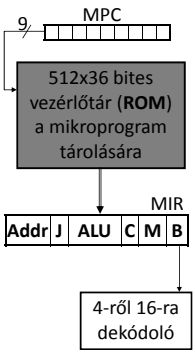
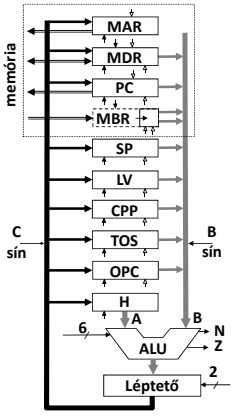
A mikroprogram

Mic-1: 4.6. ábra.
- 512x36 bites vezérlőtár a mikroprogramnak,
- **MPC** (MicroProgram Counter): mikroprogram-utasításszámláló.
- **MIR** (MicroInstruction Register): mikroutasítás-regiszter.

Az adatút ciklus **(4.6. ábra)** elején **MIR** feltöltődik a vezérlőtár **MPC** által mutatott szavával.





Adatút ciklus (4.6. ábra):
- (**MIR** feltöltődik a vezérlőtár **MPC** által mutatott szavával.)
- Kialakul a **B** sín kívánt tartalma, **ALU** és a **léptető** megtudja, mit kell csinálnia,
- Az **ALU** és a **léptető** elvégzi a feladatát, a **C** sín, **N** (Negative) és **Z** (Zero) megkapja az új értékét,
- A regiszterek feltöltődnek a **C** sínről.
  MBR/**MDR** megkapja az értékét, ha az előző ciklus adatot kért a memóriából.
- Kialakul **MPC** új értéke.
- Memória ciklus kezdete.

Az ábra ajánlott

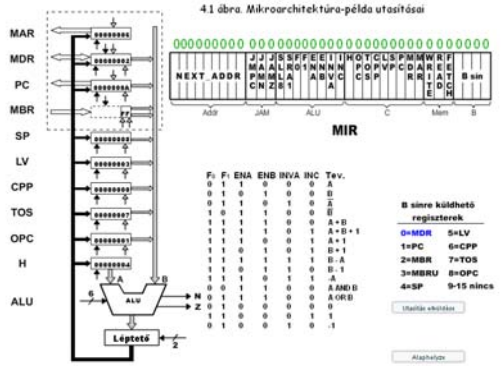
MPC új tartalma, JAMN/JAMZ

- A 9 bites következő cím (**Addr**) az **MPC**-be kerül.
- **(JAMN *ÉS* N) *VAGY* (JAMZ *ÉS* Z)** és **MPC** legmagasabb bitjének logikai ***VAGY*** kapcsolata képződik **MPC** legmagasabb helyértékén. Pl.:

Cím	Addr	JAM	Adatút vezérlő bitek	
0x75	0x092	001	. . .	JAMZ =1

esetén a mikroprogram a
0x092 címen folytatódik, ha **Z = 0**,
0x192 címen folytatódik, ha **Z = 1**.
Feltételes ugrás – elágazás – a **mikroprogramban**.

JAMN: if(LV-H < 0) goto L1; else goto L2



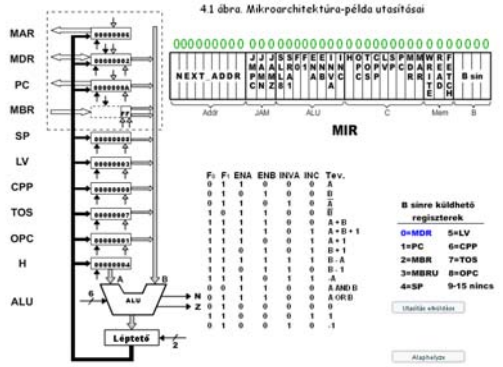
Gyakorlásra mic1_2.swf

MPC új tartalma, JMPC

- **JMPC** esetén **MPC** 8 alacsonyabb helyértékű bitjének és **MBR** 8 bitjének bitenkénti vagy kapcsolata képződik **MPC**-ben az adatút ciklus vége felé (**MBR** megérkezése után).
  Ilyenkor **Addr** 8 alacsonyabb helyértékű bitje általában **0**
  Feltétlen ugrás az **MBR**-ben tárolt címre – kapcsoló utasítás:
  goto(MBR) vagy **goto(MBR *OR* 0x100)**

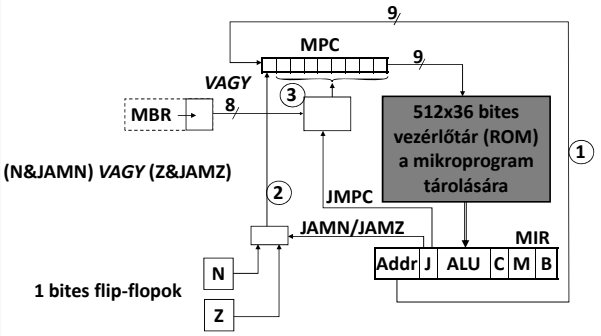
Kezdődhet az újabb mikroutasítás végrehajtása.

JMPC: TOS=H+SP+1; goto(MBR)



Gyakorlásra mic1_2.swf

MPC új tartalmának kialakítása



Mic-1: 4.6. ábra.

Az ábra ajánlott

Mic-1 működése	
•	(**MPC**) ⇒ **MIR**
• regiszter ⇒ **B** sín, **ALU**, léptető megtudja, mit kell csináljon,	**Addr** ⇒ **MPC**
• eredmény ⇒ **C**, **N**, **Z**	
• **C** ⇒ regiszterekbe mem. ⇒ **MDR** és/vagy mem. ⇒ **MBR**	**JAMN**, **JAMZ** és **(N)**, **(Z)** alapján módosul **MPC**
• Memória ciklus indítása (**rd**, **wr**, **fetch**)	**JMPC** és **(MBR)** alapján módosul **MPC**.

Mic-1 programozása (4.5, 6. ábra)

36 bites bináris utasításokat kellene megadnunk.

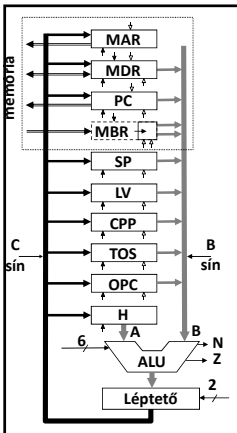
Pl.: A mikroprogram tár 121. címén lévő utasítás: egy ciklusban növeljük **SP**-t 1-gyel és kezdeményezünk olvasást a memóriából, folytatás a 122-es utasításnál. Szimbolikusan ezt így írhatnánk:

SP = SP + 1; rd; goto 122

De így fogjuk írni:

SP = SP + 1; rd

A folytatás címet csak akkor tüntetjük fel, ha az nem a következőként írt mikroutasítás (pl. **goto Main1**).



MAL (Micro Assembly Language)

SOURCE: a **B** sínre kötött regiszterek bármelyike: **MDR**, **PC**, **MBRU** (előjel nélküli - **MBR U**nsigned), **MBR**, **SP**, **LV**, **CPP**, **TOS**, **OPC**.

DEST: a **C** sínre kapcsolt regiszterek bármelyike: **MAR**, **MDR**, **PC**, **SP**, **LV**, **CPP**, **TOS**, **OPC**, **H**.
Több regiszter is kaphatja ugyanazt az értéket.

wr: memóriába írás **MDR**-ből a **MAR** címre.

rd: memóriából olvasás **MDR**-be a **MAR** címről.

fetch: 8 bites utasításkód betöltése **MBR**-be a **PC** címről.

Az ábra ajánlott

Nem megengedett pl. az alábbi utasítás pár:

MAR = SP; rd
MDR = H // A memóriából is most kapna értéket!

Feltétlen ugrás:

goto Main1

Az **Addr** mezőbe **Main1** címét kell írni.

Feltétlen ugrás MBR szerint (kapcsoló utasítás):

Ilyenkor **JMPC = 1**

goto (MBR *OR value*)

value általában **0** vagy **0x100**.

Feltételes elágazás, pl.: **TOS** (Top Of Stack) alapján

Z = TOS ; if (Z) goto L1; else goto L2

// **Z=1**, ha **TOS=0**, különben **Z=0**.

Cím	Addr	JAM	Adatút vezérlő bitek	
0x75	0x092	001	. . .	JAMZ =1

esetén a mikroprogram az

L2 **0x092** címen folytatódik, ha **Z = 0**,

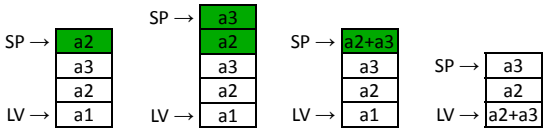
L1 **0x192** címen folytatódik, ha **Z = 1**.

4.7. ábra

Az **L1** és **L2** címek különbsége **256** (**0x100**) kell legyen!

A verem operandusok és az eredmény ideiglenes tárolására is használható (operandus verem), pl. (**4.9. ábra**):

a1 = a2 + a3



IJVM (Integer Java Virtual Machine): a **JVM** egész értékű aritmetikát tartalmazó része.

Az IJVM utasítások szerkezete:

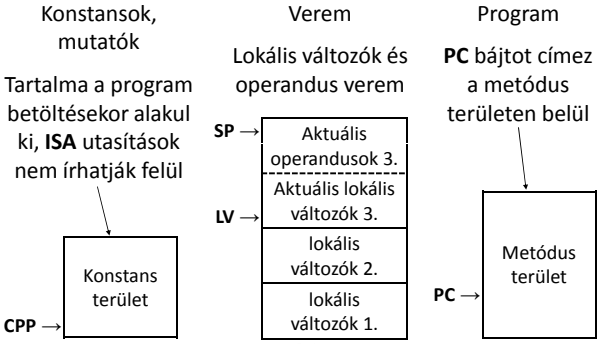
- az első mező az **opcode** (Operation Code, műveleti kód),
- az esetleges második mezőben az **operandus** meghatározására szolgáló adat van.

Mikroprogram: betölti, értelmezi és végrehajtja az **IJVM** utasításokat:

betöltés-végrehajtás (fetch-execute) ciklus.

Az IJVM memóriamodellje (4.10. ábra)

A **4 GB** memória, **1 G** szóként is szervezhető.



IJVM néhány utasítása: **4.11. ábra** (részlet).

hex	Mnemonic	jelentés
10	**BIPUSH *byte***	Beteszi a *byte*–ot a verembe
A7	**GOTO *offset***	Feltétel nélküli ugrás *offset* -re
60	**IADD**	Kivesz a veremből két szót, az összegüket a verembe teszi
99	**IFEQ *offset***	Kivesz a veremből egy szót, ha 0, akkor *offset* -re ugrik
9F	**IF_ICMPEQ *offset***	Kivesz a veremből két szót, ha egyenlők, akkor *offset* -re ugrik
15	**ILOAD *varnum***	Beteszi *varnum* -ot a verembe
36	**ISTORE *varnum***	Kivesz a veremből egy szót, és eltárolja *varnum* -ba
64	**ISUB**	Kivesz a veremből két szót, a különbségüket a verembe teszi
00	**NOP**	Nem csinál semmit
5F	**SWAP**	A verem két felső szavát megcseréli

Java (C) program	IJVM program 4.14. ábra			Bin. kód
	1	ILOAD	j // i = j + k	15 02
	2	ILOAD	k	15 03
i = j + k;	3	IADD		60
if(i = = 3)	4	ISTORE	i	36 01
k = 0;	5	ILOAD	i // if(i = = 3)	15 01
else	6	BIPUSH	3	10 03
j = j – 1;	7	IF_ICMPEQ	L1	9F 00 0D
	8	ILOAD	j // j = j – 1	15 02
	9	BIPUSH	1	10 01
	10	ISUB		64
	11	ISTORE	j	36 02
	12	GOTO	L2	A7 00 0F
	13 L1:	BIPUSH	0 // k = 0	10 00
	14	ISTORE	k	36 03
	15 L2:			

Nem kell

IJVM megvalósítása Mic-1-en (4.11., 17. ábra)

Előkészület a gép indításakor: **PC** a végrehajtandó utasítás címét, **MBR** az utasítás kódját tartalmazza.

A főciklus legelső mikroutasítása a **Main1**, ez:

PC=PC+1; fetch; goto(MBR);

PC most a végrehajtandó utasítás utáni bájtra mutat, ez lehet egy újabb utasítás kódja, vagy operandus.

PC új értékének kialakulása után indul a **fetch**-csel kezdeményezett memória ciklus, ez a program következő bájtját olvassa **MBR**-be (a következő mikroutasítás végén lesz **MBR**-ben a bájt).

goto (MBR) elugrik az utasítás feldolgozásához.

Minden utasítás feldolgozását végző függvény első mikroutasítása az utasítás kódnak megfelelő címen van a mikroprogram tárban.

A továbbiakban utasításon az **IJVM** utasításait értjük, a mikroutasításokat *µ*utasítás-ként fogjuk jelölni.

A *µ*utasítások egy lehetséges elhelyezkedése a mikroprogram tárban (részlet)

	0 8	1 9	2 A	3 B	4 C	5 D	6 E	7 F
0	NOP1	IAND3	POP3	SWAP2	SWAP3	SWAP4	SWAP5	SWAP6
8	LDC_W3	LDC_W4	IINC3	IINC4	IINC5	IINC6	IFLT2	IFLT3
10	BIPUSH1	BIPUSH2	BIPUSH2	LDC_W1	LDC_W2	ILOAD1	ILOAD2	ILOAD3
18	ILOAD4	ILOAD5	IFLT4	INVOKEV19	INVOKEV20	INVOKEV21	INVOKEV22	INVOKEV23
20	F	F2						
28								
30							ISTORE1	ISTORE2
38	ISTORE3	ISTORE4	ISTORE5	ISTORE6				
40								
48								
50								POP1
58	POP2	DUP1	DUP2					SWAP1
60	IADD1	IADD2	IADD3		ISUB1	ISUB2	ISUB3	
68								
70								
78							IAND1	IAND2
80	IOR1	IOR2	IOR3		IINC1	IINC2	INVOKEV1	INVOKEV2
88	INVOKEV3	INVOKEV4	INVOKEV5	INVOKEV6	INVOKEV7	INVOKEV8	INVOKEV9	INVOKEV10

Nem kell

Látható, hogy nem helyezhetjük egymás után az egyes utasítások feldolgozását végző *µ*utasítás sorozatot, ezért inkább azt a megoldást választottuk, hogy minden *µ*utasítás tartalmazza a következő címét.

Ha az első utasítás pl. **NOP** (No OPeration, nem csinál semmit), ennek a kódja **0x00**, ezért a **0x00** címen kezdődik a **NOP** feldolgozását végző függvény. Ez egyetlen **goto Main1** *µ*utasítás.

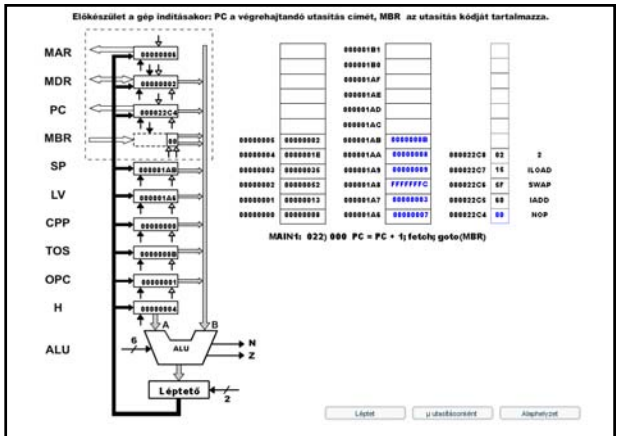
IJVM megvalósítása Mic-1-en (4.11., 17. ábra)

A főciklus a **Main1**-nél kezdődik;
PC a végrehajtandó utasítás címét,
MBR az utasítás kódját tartalmazza.

IJVM program:
NOP
IADD

Main1 a következő utasítást vagy adatbájtot olvassa.

Címke	Műveletek // kommentár
Main1	PC = PC + 1; fetch; goto(MBR)
nop1	goto Main1
iadd1	MAR = SP = SP – 1; rd
iadd2	H = TOS
iadd3	MDR = TOS = MDR + H; wr; goto Main1



Gyakorlásra **mic1_3.swf**

A verem két felső szavának cseréje (4.17. ábra)

Megállapodás szerint **TOS** tartalmazza a verem tetején lévő szót! Ez többnyire előny.

SP ⟶ A
B

swap1	MAR = SP – 1; rd // A 2. szó címe, olvasás	MAR ⟶ B
swap2	MAR = SP // MAR a verem tetejére mutat	MAR ⟶ A MDR ⟸ B

A verem két felső szavának cseréje (4.17. ábra)

swap1	MAR = SP – 1; rd // A 2. szó címe, olvasás	MAR ⟶ B
swap2	MAR = SP // MAR a verem tetejére mutat	MAR ⟶ A MDR ⟸ B
swap3	H = MDR; wr // 2. szó H-ba, verem tetejére	H = B MDR ⟹ (MAR)
swap4	MDR = TOS // verem régi teteje	MDR = A

SP ⟶ B
B

swap4-ben előny, hogy **TOS** tartalmazza a verem tetején lévő szót.

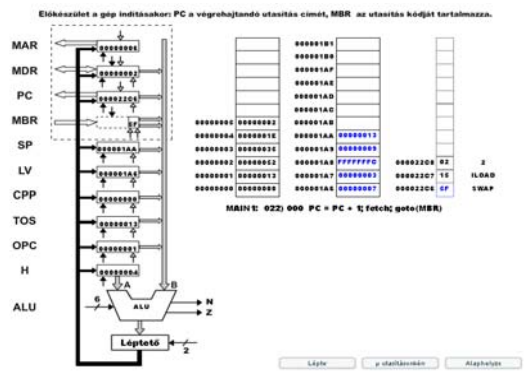
A verem két felső szavának cseréje (4.17. ábra)

swap1	MAR = SP – 1; rd // A 2. szó címe, olvasás	MAR ⟶ B
swap2	MAR = SP // MAR a verem tetejére mutat	MAR ⟶ A MDR ⟸ B
swap3	H = MDR; wr // 2. szó H-ba, verem tetejére	H = B MDR ⟹ (MAR)
swap4	MDR = TOS // verem régi teteje	MDR = A
swap5	MAR = SP – 1; wr // a 2. szóba	MAR ⟶ B MDR ⟹ (MAR)
swap6	TOS = H; goto Main1 // TOS frissítése	

swap6-ban hátrány, mert ez az μutasítás csak azért kell, hogy **TOS** tartalmazza a verem tetején lévő szót.

SP ⟶ B
A

A verem két felső szavának cseréje (4.17. ábra)



Gyakorlásra mic1_4.swf

A WIDE utasítás

A **WIDE** utasítás valójában prefixum: önmagában nem csinál semmit, csak jelzi, hogy a következő utasításnak 16 bites indexe van. Pl.:

ILOAD *varnum* lokális változó a verembe ***varnum*** a lokális változó 8 bites indexe.

WIDE

ILOAD *varnum* lokális változó a verembe ***varnum*** a lokális változó 16 bites indexe.

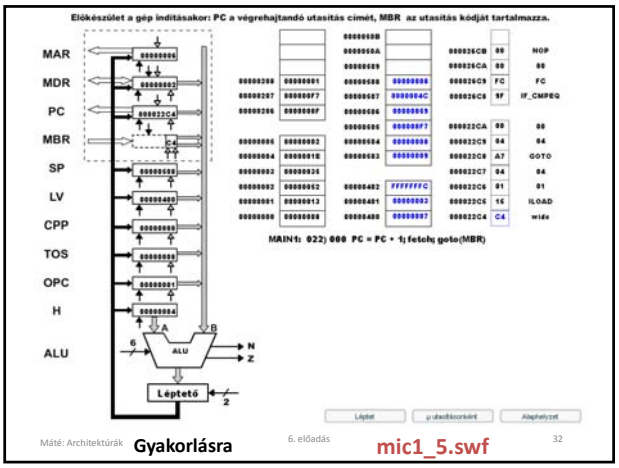
w_iload1 címe = **iload1** címe + **0x100**

ILOAD *varnum* lokális változó a verembe
varnum a lokális változó 8 bites indexe.

Main1	PC = PC + 1; fetch; goto(MBR)	MBR = ILOAD
iload1	H = LV	MBR ⟸ *varnum*
iload2	MAR = H + MBRU; rd // rd(LV+*varnum*)	
iload3	MAR = SP = SP + 1	MDR ⟸ (MAR)
iload4	PC = PC + 1; fetch; wr	(MAR) ⟸ MDR
iload5	TOS = MDR; goto Main1	MBR ⟸ opkód

WIDE
ILOAD *varnum* lokális változó a verembe
varnum a lokális változó 16 bites indexe.

Main1	PC = PC + 1; fetch; goto(MBR)	MBR = WIDE
iload1	H = LV	
iload2	MAR = H + MBRU; rd // rd(LV+*varnum*)	
iload3	MAR = SP = SP + 1	MDR ⇐ (MAR)
iload4	PC = PC + 1; fetch; wr	(MAR) ⇐ MDR
iload5	TOS = MDR; goto Main1	MBR ⇐ opkód
wide1	PC = PC + 1; fetch; goto(MBR *OR* 0x100)	MBR ⇐ ILOAD
w_iload1	PC = PC + 1; fetch // index 2. bájtja	MBR ⇐ 1. bájt
w_iload2	H = MBRU << 8 // 1. bájt léptetése	MBR ⇐ 2. bájt
w_iload3	H = H ***OR*** MBRU // H = a 16 bites index	
w_iload4	MAR = LV + H; rd; goto iload3	rd(LV+*varnum*)



Feladatok

Milyen részei vannak az egy bites **ALU**-nak?
Milyen vezérlő bemenetei vannak az **ALU**-nak?
Milyen vezérlő bemenetek esetén lesz **1** az eredmény?
Milyen eredményt szolgáltat az $\mathbf{F_0}$**=0**, $\mathbf{F_1}$**=1**, **ENA=0**, **ENB=0**, **INVA=1**, **INC=1** vezérlő bemenet?
A **Mic-1** mely regisztere lehet az **ALU** bal/jobb operandusa?
Hova tárolhatja a **Mic-1** az eredményt?
Érvényes utasítás-e **Mic-1**-en a **H=OPC-H**? Miért?
Érvényes utasítás-e **Mic-1**-en a **H=H-OPC**? Miért?

Feladatok

Milyen utasításai vannak a **Mic-1** gépnek?
Milyen ugró utasításai vannak a **Mic-1** gépnek?
Milyen értékeket vehet föl a **SOURCE** operandus?
Milyen értékeket vehet föl a **DEST** operandus?
Mit jelent a **wr**?
Mely utasítások tudnak olvasni a memóriából, és hogy működnek?
Hogy lehet védekezni az ellen, hogy **MDR** egyszerre kapjon értéket a memóriából és a **C** sínről?
Mi az operandus verem?

Feladatok

Hogy történik a memóriából olvasás?
Hogy történik a memóriába írás?
Mire szolgál a **MAR/MDR** regiszter?
Ha egy mikroutasítás módosítja **MAR** tartalmát, és olvas a memóriából, akkor mely címről fog olvasni?
fetch mikroutasítás után mikor használható **MBR** új értéke az adatúton illetve **MPC** meghatározásához?
Mire szolgál a **PC** és az **MBR** regiszter?
Mire szolgál az **N** és a **Z** regiszter?
Mire szolgál a **H** regiszter?

Feladatok

Milyen memória műveletei vannak a **Mic-1** -nek?
Milyen jelek szükségesek a **Mic-1** adatútjának vezérléséhez?
Hány jel szolgál az **A** sín vezérlésére?
Hány jel szolgál a **B** sín vezérlésére?
Hány jel szolgál az **ALU** és a léptető vezérlésére?
Hány jel szolgál a **C** sín vezérlésére?
Hány jel szolgál a memória elérésére?
Milyen részei vannak a **Mic-1** mikroutasításainak?
Milyen részei vannak az adatút ciklusnak?

Feladatok

Milyen típusú memória a mikroprogram tároló?
Mire szolgál az **MPC** regiszter?
Mire szolgál a **MIR** regiszter?
Miért van szükség az **Addr** mezőre?
Milyen részei vannak az adatút ciklusnak?
Hány bit kell a **B/C** sín vezérléséhez?
Mire szolgál a **JMPN**/**JMPZ** bit?
Mire szolgál a **JMPC** bit?
Hogy alakul ki **MPC** új tartalma?

Feladatok

Miért nem megengedett az

MAR = SP; rd
MDR = H

utasítás pár?
Hogy valósítható meg feltétlen ugrás a mikroprogramban?
Hogy valósítható meg feltételes ugrás a mikroprogramban?
Hogy valósítható meg kapcsoló utasítás a mikroprogramban?

Feladatok

Minek a rövidítése az **IJVM**?
Ismertesse az **IJVM** memóriamodelljét!
Milyen utasításai vannak az **IJVM**-nek?
Mi a **BIPUSH**/**DUP**/**IADD**/**SWAP** utasítás feladata?
Mi a **GOTO** utasítás feladata?
Mi az **IFEQ**/**IF_ICMPEQ** utasítás feladata?
Hogy működik a **Mic-1** főciklusa?
Mit tartalmaz **PC** és **MBR** a főciklus indulásakor?
Hogy valósítható meg **Mic-1**-en a **NOP** utasítás?
Hogy valósítható meg **Mic-1**-en az **IADD** utasítás?

Feladatok

Mire szolgál a **SWAP** utasítás?
Hogy valósítható meg a **SWAP** utasítás?
Mire szolgál a **WIDE** utasítás?
Hogy valósítható meg a **WIDE** utasítás?
Mire szolgál az **ILOAD** utasítás?
Hogy valósítható meg az **ILOAD** utasítás?
Mire szolgál a **WIDE ILOAD** utasítás?
Hogy valósítható meg a **WIDE ILOAD** utasítás?

Az előadáshoz kapcsolódó

Fontosabb témák

A **Mic-1** működése, adatút ciklusa, memória ciklusa, mikroprogramja.

MPC új értékének kialakulása **Mic-1**-en.

Az **IJVM**, az **IJVM** memória modellje, az **IJVM** megvalósítása **Mic-1**-en.

A **WIDE** utasítás hatása és megvalósítása **Mic-1**-en.