

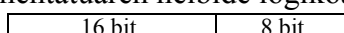


Konputagailuen Arkitektura I

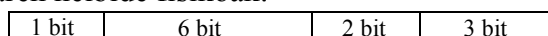
Memoria-sistema 3 (ebazpena): Segmentazioa + bankuak

Memoria-sistema batean, helbideratze-unitatea byte izanik, memoria atzitzeko helbideek honako egitura hau dute:

- Alegiazko memoria segmentatuaren helbide logikoak:



- Memoria nagusiaren helbide fisikoak:



Honako hau eskatzen da:

- Helbideak itzultzeko egituraren eskema. Zenbat segmentu izan ditzake programa batek gehienez? Zenbatekoa da segmentu baten tamainarik handiena? Zenbat sarrera izango ditu segmentu-taulak? Zein izango da sarrera bakoitzaren tamaina? TLB izanez gero, zer tamainakoa da sarrera bakoitza?
- Memoria nagusiaren egituraren eskema. Zenbat hitz ditu? Zer tamainakoa da hitz bakoitza, bytetan? Nola dago antolatuta memoria? Modulu batzuk izanez gero, zein da modulu bakoitzaren tamaina?
- Une jakin batean, prozesadoreak honako helbide logikoen sekuentzia botatzen badu, bata bestearen ondoren emandako ordenan: 1480 – 412 – 1496 – 428, zenbat denbora beharko da horien itzulpena egiteko, kontuan hartuz TLBa hasieran hutsik dagoela eta 30 ziklo behar direla hutsegitean eta 1 ziklo asmatzean? Segmentu-taularen edukia behean emandakoa baldin bada, zenbat denbora beharko da aurreko helbideei dagozkien memoria posizioak atzitzeko, memoria atzitzeko 10 ziklo behar baldin badira (1 ziklo tartekatze bufferretik, baldin badago)?

Segmentu-taula:	segmentua	10	5	1	2
	@oinarria	3000	600	2700	100

- Zenbatekoa izango da hurrengo programaren itzulpen-denbora, baldin eta 4 segmentuk osatzen badute (aginduak, A bektorea, B bektorea eta C bektorea)?

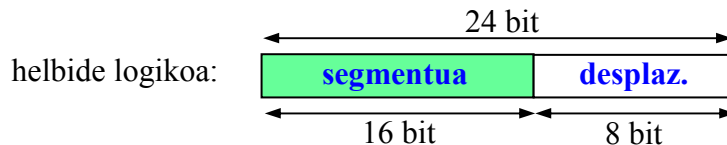
```
for (i=2; i<52; i++)  
    A[i] = (B[i-2]+B[i]+B[i+2]) / C[0];  
  
beg:  movi  r1,#16  
      movi  r10,#4320  
      movi  r6,#2  
      load  r2,B[r1-16]  
      load  r3,B[r1]  
      load  r4,B[r1+16]  
      add  r2,r2,r3  
      add  r2,r2,r4  
      load  r5,[r10]  
      divi  r2,r2,r5  
      store r2,64[r1]  
      addi  r1,r1,#8  
      addi  r6,r6,#1  
      subi  r7,r6,#511  
      bnz  r7,beg
```

Ebazpena

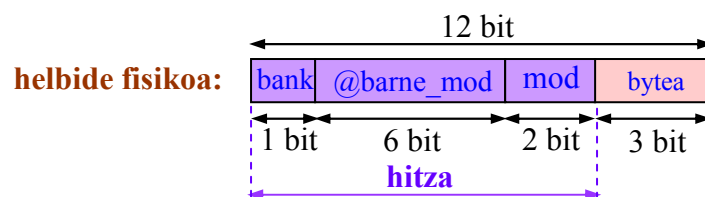
Helbide logikoetako eta helbide fisikoetako bit-eremuei buruz enuntziatuan emandako informaziotik memoria-sistemaren ezaugarriak erauzi behar ditugu.

Esaten digutenaren arabera, **helbideratze-unitatea bytea** da.

Alegiazko memoriari dagokionez, badakigu zein den helbide logikoaren biten banaketa eremutan. Badakigu, baita ere, **segmentatua** dela. Ondorioz, helbide logikoak dituen bi eremuak hauexek dira: **segmentua** adierazten duten bitak, eta atzitu nahi dugun byteak segmentuaren barruan duen **desplazamendua**. Honelaxe interpretatzen da, beraz, helbide logikoaren eskema:



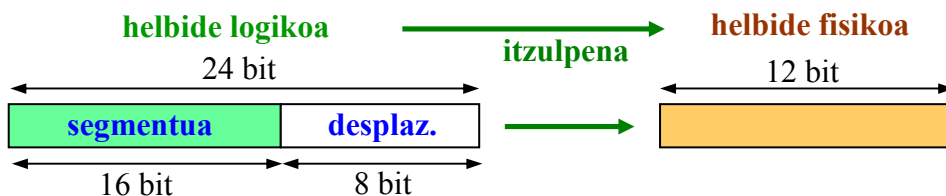
Memoria nagusiari dagokionez, berriz, badakigu zein den byterako helbide fisikoaren biten banaketa eremutan. Lau eremu dituen, aukera bakarra dago memoria nagusiaren egiturari dagokionez: **ondo-ondoko bankuak** izango dira, eta **modulu tartekatua** bankuen barruan. Arrazoa da beste eskemetan (ondo-ondoko moduluak edo modulu tartekatua) helbide fisikoan hiru eremu baino ez direla agertzen. Ondorioz, helbide fisikoak dituen lau eremuak hauexek dira, eskuinetatik hasita: hitzaren barruko **bytea** adierazten duten bitak; **modulua** adierazten duten bitak; modulu horren barruan hitza zein helbide zehaztetan dagoen adierazten duten bitak, **@barne_mod**; eta, azkenik, **bankua**. Hortaz, honelaxe interpretatzen da helbide fisikoaren eskema:



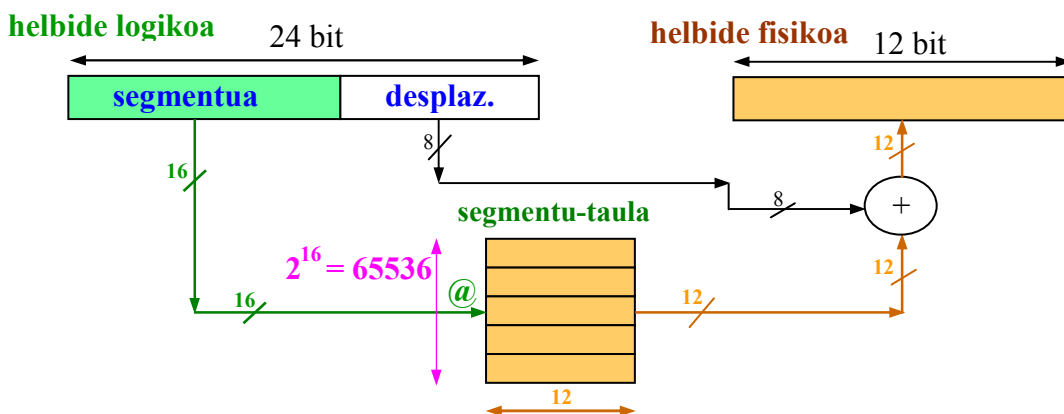
Informazio hori nahikoa da atalen ebazpenei ekiteko.

- (a) Helbideen itzulpen-sistemaren egitura irudikatu behar dugu, agerian uzteko nola erabiltzen diren helbide logikoaren eremuetako bitak.

Itzulpenari dagokionez, badakigu segmentuaren zenbakia adierazten duten bitak direla TLBan edo segmentu-taulan bilatzeko erabiltzen den informazioa, eta bilaketa horren emaitza segmentuaren oinarri-helbidea dela, hau da, memoria nagusiko helbide bat, edozein, hori delako segmentazioaren ezaugarria: segmentuak memoria nagusiko edozein helbidetatik aurrera kargatu daitezkeela. Oinarri-helbide horri desplazamendua batu behar zaio, nahi dugun bytearen helbide fisikoa lortzeko. Hortaz, hau da itzulpenaren eskema:

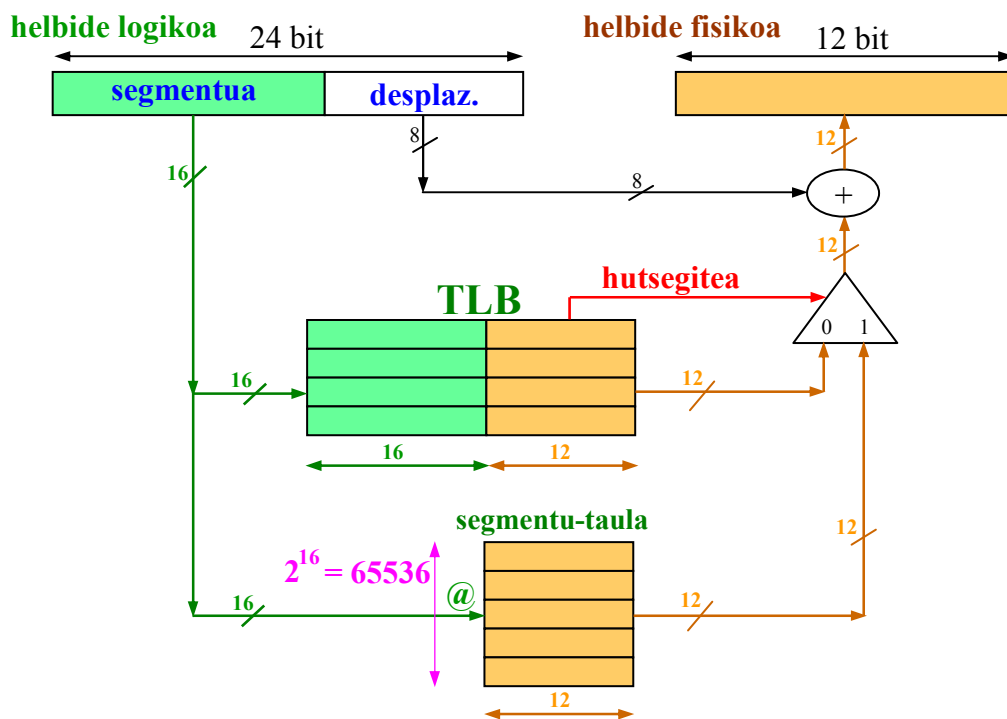


Hala, honelaxe geratzen da “helbide logiko → helbide fisiko” itzulpena egiteaz arduratzen den hardwarearen eskema:



Segmentu-taula memoria arrunta denez, helbide logikotik jasotzen dituen 16 bitak helbidea gisa erabiltzen ditu informazioa atzitzeko; hortaz, **segmentu-taulak** $2^{16} = 65536$ posizio edo **sarrera** izango ditu (segmentu adina, hain zuzen ere, segmentu bakoitzari segmentu-taulako sarrera bana dagokiolako). Beste aldetik, **segmentu-taulako** posizio edo **sarrera** bakoitzean segmentuaren oinarri-helbidea adierazten duten 12 bitak daude.

TLBa dagoenean, honelaxe geratzen da eskema:



TLBa memoria asoziatiboa denez, edukiaren bitartez egiten ditu bilaketak. Hori dela eta, edukiaren zati bat, 16 bitekoa, bilatu beharreko segmentuari dagokio; beste zatiak, berriz, 12 bitekoa, segmentu hori memoria nagusian zein oinarri-helbide fisikotatik aurrera kargatu den adierazten du; bigarren zati hau da TLBaren irteera gisa helbide fisikoa lortzeko behar den batugailura joango dena, desplazamenduarekin batu ondoren atzitu nahi den helbide fisikoa lortzeko. Hortaz, **TLBaren** posizio edo **sarrera** bakoitzaren **tamaina 28 bitekoa** da (16 + 12).

Helbide logikoaren eremuetatik ondorioztatzen ditugu galderen erantzunak. Alde batetik, helbide logikoa adierazteko 24 bit erabiltzen direnez, esan dezakegu **alegiatzko memoria 8 MB**-koa dela (2^{24}). Beste aldetik, segmentua adierazteko 16 bit erabiltzen direnez, esan dezakegu programa batek, gehienez, **65536 segmentu** izan ditzakeela (2^{16}). Azkenik, desplazamendua adierazteko 8 bit erabiltzen direnez, esan daiteke segmentuen tamaina maximoa **256 byte**koa dela (2^8).

- (b) Memoria nagusiaren egitura irudikatu behar dugu. Helbide fisikoaren eremuak aztertuz, gauza asko ondorioztatzen ditugu memoria nagusiaren egiturari buruz, jakinik helbideratze-unitatea bytea dela. Hasteko, esan bezala, 4 eremu dituenaz, ondorioztatzen da **modulu tartekatuetako ondoz-ondoko banku**tan egituratuta dagoela memoria nagusia. Hitzaren barruko bytea adierazteko 3 bit erabiltzen direnez, **hitzaren tamaina 8 byte**koa da (2^3). Beste aldetik, modulua adierazteko 2 bit erabiltzen direnez, esan dezakegu **4 modulu** (2^2) daudela banku bakoitzean. Moduluen barneko hitzaren helbidea adierazteko 6 bit erabiltzen direnez, esan dezakegu moduluen tamaina 64 hitzekoa dela (2^6), edo, gauza bera dena, 512 bytekoa (2^9). Azkenik, bankua adierazteko 1 bit erabiltzen denez, esan dezakegu **2 banku**k osatzen dutela memoria nagusia. Laburbilduz, beraz, ondoz-ondoko 2 banku, bakoitzean 4 modulu tartekatu izanik.

Memoria nagusia 4 kB-koa izanik (2^{12} byte), eta **hitza 8** (2^3) **byte**koa denez gero, esan dezakegu memoria nagusian **512** (2^9) **hitz** sartzen direla:

$$\frac{4 \text{ kB}}{8 \text{ byte/hitz}} = \frac{2^{12} \text{ byte}}{2^3 \text{ byte/hitz}} = 2^9 \text{ hitz} = 512 \text{ hitz}$$

Hala berean, 2 (2^1) bankuk osatzen dutenez memoria nagusia, **banku** bakoitza **2 kB**-koa da (2^{11}), edo **256** (2^8) **hitz**ekoa:

$$\frac{4 \text{ kB}}{2 \text{ banku}} = 2 \text{ kB/banku}$$

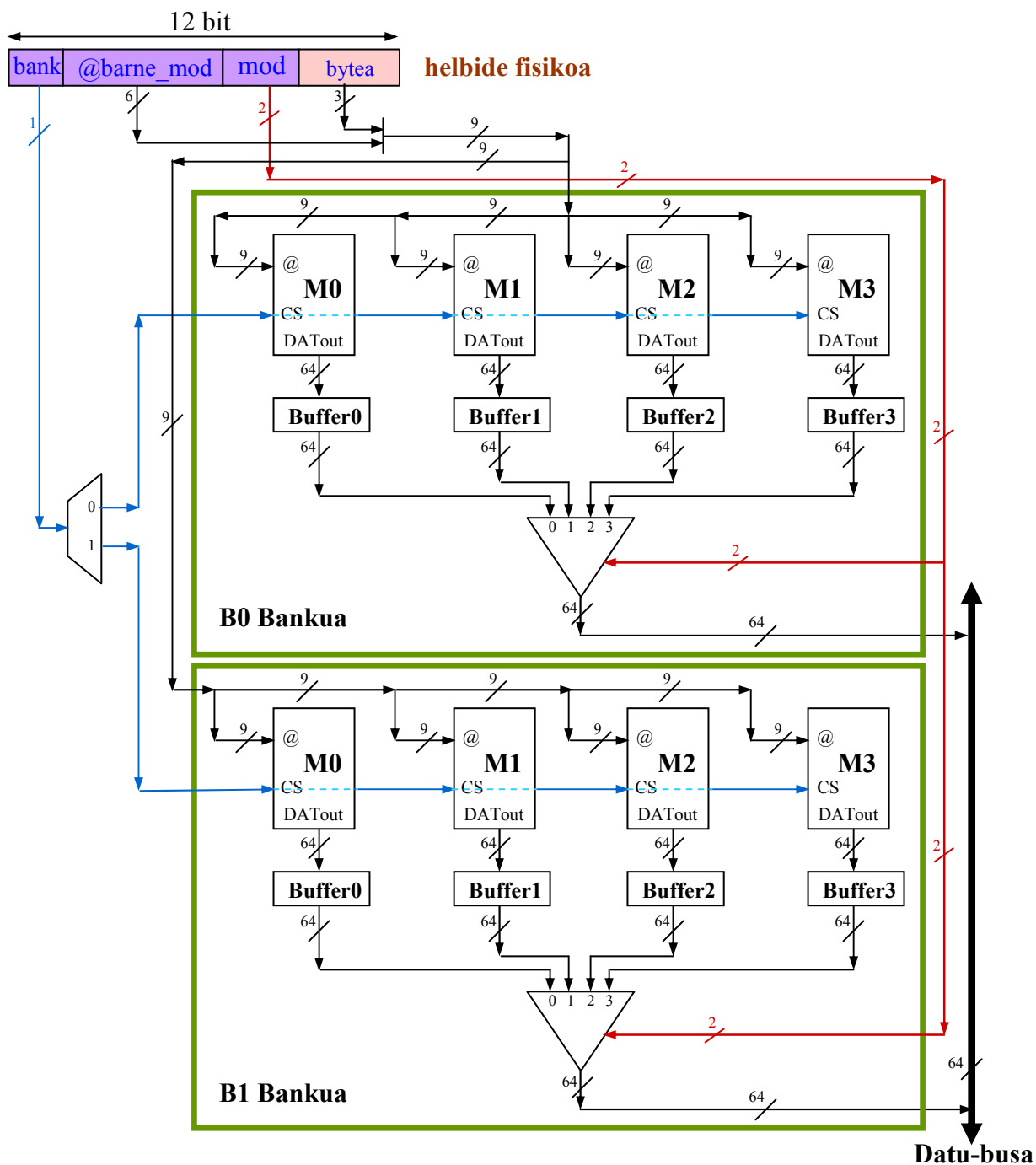
$$\frac{2^9 \text{ hitz}}{2^1 \text{ banku}} = 2^8 \text{ hitz/banku} = 256 \text{ hitz/banku}$$

Eta banku bakoitzean 4 (2^2) modulu daudenez, **modulu** bakoitza **512 B**-koa da (2^9), edo **64** (2^6) **hitz**ekoa:

$$\frac{2 \text{ kB/banku}}{4 \text{ modulu/banku}} = 512 \text{ B/modulu}$$

$$\frac{2^8 \text{ hitz/banku}}{2^2 \text{ modulu/banku}} = 2^6 \text{ hitz/modulu} = 64 \text{ hitz/modulu}$$

Honelaxe geratzen da memoria nagusiaren hardwarearen eskema:



- (c) Ematen diguten helbide-sekuentzia itzultzeko eta atzitzeko behar den denbora kalkulatu behar dugu. Modu ordenatuan egiteko, taula batean bilduko ditugu emaitzak.

Horretarako, gogoratu behar ditugu tarteko emaitzak kalkulatzeko behar ditugun ekuazioak. Hona hemen:

Helbide logikotik segmentua eta desplazamendua erauzteko:

$$\text{segmentua} = @\text{logikoa} \text{ div } \text{segmentuaren tamaina bytetan} = @\text{logikoa} \text{ div } 256$$

desplazamendua = @logikoa mod segmentuaren tamaina bytetan = @logikoa mod 256

Segmentu-taulatik irakurritako oinarri-helbideari desplazamendua batu behar zaio nahi dugun helbide fisikoa kalkulatzeko:

$$@fisikoa = oinarri-helbidea + desplazamendua$$

Helbide fisikotik hitza kalkulatzeko:

$$hitza = @fisikoa \div hitzaren tamaina bytetan = @fisikoa \div 8$$

Hitzetik bankua kalkulatzeko:

$$bankua = hitza \div bankuaren tamaina hitzetan = hitza \div 2^8 = hitza \div 256$$

$$hondarra = hitza \bmod bankuaren tamaina hitzetan = hitza \bmod 2^8 = hitza \bmod 256$$

Aurreko zatiketaren hondarrean, oraindik bi eremu daude, bereizi beharrekoak, eta balio horretatik ateratzen dira modulua eta barne-helbidea:

$$@barne_mod = hondarra \div modulu-kopurua bankuan = hondarra \div 4$$

$$mod = hondarra \bmod modulu-kopurua bankuan = hondarra \bmod 4$$

Azken lau ekuazioak orokortu daitezke, bankua kalkulatzean lortu dugun hondarraren beharra saihesteko; honelaxe:

$$\begin{aligned} bankua &= (hitza \div modulu-kopurua bankuan) \div moduluen tamaina hitzetan = \\ &= (hitza \div 2^2) \div 2^6 = (hitza \div 4) \div 64 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} @barne_mod &= (hitza \div modulu-kopurua bankuan) \bmod moduluen tamaina hitzetan = \\ &= (hitza \div 2^2) \bmod 2^6 = (hitza \div 4) \bmod 64 \end{aligned}$$

$$mod = hitza \bmod modulu-kopurua bankuan = hitza \bmod 2^2 = hitza \bmod 4$$

Ekuazio horiek guztiak kontuan harturik, hau da ateratzen den taula:

@l	segmentua	d	itzulp.	@oinarri	d	@f	hitza	bankua	hondarra	@barne_mod	mod	t_atzip.
1480	5	200	30	600	200	800	100	0	100	25	0	10
412	1	156	30	2700	156	2856	357	1	101	25	1	10
1496	5	216	1	600	216	816	102	0	102	25	2	1
428	1	172	1	2700	172	2872	359	1	103	25	3	1

Itzulpen-denborari dagokionez, taulan garbi ikusten da bi segmentu atzitzen direla, 5 eta 1 zenbakidunak, hain zuzen. Horien lehenengo atzipenak, beraz, hutsegiteak dira, eta 30 ziklo behar dira itzulpena egiteko, hau da, segmentu-taulan irakurtzeko eta TLBan idazteko segmentu bakoitzari dagokion oinarri-helbidea. Beste bi atzipenak, berriz, asmatzeak dira.

Atzipen-denborari dagokionez, taulan ageri den informazioa nahasgarria izan daiteke, lau helbideei 25 barne-helbidea dagokielako, lau moduluen artean banatuta. Hori dela eta, pentsa genezake lehenengo atzipena egiteko 10 ziklo beharko direla eta beste hiruak egiteko, aldiz, ziklo bana bakarrik, tartekatze-bufferretan dagoelako jadanik informazioa. Baina okerra da hori, helbideak banku

desberdinetan daudelako. Hori dela eta, lehenengo helbidea 0 bankuan irakurtzen denean, 10 ziklo behar dira, eta horrekin batera 0 bankuko tartekatze-bufferretan kargatzen dira 25 barne-helbideei dagozkien hitzak, baina 1 bankuko tartekatze-bufferretan ez dakigu zer dagoen. Horregatik, bigarren helbidea atzitzen denean, 1 bankuan dagoenez, berriro irakurri behar da memoria, beste 10 ziklo erabiliz, 1 bankuko tartekatze-bufferrak 25 barne-helbideen informazioarekin kargatzeko. Hortik aurrera, hirugarren eta laugarren helbideen atzipenak egiteko, orduan bai ziklo bana behar da, bi kasutan behar den informazioa jadanik dagoelako bi bankuetako tartekatze-bufferretan.

- (d) Kalkulatu behar dugu zenbat denbora behar den programak sortuko dituen helbide guztiak itzultzeko, jakinik 4 segmentutan dagoela informazio guztia: segmentu batean aginduak daude, eta segmentu banatan A, B eta C bektoreak.

Itzulpen-denbora TLBan bilatzean gertatutako hutsegite eta asmatze kopuruen araberakoa da. Kasu honetan, 4 segmentu bakarrik daudenez, agerikoa da 4 hutsegite baino ez dela egongo, segmentu bakoitza lehenengo aldiz atzitzean gertatutakoak. Beste atzipen guztiak, beraz, asmatzeak izango dira. Hala, bakarrik falta zaigu kalkulatzeko zenbat memoria-atzipen egin behar dituen programak, asmatze-kopurua ondorioztatzeko.

3 agindu begiztatik kanpo daude, eta horietan ez da daturik atzitzen. Hortaz, 3 atzipen begiztatik kanpo.

Begiztaren barruan, berriz, 12 agindu daude, eta, horiez gain, B bektorearen 3 osagai atzitzen dira, C bektorearen bat, eta A bektorearen beste bat (kasu honetan, idazteko). Guztira, beraz, $12 + 3 + 1 + 1 = 17$ atzipen begiztaren barruan. Begizta 50 aldiz exekututzen denez gero ($i = 2$ izatetik $i = 51$ izatera), guztira honako atzipen hauek egiten dira:

$$\text{atzipen-kopurua} = 3 + (17 \times 50) = 853$$

Horietatik 4 hutsegiteak dira, asmatzeak, beraz: $853 - 4 = 849$ asmatze.

Orain itzulpenak egiteko behar den denbora kalkulatu dezakegu:

$$t_{\text{itzulp.}} = 4 \times 30 + 849 \times 1 = 969 \text{ ziklo.}$$