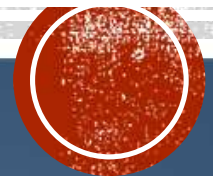


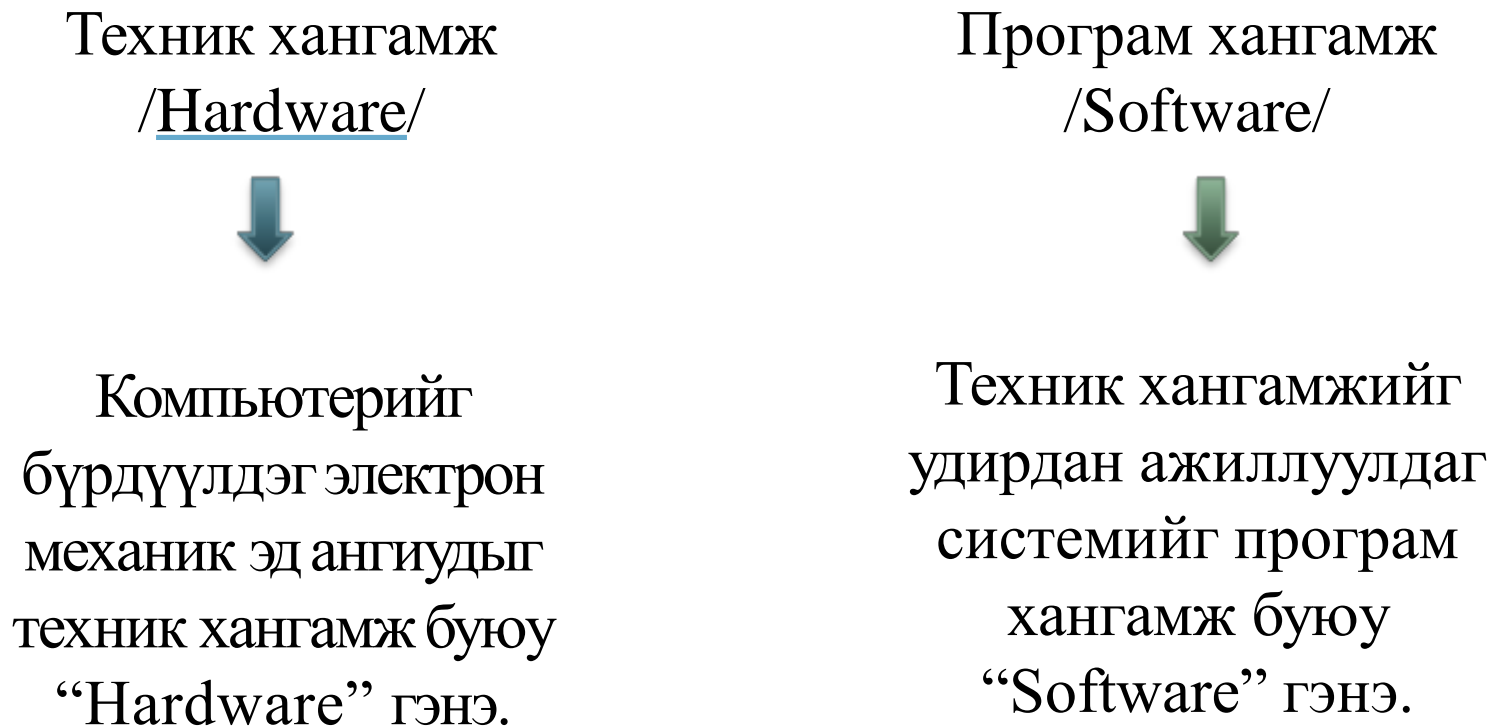
COURSE : FUNDAMENTALS OF COMPUTER SCIENCE

LECTURE 4: “COMPUTER ORGANIZATIONS, COMPUTER SUBSYSTEMS, ARCHITECTURE”

Instructor:
PhD, Associate Professor
Tuyatsetseg Badarch



Компьютерийн үндсэн бүтэц



Зураг 1. Ангилал

КОМПЬЮТЕРИЙН ТЕХНИК ХАНГАМЖ

Компьютерийн техник хангамж гэдэг нь бидний гарт баригдаж, нүдэнд харагдаж байгаа бодит биет тоног төхөөрөмжүүдийг хэлнэ. Эдгээр нь өөрийн гэсэн хүчин чадал, онцлог шинж чанартай бөгөөд тусгай гүйцэтгэх үүрэгтэй. Техник хангамжийг судлахад амархан болгох үүднээс янз бүрээр ангилдаг. Бид дараах байдлаар ангилан үзье.

Оролтын төхөөрөмж (удирдлагын хэсэг) /input/

Гаралтын төхөөрөмж (мэдээлэх хэсэг) /output/

Төв процессор буюу боловсруулах хэсэг /processing/

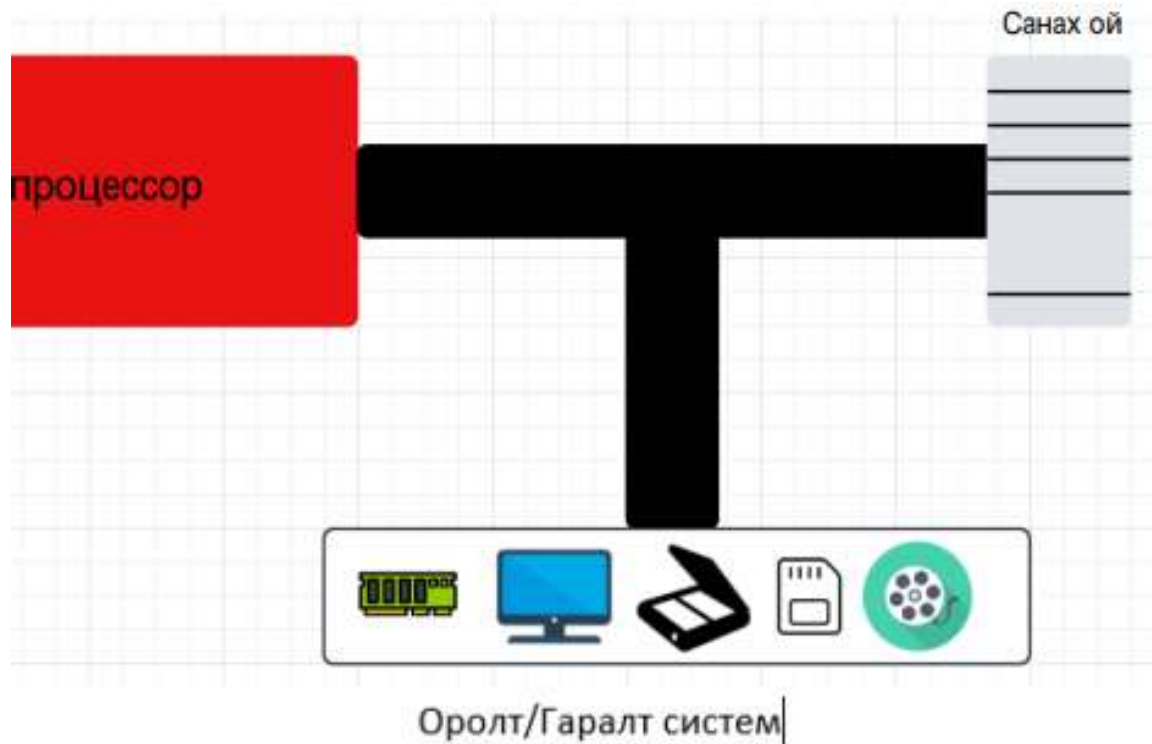
Хадгалах байгууламж /storage/

Холболтын төхөөрөмж /communications/

КОМПЬЮТЕРИЙН ТЕХНИК ХАНГАМЖ

Бид компьютерийг бүрдүүлдэг хэсгүүдийг гурван дэд системд хувааж болно:

- ❖ төв процессор(CPU),
- ❖ үндсэн санах ой (Memory)
- ❖ оролт/гаралтын дэд систем (Input and output subsystem)



Зураг 2. Дэд системүүд

Компьютерийн техник хангамж (дэд системүүд)

Төв процессор - central processing unit (CPU) нь өгөгдлийн үйлдлүүдийг гүйцэтгэдэг.

CPU нь арифметик логик нэгж (ALU), хяналтын хэсэг (Control Unit) ба хурдан хадгалах байрлалын региструудээс бүрдэнэ.



Зураг 3. Дэд системийн бүрэлдэхүүн

Компьютерийн микропроцессор

Микропроцессор – CPU (Central Processing Unit) Тодорхой үр дүнд хүрэхийн тулд биелүүлэх үйлдлүүдийн дараалалыг программ гэнэ. Тэгвэл программын үйлдлүүдийг алхам бүрээр нь биелүүлдэг компьютерийн хэсгийг микропроцессор гэнэ. Өөрөөр хэлбэл компьютерийн үйлдэл, боловсруулалт хийдэг хэсэг нь юм.

Төв процессор - central processing unit (CPU) нь өгөгдөл дээрх үйлдлүүдийг гүйцэтгэдэг.

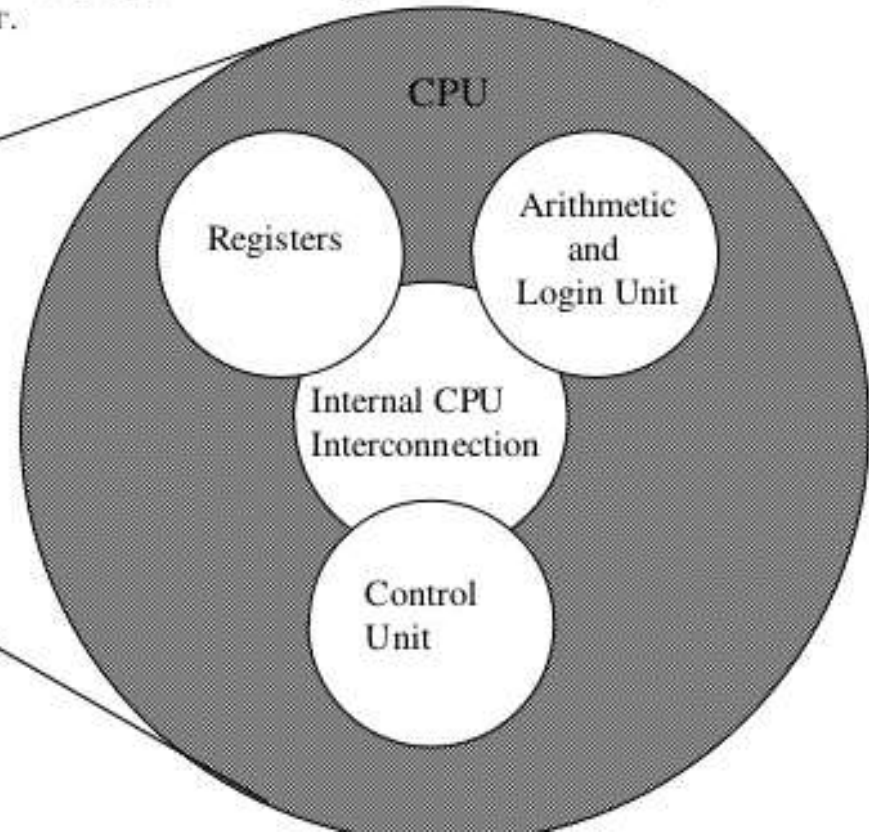
CPU нь арифметик логик нэгж (ALU), хяналтын хэсэг (Control Unit) ба хурдан хадгалах байрлалын региструудээс бүрдэнэ.

Компьютерийн техник хангамж (дэд системүүд)

Микропроцессор архитектур

Микропроцессор нь хоорондоо холбоо бүхий арифметик-логик байгууламж (ALU), регистрийн байгууламж (Register unit), удирдлагын байгууламж (Control unit) гэсэн функционал гурван хэсгээс тогтдог.

Микропроцессор – CPU (Central Processing Unit) Тодорхой үр дүнд хүрэхийн тулд биелүүлэх үйлдлүүдийн дараалалыг программ гэнэ. Тэгвэл программын үйлдлүүдийг алхам бүрээр нь биелүүлдэг компьютерийн хэсгийг микропроцессор гэнэ. Өөрөөр хэлбэл компьютерийн үйлдэл, боловсруулалт хийдэг хэсэг нь юм.



Зураг 4. Микропроцессор

Компьютерийн техник хангамж (дэд системүүд)

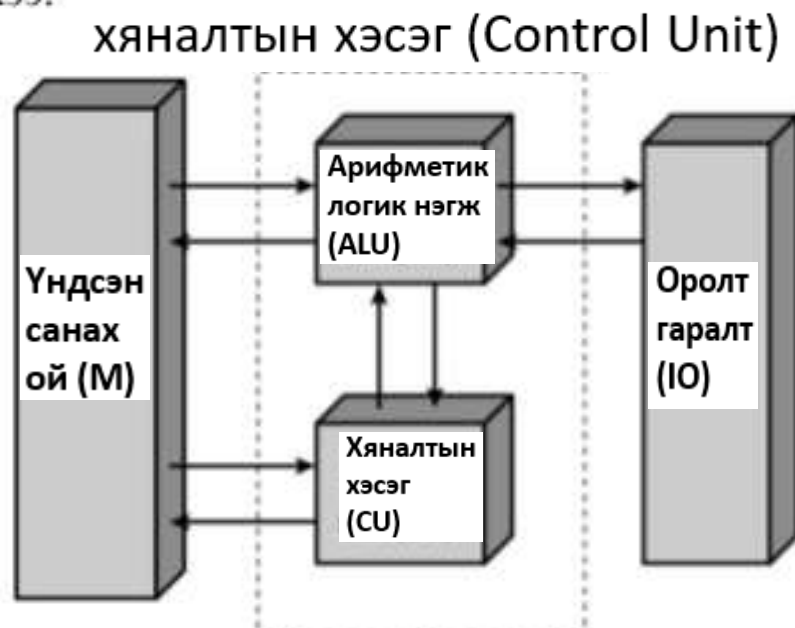
А.Удирдлагын байгууламж

- Удирдлагын байгууламж нь микропроцессорын хийх үйлдлийг хянан удирдаж, үйлдлийг гүйцэтгэх заавруудын дэс дарааг тогтоож өгдөг.
- Удирдлагын схем нь хугацааны (clock) оролтуудыг ашиглан алив үйлдлийн дарааллыг зохицуулж байдаг байна.
- Удирдах байгууламжийн гол функцүүдийг дурдвал:
 - Үндсэн ойгоос програмын дагуу ээлжит машин зааврыг гаргаж авчрах
 - Үндсэн ойгоос авчирсан машин зааврыг код тайлагч (instruction decoder) ашиглан тайлж уншина.
 - Процесорын дотоод, гадаад бүх хэсэг рүү тухайн үйлдлийг хийхэд шаардагдах дохиог, тухайлбал тасалдалтын болон хүсэлтийн хүлээлгийн (interrupt & wait request) г.м гадаад дохиог хуваарилан илгээдэг.

Компьютерийн техник хангамж (дэд системүүд)

А. Удирдлагын байгууламж

- Нэг нэгээр заавруудыг програмын дагуу гүйцэтгэсэн компьютерийн системийг дараалалт (дэс дараалласан) удирдлагын систем (sequential control system) хэмээн нэрлэдэг.
- Энэхүү дараалалт удирдлагын системийн дизайн болон програмын системийн ойг нь Жон Фон Нейман (John von Neumann)-ий санаа нь дээр үндэслэн бүтээжээ.



Зураг 5. Удирдлагын хэсэг

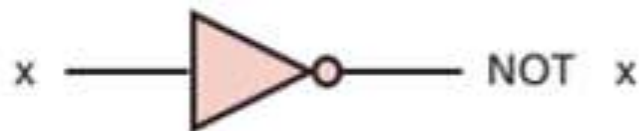
Neumann машин

Компьютерийн техник хангамж (дэд системүүд)

Б. Арифметик-логик байгууламж

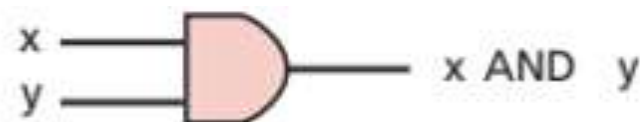
Арифметик-логик байгууламж нь арифметик, логик, харьцуулах, салаалах үйлдлийн дагуу өгөгдөл дээр ажиллах хийгдэх бүх л үйлдлийг хийдэг хэсэг юм.

- Бүх микропроцессор ALU буюу арифметик-логик байгууламжтай бөгөөд энэ нь хоёртын региструуд ашиглан арифметик, логик, харьцуулах, салаалах үйлдлүүдийг өгөгдөл дээр хийдэг хэсэг ба нэмэгчийн схемийг өөртөө агуулсан байдаг.



NOT

x	NOT x
0	1
1	0



AND

x	y	x AND y
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Зураг 6. Логик хэлхээнээс

Компьютерийн техник хангамж (дэд системүүд)

Регистр

Микропроцессор дотор байрших өгөгдөл болон бодолтын үр дүнг түр хугацаанд хадгалахад зориулагдсан ойн байгууламжийг регистр гэнэ.

- Регистр нь
 - машин зааврын регистр (instruction register),
 - хаягийн регистр (address register),
 - тоолуурын регистр (counter register),
 - програмын тоолуур (program counter),
 - аккумулятор (accumulator),
 - индекс регистр (index register),
 - суурь хаягийн регистр (base address register),
 - програмын төлөвийн үг (program status word),
 - төлөвийн регистр (flag register) г. м. олон төрлийнх байна.

Компьютерийн техник хангамж (дэд системүүд)

Програмын үйл ажиллагааг хөнгөвчлөхийн тулд CPU-д олон тооны региструуд шаардлагатай.

1. Өгөгдлийн регистр
(Data Register - DR)
2. Зааварчилгааны регистр
(Instructional Register - IR)
3. Програмын тоолуур
(programming Register - PR)



Зураг 6. Регистр

Компьютерийн техник хангамж (дэд системүүд)

Регистр

■ Микропроцессор дотор байрших өгөгдөл болон бодолтын үр дүнг түр хугацаанд хадгалахад зориулагдсан ойн байгууламжийг регистр гэнэ.

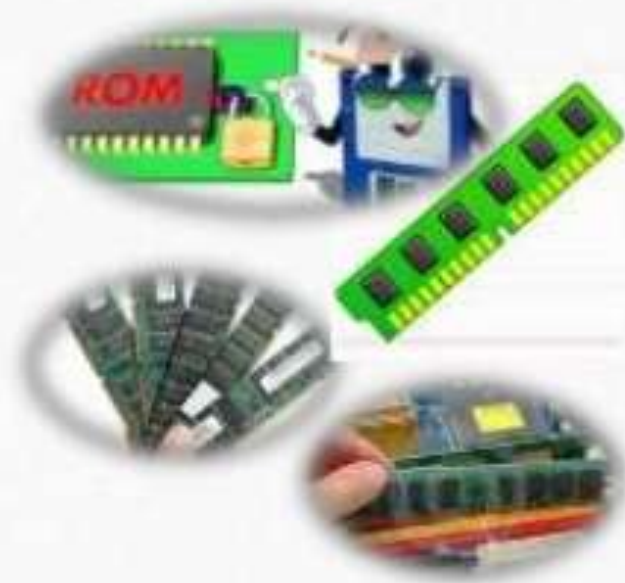
■ Регистр нь

- машин зааврын регистр (instruction register),
- хаягийн регистр (address register),
- тоолуурын регистр (counter register),
- програмын тоолуур (program counter),
- аккумулятор (accumulator),
- индекс регистр (index register),
- суурь хаягийн регистр (base address register),
- програмын төлөвийн үг (program status word),
- төлөвийн регистр (flag register) г. м. олон төрлийнх байна.

Компьютерийн техник хангамж (дэд системүүд)

1. САНАХ ОЙ /Memory/

Санах ой нь компьютерийн микропроцессорт өгөгдлийг богино хугацаанд хүргэх, командыг түргэн гүйцэтгэх үүрэг бүхий микросхем юм. Энэ нь компьютерийн хурд хүчин чадлыг тодорхойлох бас нэгэн чухал үзүүлэлт болдог. Компьютерийг асаахад үйлдлийн системийг санах ойд ачаалладаг.

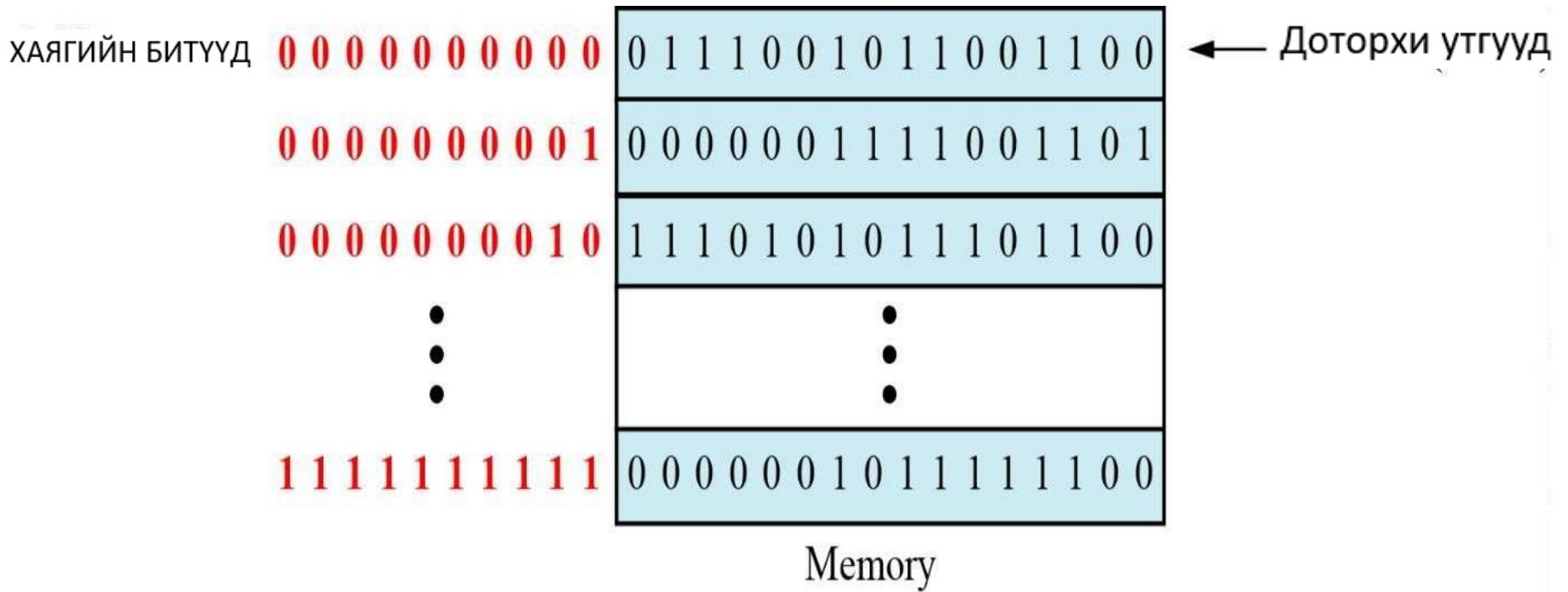


Компьютерийн техник хангамж (дэд системүүд)
Үндсэн санах ой нь компьютерийн хоёр дахь үндсэн дэд систем юм. (Зураг 5.3).

Санах ой нь **хаяг (address)** гэж нэрлэх давтагдашгүй дугаар бүхий хадгалах байршлуудаас бүрдэнэ. Өгөгдлийг санах ой руу, мөн санах ойгоос бүлэг болгон дамжуулдаг ба эдгээр битүүдийг **үгс (words)** гэнэ.

Хэрэв энэ үг 8 бит бол түүнийг нэг байт (**byte**) гэж нэрлэдэг. “Байт” ойлголт компьютерийн ШУ-нд түгээмэл хэрэглэгддэг тул заримдаа 16-bit үгийг 2-byte үг, эсвэл 32-bit үгийн 4-byte үг гэж нэрлэдэг.

Компьютерийн техник хангамж (дэд системүүд)



Зураг 7. Үндсэн санах ой

Хаягийн орон зай (Address space)

Санах ойд байгаа үгэнд нэвтрэхийн тулд таних тэмдэг (**identifier**) шаардлагатай болно.

Хэдийгээр програмистууд нэр (хувьсагч) ашиглан үг (эсвэл үгсийн цуглуулга) тодорхойлдог ч компьютерийн техник хангамжийн түвшинд үг тус бүрийг **хаяг**аар нь тодорхойлдог.

Санах ойд байгаа дахин давтагдашгүй тодорхойлогдох байршлын нийт тоог **хаягийн орон зай** гэж нэрлэдэг (**хувьсагчийн нэр vs. хаяг**)

ХАЯГИЙН БИТУУД 0000000000 0111001011001100 ← Доторхи утгууд

Зураг 5.3 р 94. Үндсэн санах ой

Жишээлбэл, 64 килобайт санах ой ба 1 байт хэмжээтэй үгийн хаягийн орон зай нь 0-65,535 хооронд хэлбэлздэг.

Компьютерийн техник хангамж (дэд системүүд)

Санах ойн нэгжүүд

Нэгж	Хэмжээ (Байтаар)	Ойролцоо утга
Килобайт	2^{10} (1024) bytes	10^3 bytes
Мегабайт	2^{20} (1,048,576) bytes	10^6 bytes
Гигабайт	2^{30} (1,073,741,824) bytes	10^9 bytes
Терабайт	2^{40} bytes	10^{12} bytes

Санах ойн хаягийг тэмдэггүй хоёртын тоогоор тодорхойлдог.

Компьютерийн техник хангамж (дэд системүүд)

Дасгал 5.1. р 95.

Компьютер нь 32 МВ (мегабайт) санах ойтой. Санах ойд байт бүрийг хаяглахад хэдэн бит шаардлагатай вэ?

Шийдэл.

Санах ойн хаягийн зай 32 МВ буюу 2^{25} ($2^5 \times 2^{20}$) байна. байт тус бүрд хандахын тулд бидэнд $\log_2 2^{25}$, буюу **25 bits** хэрэгтэй гэсэн үг юм.

Компьютерийн техник хангамж (дэд системүүд)

Дасгал 5.2. р 95.

Компьютер нь 128 МВ санах ойтой. Энэ компьютер дээрх үг бүр найман байт байна. Санах ойд үг бүрийг хаяглахад хэдэн бит шаардлагатай вэ?

Шийдэл

Санах ойн хаягийн зай нь 128 МВ бөгөөд энэ нь 2^{27} гэсэн үг юм. Үг бүр нь найман (2^3) байт бөгөөд бидэнд 2^{24} үг байна гэсэн үг. Иймд $\log_2 2^{24}$, буюу **24 bits** хэрэгтэй гэсэн үг юм.

Санах ойн төрлүүд

Санах ойн хоёр үндсэн төрөл байдаг: RAM ба ROM.

Дотоод санах ой

Зөвхөн Уншдаг Санах ой буюу Read-Only Memory (ROM), Дурын Хандалттай Санах ой буюу Random Access Memory (RAM) гэсэн төрлүүдтэй.

Шуурхай санах ой (Random Access memory - RAM)

Static RAM (SRAM)

Dynamic RAM (DRAM)

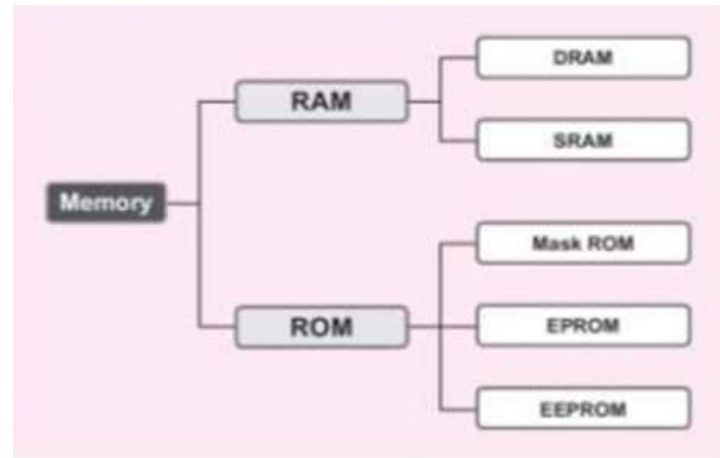
Тогтмол санах ой (ROM) Read only memory

ROM-нэг төрөл: Programmable read-only memory (PROM).

PROM-нэг төрөл: Erasable programmable read-only memory (EPROM).

EPROM-нэг төрөл: Electrically erasable programmable read-only memory (EEPROM).

Санах ойн төрлүүд



Зураг 8. Санах ойн төрлүүд

Төрөл	Шинж чанар
Mask ROM	Өгөгдөл нь үйлдвэрлэлийн үе шатанд бичигддэг бөгөөд нэг л удаа бичигддэг.
EPROM	Өгөгдөл дахин бичиж болно. Өгөгдлийг хэт ягаан туяаны гэрлийг ашиглан арилгаж болно.
EEPROM	EPROM-ийн өгөгдлийг цахилгаанаар арилгаж болно. Дижитал камер, IC картанд ашиглаж байгаа EPROM-ийн нийтлэг хэлбэр нь Flash санах ой юм.

Санах ойн шатлал

Гадаад санах ой

Гадаад санах ой нь хагас дамжуулагчтай (флаш диск), соронзон (хатуу диск), гэрлэн (CD, DVD, Blu-Ray г.м.) болон цаасан гэсэн төрлүүдтэй байдаг. Эдгээрээс хатуу диск, CD уншигч нь орчин үеийн ихэнх компьютеруудад стандарт байдаг. Мэдээллийг хэвлэн гаргахад цаасан дээр буун сануулагдаж байна гэсэн үг.

- **ROM /Read Only Memory/**

Тогтмол санах ой руу өгөгдлийг бичих боломжгүй зөвхөн уншдаг бөгөөд компьютерийг асаахад ажиллуулдаг boot програмыг хадгалдаг. Түүний RAM-аас ялгагдах гол онцлог нь компьютерийг унтраасан байхад ч өөр дээрх мэдээллээ алдалгүй хадгалсаар байдагт оршино. Учир нь тогтмол санах ойг компьютер дотор байрлах 3.5V-ийн зай тэжээж байдаг.

- **RAM /Random Access Memory/**

Компьютер ажиллаж байх үед мэдээллийг хаана хадгалах эсвэл хааш нь шилжүүлэх зэргийг RAM буюу шуурхай санах ой зохицуулж байдаг. RAM нь процессороос өгсөн командын дагуу өгөгдлийг асар хурдан хугацаанд уян болон хатуу диск рүү бичих эсвэл CDROM-с уншдаг. Гэхдээ эдгээр уншсан мэдээлэл нь зөвхөн компьютерийг асаалттай байх хугацаанд л хадгалагдаж байх ба унтраасан тохиолдолд мэдээллээ бүрэн алддаг байна. Харин дахин асаахад үйлдлийн систем болоод зарим хэрэгцээт файл болон командуудыг хатуу дискнээсээ дахин ачаалладаг.

Гадаад санах ой

Гадаад санах ой нь хагас дамжуулагчтай (флаш диск), соронзон (хатуу диск), гэрлэн (CD, DVD, Blu-Ray г.м.) болон цаасан гэсэн төрлүүдтэй байдаг. Эдгээрээс хатуу диск, CD уншигч нь орчин үеийн ихэнх компьютеруудад стандарт байдаг. Мэдээллийг хэвлэн гаргахад цаасан дээр буун сануулагдаж байна гэсэн үг.

Санах ойн системийн дизайн

Компьютерийн хэрэглэгчдэд хурдан бөгөөд хямд өртөгтэй байхаар их хэмжээтэй санах ойны хэрэгцээ шаардлага үүсдэг.

Энэ эрэлтийг хангах нь үргэлж боломжтой байдаггүй - хурдан санах ой нь ихэвчлэн хямд байдаггүй.

Иймд харилцан буулт хийх шаардлагатай бөгөөд үүний шийдэл нь санах ойн **шаталсан** түвшин юм.



1.2 Санах ойн хэрэглээ / Memory applications/

Санах ойн хэрэглээг дараах байдлаар ангилна.

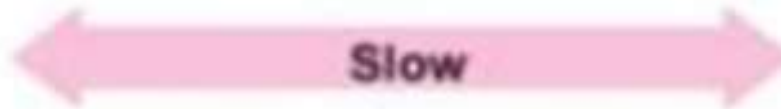
Төрөл	Шинж чанар
Main memory	Програм болон CPU-ны боловсруулах өгөгдлийг хадгалдаг санах ой юм. DRAM-ыг энэ зориулалтаар ашиглаж байна.
Cache Memory	Санах ой нь CPU болон үндсэн санах ойг хандалтын хурдны ялгааг багасгаж компьютерийг хурдасгахын тулд ашигладаг. Ихэнхи компьютерууд кэш санах ойгоор тоноглогдсон байх ба тэд CPU-ны ойролцоо суурилсан "анхдагч кэш санах ой" болон "хоёрдогч кэш санах ой" гэж нэрлэдэг. SRAM энэ зориулалтаар ашиглаж байна.
VRAM	VRAM (Video RAM) дэлгэцийн адаптерт ашигладаг санах ой юм. График зурган мэдээлэл дэлгэцэнд дамжихын тулд эхлээд үндсэн RAM-наас процессорт уншигдаад дараа нь видео RAM-д бичигдэнэ. Эндээсээ дэлгэцэнд мэдээлэл болон гарахдаа түүний тоон хэлбэрийн сигнал аналог хэлбэрт өөрөөр хэлбэл, дэлгэцний электрон цацрагт хоолой бүхий төхөөрөмжийн хүлээж авах сигналын хэлбэрт шилждэг байна.
Virtual memory	Өнөөгийн өндөр хүчин чадалтай компьютерт бага зардлаар их хэмжээний санах ой гаргахын тулд хийсвэр ойг ашигладаг. Хийсвэр ой нь үндсэн санах ой буюу RAM бөгөөд тухайн компьютерийн физик багтаамжийг ихэсгэх нэг арга юм. Ингэхийн тулд үндсэн санах ой буюу RAM дээрээ хатуу диск болох HARD дискний зарим хэсгийг RAM хэлбэрээр ажиллуулж гарган авдаг.

Санах ойн системийн дизайн

CPU (хурдан), үндсэн санах ойн (удаан) боловсруулах хурдууд ялгаатай учраас "кэш санах ой" нь боловсруулах хурдны хоорондох орон зайд ханддаг. Өндөр хурдтай кэш санах ой өмнө нь хандсан өгөгдлийг хадгалахад ашиглагддаг. Харин үндсэн санах ой тухай бүр хандах, ижил өгөгдлийг дараагийн кэш санах ой үүнийг уншиж ханддаг.

Илүү хурдан дамжуулах нь үндсэн санах ойд хандах давтамжийг бууруулдаг.

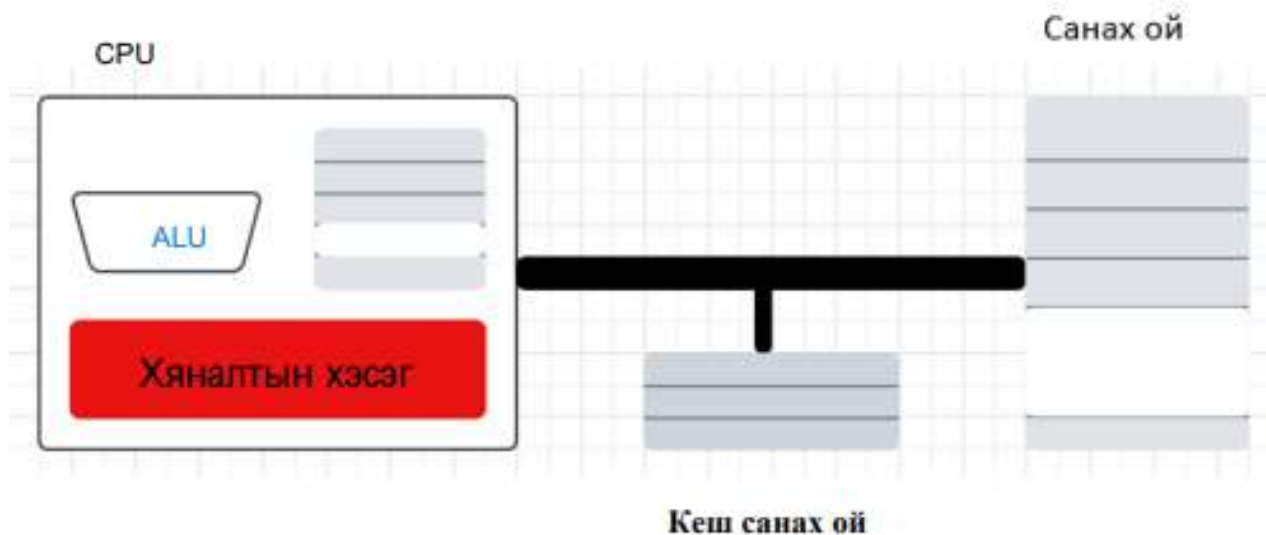
Кэш санах ой байхгүй бол, CPU болон үндсэн санах ойн хооронд тогтмол өгөгдөл солилцоход CPU-д хүлээх цаг хугацаа гаргаж, боловсруулах үр ашгийг бууруулдаг.



Зураг 10. Санах ойн дизайны онцлог

Кэш санах ой

Кэш санах ой нь үндсэн санах ойгоос хурдан боловч CPU ба түүний региструудтэй харьцуулахад удаан байдаг. Ихэвчлэн жижиг хэмжээтэй кэш санах ойг CPU болон үндсэн санах ойн хооронд байрлуулдаг (Зураг 5.5).



Зураг 11. Дэд системүүд

Санах ойн системийн дизайн



Зураг 12. Кэйш санах ой

Санах ойн системийн дизайн

1.3 Үндсэн санах ойн төрөл

Үндсэн санах ойн төрөл компьютерийн төрлөөс хамаарна. Үндсэн санах ойг өргөтгөх үед компьютерт нь үндсэн санах ойн төрлийг зөв нэмэх шаардлагатай.

Төрөл	Тайлбар
SIMM	Ихэвчлэн хос хосоороо, ширээний компьютер дээр хэрэглэгддэг. Сүүлийн үед хэрэглээ буурч байна.
DIMM	Зөөврийн компьютеруудад хэрэглэнэ. Сүүлийн үед ширээний компьютерууд дэх санах ой болгон ашиглаж байна.

SIMM



DIMM



Зураг 8

Зураг 13. Үндсэн санах ой

Гадаад санах ой

2.1 Соронзон диск /Magnetic disc/

"Соронзон диск" нь өгөгдлийг унших, бичихдээ соронзон орныг ашигладаг хадгалах хэрэгслийн нэгэн төрөл юм.

Хадгалах төхөөрөмж	Хадгалах хэрэгсэл	Тайлбар	Хэмжээ
FDD (Floppy Disk Drive)	Floppy disk	Уян хадгалах хэрэгсэл өгөгдлийг уншиж бичдэг, нимгэн, соронзоор бүрсэн хуванцараас бүрддэг.	720KB 1.44MB
HDD (Hard Disk Drive)	Hard disk	Олон шаттай соронзон хучилттай металл дискнээс бүрдсэн хадгалах хэрэгсэл нь өгөгдлийг уншиж бичдэг ба компьютеруудын ашигладаг стандарт хадгалах хэрэгсэл болсон.	32GB-4TB
SSD (Solid State Drive)	Solid Drive	Өгөгдлийг хадгалахдаа чипэнд суурилсан санах ойн технологийг ашигладаг.	32GB-512GB

2. Хадгалах хэрэгсэл /Storage media/

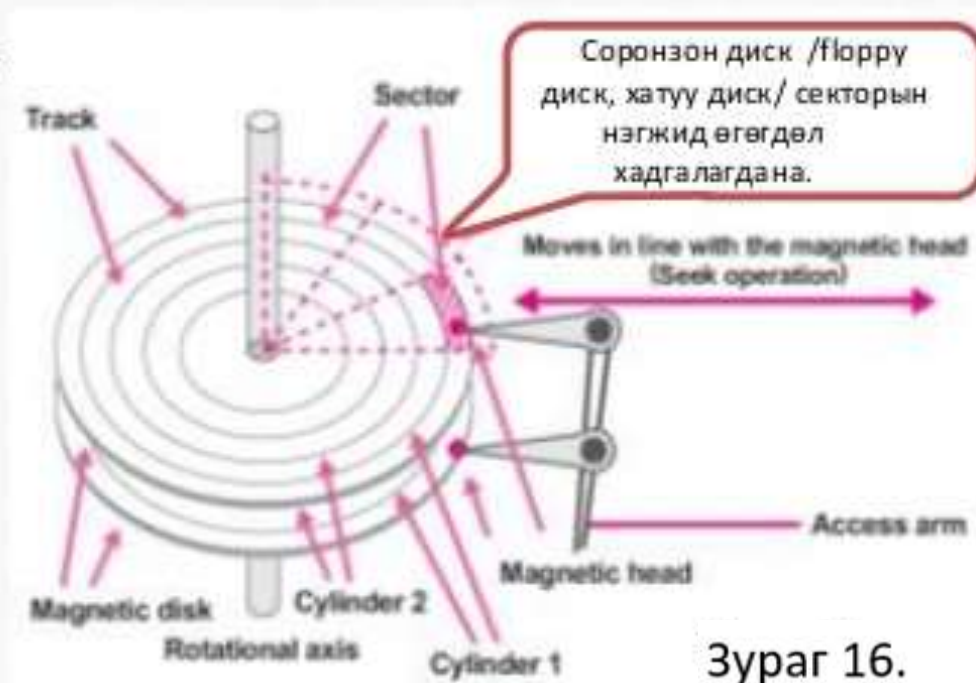
- "Хадгалах хэрэгсэл" нь өгөгдөл, файл хадгалах төхөөрөмж ба түүнийг "туслах хадгалалтын төхөөрөмжүүд" гэж нэрлэдэг.
- Цахилгаан унтарсаны дараа хадгалах хэрэгсэл дээр хадгалагдсан өгөгдөл, хуримтлагдсан байна, энэ нь өгөгдөл эргэн авч, түүнийг түгээх боломжтой болгодог.
- Хадгалах хэрэгсэл нь хадгалах багтаамж их байж, өгөгдөл, програмыг хадгалж ашиглах боломжтой болно.



Гадаад санах ой

- **Соронзон дискний бүтэц**

Соронзон диск ашиглахын тулд, эхлээд форматлах(эхлүүлэх)" диск ашигласан байх шаардлагатай юм. Өгөгдлийг хадгалах боломжтой болгож "зам" болон "сектор" зохион байгуулж дискээр форматлана.



Зураг 16.

Соронзон дискний бүтэц

Гадаад санах ой

• Соронзон дискний багтаамжийг тооцоолох

- Соронзон дискний хадгалах хүчин чадал, өгөгдлийг бичиж шаардлагатай секторуудын тоог тооцоход дараах томъёог ашиглана.
- Хадгалах багтаамжийг тооцоолох

Секторын хадгалах багтаамж \times замын сектор \times гадаргуугийн зам \times хадгалах гадаргуун хадгалах багтаамж

- Томъёонд дараах онцлог бүхий уян диск форматлагдсан бол, хадгалах багтаамж нь хэдэн MB байна вэ?
- **Талбайд ноогдох замуудын тоо : 80**
- **Зам бүрийн сеторын дугаар : 18**
- **Секторын урт(bytes) : 512**
- **Хадгалах талбай: 2 талдаа**
- $512 \text{ байт} \times 18 \text{ сектор} / \text{гадаргуу тутамд} \times 80 \text{ зам} / \text{гадаргуу тутам} \times 2 \text{ гадаргуу} = 1.474.560 \text{ байт} = 1.4\text{MB}$. Тиймээс хадгалах багтаамж 1.4MB байх юм.

Семинарийн ажил

Компьютерийг бүрдүүлдэг гурван дэд систем юу вэ?

2. CPU-ийн бүрэлдэхүүн хэсгүүд юу вэ?

3. ALU ямар үүрэг гүйцэтгэдэг вэ?

4. Хяналтын нэгжийн үүрэг юу вэ?

5. Үндсэн санах ой ямар үүрэгтэй вэ?

6. RAM, ROM, SRAM, DRAM PROM, EPROM, EEPROM-ийг тодорхойлно уу.

7. Кэш санах ойн зорилго юу вэ?

Дасгал

8. CD-R, CD-RW, DVD-г харьцуул.
9. SCSI, FireWire болон USB хянагчуудыг харьцуулж, ялгах.
10. Оролтын гаралтын төхөөрөмжүүдийн хаягжилтыг зохицуулах хоёр аргыг харьцуул
11. CPU-ийн оролт гаралтын төхөөрөмжтэй синхрончлол хийх гурван аргыг харьцуул.
12. CISC архитектурыг RISC архитектуртай харьцуул.
13. Pipeline ба түүний зорилгыг тайлбарлана уу.
14. Зэрэгцээ боловсруулалт (parallel processing) ба түүний зорилгыг тайлбарла.
15. Гадаад санах ойн тухай бичнэ үү
16. ЁСоронзрн дискний бүтцийг зурж тайлбарлана уу



АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ

Foundations of Computer Science, Behrouz A. Forouzan, Fourth Edition, Cengage Learning EMEA, 2018, page 92-130

Tuyatsetseg Badarch, "Data communications and computer networking" , third edition, 2014. Chapter 1.





АНХААРАЛ ХАНДУУЛСАНД БАЯРЛАЛАА