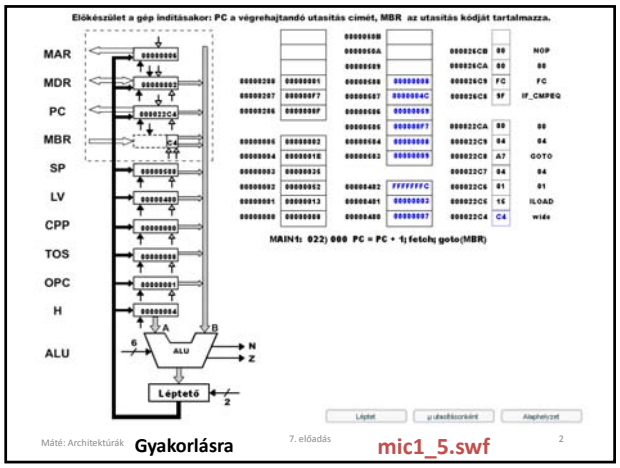
Az **GOTO *offset*** utasítás. **PC** relatív: **PC** értékéhez hozzá kell adni a két bájtos, előjeles ***offset*** értékét. **Mic-1** program:

Main1	PC = PC + 1; fetch; goto(MBR)	
goto1	OPC=PC–1 // Main1-nél : PC=PC+1	MBR ⇐ 1. bájt
goto2	PC=PC+1; fetch // ***offset*** 2. bájtja	
goto3	H=MBR<<8 // 1. (előjeles) bájt <<8	MBR ⇐ 2. bájt
goto4	H=MBRU OR H // 16 bites ***offset***	
goto5	PC=OPC+H; fetch; goto Main1	// PC új értéke

Main1	PC = PC + 1; fetch; goto(MBR)	MBR ⇐ opkód

goto5 kezdeményezi a **PC** új értékénél lévő bájt olvasását, **Main1**-ben **goto(MBR)** már a folytatás első opkódjának megfelelő címre ugrik!

Máté: Architektúrák 7. előadás 1



Máté: Architektúrák **Gyakorlásra** 7. előadás **mic1_5.swf** 2

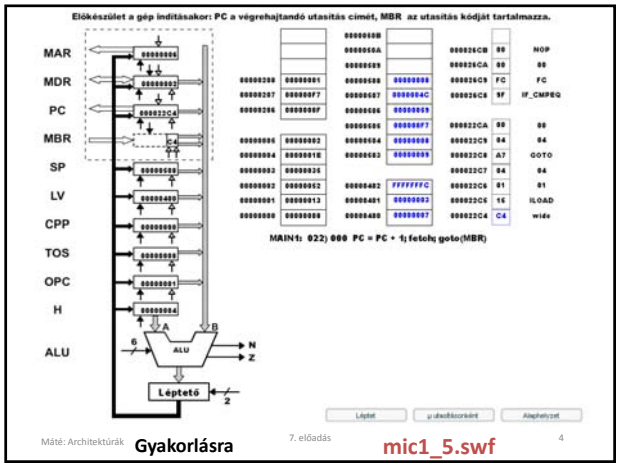
A **IFLT *offset*** utasítás (**Mic-1**)

Kivesz egy szót a veremből és ugrik, ha negatív.

iflt1	MAR=SP=SP–1; rd	// 2. szó a veremből
iflt2	OPC=TOS	// TOS mentése
iflt3	TOS=MDR	// TOS= a verem új teteje
iflt4	N=OPC; if(N) goto T; else goto F	//elágazás
T	OPC=PC–1; goto goto2	// igaz ág
F	PC=PC+1	// hamis ág, át kell lépni ***offset***-et
F2	PC=PC+1; fetch; goto (Main1)	// PC új értéke a folytatás 1. utasításának betöltése

Fontos: **T** címe = **F** címe + 0x100

Máté: Architektúrák 7. előadás 3



Máté: Architektúrák **Gyakorlásra** 7. előadás **mic1_5.swf** 4

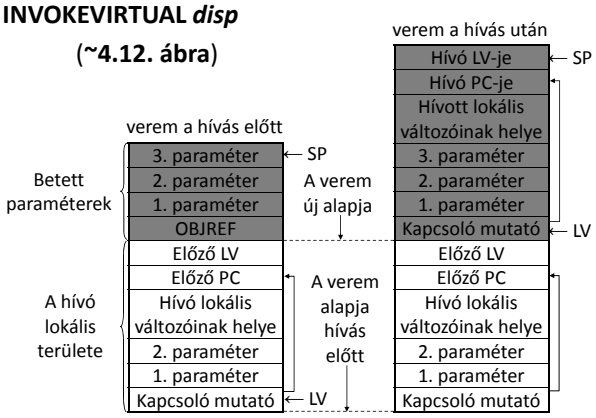
INVOKEVIRTUAL *disp* (**4.12. ábra**),

- A **CPP** által mutatott területen a ***disp*** (2 bájt) indexű szó mutat a meghívandó metódus kezdő szavára.
- Ennek a szónak
  - az első két bájtja tartalmazza a metódus paramétereinek számát,
  - a második két bájtja a metódus lokális változóinak számát.
- A metódus végrehajtása a metódus 5. bájtján indul.

Máté: Architektúrák 7. előadás 5

INVOKEVIRTUAL *disp*

(~4.12. ábra)



Máté: Architektúrák **Az ábra ajánlott** 7. előadás 6

INVOKEVIRTUAL *disp* **4.17. ábra**

A **CPP** által mutatott táblázat ***disp*** indexű eleme a meghívandó metódusra mutat. ***disp*** első bájtjának **MBR**-be olvasását már **Main1** kezdeményezte.

invo1	PC = PC + 1; fetch	// ***disp*** 2. bájtját olvassa
invo2	H = MBRU << 8	// ***disp*** 1. bájtját lépteti
invo3	H = MBRU *OR* H	// H = ***disp***
invo4	MAR = CPP + H; rd	// kezdő cím olvasása
invo5	OPC = PC + 1	// OldPC = visszatérési cím

INVOKEVIRTUAL: a metódus elején lévő 2 bájt tartalmazza a paraméterek számát.

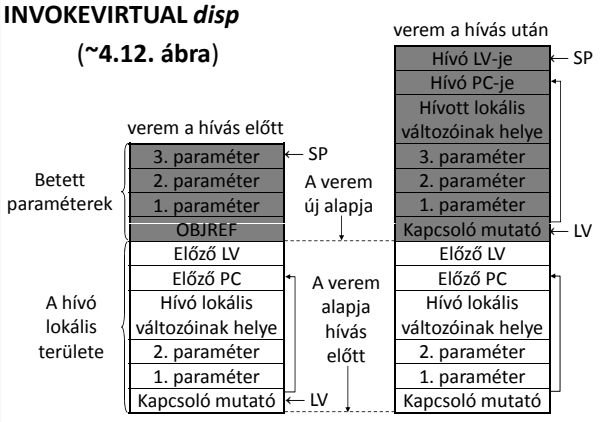
invo6	PC = MDR; fetch	// PC: új metódus eleje
invo7	PC = PC + 1; fetch	// paraméterek száma
invo8	H = MBRU << 8	
invo9	H = H *OR* MBRU	// H = paraméterek száma
invo10	TOS = SP – H	// OBJREF is paraméter!
invo11	TOS = MAR = TOS + 1	// OBJREF címe

TOS-ban tároljuk ideiglenesen **OBJREF** címét, ide mutat majd a hívott metódus **LV**-je.

Az utasítások sorrendje más, mint a könyvben!

INVOKEVIRTUAL *disp*

(~4.12. ábra)



INVOKEVIRTUAL: lokálisok száma 2 bájt a paraméterek száma után, **OBJREF** cseréje, ide kerül a lokális változók fölötti címre mutató **Kapcsoló mutató**. A mutatott címre kerül majd a **Hívó PC-je**.

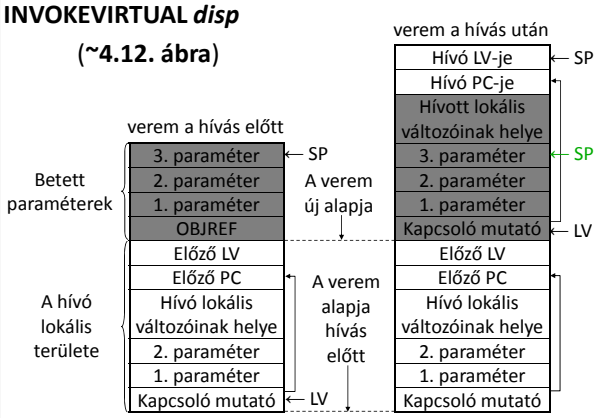
TOS = MAR = OBJREF címe

invo12	PC = PC + 1; fetch	// lokálisok száma 1. bájt
invo13	PC = PC + 1; fetch	// lokálisok száma 2. bájt
invo14	H = MBRU << 8	
invo15	H = H *OR* MBRU	// H = lokálisok száma
invo16	MDR = H + SP + 1; wr	// OBJREF cseréje

MDR = Hívó PC-jének címe

INVOKEVIRTUAL *disp*

(~4.12. ábra)

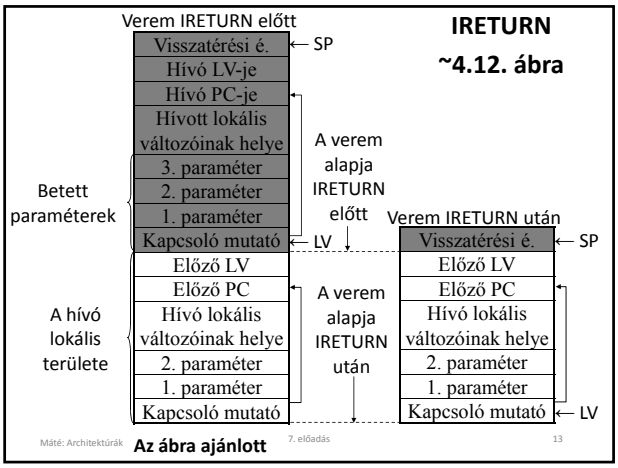


INVOKEVIRTUAL: a hívó **PC**-je és **LV**-je

TOS = OBJREF címe

invo17	MAR = SP = MDR	// hívó PC-jének helye
invo18	MDR = OPC; wr	// hívó PC-jének vermelése
invo19	MAR = SP = SP + 1	// hívó LV-jének a helye
invo20	MDR = LV; wr	// hívó LV-jének vermelése
invo21	PC = PC + 1; fetch	// utasítás olvasás
invo22	LV = TOS	// LV új értéke (a verem új alapja)
invo23	TOS = MDR; goto Main1	// TOS=hívó LV-je

TOS = MDR nélkül **TOS** a **Kapcsoló mutató** címét (a **hívott LV**-jét) tartalmazná!

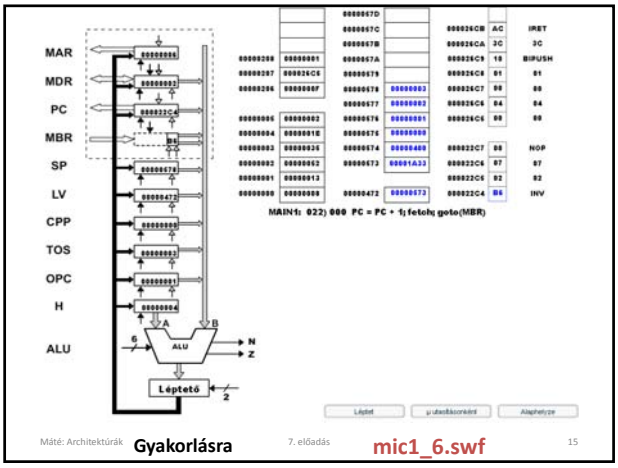


Máté: Architektúrák **Az ábra ajánlott** 7. előadás 13

IRETURN	// **~4.13. ábra**
iret1	MAR = SP = LV; rd // kapcs. mut. olvasása
iret2	H = H // vár, hogy az olvasás befejeződjön
iret3	LV = MAR = MDR; rd // hívó PC olvasása
iret4	MAR = LV + 1; rd // hívó LV címe
iret5	PC = MDR; fetch // hívó PC, opkód olv.
iret6	MAR = SP // visszatérési érték címe
iret7	LV = MDR // hívó LV
iret8	MDR = TOS; wr; goto Main1

iret3-4: **MAR** nem lehet **SOURCE** operandus!

Máté: Architektúrák **Nem kell** 7. előadás 14



Máté: Architektúrák **Gyakorlásra** 7. előadás **mic1_6.swf** 15

Házi feladat: A **4.17. ábra** többi része.

Továbbfejlesztések: több sínes rendszerek.

Máté: Architektúrák 7. előadás 16

A mikroarchitektúra szint tervezése

Mic-1: olcsó, de lassú.

Sebesség növelés:
- rövidebb óraciklus,
- kevesebb μutasítás az utasítások végrehajtásához,
- az utasítások végrehajtásának átlapolása.

B sín 9 regiszterét 4 bittel címeztük: dekódolóra van szükség, növeli az adatút ciklus idejét! (**4.6. ábra**)

Úthossz (path length, a szükséges ciklusok száma) **rövidítése**: **goto Main1** néha megspórolható, jobb microprogram vagy pl. **PC** növelésére külön áramkör (ez legtöbbször ***fetch***-csel együtt történik).

Máté: Architektúrák 7. előadás 17

A goto Main1 néha megspórolható**:**
- Minden **IJVM** utasítás értelmezése akkor fejeződik be (kezdődik), amikor a ***fetch; goto(MBR)*** végrehajtásra kerül (ez a **Main1**-ben volt). Ilyenkor **MBR**-nek a következő **IJVM** utasítás kódját kell tartalmaznia, és megkezdődik ennek az utasításnak az értelmezése. Ez a ***fetch*** a program következő bájtjának olvasását kezdeményezi.
  Korábbi μutasítás ezt nem kezdeményezheti, mert akkor **MBR** tartalmát fölülírná a ***goto(MBR)*** végrehajtása előtt.
- A következő **IJVM** értelmezésének első μutasítása nem használhatja **MBR**-t az adatúton, mert ilyenkor **MBR**-ben még az **IJVM** utasítás kódja található.

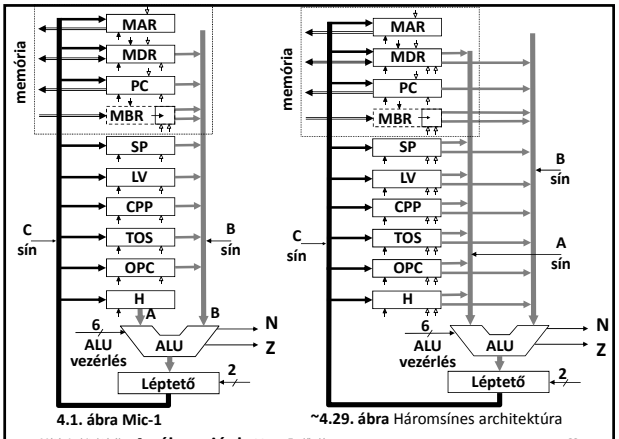
Máté: Architektúrák 7. előadás 18

goto Main1 néha megspórolható (**4.23-24. ábra**):
0x57 POP A verem legfelső szavát eldobja.

pop1	MAR=SP=SP-1; rd	//2. szó címe, olvas
pop2		// vár
pop3	TOS=MDR; goto main1	//TOS=a verem teteje
main1	PC=PC+1;fetch;goto(MBR)	//következő ut.

Új változat

pop1	MAR=SP=SP-1; rd	
pop2	PC=PC+1; ~~fetch~~	
pop3	TOS=MDR; fetch; goto(MBR)	//következő ut.



4.1. ábra Mic-1

~4.29. ábra Háromsínes architektúra

Három sínes architektúra

Sok regiszter csatlakozhat az **A** sínhez, nemcsak **H** (**4.1., 4.29. ábra**).

A három sínes architektúra előnye a két sínes architektúrával szemben:
pl. **iload** -ban nem kell **H = LV** (**4.25-26. ábra**).

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

Mic-1 kód (**4.25. ábra**)

iload1	H = LV
iload2	MAR = MBRU + H; rd
iload3	MAR = SP = SP + 1
iload4	PC = PC + 1; fetch; wr
iload5	TOS = MDR; goto main1
main1	PC = PC + 1; fetch; goto(MBR)

Három sínes kód(**4.26. ábra**)

iload1	MAR = MBRU + LV; rd
iload2	MAR = SP = SP + 1
iload3	PC = PC + 1; fetch; wr
iload4	TOS = MDR
iload5	PC = PC + 1; fetch; goto(MBR)

Hibás a könyvben lévő kód (**4.26. ábra**), mert még nem áll rendelkezésre **MBRU** értéke, mert az előző utasítás utolsó μutasításában volt az a **fetch**, amely az **ILOAD** operandusát olvassa.

Három sínes kód(**4.26. ábra**)

iload1	MAR = MBRU + LV; rd
iload2	MAR = SP = SP + 1
iload3	PC = PC + 1; fetch; wr
iload4	TOS = MDR
iload5	PC = PC + 1; fetch; goto(MBR)

Mic-1 kód (**4.25. ábra**)

iload1	H = LV
iload2	MAR = MBRU + H; rd
iload3	MAR = SP = SP + 1
iload4	PC = PC + 1; fetch; wr
iload5	TOS = MDR; goto main1
main1	PC = PC + 1; fetch; goto(MBR)

Három sínes kód(**4.26. ábra**)

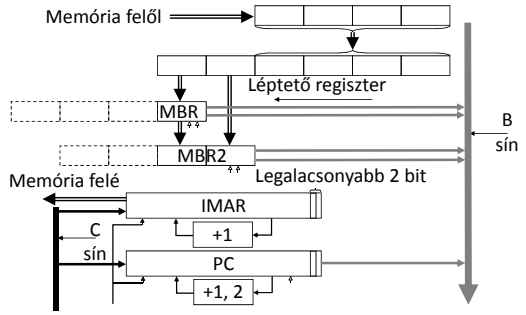
iload1	PC = PC + 1; fetch
iload2	MAR = MBRU + LV; rd
iload3	MAR = SP = SP + 1
iload4	TOS = MDR; wr
iload5	PC = PC + 1; fetch; goto(MBR)

A **PC**-vel kapcsolatos teendők:
- **PC** növelése **1**-gyel,
- **fetch**,
- 2 bájtos operandus olvasás a memóriából.

ALU-nál egyszerűbb áramkörrel megvalósíthatók.

Utasításbetöltő egység (**IFU –** Instruction Fetch Unit)
- értelmezhet minden kódot, hogy kell-e operandus,
- de egyszerűbb, ha a kódtól függetlenül előkészíti a következő 8 és 16 bites részt (**4.27. ábra**).

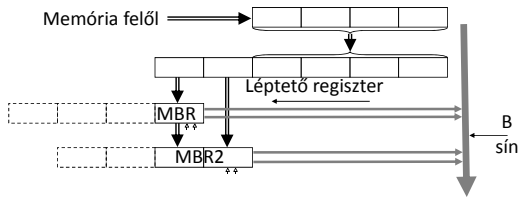
Utasításbetöltő egység
(**IFU –** Instruction Fetch Unit) **~4.27. ábra**



Utasításbetöltő egység
(**IFU –** Instruction Fetch Unit) **~4.27. ábra**

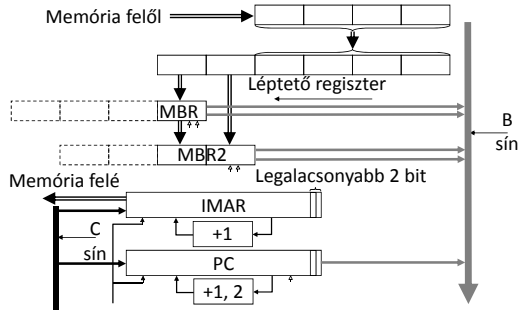
A memóriából szavanként történik az olvasás a léptető regiszter utolsó 4 bájtjára, amint lehetséges.

A léptető regiszterből újra föltöltésre kerül **MBR** és **MBR2**, amint olvasás történik **MBR**-ből, vagy **MBR2**-ből, ilyenkor a léptető regiszter tartalma 1 vagy 2 bájttal balra lép.

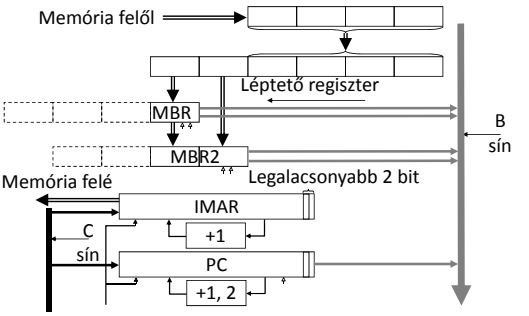


IMAR mutatja a legközelebb betöltendő szó címét.

IMAR módosul, amint a léptető regiszterbe írta a következő 4 bájtot, de **PC** csak akkor, ha **MBR1** vagy **MBR2** olvasása történik.

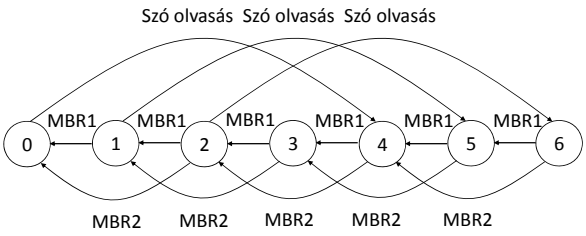


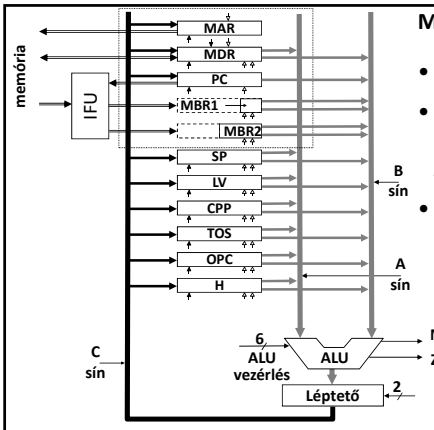
Ha **PC** értéket kap a **C** sínről, azt **IMAR** is megkapja. Ilyenkor a mikroprogramnak várnia kell a léptető regiszter, **MBR1** és **MBR2** feltöltésére.



Véges állapotú gép
FSM – Finite State Machine (**4.28. ábra**)

0, …, 6: állapotok, élek: események.





Mic-2 (4.29. ábra)

- **Main1** fölösleges,
- **PC** növeléséhez nem kell az **ALU**,
- a 8 és 16 bites operandusokat **IFU** adja (nincs fetch).

Az ábra ajánlott

Mic-2 (4.29. ábra)

Több hardver kell az **A** sín címzése és **IFU** miatt, de kevesebb μutasítás kell, pl. **WIDE ILOAD**-hoz az eddigi **9** helyett csak **4** (v.ö. **4.17. ábra**).
WIDE ILOAD *varnum* //beteszi a 16 bites ***varnum*** indexű lokális változót a verembe:

wide1	goto (MBR1 OR 0x100)
w_iload1	MAR=LV+MBR2U; rd; goto iload2
iload1	MAR=LV+MBR1U; rd // változó olvasása
iload2	MAR=SP=SP+1 // vermelés előkészítése
iload3	TOS=MDR; wr; goto (MBR1)

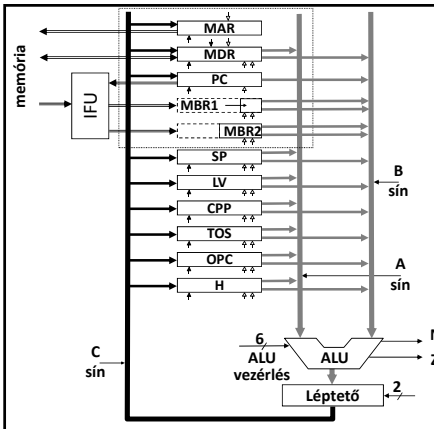
Vezérlés átadáskor várni kell, míg az **IFU** elkészül (a léptető megkapja az új értékét, **MBR1** és **MBR2** feltöltése megtörténik).

GOTO *offset*
az utasítás **PC** relatív: **PC** értékéhez hozzá kell adni a két bájtos, előjeles ***offset*** értékét. **Mic-2** program:

goto1	H=PC-1 // IFU már csinált PC=PC+1-et
goto2	PC=H+MBR2 // itt folytatódik a program
goto3	// IFU még nincs kész, várni kell!
goto4	goto (MBR1) // a folytatás 1. utasítása

Az **IFLT *offset*** utasítás (**Mic-2**)
Kivesz egy szót a veremből és ugrik, ha negatív.

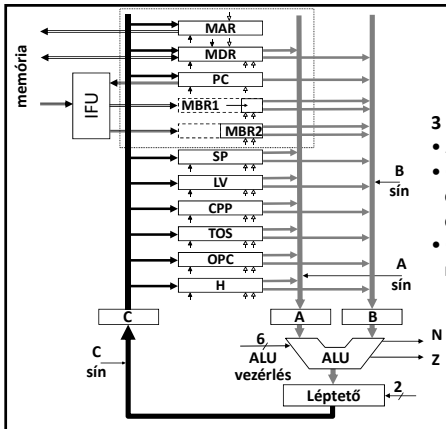
iflt1	MAR=SP=SP-1; rd	// 2. szó a veremből
iflt2	OPC=TOS	// TOS mentése
iflt3	TOS=MDR	// TOS= a verem új teteje
iflt4	N=OPC; if(N) goto T; else goto F	//elágazás
T	H=PC-1; goto goto2	// igaz ág
F	H=MBR2	// hamis ág, eldobja ***offset***–et
F2	goto (MBR1)	// a folytatás 1. utasítása



A **Mic-2** adatút idejének összetevői (**4.29. ábra**):

- az **A** és **B** sínek feltöltése a regiszterekből,
- az **ALU** és a léptető munkája,
- az eredmények tárolása a **C** sínről.

Az ábra ajánlott



Csővonalas terv: Mic-3 (4.31. ábra)

A, **B** és **C** tároló.

3 mikrolépés:

- **A**, **B** feltöltése,
- **C** feltöltése az **ALU** és a léptető eredménye alapján,
- **C** tárolása regiszterbe.

3 mikrolépés egyidejűleg (párhuzamosan) végrehajtható!

Az ábra ajánlott

Pl.: a verem két felső szavának cseréje **Mic-3**-on (**4.33. ábra**):

	swap1	swap2	swap3	swap4	swap5	swap6
cy	MAR= SP-1;rd	MAR= SP	H=MDR; wr	MDR= TOS	MAR= SP-1;wr	TOS=H; goto(MBR1)
1	B=SP					
2	C=B-1	B=SP				
3	MAR=C	C=B	*Várni kell!*			
4	rd	MAR=C	*Várni kell!*			
5			B=MDR			
6			C=B	B=TOS		
7			H=C	C=B	B=SP	
8			wr	MDR=C	C=B-1	B=H
9					MAR=C	C=B
10					wr	TOS=C
11						goto(MBR1)

Valódi függőség
RAW – Read After Write!
Elakadás

eldugaszolja a csővezetéket!

Feladatok

Mire szolgál a **GOTO** utasítás?

Hogy valósítható meg a **GOTO** utasítás **Mic-1**-en?

Melyek az **IJVM** feltételes ugró utasításai?

Mire szolgál az **IFLT** utasítás?

Hogy valósítható meg az **IFLT** utasítás **Mic-1**-en?

Feladatok

Mit nevezünk metódusnak?

IJVM melyik utasítása szolgál a metódus hívására?

Mire szolgál az **INVOKEVIRTUAL** utasítás?

Hol található az **INVOKEVIRTUAL *disp*** utasítással hívott metódus?

Milyen információ van a metódus elején?

Hogy néz ki a veremnek egy metódus számára látható része?

Feladatok

Mely regiszterek tartalmát kell menteni metódus hívás esetén?

IJVM melyik utasítása szolgál a metódusból való visszatérésre?

Hogy találhatók meg a mentett regiszter tartalmak visszatéréskor?

Miért nem lenne jó **IRETURN** megvalósításában:

iret3: **MAR = MDR; rd**
iret4: **MAR = MAR + 1** ?

Hol található a metódus visszatérési értéke az **IRETURN** utasítás végrehajtása után?

Elemezze a **4.17. ábra** programjait!

Feladatok

Az **IRETURN** utasítás mikroprogramozását úgy is megvalósíthattuk volna, hogy a **Kapcsoló mutató**t nem használjuk, hanem **SP** értékéből indulunk ki. Hogyan? Így 7 utasítás is elegendő lett volna. Miért jobb mégis az előadáson bemutatott megoldás?

Feladatok

Mi az úthossz?

Milyen lehetőségek vannak a **Mic-1** gyorsítására?

Mi az előnye a három sínes architektúrának a **Mic-1**-gyel szemben?

Sorolja fel a **Mic-1** és **Mic-2** közötti különbségeket! Miért eredményeznek ezek gyorsítást?

Mi az utasítás betöltő egység (**IFU**) feladata?

Milyen részei vannak az **IFU**-nak?

Mi az **IMAR** szerepe az **IFU**-ban?

Írja le az **IMAR** és a **PC** regiszter kapcsolatát?

Hogy működik az **IFU**?

Feladatok

Hogy ábrázolható véges állapotú géppel (**FSM**) az **IFU** működése?

Mi a különbség a **Mic-2** és **Mic-3** között? Miért eredményez ez gyorsítást?

Feladatok

A **SWAP** utasítás (a verem két felső szavának cseréje) **Mic-3**-on négy mikroutasítással megoldható kilenc mikrolépésben. Hogyan?

A megoldás nem vihető át **Mic-2**-re. Miért?

A feladat nehéz! Élesen ki kell használni az adatút szakaszainak időzítését. Ezt ugyan nem tárgyaltuk, de kikövetkeztethető abból, hogy az egyes szakaszok egyidejűleg működhetnek.

Nem kell

Az előadáshoz kapcsolódó

Fontosabb témák

Feltétlen és feltételes elágazó utasítás megvalósítása **Mic-1**-en.

Utasítás betöltő egység. Mic-2.

Csővonalas terv: Mic-3.