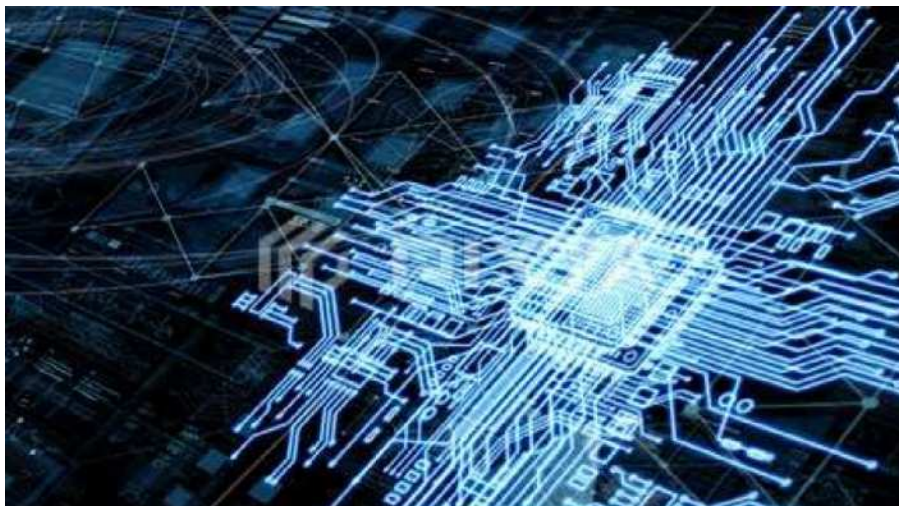


KOMPÝUTERIN ĞURLUŞY



Begnarlyýewiç Serdar Orazdurdyýew

KOICA Korea International
Cooperation Agency



MAZMUNY

| | |
|---|-----------|
| 1. Kompýuter ulgamyna giriş | |
| 1.1. Kompýuteriň esasy gurluşy | 9 |
| 1.1.1 Kompýuter ulgamynyň düzümi | 9 |
| 1.2 Maglumatlary görkezmek we saklamak | 12 |
| 1.3 Ulgam konfigurasiýasy | 15 |
| 1.3.1 Prosessor we saklaýyş enjamlaryny birikdirmek | 16 |
| 1.3.2 Prosessor we giriş / çykyş enjamlary birikdirmek | 19 |
| 1.3.3. Kompýuter ulgamyny doly özleşdirmek | 23 |
| 1.4 Kompýuter arhitekturasyny ösdürmek prosesi | 24 |
| 1.4.1 Kompýuteriň ösüş prosesi | 24 |
| 1.4.2 Kompýuteriň esasy bölekleriniň ösüşi | 29 |
| 1.4.3 Kompýuter ulgamlarynyň klassifikasiýasy we ösüş meýilleri | 33 |
| 2. Prosessoryň gurluşy we funksiýasy | |
| 2.1 Esasy prosessor gurluşy | 41 |
| 2.1.1 CPU funksiýasy | 41 |
| 2.1.2 CPU-nyň içki bölekleri | 42 |
| 2.2 Buýrugy ýerine ýetirmek | 43 |
| 2.2.1 Aýyrmak döwri | 46 |
| 2.2.2 Ýerine ýetiriş döwri | 47 |
| 2.2.3 Arakesme döwri | 55 |
| 2.2.4 Gytaklaýyn döwür | 60 |
| 2.3 Gözükdirme konweýeri | 61 |
| 2.3.1 Iki basgançakly gözükdirme konweýeri | 61 |
| 2.3.2 Dört basgançakly gözükdirme konweýeri | 62 |
| 2.3.3 Superskalar | 67 |

| | |
|--|------------|
| 2.4 Gözükdirmе toplumy | 69 |
| 2.4.1 Amallaryň görnüşleri | 70 |
| 2.4.2 Buýruk formaty | 73 |
| 2.4.3 Salgy tertibi | 79 |
| 2.4.3 Hakyky täjirçilik prosessorlarynyň gözükdirmе formatlary | 94 |
| 3. Kompýuteriň arifmetiki we logiki amallary | |
| 3.1 ALU komponentleri | 97 |
| 3.2 Bitewi sanlary görkezmek | 98 |
| 3.2.1 Kodlamak – ölçegini görkezmek | 99 |
| 3.2.2 Sylagyň beýany | 101 |
| 3.2.3 Bit giňeltmesi | 103 |
| 3.3 Logiki amallar | 105 |
| 3.4 Shift amallary | 111 |
| 3.4.1 Logiki Shift (logical shift) | 111 |
| 3.4.2 Halkaly Shift (Circular Shift) | 112 |
| 3.4.3 Arifmetiki Shift (Aritmetic Shift) | 114 |
| 3.5 Bitewi sanlarda arifmetiki amallar | 116 |
| 3.5.1 Goşmak | 116 |
| 3.5.2 Aýyrmak | 119 |
| 3.5.3 Alamatsyz bitewi sanlary köpeltmek | 122 |
| 3.5.4 Bölme | 126 |
| 3.6 Ýüzýän nokatlaryň sanlaryny görkezmek | 129 |
| 3.7 Ýüzýän nokatlaryň arifmetikasy | 135 |
| 3.7.1 Goşmak we aýyrmak | 135 |

| | |
|---|-----|
| 3.7.2 Ýüzýän nokatlary köpeltmek / bölmek | 137 |
|---|-----|

4. Saklaýyş enjamlary

| | |
|--|-----|
| 4.1 Saklaýjy enjamlaryň klassifikasiýasy we aýratynlyklary | 139 |
|--|-----|

| | |
|--------------------------------|-----|
| 4.2 Iýerarhiki saklaýyş ulgamy | 142 |
|--------------------------------|-----|

| | |
|--------------------------------------|-----|
| 4.2.1 Gatnaşygyň zerurlygy we täsiri | 142 |
|--------------------------------------|-----|

| | |
|-------------------------|-----|
| 4.2.2 Saklamak derejesi | 144 |
|-------------------------|-----|

| | |
|----------------------------------|------------|
| 4.3 Ýarymgeçirijiniň ýady | 146 |
|----------------------------------|------------|

| | |
|-----------------------------------|-----|
| 4.3.1 RAM (tötänleýin giriş ýady) | 146 |
|-----------------------------------|-----|

| | |
|------------------------------|-----|
| 4.3.2 ROM (Diňe okalýan ýat) | 150 |
|------------------------------|-----|

| | |
|---------------------|------------|
| 4.4 Keş ýady | 152 |
|---------------------|------------|

| | |
|-------------------------------|-----|
| 4.4.1 Keşin ululygy (kuwwaty) | 154 |
|-------------------------------|-----|

| | |
|----------------------------|-----|
| 4.4.2 Surat çekmegiň usuly | 154 |
|----------------------------|-----|

| | |
|------------------------------|-----|
| 4.4.3 Kartalaşdyrmagyň usuly | 155 |
|------------------------------|-----|

| | |
|-------------------------|-----|
| 4.4.4 Çalyşma algoritmi | 166 |
|-------------------------|-----|

| | |
|-----------------------|-----|
| 4.4.5 Syýasat ýazgysy | 166 |
|-----------------------|-----|

| | |
|---------------------------------------|-----|
| 4.4.6 Köp ugurly keş (Multiple cache) | 168 |
|---------------------------------------|-----|

| | |
|--------------------------------------|------------|
| 4.5 İn täze ýat tehnologiýasy | 170 |
|--------------------------------------|------------|

| | |
|------------|-----|
| 4.5.1 SDRM | 170 |
|------------|-----|

| | |
|----------------|-----|
| 4.5.2 DDR SDRM | 173 |
|----------------|-----|

| | |
|----------------------------------|-----|
| 4.5.3 Ýat derejesi (memory rank) | 174 |
|----------------------------------|-----|

| | |
|---|------------|
| 4.6 Indiki nesil üýtgemeyän saklaýyş enjamlary | 177 |
|---|------------|

| | |
|---------------------------------|-----|
| 4.6.1 PRAM (Faza üýtgetmek RAM) | 177 |
|---------------------------------|-----|

| | |
|--------------------------------|-----|
| 4.6.2 FRAM (Ferroelektrik RAM) | 179 |
|--------------------------------|-----|

| | |
|-------------------------|-----|
| 4.6.3 MRAM (Magnit RAM) | 181 |
|-------------------------|-----|

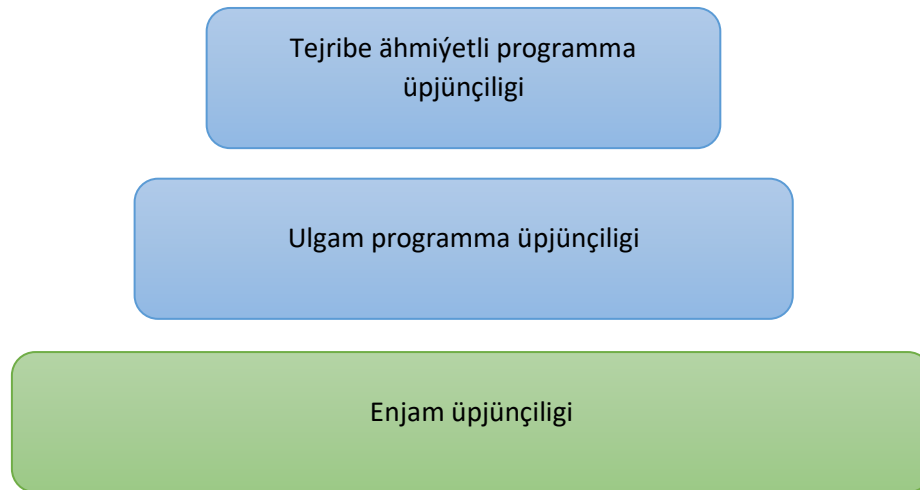
5. Kömekçi saklaýyş enjamlary

| | |
|--|------------|
| 5.1 Gaty disk | 183 |
| 5.1.1 Diskiň gurluşy | 184 |
| 5.1.2 Diskiň giriş wagty | 190 |
| 5.2 RAID (Arzan diskleriň artykmaç tertibi) | 192 |
| 5.2.1 RAID-ıň döremeginiň şertleri | 192 |
| 5.2.2 RAID görnüşleri | 194 |
| 5.3 Fleş ýady we SSD | 199 |
| 5.3.1 Fleş ýady | 200 |
| 5.3.2 SSD | 204 |

1. Kompýuter ulgamyna giriş

1.1. Kompýuteriň esasy gurluşy

1.1.1 Kompýuter ulgamynyň düzümi

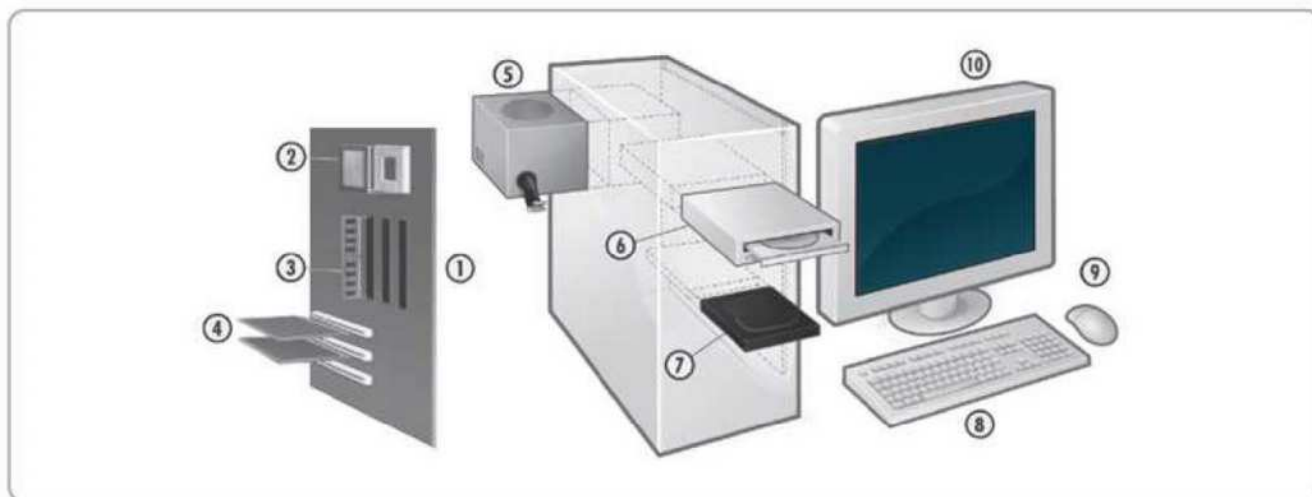


- **Enjam we programma üpjünçiligi**

Enjam üpjünçiligi (hardware)

- Kompýuter maglumatlary üçin geçiriş ýoluny üpjün edýän we hakykatdanam şol maglumatlaryň gaýtadan işlenmegine sebäp bolýan fiziki gurluşlar
- Programma üpjünçiligi (software)
- Maglumatyň haýsy tarapa hereket edýändigini we maglumatlary gaýtadan işlemegiň görnüşini kesgitleýän, şeýle hem şeýle hereketleriň ýüze çykýan wagtyňy görkezýän buýruklar toplumu (command)
- Ulgam programma üpjünçiligi (system software): OS (Windows 10, Unix, Linux we ş.m.), Dürli kömekçi enjamlar (Printer sürüjisi we ş.m.)
- Programma üpjünçiligi (application software): Word prosessor, web brauzeri, MS-Excel, we ş.m.

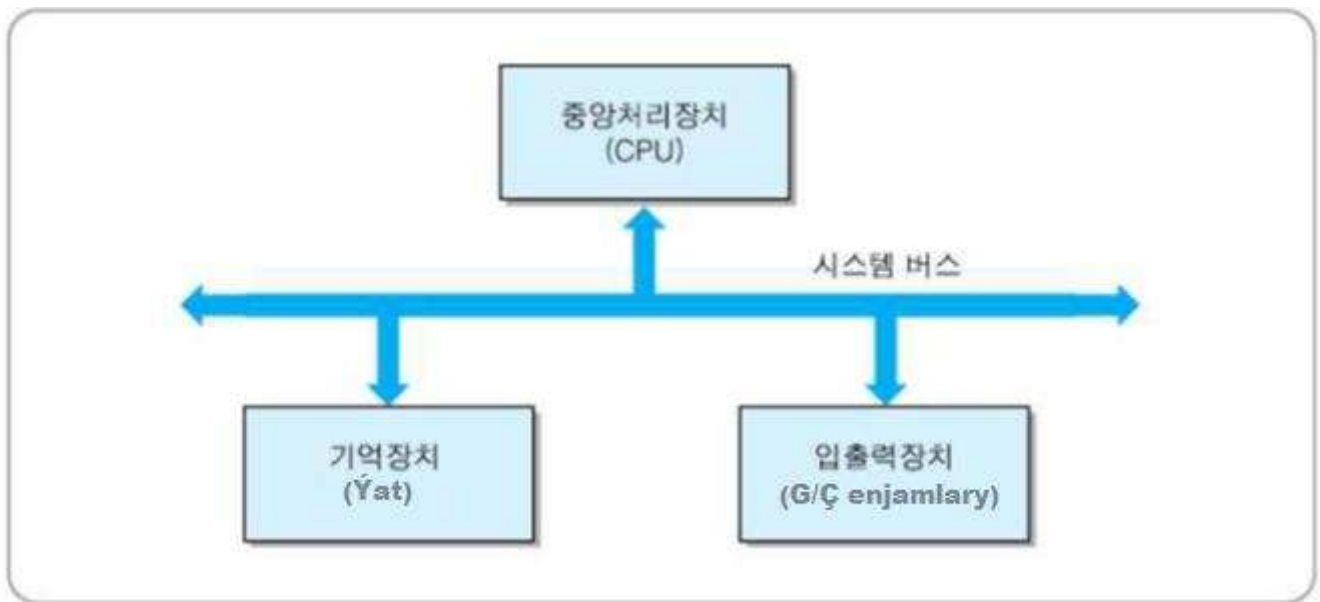
- **Kompýuter tehnologiýasynyň esasy elementleri**



| | | | |
|---|----------------------------------|----|-----------------------|
| 1 | Esasy plata | 6 | Optiki saklaýjy enjam |
| 2 | CPU we GPU Çip | 7 | Gaty disk, SSD |
| 3 | Esasy ýat moduly | 8 | Klawiatura |
| 4 | Giňeltmek platasynyň ses kartasy | 9 | Syçan |
| 5 | Elektrik üpjünçiligi | 10 | Monitor ekrany |

- **Kompýuteriň esasy gurluşy**

- Kompýuter funksiýasy: Programma koduny belli bir tertipde ýerine ýetiriň
- Maglumatlar okalýar (read), işlenýär (processing) we saklanýar (store).
- Esasy komponentler: Merkezi prosessor, ýat bölümi, giriş / çykyş bölümi,



- **Kompýuteriň esasy bölekleri**

- * Merkezi prosessor (Central Processing Unit: CPU)

- prosessor

- "Programmanyň ýerine ýetirilmegi" we "maglumatlary gaýtadan işlemek" esasy funksiýalarynyň ýerine ýetirilmegine jogapkär element

- * Ýat bloky

- esasy ýat bloky (main memory)

- * Ýarymgeçiriji ýat çiplerinden ybarat prosessoryň gapdalynda ýerleşýär

- * Çalt giriş

- * Bahasy ýokary we gaty köp ýer tutýar

- * Hemişelik saklaýyş ukyby ýoklugy sebäpli, diňe wagtlaýyn saklaýyş enjamy hökmünde ulanylýar

- kömekçi saklaýjy enjam

- * Ikinji ýat

- * Ýokary saklaýyş dykzlygy, bit üçin arzan baha

- * Haýal okamak / ýazmak tizligi

- Hemişelik saklamaga eýe saklaýyş enjamlary: gaty disk, fleş ýady, gaty görnüşli toplaýjy enjam (SSD), CD-ROM we ş.m.

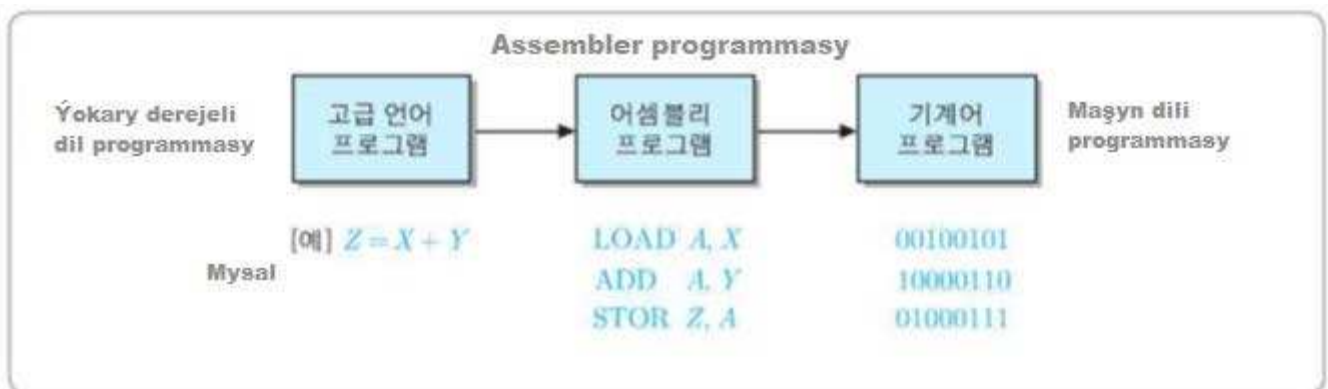
* Giriş we çykyş blogy (I/O enjamy)

- Giriş blogynyň we çykyş blogynyň ady
- Ulanyjynyň kompýuter bilen gatnaşygy (interaction) üçin enjamlar
- CPU degişli enjam gözegçisi arkaly amaly dolandyrýar
- Periferiýa enjamy hem diýilýär (peripheral device)

1.2 Maglumatlary görkezmek we saklamak

- Kompýuter maglumatlary: programma kody we ikilik sanlarda görkezilen maglumatlar
- Programma kody
- Maşyn dili
- Maşyn kody hem diýilýär
- Ikitaraplaýyn sanlardan ybarat kompýuteriň enjam komponentleri tarapyndan düşünilýän dil
- Gurnama dili (assembly language)
- Ýokary derejeli dil bilen maşyn diliniň arasyndaky aralyk dil
- Gurnama diline geçirilen, maşyn dili bilen şahsy aragatnaşyk

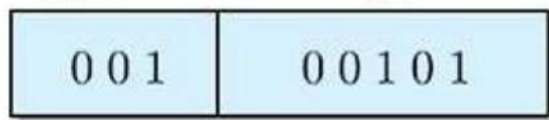
- Ýokary derejeli dil
- Düşünmesi aňsat bolan iňlis harplarynyň we sanlarynyň dili
- C, C ++, PASCAL, FORTRAN, JAVA we ş.m.
- Kompilýator bilen maşyn diline öwürin
- Dil terjime programmasy
- [mysal] $Z = X + Y$.
- LOAD A, X: X adresindäki ýadyň mazmunyny okaň we A registrine ýükläň
- ADD A, Y: Ýat adresi Y-niň mazmunyny okaýar, ony A reýestrinde saklanýan baha goşýar we netijäni gaýtadan A-a ýükleyär
- STOR Z, A: Saklaýyş enjamynyň Z salgysyndaky bahany saklaň



- Dil terjime programma üpjünçiligi
- kompilýator
- Ýokary derejeli dil programmalaryny maşyn dili programmalaryna terjime edýän programma üpjünçiligi
- Gurnaýjy (assembler)
- Gurnama programmalaryny maşyn dili programmalaryna terjime edýän programma üpjünçiligi
- mnemonika
- Gurnama gözükdirmelerinde görkezilen amaly görkezýän elipbiý simwol
- “LOAD”, “ADD”, “STOR” we ş.m.
- Maşyn gözükdirmesiniň formaty

Amal kody

Operand

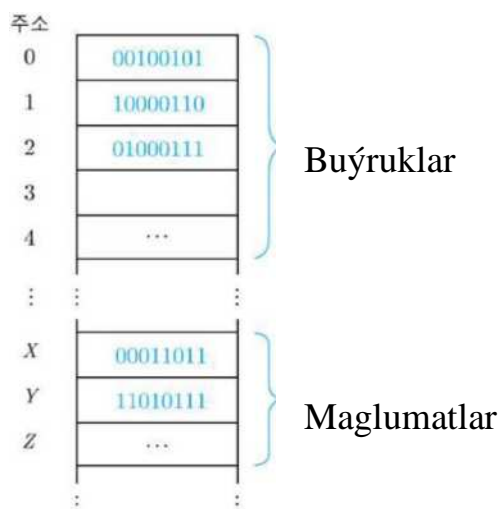


Amaly kod (Opcode)

- Prosessoryň (CPU) ýerine ýetirjek amallaryny kesgitleýän bitler
- Bitleriň sany = 3 bolsa, kesgitlep boljak amallaryň iň köp sany: $2^3=8$

Operand

- Amal üçin ulanyljak maglumatlar ýa-da saklanylýan ýadyň salgysy
- Bitleriň sany “5” bolsa, gönükdirip boljak iň köp ýat ýerleriniň sany: $2^5=32$
- Programma koduny saklamak we maglumatlary saklamak
- Programma kody (buýruk) we maglumatlar görkezilen ýatda saklanýar
- Söz (word) hökmünde ýazdyryň
- Sözler: her ýatda saklanýan maglumatlaryň esasy birligi hökmünde prosessor tarapyndan bir wagtyň özünde gaýtadan işlenip bilinjek bitler topary
- Söz uzynlygynyň mysallary: 8 bit, 32 bit, 64 bit, 128 bit
- Salgy birligi: söz birligi ýa-da baýt birligi



1.3 Ulgam konfigurasiýasy

1.3.1 Prosessor we saklaýyş enjamlaryny birikdirmek

- Ulgam şinasy
- Prosessor bilen ulgamdaky beýleki elementleriň arasynda maglumat alyşmagyň ýoly
- Esasy konfigurasiýa
- Salgy şinasy
- Maglumat şinasy
- Dolandyryş şinasy

Salgy şinasy

- CPU tarapyndan döredilen salgy maglumatlaryny daşyna geçirmek üçin signal setirleriniň toplumy
- Salgy setirleriniň sany, CPU-a birikdirilip bilinjek in köp ýadyň mukdaryny kesgitleýär.

[Mysal] Eger-de salgy şinalarynyň bitleriniň sany = 16 bit bolsa, $2^{16} = 64K$ baýt ýadyny kesgitlep bilersiňiz.

Maglumat şinasy

- CPU bilen saklaýyş enjamynyň ýa-da giriş/çykyş enjamynyň arasynda maglumatlary geçirmek üçin signal setirleriniň toplumy.
- Maglumat setirleriniň sany, CPU-nyň bir gezekde iberip bilýän bitleriniň sanyny kesgitleýär.

[Mysal] Eger-de maglumat şinasynyň giňligi = 32 bit bolsa, CPU bilen saklaýyş enjamynyň arasynda maglumat geçirmek bir wagtyň özünde 32 bit bolup biler.

Dolandyryş şinasy

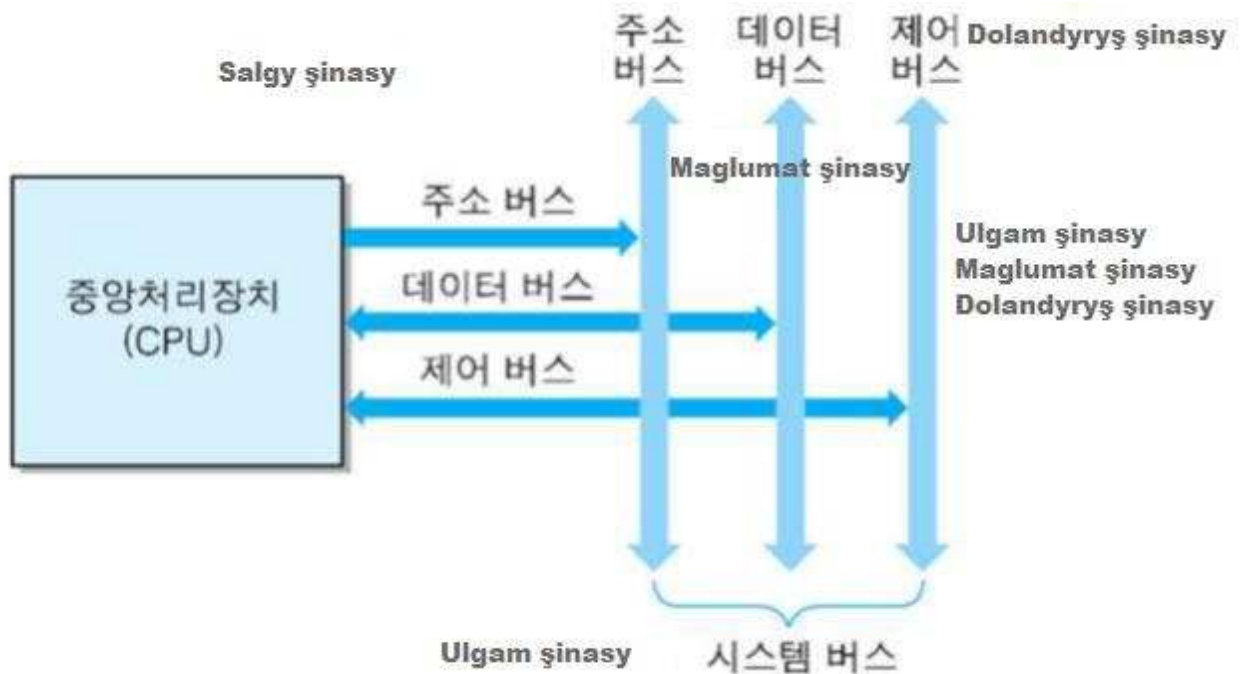
- Ulgamdaky dürli elementleriň işleýşine gözegçilik etmek üçin CPU üçin signal çyzyklarynyň toplумы

[mysal]

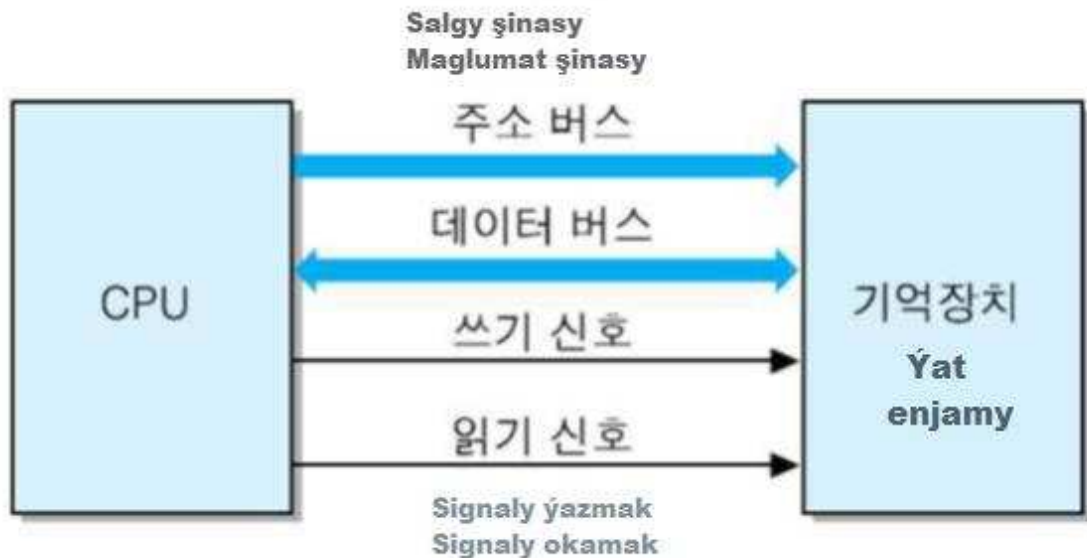
- Signal okamak / ýazmak ýady
- Giriş/Çykyş okamak / ýazmaz signaly
- Arakesme signaly
- Şina dolandyryş signaly

Prossessor bilen ulgam şinasynyň arasyndaky aragatnaşyk

- Salgy şinasy: bir taraplaýyn
- Salgy, prosessordan (CPU) saklaýyş enjamyna ýa-da G/Ç enjamlaryna iberilen maglumatlar.
- Maglumat şinasy, dolandyryş şinasy: iki taraplaýyn
- Okamak we ýazmak amallaryny goldaýar



- Prosessor bilen ulgam şinasynyň arasyndaky aragatnaşyk
 - Şina we dolandyryş signallary hökmanydyr
- Salgy şinasy
 - Maglumat şinasy
 - Dolandyryş signaly: ýat okamak signaly, ýat ýazmak signaly



Ýat ýazmak amaly

- CPU, ýazylmak üçin salgy we maglumatlary degişlilikde salgy şinasyna we maglumat şinasyna iberýär we şol bir wagtyň özünde ýazuw signalyny işjeňleşdirýär

Ýadyň ýazgy wagty

- prosessoryň salgy we maglumatlary iberen pursatyndan başlap, saklamaklyk gutarýança wagt

Amaly ýatdan okamak

- CPU ýat salgysyny salgy şinasy arkaly iberýän wagtynda, okalýan signaly işjeňleşdirer
- Görkezilen gijikdirme wagty geçenden soň ýat enjamyndan okalan maglumatlar, maglumat şinasynda görkezilýär we CPU, maglumatlary şina interfeýs shemasy arkaly okaýar.

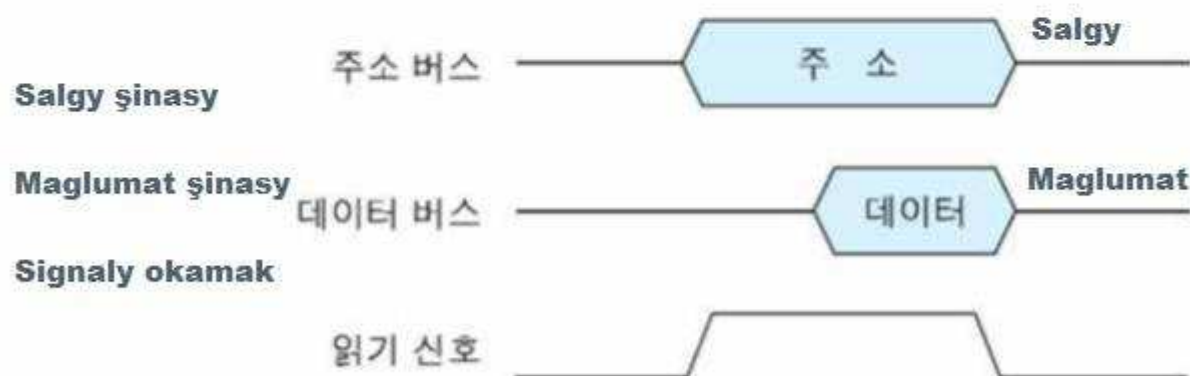
Ýatdan okamak wagty (memory read time)

- salgy, ýatdaky maglumatlar CPU-a ýetýänçä peýda bolýar

Ýadyň elýeterliliginiň wagt akymynyň diagrammasy



(a) 기억장치 쓰기 동작의 시간 흐름도
Ýat ýazmagyň amal wagtynyň diagrammasy



(b) 기억장치 읽기 동작의 시간 흐름도
Ýady okamak amalyň wagt diagrammasy

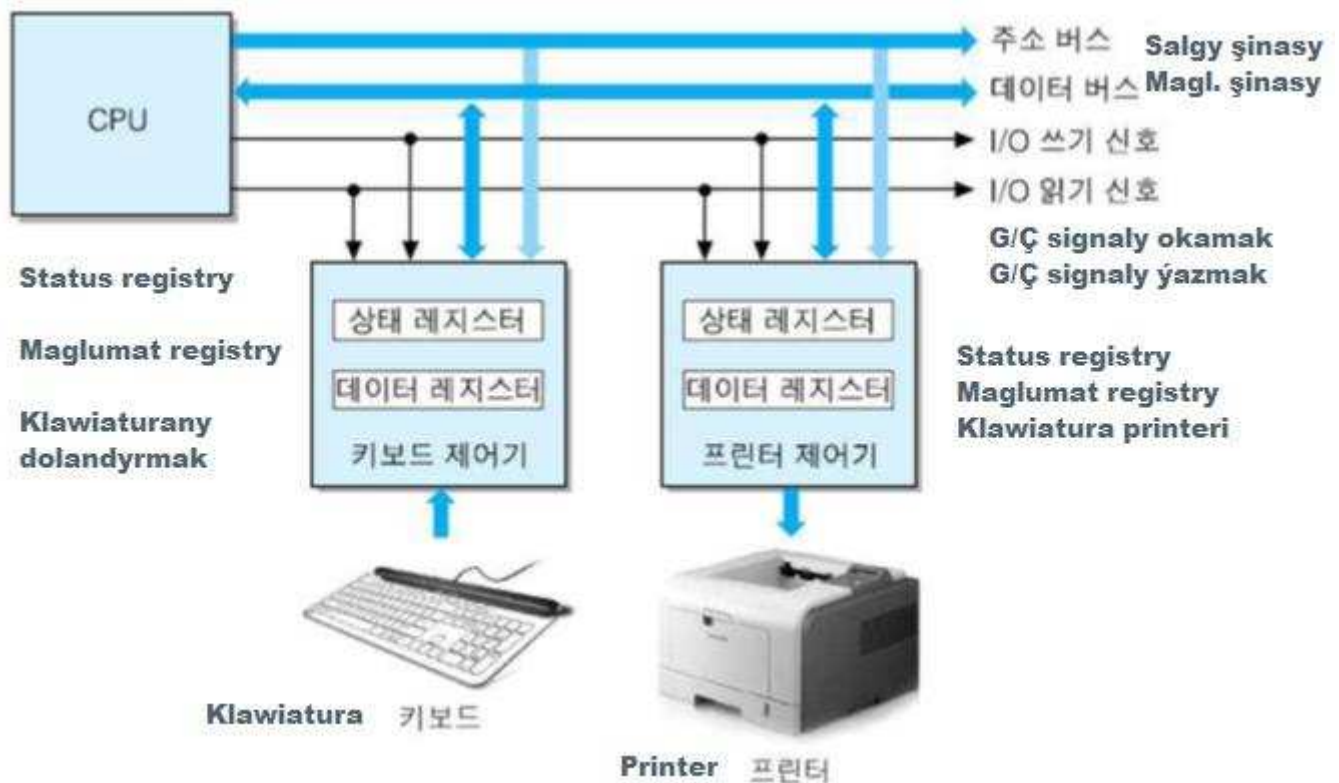
1.3.2 Prosessor we giriş / çykyş enjamlary birikdirmek

- Şina we dolandyryş signallary hökmanydyr
 - Salgy şinasy
 - Maglumat şinasy
 - Dolandyryş signaly: G/Ç (giriş/çykyş) signalyny okaň, G/Ç (giriş/çykyş) signalyny ýazyň

- **Birikdiriş ýoly**

CPU ↔ Ulgam sinasy Enjam gözegçisi G/Ç enjam ↔ G/Ç enjam (giriş/çykyş)
gözegçilik ediji ↔ G/Ç (giriş/çykyş) enjamlary

- **G/Ç enjamyny birikdirmek üçin mysal: CPU - klawiatura we printer**



G/Ç enjam dolandyryjylary

Funksiýa: CPU-dan G/Ç buýrugyny alýan we deňişli G/Ç enjamyna gözegçilik edýän elektron zynjyr enjamy (klawiatura dolandyryjy, printer dolandyryjy we ş.m.)

- **Ýagdaý registri**

- G/Ç enjamynyň häzirki ýagdaýyny görkezýän bitleri saklaýan registr.
- Taýýar ýagdaý biti (RDY), maglumatlary geçirmegi tassyklaýyş biti (ACK) we ş.m.

Maglumat registri

- Kompýuter bilen G/Ç enjamynyň arasynda hereket edýän maglumatlary wagtlaýyn saklaýan registr.

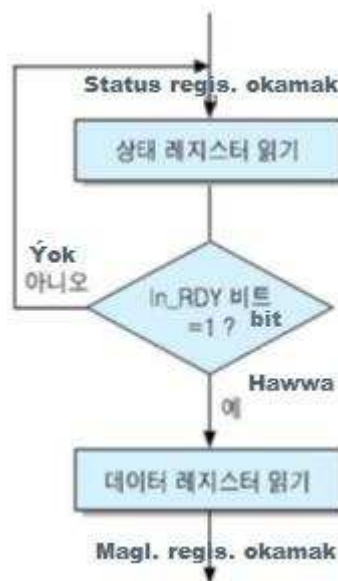
- **Klawiatura maglumatlary girizmek prosesi**
- **Klawiatura dolandyryjysy**

Klawiaturada haýsydyr bir düwmä bassaňyz, şol düwmä gabat gelýän ASCII kody klawiatura dolandyryjysynyň maglumat sanawynda saklanar we şol bir wagtyň özünde ýagdaý sanawynda In_RDY bit 1 bolar.

CPU

Status registriniň mazmunyny klawiatura dolandyryjysyndan okaň we In_RDY bitiniň gurnalandygyny ýa-da gurnalmandygyny barlaň (In_RDY bit, maglumatlaryň maglumatlar sanawyna daşardan ýüklenendigini ýa-da ýüklenmändigini görkezýär).

Gurulmadyk bolsa, 1-nji ädimi gaýtalaň we garaşyň. Gurnalan bolsa, maglumatlar sanawynyň mazmunyny okaň.



- **Printerde maglumat çykarmak prosesi**
- **CPU**

- Çap ediji kontrol statusynyň sanawynyň mazmunyny okap, Out_RDY bitini barlar (Out_RDY bit: printerden çykмага taýyndygyny görkezýär).
- Gurulmadyk bolsa, 1-nji ädimi gaýtalaň we garaşyň. Gurnalan bolsa, çap ediş maglumatlary printer gözegçisiniň maglumat sanawynda saklanyp bilner (ähli maglumat blokyny gözegçilik enjamynda saklaýan enjamda saklamak mümkin: spooling).

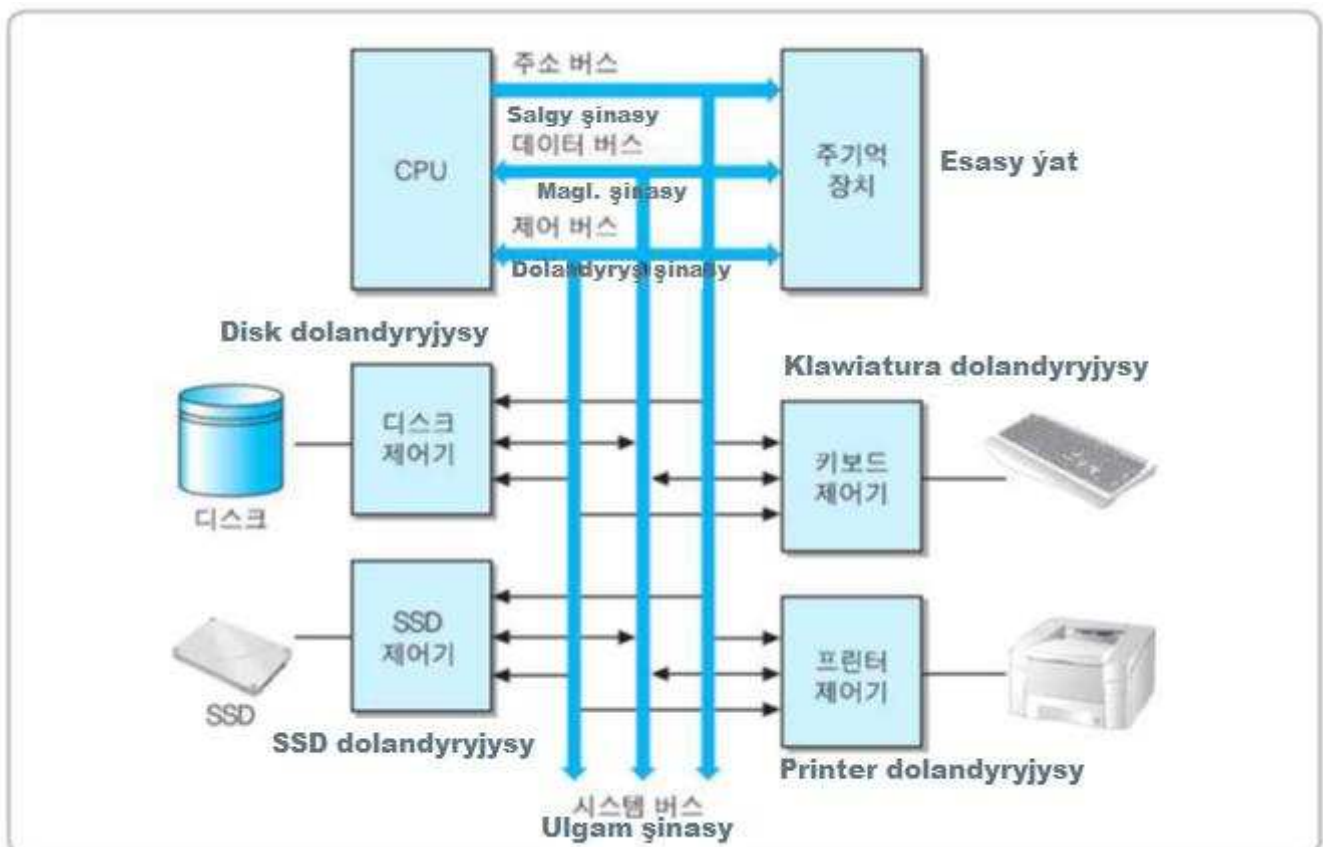
- **Çap edijiniň (printeriň) gözegçiligi**

- Maglumat registriniň mazmunyny (ýa-da saklaýjy enjam) printere iberýär.
- Çap ediş enjamyny (printer) dolandyrýan wagtyňyzda çap amalyny ýerine ýetiriň.

- **CPU we kömekçi saklaýjyny birikdirmek**

- Şeýle hem goşmaça saklaýjy enjamlaryna (disk, fleş ýady, SSD, CD-ROM we ş.m.) klawiatura ýa-da printere meňzeş her bir enjam üçin dolandyryjynyň üsti bilen girip bolýar.
- Tapawut: maglumat geçiriş bölümi
- Klawiatura: Baýt geçirmek
- Ikinji derejeli saklanyş: bloklar görnüşinde geçirilýär, maglumat saklaýjy (bufer) dolandyryjyda birden köp blok wagtlaýyn saklamak üçin zerurdyr.

1.3.3. Kompýuter ulgamyny doly özleşdirmek



- **Kompýuteriň esasy funksiýalary**

- Programmany işlediş: CPU programma koduny esasy ýatdan okaýar we ýerine ýetirýär.
- Maglumatlary saklamak: programmanyň ýerine ýetirilmegi netijesinde alnan maglumatlar esasy ýatda saklanýar.
- Maglumatlary göçürmek: Diskde ýa-da CD-ROM-da saklanýan programmany we bloklary ýatda saklaýar.
- Maglumat G/Ç: Ulanyjynyň klawiatura arkaly iberýän buýruklaryny ýa-da maglumatlaryny okaýar. Mundan başga-da, CPU-ny ýa-da saklaýjy enjamyň mazmunyny gaýtadan işlemegiň netijesi printere (ýa-da monitor) çykýar.
- Dolandyryş: programmany işletmek üçin düzýär ýa-da zerur bolanda ýerine ýetiriş tertibini üýtgedýär we dürli gözegçilik signallaryny döredýär.

1.4 Kompýuter arhitekturasyny ösdürmek prosesi

1.4.1 Kompýuteriň ösüş prosesi

- Esasy bölekleriň ösüş prosesi
- Rele → Wakuum turbasy → Tranzistor → ýarymgeçirijiniň integral shemasy (IC),
- Ösüş aýratynlyklary:
 - 1) Gaýtadan işlemegiň tizligini gowulandyrmak
 - 2) Saklamagy giňelmek
 - 3) Ululygyny azaltmak
 - 4) Bahalary arzanlatmak
 - 5) Ygtybarlylygy ýokarlandyrmak
- Irki kompýuterleriň esasy dizaýn düşüňjeleri we işleýiş ýörelgeleri häzirki zaman kompýuterleri bilen birmeňzeşdir.

- **Ilkinji kompýuter**

- 1642-nji ýylda Bleýz Paskal (Fransiýa),

- Goşmak we aýyrmak ýerine ýetirýän mehaniki hasaplaýjy.
- Positionerleşýän ýerleri boýunça onluklary görkezýän alty sany tegelek plastinkadan ybarat.
- Her tegelek plastinka, sanlary saklamak üçin registr hökmünde wagtlaýyn ulanylýar.

● **Leibniz enjamy**

- 1671-nji ýylda Gottfrid Leibniz (Germaniýa)
- Goşup we aýryp, köpeldip we bölüp bilýän kalkulýator
- Paskalyň kalkulýatoryna iki gezek köpeltmek we bölmek üçin iki sany tegelek plastinka goşuldy
- Şondan bäri köp kompýuteriň atasy boldy

● **Tapawutly hereketlendiriji**

- XIX asyryň başynda Çarlz Babbage (Angliýa, häzirki zaman kompýuteriň atasy)
- Tablisadaky sanlar awtomatiki hasaplanýar we netijeler perforator arkaly çap edilýär
- Diňe goşmak we aýyrmak ýerine ýetirip bilersiňiz

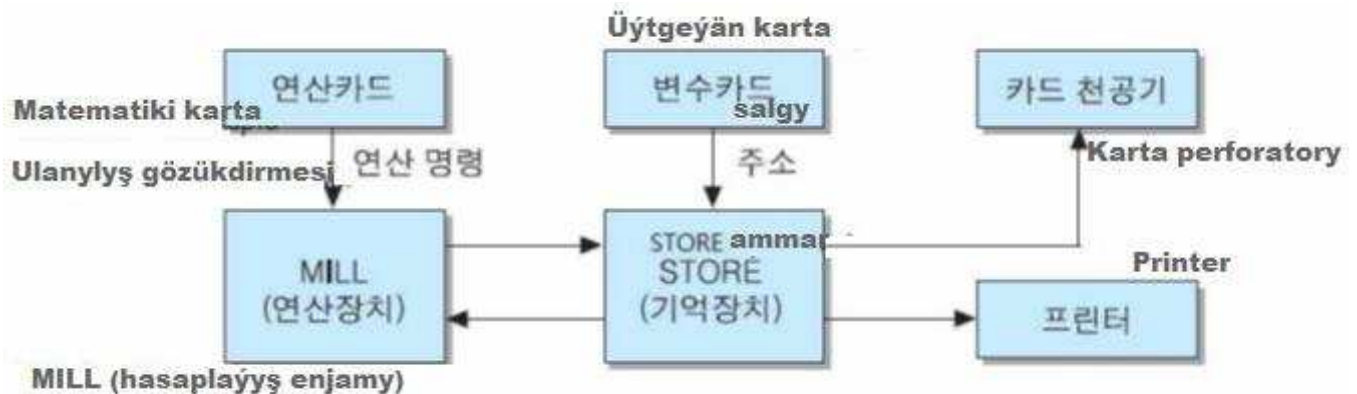
● **Analitik hereketlendiriji**

- XIX asyryň başynda Çarlz Babbage (Angliýa)

● **Esasy aýratynlyklar**

- Islendik matematiki amaly awtomatiki ýerine ýetirip bilýän umumy maksatly kalkulýator
- Programmirleme dilini ulanyp programmirläp bolýar
- Programmanyň ýerine ýetiriliş tertibi üýtgedilip bilner:
 - 1) San synagy bilen şertli şahalar
 - 2) Barlag sanawyny ulanyp ýerine ýetiriş tertibini üýtgetmek

- Mesele
 - Esasy bölekleri mehaniki, haýal we ygtybarsyz.



- **Analitik hereketlendirijiniň esasy gurluşy (analitik hereketlendiriji)**

- Arifmetiki birligi: MILL
- Ýat: STORE
- Giriş enjamy: kart okaýjy
- Çykyş enjamy: perforator kartoçkasy, printer

- **ENIAC**

- Elektron san birleşdiriji we kompýuter
- 40-njy ýyllaryň başynda Won Neuman ösdi
- Pensilwaniýa uniwersitetiniň ilkinji elektron kompýuterinde işlenip düzülen vakuum turbasyny ulanmak
- Mesele: programmany tygşytlamak we üýtgetmek mümkin däl
- Won Neumann dizaýn konsepsiýasynyň bildirişi (saklanylýan programma ýörelgesi)
- Programmalary we maglumatlary içerde saklamak
- Ikilik san ulgamyny ulanmak
- Aslynda 1945-nji ýylda yglan edilenden soň EDVAC-yn (Elektron diskret üýtgeýän kompýuter) ösüşi üçin ulanylyar.

- **IAS kompýuteri**

- 1946-1952: Won Neuman IAS-da kämilleşdirildi

- Won Neuman: Princeton uniwersitetiniň we Öňdebaryjy okuw institutynyň (IAS) matematika professory

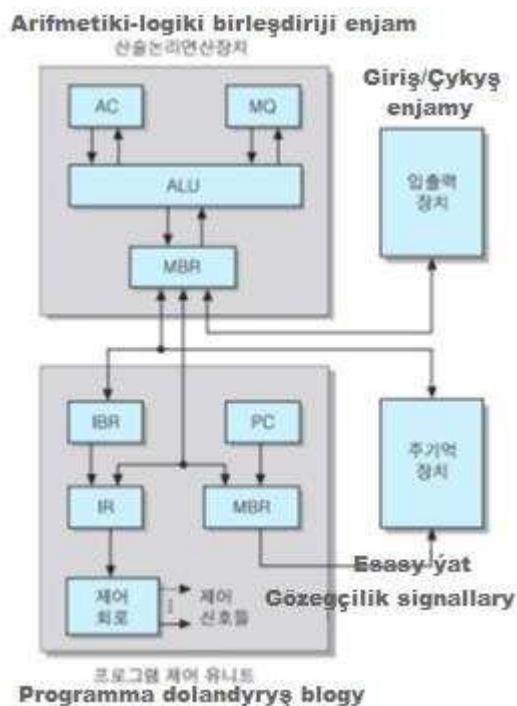
- Programmany saklaýan we üýtgeden ilkinji sanly kompýuter

- Esasy komponentler

- Programma dolandyryş bölümi: almak/kodlamak buýrugy
- Arifmetiki logika bölümi (ALU)
- Esasy ýat: gözükdirmeleri we maglumatlary saklamak
- G/Ç enjamy

- IAS kompýuteriň gurluşy

- Won Neumann arhitekturasy
- Programma kodlary ýat enjamynda saklanýar
- Saklananlary tertibi boýunça işlediň
- Salgy CPU-nyň içerki sanawy
- Programma hasaplaýjy



1.4.2 Kompýuteriň esasy bölekleriniň ösüşi

- **Tranzistor**

- Elektron kompýuterleriň esasy bölekleri bolan wakuum turbalaryny çalyşýan irki (birinji nesil) elektron komponentleri.
- Wakuum turbasyndan has kiçi, arzan we az ýylylyk çykarýar.
- Silikondan (Si), ýarymgeçiriji materialdan (gaty ýagdaý) ýasalan gaty görnüşli enjamlar.
- Ikinji nesil kompýuterleriň esasy komponentleri
- Irki kompýuterler takmynan 1000 tranzistordan ybarat

- **Integral shema (IC)**

- On münlerçe tranzistorlary bir ýarymgeçiriji çipe birleşdirýän elektron komponentler
- Üçünji nesil kompýuterleriň esasy bölekleri

- **IC önümçilik prosesi**



- **Integrasiýa arkaly IC klassifikasiýasy**

- **SSI (kiçi göwrümli IC)**

- Gurlan onlarça tranzistorly kiçi mikroshemalar
- Soňky ýyllarda esasan diňe sanly geçişleri (sanly derwezäni) öz içine alýan çip hökmünde ulanylýar.

- **MSI (Orta göwrümli IC)**

- Ýüzlerçe gurlan tranzistorly IC
- Hasaplaýjy (counter), dekodeer (decoder) ýa-da çalşyk sanawy ýaly kombinasiýa zynjyryny ýa-da yzygiderli zynjyry öz içine alýan mikroshema

- **LSI (Uly göwrümli IC)**

- Münlerçe oturdylan tranzistorly uly IC-ler
- 8 bitli mikroprosessor çipi ýa-da kiçi ýarymgeçiriji ýat çipi

- **VLSI (Has uly göwrümli IC)**

- Onlarça ýa-da ýüzlerçe mün oturdylan tranzistorly moda IC
- Dördünji nesil kompýuter bölekleri
- Mikroprosessor çipleri we ýokary kuwwatly ýarymgeçiriji ýat çipleri

- **ULSI (Ultra uly göwrümli IC)**

- Mundan başga-da, millionlarça tranzistorlary, ýüzlerçe megabit ýa-da has köp ýarymgeçiriji ýat çiplerini we geljekde ýüze çykyp biljek ýokary dykzlykly ýarymgeçiriji çipleri birleşdirýän 32 bitli ýa-da has ýokary synp mikroprosessor çipleri üçin ulanylýar, oňa “Very Large Scale IC” (VVLSI) hem diýilýär.

- **IC ulanmagyň artykmaçlyklary**

- Elektrik ýolyny gysgaltmak, işleýiş tizligini ep-esli ýokarlandyrmak
- Kompýuteriňiziň göwrümini azaltmak

- Çipiň içindeki zynjyrlaryň arasyndaky baglanyşyk, bölekleriň ygtybarlylygyny ýokarlandyrmak
- Energiýa sarp edilişiniň azalmagy we sowadyş ulgamynyň miniaturizasiýasy
- Kompýuteriň bahasy arzanlar
- VLSI-iň peýda bolmagy bilen döredilen şahsy kompýuter (PC)

1.4.3 Kompýuter ulgamlarynyň klassifikasiýasy we ösüş meýilleri

- **Şahsy kompýuter (PC)**

- **Aýratynlyklary**

- Ownuk, arzan bahaly
- Öndürijilik: Onýyllyklar mundan ozal uly binýadyň öndürijiliginden has ýokary

- **Ösüşiň esasy ugurlary**

- Ösen öndürijiligi bolan täze mikroprosessorlaryň ornaşdyrylmagy bilen, kompýuteriň öndürijiligi gowulaşmagyny dowam etdirýär
- 8, 16 we 32 bitli prosessorlar bilen ýokarlandyrylan sözün uzynlygy. 64 bitli kompýuterlerde maglumatlary gaýtadan işlemek we saklamak üçin salgylar hem bar.
- Prosessor, köp buýruk ýerine ýetiriş bölümlerini ýa-da CPU ýadrosyny öz içine alýan superklar, iki ýadroly we köp ýadroly arhitektura bilen dizaýn edilip bilner.
- CPU-nyň mikroçipinde mikroshemanyň integrasiýa derejesi ýokarlanýarka, tizligi we ygtybarlylygy ep-esli ýokarlandyryan periferiýa elementleri goşulýar.
- Hasaplaýyş kömegi hökmünde GPU (Grafiki gaýtadan işleýiş bölümi) 2-ni ulanyp, ýokary tizlikli grafikalary we çylşyrymly ylmy hasaplamalary ýokary tizlikde gaýtadan işlemek mümkin.
- Esasy ýadyň we kömekçi ýadyň kuwwatyny we diwersifikasiýasyny ýokarlandyrmak.

- **Görnüşi**

- Stol kompýuteri (desktop), noutbuk (notebook), netbuk (netbook), planşet, jübü kompýuter (pocket) we ş.m.

- **Oturdylan kompýuter**

- Içerki kompýuter (oturdylan kompýuter hem diýilýär)
- Mehaniki ýa-da elektron enjamlarynyň içinde ýerleşýän we enjamlaryň işleýşine gözegçilik edýän kompýuterler

[Mysal] Öý abzallary, kompýuter enjamlary, jübi telefonlary, wideo oýunlary we ş.m.

- Ultra kiçi kompýuterlerden 8 bitli mikrokontrollary ulanyp, 32 bitli kompýuterlere çenli
- Iň pes çykdaýy bilen näçe gerek bolsa, şonça-da öndüriligi üpjün etmek
- Hakyky wagtda gaýtadan işlemek
- IoT (zatlaryň interneti) we akyly robotlar, has köp dürli we giň ýaýramak üçin esasy element hökmünde ulanylar.

- **Serwer kompýuter ulgamy**

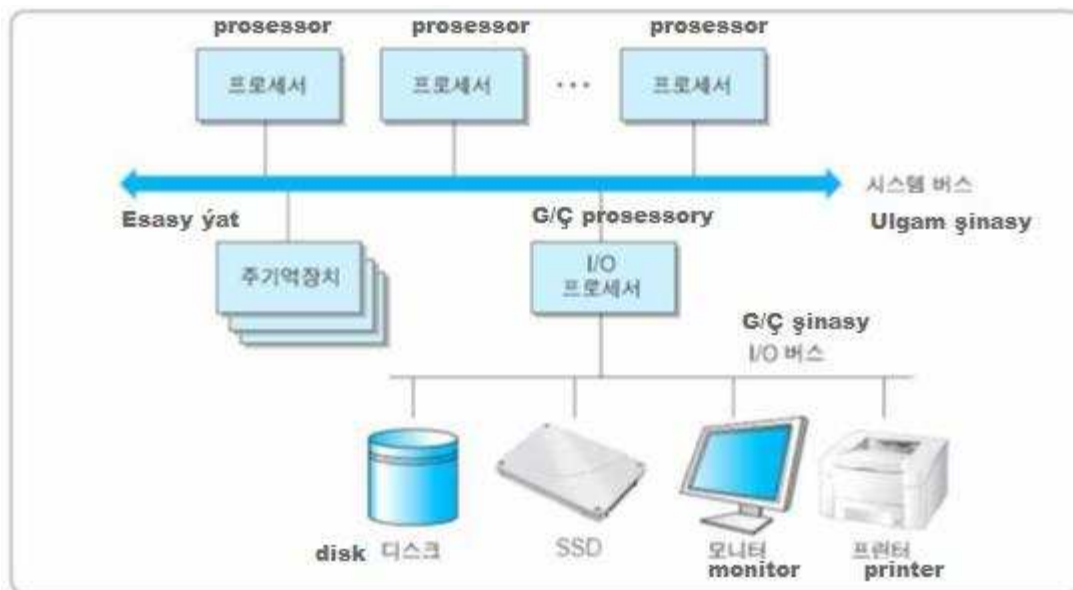
- **Iş stansiýasy (workstation)**

- CPU: 64 bitli mikroprosessor ulanmak
- Ýokary tizlikli grafiki gaýtadan işleýän enjamlary öz içine alýar
- Programmanyň esasy ugurlary: 3D wideo gaýtadan işlemek, modellemek, kompýuter kömegi bilen dizaýn (CAD) we ş.m.
- OS: UNIX, LINUX

- **Super-minikompýuter**

- Ulgam gurluşy: köp prosessor gurluşy,
- Prosessorlaryň sany: 20 ~ 30,
- Öndüriligi: VAX-11 kiçi kompýuterleriň öndüriligidinden on esse köp
- OS: UNIX

- Serwer-derejeli ulgamlary peseltmek - Bir programma (ýa-da ulanmak) arkaly tora birikdirilen orta ölçegli kompýuter ulgamlaryny ulanýan hasaplaýyş gurşawyna mümkinçilik berýär.



● Elektron-hasaplaýyş kompýuteri

- Merkezleşdirilen hasaplama üçin uly kompýuterler
- IBM 360 we 370, 3081, 3090 we ş.m. seriýalar soňky döwürde ulgam we aragatnaşyk howpsuzlygy aýratynlyklary ep-esli gowulaşan IBM Enterprise-iň birnäçesi peýda boldy.
- Köpçülikleýin ammar bar
- Birnäçe G/Ç kanal ulanyp ýokary tizlikli G/Ç gaýtadan işlemek
- Uly maglumat bazalaryny saklamak we dolandyrmak üçin ulanylýar.
- Döwlet edaralarynda, banklarda we iri internet portallarynda uly maglumat bazalaryny (uly maglumatlary) saklamak we dolandyrmak üçin ulanylýar.

● Super kompýuterler

- Bar bolan kompýuterleriň arasynda gaýtadan işlemegiň tizligi we saklaýyş kuwwaty beýleki kompýuterlere garanynda has çalt
- Hili boýunça: yzygiderli ösýär
- Ilkinji superkompýuter CRAY-1 tizligi 100 MFLOPS
- Döwrebap superkompýuterleriň tizligi PFLOPS (millionlarça esse çalt)

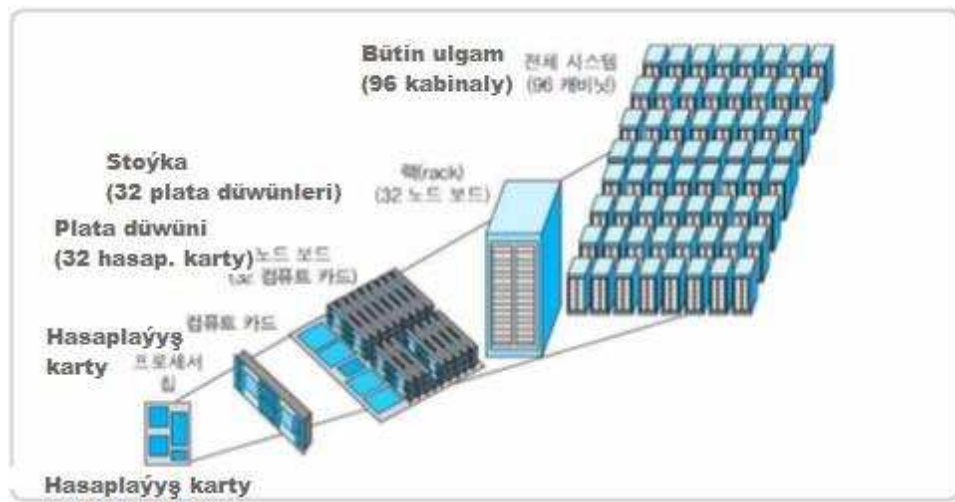
- Esasy programmalar
- VLSI zynjyr dizaýny, aerokosmos inženerçiligi, astronomiýa (howa maglumaty), gurluş dizaýny, gözleg, ýadro inženerçiligi, emeli intellekt ýaly uly göwrümlü ylmy hasaplamalar we modellemek

- **Super kompýuterleriň gurluş aýratynlyklary boýunça klassifikasiýasy**

- Turbageçiriji superkompýuteri (pipeline supercomputer)
- Irki super kompýuterleriň gurluşy
- Çylşyrymly ýokary tizlikli işleýiş shemalary hem degişli bolmak bilen az sanly prosessordan ybarat.
- Hasaplaýyş bölümi: super turba liniýaly gurluşy ulanyp, ýokary tizlikli wektor hasaplamasyny ýerine ýetirýär
- Wekilçilik ulgamlary: CRAY Y-MP, CRAY-2, Fujitsu VP2000, VPP500.

- **Uly göwrümlü parallel kompýuter (MPP)**

- Özara baglanyşykly ýüzlerçe ýa-da münlerçe umumy maksatly prosessorlardan ybarat.
- Prosessorlaryň bilelikde (paralel işlemek) uly wezipäni ýerine ýetirýär we şol bir wagtda gaýtadan işleýän paralel gaýtadan işlemek tehnologiýasyny ulanýar.
- Ulgam korpusy: IBM BlueGene / Q superkompýuter
 - 1) Noýabr 2018 Bütün dünýäde ykrar edilen TOP500 superkompýuterleriň sanawy (www.top500.org).
 - 2) 1,572,864 64 bitli PowerPC prosessorlary bilen enjamlaşdyryldy
 - 3) Tizlik: 20 pflops, ýat: 1.57 pbaýt
 - 4) 96 şkaf x 512 düwün x 32 prosessor



- **Super kompýuter IBM sammiti (2018-nji ýylyň noýabr aýynda TOP500 sanawynda iň ýokary sanaw)**

- Hasap düwünleri 24 ýadroly POWER9 prosessorlaryndan we NVIDIA Volta T 40 TFLOPS GPU düwünleriniň işleýşinden ybaratdyr
- Jemi 3400 düwün, ýadro sany = 2,4 million
- Iň ýokary tizlik: 200 pflop
- Ýokary tizlikli tor bolan NVLink ulanyp, CPU-GPU-nyň utgaşmasy
- Geterogen hasaplamany ulanmak

- **Klaster kompýuter (Cluster Computer)**

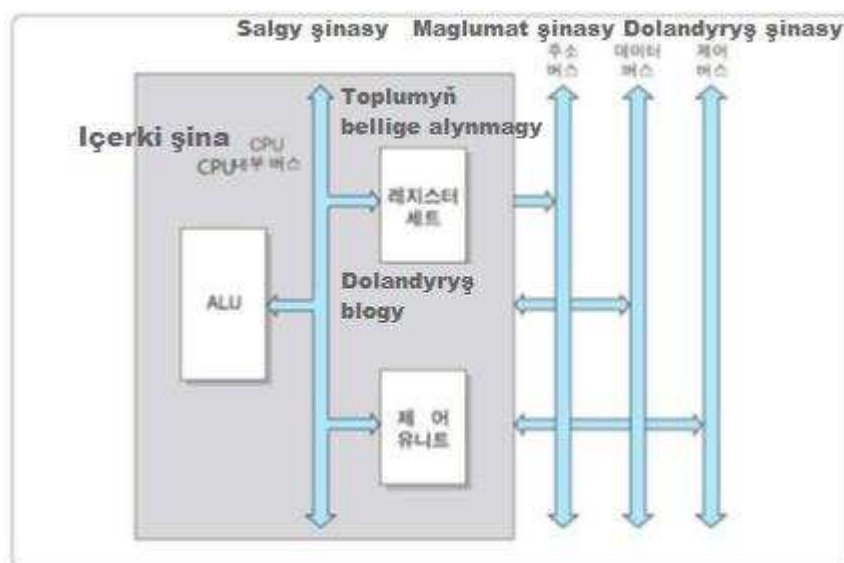
- Ýokary tizlikli ýerli ulgam ýa-da tor wyklýuçateli bilen birikdirilen kompýuterleriň ýa-da iş stansiýalarynyň ýygynyndysy.
- Düwünlerdäki (aýry-aýry kompýuterler) ähli çeşmeleri klaster orta programma üpjünçiligini ulanyp, bir ulgam şekiline (SSI) birleşdirmek.
- Ýokary öndürijilikli, ýokary ygtybarly parallel hasaplaýyş gurşawy elýeterli bahadan gurlup bilner.
- Uly web serweri we superkompýuter üçin dizaýn düşüňjesi hökmünde giňden ulanylýar.

2. Prosessoryň gurluşy we funksiýasy

2.1 Esasy prosessor gurluşy

2.1.1 CPU funksiýasy

- Gözükdirme almak (Instruction Fetch)
Ýatdan gözükdirme almak
- Kodlaşdyrma gözükdirmeleri (Instruction Decode)
Edilmeli çäräni kesgitlemek üçin buýrugyň kodyny çözüär.
- Maglumat almak (Data Fetch)
Buýrugy ýerine ýetirmek üçin maglumatlar talap edilende, maglumatlar saklaýjy enjamyndan ýa-da G/Ç enjamyndan okalýar
- Maglumatlary gaýtadan işlemek (Data Process)
Maglumatlar boýunça arifmetiki ýa-da logiki amallary ýerine ýetirýär
- Maglumat ammary (Data Store)
Netijeleri ýatda saklaýar
- Arifmetiki logika bölümi (ALU)
- Hasaba alyş toplumy (Register Set)
- Dolandyryş blogy (Control unit)



2.1.2 CPU-nyň içki bölekleri

- **ALU**

- Dürli arifmetiki we logiki amallary ýerine ýetirýän zynjyrlardan ybarat enjam moduly
- Arifmetiki amal: +, -, ×, ÷
- Logiki amallar: WE, ORA-DA, NOTOK, XOR we ş.m.

- **Hasaba alyş (registrler)**

- Iň çalt giriş tizligi bilen ýat
- CPU-nyň saklap bilýän registrleriniň sany çäklidir (ýörite maksatly registrler we az sanly umumy maksatly registrler)

- **Dolandyryş blogy**

- Programma kodlaryny (gözükdirmeleri) düşündirýän we ýerine ýetirilmegi üçin gözegçilik signallaryny yzygiderli döredýän apparat moduly.

- **Içerki CPU şinasy**

- ALU bilen registrleriň we gözegçilik bölüminden emele gelen gözegçilik signallarynyň arasynda maglumatlary geçirmek üçin maglumat setirlerinden ybarat içerki şina.
- Daşarky ulgam şinalaryna gönüden-göni bagly däl we bufer registrleri ýa-da ulgam şina interfeýs zynjyry arkaly ulgam şinasyna birikdirilmeli

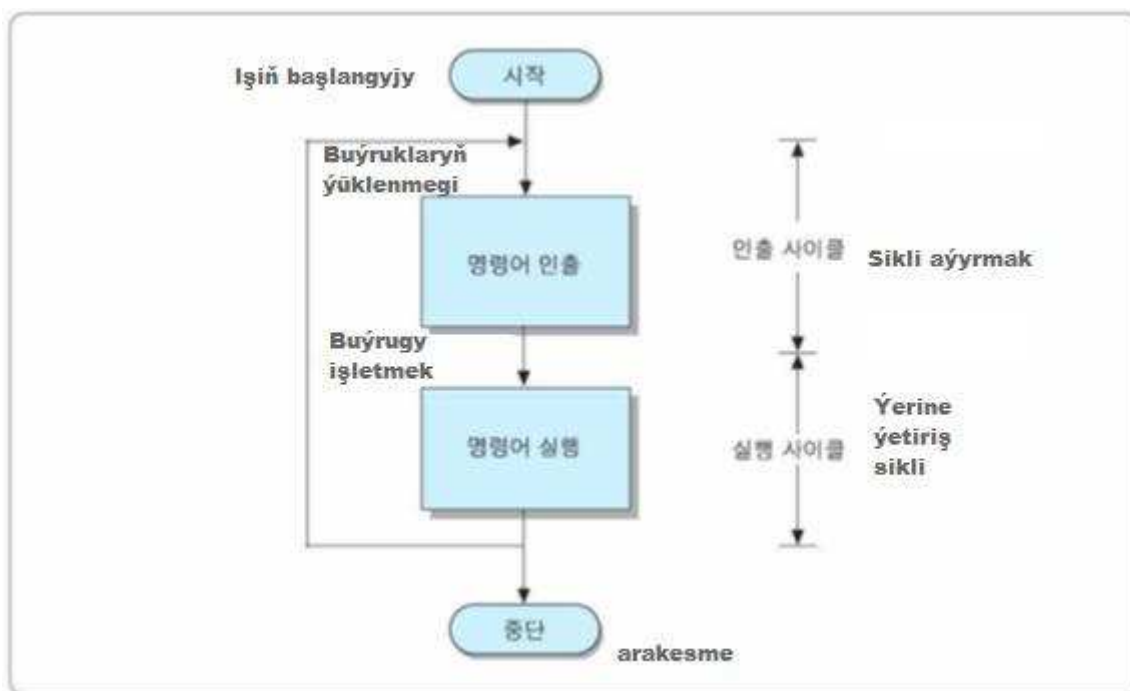
2.2 Buýrugy ýerine ýetirmek

- **Gözükdirmeleriň döwri**

- CPU programmany ýerine ýetirip başlan pursatyndan başlap, tok öçýänçä ýa-da öwezini dolup bolmajak ýalňyşlyk ýüze çykýança we programma togtadylýança CPU-nyň bir görkezmäni ýerine ýetirmegi üçin zerur bolan ähli prosesdir

- **İki kiçi döwürə bölmek**

- Getirmek döwri (fetch cycle): prosessor ammar enjamyndan görkezmäni okamagy
- Ýerine ýetiriş döwri (execution cycle): görkezmäniň ýerine ýetirilmegi



- **Programma hasaplaýjy (Program Counter: PC)**

- Indiki, almak üçin görkezmäniň salgysyny öz içine alýan registr
- Her buýrugy alandan soň belli bir ululykda awtomatiki usulda köpeliýär (bir buýruk uzynlygy)
- Şahamça gözükdirmesi ýerine ýetirilende, niýetlenen salgı tüzelenýär

- **Akkumulýator**

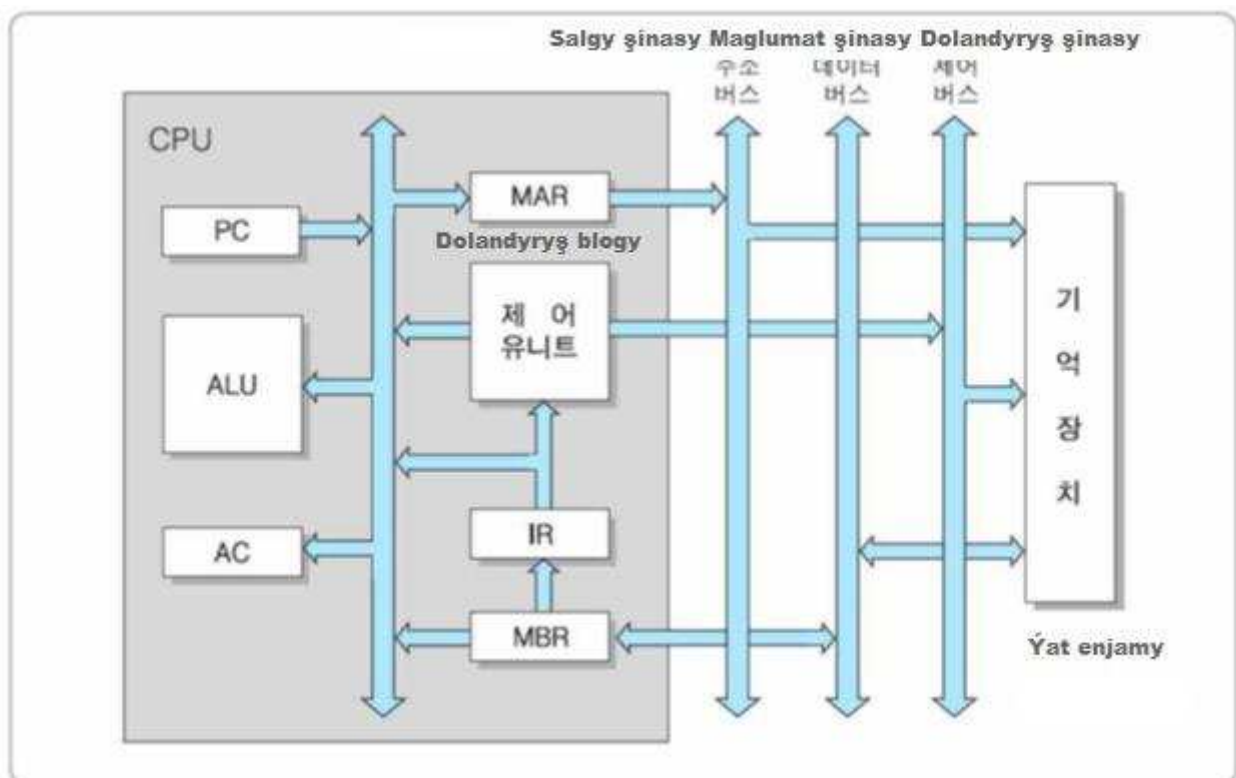
- Maglumatlary wagtlaýyn saklaýan registr
- Hasaba alyş uzynlygy, CPU-nyň bir gezekde işläp bilýän maglumat bitleriniň sanyna (söz uzynlygy) deňdir

- **Buýruk registry (IR)**

- İň soňky çykarylan gözükdirme koduny saklaýan registr

- **Ýat salgysynyň registri: MAR**

- Kompýuterde saklanýan buýruk salgysy ulgam salgysynyň şinasyna çyk mazdan ozal wagtlaýyn saklanýan salgylar registri
- **Ýat buferiniň registri: MBR**
 - Saklaýyş enjamyna ýa-da ammar enjamyndan okalýan maglumatlary ýazmak üçin wagtlaýyn saklamak üçin bufer registri
 - Maglumat ýoly bilen CPU-nyň içki gurluşy



2.2.1 Aýyrmak döwri

Çykyş döwrüniň mikro-işleýşi (micro-operation)

t0: MAR HK

t1: MBR M [MAR], PC PC + 1

t2: IR MBR

Muňa garamazdan, t0, t1 we t2 prosessor sagat döwridir.

[Birinji döwür] Häzirki kompýuteriň mazmunyny prosessoryň içki şinasy arkaly MAR-a geçirmek

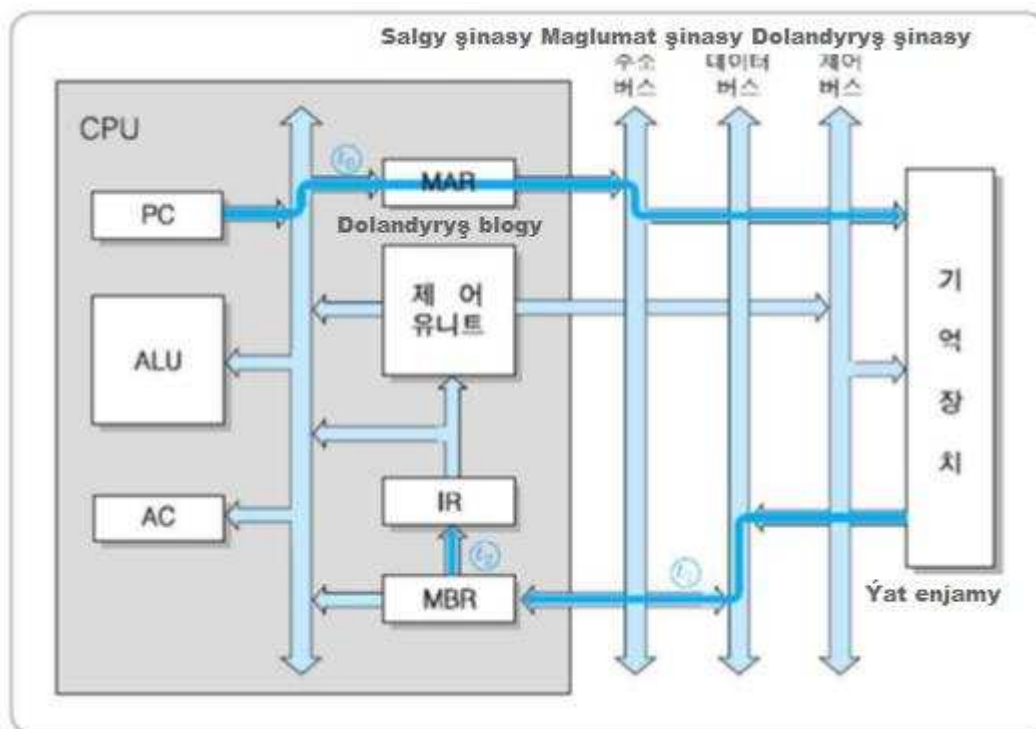
[Ikinji döwür] Salgy bilen gönükdirilen ýat öýjüginde okalýan gözükdirme maglumat şinasy arkaly MBR-e ýüklenýär we kompýuteriň mazmunyna 1 goşulýar.

[3-nji döwür] MBR-daky gözükdirme kody IR gözükdirme registrine geçirilýär

[Mysal] CPU sagadynyň tizligi = 1 GGs (sagat tizligi = 1ns)

Çyzmak: $1\text{ns} \times 3 = 3\text{ns}$;

Nusga alma döwrüniň salgysynyň we gözükdirmeleriň shemasy



2.2.2 Ýerine ýetiriş döwri

- PCU ýerine ýetiriş döwründe buýruk koduny (dekodlamak) kodlaýar we netijä görä zerur amallary ýerine ýetirýär.
- CPU (prosessor) tarapyndan ýerine ýetirilýän amallaryň görnüşleri
 - Maglumatlaryň hereketi: CPU bilen ammar enjamynyň ýa-da G/Ç enjamynyň arasynda maglumatlary geçirýär

- Maglumatlary gaýtadan işlemek: maglumatlar boýunça arifmetiki ýa-da logiki amallary ýerine ýetirýär
 - Maglumatlary tygşytlamak: amal netijesiniň maglumatlary ýa-da giriş enjamyndan ammar enjamyna okalýan maglumatlary tygşytlaýar
 - Programmany dolandyrmak: programmanyň ýerine ýetiriliş tertibini kesgitleýär
- **Işleýiş döwründe ýerine ýetirilen mikro amallar görkezmäniň iş kody bilen kesgitlenýär (op code)**
 - **Amal kody**
 - CPU tarapyndan ýerine ýetirilmeli amaly görkezýär
 - **Operand**
 - Gönükdirmäni ýerine ýetirmek üçin zerur maglumatlaryň saklanýan salgysy



- **[1-nji hadysa] LOAD addr buýrugy**
 - Ýat enjamynda saklanýan maglumatlary CPU-nyň içerki registri bolan AC-a geçirmek üçin buýruk

t0 : MAR IR(addr)

t1 : MBR M[MAR]

t2 : AC MBR

[Birinji döwür] Buýruk registri, gönükdirmäniň salgı bölegini IR-e MAR-a iberýär

[Ikinji döwür] Maglumatlar salgı bilen görkezilen ýat ýerinden alynýar we MBR-e geçirilýär

[Üçünji döwür] Maglumatlary AC-a ýükleyär

- **[2-nji hadysa] STA addr buýrugy**

- AC registriniň mazmunyny ýatda saklamagy buýurýar

t0 : MAR IR(addr)

t1 : MBR AC

t2 : M[MAR] MBR

[Birinji döwür] MAR-da saklamak üçin ammar salgysyny iberýär

[Ikinji döwür] Bufer registri bolan MBR-de maglumatlary saklamak üçin maglumatlary geçirýär

[3-nji döwür] MBR-iň mazmunyny MAR tarapyndan kesgitlenen ammarda saklaýar

- **[1-nji hadysa] LOAD addr buýrugy**

- Ýat enjamynda saklanýan maglumatlary CPU-nyň içerki registri bolan AC-a geçirmek üçin buýruk

t0 : MAR IR(addr)

t1 : MBR M[MAR]

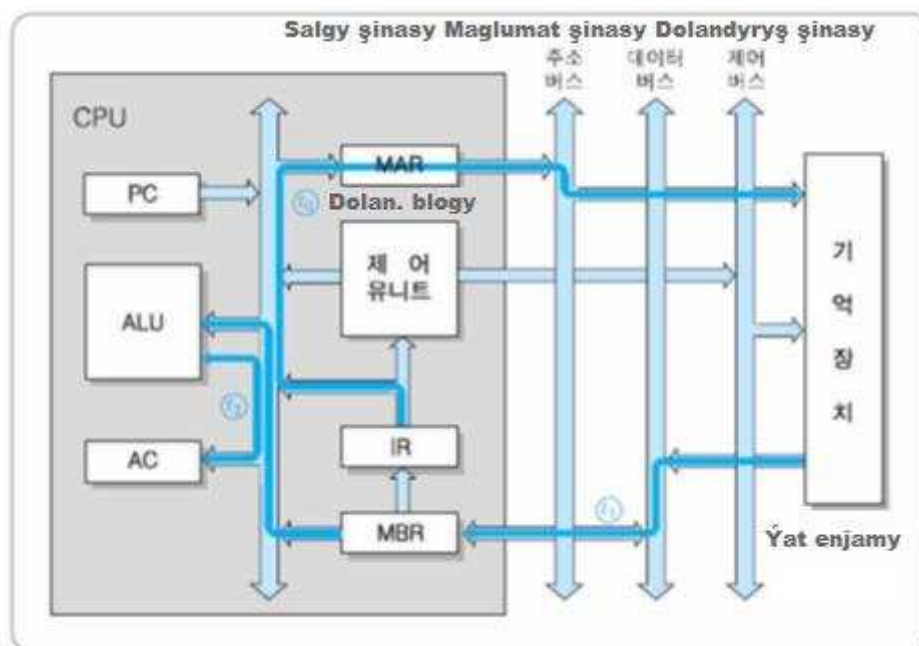
t2 : AC MBR

[Birinji döwür] Buýruk registri, gönükdirmäniň salgy bölegini IR-e MAR-a iberýär

[Ikinji döwür] Maglumatlar salgy bilen görkezilen ýat ýerinden alynýar we MBR-e geçirilýär

[Üçünji döwür] Maglumatlary AC-a ýükleyär

ADD gözükdirmesiniñ ýerine ýetiriş döwründe maglumat akymy



- [4-nji hadysa] **JUMP** addr buýrugy

Operand (addr) tarapyndan görkezilen pozisiýa bilen ýerine ýetiriş tertibini tersleşdirýän şaha gözükdirmesi

t0 : PC IR(addr)

Gözükdirme operand (şahamçanyň niýetlenen salgysy) kompýuterde saklanýar

Indiki gözükdirme almak döwri görkezmäni şol salgıda alýar, şonuň üçin şahalar ýüze çykýar

- **Gurnama programmasynyň işe başlamagynyň mysaly**

- Operasion kodlara islän bitewi sanlary bermek

LOAD: 1

STORE: 2

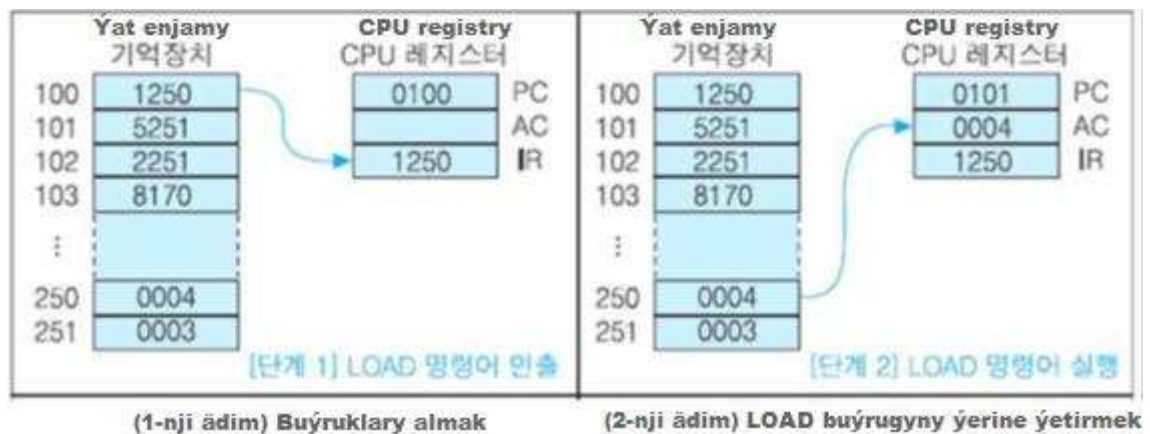
ADD: 5

JUMP: 8

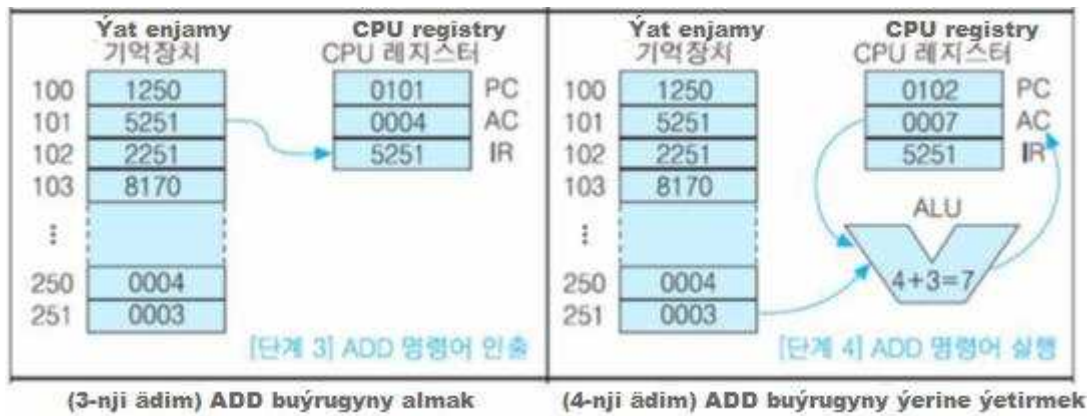
[Programmanyň gurnama nusgasy]

| Salgy | Buýruk | Maşyn kody |
|-------|----------|------------|
| 주소 | 명령어 | 기계 코드 |
| 100 | LOAD 250 | 1250 |
| 101 | ADD 251 | 5251 |
| 102 | STA 251 | 2251 |
| 103 | JUMP 170 | 8170 |

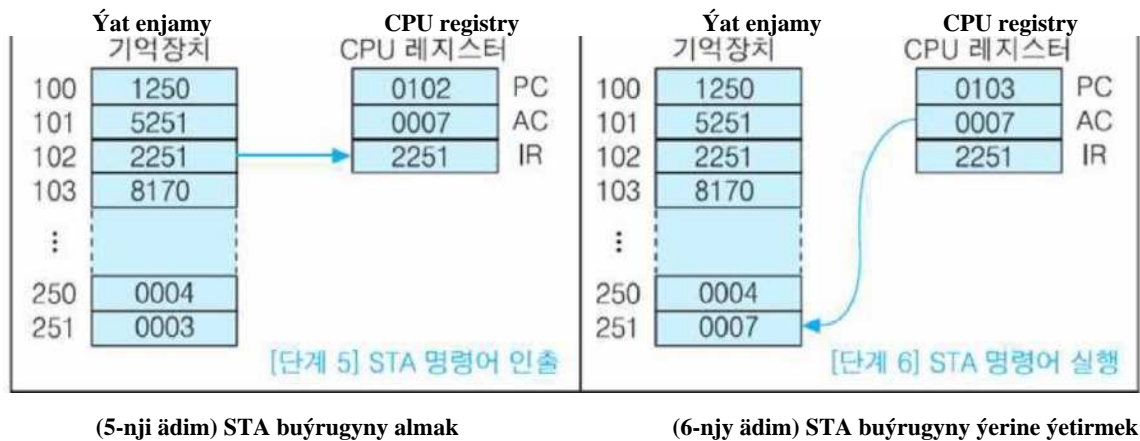
- 100 salgydaky ilkinji gözükdirme kody alynýar we IR-de saklanýar
- Maglumatlary 250 salgydan AC-a geçirýär
- $PC = PC + 1 = 101$



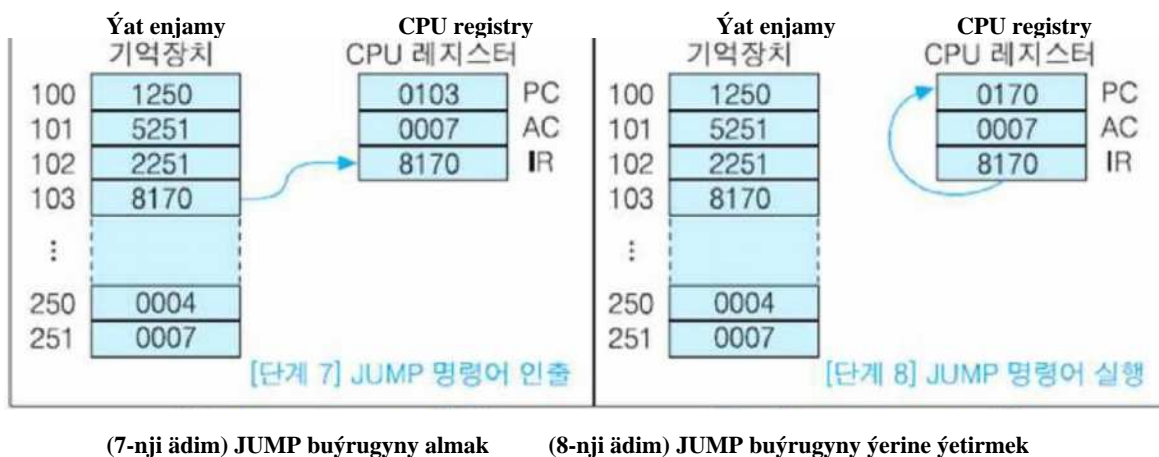
- Ikinji gözükdirme 101-nji salgydan alynýar we IR-de saklanýar
- AC mazmunyny we 251 salgynyň mazmunyny goşuň, netijäni AC-de saklaň
- Kompýuteriň mazmuny 102-e ýetdi



- Üçünji gözükdirme 102 salgydan alynýar we IR-de saklanýar
- AC mazmuny 251-de saklanýar
- Kompýuteriň mazmuny 103-e ýetdi



- Dördünji buýruk 103 salgydan alynýar we IR-de saklanýar
- Niýetlenen salgy, ýagny 170 IR-iň aşaky bölegi kompýutere ýüklenýär

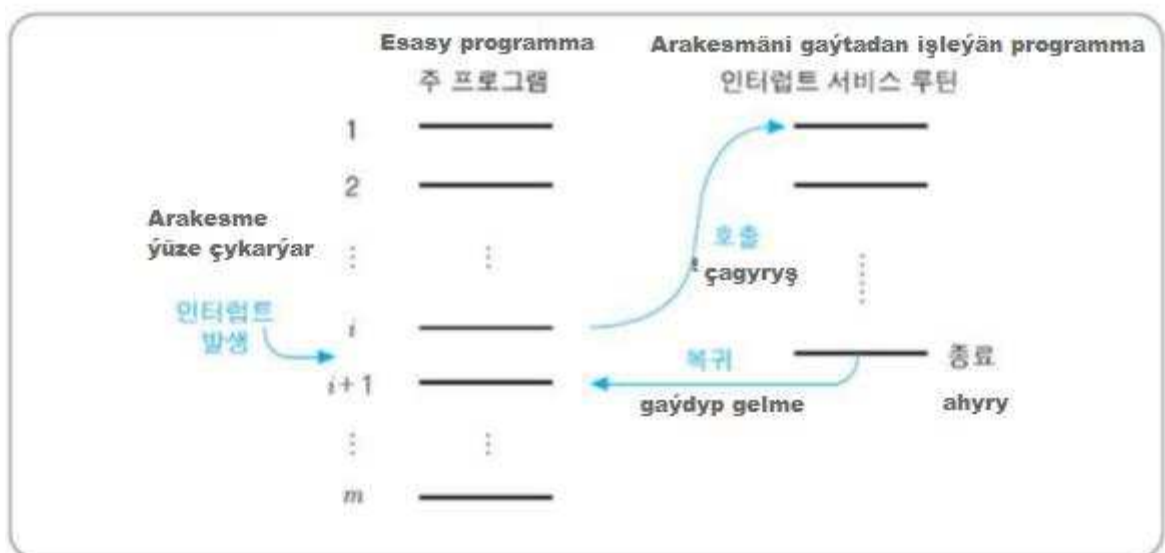


2.2.3 Arakesme döwri (Interrupt Cycle)

Arakesmeler: proressoryň häzirki işleýiş yzygiderliligini kesmegini we programma ýerine ýetirilende beýleki amallary ýerine ýetirmegini talap edýän ulgam amallary

- **Daşarky arakesme talaby kabul edilende,**
 - CPU programmanyň asyl ýerine ýetirilmegini togtatýar,
 - Ilki bilen talap edilýän arakesme üçin hyzmat düzgünini ýerine ýetiriň

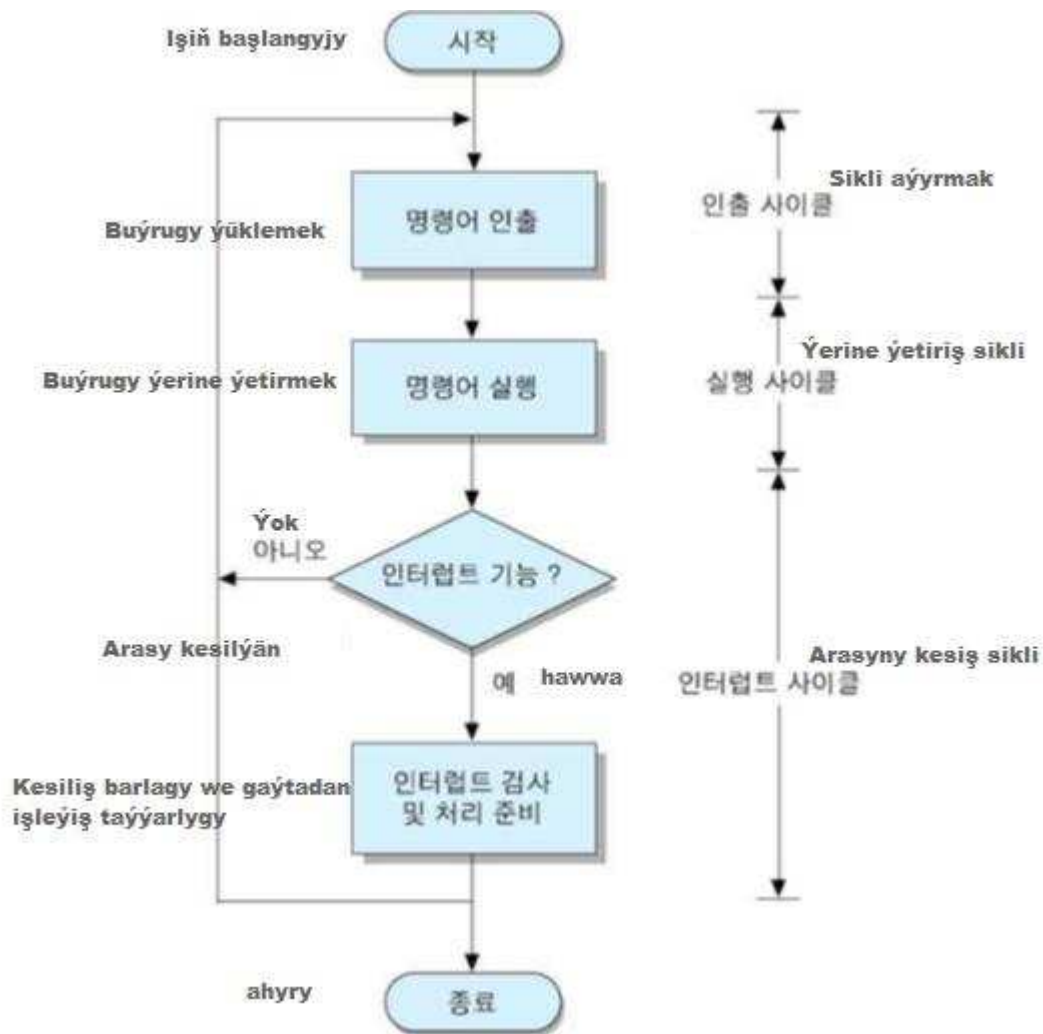
Arakesmäniň gaýtadan işleýiş programmasy ISR: Arakesmeleri çözmek üçin ýerine
ýetirilýän programma



- **Arakesmäni gaýtadan işleýiş**
- Arakesme kabul edilende, CPU
 - Haýsy enjamyň kesilmegini sorandygyny kesgitleň, ISR-i çagyryň
 - Hyzmat ýatyrylanson, kesilen asyl programmanyň ýerine ýetirilmegini dowam etdirin
- CPU kesilmeginiň jikme-jik işleýşi;

- 1) Házirki görkezmäniň ýerine ýetirilişi tamamlanandan soň ýerine ýetirilmeli indiki gönükdirmäniň salgysy (kompýuter mazmuny) stakada saklanýar. Adatça, stak esasy ýadyň belli bir bölegidir.
- 2) ISR-i çagyrmak üçin subroutiniň başlangyç salgysyny kompýutere göçürüp alyň. Bu wagt başlangyç salgı, arakesme sorayan enjamdan iberilýär ýa-da önünden kesgitlenen baha bilen kesgitlenýär.

Goşmaça arakesme döwri bilen döwür gözükdirmeleri



● Mikrooperasiýa döwrüniň arakesmesi

t0: MBR HK

t1: MAR SP, PC ISR başlangyç salgysy

t2: M [MAR] MBR

Şeýle-de bolsa, SP stak görkezijidir. (stack pointer)

[Birinji döwür] Kompýuter mazmunyny MBR-e geçirýär

[Ikinji döwür] SP mazmunyny MAR-a geçirýär, arakesmäniň adaty adresini başlamak üçin kompýuter mazmunyny üýtgetýär

[Üçünji döwür] MBR-da saklanýan asyl kompýuteriň mazmunyny stakada saklaýar

Mikro operasiýa döwrüň arakesmesi [Mysal]

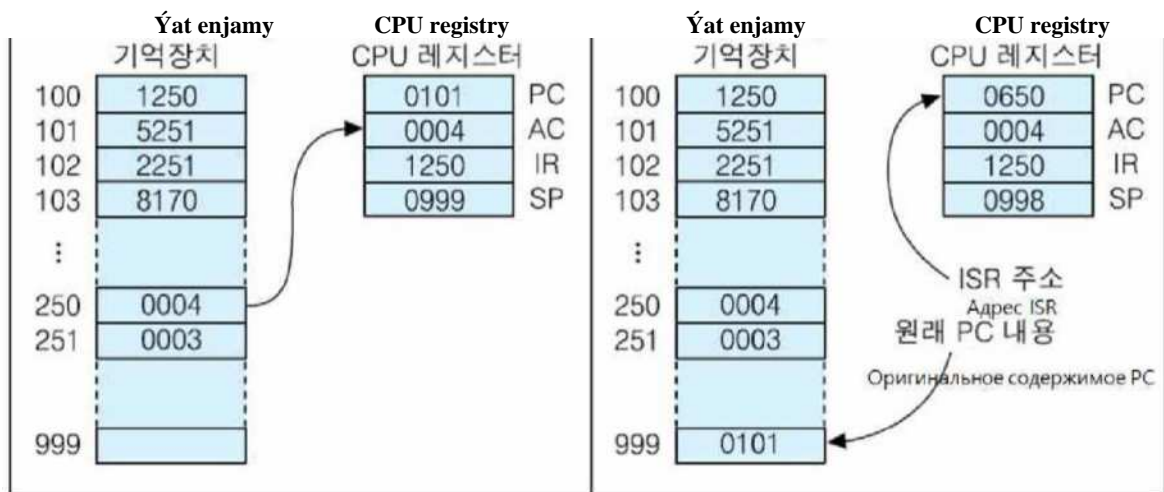
Arakesme LOAD 250 gözükdirmesi ýerine ýetirilende, aşakdaky programmada ilkinji gönükdirmäniň alnandygyny we häzirki SP = 999 we arakesmäniň başlangyç salgysyny 650 diýip kabul edeliň.

100 LOAD 250

101 ADD 251

102 STA 251

103 JUMP 170



(a) LOAD 명령어의 실행 사이클이 종료된 상태

(a) LOAD görkezmäniň ýerine ýetiriş döwri gutarandan soň.

(b) 인터럽트 사이클이 종료된 상태

(b) Arakesme döwri gutarandan soň

- **Birnäçe arakesme**

Beýleki arakesmeler, arakesme tertibi ýerine ýetirilende ýüze çykýar.

- **Birnäçe arakesmäni nädip çözmeli (iki)**

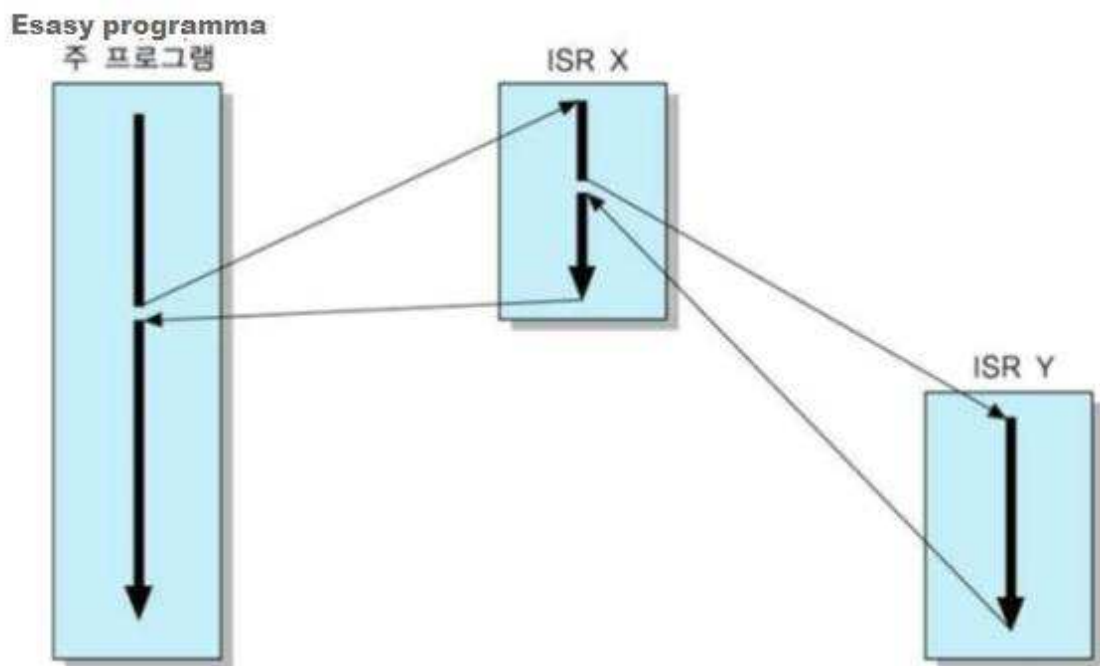
1) CPU kesiş tertibini gaýtadan işleýärkä, täze arakesme talaby kabul edilse-de, arakesme döwrüni ýerine ýetirmeýän usul bar

- Arakesme baýdagy: öçürmeklik ýagdaýynyň arakesmesi
- Ulgam taýdan möhüm programmalar ýa-da kesilip bilinmeýän maglumatlary girizmek / çykarmak amallary üçin bökdencilikleri çözmek üçin ulanylýar

2) Has pes ähmiýetli arakesmäni gaýtadan işlemekde has ýokary ähmiýetli arakesme alnan bolsa, häzirki arakesmäniň ýerine ýetirilmegi togtadylýar we täze arakesme işlenýär.

- **Birnäçe arakesmäni nädip çözmeli**

- Gözegçilik akymy, X enjamy üçin ISR X gaýtadan işlenilen mahaly has ileri tutulýan Y enjamyndan arakesme talaby alnanda we soňra ilki bilen işlenýär.



2.2.4 Gytaklaýyn döwür

Gözükdirmedäki adresi ulanyp, görkezmäni ýerine ýetirmek üçin zerur maglumatlaryň salgysyny almak üçin döwür. Gytaklaýyn salgı bermek tertibinde ulanylýar. (indirect addressing mode)

- Çyzuw döwri bilen ýerine ýetiriş döwrüniň arasyndaky ýagdaý
- Gytaklaýyn döwürde ýerine ýetirilen mikro amallar

t0 : MAR IR(addr)

t1 : MBR M[MAR]

t2 : IR(addr) MBR

Çykarylan gönükdirmäniň salgı meýdanynyň mazmunyny ulanyp, hakyky maglumat salgysyny ýadyňdan alýar we IR salgı meýdanynda saklaýar.

2.3 Gözükdirme konweýeri (Instruction Pipelining)

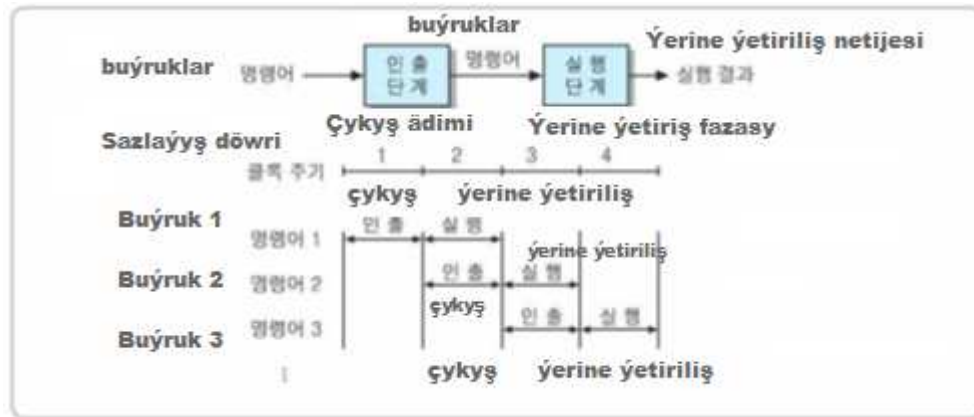
CPU-nyň işleýiş tizligini ýokarlandyrmak üçin bir wagtyň özünde CPU-nyň içerki enjamlaryny birnäçe basgançakda gaýtadan işleýän tehnologiýa.

2.3.1 Iki basgançakly gözükdirme konweýeri (Two-Stage Instruction Pipeline)

Görkezmäni ýerine ýetirýän enjamlary iki sany garaşsyz konweýer bölümüne bölün: nusga alma tapgyry (fetch stage) we ýerine ýetiriş tapgyry (execute stage);

- İşleýiş wagtyna gabat gelmek üçin iki ädimde-de şol bir sagat ulanylsa
 - Ilkinji sagat döwründe, almak tapgyry ilkinji görkezmäni alýar
 - Ikinji sagat döwründe, ilkinji alnan gözükdirme ýerine ýetiriş tapgyryna iberilýär we ikinji görkezmäni alýarka ýerine ýetirilýär

- Iki derejeli buýruk konweýeri we wagt diagrammasy



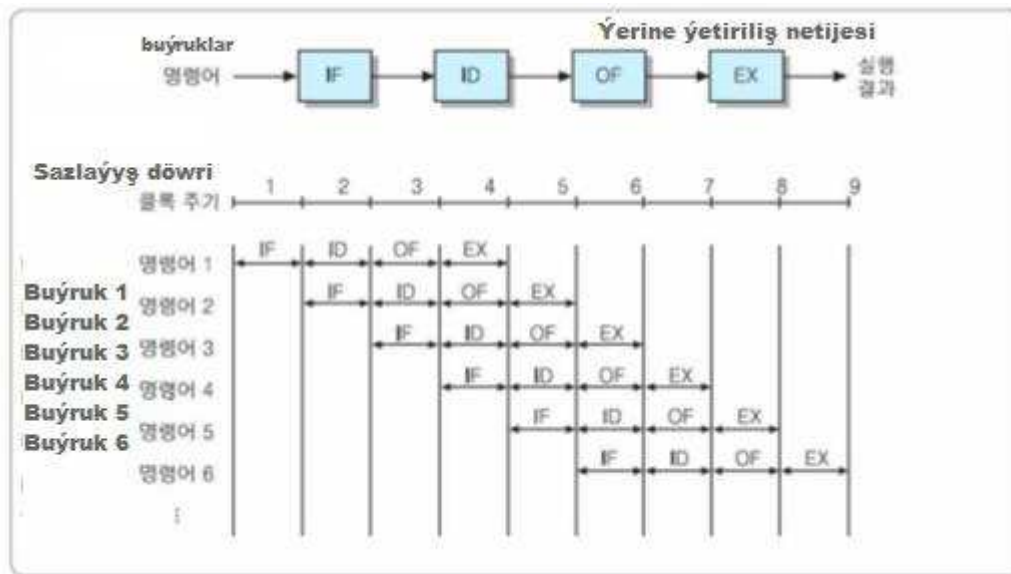
Iki basgançakly turbany ulanmak buýrugy gaýtadan işlemegiň tizligini iki esse ýokarlandyrýar.

- Mesele: Iki basgançagyň gaýtadan işleniş wagty birmeňzeş bolmasa, iki esse tizligi gowulaşdyrmak gazanylmaýar (konweýeriň netijeliligi peselýär)
- Çözüti: Her tapgyryň gaýtadan işleniş wagtny deňleşdirmek üçin konweýer tapgyrlarynyň sanyny köpeltmek

→ Konweýerde tapgyrlaryň sanyny köpeltmek, umumy tizligiň has ýokary bolmagyna getirýär.

2.3.2 Dört basgançakly gözükdirme konweýeri

- Gözükdirme almak ädimi (IF): indiki görkezmäni ýatdan almak
- Gönükdirmäni dekodlamak tapgyry (ID): dekoderi ulanyp gönükdirmäni düşündirmek
- Operandy (OF) almagyň ädimi: operandy ýatdan saýlamak
- Ýerine ýetirmek (EX) ädimi: görkezilen amaly ýerine ýetirmek



- **Konweýerde buýruk ýerine ýetirilişiniň umumy wagty**

- Konweýer tapgyrlarynyň sany = k
- Ýerine ýetirmek üçin gözükdirmeleriň sany = N
- Konweýeriň her bir basgançagy bir döwür alýar diýip çaklasak
- Konweýeriň üsti bilen buýruk ýerine ýetirişiniň umumy wagty (Tk):

$$T_k = k + (N - 1)$$

- Ýagny, ilkinji görkezmäni ýerine ýetirmek üçin k döwürleri gerek
- Galan (N - 1) gözükdirmeler diňe bir döwri görkezýär
- (T1) konweýeri ýok wagty N gözükdirmeleriň ýerine ýetiriliş wagty:

$$T_1 = k \times N.$$

- Konweýeriň tizligi

$$S_p = \frac{T_1}{T_k} = \frac{k \times N}{k \times (N - 1)}$$

[Mysal 2-1] konweýeriň tizligini ýokarlandyrmak

- Konweýeriň tapgyrlarynyň sany = 4
- Konweýer sagatlary = 1 GGs (her etapda zerur wagt = 1ns)

- 10 buýruk işledilende tizligi gowulaşdyrmak haýsylar?

<Howuz>

- Ilkinji görkezmäni ýerine ýetiriş wagty = 4ns
- Mundan beýläk her 1ns-da bir gözükdirmе ýerine ýetirilýär
- 10 görkezmäniň ýerine ýetiriliş wagty = $4 + (10 - 1) = 13\text{ns}$

→ Tizlenme (tizlik: Sp) = $(10 \times 4) / 13 \approx 3.08$ gezek

(N: CPU tarapyndan ýerine ýetirilen gözükdirmeleriň sany)

$N = 100$ bolanda, $Sp = 400/103 = 3.88$

$N = 1000$ bolanda, $Sp = 4000/1003 = 3.988$

$N = 10000$ bolanda, $Sp = 40000/10003 = 3.9988$

$N \rightarrow \infty$ bolanda, $Sp \rightarrow 4$ (teoretiki tizligi gowulaşdyrmak)

● Konweýeriň netijeliligini peseltmegiň faktorlary

Ähli gözükdirmeler turbadan geçmeýär.

- Haýsydyr bir gözükdirmеde operandlary almaga zerurlyk ýok, ýöne konweýer enjamlaryny ýönekeýleşdirmek üçin ähli gözükdirmeler dört ädimden geçmeli.

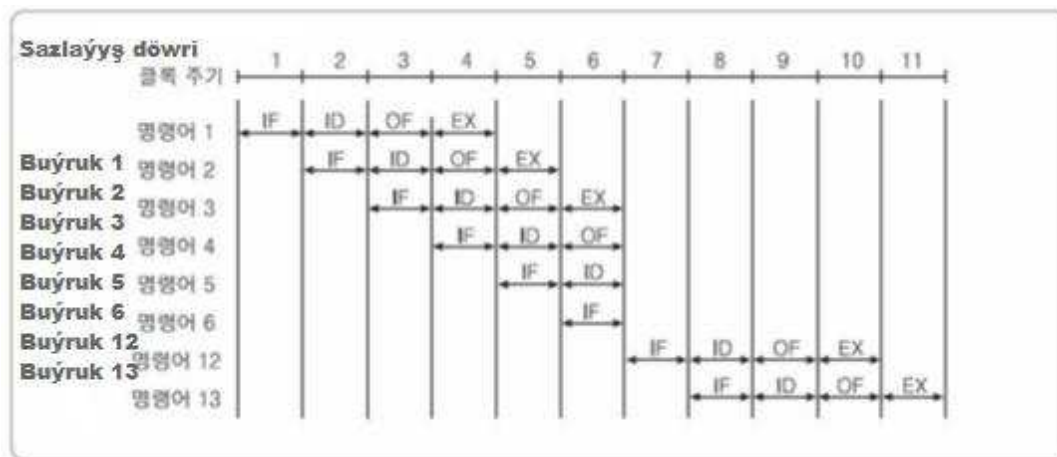
Konweýer sagatlary iň uzak işlemek wagtyny alýan ädim esasynda kesgitlenýär

IF ädimi we OF ädimi bir wagtyň özünde ýadyňa giren ýagdaýynda, ýat gapma-garşylygy ýüze çykanda gijikdirme ýüze çykýar.

Şertli şahanyň gözükdirmesi ýerine ýetirilende, ozal alnan we gaýtadan işlenen gözükdirmeler hakyky däl bolýar.

Şertli şahanyň bar wagty wagt akymynyň diagrammasy;

- [Mysal] 3-nji buýruk: JZ 12; jump (if zero) to address 12



- **Status registri (status register)**

Şertli şahanyň gözükdirmeleri bilen ulanyljak şert baýdaklary (condition flag)

- **Ýagdaý baýdaklarynyň görnüşleri**

- Bellik baýdagy (S): ozal ýerine ýetirilen arifmetiki amalyň netijesiniň bir bölegini saklaýar
- Nol baýdak (Z): amal netijesiniň bahasy 0, 1 bolsa
- Tegelek baýdak (C): eger goşmak ýa-da karz almak, goşmak ýa-da aýyrmak netijesinde ýüze çyksa, 1-e bellän



- Ekwiwalent baýdagy (E): Iki san deňeşdirmegiň netijesi birmeňzeş bolsa 1-e bellän
- Artýan baýdak (V): arifmetiki amal wagtynda aşýan bolsa 1-e bellän
- Arakesme baýdagy (I)
 - Arakesme açyk bolsa 0-a düzüň
 - Arakesme ýapyk bolsa 1-e düzüň
- Gözegçi (P) baýdaklar:
 - CPU ýerine ýetiriş tertibi gözegçilik rejimi bolsa 1-e bellän
 - Ulanylýan tertip bolsa 0-a düzüň

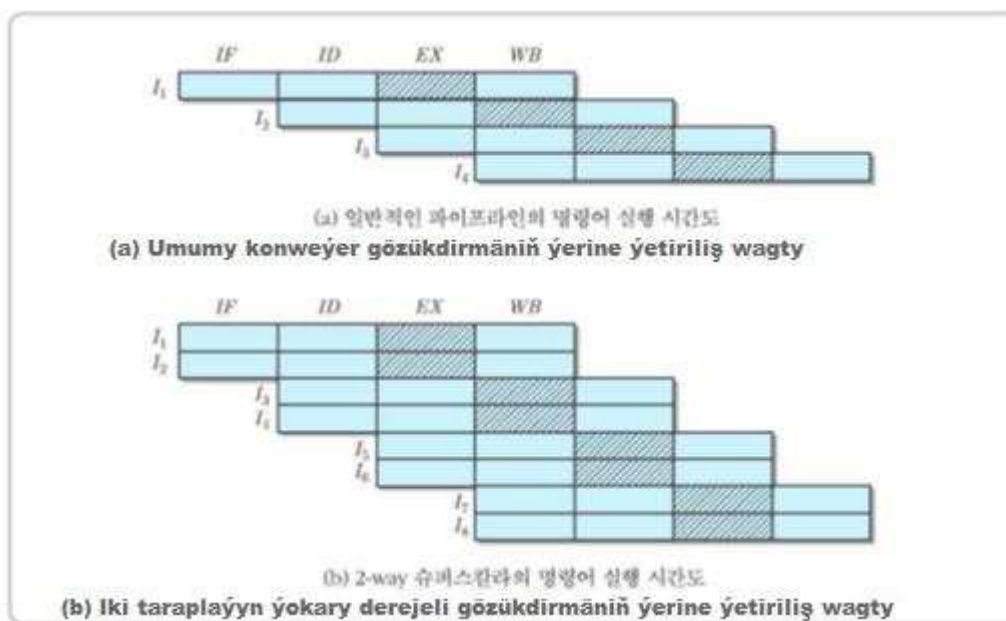
2.3.3 Superskalar

CPU gaýtadan işlemegin tizligini hasam ýokarlandyrmak üçin içindäki iki ýa-da has köp gözükdirme konweýerli gurluş

Her bir buýruk konweýeri aýratyn gözükdirme alyp we her sagat döwründe bir wagtda ýerine ýetirip bilýändigini sebäpli, teoriýa boýunça, konweýerleriň sany bilen programmany gaýtadan işlemegin tizligi gowulaşyp biler.

Konweýerleriň sany = m: m-superskalar

Iki taraplaýyn ýokary derejeli gözükdirme (superskalar) ýerine ýetiriş shemasy:



- Superskalaryň tizlenmesi

- Her bir konweýeriň ýerine ýetiriliş wagty (N: ýerine ýetirmeli buýruklaryň sany)

$$T(1) = k + N - 1$$

- “M-way superskalar” -yň ýerine ýetiriş wagty

$$T(m) = k + \frac{N-m}{m}$$

- Tizleşdirmek

$$Sp = \frac{T(1)}{T(m)} = \frac{k + N - 1}{k + (N - m)/m} = \frac{m(k + N - 1)}{N + m(k - 1)}$$

$N \rightarrow \infty, Sp \rightarrow m$ gözükdirmeleriň sany

Superskalar tizlenme koeffisiýenti ($Sp < m$):

Gözükdirmeleriň arasyndaky maglumatlara baglylyk

Enjam konflikti (ALU, registr we ş.m.) \rightarrow Bir wagtyň özünde ýerine ýetirip boljak gözükdirmeleriň sany $< m$

<Çözügüt>

Buýruklaryň ýerine ýetiriliş tertibini üýtgetmek \rightarrow Gözükdirmeleriň arasyndaky maglumatlara baglylygy aradan aýyrmak

Enjam goşmaçasyny gurnamak (dublikat) \rightarrow Enjam konkurensiýasyny azaltmak (ALU, registr we ş.m.)

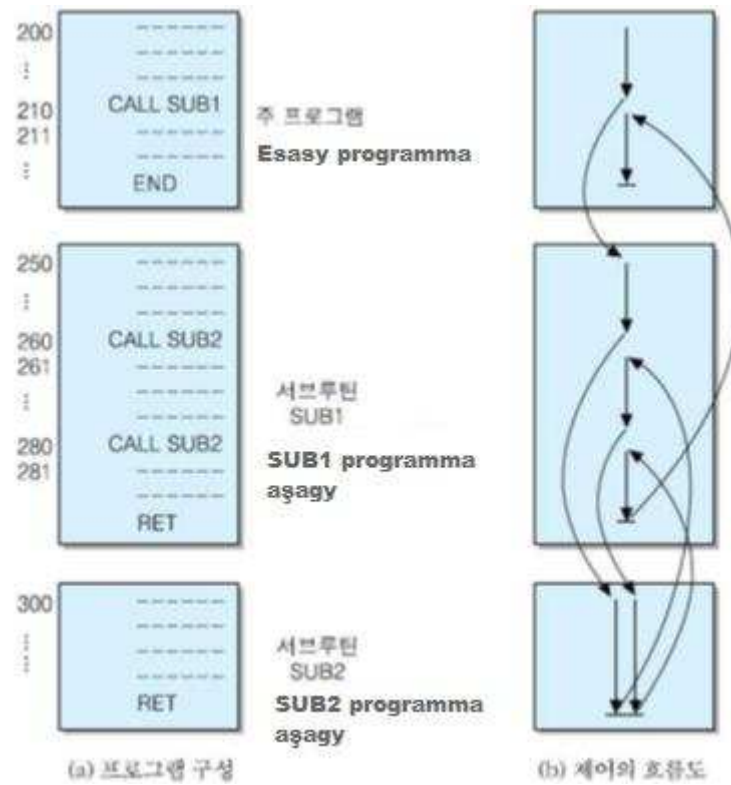
2.4 Gözükdirme toplumy (Instruction Set)

CPU-a mahsus gözükdirmeler toplumy

- Gözükdirme toplumynyň taslamasy üçin kabul edilmeli çözügütler
 - Amallaryň repertuary: CPU tarapyndan ýerine ýetirilýän amallaryň sany we görnüşi we olaryň çylşyrymlylygy
 - Maglumatlaryň görnüşi: işlemek üçin maglumatlaryň görnüşi, maglumatlaryň uzynlygy (bitleriň sany)
 - Gözükdirme formaty: gözükdirmäniň uzynlygy, operand meýdanlarynyň sany we uzynlygy we ş.m.
 - Salgy tertibi: operanyň salgysyny kesgitlemegiň usuly

2.4.1 Amallaryň görnüşleri

- Maglumat geçirmek: registrleriň we registrleriň arasynda, registrleriň we saklaýyş enjamlarynyň arasynda ýa-da saklaýyş enjamlary bilen saklaýyş enjamlarynyň arasynda maglumatlary geçirmek
- Arifmetiki amallar: goşmak, aýyrmak, köpeltmek we bölmek ýaly esasy arifmetiki amallar
- Logiki amallar: AND, OR, NOT we her maglumat bitiniň arasyndaky eksklýuziw-OR amallar
- G/Ç: Prosessor bilen daşarky enjamlaryň arasynda maglumatlary geçirmek üçin amallar
- Programmany dolandyrmak
- Buýruk ýerine ýetiriş tertibini üýtgedýän amallar
- Şahamça subroutini çagyrmak
- **Subroutini çagyrmak üçin buýruklar**
- CALL gözükdirmesi: Häzirki kompýuteriň mazmunyny saklaýan we subroutiniň başlangyç salgysyna geçýän gözükdirme
- RET buýrugy: prosessoryň başda ýerine ýetirýän programmasyna gaýdyp gelmek buýrugy



- CALL / RET gözükdirmesiniň mikro amallary
- CALL X gözükdirme boýunça mikro amallar

t0 : MBR PC

t1 : MAR SP, PC X

t2 : M[MAR] MBR, SP SP – 1

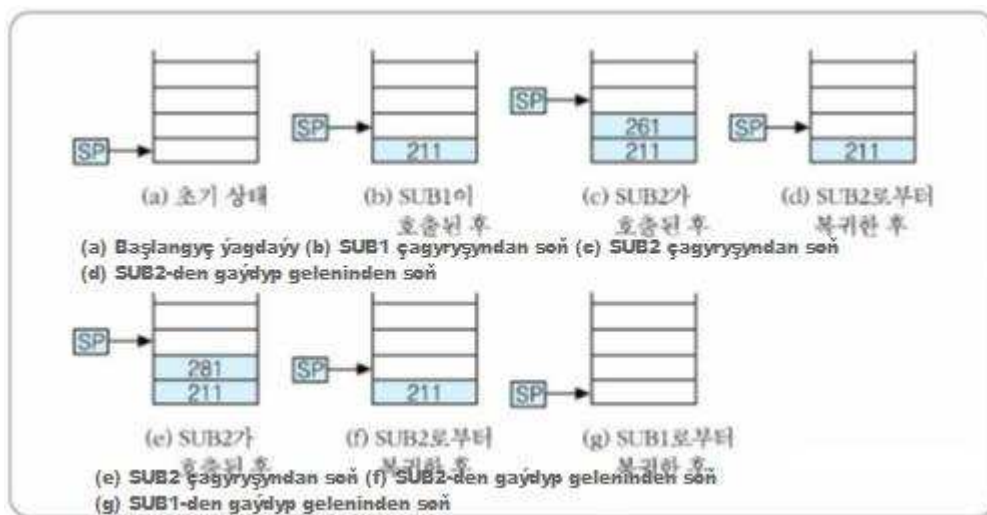
- Kompýuteriň häzirki mazmunyny (subroutin ýerine ýetirilenden soň gaýdyp gelmek üçin salgy) SP-de görkezilen stakanyň ýokarsynda saklaň
- Salgy bloky baýt bolsa we saklanmaly salgy 16 bit bolsa, ony $SP \leftarrow SP - 2$ diýip üýtgediň

- RET gözükdirmesiniň mikro amallary

t0 : SP SP + 1

t1 : MAR SP

t2 : PC M[MAR]



2.4.2 Buýruk formaty

■ Gözükdirmäniň düzümleri

■ Amalyň kody (Operation Code): ýerine ýetirilmeli amaly görkeziň (LOAD, ADD we ş. m.)

■ Operand (Operand)

- Amaly tamamlamak üçin zerur maglumatlaryň ýa-da maglumatlaryň salgysy.
- Her bir amalda bir ýa-da iki giriş operandy we bir netije operandy bar.
- Maglumat SP reýestrinde, esasy ýatda ýa-da I/O (giriş / çykyş) enjamlarynda ýerleşýär.

■ Indiki gözükdirmäniň salgysy (Next Instruction Address)

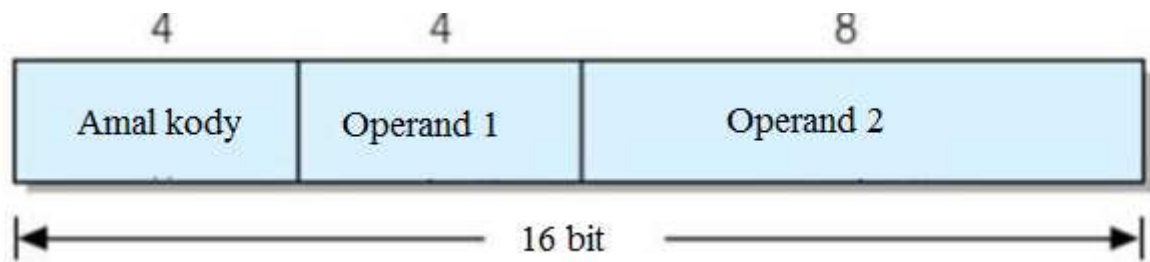
- Häzirki gözükdirme ýerine ýetirilenden soň indiki instruksiýany almak üçin ýer kesgitläň.
- Şaha ýa-da çagyryş gözükdirmesi ýaly ýerine ýetiriş tertibini üýtgedeniňizde talap edilýär.

■ Gözükdirmäniň formaty (instruction format): Gözükdirmedäki meýdanlaryň mukdary we ýerleşşi we her meýdanda bitleriň mukdary.

■ Meýdan (field): Bir gözükdirmäniň her bir böleginde sarp edilmeli bitler topary.

■ Komandanyň uzynlygy = sözün uzynlygy (word)

[Mysal] Üç meýdandan ybarat bolan 16 bitli gözükdirme



□ Komandanyň formatyny kesgitlemek barada pikirler

- Amalyň kodynyň meýdanynyň uzynlygy: amalyň mukdaryny kesgitlemeli.

[Mysal] 4 bit $2^4=16$ amallar kesgitlenip bilner.

- Eger-de amal kody 5 bit köpelse, $2^5 = 32$ amal kesgitlenip bilner. Beýleki meýdanlaryň uzynlygyny azaldyň.

- Operand meýdanynyň uzynlygy: operandyň çägin kesgitlemeli.

- Çäkler operandyň görnüşine görä üýtgeýär.

- Maglumatlar: bildirilýän sanlaryň çäklerini kesgitleň.

- Ýadyň salgysy: operandy almak üçin SP-nyň gönüden-göni ýüz tutup biljek ýadynyň mukdaryny kesgitleýär.

- Reýestr belgisi: saklamak üçin ulanyp boljak reýestr mukdaryny kesgitlemeli.

□ Operand meýdanynyň çäginň mysaly

- Operand 1 reýestr belgisini, 2-nji operand bolsa saklanyş salgysyny görkezýär.

- Operand 1: 4 bit 16 bar bolan reýestler

- Operand 2: 8 bit Ýadyň salgylarynyň çägi: $0 \sim 255$

■ Haçan-da iki operand birlikde ulanylan ýagdaýynda

- Eger-de operand görkezilen ikä çenli goşmaça maglumat bolsa,

Çäk aralygy: $-2048 \sim +2047$

- Eger-de operand saklanyş salgysy bolsa, $2^{12} = 4096$ ýad salgylary görkezilip bilner.

□ Operandlaryň sany boýunça görkezmeleriň klassifikasiýasy

■ 1-salgylý gözükdirme (one-address instruction): diňe bir operandy özünde jemleýän komanda. (Beýleki operand düşüniksiz bolýar AC)

[Mysal]

```
ADD X ; AC ← AC + M[X]
```

Iki salgylý gözükdirme (two-address instruction): iki operandy özünde jemleýän gözükdirme.

```

ADD R1, R2    ; R1 ← R1 + R2
MOV R1, R2    ; R1 ← R2
ADD R1, X     ; R1 ← R1 + M[X]

```

- 3-salgylý gözükdirmе (three-address instruction): üç operandy özünde jemleýän gözükdirmе.

[Mysal]

```

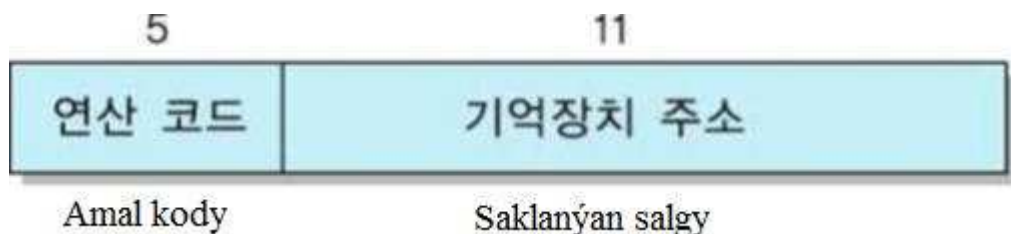
ADD R1, R2, R3 ; R1 ← R2 + R3

```

- Bir salgylý gözükdirmäniň mysaly

- Haçanda 1 salgylý ululygy 16 bitli gözükdirmеde amal kody 5 bit bolanda gözükdirmе formatyny kesgитläň, we salgylanan ýadyň ululygyny kesgитläň.

- Salgylanan ýadyň ululygy: $2^{11} = 2048$ baýt
- Gözükdirmäniň formaty (instruction format)



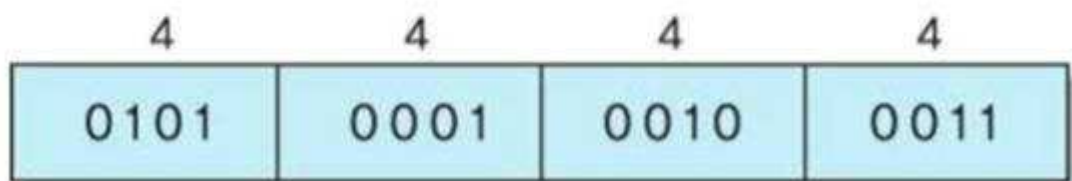
□ Iki salgyly gözükdirmäniň mysaly

■ 2 salgyly gözükdirme formatyny ulanyp, 16 bitli prosessorda, amal kody 5 bite deň we reýestrleriň sany 8 (a) deň, iki operand hem reýestr belgisi bolup durýar we (b) bir operand ýat salgysy bolýar.



(b) bir operand saklaýyş salgysy bolýar

□ Komandanyň üç salgyly formatynyň mysaly



(b) R1, R2, we R3 komandalaryň ADD bit massiwi

□ Programmirlеме üçin komanda formatynyň täsiri

[Mysal] Hasaplamak üçin gurnama programmasynyň ýazylyşy

$$X = (A + B) \times (C - D)$$

■ Indiki mnemonik komandalary ulanyň

- ADD : Goşundy
 - SUB : Aýyрма
 - MUL : Goşma
 - DIV : Bölüm
 - MOV : maglumatlary ýerleşdirmek
 - LOAD : saklanýan ýerden maglumatlary ýüklemek
 - STOR : saklanýan ýere maglumatlary ýerleşdirmek
- Bir salgylý gözükdirmeleri ulanýan programmalar

```
LOAD  A    ; AC ← M[A]
ADD   B    ; AC ← AC + M[B]
STOR  T    ; M[T] ← AC
LOAD  C    ; AC ← M[C]
SUB   D    ; AC ← AC - M[D]
MUL   T    ; AC ← AC × M[T]
STOR  X    ; M[X] ← AC
```

Nirede M [A] – öz içine alýan salgylar A, T – saklanyş enjamyndaky wagtlaýyn saklanýan ýeriň salgysy.

■ Programmanyň ululygy= 7

□ Iki salgyly gözükdirmeleri ulanýan programmalar

| | | |
|-----|--------|------------------|
| MOV | R1, A | ; R1 ← M[A] |
| ADD | R1, B | ; R1 ← R1 + M[B] |
| MOV | R2, C | ; R2 ← M[C] |
| SUB | R2, D | ; R2 ← R2 - M[D] |
| MUL | R1, R2 | ; R1 ← R1 × R2 |
| MOV | X, R1 | ; M[X] ← R1 |

■ Programmanyň ululygy= 6

2.4.3 Salgy tertibi

Komandany ýerine ýetirmek üçin gerek bolan komandanyň salgysyny kesgitlemegiň usuly.

Salgylanmanyň dürli shemalaryny ulanmagyň sebäpleri: ulanyja (programmiste) çäkli mukdarda gözükdirme bitlerini ulanmak bilen we has uly ýat enjamyny ulanmak bilen operandyň salgysyny birnäçe usulda kesgitlemäge rugsat bermek.

□ Komandadaky operandyň alýan meýdany

■ Saklanýan ýeriň salgysy: maglumatlaryň saklanýan ýerini görkeziň

■ Hasaba alyş belgisi: maglumatlaryň saklanýan reýestrini görkeziň

■ Maglumatlar: gözükdirmäniň operand meýdanyndaky maglumatlary öz içine alýar.

□ Bellik

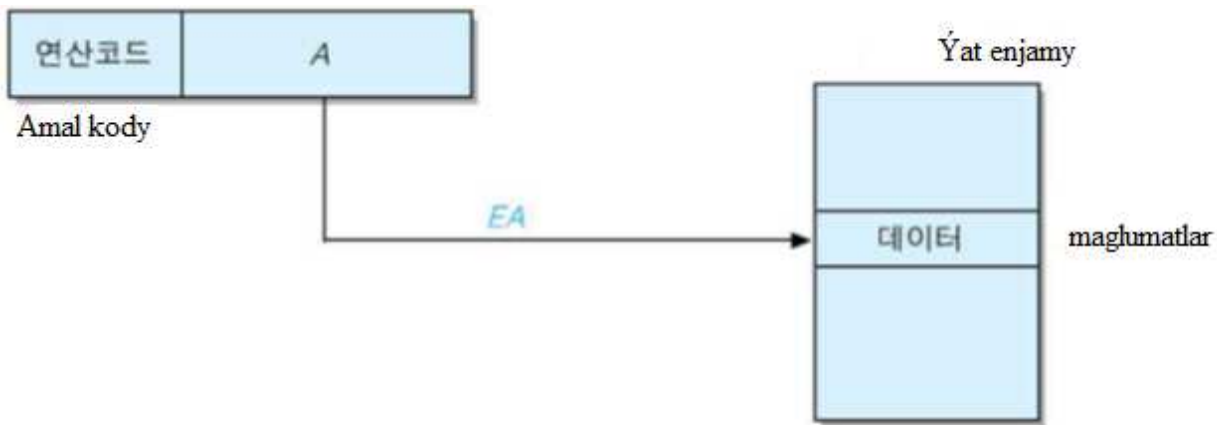
- EA : peýdaly salgý (Effective Address), maglumatlaryň saklanýan ýeriniň fiziki salgysy
- A : Gözükdirmedäki alýan salgý meýdany (haçanda operandyň tutýan meýdany saklanýan ýeriň salgysy bolanda)
- R : Gözükdirmedäki reýestr belgisi (haçanda operandyň tutýan meýdany reýestr belgisi bolanda)
- (A) : A ýat enjamyň tutýan ýeri
- (R) : R reýestriň tutýan ýeri

□ Salgylama usullarynyň görnüşleri

- Göni salgylanmanyň tertibi (direct addressing mode)
- Gytaklaýyn salgylanmanyň tertibi (indirect addressing mode)
- Düşünilýän salgylanmanyň tertibi (implied addressing mode)
- Tiz salgylanmanyň tertibi (immediate addressing mode)
- Salgylanmanyň tertibini hasaba almak (register addressing mode)
- Gytaklaýyn salgylanmanyň tertibini hasaba almak (register-indirect addressing mode)
- Ýerini üýtgetme salgylanma tertibi (displacement addressing mode)
- Degişlilik salgylanmanyň tertibi (relative addressing mode)
- Salgylanmanyň indekslenen tertibi (indexed addressing mode)
- Esasy reýestriň salgylanma tertibi (base-register addressing mode)

□ Göni salgylanmanyň tertibi (direct addressing mode)

- Operandyň tutýan meýdany nahili ýagdaýda täsirli salgý bolýar (EA) = A
- Artykmaçlyk: maglumaty almak üçin saklanýan ýere diňe bir ýol talap gerek bolýar.
- Ýetmezçilik: diňe amal kodlaryndan başga galan bitler, salgý bitleri hökmünde ulanylyp bilner, şonuň üçin gönüden-göni kesgitläp boljak ýat ýerleriniň sany çäklidir.



Mysal 2-6

SP-nyň içki reýestrleri we esasy ýat 2-24 suratda görkezilişi ýaly baha saklaýarlar diýip çaklalyň. Bu ýerde SP reýestriniň we saklanýan ýeriň her biriniň ini 16 bit bolýar, we suratdaky ähli bahalar amatlylyk üçin onluk görnüşde görkezilen (2-24 surat ulanylmagy (Mysal 2-7) we (Mysal 2-9) üçin adaty bolup durýar).

| Prossessor registrleri | | Ýat | Ýat enjamy |
|------------------------|-----|-----|------------|
| PC | 450 | ... | |
| IX | 003 | 150 | 1234 |
| BR | 500 | 151 | 5678 |
| | | | |
| R0 | | 172 | 0202 |
| R1 | 203 | 173 | — |
| R2 | 151 | ... | |
| R3 | | ... | |
| R4 | | 201 | — |
| ... | | 202 | 3256 |
| | | 203 | 4457 |
| | | ... | |

- ① Göni salgy beriş shemasyny ulanýan gözükdirmäniň salgy meýdanynda (A) saklanýan, öz içine alýan 150-ä deň bolsa, täsirli salgy (EA) we ondan alnan maglumatlar alynýar.
- ② Eger-de gözükdirmäniň ululygy 16 bite deň we amal kody 5 bita deň bolsa, bu gözükdirme bilen gönüden-göni girip boljak saklaýyş göwrümi nämeden ybarat?

[düşündiriş]

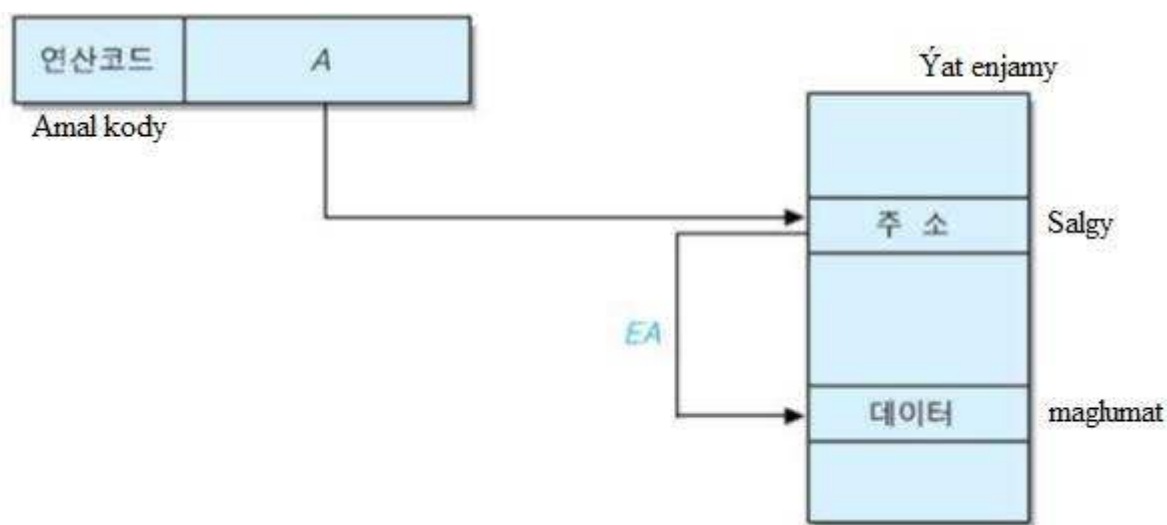
- ① EA = 150 görä, ýatda saklaýan enjamda 150 saklanýan maglumatlar “1234” çykarylýar.

② Salgy meýdany 11 bit bolany üçin, göni salgylanmaly ýadyň ululygy 2048 söz. Şeýle-de bolsa, her saklanýan ýerde saklanýan bitleriň sany 16 bit (2 baýt) bolany üçin, saklaýyş göwrümi 2096 baýt bilen görkezilip bilner.

□ Gytaklaýyn salgylanmanyň tertibi (indirect addressing mode)

Saklaýyş salgysy operand meýdanynda saklansa-da, maglumatlaryň täsirli salgysy salgy bilen görkezilen saklanyş ýerinde saklanýar.

$$EA = (A)$$



Artykmaçlygy: sözüň uzlynlygy bilen kesgitlenýän ýadyň has ýokary göwrümi → salgylanýan ýadyň göwrüminiň giňelmesi

■ Eger-de sözüň uzynlygy n bit bolsa, onda salgylanma $2n$ çenli ýat gözenegi bolup biler.

Minuslar: Ýerine ýetirilýän wagtynda ýada iki ýol gerek bolýar.

■ Birinji ýol: salgyny saýlamak

■ Ikinji ýol: Şu salgy bilen görkezilen hakyky maglumatlary almak

Gözükdirmäniň formaty üçin gytak bit (I) gerek bolýar

- Gözükdirmäniň formaty üçin gytak bit (I) gerek bolýar
- Eger-de $I = 0$, göni salgylanmanyň shemasy bolsa
- Eger-de $\pi = 1$, gytak salgylanma bolsa

Tapgyryň gytak ýerine ýetirilişi



Köp ugurly gytak salgylanma (multi-level)

$$EA = ((\dots (A) \dots))$$

[Mysal 2-7]

Indiki soraglara jogap beriň, haçan SP reýestrleri we esasy ýat 2-24 suratdaky görkezilen bahalary ýatda saklaýar.

- ① Salgy meýdanynda saklanýan mazmuny göz önünde tutmak bilen
(A) Gytaklaýyn salgylanma usulyny ulanýan görkezme üçin '172', täsirli salgy (EA) we ondan alnan maglumatlary alyň.
- ② Şu komandanyň kömegi bilen ýüz tutup boljak saklanýan ýeriň göwrümi nähili?

[Düşündiriş]

- ① EA - bu «202», 2-24 suratdaky ýadyň 172-nji blogyndaky saklanýan. Şonuň üçin, «3256», ýatda saklanýan 202 gözükdirmäni ýerine ýetirmek üçin ulanyljak maglumatlar hökmünde saýlanýar.
- ② Salgynyň uzynlygy (EA) 16 bit bolşy ýaly, salgylanýan ýadyň göwrümi $(2)^{16} = 64$ KB söz (128 KB) bolýar.

□ Düşünilýän salgylanma tertibi

Komandany ýerine ýetirmek üçin zerur maglumatlaryň ýerleşşi nähili düşünüksiz görkezilýär

[Mysal]

■ «SHL» Gözükdirme: akkumulýatoryň içindäkileri çepe süýşirýär. (shift)

■ «SHL» Gözükdirme: reýestr R1 içindäkileri bile saklamak (SP-de görkezilen R1 içindäkileri ýadyň içinde düşünüksiz saklamak)

Artykmaçlygy: Gysgaça gözükdirme

Ýetmezçilik: tebigy görkezmede çäklendirilen

□ Tiz salgylanmanyň tertibi

Gözükdirmede maglumatlar nähili ýagdaýda saklanýar (operand meýdanynyň içindäkileri hasaplamakda ulanyljak hakyky maglumatlar)

Belleme: Bir programmadaky registriň ýa-da üýtgeýjiniň başlangyç bahasyny hemişelik bahasyna bellemek üçin ulanylýar.

Artykmaçlyk: maglumatlary almak üçin saklanýan ýerden rugsat gerek däl

Ýetmezçilik: hemişelik bahanyň ölçegi operand meýdanyndaky bit mukdarlary bilen çäklendirilen.



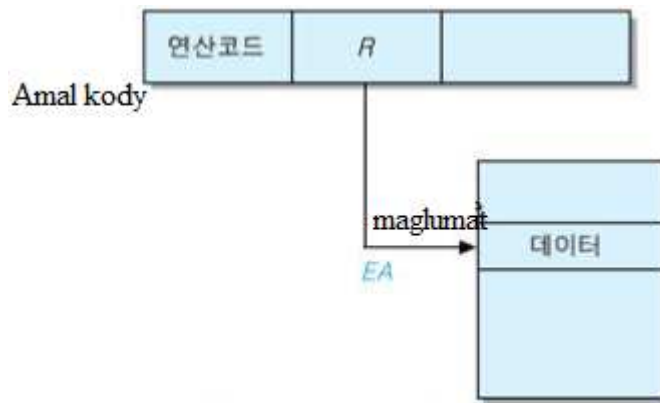
□ Reýestr salgylanmasynyň tertibi

Haçanda amalda ulanyljak maglumatlar, gözükdirme operandy degişli reýestri görkezmek usuly bilen içki reýestrde saklanýar.

$$EA = R$$

Salgylanmak üçin ulanylýan reýestrleriň sany = $2k$

(bu ýerde k – meýdanyň bitleriniň mukdary R)



Ýygym hasaba alyşy

[hyzmat]

Operand meýdanynyň bitleriniň sany, maglumatlary almak üçin ýadyň elýeterliliginden az dälär.

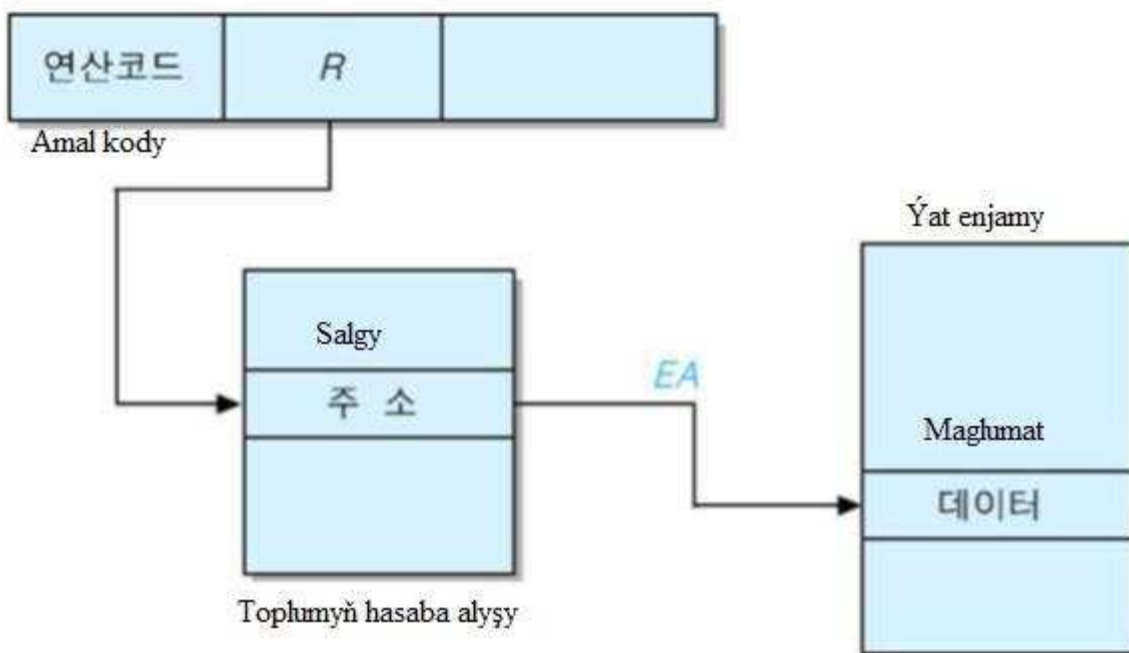
[Cons]

Maglumatlaryň saklanyp bilinjek ýeri, SP-nyň içerki reýestrleri bilen çäklenýär.

□ Gytak salgylanma uzulyňy hasaba alyň

Netijeli salgı hökmünde operand meýdanynda görkezilen registriň mazmunyny ulanyp, hakyky maglumatlary almagyň usuly.

$$EA = (R)$$



[Mysal]

2-24 suratdaky görkezilen bahalar SP-nyň içki registrde we esasy ýatda saklaýar, “2” bolsa 2-28 we 2-29 suratlardaky görkezilen komanda formatynda registriň R meýdanynda saklaýar diýip hasaplalyň.

(1) Eger-de registriň salgylanmasy ulanylsa, onda iş prosesinde nähili maglumatlar ulanylar?

(2) Eger-de içaly registrleriň salgylanma shemasy ulanylsa, onda haýsy maglumatlar ulanylar?

Düşündiriş

(1) R2-de saklanýan “151” maglumatlar ulanylýar.

(2) Ýatda saklaýan enjamda 151 saklanýan “5678” maglumatlar ulanylýar.

Artykmaçlyk: giňeldip bolýan salgylanylýan saklanylýan ýer

Eger-de registriň ululygy 16 bit bolsa, salgylanma göwrümi: $2^{16} = 64K$ baýt

Eger-de registriň ululygy 32 bit bolsa, salgylanma göwrümi: $2^{32} = 4G$ baýt

□ Ýerleşdiriş salgylanmasy

Göni salgylanma utgaşmasy we gytak salgylanmany hasaba almak

$$EA = A + (R)$$

Ulanylýan registre laýyklykda üýtgetme salgylanma usulynyň dürli görnüşleri ulanylyp bilner.

■ PC → otnositel salgylanma tertibi (relative addressing mode)

■ Indeksiw registr → indekslenen salgylanma tertibi (indexed addressing mode)

■ Esasy registr → esasy registriň salgylanma tertibi (base-register addressing mode)

□ Otnositel salgylanma tertibi

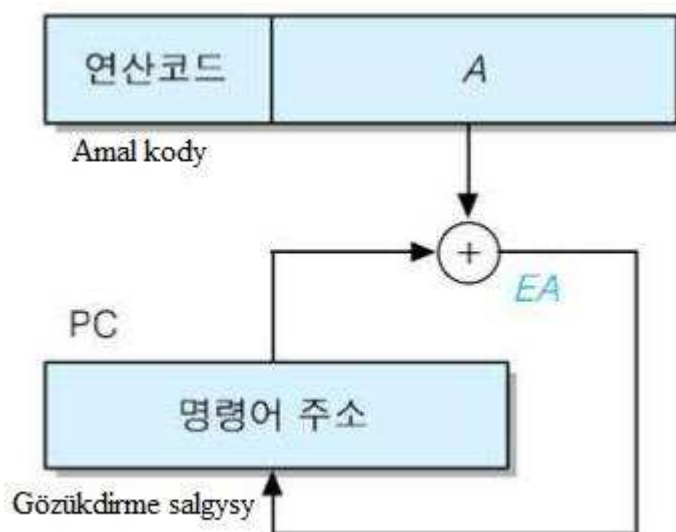
Programma hasaplaýjysyny (PK) registr hökmünde ulanyp, geňişçini hasaplaň

$$EA = A + (PC)$$

Bu ýerde A 2-ä goşundy bolýar.

Esasanda şahalaryň gözükdirmelerinde ulanylýar

- $A > 0$: göni ugurda şaha aýyrma
- $A < 0$: ters ugurda şaha aýyrma



Gözükdirmäniň salgysy

[Mysal]

JUMP gözükdirmesi, otnositel salgylanmanyň ulanylmagy bilen 450 salgyda saklanýar.

- (1) Egerde operand $A = '21'$, siz näçe ýer bökersiňiz?
- (2) Egerde operand $A = '- 50'$, siz näçe ýer bökersiňiz?

[düşündiriş]

- (1) Şu komandany alandan soň PK içndäkiler 451 çenli ulalar. Şonuň üçin hem $451 + 21 = 472$ geçiň.
- (2) Şol sebäpden, we (1), $451 - 50 = 401$ geçmeli

Artykmaçlygy: adaty şaha gözükdirmesinden diňe az bit, bu gözükdirmäniň doly ýadynyň salgysy bolmaly.

Ýetmezçilik: şahalama aralygy operandyň meýdanynyň uzynlygyndan çäklendirilen (operandyň biti ýaly görkezilen, iki goşulan aralyk)

□ Salgylanmanyň indekslenen tertibi

Indeksiň registriniň içindäkileri goşup we A üýtgedip täsirli salgyny kesgitleň.

$$EA = (IX) + A$$

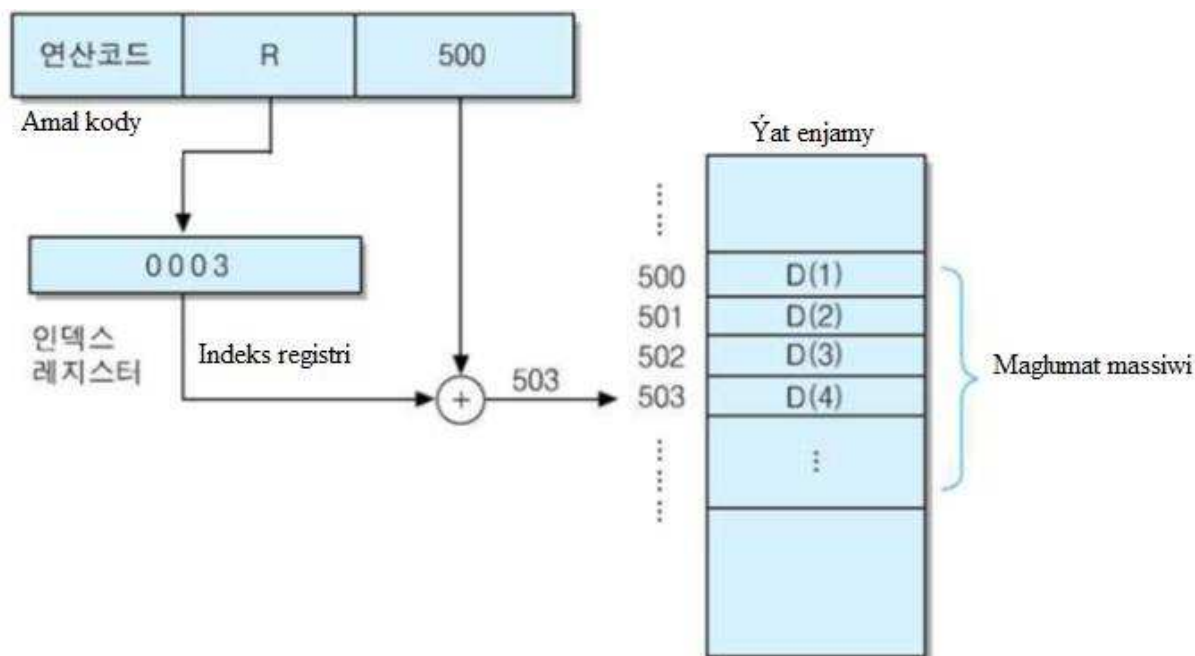
(IX) indeksiniň registri: indeksniň bahasy saklanýan ýörite maksatly registr

Esasy maksat: massiw maglumatlaryna girmek

[Mysal]

Haçanda maglumat massiwi ýatda saklaýjy enjamyň 500 salgysynda saklansa we gözükdirmäniň salgysynyň meýdany düzümi “500” bolsa, indeksniň registriniň içindäkiler

$(IX) = 3 \rightarrow$ maglumatlar massiwiniň maglumatlaryna dördünji giriş



■ Awtomatiki indeksleme (auto-indexing)

Indeks registriniň içindäkiler her gözükdirme ýerine ýetirilende awtomatiki görnüşde ulalýar we kiçelýär.

Haçanda, şu usuly ulanýan gözükdirme, indiki iki amal yzygider ýerine ýetirilende berjaý edilýär.

$$EA = (IX) + A$$

$$IX \quad IX + 1$$

□ Esasy registriň salgylanmasynyň shemasy

Esasy registriniň içindäkileri goşup we A üýtgedip täsirli salgyny kesgitleň.

$$EA = (BR) + A$$

Esasy goşundy: programmany gözlemek (ýa-da üýtgetmek) üçin ulanylýar.

[Mysal]

Köp programmaly (multiprogramming) ýerde, haçanda programma kodyny we maglumatlary başga ýere geçirmeli bolsa, geçiriş komandasynyň salgý meýdanynyň içindäkileri ýa-da maglumatda giriş gözükdirmesii üýtgetmän, BR registriň diňe içindäkiler üýtgetmeli.

2.4.3 Hakyky täjirçilik prosessorlarynyň gözükdirme formatlary

□ CISC (Çylşyrymly gözükdirme toplumly kompýuter) prosessor

■ Komandanyň köp mukdary

■ Gözükdirmäniň uzynlygy hemişelik däl (gözükdirmäniň görnüşine bagly)

■ Çözmegiň köp usullary bar

[Mysal]

PDP seriýaly prosessor, Intel Pentium seriýaly prosessor

□ RISC (Komandanyň gysgaldylan toplumly kompýuteri) prosessor

■ Komandanyň gysgaldylan toplumly kompýuteri (RISC)

■ Gözükdirmäniň mukdaryny azaldyň

■ Komandanyň hemişelik uzynlygyny ýazyň

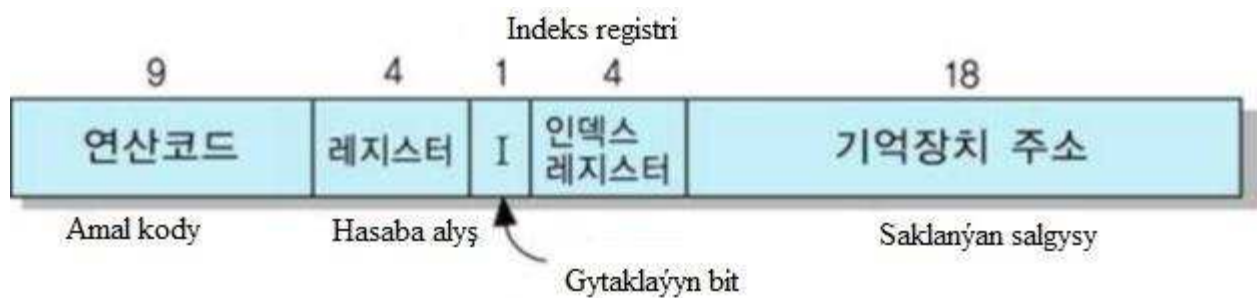
■ Salgylanmanyň shemasynyň görnüşini aňsatlaşdyryň

[Mysal]

AT mega mikro barlag abzaly, ARM seriýaly prosessor

PDP-10 prosessor: ýazylan uzynlykdaky gözükdirmäniň formatyny ulanyň

- Sözüň uzynlygy = 36 bit, komandanyň uzynlygy = 36 bit
- Amalyň kody = 9 bit 512 amala çenli goýberýär (365 hakyky)



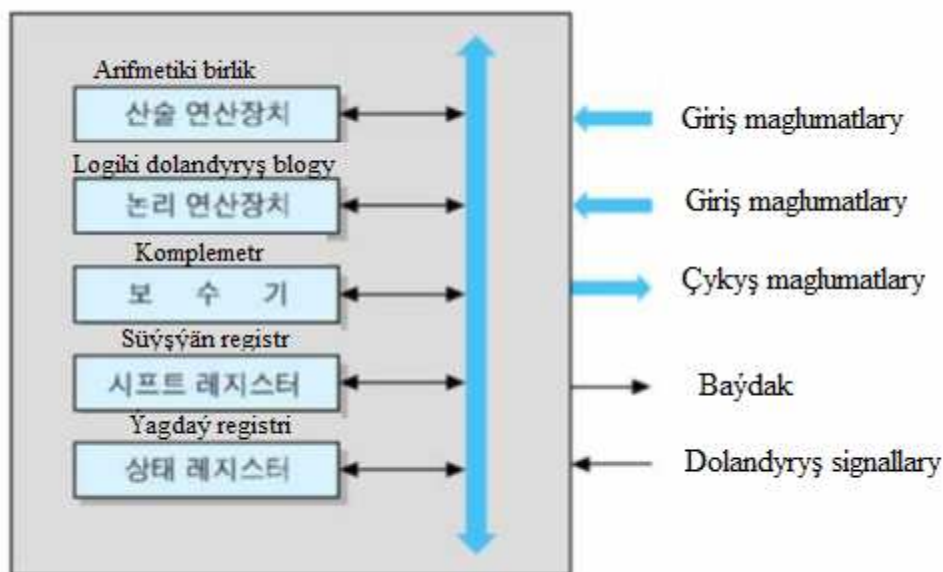
PDP-11 prosessor: üýtgeýän uzynlykdaky komandanyň formatlaryny ulanýar

- Amal kody = 4-den 16 bite çenli
- Salgy belgisi: 0, 1, 2

3. Kompýuteriň arifmetiki we logiki amallary

3.1 ALU komponentleri

- Arifmetiki birlik: arifmetiki amallary ýerine ýetirýär (+, -, ×, ÷)
- Logiki amallar: logiki amallary ýerine ýetirmek (AND, OR, XOR, NOT и т. Д.)
- Süýşirme registri (shift register): bitleri çepe ýa-da saga süýşirme funksiýaly registr.
- Goşmaça shema: ikili maglumatlary ikisiniň goşundysyna öwürýär (otresatel san)
- Ýagdaýyny görkeziji registr (status register): amallaryň netijesiniň ýagdaýyny görkezýän, baýdaklar saklanýan registr.



3.2 Bitewi sanlary görkezmek

Ikili ulgam: 0, 1, belgi we onluk san

[Mysal]

$$-13.62510 = -1101.1012$$

Belgisiz bitewi sanlaryň görkezilmeginiň mysaly

00111001 = 57
00000000 = 0
00000001 = 1
10000000 = 128
11111111 = 255

N-bit ikili sany gol belgisiz bitewi san A-a öwürmek üçin:

$$A = a_{n-1} \times 2^{n-1} + a_{n-2} \times 2^{n-2} + \dots + a_1 \times 2^1 + a_0 \times 2^0$$

a_{n-1} uly aňladýan bitiň çep tarapyna onluk nokat bilen onluk öwrüliş usuly

$$A = a_{n-1} \times 2^{-1} + a_{n-2} \times 2^{-2} + \dots + a_1 \times 2^{-(n-1)} + a_0 \times 2^{-n}$$

[Mysal]

| | | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|----------|----------|----------|-------------------|
| 2^3 | 2^2 | 2^1 | 2^0 | 2^{-1} | 2^{-2} | 2^{-3} | : Sanlar (agramy) |
| 1 | 1 | 0 | 1 | . | 1 | 0 | 1 |

$$= 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 0 \times 2^{-2} + 1 \times 2^{-3}$$
$$= 8 + 4 + 1 + 0.5 + 0.125$$
$$= 13.625$$

Otresatel sanlary nähili ýagdaýda görkezmeli

- Belgi bilen görkezmek (signed-magnitude representation)
- Görkezmäniň 1 goşundysy (1's complement representation)
- Görkezmäniň 2 goşundysy (2's complement representation)

3.2.1 Kodlamak – ölçegini görkezmek

Gyraky çep bit belgi biti bolýar, galan (n-1) bitler görkezme belgileri bilen görkezilen.

$$\begin{array}{ll} + 9 = 0\ 0001001 & + 35 = 0\ 0100011 \\ - 9 = 1\ 0001001 & - 35 = 1\ 0100011 \end{array}$$

Kodlama – iki görkezmäni ($a_{n-1}\ a_{n-2}\ \dots\ a_1\ a_0$) onluk sana öwürmeli.

$$A = (-1)^{a_{n-1}}(a_{n-2} \times 2^{n-2} + a_{n-3} \times 2^{n-3} + \dots + a_1 \times 2^1 + a_0 \times 2^0)$$

[Mysal]

$$\begin{aligned} 0\ 0100011 &= (-1)^0 (0 \times 2^6 + 1 \times 2^5 + 0 \times 2^4 + 0 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0) \\ &= (32 + 2 + 1) = 35 \\ 1\ 0001001 &= (-1)^1 (0 \times 2^6 + 0 \times 2^5 + 0 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0) \\ &= - (8 + 1) = - 9 \end{aligned}$$

[Ýetmezçilik]

■ Goşmak we aýyrmak ýerine ýetirmek çylşyrymly belgi we ululygy deňeşdirmegi we gaýtadan işlemegi talap edýär.

■ 0 üçin iki aňlatma bar

n-bit sözler görkezilen bitleriň mukdary, $(2n - 1)$ çenli kiçeldildi, $2n$ däl.

$$\begin{array}{l} 0\ 0000000 = + 0 \\ 1\ 0000000 = - 0 \end{array}$$

3.2.2 Sylagyň beýany

Görkezmäniň 1 goşundysy (1's complement): Ähli bitler inwertirlenen (0 1, 1 0)

Görkezmäniň 2 goşundysy (2's complement): Ähli bitleri inwertirlemeli we netijä 1 goşmaly.

```

+ 9 = 0 0001001
- 9 = 1 1110110 (1 goşundy)
- 9 = 1 1110111 (2 goşundy)
+ 35 = 0 0100011
- 35 = 1 1011100 (1 goşundy)
- 35 = 1 1011101 (2 goşundy)
    
```

Bolup bilýän onluk sanlaryň aralygy

goşundy 1: - (27 - 1) ~ + (27 - 1)
goşmaça 2: - 27 ~ + (27 - 1)

| Onluk san | Goşundy 1 | Goşundy 2 |
|-----------|-----------|-----------|
| 127 | 01111111 | 01111111 |
| 126 | 01111110 | 01111110 |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ |
| 2 | 00000010 | 00000010 |
| 1 | 00000001 | 00000001 |
| +0 | 00000000 | 00000000 |
| -0 | 11111111 | — |
| -1 | 11111110 | 11111111 |
| -2 | 11111101 | 11111110 |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ |
| -126 | 10000001 | 10000010 |
| -127 | 10000000 | 10000001 |
| -128 | — | 10000000 |

□ 2 goşundy onluk öwrüliş

Ikä çenli goşulan aňlatmadadaky položitel sany ($a_{n-1}=0$) onluk sana nähili ýagdaýda öwürmeli.

$$A = a_{n-2} \times 2^{n-2} + a_{n-3} \times 2^{n-3} + \dots a_1 \times 2^1 + a_0 \times 2^0$$

Ikisiniň goşmaça otresatel sanyny ($a_{n-1} = 1$) onluk sana nähili ýagdaýda öwürmeli

$$A = - 2^{n-1} + (a_{n-2} \times 2^{n-2} + a_{n-3} \times 2^{n-3} + \dots a_1 \times 2^1 + a_0 \times 2^0)$$

[Mysal]

[Alternatiw usul]

10101110 \rightarrow ilki bilen 01010010-e öwürüň, onsaň otresatel sany görkeziň

$$\begin{aligned} 01010010 &= - (1 \times 2^6 + 1 \times 2^4 + 1 \times 2^1) \\ &= - (64 + 16 + 2) \\ &= - 82 \end{aligned}$$

3.2.3 Bit giňeltmesi

□ Maglumatlaryň uzynlygyny (bitleriň mukdaryny) nädip ulaltmaly

Zerurlyk: maglumatlary uly mukdardaky bitleriň registrlerinde saklamaly ýa-da has-da uzyn maglumatlary we amallary ýerine ýetirmeli.

[Mysal]

Onluk sanlar '21' we '-21' üçin 8-bitli kodlama ölçeginiň görkezilişini 16-bitli uzynlyga çenli giňeldiň.

[düşündiriş]

+21= 0001 0101 (kodlama ölçeginiň 8-bitli görkezilişi)
+21= 0000 0000 0001 0101 (kodlama ölçeginiň 16-bitli görkezilişi)
-21 = 1001 0101 (kodlama ölçeginiň 8-bitli görkezilişi)
+21= 1000 0000 0001 0101 (kodlama ölçeginiň 16-bitli görkezilişi)

■ Goşundy 2 görkezilen ýadaýynda: Giňeldilen ýokary bitleri belgi biti bilen deň bahada düzüň

■ Belgi bitini giňeltmek (sign-bit extension)

[Mysal]

“21” we “-21” onluk sanlar üçin goşmaça görkezijiniň 8 bitlik uzynlygyny 16 bitlik uzynlyga çenli ulaldyň.

[düşündiriş]

+21= 0001 0101 (8 bit goşundy 2)
+21= 0000 0000 0001 0101 (16 bit goşundy 2)
-21 = 1111 0101 (8 bit goşundy 2)
+21= 1111 1111 1111 0101 (16 bit goşundy 2)

3.3 Logiki amallar

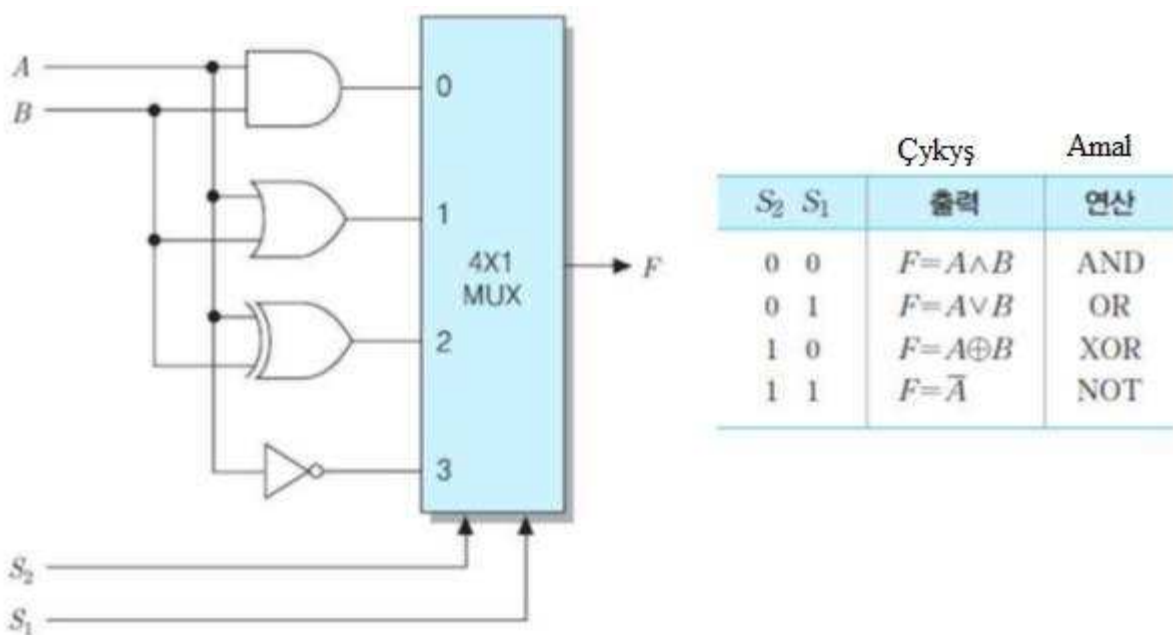
□ Esasy logiki amallar

| A | B | NOT A | NOT B | A AND B | A OR B | A XOR B |
|---|---|-------|-------|---------|--------|---------|
| 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |

□ Logiki amallar üçin apparat modul

Enjam konfigurasiýasy

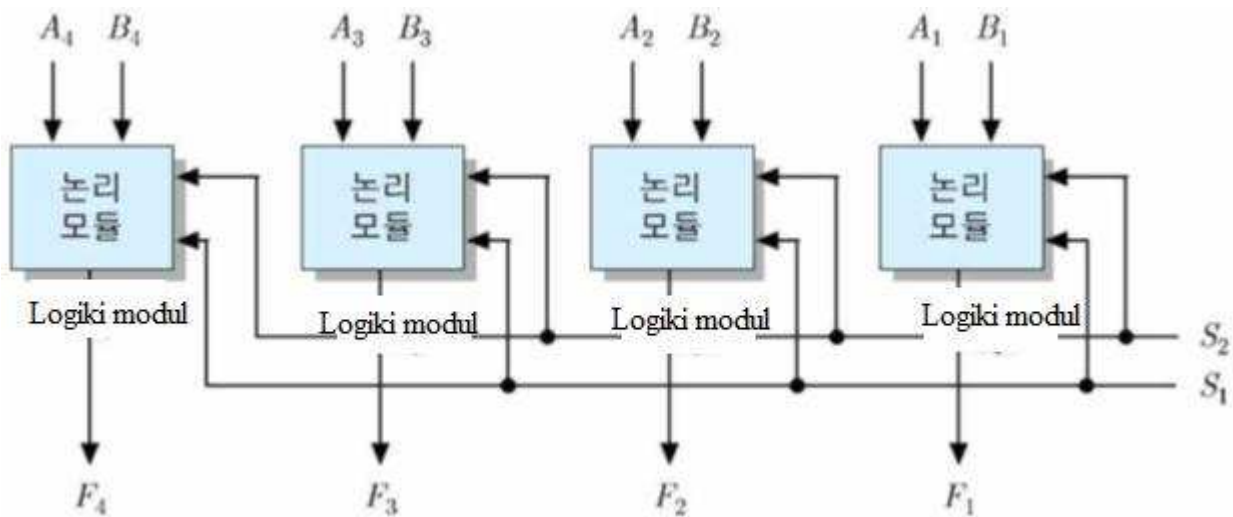
- Giriş bitleri ähli logiki elementleriň üstünden geçýär.
- Dört multiplexer girişiň biri, saýlanan signallar arkaly çykýar



□ Amalyň N-bitli logiki blogy

N-bitli maglumatlar üçin amalyň logiki blogy

- Esasy logiki molullary parallel birikdiriň
- Amalyň 4-bitli logiki blogy



□ Amal AND

Maglumatlaryň iki sözünüň deňli bitlarynyň arasyndaky amal AND

```

A = 1 0 1 1 0 1 0 1
B = 0 0 1 1 1 0 1 1
-----
0 0 1 1 0 0 0 1   (Amalyň netijesi)

```

□ Amal OR

Maglumatlaryň iki sözünüň deňli bitlarynyň arasyndaky amal OR

```

A = 1 0 1 1 0 1 0 1
B = 0 0 1 1 1 0 1 1
-----
0 0 1 1 0 0 0 1   (Amalyň netijesi)

```

□ Amal XOR

Maglumatlaryň iki sözünüň deňli bitlarynyň arasyndaky exclusive-OR amaly ýerine ýetirýär.

```

A = 1 0 0 1 0 1 0 1
B = 0 0 1 1 1 0 1 1
-----
               (Amalyň netijesi)

```

□ Amal NOT

Maglumatlaryň sözleriniň ähli bitlaryny inwertirlemeli

| |
|--|
| $A = 1\ 0\ 0\ 1\ 0\ 1\ 0\ 1$ (amaldan öň) ----- $0\ 1\ 1\ 0\ 1\ 0\ 1\ 0$ (Amalyň netijesi) |
|--|

□ Saýlanan ýumuşyň amaly (selective-set)

A registri B registriň bitleriniň arasyndaky 1-de guralan bitleriň pozisiýasyna gurnaň, 1 < OR ulanmagyň amaly >

| |
|--|
| $A = 1\ 0\ 0\ 1\ 0\ 0\ 1\ 0$ (amaldan öň) $B = 0\ 0\ 0\ 0\ 1\ 1\ 1\ 1$ ----- $A = 1\ 0\ 0\ 1\ 1\ 1\ 1\ 1$ (Amalyň netijesi) |
|--|

□ Saýlama goşundynyň amaly

Regisrt bitlerini <XOR amalyny ulanmak> başga-da, B registriniň 1 bitine gabat gelýän bitlere öwürýär.

| |
|--|
| $A = 1\ 0\ 0\ 1\ 0\ 0\ 1\ 0$ (amaldan öň) $B = 0\ 0\ 0\ 0\ 1\ 1\ 1\ 1$ ----- $A = 1\ 0\ 0\ 1\ 1\ 0\ 1\ 0$ (Amalyň netijesi) |
|--|

□ Maska amaly (mask)

A registr bitlerini arassalamak üçin amal, B registr bitleriniň arasynda 0 bolan bitler bilen deň derejede. <AND amalyny ulanmak>

■ Maksady: Sözdäki gerekli bitleri saýlap arassalamak üçin ulanylýar.

| |
|---|
| $A = 1\ 0\ 0\ 1\ 0\ 0\ 1\ 0$ (amaldan öň) $B = 0\ 0\ 0\ 0\ 1\ 1\ 1\ 1$ |
|---|

A = 1 0 0 1 0 1 0 1 (Amalyň netijesi)

□ Goýma amaly (insert)

Maglumatlardaky sözdäki kesgitlenen pozisiýasyna bitleriň täze bahasyny goýmak

- ① Goýulýan bitleriň pozisiýasy üçin maska amaly (AND) ýerine ýetirmeli.
- ② Gaýtdan goýlan bitler bilen OR amalyň ýerine ýetirmeli.

| | |
|---------------------|----------------------------|
| A = 1 0 0 1 0 1 0 1 | |
| B = 0 0 0 0 1 1 1 1 | Maska (AND amaly) |
| ----- | |
| A = 0 0 0 0 0 1 0 1 | Birinji herekediň netijesi |
| B = 1 1 1 0 0 0 0 0 | Goýma (OR amaly) |
| ----- | |
| A = 1 1 1 0 0 1 0 1 | Gutarnykly (goýmak) netije |

□ Deňeşdirme amaly

A we B registrleriň içindäkileri deňeşdiriň, XOR amaly

- Eger-de deňişli bitler birmeňzeş baha eýe bolsalar, deňişli A registr bitini “0”-a düzülýär.
- Eger-de olar dürli-dürli bolsalar, deňişli A registr bitini “1”-e düzüň.
- Eger-de ähli bitler (A = 00000000) deň bolsa, Z baýdak 1-e düzülýär.

A = 1 0 0 1 0 1 0 1

B = 1 0 0 1 0 1 1 0

A = 0 1 0 0 0 0 1 1 (Amalyň netijesi)

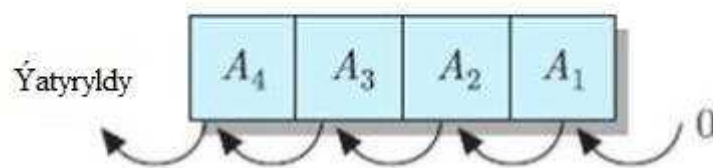
3.4 Shift amallary

3.4.1 Logiki Shift (logical shift)

Maglumat bitlerini registrde bir pozisiýa çepে ýa-da saga süýşirýär.

■ Çepе süýşirme (left shift): Ähli bitleri bir boşluk çepе geçirmeli. 0"- bu kiçi aňladýan bitniň (A_1) we uly aňladýan bitniň (A_4) girişi.

$$A_4 \leftarrow A_3, A_3 \leftarrow A_2, A_2 \leftarrow A_1, A_1 \leftarrow 0$$

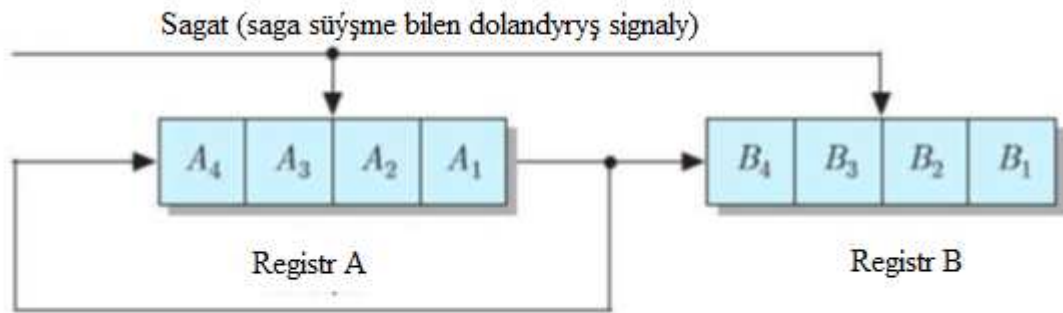


■ Saga süýşirme (right shift): Ähli bitleri bir pozisiýa saga geçirmeli. «0» (A_4) uly biti we (A_0) kiçi biti girizýär.

□ Süýşýän registr (shift register)

Süýşme funksiýaly registriň içki shemasy

Süýşirme amallary maglumatlar bitleriniň sanynda yzygiderli ýerine ýetirilýär we şeýlelik bilen ähli maglumatlary iki registriň arasynda bir setirden geçirýär.



[Mysal]

3-7-nji suratda görkezilişi ýaly, iki sany 4 bitli registrler yzygiderli birikdirilende, A registrde saklanýan maglumatlar bolan “1011” her dört sagat aýlawyndan soň B registre alynmak üçin geçirilýär. Registr A asyl maglumatlary bolşy ýaly saklaýar. Saklanyş amalyyny görkeziň.

[düşündiriş]

| Başlangyç ýagdaýy | A_4 | A_3 | A_2 | A_1 | B_4 | B_3 | B_2 | B_1 |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 초기상태 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| t_1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| t_2 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| t_3 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| t_4 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |

3.4.3 Arifmetiki Shift (Arithmetic Shift)

Sanlary görkezýän maglumatlar üçin süýşirme

- üýtgeşme wagtynda belgi biti bolşy ýaly saklanýar.

○ Arifmetiki çepe süýşirme

$A_3 \leftarrow A_2, A_2 \leftarrow A_1, A_1 \leftarrow 0$

○ Arifmetiki saga süýşirme

$A_4 \rightarrow A_3, A_3 \rightarrow A_2, A_2 \rightarrow A_1$

[Mysal]

Onluk san-2 üçin 4 bitli ikilik belgide arifmetiki çepe süýşirmesini ýerine ýetiriň we netijede iki sany arifmetiki sag çalşygy ýerine ýetiriň.

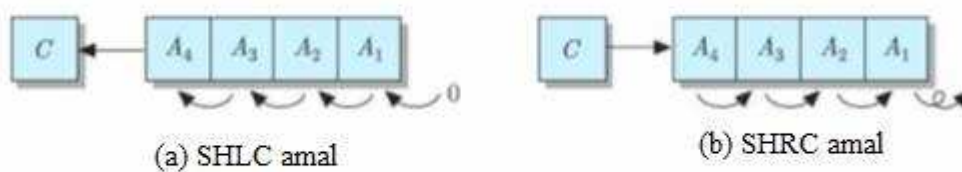
[düzüşndiriş]

| | | |
|------------------|--------|---------------------------------------|
| $A = 1\ 1\ 1\ 0$ | (-2) | Başdaky ýagdaýy |
| $1\ 1\ 0\ 0$ | (-4) | Çepe arifmetiki netije |
| $1\ 1\ 1\ 0$ | (-2) | Birinji arifmetiki netije saga süýşme |
| $1\ 1\ 1\ 1$ | (-1) | Ikinci arifmetiki netije saga süýşme |

□ C baýdak bilen süýşirmek

■ Geçirme bilen çepe süýşirme (SHLC : shift left with carry)

■ Geçirme bilen saga süýşirme (SHRC : shift right with carry)



3.5 Bitewi sanlarda arifmetiki amallar

Esasy arifmetiki amallar

| | |
|---------------------------------|-----------------------|
| $A \leftarrow \overline{A} + 1$ | Öwürmäniň 2 goşundysy |
| $A \leftarrow A + B$ | Goşmak |
| $A \leftarrow A - B$ | Aýyrmak |
| $A \leftarrow A \times B$ | Köpeltmek |
| $A \leftarrow A \div B$ | Bölemek |
| $A \leftarrow A + 1$ | Ulaltmak |
| $A \leftarrow A - 1$ | Kiçeltmek |

3.5.1 Goşmak

Görkezilen iki sana goşmaça san goşmak

■ Iki san goşuň, eger-de goýmaly bolsa goýuň.

[Mysal]

Aşakdaky ikilik goşundylaryny ýerine ýetiriň we onluk goşulma bilen deňeşdiriň.

[düşündiriş]

| | |
|---|---|
| (a) $(+3) + (+4) = +7$ | (b) $(-3) + (+3) = 0$ |
| $\begin{array}{r} 0011 \\ + 0100 \\ \hline 0111 = +7 \end{array}$ | $\begin{array}{r} 1101 \\ + 0011 \\ \hline 10000 = 0 \end{array}$ |
| | Ret edildi 버림 ① |
| (c) $(-6) + (+2) = -4$ | (d) $(-4) + (-1) = -5$ |
| $\begin{array}{r} 1010 \\ + 0010 \\ \hline 1100 = -4 \end{array}$ | $\begin{array}{r} 11111100 \\ + 11111111 \\ \hline 11111011 = -5 \end{array}$ |

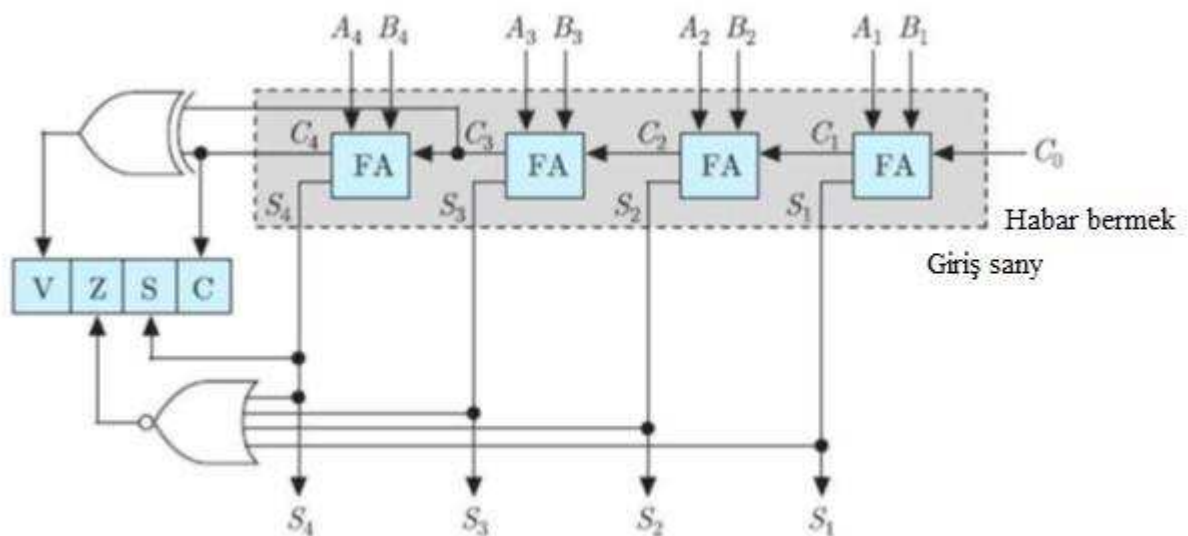
- Parallel summator (parallel adder)

Goşmany ýerine ýetirýän apparat moduly

Ol bitleriň mukdaryna deň bolan doly summatorlardan durýar.

Şert baýdagy goşma amalyňyň netijesine laýyklykda düzülýär.

- C baydak: äkitmek (carry)
- S baydak: belgi (sign)
- Z baydak: 0 (zero)
- V baydak: dolma (overflow)



□ Goşmaçanyň dolmagy

Goşmaçanyň netijesi aralygyndan ýagdaýy ýokary we netijesi nädogry.

Anyklamak usuly: iki geçirmäniň (carry) arasynda exclusive-OR ulanmak.

$$V = C^4 \oplus C^3$$

[Mysal]

Aşakdaky akymyň üstüni ýetirýändigini barlaň.

[düşündiriş]

| | |
|---|--|
| $(a) (+6) + (+3) = +9$ $\begin{array}{r} 0110 \\ + 0011 \\ \hline 1001 = -7 \end{array} \quad \text{aşa dolma}$ | $(b) (-7) + (-6) = -13$ $\begin{array}{r} 1001 \\ + 1010 \\ \hline \textcircled{1} 0011 = +3 \end{array} \quad \text{aşa dolma}$ |
|---|--|

3.5.2 Aýyrmak

□ Goşmaça bilen ýerine ýetirmek

■ A : azalýan (minuend)

■ B : aýrylýan (subtrahend)

$$A - (+B) = A + (-B)$$

$$A - (-B) = A + (+B)$$

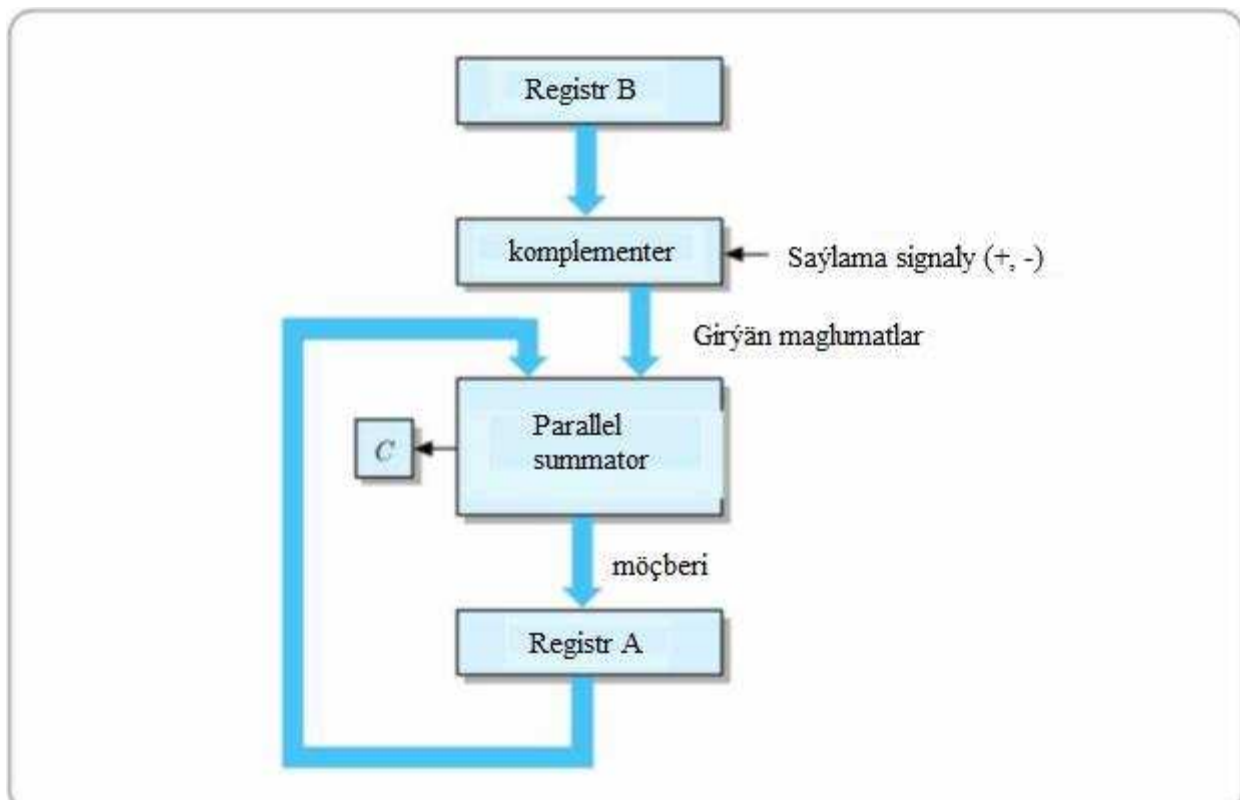
[Mysal]

Aşakdaky ikilik aýyrmalary ýerine ýetirmek üçin iki goşundy ulanyň.

[düşündiriş]

| | |
|--|--|
| $(a) (+2) - (+6) = (+2) + (-6) = -4$ $\begin{array}{r} 0010 \\ + 1010 \\ \hline 1100 = -4 \end{array}$ | $(b) (+7) - (+4) = (+7) + (-4) = +3$ $\begin{array}{r} 00000111 \\ + 11111100 \\ \hline \textcircled{1} 00000011 = +3 \end{array}$ |
|--|--|

□ Enjamlary aýyrmagy bolşy ýaly nähili goşmagyň blok-shemasy

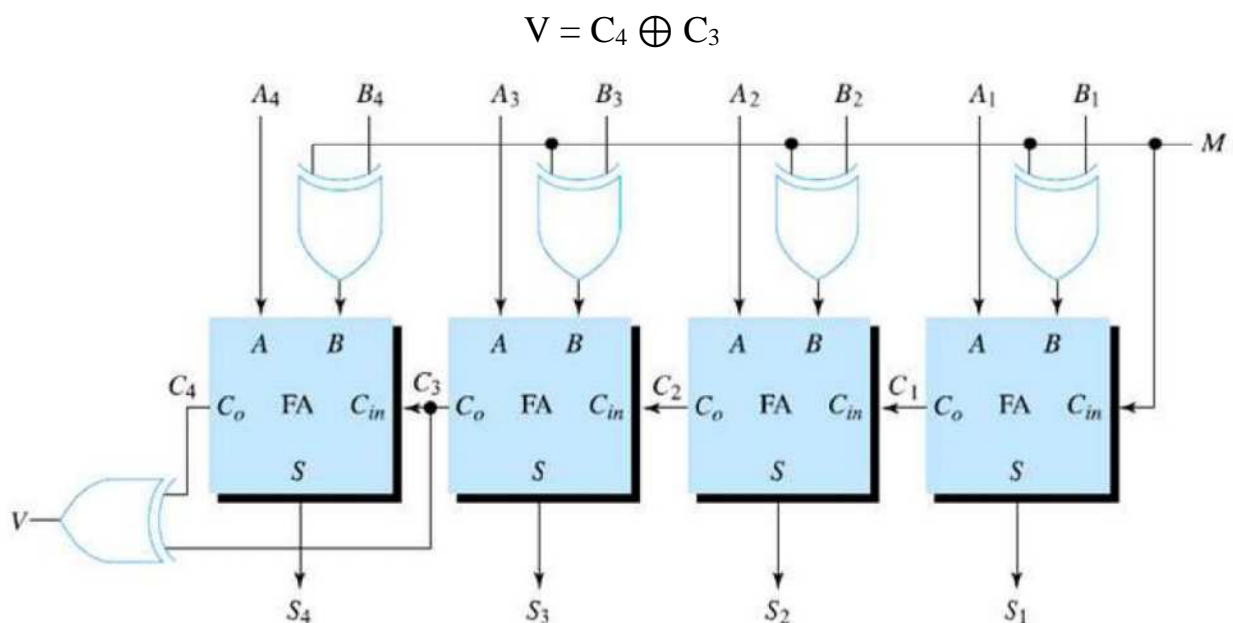


□ 4-derejeli parallel summator-okaýjy

■ 4-bitli maglumatlaryň arasyndaky $(A + B)$ we $(A - B)$ okaýjy

■ Dolandyryjy signal $M = 0$: goşmak, $M = 1$: aýyrmak (B giriş bitlerini tersine we M girişini in az ähmiýetli tegelek hökmünde üýtgedýär)

■ Aşa dolmanyň barlag biti



□ Aşa dolmany aýyrmak

■ Eger-de aýyrmagyň netijesi çäkden çyksa we netijesi nädogry bolsa

■ Anyklaýyş usuşy: $V = C_4 \oplus C_3$ goşma ýaly

[Mysal]

Aşakdaky aýyrmalarda aş dolma ýüze çykmaýanlygy barlamak üçin ikä goşundyny ulanyň.

[düşündiriş]

$$(a) (+6) - (-4) = (+6) + (+4) = +10$$

$$\begin{array}{r} 0110 \\ + 0100 \\ \hline \end{array}$$

$$1010 = -6$$

$$(C_4 \oplus C_3 = 0 \oplus 1 = 1)$$

Aş dolma
ýüz çykýar

$$(b) (-7) - (+6) = (-7) + (-6) = -13$$

$$\begin{array}{r} 1001 \\ + 1010 \\ \hline \end{array}$$

$$10011 = +3$$

$$(C_4 \oplus C_3 = 1 \oplus 0 = 1)$$

Aş dolma
ýüz çykýar

3.5.3 Alamatsyz bitewi sanlary köpeltmek

□ Usuly

■ Her bit üçin harydyň bölekleyin hasaplaşygy

■ Ahyrkyny almak üçin ähli bölekleyini goşuň.

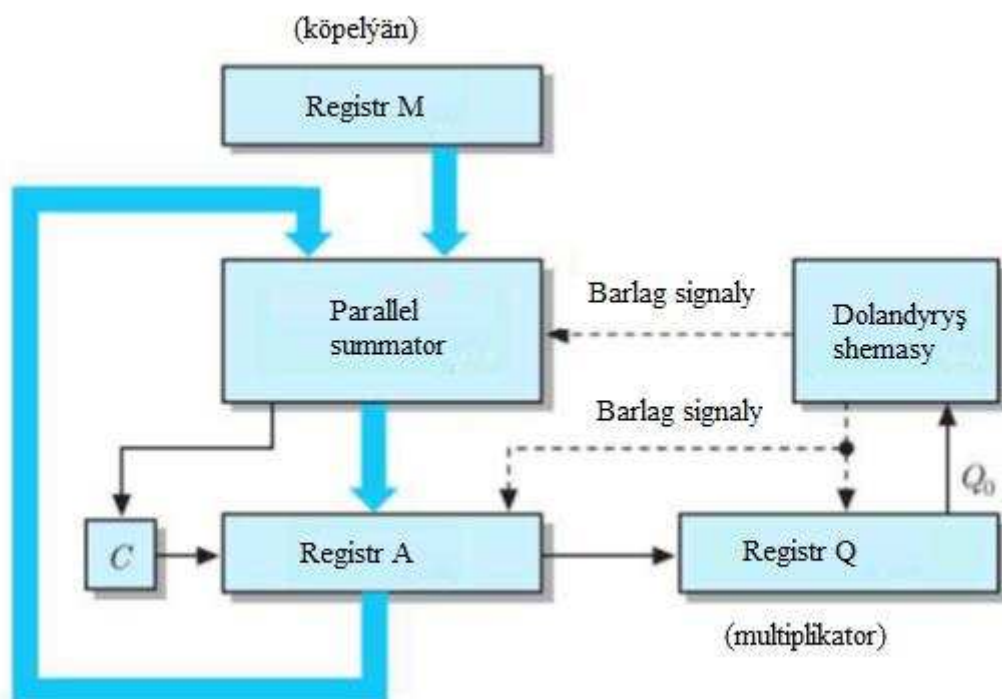
[Mysal]

Ikilik köpeltmäni ýerine ýetiriň (1101X1011) we netijäniň onluk köpeltmegiň netijesine laýyk gelýändigini barlaň ($13 \times 11 = 143$).

[düşündiriş]

| | |
|---------------|-------------------------|
| 1101 | Tolkunly köpeldiji = 13 |
| $\times 1011$ | Köpeldiji = 11 |
| <hr/> | |
| 1101 | bölekleyin harytlar |
| 1101 | |
| 0000 | |
| 1101 | |
| <hr/> | |
| 10001111 | Ahyrky netije = 143 |

- Belgisiz bitewi sanly köpeldijili enjamyň konfigurasiýasynyň aralygy
- M registr: köp gezeklik (multiplicand) saklaýyş
- Q registr: köpeldijini saklamak (multiplier)
- Iki uzynlygyň netijesi A registrde we Q registrde saklanýar.



- Köpeltmek wagtynda içindäkileri hasaba alyň

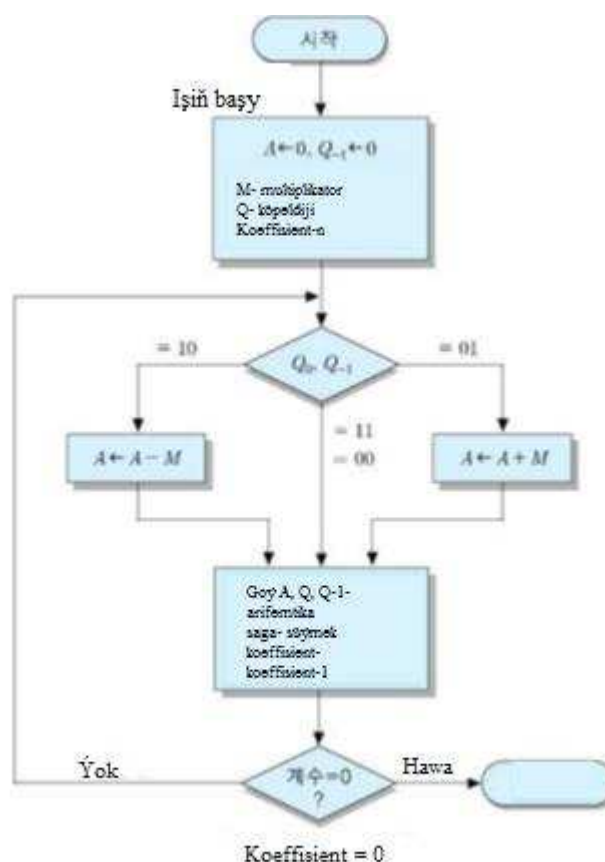
| | C | A | Q | |
|-----------------|---|------|------|---|
| Ilkinji ýagdaýy | 0 | 0000 | 1011 | |
| Döwür 1 | 0 | 1101 | 1011 | $Q_0=1$ bolanda, $A \leftarrow A+M$ |
| | 0 | 0110 | 1101 | Saga süýşirme (C-A-Q) |
| Döwür 2 | 1 | 0011 | 1101 | $Q_0=1$ bolanda, $A \leftarrow A+M$ |
| | 0 | 1001 | 1110 | Çepe süýşirme (C-A-Q) |
| Döwür 3 | 0 | 0001 | 1111 | $Q_0=0$ bolanda, diňe saga süýşirme ýerine ýetirilýär (C-A-Q) |
| Döwür 4 | 1 | 0001 | 1111 | $Q_0=1$ bolanda, $A \leftarrow A+M$ |
| | 0 | 1000 | 1111 | Saga süýşirme (C-A-Q) |

□ Iki goşundylaryň arasynda köpeltmek

■ Booth algoritmini ulanmak bilen

■ Enjamyň konfigurasiýasy

- ① Belgisiz bitewi köpeldiji bolmazdan aşakdakylary enjamlara goşuň
- ② Registr M bilen paralel summator komplementeriň arasynda goşuldy
- ③ 1-bitli Q-1 registri Q registriň sag tarapyna goşuň we Q0. Q-1 kömegi dolandyrys şemasyna giriş signalyny giriziň.



□ Booth algoritmini ulanmak bilen köpeltmegiň mysaly (-7x3)

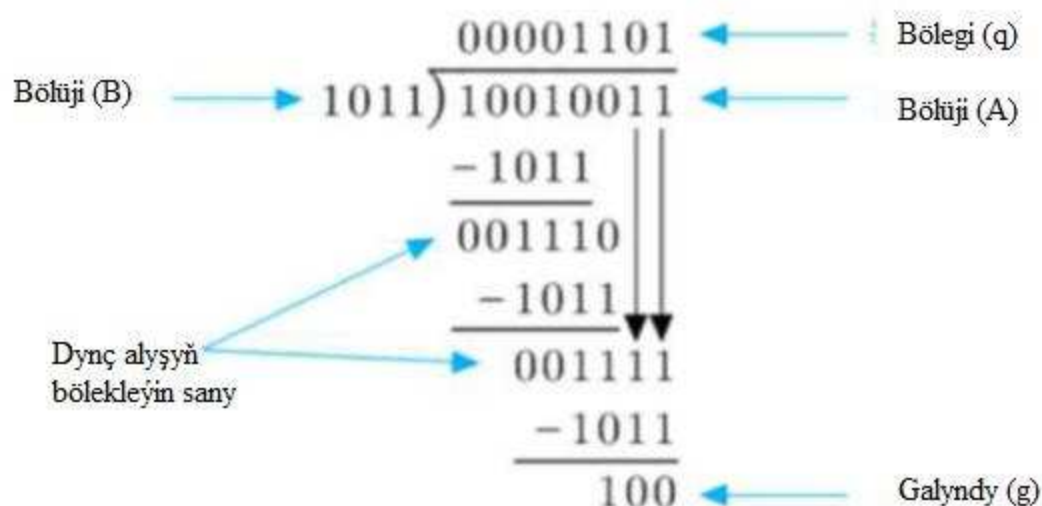
| | | | | | |
|-------|---------------|----------|---|-----|--|
| (M) | 1001 | | | | Başlangıç bahası : $A = 0000$, $Q_{-1} = 0$, Koeffisient=4 |
| (Q) | $\times 0011$ | Q_{-1} | | | koeffisient |
| (A Q) | 0111 0011 | 0 | | | ; $(Q_0Q_{-1}) = (1\ 0)$, multiplikator 1001 A-dan hasaplanýar (Hakykatdan-da, ol özüniň 0111 goşundysyna goşýar). |
| | 0011 1001 | 1 | 3 | | ; AQQ-1 arifmetiki saga süýşirilen, emma 1 bolsa koeffisientden alynýar. |
| | 0001 1100 | 1 | 2 | | ; $(Q_0Q_{-1}) = (1\ 1)$, AQQ-1 üçin diňe arifmetiki süýşirme saga, we 1 koeffisientden alynýar. |
| | 1010 1100 | 1 | | | ; $(Q_0Q_{-1}) = (0\ 1)$, köpeldiji 1001 A goşulýar, ýöne 1 koeffisientden alynýar. |
| | 1101 0110 | 0 | 1 | | ; AQQ-1 arifmetiki saga süýşirilen, emma 1 bolsa koeffisientden alynýar. |
| | 1110 1011 | 0 | 0 | | ; $(Q_0Q_{-1}) = (0\ 0)$, şeýlelikde AQQ-1 arifmetiki saga süýşirilen. Eger-de 1 koeffisientden alnan bolsa, hasaplama tamamlanýar, sebäbi ol nola deň. |
| | | | | -21 | Köpeltme netijesi |

3.5.4 Bölme

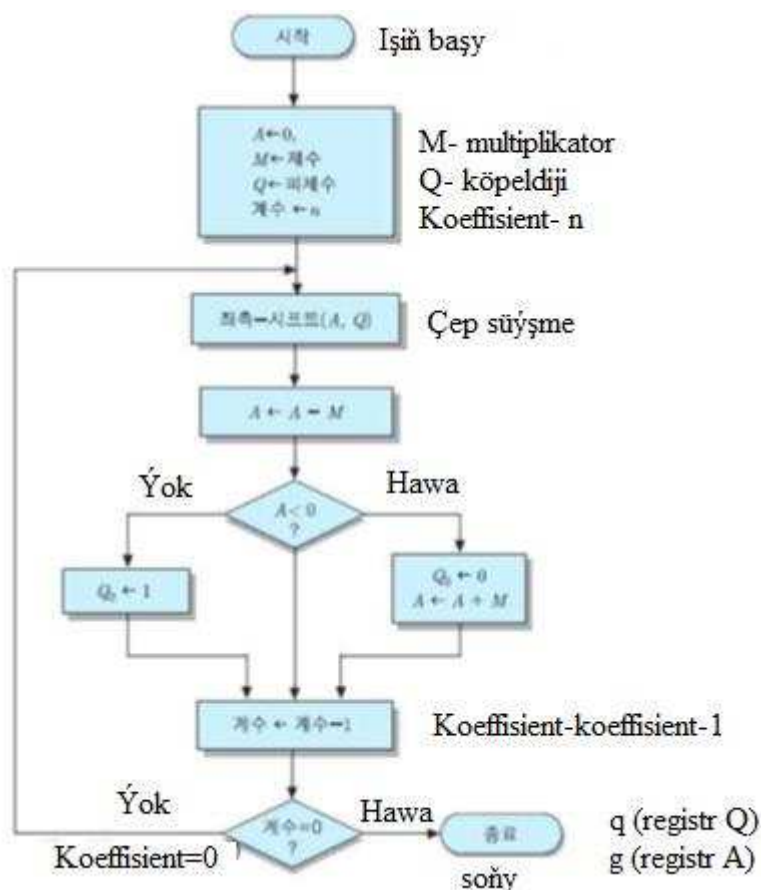
Bölmäniň aňladylyşy: $A \div B = q \cdots r$

- Muňa garamazdan, A: diwident (dividend)
- B: bölüji (divisor)
- q: bölek (quotient)
- r: galyndy (remainder)

□ Binar şekilli belgisiz bölünüş



□ Belgisiz ikilik bölünüş algoritminiñ blok-shemasy



□ Iki sany goşmaça bölmek usuly

| | |
|-------------------|---|
| Başlangyç ýagdaýy | Bölüji M registrde, diwidend bolsa A we Q registrlerinde saklanýar. Her registr n bitden ybarat bolsa, diwidend $2n$ bitniň uzynlygyna 2 goşundy hökmünde görkezilýär. |
| Döwür 1 | A we Q registrleri çep birneme süýşürilýär. |
| Döwür 2 | M we A birmeňzeş belgi bolsa, $A \leftarrow A - M$ ýerine ýetiriň we biri-birinden tapawutly bolsa, $A \leftarrow A + M$ ýerine ýetiriň. |
| Döwür 3 | Eger-de amaldan öň we soň A belgisi birmeňzeş bolsa, ýokardaky amal üstünlikli bolýar. Eger-de amal üstünlikli geçse ýa-da $A = 0$, $Q_0 \leftarrow 1$ düzülýär. Eger-de amal üstünlikli geçmese we $A \neq 0$, onda $Q_0 \leftarrow 0$ düzülýär we A başdaky baha çenli yzyna gaýtarylýar. |
| Döwür 4 | Eger-de bitler Q registrde galsalar, 2-4 herekedi gaýtalaň. |
| Döwür 5 | Galan sanlar A-da galýarlar. Eger-de bölüjiniň we diwidendiň belgisi bir meňzeş bolsalar, Q registriň bahasy hususy bolýar, bolmasa Q registriň içindäkileri doldurýarlar. |

3.6 Ýüzýän nokatlaryň sanlaryny görkezmek

Ýüzýän nokat bilen görkezme: onluk nokadyň ýagdaýyny üýtgedip bilýän san.

→ Sanlary görkezmegiň aralygynyň giňelmesi

Ýüzýän nokatly sanyň umumy görnüşi (floating-point number)

$$N = (-1)^S M \times B^E$$

Şeýle-de bolsa, S: belgi (sign), M: mantissa (mantissa), B: esas (base), E: dereje görkeziji (exponent)

□ Ýüzýän nokatly onluk sany

[Mysal]

$274,000,000,000,000 \rightarrow 2.74 \times 10^{14}$

$0.000000000000274 \rightarrow 2.74 \times 10^{-14}$

□ Ýüzýän nokatly ikilik sany

Kök B = 2

[Mysal]

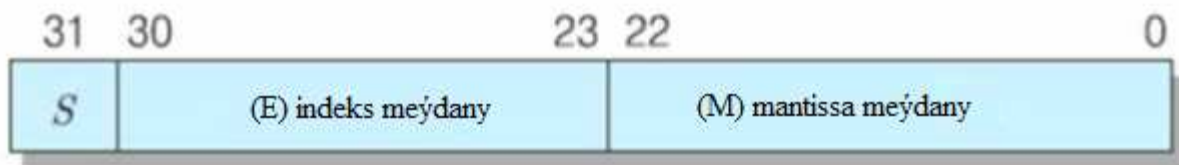
$11.101 \rightarrow 0.11101 \times 2^2$

$0.00001101 \rightarrow 0.1101 \times 2^{-4}$

■ Täk takyklykly ýüzýän oturly san (single-precision) : 32 bit

■ Ýüzýän nokatly köp nokatly san (double-precision) : 64 bit

□ Täk takyklykly ýüzýän nokatly san formatynyň mysaly



EkspONENT meýdanyndaky bitleriň mukdaryny köpeldiň (E) → aňladylýan sanlaryň aralygyny giňeldiň

Mantissanyň meýdanyndaky bitleriň mukdaryny köpeldiň (M) → Ýokary takyklyk (precision)

Görkezilen sanlaryň ölçeginiň aralygy: $(0.5 \times 2^{-128} \sim 0.5 \times 2^{127}) \approx 1.47 \times 10^{-39} \sim 1.7 \times 10^{38}$

[Deňeşdirme] ýazylan oturly 32-bitli görkezme üçin (fixed-point): $1.0 \times 2^{-31} \sim 1.0 \times 2^{31} \approx 2.0 \times 10^{-9} \sim 2.0 \times 10^9$

□ Şol bir sanyň ýüzýän nokadynyň görkezmesi

Şol bir san üçin ýüzýän nokatly köp görkezmeler bar.

$$0.1101 \times 2^5$$

$$11.01 \times 2^3$$

$$0.001101 \times 2^7$$

Kadalaşdyrlan görkezme (Normalized representation)

■ Sanlaryň bir usul bilen aňlatmasyny unifikirlemegiň usuly

$$\pm 0.1bbb\dots b \times 2^E$$

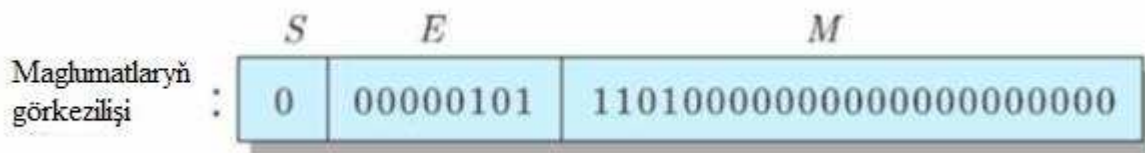
■ Ýokardaky berlen mysalda kadalaşdyrlan aňlatma 0.1101×2^5 deň.

□ Ýüzýän nokatly görkezmäniň mysaly (0.1101×2^5)

■ Belgi (S) bit = 0

■ Indeks (E) = 00000101

■ Mantissa (M) = 1101 0000 0000 0000 0000 000



■ Onluk nokadyň aşagyndaky birinji bit elmydama 1 bolýar, şonuň üçin ony saklamagyň zerurlygy ýok. 24 bitlik onluk nokadyň mantisanyň 23 bitini ulanyp aňladyp bolýar.

□ Garylan görkeziji (biased exponent)

Obýektiw däl san ýaly görkezilen eksponent (biased number)

Ulanyş maksady

■ Nol barlagyny aňsatlaşdyrmak üçin (zero-test), 0 üçin aňladylan hemme bitler nola deň (ýa-da 0-a has ýakyn) bolmagy kepillendirmek bilen → 0-barlagy edil bitewi üçin bolşy ýaly goşulan

□ Garylan görkeziji (biased exponent)

| Eksponentiň bit modeli | Absolýut baha | Görkezijiniň hakyky bahasy | |
|------------------------|---------------|----------------------------|----------------|
| | | Süýşirme = 127 | Süýşirme = 128 |
| 11111111 | 255 | +128 | +127 |
| 11111110 | 254 | +127 | +126 |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ |
| 10000001 | 129 | +2 | +1 |
| 10000000 | 128 | +1 | 0 |
| 01111111 | 127 | 0 | -1 |
| 01111110 | 126 | -1 | -2 |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ |
| 00000001 | 1 | -126 | -127 |
| 00000000 | 0 | -127 | -128 |

□ Ýüzýän nokatly sanlaryň aralygy

Ýüzýän nokatly sanlaryň aralygy

■ Položitel sanlar 0.5×2^{-128} -dan $(1 - 2^{-24}) \times 2^{127}$ (takmynan 1.47×10^{-39} -dan 1.7×10^{38} çenli) çenli.

■ Otresatel sanlar $-(1 - 2^{-24}) \times 2^{127}$ - (0.5×2^{-128}) çenli.

Aýrylan aralyk

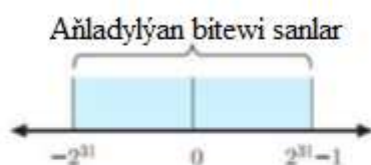
■ Otresatel san $(1 - 2^{-24}) \times 2^{127}$ az \rightarrow Otresatel aş a dolma (negative overflow)

■ Otresatel san 0.5×2^{-128} köp \rightarrow Otresatel ýetmezçilik (negative underflow)

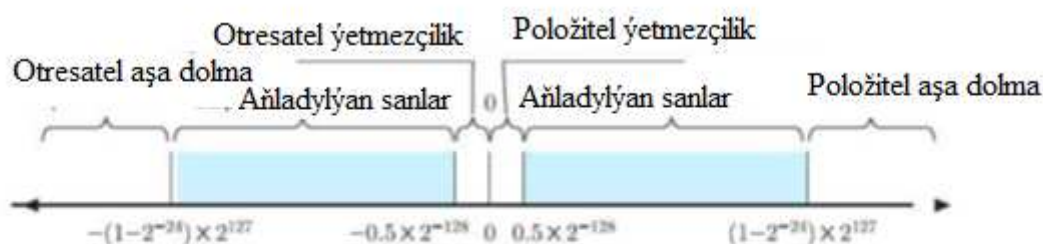
■ 0

■ Položitel san 0.5×2^{-128} az \rightarrow Položitel ýetmezçilik (positive underflow)

■ Položitel san köp $(1 - 2^{-24}) \times 2^{127}$ \rightarrow Položitel aş a dolma (positive overflow)



(a) Bitewi sanyň görkezilişiniň araçägi, goşundy 2



(b) Ýüzýän nokatly sanlaryň görkezilişiniň araçägi

3.7 Ýüzýän nokatlaryň arifmetikasy

3.7.1 Goşmak we aýyrmak

- ① Laýyk bolmagy üçin indeksleri gönükdirme. (alignment)
- ② Matissalaryň arasyndaky hasaplamany ýerine ýetiriň (goşmany ýa-da aýyrmany)
- ③ Netijeleriň kadalaşmasy (normalization)

[Bellik] Onluk arifmetiki ýüzýän nokadyň mysaly

$$(135 \times 10^{-5}) + (246 \times 10^{-3}) \rightarrow \begin{array}{r} 1.35 \times 10^{-3} \\ + 246 \times 10^{-3} \\ \hline 247.35 \times 10^{-3} \end{array}$$

[Mysal]

Ýüzýän nokat sanlarynyň arasynda goşmaçany ($0.110100 \times 2^3 + 0.111100 \times 2^5$) ýerine ýetiriň.

[düşündiriş]

(1) Indeksi sazlamak

$$\begin{array}{r} 0.110100 \times 2^3 \\ + 0.111100 \times 2^5 \\ \hline \end{array} \rightarrow \begin{array}{r} 0.001101 \times 2^5 \\ + 0.111100 \times 2^5 \\ \hline 1.001001 \times 2^5 \end{array}$$

(2) goşundy

(3) Kadalaşma

$$\rightarrow 0.1001001 \times 2^6$$

(Gutarnykly netije)

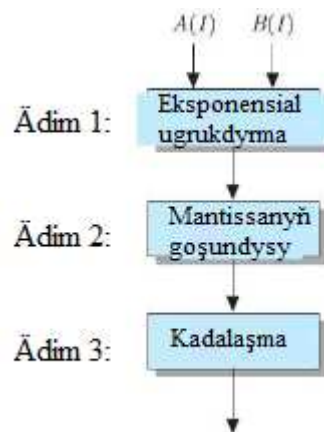
- Ýüzýän nokatly arifmetikanyň konweýorly gaýtadan işlenmesi
- Hasaplanan tapgyrlary garaşsyz tapgyrlara bölmeli.
- Hereketleriň mukdaryny tizlendirmeli.
- Uly göwrümlü ýüzüş nokady hasaplamagy dolandyryýan her bir superkompýuter diýen ýaly kabul edildi.

[Mysal]

Sanly massiwleriň arasyna goşmak (number array)

$$C(I) = A(I) + B(I)$$

[düşündiriş]



3.7.2 Ýüzýän nokatlary köpeltmek / bölmek

□ Ýüzýän nokat bilen köpeltmegiň ikili prosesi

- ① Mantissany köpeldiň
- ② Eksponenleri goşmak
- ③ Netijäniň ähmiýetini kadalaşdyrmaly

□ Ýüzýän nokat bilen Binar görnüşde bölmek

- ① Mantissany paýlaşyň
- ② Diwidendiň indeksinden görkezijini aýyryň.
- ③ Netijäniň ähmiýetini kadalaşdyrmaly

[Ýüzýän nokat bilen köpeltmegiň mysaly]

$$(0.1011 \times 2^3) \times (0.1001 \times 2^5)$$

[düşündiriş]

① Mantissany köpeltmek

$$1011 \times 1001 = 0110\ 0011$$

② Indeksi goşmak

$$3 + 5 = 8$$

③ Kadalaşdyрма

$$0.01100011 \times 2^8$$

$$= 0.1100011 \times 2^7 \text{ (Netijäniň bahasy)}$$

□ Ýüzýän nokat bilen işlenen amallardaky bolup bilýän meseleler

Aşa dolma eksponenti (exponent overflow)

■ Görkezijiniň položitel bahasy görkezijiniň has uly bahasyndan geçýär → San görkezmek üçin gaty köp bolany üçin, ony $+\infty$ ýa-da $-\infty$ düzüň.

Eksponent (exponent underflow)

■ Görkezijiniň otresatel bahasy görkezijiniň has uly bahasyndan geçýär → San görkezmek üçin has az bolany üçin, bahany 0 düzüň.

Mantissanyň akymy (mantissa underflow)

■ Mantisanyň onluk nokadynyň ýagdaýyny düzetmek prosesinde bitler mantisanyň sag tarapyna akýar → Tegeleklemäni ulanmak (rounding)

Mantissanyň täzedan guýulmasy (mantissa overflow)

■ Birmeňzeş iki sany bitewi san goşulanda tegekleme emele gelýär → gaýtadan düzme prosesiniň üsti bilen kadalaşdyrylýar (realignment)

4. Saklaýyş enjamlary

4.1 Saklaýjy enjamlaryň klassifikasiýasy we aýratynlyklary

Ýada giriş (memory access): prosessor saklaýyş enjamyndan käbir maglumatlary ýazýan ýa-da okaýan amaly.

Saklaýja girmeň usuly

- Yzygiderli giriş (sequential access): başdan tertipli saklanýan maglumatlara giriş usuly [mysal üçin, magnit lentasy]
- Göni giriş (direct access): giriş amala aşyrylýan ýere gös-göni ýerleşdirmegiň usuly, we onsaň yzygiderli gözlegiň üsti bilen ahyrky pozisiýa ýetmek [mysal üçin, disk, CD-ROM]
- Özbaşdak giriş (random access): ýada girmek we göni salgyda oňa girmek wagty, şeýle hem islendik ýat öýjügiňe giriş wagty birmeňzeşdir (mysal üçin ýarymgeçirijileri saklamak)
- Assosiatiw giriş (associative access): degişli mazmuna girmek üçin saklanylýan mazmunyň käbir böleklerini deňeşdirýär [mysal üçin, assosiatiw ýady (associative memory)]

□ Yat blogy/ geçiriş blogy / salgy blogy

Saklaýyş ulgamyny düzeniňizde göz önünde tutmaly esasy aýratynlyklar

- Göwrümi (capacity)
- Giriş tizligi

Geçiriş birligi (unit of transfer): SP-nyň ýekeje ýatda okap ýa-da ýazyp bilýän bitleriniň sany.

- Esasy ýat: söz birligi
- Ikinji saklanýan ýeri: blok (512 baýt ýa-da 1 Kbaýt)

Salgy birligi (addressable unit): salgy ýadynda saklanjak maglumatlaryň uzynlygy

■ Baýt ýa-da söz birligi \rightarrow A salgy bitleri sany bilen N: $2A = N$ salgy bloklarynyň sanynyň arasyndaky gatnaşygy

□ Girişin tizligine degişli parametrler

Giriş wagty (access time): salgynyň gelmeginden we okamak / ýazmak signalyndan maglumat elýeterli bolýança wagt.

Maglumatlary geçirmeginiň tizligi (data transfer rate): saklaýyş enjamyndan sekuntda girýän bitleriň sany

■ $(1 / \text{giriş wagty}) \times (\text{bir gezekde okalýan maglumat bitleriniň sany})$

[Mysal]

[Mysal]

Haçanda giriş wagty = 100 ns we birlik,

[düşündiriş]

$\text{girişi} = \text{Geçiriş tizligi} = (1/100 \text{ ns}) \times 32/8 = 40[\text{Mbaýt/sek}]$

□ Saklaýyş enjamyň görnüşi

Ýat enjamlaryny öndürýän materiallara görä görnüşleri

■ Ýarymgeçirijini saklaýan enjamlar: ýarymgeçiriji hökmünde kremniý (Si) çiplerini ulanýan saklaýjy enjamlary [mysal üçin, RAM, ROM, fleş-ýat]

■ Magnit üstindäki ýat (magnetic-surface memory): magnitleşip bolýan material bilen örtülen ýerde maglumat saklaýan enjam [mysal üçin, disk.]

Maglumat saklamagyň häsiýetine baglylykda görnüşleri

- Energiýa talap edýän ýat (volatile memory): Togyň ýitmegi bilen pozulýan ýat [mysal üçin, RAM]
- Energiýa talap etmeýän ýat (nonvolatile memory): tok güýjini talap etmeýän hemişelik ýatda saklaýjy enjamlar [mysal üçin, ROM, disk,, SSD]

Pozulmaýan ýat (non-erasable memory): mazmuny üýtgedilip bilinmeýän saklaýyş enjamy [mysal üçin, ROM]

4.2 Iýerarhiki saklaýyş ulgamy

4.2.1 Gatnaşygyň zerurlygy we täsiri

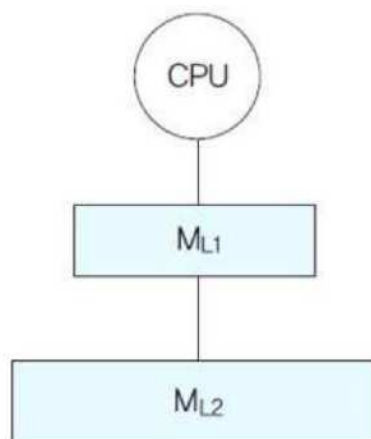
- Zerurlyk: Ýatlar tizligi, kuwwaty we bahasy boýunça üýtgeýär. Şol bir öndürjilikde (tizlikde), kuwwatda we bahada saklama konfigurasiýasyny talap edýär;
- Effekt: Saklaýyş ulgamynyň öndürjiliginiň we bahasynyň gatnaşygyny gowulandyrmak

Saklanyş aýratynlyklary

- Giriş tizligi näçe ýokary bolsa, bit üçin çykdaýy şonça-da ýokarydyr
- Kuwwatlylygy näçe uly bolsa, bit üçin çykdaýy şonça-da pes bolar
- Kuwwat näçe uly bolsa, giriş wagty şonça-da uzyn bolar
- Iýerarhiki saklaýyş ulgamyny gurmagyň esasy usuly
- 1-nji derejeli ammar: çalt, ýöne gymmat ammar
- 2-nji derejeli ammar: haýal, ýöne arzan

Iki derejeli iýerarhiki ammar

Gerekli maglumatlar birinji iýerarhiki saklaýyş enjamynda bolsa, derrew girip bolýar, ýogsam ikinji iýerarhiki saklaýyş enjamyna girýär.



[Mysal]

Ilkinji iýerarhiki ýadyň giriş wagty = 10ns

Ikinji iýerarhiki ammaryň giriş wagty a = 100ns

Giriş maglumatlarynyň ilkinji iýerarhiki saklaýyş enjamynda bolmagy ähtimallygy = 50%

[düşündiriş]

Ammarda saklamagyň ortaça wagty = $(0,5 \times 10\text{ns}) + (0,5 \times 100\text{ns}) = 55\text{ns}$

Ilkinji saklaýyş derejesindäki maglumatlaryň göterimine baglylykda ortaça giriş wagty (M_{L1})

| Gatnaşyk | Ortaça giriş wagty |
|----------|--------------------|
| 20% | 82ns |
| 40% | 64ns |
| 60% | 46ns |
| 80% | 28ns |
| 100% | 10ns |

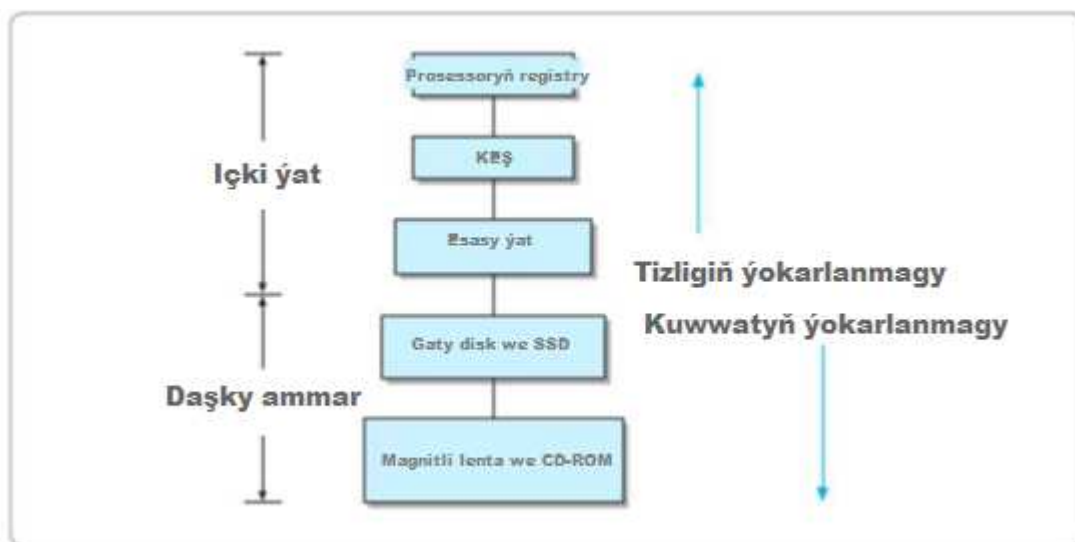
- **Ýerli ýörelge**

- Saklaýyş enjamlaryna girmek hadysasy käbir belli ýerlerde jemlenendir.

- Prosessor, gysga wagtyň dowamynda çäkli mukdarda ammar giňişligine baryp ýetip, intensiw amallary ýerine ýetirýär.
 - Programma ýerine ýetirilende, ýerli ýörelgesine bagly bolup, birinji derejedäki ammarlara çagyrylanlaryň sany, ikinji derejedäki ammarlara girmekden has köp.
- Eger-de ýerli ýörelge ulanylsa, saklamagyň ortaça giriş wagty azalýar.

4.2.2 Saklamak derejesi

Her bitniň bahasy ýokarlanýar, kuwwat azalýar, giriş wagty azalýar we CPU-nyň giriş ýygylgy ýokarlanýar.



Aşaky derejä düşenimizde:

- Has köp mümkinçilik
- Her bitniň bahasy arzanlaýar
- Ýerlilik ýörelgesi sebäpli giriş ýygylgy has peselýär.

Keş ýady (cache memory): Ýadyň esasy giriş tizligi CPU-nyň giriş tizliginden ep-esli pesdir, şonuň üçin prosessor bilen esasy ýadyň arasynda ýokary tizlikli ýarymgeçiriji ýat enjamy gurlup, öndürijiligiň peselmegini azaltmak üçin CPU esasy ýadyndan okalmagy üçin köp wagt garaşmalydyr.

Içki ýat (internal memory): prosessoryň gönüden-göni girip bilýän ýat enjamlary

- Prosessor registrleri, keş ýady, esasy ýat

Daşarky ýat (external memory): Merkezi prosessor bilen gönüden-göni girip bolmaýan we diňe enjam dolandyryjysy arkaly girip bolýan ýat enjamy.

- Disk, SSD, CD-ROM

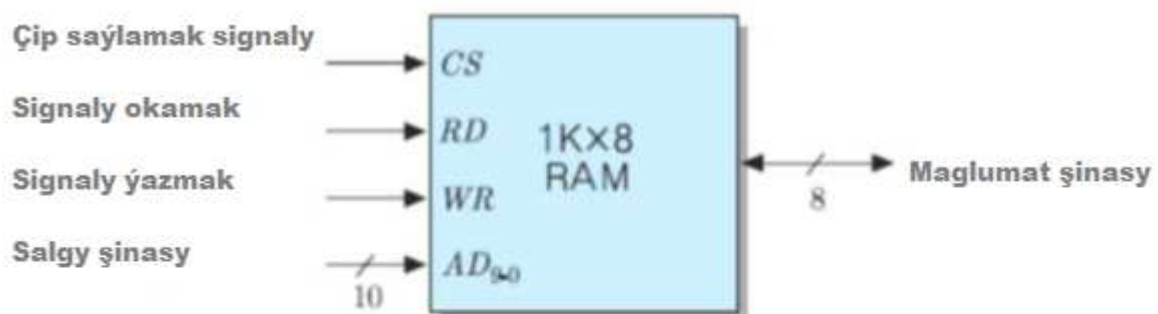
4.3 Ýarymgeçirijiniň ýady

4.3.1 RAM (tötänleýin giriş ýady)

Aýratynlyklary:

- Tötänleýin giriş usuly
- Ýarym geçiriji ýadyň integral zynjyry
- Maglumat okamak we ýazmak mümkinçiligi
- Üýtgäp durýan: güýç aýrylanda mazmun arassalanýar

- 1K x 8 RAM çipleri we dolandyryş signallary



(a) RAM blogynyň shemasy

| CS | RD | WR | RAM amaly |
|----|----|----|--------------|
| 0 | X | X | Saýlanmady |
| 1 | 1 | 0 | Okamak amaly |
| 1 | 0 | 1 | Ýazmak amaly |

(6) Dolandyryş signallaryna laýyklykda RAM operasiýasy

- **Önümçilik tehnologiýasynyň klassifikasiýasy**

DRAM (Dinamiki RAM)

- Kondensatoryň ýokary integrasiýa dykyzlygy zarýadly görnüşde maglumatlary saklamak üçin ýat öýjügi
- Maglumatlary saklamak üçin döwürleýin täzelenmeleri talap edýär
- Ýokary integrasiýa dykyzlygy, şol bir kuwwatly SRAM-dan her bit üçin arzan baha
- Uly esasy ýat enjamy hökmünde ulanylýar

SRAM (Statiki RAM)

- Triggerleri saklaýyş elementleri hökmünde pes integrasiýa dykyzlygy hökmünde ulanmak
- Kuwwat ulanylanda maglumatlar zarýad bermezden saklanyp bilner
- DRAM-dan birneme çalt
- Ýokary tizlikli keş ýady hökmünde ulanmak

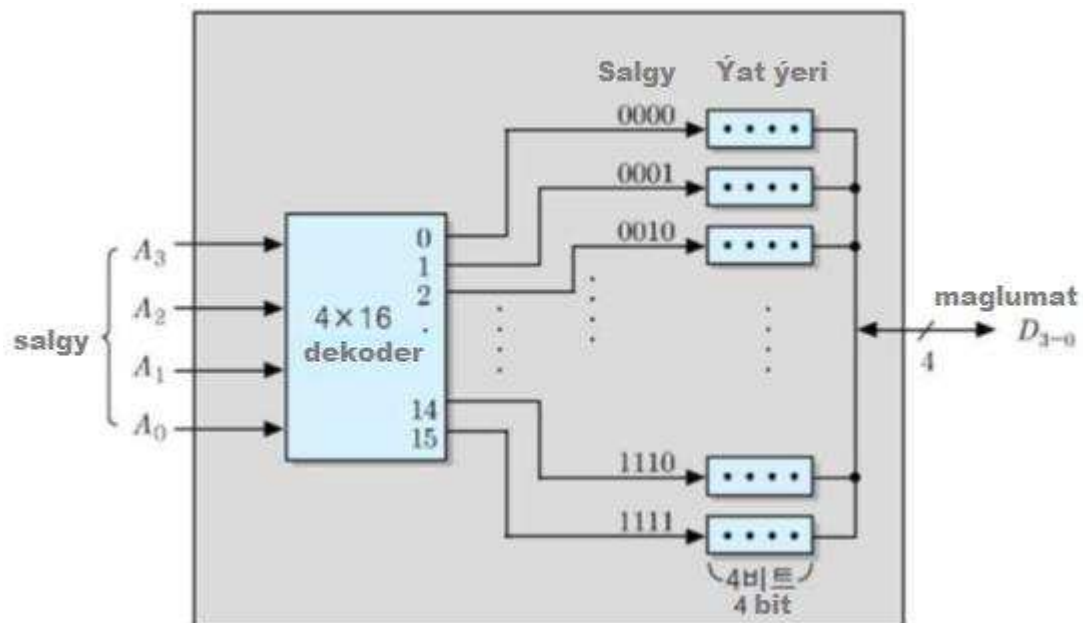
- **Kuwwatyna baglylykda bit salgylarynyň sany**

- 8 Kbit RAM: $1K \times 8$ bit salgysyny tertiplemek üçin = 10 bit gerek
- 1 Mbit RAM: 128 bitli we 8 bitli guramalar üçin salgı = 17 bit gerek
- 1 Gbit RAM: 128×8 bit ululygyndaky guramalar üçin salgı = 27 bit gerek

- **64 bitli RAM (II) (16 x 4 gurama) üçin içerki gurama mysaly**

16 ýat öýjüginde, hersi 4 bitden ybarat;

Salgı bitleriniň sany = 4, setirleriň sany

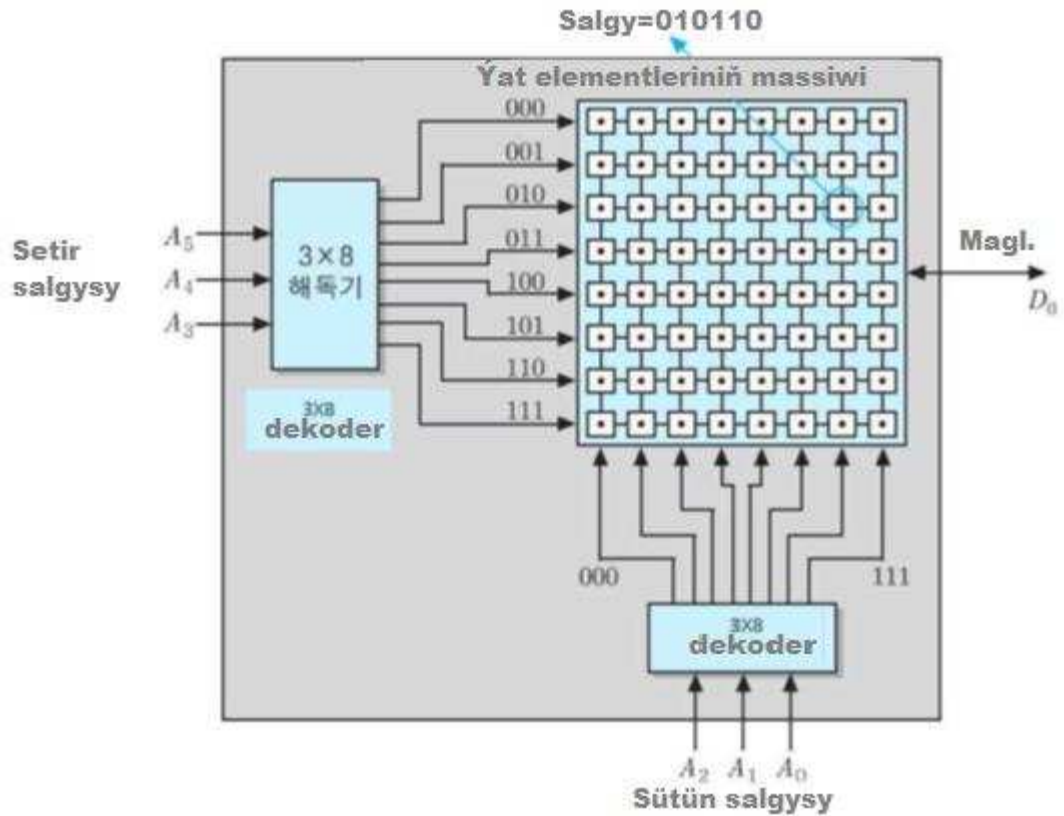


- **Kuwwatyna baglylykda salgy bitleriniň sany**

- 8 Kbit RAM: $2K \times 4$ bit salgysyny tertiplemek üçin = 11 bit gerek
- 1 Mbit RAM: 256 bitli guramalar üçin salgy = 18 bit gerek
- 1 Gbit RAM: $256M \times 8$ bit ululygyndaky guramalar üçin salgy = 28 bit gerek

- **64 bitli RAM [III] (64 x 1 gurama) üçin içerki guramasynyň mysaly**

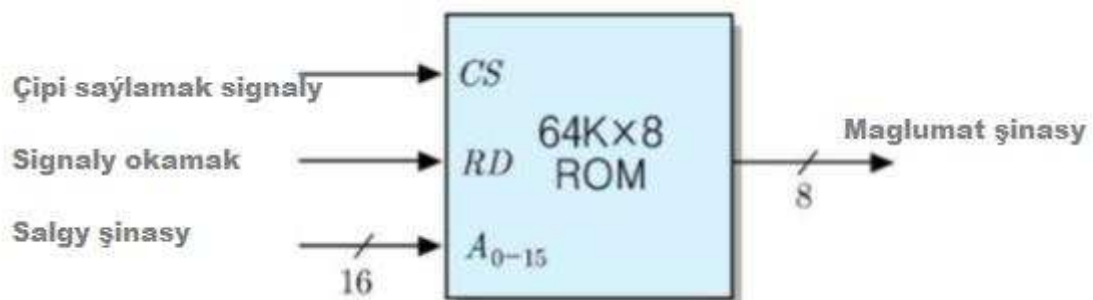
- Bir bit saklaýan 64 ýat ýerinden ybarat
- Alty salgy biti gerekli ($2^6 = 64$)
- Iň ýokarky üç bit sekiz setirden birini saýlaýar
- Iň az ähmiýetli 3 bit sekiz sütüniň birini saýlaýar
- Iki sany 3x8 dekodeer (kod çözüji) gerek
- Maglumatlaryň giriş / çykyş setirleriniň sany = 1



4.3.2 ROM (Diňe okalyan ýat)

Hemişelik saklamaga ukyply ýarymgeçiriji ýat enjamy. Men diňe okap bilýärim, ýazyp bilemok. Aşakdaky mazmuny saklamak üçin ulanylýar:

- Ulgamy başlatmak we anyklamak
- Ýygy-ýygdan ulanylýan funksiýalar üçin ugurlar
- Dolandyryş bölüminiň programma üpjünçiligi



- **ROM görnüşi**

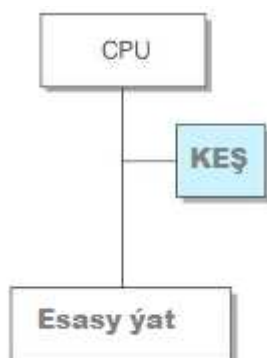
- PROM (Programmirläp bolýan ROM): Ulanyjynyň bir gezek ýazyp bilýän ROM
- EPROM (Öçürip bolýan, programmirläp bolýan ROM): Ultramelewşe şöhlelerini ulanyp mazmuny pozup bilýän PROM. Birnäçe gezek ýazyp bolýar
- EEPROM (Elektrik bilen öçürilip bilinýän PROM): Elektrik bilen öçürilýän EPROM. Maglumat täzelenmeleriniň çäkli mukdary (on münlerçe);
- Fleş ýady (flash memory)
- NAND görnüşi: birlikleri sahypalarda okamak / ýazmak mümkinçiligi (2KB/4KB), bölümler bloklar görnüşinde aýrylýar (64/128 sahypa), [Deňeşdirme: NOR görnüşini okap bolýar]
- EEPROM bilen deňeşdirilende, pozmagyň wagty has çalt we integrasiýa dykyzlygy has ýokarydyr
- Öçürmeleriň sanyny çäklendirin (100,000 ~ 1,000,000 gezek)
- Gaty diski çalyşýan gaty görnüşli disk (SSD) komponenti

4.4 Keş ýady

Ulanyş maksady: Prosessor bilen esasy ýat enjamynyň arasyndaky tizlik tapawudy sebäpli prosessoryň gijä galmagyny azaltmak üçin prosessor bilen esasy ýat enjamynyň arasynda gurlan ýokary tizlikli ýarymgeçiriji ýat enjamy.

Aýratynlyklary:

- Esasy ýadyň (DRAM)-dan has ýokary giriş tizligi bolan çip (SRAM) ulanmak;
- Bahasy we çäkli ýer sebäpli pes kuwwatlylyk



- Keş girmegi (cache hit): prosessor maglumatlaryň keşde bolmagyny talap edýär
- Keşiň bolmazlygy (cache miss): CPU-da keşde zerur maglumatlar ýok. Bu ýagdaýda maglumatlar esasy ýatdan okalýar.
- Girme derejesi (hit ratio): keşe girme derejesi (H)

$$H = \frac{\text{Keşe girme sany}}{\text{Ýadyň umumy giriş sany}}$$

- Keşden geçmek gatnaşygy = (1 - H)
- Ortaça ammara giriş wagty (Ta): $T_a = H \times T_c + (1 - H) \times T_m$
- Tc keşe giriş wagtyny aňladýar, Tm bolsa esasy ýada giriş wagtyny aňladýar

- **Ýerleşýän ýeri**

- Wagtlaýyn lokalizasiýa (temporal locality): ýakynda ulanylan programmalar ýa-da maglumatlar ýakyn wagtda ýene elýeterli bolar
- Giňişlik lokalizasiýa (spatial locality): golaýda ammarda saklanýan maglumatlaryň yzygiderli ulanyp bolmaklyk ähtimallygy has ýokary
- Yzygiderli tertipleşdirme (sequential locality): hiç hili şahalanma ýüze çykmasa, görkezmeler kabul edilýär we ýatda saklanylýan tertipde ýerine ýetirilýär.

- **Keş taslamasynda umumy maksat**

- Keşe giriş derejesini ulaltmak
- Keşe giriş wagtyny azaltmak
- Keşiň ýoklugy sebäpli gijikdirme wagtyny azaltmak
- Esasy ýat bilen keşiň arasynda maglumatlaryň yzygiderliligini saklamak we çykdaýylary azaltmak

4.4.1 Keşiň ululygy (kuwwaty)

Kuwwatlylygy näçe ýokary bolsa, giriş reýtingi şonça ýokary, ýöne çykdaýy şonça ýokary.

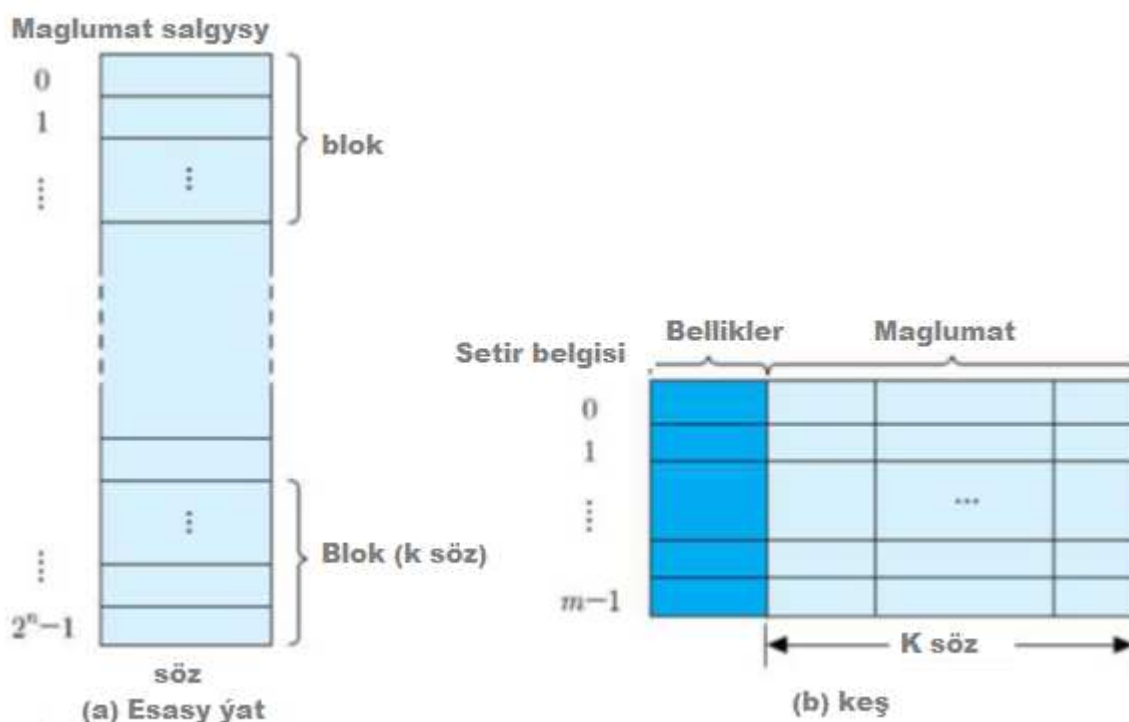
Kuwwatlylygy näçe ýokary bolsa, giriş wagty şonça-da uzyn bolar, sebäbi adresi kesgitlemek we maglumat gözlemek üçin periferiýa shemalary has çylşyrymlaşýar.

4.4.2 Surat çekmegiň usuly

Talap almagyň usuly: Diňe zerur maglumatlary nädip almaly

Öňünden saýlamagyň usullary:

- Zerur maglumatlardan başga-da, geljekde talap edilmegine garaşylýan maglumatlar hem alynýar.
- Ýer beýik bolanda täsiri gaty gowy.



- Blok (block): esasy ýatdan bir wagtyň özünde alnan maglumatlar topary;
- Esasy ýat göwrümi= 2^n söz, blok = K sözler; bloklaryň sany = $2^n / K$
- Setir (line): her blok keşde saklanýar
- Bellik (tag): setire ýüklenen bloky kesgitleýän maglumatlar;

4.4.3 Kartalaşdyrmagyň usuly

В качестве способа определения, к какой строке кэша должен быть загружен каждый блок основной памяти

Keşiň her setirine ýüklenen esasy ýadyň her blogyny kesgitlemegiň usuly hökmünde

Her esasy ýat blogynyň haýsy keş setirine ýüklenmelidigini kesgitlemegiň usuly hökmünde

- Göni kartalaşdyrmak
- Doly assosiatiw kartalaşdyrmak
- Set-assosiatiw kartalaşdyrmak

- **Göni kartalaşdyrmak**

Esasy ýadyň her blogy diňe görkezilen belli bir keş setiri bilen ýüklenýär.

Esasy ýat salgysynyň formaty



- Bellik meýdany (bit t): bellik belgisi (setire ýüklenen blok belgisi)
- Setir belgisi (1 bit): $m = 2^l$ keş setirinden birini görkeziň
- Söz meýdany (w bit): her blokda 2^w sözden birini saýlaň

Esasy ýat i -niň j blogynyň ýükläp boljak keş setiriniň belgisi: $i = j \bmod m$;

J : esasy ýadyň blok belgisi, m : keş setirleriniň umumy sany

Her keş setiri $2t$ bloklara bölünýär. Bir setiri paýlaşýan bloklaryň dürli bellikleri bar.

[Mysal]

Her keş setirini paýlaşýan esasy ýadyň bloklary;

[düşündiriş]

| Keş liniýasy | Esasy ýat blogynyň belgisi |
|--------------|---|
| 0 | 0, m , ..., $(2^{t+l}-m)$ |
| 1 | 1, $(m+1)$, ..., $(2^{t+l}-m+1)$ |
| \vdots | \vdots |
| $(m-1)$ | $(m-1)$, $(2m-1)$, ..., $(2^{t+l}-1)$ |

Nähili işleýär (Göni kartalaşdyrylan keş)

Keşe ýat salgysy iberilende, keş setiri 1 bitlik setir belgisi ulanylyp alynýar.

Saýlanan setiriň bellik böleklerini okaň we olary salgy belligi bitleri bilen deňeşdiriň.

- Iki bellik bahasy gabat gelse (keş girişi) – salgyň w bitini ulanyp setirdäki sözleriň birini çykaryň we CPU-a iberiň.
- Bellik bahalary gabat gelmeýän bolsa (keş ýok).
 - Salgy bir bloga girmek üçin esasy ýada iberilýär.
 - Getirilen blogy görkezilen keş setirine ýükleýär we salgy belligi bitlerini setir belligi meýdanyna ýazýar.
 - Eger setirde başga bir blok eýýäm ýüklenen bolsa, mazmuny arassalanýar, ýüklenen blok ýüklenýär we bellik hem täzelenýär.

Peýdalary

Enjam üpjünçiligi ýönekeý we ýerine ýetiriş bahasy pes

Kemçilikleri

Esasy ýadyň her blogynda ýüklemek üçin diňe bir keş setiri bolup biljekdigi sebäpli, bu setirdäki beýleki ähli konweks paýlaşylan girişleriň üstüne ýazylýar ýa-da çalşylýar.

Keşň göni görkezilmeginiň mysaly

- Esasy ýadyň göwrümi = 128 (27) baýt
- Esasy ýat salgysy = 7 bit (baýt salgysy)
- Blok ölçegi = 4 baýt -> Esasy ýat $128/4 = 32$ blokdan ybarat
- Keşň göwrümi = 32 baýt
- Keş setiriniň ölçegi = 4 baýt (blok ölçegi bilen deň)
- Keş setirleriniň umumy sany, $m = 32/4 = 8$ - Saklama salgysynyň formaty



• Doly assosiatiw kartalaşdyrmak

Esasy ýadyň bir bölegi keşdäki islendik setire ýüklenip bilner

Bellik meýdany = esasy ýat blok belgisi

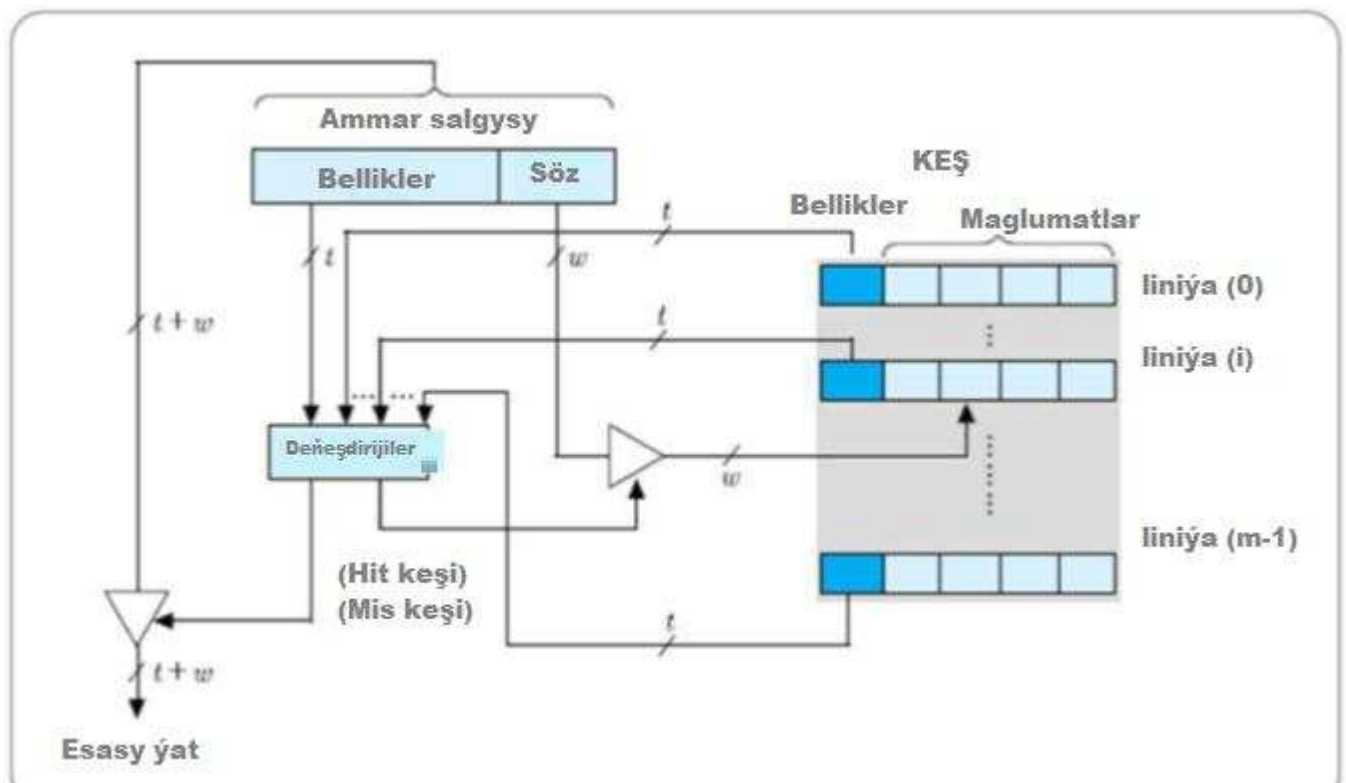
Saklama salgysynyň formaty



Göni kartalaşdyrys keşiniň mysalyna doly assosiatiw kartalaşdyrys shemasyny ulanmak



Doly associativ keş kartalaşdyrmasyňy guramak.



[Peýdalary]

Keşe täze blok ýüklenende, setir saýlamak gaty amatly

Ýer beýik bolsa, girmegiň derejesi gaty ýokary

[Kemçilikleri]

Keş setirlerinde bellikleri paralel tassyklamak üçin gymmat associativ ýady we çylşyrymly periferiýa zynjyrlaryny talap etmek

[Mysal]

Doly associativ displeý keş setir synagynyň mysaly

(1) 1011000 (2) 0010110 (3) 0000001 (4) 0111111

[düşündiriş]

- (1) Keş Miss: häzirki wagtda 3-nji setirde ýüklenen
- (2) Keeşe girme: 5-nji setirde ýüklenen, birinji boş setir
(Bellik = 00101, maglumatlar = 'assm')
- (3) Keş Miss: setiriniň belgisi 6-njy setirde ýüklenýär (Bellik = 00000, maglumat = 'abcd')
- (4) Keeşe girme: häzirki wagtda 1-nji setirde ýüklenen

Set (köp)- assosiatiw kartalaşdyrmak

Göni pikir bilen ajaýyp assosiatiw pikirlenmäniň utgaşmasy

Esasy ýat bloklarynyň topary keşleriň toplumyny paýlaşýar we bu toplumda birden köp setir bolup biler.

Keş v toplumlara bölünýär, her toplum k setirlerinden durýar (k -way-set-assosiatiw kartalaşdyrmak diýilýär)

Esasy ýat i bloklaryny ýükläp boljak keş toplumlarynyň sany: $i = j \bmod v$

i : gurnalan keş belgisi

j : esasy ýat blogynyň belgisi

v : keş toplumlarynyň sany

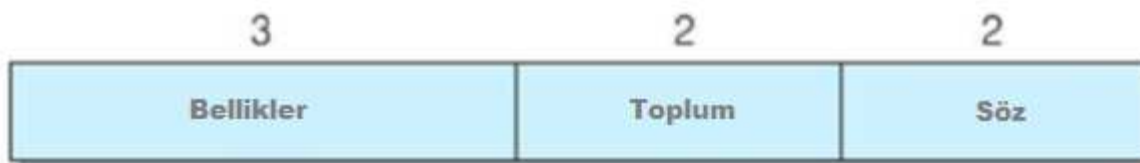
[Saklama salgysynyň formaty]

$(t + s)$ bellik meýdanynyň we kesgitlenen meýdanyň utgaşmasy bitleri esasy ýadyň 2 $(t + s)$ blokundan birini aňladýar.

Blogyň ýüklenip bilinjek belgisini düzüň: kabul ediş meýdanynda görkezilýär.



Ýokardaky [mysalda] iki taraplaýyn assosiatiw köp sanly kartalary ulananyňyzda salgy formaty: (toplumlaryň sany = $8/2 = 4$)

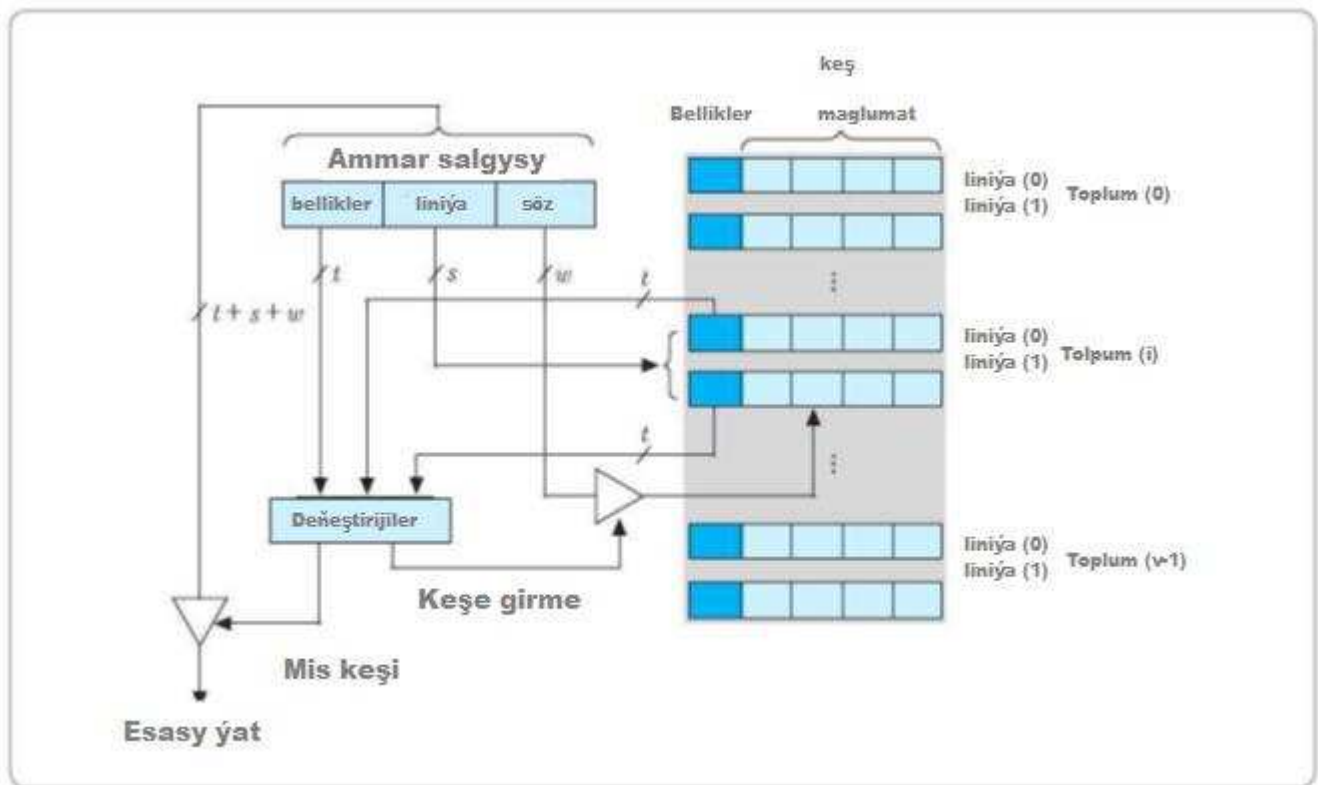


Toplumlaryň sany = keş setirleriniň sany ($v = m$) we $k = 1$ toplumdaky setirleriň sany → Göni kartalaşdyrmak

Toplumlaryň sany = 1 & Toplumdaky setirleriň sany = Keşdäki setirleriň umumy sany ($k = m$) → Doly assosiatiw kartalaşdyrmak

[Assosiatiw kartalaşdyrys toplumynyň işleýiş ýörelgesi]

- Saklaýyş salgysy toplumynyň s bitini ulanyp, keş toplumynda birini saýlaň. Salgydaky bellik meýdanynyň mazmunyny toplumdaky bellikler bilen deňeşdiriň.
- Gabat gelýän bolsa (keşe girmesi) → Her setirde bir söz w_1 bit bilen saýlanýar we alynýar
- Gabat gelmeýän bolsa (keş ýok) → Esasy ýada girilýär
- Toplumdaky setirleriň birine täze blok ýüklän (çalyşmak algoritmi zerur)



[İki taraplaýyn assosiativ kartalaşdyryş keşiniň mysaly]

[Mysal]

- Esasy ýadyň göwrümi = 128 (27) baýt
- Blogyň ölçegi = 4 baýt \rightarrow Esasy ýat bloklarynyň sany = $128/4 = 32$
- Keşiň ölçegi = 32 baýt, setiriň ölçegi = 4 baýt,
- Toplumdaky setirleriň sany = 2 \rightarrow Keşdäki toplumlaryň sany $v = 8/2 = 4$

[düşündiriş]

Her toplumy bölýän esasy ýat bloklary.

Belgini düzün

Esasy ýat blogynyň belgisi

| | | | | | | | | |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0 (00) | 00000 | 00100 | 01000 | 01100 | 10000 | 10100 | 11000 | 11100 |
| 1 (01) | 00001 | 00101 | 01001 | 01101 | 10001 | 10101 | 11001 | 11101 |
| 2 (10) | 00010 | 00110 | 01010 | 01110 | 10010 | 10110 | 11010 | 11110 |
| 3 (11) | 00011 | 00111 | 01011 | 01111 | 10011 | 10111 | 11011 | 11111 |

[Ýokary kuwwatly assosiativ deňeşdirme keşini guramagyň mysaly]

Esasy ýadyň göwrümi 16 MB (224). Şonuň üçin esasy ýat salgysy 24 bit, salgysy bolsa baýt birliklerinde berilýär;

Esasy ýat 4 baýtly 4M (222) blokdan, sözün uzynlygy bolsa bir baýtdan ybarat.

Keşniň göwrümi 64 KB (216) baýt.

Esasy ýat blogynyň ölçegi 4 baýt bolansoň, keş setiriniň ululygy 4 baýt bolýar, netijede $m = 16K$ (214) setirleriň sany emele gelýär.

Iki taraplaýyn köp assosiativ ideologiýa göz önünde tutulýar. Şonuň üçin toplumlaryň sany $v = 8K$ (213).

[Saklanyş salgysynyň formaty]



[Mysal]

Her toplumy bölýän esasy ýat bloklary;

[düşündiriş]

Tolumlaryň sany

Esasy ýat blogynyň belgisi

| | |
|------|-----------------------------|
| 0000 | 000000, 008000, ..., FF8000 |
| 0001 | 000004, 008004, ..., FF8004 |
| ⋮ | ⋮ ⋮ ⋮ |
| 1FFF | 007FFC, 00FFFC, ..., FFFFFC |

4.4.4 Çalışma algoritmi

Bellenen assosiatiw kartalaşdyrmakda, esasy ýatdan täze blok keşe ýüklenende, toplumdaky ähli setirler beýleki bloklar bilen doldurylan bolsa, olaryň biri alynýar we täze blok bilen çalşylýar.

Çalyşma algoritmi: Keşe girme koeffisiýentini iň ýokary derejä getirmek üçin çalyşyljak bloklary saýlamagyň algoritmi.

- Iň az ulanylan (LRU) algoritmi: iň köne ulanylmadyk bloklary çalyşmagyň usuly
- FIFO “ilkinji giren – ilkinji çykar” algoritmi: keşdäki iň köne blogy çalyşmagyň usuly
- Iň az ulanylýan algoritmi (LFU): Iň az salgylanma bilen blogy nädip çalyşmaly

4.4.5 Syýasat ýazgysy

Blok üýtgemeginde esasy ýatdaky keşiň mazmunyny haçan we nädip täzelemelidigini kesgitleň.

- Ýazmak-Through

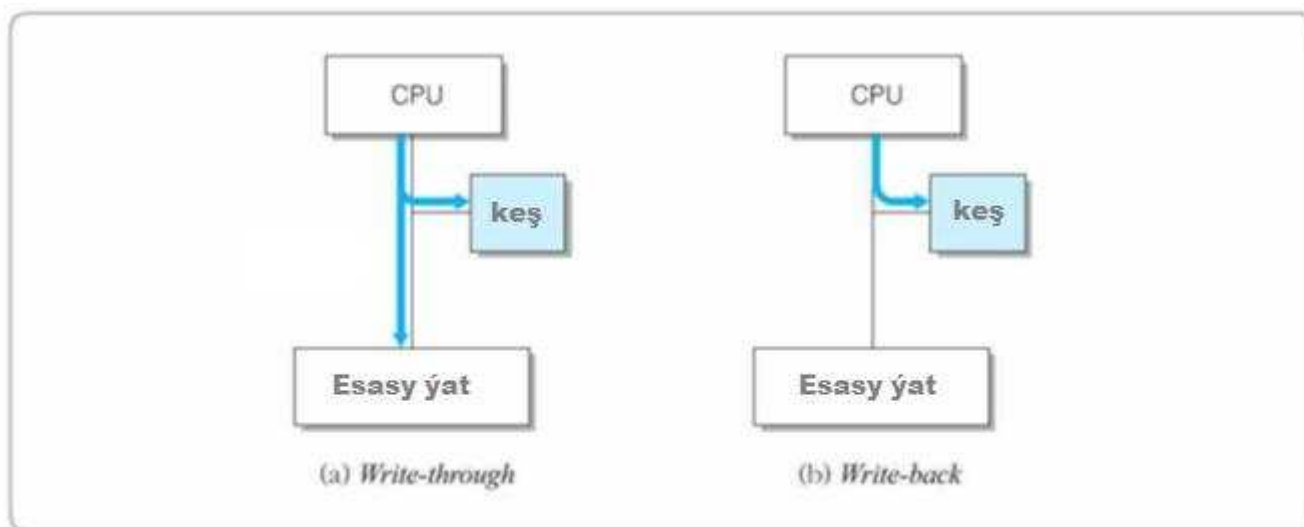
Ähli ýazmak amallary diňe keşde däl, eýsem esasy ýatda hem ýerine ýetirilýär.

[Peýdalary]

Keşdäki bloklaryň mazmuny hemişe esasy ýatdaky bilen birmeňzeş.

[Kemçilikleri]

Ähli ýazmak amallary esasy ýada ýazmagy öz içine alýar, şonuň üçin ýazgy wagty has uzyn.



- **Ýzyna ýaz**

Keşde maglumatlaryň üýtgemegi, ýöne esasy ýatda däl;

[Peýdalary]

Saklaýyş enjamyna ýazmanlyk sany iň pes derejä getirilýär we ýazmak wagty azaldylýar.

[Kemçilikleri]

Keşiň mazmuny esasy ýadyňkydan tapawutlanýar.

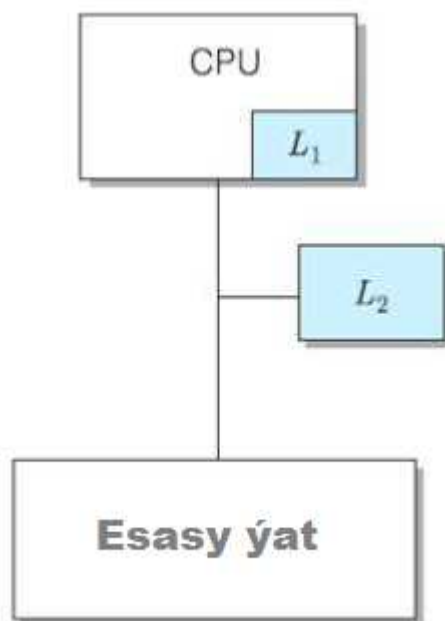
Keşdäki maglumatlar üýtgän bolsa, esasy ýadyň tezeleme amalyndan ozal blok çalşylmaly we munuň üçin her keş setirinde status biti bolmaly.

4.4.6 Köp ugurly keş (Multiple cache)

Çipdäki keş: keşe giriş wagtyny azaltmak üçin keş (aşakdaky L1 suratdaky ýaly)

Iýerarhiki keş

Oturdylan keşi, çipiň daşyndaky esasy (L1) we has uly ikinji (L2) keş hökmünde ulanmak;



L2, L1-iň super setiri: L2-iň göwrümi L1-den has uly we L1-iň ähli mazmuny L2-de hem bar.

Ilki L1-i barlaň, eger L2 L1-de ýok bolsa, L2-i barlaň. L2-de ýok bolsa, esasy ýada giriň.

L1 has ýokary tizlige eýedir, ýöne has pes göwrümi sebäpli girmegiň tizligi L2-den pesdir.

İki basgançakly keş ulgamynyň ýadyna ortaça giriş wagty.

$$T_a = H_1 \times T_{L1} + (H_2 - H_1) \times T_{L2} + (1 - H_2) \times T_m$$

Eger-de H_2 , L1-e goýberilen ýüz tutmalar üçin L2 giriş görkezijisi bolýar, we H_1 bolsa L2 giriş görkezijisi.

$$T_a = H_1 \times TL_1 + (1 - H_1) H_2 \times TL_2 + \{1 - H_1 - (1 - H_1)H_2\} \times T_m$$

[Mysal]

L1 we L2 keşleri we esasy ýady üçin giriş wagtlary degişlilikde 2 ns, 20 ns we 100 ns bolsa, L1 üçin girmegin koeffisiýenti (H_1) 0,7 we L2 üçin girmegin koeffisiýent (H_2) 0,9 bolsa, ýada giriş wagtyňy ortaça hasaplaň. Şeýle-de bolsa, (5-6) we (5-7) deňlemeleri ulanyp, her meselä jogap bermeginizi haýyş edýäris.

[düşündiriş]

Ilki bilen, H_2 (5-6) deňlemedäki ýaly ähli ammar girişleri üçin L2 girme derejesi bolsa, onda T_a saklamagyň ortaça wagty:

$$\begin{aligned} T_a &= (0,7 \times 2\text{ns}) + \{(0,9 - 0,7) \times 10\text{ns}\} + \{(1 - 0,9) \times 100\text{ns}\} \\ &= 1,4\text{ns} + 2\text{ns} + 10\text{ns} = 13,4\text{ns} \end{aligned}$$

Şeýle-de bolsa, H_2 L1-däki ýitirilen ýadyň elýeterlilik üçin L2 girme derejesi bolsa, ortaça ýadyň giriş wagty T_a , 5-7 deňlemesini ulanyp aşakdaky ýaly hasaplanyp bilner:

$$\begin{aligned} T_a &= (0,7 \times 2\text{ns}) + (1 - 0,7) \times 0,9 \times 10\text{ns} + \{1 - 0,7 - (1 - 0,7) \times 0,9\} \times 100\text{ns} \\ &= 1,4\text{ns} + 2,7\text{ns} + 3\text{ns} = 7,1\text{ns} \end{aligned}$$

● Bölünen keş

- Görkezme keşi we maglumat keşi üçin aýratyn keş
- Getirmek moduly bilen ýerine ýetiriş modulynyň arasyndaky keşe giriş gapma-garşylygyny aradan aýyrýar.
- Birnäçe in ýokary tizlikli prosessorlarda ulanylýar.

4.5 İn täze ýat tehnologiýasy

- Saklaýyş enjamyna giriş tizligi, prosessor göre göre esli pesdir.

- Wideo gaýtadan işlemek we ses / wideo gysyşdyrma ýaly uly göwrümlü maglumatlary gaýtadan işlemek programmalarynda köpeliş = esasy ýadyň päsgelçiliklerini çuňlaşdyrmak = täze saklaýyş enjamlarynyň görnüşlerini ösdürip, tizlendirilmegi hökmanydyr.

4.5.1 SDRM

- Sinhron DRAM (SDRAM): giriş amallarynyň ulgam sagady bilen sinhron hökmünde ýerine ýetirilýän DRAM.

[Mysal]

Amaly okaň

- Prosessor, sagat aýlawynda ulgam şinasynyň üsti bilen salgy we okaýyş signallaryny ýat enjamyna iberýär we soňra bolsa netijä garaşman beýleki içerki amalary ýerine ýetirýär.
- SDRAM adresi we okaýyş signaly alandan soň derrew okamak amalyna başlatýar, amal gutarandan soň ulanyş maglumatlaryny we ulgam şinasy maglumatlaryny alýar we indiki sagat döwründe maglumatlary, maglumatlar şinasy arkaly CPU-a geçirýär.
- Prosessor maglumatlary alýar we aşakdaky amalary ýerine ýetirýär.

● SDRAM-yň içerki guramasy

Birnäçe bankdan ybarat: bir wagtyň özünde banka girmek

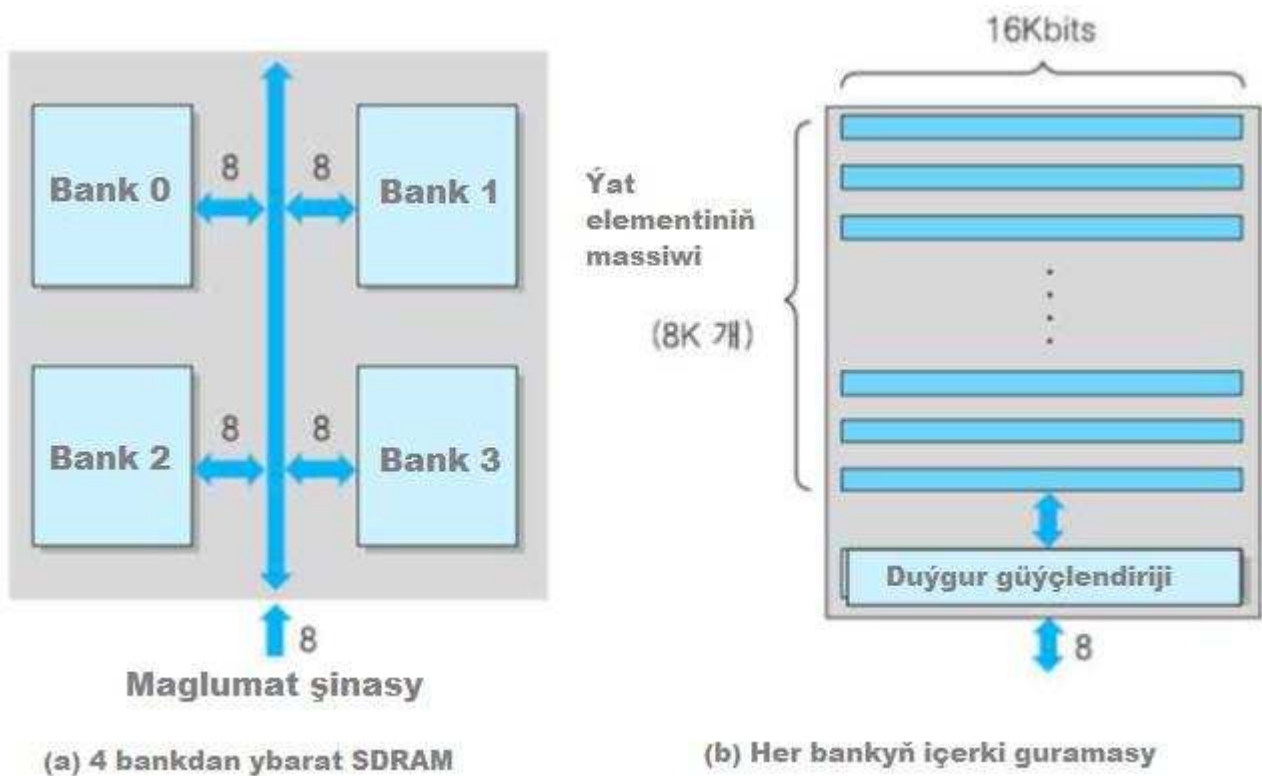
[Mysal]

512Mbit SDRAM

[düşündiriş]

4 bankdan $16M \times 8$ bitden ybarat: $4 \times 16M\text{baýt} = 64M\text{baýt}$

Salgy bitleri = 26, iki beýik bit: bank saýlamak üçin ulanylýar



Setir: 8K ýat öýjük massiwi

Her setir 16K bit (2 KBayt) saklaýar

Çipiň giriş / çykyş (maglumatlar) liniýalarynyň sany: $8 \rightarrow$ setir salgysy = 13 bit, sütün salgysy = 11 bit

Setir salgysy = 13 bit, sütün salgysy = 11 bit

Okalýan amal wagtynda her massiwdäki ähli maglumatlar (2 KB) okalýan güýçlendirijä geçirilýär = 'Açyk setir' \rightarrow Soňra sütüniň salgysynda baýt (8 bit) görnüşinde maglumatlar şinasyna ýüklenýär.

- Päketiň tertibi: birnäçe baýtyň yzygiderli geçirilmegi;
- Paketiň uzynlygy: her paket amaly wagtynda iberilýän maglumatlaryň baýt sany;
- Ýat modulyny düzmegiň zerurlygy
- SDRAM maglumat giriş / çykyş ini = 8 bit;
- Birnäçe SDRAM çipi, sözlere esaslanýan maglumatlara girmek üçin ammar modulyny emele getirmek üçin paralel birikdirilýär;

[Mysal]

- 64 bit kompýuter ulgamy üçin ammar moduly;

- Paralel birikdirilen sekiz sany $64\text{M} \times 8$ bitli SDRAM çipleri \rightarrow 512MB ammar moduly, 64 bitli okamak / ýazmak aýratynlygy
- Her ammar modulyna bir SDRAM çip goşuň \rightarrow 8 – ammar
- 8 bitli ECC-ni bilelikde saklaň



4.5.2 DDR SDRAM

- SDRAM saklaýyş modullarynyň geçirişini gowulandyrmagyň usullary
- Zolak giňligi: her wagt birliги üçin iberilýän maglumatlaryň mukdary, birliги: [baýt/sek];
- DDR (goşa maglumat tizligi) SDRAM: maglumatlar şinasy taktynyň tizligi üçin iki maglumat geçirişi (degişlilikde takt impulsynyň öňki we yzky gýralarynda geçirilýär).

[Deňeşdirmek]

SDRAM: SDR bilen utgaşykly (ýeke maglumat tizligi)

SDRAM

DDR2 SDRAM: DDR SDRAM bilen birmeňzeş, netijeliligi ýokarlandyrmak üçin maglumat şinasyynyň takt tizligini iki esse ýokarlandyryr.

Okalýan wagtlary deňeşdiriň (mysal üçin paketiň uzynlygy = 8)

SDR @ 133 MGs [PC133]

Şina taktynyň tizligi = 133 MGs

Her takt üçin 64 bit geçiriň (7.5 ns)

8 maglumat geçirmek üçin zerur wagt = CAS gijikdirilmegi (15 ns) + (7.5 ns x 8) = 75 ns;
DDR @ 133 MGs [DDR-266]

64 bit ýokarlanýan we düşýän gyralara berilýär.

8 maglumatlary geçirmek üçin zerur wagt = CAS gijikdirilmegi (15ns) + {(7.5ns / 2) x 8}
= 45ns

4.5.3 Ýat derejesi (memory rank)

- 64 bitli maglumat giriş / çykyş giňligine eýe boljak görnüşde düzülen ammar bölümi (köp sanly saklaýyş çiplerden ybarat).
- Ýat senagatynyň standartlar topary bolan JEDEC (ýat senagatynyň standartlar topary) tarapyndan kesgitlenýär.
- Maglumatlaryň G/Ç ini 64 bit bolmagy üçin birnäçe x4 ýa-da x8 gurama çiplerini ulanyň.

[Mysal]

X4 SDRAM guramasyny ulanmak → Parallel birikme 16

Kärhanada SDRAM ulanmak x8 → 8 parallel baglanyşyk

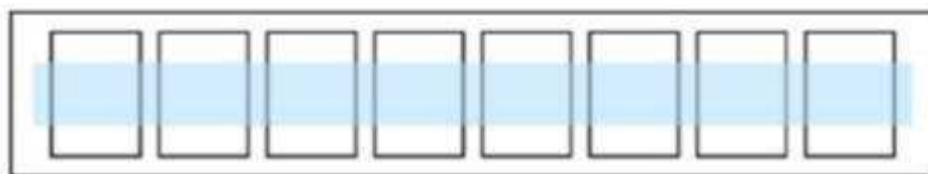
Saklaýyş moduly, esasy kartyň ýat ýerinde oturdylýar

Ýeke taraply modul: mikroshemalar kartyň diňe bir tarapynda gurulýar we birikdirilýär.

Iki taraplaýyn modul: platanyň iki gapdalyndaky çipleri düzýär we köp mukdarda giriş we çykyş signallary üçin her iki tarapdaky gysgyçlary birleşdirýär – şol bir wagtyň özünde DIMM (jübüt içerki ýat moduly) hem diýilýär.

- **Enjamyň ýat derejesi (dowamy)**

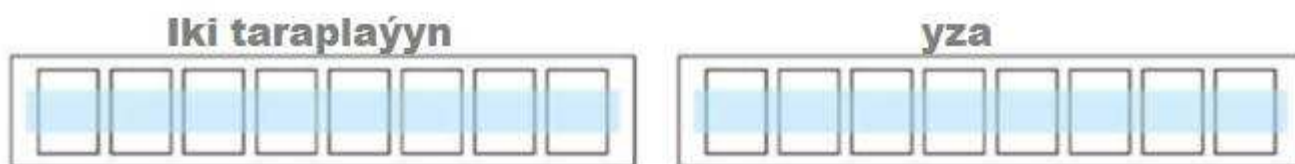
Bir derejeli modul: Yzygiderliligi döretmek üçin bir ugurly modulda (SIMM) sekiz sany x8 gurnama SDRAM-laryny paralel birikdirmek üçin düzülen ammar enjamy, şonuň üçin 64 bitli maglumat şinada wagt modulynda geçirilýär.



(a) Bir taraplaýyn deňdeş modul

Her SDRAM çipiniň göwrümi 2 Gb/s (ýagny 256 M x 8 bit) bolsa, jemi SIMM göwrümi $= (256 \text{ M} \times 8) \times 8 = 2 \text{ GB}$.

Iki derejeli modul: Iki taraplaýyn modulda (DIMM), X8 guramanyň her tarapynda sekiz sany SDRAM bilen sekiz setirden ybarat ammar moduly bar.



(b) Iki taraplaýyn ikinji derejeli modul

Guramaçylyk SDRAM x4 ulanýan bolsaňyz: Iki taraplaýyn modulda (DIMM) bir dereje döretmek üçin 16 sany parallel baglanyşyk



(c) Iki taraplaýyn bir derejeli modul

Okalýan amalda, bir salgy ulanylanda, her çipden 4 bit alynýar we umuman maglumatlar şinasyna 64 bit geçirilýär.

Her SDRAM çipiniň göwrümi 2 Gb / s (ýagny $512 \text{ M} \times 4 \text{ bit}$) bolsa, umumy DIMM göwrümi $= (512 \text{ M} \times 4) \times 16 = 4 \text{ GB}$

Dört derejeli modul:

- X16 guramasynyň SDRAM çiplerini ulanyň
- Ýüzüne iki dereje
- Göwrümi, öňki guramalardakylar bilen birmeňzeş

Ýokary ygtybarlylygy talap edýän serwerler we superkompýuterler üçin,

- ECC ýalňyş düzediş kody goşuldy: 8 maglumat bitine bir bit
- Her derejäniň maglumat giňligi: $(64 + 8) = 72 \text{ bit}$
- Her tarapa 9 çip bilen enjamlaşdyrylan

4.6 Indiki nesil üýtgemeyän saklaýyş enjamlary

4.6.1 PRAM (Faza üýtgetmek RAM)

Üýtgemeyän:

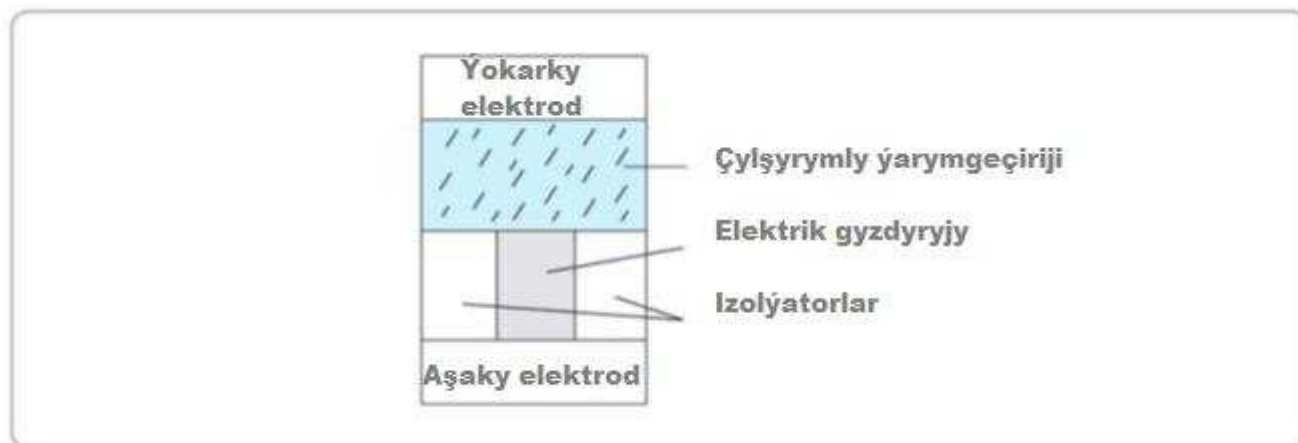
- Giriş tizligi fleş ýadyndan 1000 esse çaltdyr.
 - DRAM-dan has haýal, ýöne şuňa meňzeş dykzlyk we pes energiýa sarp etmek bilen
 - Ýörite materialdan ýasalan RAM, fazanyň üýtgemegi
- Materiallar: antimon germaniý tellurid (GST)

Içki gurluş, ulanylýan naprýaženiýeniň beýikligine baglylykda üýtgeýär, netijede berk ýagdaý pes garşylyga eýe bolmagyna ýa-da suwuklygyň ýokary garşylygyna eýe bolmagyna sebäp bolýar.

Gaty ýagdaýy: polikristally faza

Suwuklyk ýagdaýy: amorf faza

Ýat öýjügi: iki elektrodyň arasynda ýörite material (GST) goýuň.



[Maglumatlary ýatda saklaň]

Iki elektrodyň arasynda gysga wagtyň içinde has ýokary naprýaženiýe ulanylýar GST → Pes garşylykly kristal ýagdaýy: "1" magazyn

Iki elektrodyň arasynda uzak wagtyň içinde has pes naprýaženiýe ulanylýar GST → Ýokary garşylykly amorf ýagdaýy: "0" magazyn

Maglumatlary okaň:

- Ýagdaýyň üýtgemegine sebäp bolmaýan pes naprýaženiýe
- Garşylygyň tapawudyna görä, maglumatlaryň derejesi iki elektrodyň arasynda akýan tok mukdarynyň tapawudyna görä bölünýär
 - Garşylyk näçe pes bolsa, häzirki derejesi şonça ýokary: "1"
 - Ýokary garşylyk, pes tokda ýüze çykýar: "0"

[PRAM-nyň peýdalary]

- Ähli elektrik amallary pes naprýaženiýeli diapazonda amala aşyrylýar.

- Shemasy ýönekeý.
- Pes energiýa sarp edijilikli.

Täze nesil ammar enjamlaryň arasynda tehnologiýa has ir döwürde ösdürilýär we tanyşdyryş dabarasyna ýokary baha berilýär.

4.6.2 FRAM (Ferroelektrik RAM)

- Ferroelektrik aýratynlyklaryny ulanýan ýarymgeçiriji ýat enjamlary
- Ferroelektrik: elektrik polýarizirlenen maddalar, hatda tebigy ýagdaýynda-da elektriksiz
- Zirkonium titan oksidi (PZT) ulanyp öndürilýär
- Pozitiw (+) elektroda we otrisatel (-) elektroda elektrik ulanylanda, elektrodyň ýagdaýy üýtgeýär

[Maglumat saklamak]

Elektrik ýok → original elektrody saklamak: ammar "0"

Elektrik → Elektrodyň ýagdaýyny üýtgetmek: ammar "1"

[Maglumatlary okaň]

Ýat öýjüginde elektrik meýdany ulanylýar.

Tapylan elektrik zaryadynyň mukdaryna baglylykda "0" bilen "1" arasynda tapawutlandyrylar;



4.6.3 MRAM (Magnit RAM)

Magnit meýdany ulanyp maglumat saklamak üçin ýarymgeçiriji ýat enjamy.

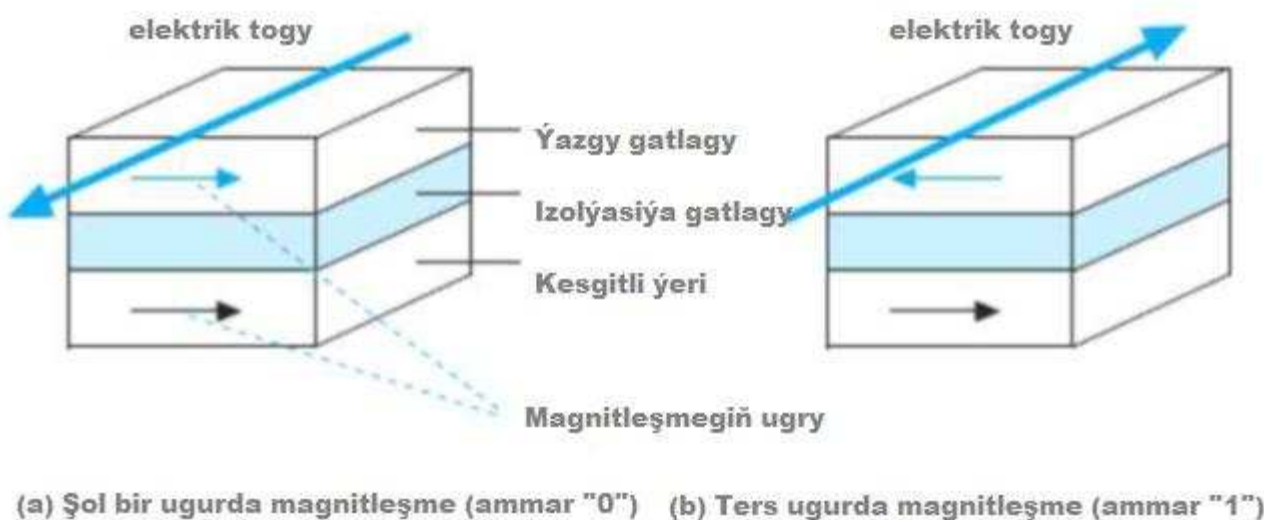
- Ferromagnit materialda ulanylýan magnit meýdany ugrunda magnitlenen.
- Magnit meýdany aýrylsa hem, magnetizm üýtgemän galýar.

[Esas gurluşy]

- Iki ýokarky we aşaky ferromagnitleriň arasynda izolýator goýulýar
- Aşaky ferromagnit: kesgitlenen gatlak, magnitleşmegiň kesgitlenen ugry
- Izolýator: tunnel magnit garşylygyny döretmek üçin suwuklandyrylýar
- Ýokarky ferromagnit material: magnitleşmegiň ugry, ýazgy gatlagyna we häzirki ulanyş ugruna görä kesgitlenýär

[Maglumat saklamak]

- Toky (a) şekildäki ýaly bir ugurda ulanyň → ýokarky we aşaky ferromagnitleriň deňşli magnitleşme ugry: "0" ammar
- Toky (b) şekilde bolşy ýaly ulanyň → ýokarky we aşaky ferromagnitleriň magnitleşme ugurlary ters: "1" ammar



[Maglumatlary okaň]

Iki ferromagnitiň arasyndaky tok

- Ferromagnitleriň arasyndaky magnitleşme ugry birmeňzeş - Izolýasiýa gatlagynyň garşylygy peselip, tunel akymynyň akmagy bilen ýokarky we aşaky gatlaklaryň arasyndaky potensial tapawut azalýar: "0" diýlip ykrar edilýär.
- Ferromagnitleriň arasyndaky magnitleşme ugry tersdir - Izolýasiýa gatlagynyň garşylygy ýokary we tunel togy ýoklugy sebäpli, ýokarky we aşaky gatlaklaryň arasyndaky potensial tapawut ulalýar: "1" hasaplanýar.

5. Kömekçi saklaýyş enjamlary

5.1 Gaty disk

Saklaýjy enjamlar magnitleşip bolýan materiallar bilen örtülen plastmassa ýa-da metal tegelek plastinkalardan ýasalýar: magnit diskler ýa-da ýönekeý diskler.

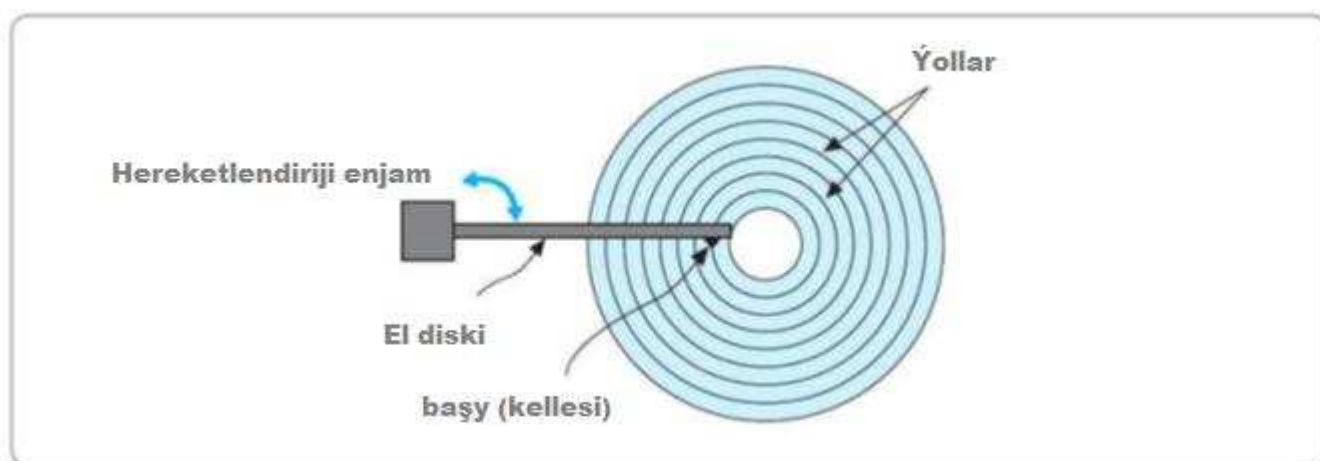
[Esasy komponentler]

Tegelek disk: birnäçe ýoldan ybarat hakyky maglumatlaryň saklanýan ýeri

Kellesi: geçiriji katuşka arkaly ýüzüni magnitleýän ammar enjamy

El diski: kelläni herekete getirýän enjam

Hereketlendiriji (aktuator): tegelek plastinkany we disk ryçagyny aýlamak üçin hereketlendiriji



Diske ýazmak: baş katuşgada tok akanda emele gelen magnit meýdanyny ulanyp maglumatlary saklamak prosesi

Diskden okamak: kelläniň magnit meýdanynyň ýerleşýän ýerinden geçende, katuşgada ýüze çykan elektrik toguny anyklamak arkaly maglumatlary almak prosesi

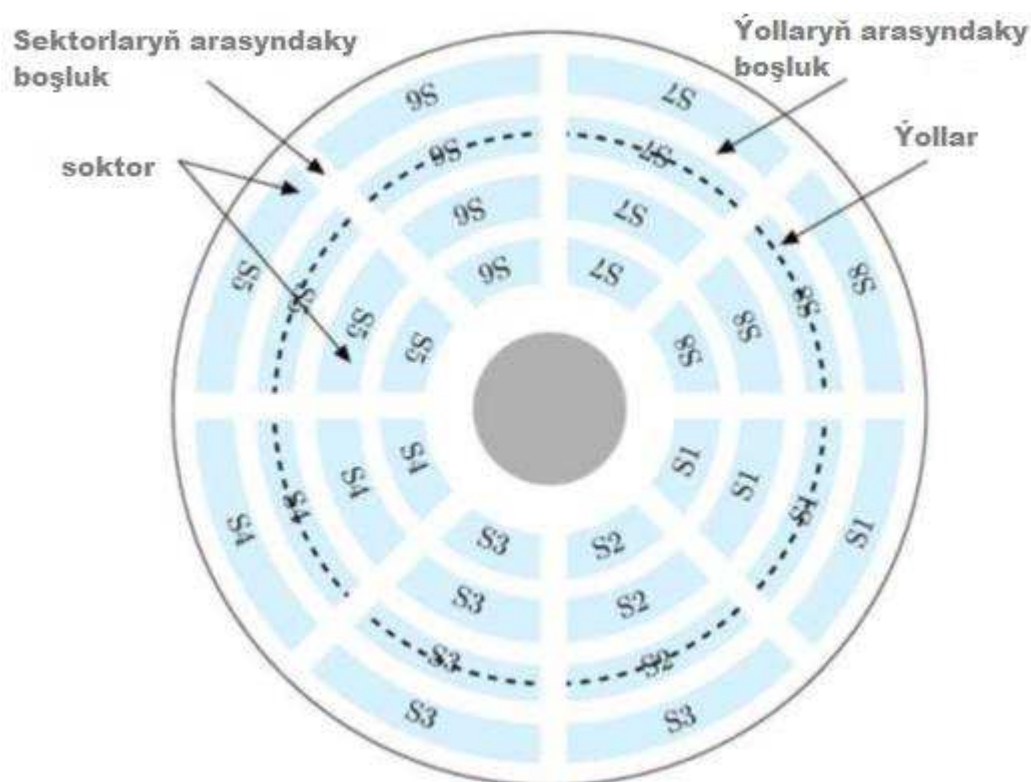
5.1.1 Diskiň gurluşy

Sektor: Bir wagtyň özünde ýazyp ýa-da okap bolýan maglumatlaryň iň kiçi maglumat birligi

Sektorlaryň arasyndaky boşluk: sektorial bölünişik üçin boşluk

Ýollaryň arasyndaky boşlugy: kelläniň süýşmegi ýa-da magnit meýdanynyň päsgelçiligi sebäpli ýüze çykýan ýalňyşlyklardan gaça durmak üçin ýollaryň arasyndaky aralyk

Asyl disk üçin, üstündäki ýollaryň sany = 500 bilen 2000, her ýollardaky sektorlaryň sany = 32 (soňky ýollaryň we sektorlaryň sany ep-esli artdy)



Hemişelik burç tizligi (CAV) usuly:

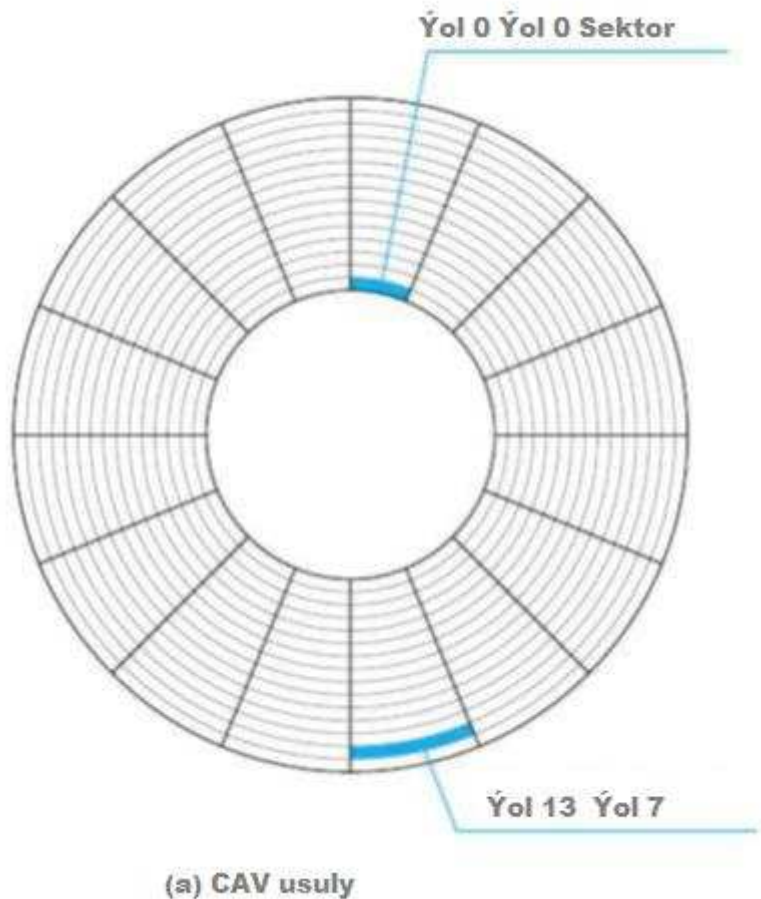
Disk hemişelik tizlikde aýlananda, ýoluň ýagdaýyna garamazdan şol bir tizlikde maglumatlara girmegiň usuly;

[Üstünlikleri]

Ýönekeý enjam ýöretmek

[Kemçilikleri] Boş ýer

(daşarky ýol içki ýoldan has uzyn, ýöne saklaýyş dykzlygy pesdir. Saklanan maglumatlaryň mukdary birmeňzeş)



Köp zolakly ýazgy usuly (MZR):

Diskiň üstü birnäçe konsentrik zolaklara bölünýär we şol bir meýdana degişli ýollaryň saklanyş dykzlygy birmeňzeşdir.

Diskdäki ammar dykzlygyny birmeňzeş boljak görnüşde sazlaň.

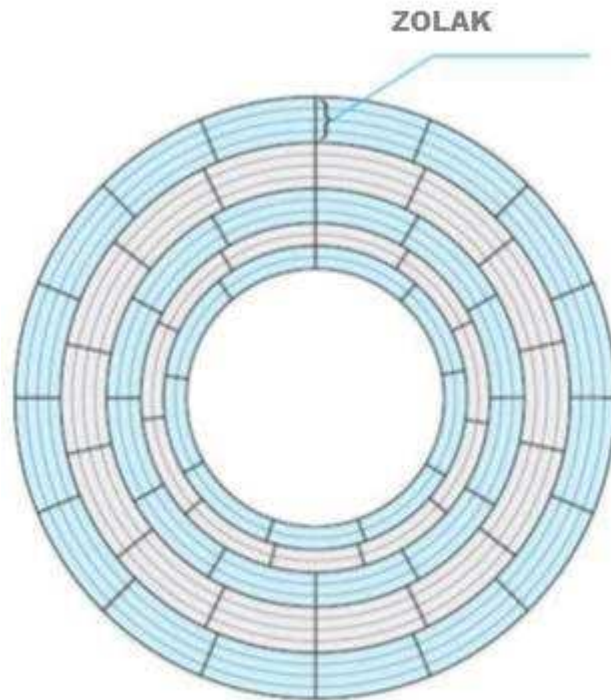
Has köp maglumat daşarky kanallarda saklanyp bilner.

Her bir ýol birnäçe sektora bölünýär.

[Mysal]

* 15 ýol 5 ugra bölünýär

- iki içki meýdan: her ýoluň 9 ýa-da 11 sektory bar
- Indiki meýdan: 14 ýa-da 15 sektoryň hersinde üç ýol
- Iki daşarky meýdanyň her biri dört ýol bolup, her bir ýol 14 ýa-da 16 sektordan ybarat



(b) MZR usuly

- **MZR usulyň üstünlikleri we kemçilikleri**

[Üstünlikleri]

Diskiň umumy göwrümini artdyrmak

[Kemçilikleri]

Dolandyryş shemasy has çylşyrymly, sebäbi aýlaw tizligi ýoluň ýagdaýyna görä sazlanmalydyr.

Zolaga baglylykda okamak we ýazmak wagtlaryndaky ownuk tapawutlar.

Diski formatlamak

Diskiň konfigurasiýasyny barlamak we disk başlangyç nokadyny kesgitlemek we diskdäki belli bir ýerde sektoryň başlangyjy we gutarmagy kesgitlemek üçin disk maglumatyny we dolandyryş maglumatlaryny saklamak prosesi.

[Mysal üçin ýol formaty]

Sektoryň ululygy = 600 baýt (512 baýt maglumat + gözegçilik maglumatlary);

Dolandyryş maglumatlary (düşündiriş meýdany): sektoryp kesgitlemek üçin zerur kesgitleýji ýa-da salgy;

SYNCH baýtlary, ýol belgisi, at belgisi, sektor belgisi, ýalňyşlygy kesgitlemek kody (CRC);

[CRC (Tigirli artykmaçlygy barlamak)]

Diskdäki maglumatlary okamak ýa-da maglumat geçirişindäki ýalňyşlyklary ýüze çykarmak üçin siklli ikilik kodlaryny ulanýan usul.

Geçiriji tarap maglumatlary bloklara bölýär, her blokdan soň ikilik polinomiýany ýörite hasaplamak arkaly alnan siklli kody goşýar we saklaýar.

Şol bir hasaplama, şol bir sikl kodunyň alnandygyny ýa-da ýokdugyny barlamak üçin kabul ediş nokadynda amala aşyrylýar.

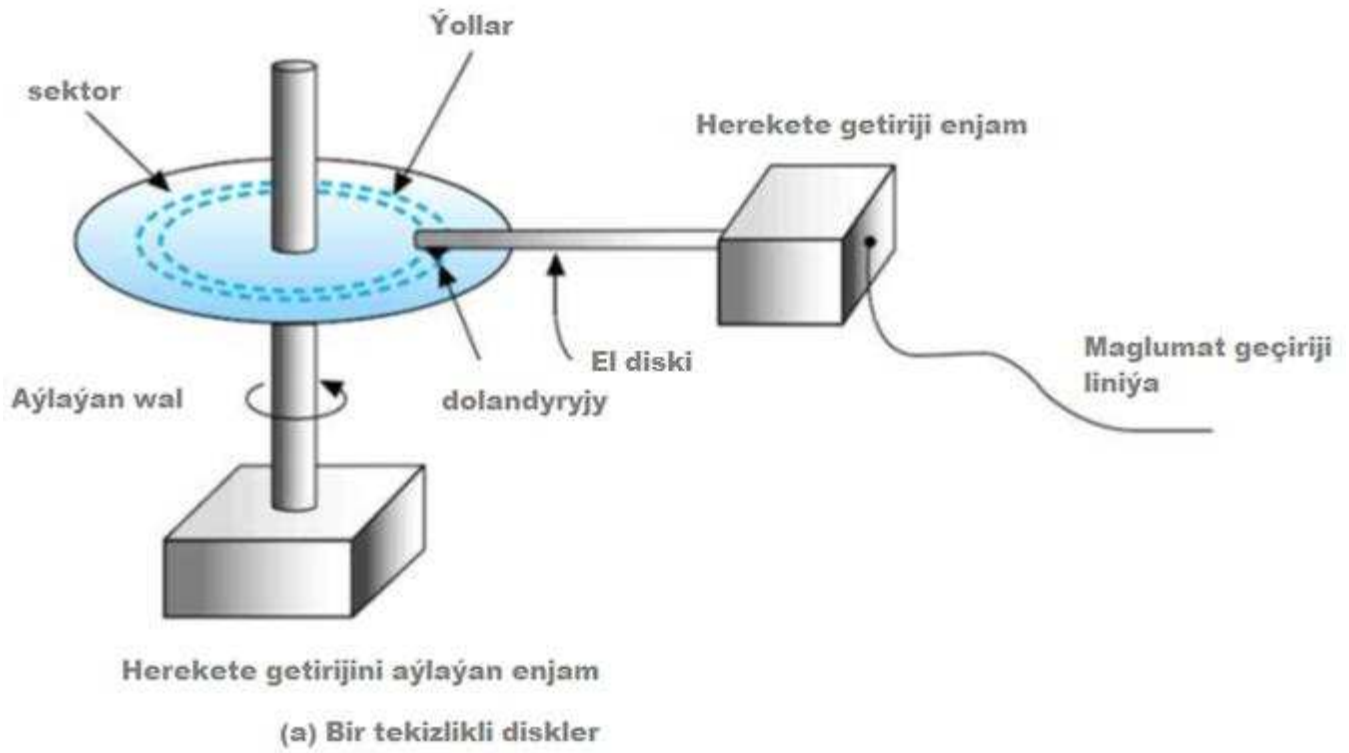
Saklaýjy enjamlarda (gaty disk, CD-ROM, DVD) we dürli aragatnaşyk protokollarynda ulanylýar.

Disk draýweri (diskowod)

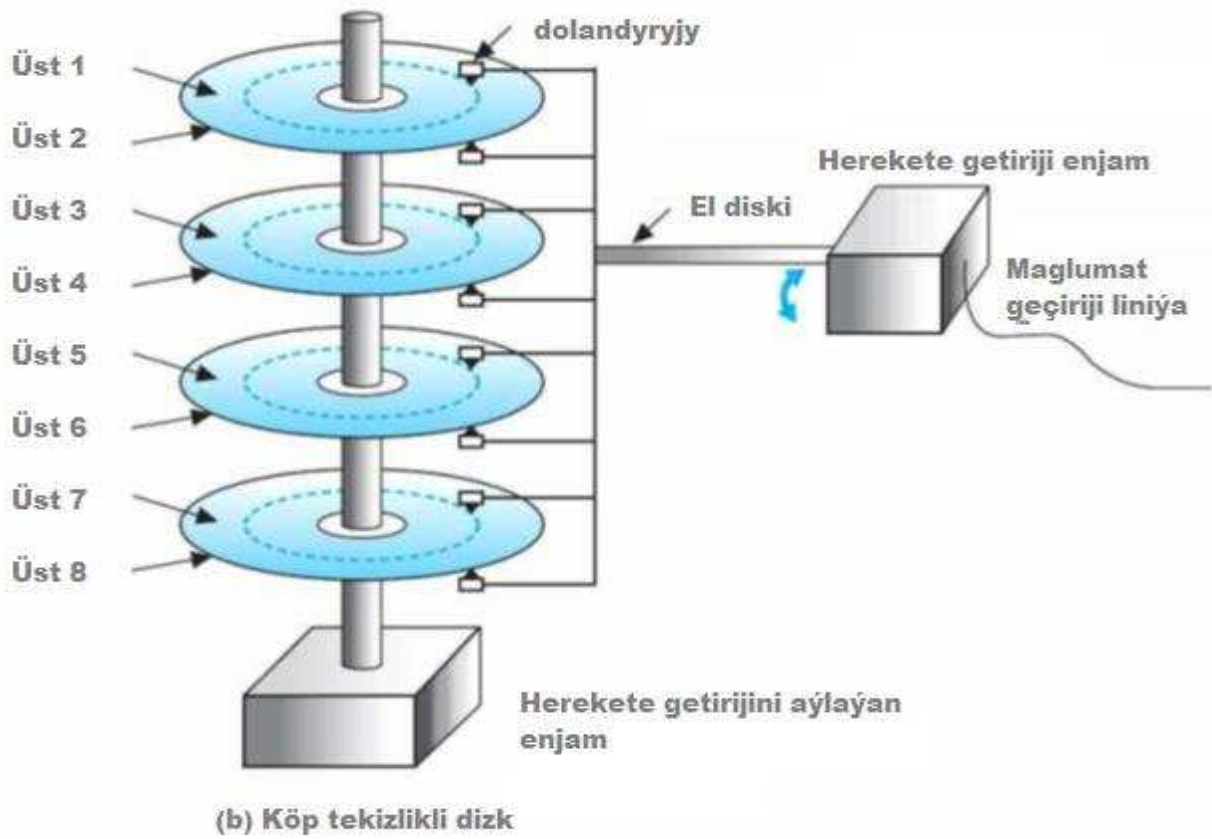
Diski, kellesi berkidilen disk kronşteýni, sürüjini, disk aýlamak üçin oky, maglumatlary geçirmek üçin elektron zynjyry öz içine alýan doly paket.

Diskleriň sany boýunça klassifikasiýa: iki taraply disk, bir taraply disk.

Silindr: Köp diskli draýwerdäki diskiň dürli ýüzlerinde ýerleşýän, ýöne şol bir radiusly we şol bir wagtyň özünde diskiň kronşteýnini üýtgetmän girip bolýan ýol toplумы.



[Köp tekizlikli diskiň içki gurluşy]



5.1.2 Diskiň giriş wagty

Diska girmek üçin işiň yzygiderliligi (okamak / ýazmak)

1. Kelläňizi bu ýola geçiriň
2. Islenýän sektoryň tersine bolýança garaşyň
3. Maglumat geçirmek

Diskiň giriş wagty

Diskiň giriş wagty = gözleg wagty + gaýdyp geliş wagty + maglumat geçiriş wagty

- Gözleg wagty: (1) üçin sarp edilen wagt
- Aýlanmagyň gijikdiriliş wagty: (2) üçin zerur wagt
- Maglumat geçiriş wagty: (3) wagt we disk gözegçisine sarp edilen wagt.

Aýlanmagyň gijikdiriliş wagty: diskiň aýlanma tizligi bilen kesgitlenýär.

[Mysal]

Haçan-da aýlanýan miliň tizligi = 7200 rpm (minutda aýlanyş) bolanda, bir tigiriň aýlanmagy üçin aýlanyş sekuntda 120 öwrülişik 1/120 sek (8.33 ms);

Aýlanmagyň gijikdiriliş wagty = 0 ~ 8.33 ms;

Ortaça aýlanmagyň gijikdirilmegi = 4.17 ms (1/2 aýlaw üçin aýlanyş wagty).

Diskiň aýlanyş tizligi: esasan 5400 rpm, 7200 rpm;

[Baglanyşyk]

Herekete getiriş tehnologiýasy 10,000 rpm ýa-da ondan ýokary tizlikde işlenip düzülen hem bolsa, ýokary ýylylyk berijilik derejani sowatmak kyn.

[Mysal]

Disk gözlemegiň ortaça wagty 7ms, geçiriş tizligi 600 MB/s, aýlanýan miliň tizligi 5400 rpm, gözegçilik edijiniň gijä galmagy bolsa 0,1ms diýeliň. Sektoryň ululygy 512 baýt bolsa, bir sektory okamak ýa-da ýazmak üçin ortaça giriş wagtyny (T_a) tapyň.

[düşündiriş]

Ortaça aýlaw gijikdiriliş wagty - $\{ 1 / (5400/60) \} \times 0,5$ öwrüm = 5.5 ms

$$T_a = 7\text{ms} + 5,5\text{ms} + (0,5\text{KByte} \div 600\text{MByte/s}) + 0,1\text{ms} \doteq 12,6\text{ms}$$

5.2 RAID (Arzan diskleriň artykmaç tertibi)

5.2.1 RAID-ıň döremeginiň şertleri

Birnäçe kiçi diskleri has uly sürüjini ulanmakdan has uly sürüjä birikdirip, bir uly göwrümlü disk massiwini döretmek üçin düzülip bilner.

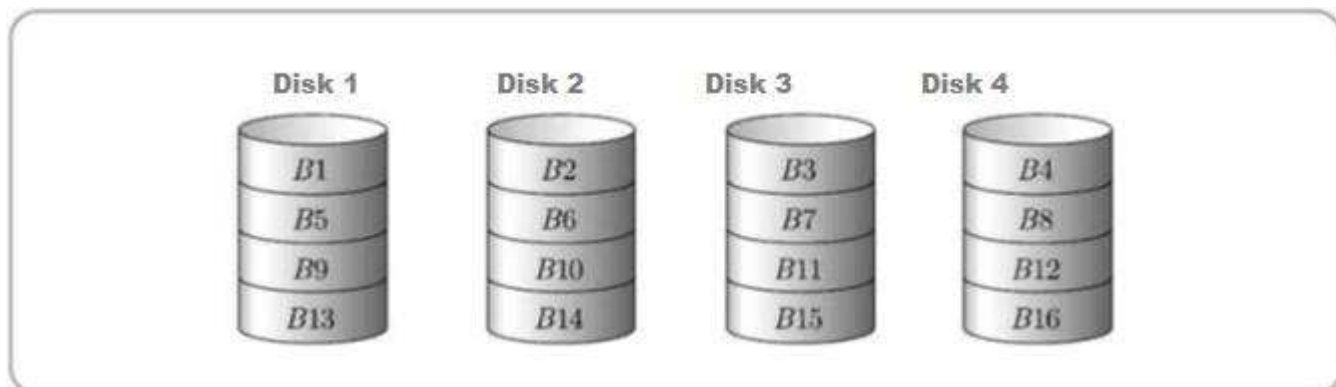
[Goşmaça peýdalar]

- Maglumat paýlanyş ammaryna parallel giriş mümkinçiligi (bir wagtyň özünde giriş).
- Paralel maglumat baglanyşygy maglumat geçiriş derejesini ýokarlandyrýar.

[diskleri çalyşmak (disk interleaving)]

- Birnäçe diskden ybarat disk massiwinde maglumat bloklaryny aýyrmagyň we saklamagyň usulyýeti

Deň görnüşde paýlanan ammar üçin dowamly yzygiderli usuly ulanyň.



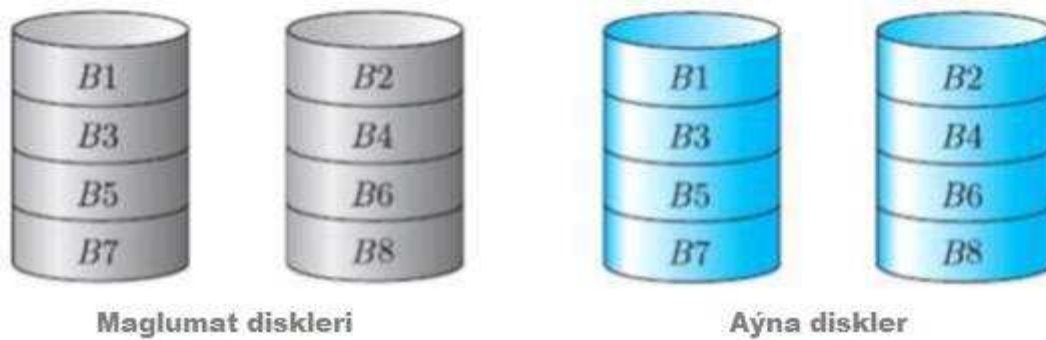
RAID teklibi

- RAID, disk massiwiniň ýalňyş çydamlylygyny ýokarlandyrmak üçin teklipe edilýär.
 - Esasy tehnologiýa: barlag disklerini ulanyp, ýalňyşlary ýüze çykarmak we dikeltmek funksiýasy goşuldy.
 - Disk näsazlygy ýüze çykan halatynda dikeldiş prosedurasy (aşakdaky amallaryň ählisi adaty ulgam işleýşi wagtynda ýerine ýetirilýär).
1. Ulgamy ulanmagy bes ediň we ulgam bilen arabaglanyşygy kesiş (disk ýerini azaldyň)
 2. Barlag diskinde saklanýan maglumatlary ulanyp, asyl maglumatlary dikeldiň
 3. Näsazlyklary düzedenden soň diski täzedden salyň
 4. Ulgamy täzedden düzmek (asyl diskiň kuwwatyny dikeltmek)

5.2.2 RAID görnüşleri

- **RAID-1**

Disk aýnasyny ulanmak: Maglumat diskinde saklanýan ähli maglumatlar, aýna interfeýs diskindäki şol bir ýere göçürilýär.



[Üstünlükleri]

Nädogry durnuklylygy üpjün edýär.

[Kemçilikleri]

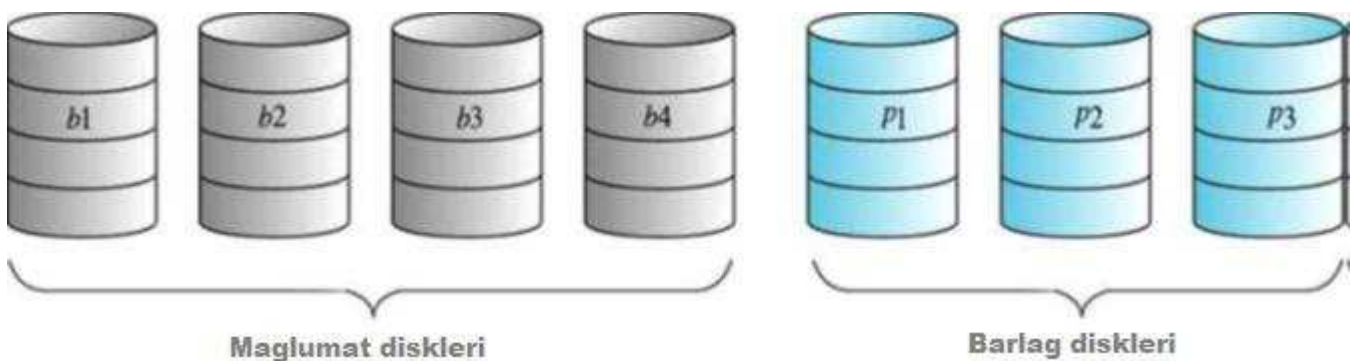
Ýokary baha

[Esasy programma]

Esasan ulgam programma üpjünçiligini ýa-da möhüm maglumat faýllaryny saklamak üçin ýokary ygtybarlylygy talap edýän näsazlyga çydamly ulgamlar üçin ulanylýar.

• RAID-2

- Bitli çalyşyjyny ulanmak: her diskde bitli maglumat saklamak
- Hamming koduny ulanyp, ýalňyşlary ýüze çykarmak we düzetmek



[Kemçilikleri]

Gerekli barlag diskleriniň sany köp we bahasy ýokary.

[Esasy maksat]

Ýalňyşlyga sezewar bolan gurşawda ulanylýar.

[Gerekli barlag diskleriniň sanyny almak üçin]

$$2C - 1 \geq G + C$$

G: maglumat diskleriniň sany

C: Gerekli barlag diskleriniň sany

[Mysal]

G = 8 bolanda: barlag diskleriniň sany (C) = 4, nakladnoý harçlamasy = 50%;

G = 16 bolanda: barlag diskleriniň sany (C) = 5, nakladnoý harçlamasy = 31%;

• RAID-3

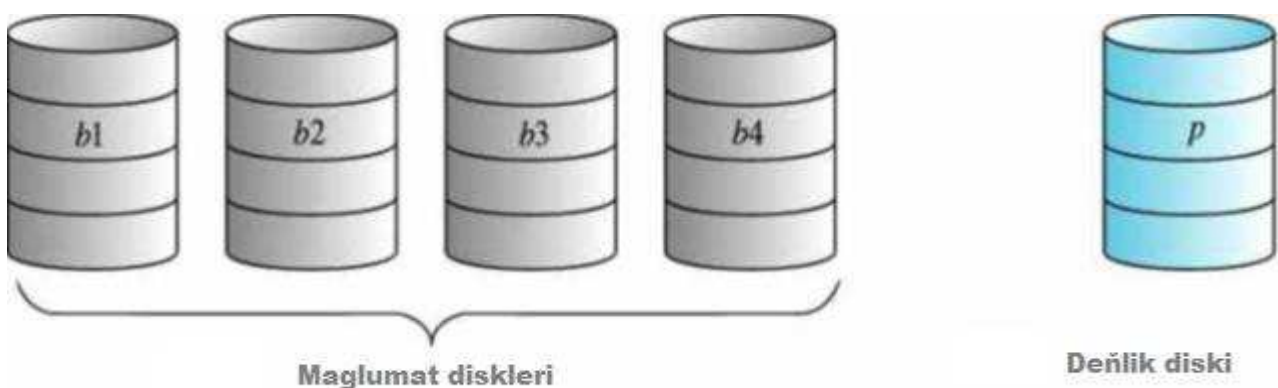
- Bilelikdäki ýalňyşlygy ýüze çykarmak we düzetmek usulyny ulanmak

Deňlik biti: $p = b1 \oplus b2 \oplus b3 \oplus b4$

Disk nädogry bolsa maglumatlary nädip dikeltmeli:

[Mysal]

Saklanylýan diskde ýalňyşlyk bar bolsa: $b2 = p \oplus b1 \oplus b3 \oplus b4$



[Üstünlükleri]

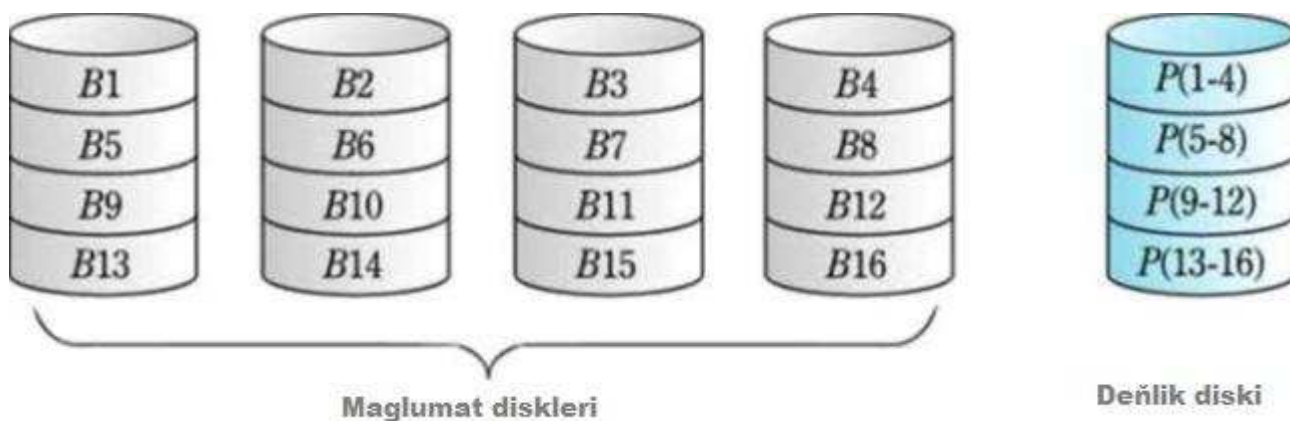
Paralel maglumatlary okamak / ýazmak, diskiň giriş tizligini ýokarlandyrmak;

[Kemçilikleri]

Her ýazuw amallarynda deňlik bitiniň täzelenmegi talap edilýär, gijikme ýüze çykýar;

• RAID-4

- Blokларыň arasynda çalyşmagy ulanyň.
- Maglumat diskleri bilen bir ýerde ýerleşýän bloklar üçin deňlik blogy deňlik diskinde saklanýar.



- Maglumat blokirmek prosesini ýazga almak (täzelemek).
- Blok täzelenende, B2 ikinji diskde B2-de ýazga alynýar.

Täze deňlik blogy $P' = B1 \oplus B2' \oplus B3 \oplus B4$

Diski üç gezek okamagy talap edýär (B1, B3 we B4 okaýar) we ikisi diske ýazmagy talap edýär (täze maglumatlary we deňligi ýazyň). Önümçiligiň peselmegi.

Disk girişleriniň sanyny nädip azaltmaly:

$$\begin{aligned}
 P' &= B1 \oplus B2' \oplus B3 \oplus B4 \oplus (B2 \oplus B2) \\
 &= (B1 \oplus B2 \oplus B3 \oplus B4) \oplus B2 \oplus B2' \\
 &= P \oplus B2 \oplus B2'
 \end{aligned}$$

Ýagny, diskleriň sanyna garamazdan, bir blogy täzelemek üçin diňe dört disk girişi talap edilýär.

Asyl maglumatlary okamak, asyl deňligi okamak (täze deňligi hasaplamak), täze maglumatlar ýazmak, täze deňlik ýazmak.

• RAID-5

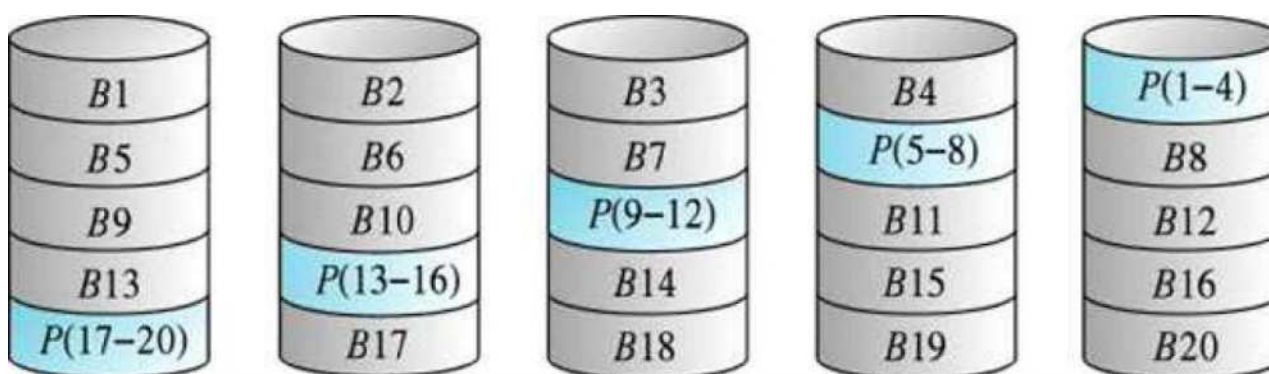
RAID-4 meselesini çözmek üçin deňlik bloklary tegelek görnüşde bölünýär we saklanýar;

[Üstünlikleri]

Deňlik diskdäki päsgelçilikleri aýyrylmagy;

Ýazmaklyk amallarynyň parallel ýerine ýetirilmegi;

Maglumat diskleriniň sany G bolanda, iň ýokary $(G + 1) / 2$ ýazmak amallary paralel ýerine ýetirilip bilner.



[Mesele]

Biraz ýazuw meselesi bar:

Diňe bir blogy täzeleýän "kiçi ýazgy" ýagdaýynda, dört diskini açmak zerurlygy sebäpli öndürijilik peselýär.

<Deňeşdirme>

Uly ýazylyan ýagdaýynda (diskleriň sanyndan has köp blokly faýlyň saklanmagy ýa-da täzelenmegi), deňlik blogy önünden hasaplanýar we täze maglumatlar we deňlik bloklary bir gezek ýazylyar.

[RAID-1 we RAID-5 deňeşdirme]

- RAID-1: ýokary okamak we kiçi ýazuw şertleri üçin amatly
- RAID-5: göwrüm we çykdaýy duýgur programmalar ýa-da ýazuw talap edýän gurşaw üçin amatly
- RAID-5 öndürijiliginden ýokary

5.3 Fleş ýady we SSD

- Esasy ýat bilen kömekçi ýadyň arasynda maglumatlary geçirmegiň zerurlygy
- Ulgam işe başlanda (ýüklemek) operasiýa ulgamy programmasyny esasy ýada ýüklemek.
- Bir programma ilkinji gezek işe girizilende, diskden esasy ýada ýüklenýär.
- Täze döredilen ýa-da üýtgedilen maglumatlar ikinji derejeli amarda hemişelik saklanyp bilner.
- Esasy ýatda ýeterlik boş ýer ýok bolsa, ýüklenen blok ikinji derejeli ammara çykarylýar, täze blok okalýar we çalşylýar.

Esasy ýat bilen kömekçi ýadyň arasyndaky arakesme tizligini ýokarlandyrmak

- Ikinji derejeli ammaryň gowulaşmalmagy hökmany

Mehaniki enjamlar bilen disk draýwerleriniň (diskowodlaryň) öndürijilik çäklendirmeleri;

[SSD-iň döremegi (Gaty görnüşli draýwer)]

we üýtgemeyän ýarymgeçiriji ýady (bir massiwde birden köp fleş ýady öz içine alýan paket) ulanmak;

Gowulandyrylan tizlik we ygtybarlylyk;

Aýry-aýry dolandyryş talap edilýär, sebäbi ýokary derejeli disk okamak/ýazmak ýerine ýetirijiligi bar;

Deňeşdirilen gymmat we pes hyzmat ömri (maglumat täzelenmeleriniň çäkli mukdary)

5.3.1 Fleş ýady

Fleş ýadyň döremegi = Üýtgäp durmaýan ýarymgeçiriji ýat enjamlarynyň işjeňleşmegi;

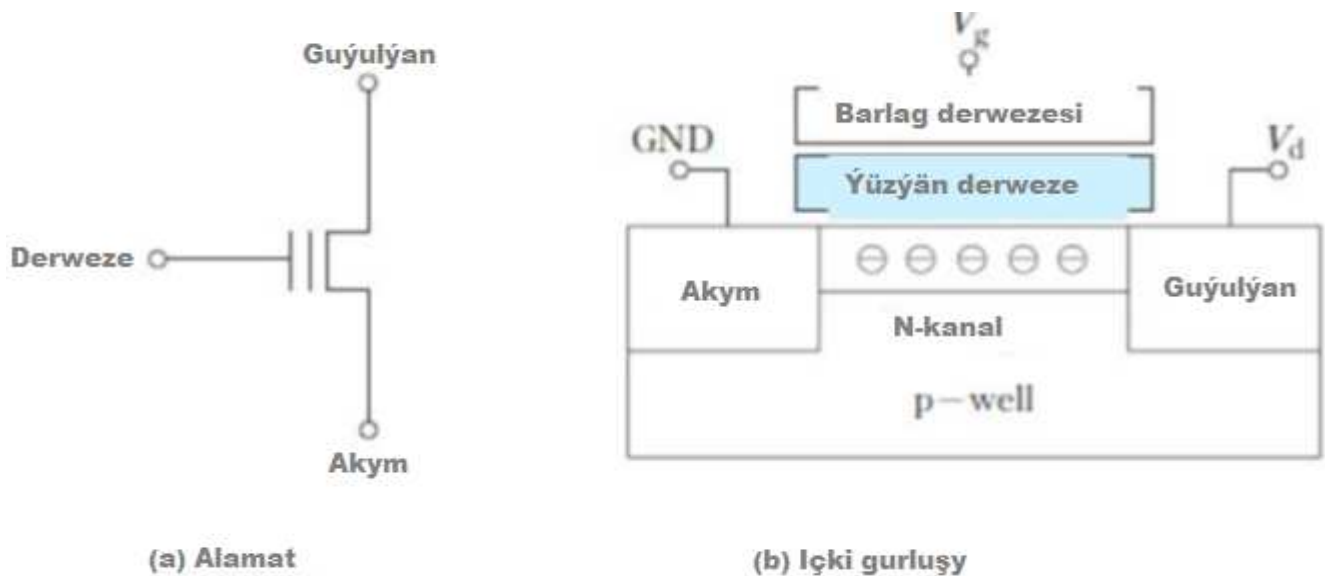
Ýokary derejede saklaýyş dykzlygy: bir bit saklamak üçin bir tranzistor;

[Deňeşdirmek]

EEPROM: doldurylan iki tranzistor ulanyp, has pes energiýa sarp etmek, has ygtybarlylyk, ýokary tizlik.

[Bu nähili işleýär]

- Bir ýat öýjügin (saklaýjy enjam) ornaşdyrmak: NMOS tranzistoryny ulanmak.
- Gurluş aýratynlyklary: iki klapan (biri umumy NMOS)
 - Dolandyryş derwezesi: umumy tranzistoryň geçidi bilen birmeňzeş.
 - Ýüzýän derwezesi: maglumat saklamakda möhüm rol oýnaýar.



Ýüzýän derwezesi: izolýator bolan oksid filmi (SiO_2) bilen gurşalan elektronlar aňsatlyk bilen girip ýa-da çykyp bilmeýärler. Ilki bilen boş ýagdaý = (saklaýyş ýagdaýy '1');

Programmirmek (ýazmak) amaly: dolandyryş klapanyňa ýokary naprýaženiýe (meselem + 12V) ulanylanda, N kanalyň elektronlary, elektrik meýdanynyň güýçli emele gelmegi sebäpli ýüzýän klapana girýär (tuneliň inýeksiýasy, tunneliň täsiri sebäpli ýüze çykýar). "0" ýazyň

'0' Saklama: $V_g = + 12\text{V}$ ulanylýar;

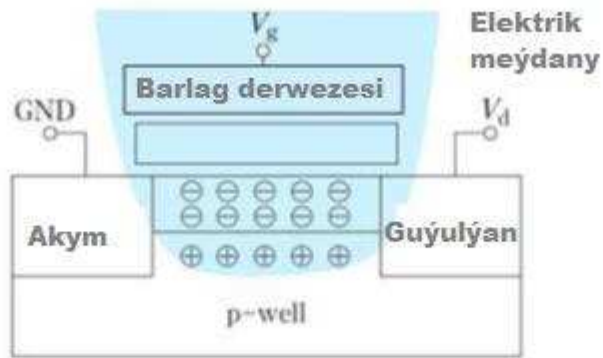
Dükan (magazin) '1': $V_g = 0$

Öçürmek amaly: p-oýunda ýokary woltly (V_p) ulanylanda, ýüzýän derwezede galan elektronlar N-kanalyňa girýär (tuneliň çykmagy hadysasy).

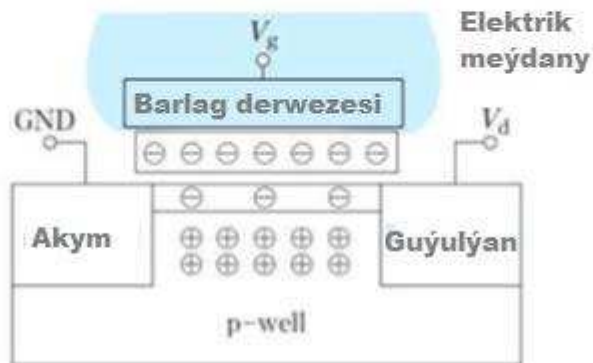
Öýjükde saklanýan baha asyl bahasyna ('1') üýtgedildi.

[Amaly okaň]

- Goşulan naprýaženiýesi ($V_d: 5\text{V}$) = N-kanaldan elektron akymy
- Derwezäniň naprýaženiýesi priloženiýasy ($V_g: 5\text{V}$) = Elektrik meýdany öndürmek



(a) Ýüzýän derwezesi boş ("1" saklanýar)



(b) Ýüzýän derwezesi doly ("0" saklanýar)

Saklanan maglumatlar = '1' (ýüzýän derwezesi boş) bolsa, N kanalyň giňelmegi;

Örän köp tok akymy we tranzistoryň "ON" ýagdaýy: "1" okalýar

Saklanan maglumat = '0' (ýüzýän derweze doly) bolanda, N kanaly goldaýar;

Örän pes tok akymy we tranzistoryň "OFF" ýagdaýy: "0" okalýar;

- Fleş ýadynda öýjükleriň massiwini guramak

[NOR fleş ýady]

Ýat öýjükleriniň toplumy NMOS tranzistorlarynyň parallel baglanyşyklaryndan ybarat:

Elektrik üpjünçiligi (V_{cc}) ähli tranzistorlaryň terminallaryna gönüden-göni bit liniýasy (BL) ýere birikmek (GND) arkaly ulanylýar.

= Herbir tranzistoryň özbaşdak utgaşdyrma amaly (öýjüğe giriş)

[NAND fleş ýady]

Ýat öýjükleriniň toplумы, NMOS tranzistorlarynyň yzygiderli baglanyşygyndan ybarat: tok üpjünçiligi (V_{cc}) diňe ilkinji tranzistoryň akymyna, çesme indiki tranzistoryň akymyna birikdirilýär.

→ Özbaşdak tranzistor utgaşdyрма işi ýapyldy (öýjüğe giriş ýapyldy)

5.3.2. SSD

Mehaniki gaty disk draýwerini (HDD) çalyşmak üçin taslanylan wagtlaýyn ýarymgeçiriji ýat enjamy.

Komponentler: ýokary saklaýyş dykyzlygyna eýe bolan NAND fleş ýady

Köp sanly fleş diskler yzygiderli ýerleşdirilýär

Üstünlikleri: ýokary ygtybarlylyk we ygtybarlylyk

Kemçilikleri: bahasy HDD-den birneme ýokary

[Fleş ýady çipi]

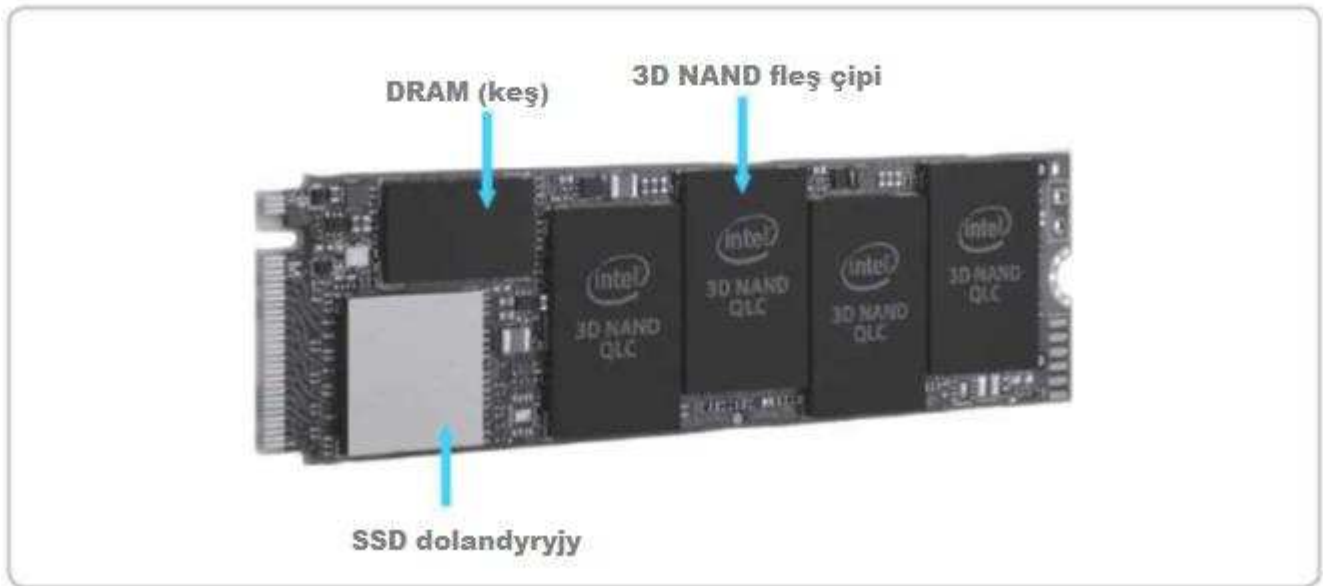
Platanyň öňki we yzky panellerinde dört sany 64 gatly QLC fleş birligi

Paýlanan maglumatlaryň paýlanyşy, paralel G/Ç konfigurasiýasy

Paralel maglumatlary geçirmek üçin bir wagtda giriş we goldaw

[SSD gözegçisi]

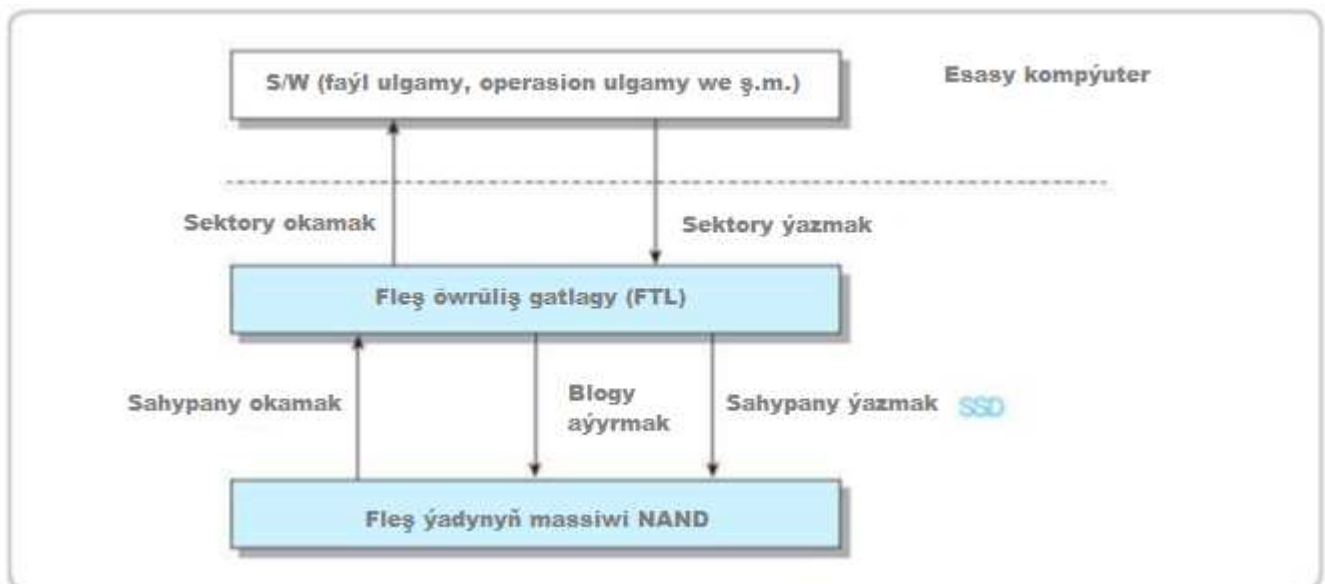
- Maglumatlary saklamak we gözlemek, çipleri dolandyrmak we salgy üýtgemesi ýaly esasy funksiýalary ýerine ýetirmek.
- Programma üpjünçiligi derejeli programmalar bilen prosessor hökmünde amala aşyrylýar
- DRAM: kompýuter bilen fleş ýadyň arasyndaky maglumat buferi
- Daşarky interfeýs: SATA, PCIe we ş.m. ulanyp yzygiderli geçiriş



- **FTL (Flaş üýtgetme gatlagy)**

Bar bolan faýl ulgamyny we operasiýa ulgamyny HDD bilen birmeňzeş SSD ulanmagy goldaýan orta programma üpjünçiligi.

[SSD gözegçilik ediji ýerine ýetirýär]



Sahypa salgylary bilen sektor salgylarynyň arasynda kartalaşdyrmakdan başga-da, FTL SSD öndürijiligini gowulandyrmak üçin aşakdaky funksiýalary ýerine ýetirýär:

1. Könelişmäni düzeltmek
2. Zibil ýygnamak
3. Çendenaşa üpjünçilik (artykmaç üpjünçilik)

- **Könelişmäni düzeltmek**

[zerurlyklary]

- Fleş ýadyň öýjükleriniň ömri (programma / pozmak sikliniň çäginini pozmak)
- MLC we TLC-de mesele has çynlakaý
- Öçürmek we ýazmak amallary belli bir bloklara ýa-da sahypalara gönükdirilende, SSD-iň bütin sikl ömri gysgalýar

[Çözüti: könelişmäni düzeltmek]

- Ähli sahypalaryň deň ulanylmagy üçin ammar ýerini sazlaň.
- Her sahypanyň ulanyan mukdaryny ýazga alyň we ýazuw işine serediň.
- Ilki bilen az ýazgyly sahypalary ulanyň.

- **Zibil ýygnamak**

[zerurlyklary]

- Öçürmek amaly diňe bir blokda mümkindir.
- Sahypany üýtgedeniňizde, täze mazmuny könelişme derejäniň ugruna laýyklykda başga bir ýerde ýazmaly we asyl sahypany pozmaly (sahypa bloguny pozup bilmeýärsiňiz)

[Çözüti]

- Redaktirlenen, ýöne pozulmadyk asyl sahypalar zibil hökmünde bellenyär.
- Zibil hökmünde bellenen köp sahypany birbada pozýar: Zibil ýygnamak (dogry sahypany barlamazdan ozal başga bir topara geçirilýär).

TRIM buýrugy

- SSD gözegçisine SSD-däki nädogry sahypalary habar berip, zibil ýygnamagyň netijeliligini ýokarlandyrmak arkaly SSD öndürijiligini ýokarlandyran kömekçi aýratynlyk.
 - Aýratyn hem öçürmeleriň sanyny hem azaldýar.
 - TRIM buýrugy
-
- **Çendenaşa üpjünçilik (artykmaç üpjünçilik)**

[zerurlyklary]

Könelişme derejesini ýokarlandyrmak üçin goşmaça ammar talap edilýär (üýtgedilen sahypalary we gereksiz sahypalary wagtlaýyn ätiýaçda saklamak üçin).

[Çözümleri]

SSD-niň içinde goşmaça ammar.

[Mysal]

Intel DC 3500 SSD: 120 GByte + 8 GByte (aşa kontrast giňişligi).

Samsung 840 seriýaly MZ-7TD250B SSD: 250 GBýt + 6 GBýt (aşa kontrast giňişligi).