
KMUX	12	11	01	SI	14	13	81	LI	91	A3	A2	A1	A0	ASEL	B3	B2	B1	B0	BSEL	ABUS*	*SNEG	112	111
	3	Src		F	un	O	D	es	t	R	A 1	Add	lr		RI	3 <i>I</i>	Add	lr		Y M	– JX	CI MU	- 1
									A	м2	90	1											
X	 	AB		SI	UB	s	R/	ΑN	1F)	(I I I I	 	C)		M R	H	Н		

74	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35
KMUX	12	11	01	5 I	14	13	81	LI	91	A3	A2	A1	A0	ASEL	B3	B2	B1	0 8	TESE	ABUS*	*SNEG	112	111
	92	Src		F	un	O	D	es	t	R	A 1	Add	lr		RI	3 <i>I</i>	Add	lr		Y M(– JX	CI MU	- 1
									A	м2	90	1											
X	•	٩B		S	UB	s	R/	ΑN	1F)	(l R	 	C)		M R	Н	Н	C	l1

RB – r0, Ergebnis nach RB

74	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35
KMUX	12	11	01	S I	14	£1	81	LI	91	A3	A2	A1	A0	ASEL	B3	B2	B1	B 0	BSEL	ABUS*	DBUS*	112	111
	3	Src Func Dest RA Addr RB Addr														I [—]	_ JX	C] M(- 1				
									A	м2	90	1											
	1			1										 	 							 	

RB – r0, Ergebnis nach RB

74	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35
KMUX	12	11	01	5 I	14	81	81	LI	91	A3	A2	A1	A0	ASEL	B3	B2	B1	0 8	TESE	ABUS*	DBUS*	112	111
	92	Src Func Dest RA Addr RB Addr														I [—]	_ JX	C] M(- 1				
									A	м2	90	1											
x				1											 								

RB – r0, Ergebnis nach RB

74	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35
KMUX	12	11	01	5 I	14	13	81	LI	91	A3	A2	A1	A0	ASEL	E 3	B2	B1)BO	TESE	ABUS*	*SNEG	112	111
	٤	Src	;	F	un	O	D	es	t	R	A I	Add	lr		RI	3 <i>I</i>	Add	lr		Y MU	– JX	CI MU	- 1
									A	м2	90	1											
x	 	ΑE	3	 										 	 					 			

RB – r0, Ergebnis nach RB

74	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35
KMUX	12	11	01	5 I	14	13	81	LI	91	A3	A2	A1	A0	ASEL	E 3	B2	B1	DE	TESE	ABUS*	*SNEG	112	111
	S	Src		F	un	O	D	es	t	R	A I	Add	lr		RI	3 <i>I</i>	Add	lr		Y MU	– JX	CI MU	- 1
									A	м2	90	1											
X	 	ΑE	3	s	UE	BR				 				 	 					 		 	

RB – r0, Ergebnis nach RB

74	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35
KMUX	12	11	01	SI	14	13	81	LI	91	A3	A2	A1	A0	ASEL	E 3	B2	B1)BO	TESE	ABUS*	*SNEG	112	111
	S	Src		F	un	O	D	es	t	R	A I	Add	lr		RI	3 <i>I</i>	Add	lr		Y M(– JX	CI MU	- 1
									A	м2	90	1											
X	 	ΑE	3	s	UB	3R	¦R	A٨	1F					 	 					 		 	

RB – r0, Ergebnis nach RB

74	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35
KMUX	12	I1	01	5 I	14	81	81	LI	91	A3	A2	A1	A0	ASEL	B3	B2	B1	0 8	TESE	YBUS*	*SNEG	112	111
	S	Src		F	un	O	D	es	t	R	A I	Add	lr		RI	3 <i>I</i>	Add	lr		Y MU	– JX	CI MU	- 1
									A	м2	90	1											
x	 	ΑB	}	s	UE	BR.	¦R	ΑN	1F	 	(0		 	 					 			

RB – r0, Ergebnis nach RB

74	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35
KMUX	12	11	01	5 I	14	81	81	LI	91	A3	A2	A1	A0	ASEL	ВЗ	B2	B1	0 8	TESE	ABUS*	DBUS*	112	111
	92	Src		F	un	O	D	es	t	R	A I	Add	lr		RI	3 <i>I</i>	Add	lr		I [—]	_ JX	CI MU	- 1
									A	м2	90	1											
x	 	ΑB	3	S	UB	BR	¦R	ΑN	1F	 	()		M R	1								

RB – r0, Ergebnis nach RB

74	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35
KMUX	12	11	01	5 I	14	13	81	LI	91	A3	A2	A1	A0	ASEL	ВЗ	B2	B1	0 8	TESE	ABUS*	*SNEG	112	111
	S.	Src		F	un	O	D	es	t	R	A I	Add	lr		RI	3 <i>I</i>	Add	lr		I [—]	– JX	C] M(- 1
									A	м2	90	1											
x	 	ΑB	3	S	UB	BR	¦R	ΑN	1F	 	()		M R)	Κ						

RB – r0, Ergebnis nach RB

74	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35
KMUX	12	11	01	S I	14	13	81	LI	91	A3	A2	A1	A0	ASEL	B3	B2	B1	B 0	TESE	ABUS*	*SNEG	112	111
	٤	Src	;	F	un	С	D	es	t	R	A I	Add	lr		RI	3 <i>I</i>	Add	lr		Y MU	– JX	CI MU	- 1
									A	м2	90	1											
x	 	ΑE	3	s	UE	BR	¦R	ΑN	1F	 	()		M R)	K		ΙΙ ΙΒ	 		 	

RB – r0, Ergebnis nach RB

74	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35
KMUX	12	I1	01	5 I	14	13	81	LI	91	A3	A2	A1	A0	ASEL	B3	B2	B1)BO	TESE	ABUS*	*SNEG	112	111
	S	Src	;	F	un	C	D	es	t	R	A I	Add	lr		RI	3 <i>I</i>	Add	lr		Y MU	JX	C] MU	- 1
									A	м2	90	1											
x	 	ΑB	3	s	UE	BR	¦R	ΑN	1F	 	()		M R)	Κ		¦I ¦R	H	Н	 	

RB – r0, Ergebnis nach RB

74	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35
KMUX	12	11	01	5 I	14	81	81	LI	91	A3	A2	A1	A0	ASEL	B3	B2	B1	0 8	BSEL	ABUS*	*SNEG	112	111
	5	Src		F	un	O	D	es	t	R	A I	Add	lr		RI	3 <i>I</i>	Add	lr		I [—]	– JX	CI MU	- 1
									A	м2	90	1											
x	 	ΑB	}	S	UB	SR.	¦R	ΑN	1F	 	()		M R)	Κ		¦I ¦R	¦H	Н	C	11

74	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35
KMUX	12	11	01	S I	14	13	81	LI	91	A3	A2	A1	A0	ASEL	B3	B2	B1	B 0	TESE	ABUS*	DBUS*	112	111
	5	Src	;	F	un	С	D	es	t	R	A I	Add	lr		RI	3 <i>I</i>	Add	lr		Y M	JX	C] M(- 1
									A	м2	90	1											

74	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35
KMUX	12	11	01	5 I	14	81	81	LI	91	A3	A2	A1	A0	ASEL	В3	B2	B1)BO	BSEL	ABUS*	*SNEG	112	111
	S	Src	;	F	un	С	D	es	t	RZ	A I	Add	lr		RI	3 <i>I</i>	Add	lr		Y MU	– JX	C] MU	- 1
									A	м2	90	1											
D																							

74	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35
KMUX	12	I1	01	5 I	I4	I3	18	21	91	A3	A2	A1	A0	ASEL	В3	B2	B1	B0	TESE	ABUS*	DBUS*	112	I11
	S	Src	;	F	un	С	D	es	t	RZ	A I	Add	lr		RI	3 <i>I</i>	Add	lr		Y MU	– JX	CI MU	- 1
									A	м2	90	1											
D		DΖ	<u>'</u>																				

74	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35
KMUX	12	11	01	S I	14	81	81	LI	91	A3	A2	A1	A0	ASEL	B3	B2	B1	B 0	TESE	ABUS*	*SNBQ	112	111
	S	Src	;	F	un	C	D	es	t	R/	A I	Add	lr		RI	3 <i>I</i>	Add	lr		Y MU	– JX	CI MU	- 1
									A	м2	90	1											
D		DΖ	<u>'</u>	 	١DI	o								l 									

74	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35
KMUX	12	11	01	5 I	14	81	81	LI	91	A3	A2	A1	A0	ASEL	E 3	B2	B1)B	BSEL	ABUS*	*SNEG	112	111
	S	Src	;	F	un	C	D	es	t	RZ	A I	Add	lr		RI	3 <i>I</i>	Add	lr		Y MU	– JX	CI MU	- 1
									A	м2	90	1											
D	 	DΖ		 	ΙDΙ)	R	ΑN	1F					l 									

74	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35
KMUX	12	11	01	5 I	14	13	18	LI	91	A3	A2	A1	A0	ASEL	В3	B2	B1	B0	TESE	ABUS*	DBUS*	112	111
	S	Src	;	F	un	C	D	es	t	R	A I	Add	lr		RI	3 <i>I</i>	Add	lr		I –	_ JX	C] M(- 1
									A	м2	90	1											
D	 	DΖ	<u>'</u>	 	١DI)	R	ΑN	1F	 	>	(1	

74	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35
KMUX	12	11	01	5 I	14	13	18	LI	91	A3	A2	A1	A0	ASEL	вз	B2	B1	B0	TESE	ABUS*	DBUS*	112	I11
	S	Src	;	F	un	С	D	es	t	RZ	A I	Add	lr		RI	3 <i>I</i>	Add	lr		I –	– JX	C] M(- 1
									A	м2	90	1											
D		DΖ		 	ΙDΙ)	R	ΑN	1F	 	>	(X								1	

74	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35
KMUX	12	I1	01	5 I	14	81	81	LI	91	A3	A2	A1	A0	ASEL	B3	B2	B1	B 0	TESE	ABUS*	*SNEG	112	111
	S	Src	;	F	un	С	D	es	t	RZ	A I	Add	lr		RI	3 <i>I</i>	Add	lr		Y MU	– JX	C] MU	- 1
									A	м2	90	1											
D		DΖ		 	ΔDI)	R	ΑN	1F	 	>	(X)	(

74	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35
KMUX	12	11	01	SI	14	81	81	LI	91	A3	A2	A1	A0	ASEL	B3	B2	B1)BO	TESE	ABUS*	*SNEG	112	111
	S	Src	;	F	un	C	D	es	t	R	A 1	Add	lr		RI	3 <i>I</i>	Add	lr		Y MU	– JX	CI MU	
									A	м2	90	1											
D		DΖ		 	ΙDΙ)	R	ΑN	1F	 	>	(X		>	(I R				

Datenbus + 1, Ergebnis nach RB

74	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35
KMUX	12	11	01	5 I	14	81	81	LI	91	A3	A2	A1	A0	ASEL	B 3	B2	B1	B 0	TESE	ABUS*	*SNEG	112	111
	S	Src		Func			D	es	t	RA Addr			lr		RB Addr					Y- MUX		CIN MUX	
	AM2901																						
D		DΖ		ADD RAMFIX					X)	(I R	'H	Н							

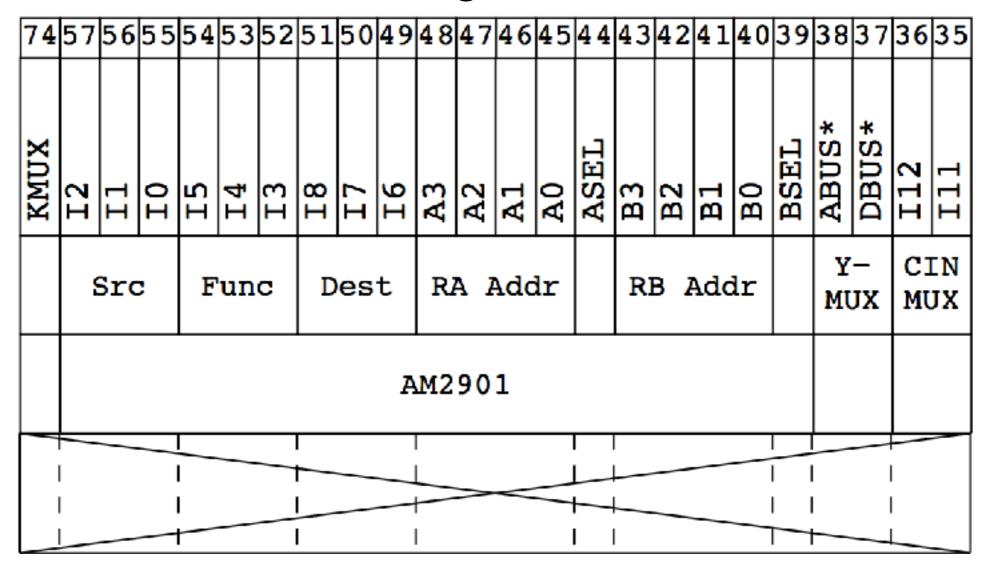
Datenbus + 1, Ergebnis nach RB

74	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35
KMUX	12	11	01	5 I	14	81	81	LI	91	A3	A2	A1	A0	ASEL	B3	B2	B1	B 0	TESE	ABUS*	*SNEG	112	111
	S	Src		Func			D	es	t	RA Addr			lr		RB Addr					Y- MUX		CIN MUX	
	AM2901																						
D		DΖ	<u>'</u>	 	ΔDI	D	R	ΑN	1F	F! X				X		>	(I R	'H	Н	C	l1

RA + RB, Ergebnis nach RA

74	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35
KMUX	12	11	01	5 I	14	13	81	LI	91	A3	A2	A1	A0	ASEL	B3	B2	B1	0 8	TESE	ABUS*	*SNEG	112	111
	Src			F	un	O	D	es	t	RA Addr					RI	3 <i>I</i>	Add	lr		Y M	– JX	CI MU	- 1
	AM2901																						

RA + RB, Ergebnis nach RA



Wie viele Takte benötigt man mindestens

- Wie viele Takte benötigt man mindestens
 - für beliebigen Maschinenbefehl

- Wie viele Takte benötigt man mindestens
 - für beliebigen Maschinenbefehl
 - → 4 (3*1 für IFETCH + 1 Takte)

- Wie viele Takte benötigt man mindestens
 - für beliebigen Maschinenbefehl
 - → 4 (3*1 für IFETCH + 1 Takte)
 - für Maschinenbefehl mit HS-Zugriff

- Wie viele Takte benötigt man mindestens
 - für beliebigen Maschinenbefehl
 - → 4 (3*1 für IFETCH + 1 Takte)
 - für Maschinenbefehl mit HS-Zugriff
 - → 5 (3*1 für IFETCH + 2 Takte, da auf Speicher gewartet werden muss)

Aufgabe 5

- MOV RA, RB hat Opcode A3
- MOV [RA], RB hat Opcode A4
- Schreibe Maschinenprogramm:

1.
$$r0 = r5$$

2.
$$r2 = [r0]$$

Aufgabe 4

- Entwickeln Sie Mikroprogramme für die folgenden Maschinenbefehle:
 - MOV RA, RB
 - MOV [RA], RB
 - ADD RA, RB
 - INC RB
 - ADD imm, RB
 - JMP imm