

# **“Basics of microcontroller”**

*Lecture1.*

## ***Microcontroller hardware and software***

Lecturer: Onon Otgonbaatar, MD.

## Оршил

1960-аад оноос интеграл хэлхээ (IC integrated circuit) хийгдсэн цагаас эхлэн микропроцессор үүссэн. Түүнээс өмнө 15-р зууны үеэс тооцоолон бодох механик машинууд байсан. 1970 оны эхээр Intel компанийн 8008 chip (микропроцессор) хийгдсэн нь микропроцессорын хөгжлийн 1 дэх үе байсан байна. 1974 онд Intel компанийн 8080 гэсэн ерөнхий зориулалтын микропроцессор үүссэн ба бусад компаниуд ч мөн үүнтэй ижил микропроцессоруудыг үйлдвэрлэж байв. Энэ бол микропроцессорын хөгжлийн 2 дахь үе байжээ.

1978 онд микропроцессорын хөгжлийн 3 дахь үеийн 8086 микропроцессорыг 8080-ыг сайжруулан Intel компани үйлдвэрлэсэн ба дараагаар нь 8088 микропроцессор үүссэн нь оролт гаралтын төхөөрөмжүүдтэй ажиллах боломжтой болгосон. Энэ процессорыг ашиглан 1981 онд IBM корпораци Personal Computer –ийг анх гаргасан.

8088-ыг сайжруулан 80188, 8086(iAPX86)-г сайжруулан 80186 (iAPX186), 80286 (iAPX286), 80386 (iAPX386), 80486 (iAPX486), 80586 (iAPX586) гэх мэтээр нэмэлт үйлдлүүдтэй, илүү хүчин чадлуудтай процессоруудыг үйлдвэрлэсэн. (iAPX586 – Intel Advanced Processor Architecture)

80286 процессорыг ашиглан IBM корпорациас АТ компьютерийг 1984 онд үйлдвэрлэжээ. Микрокомпьютерүүдийн хэрэглээ ихсэх тусам ассемблер хэлийг ихээр сонирхох болсон. Учир нь: Ассемблер хэл дээр бичсэн программ харьцангуй бага санах ой болон хугацааг шаарддаг, мөн энэ хэл нь машины код хэрэглэдэг учир компьютерийн бүтцийг ойлгоход дөхөм болдог. Паскаль, С зэрэг өндөр түвшний хэлүүд нь бүрнээрээ буюу хэсэгчлэн ассемблер хэл дээр бичигдсэн байдаг.

### Үйлдлийн систем

Үйлдлийн системийн зорилго бол компьютерийг удирдах буюу программ биелүүлэх, өгөгдлийг хадгалах, дискний мэдээлэлд хандах зэргийг зохицуулдаг. Өргөн хэрэглэгддэг үйлдлийн систем бол Микрософт корпорацийн MS-DOS юм. Мөн UNIX гэх мэт бусад үйлдлийн системүүд байдаг.

### Бит ба байт

Компьютер нь программыг биелүүлэхдээ өгөгдөл ба командуудыг санах ой болон региструудад түр хадгалдаг.

Компьютерийн өгөгдлийн хамгийн бага нэгж бол ВIT (бит) бөгөөд энэ нь 1-тавигдсан, 0-цэвэрлэгдсэн гэсэн 2 л утгыг авдаг. 8 ширхэг битээс бүрдэх багцыг ВYTE (байт) гэх ба энэ нь 2-тын тооллын системээр илэрхийлэгдэх арифметик тоо, үсэг (A), тэмдэгт (\*) зэргийг илэрхийлнэ.

8 бит нь 256 янзын хувилбартай. 0000 0000 → 1111 1111

2 байт нь WORD (үг) болно.

Стандартчилах зорилгоор компьютеруудад ASCII кодуудыг хэрэглэдэг. (ASCII – American National Standard Code for Information Interchange)

Жишээ нь: 0100 0001 (41H) гэсэн байт нь А үсгийг илэрхийлнэ.

## Personal computer-ийн бүтэц

Микрокомпьютер нь ассемблер хэл ба компьютерийн бүтцийг судлах хэрэглэгчийн орчинг хангана. Ассемблер нь үйлдлийн системээр нууцлагддаг командуудад хандах боломжыг олгоно.

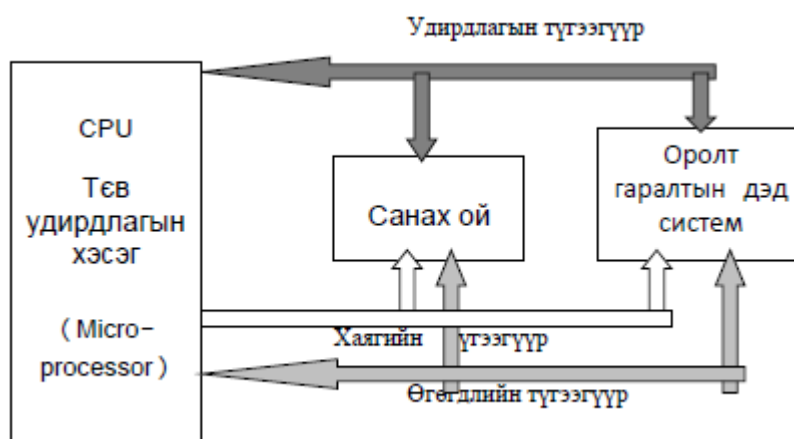
Компьютер нь 3 зүйлээс бүрдэнэ.

- төв удирдлагын хэсэг (CPU-central processing unit) буюу системийн хэсэг: эх хавтан, тэжээл
- Санах ой
- Оролт гаралтын систем (Гар буюу keyboard, Дэлгэц буюу monitor, Диск драйверууд, Принтер, Скайнер гэх мэт)

Эдгээр нь хоорондоо түгээгүүрийн системээр холбогддог.

Түгээгүүр (bus) нь тоон өгөгдөл дамжуулдаг зэрэгцээ шугамуудын багц юм. 3 төрлийн түгээгүүр байна.

- Хаягийн түгээгүүр (address bus): A0 – A15 гэх мэтээр бичигдэнэ. Санах ой ба оролт гаралтын блокуудыг хаяглахад хэрэглэгдэнэ. Тухайн 2-тын тоон хаяг нь санах ой буюу оролт гаралтын төхөөрөмжийн тодорхой нэг хаягийг заана.
- Өгөгдлийн түгээгүүр (data bus): D0 – D7 гэх мэт байх ба өгөгдлийн шугамын өргөнөөр микропроцессорыг хэдэн битийн микропроцессор гэдгийг нь тодорхойлдог. Мэдээллийг санах ой ба оролт гаралтын төхөөрөмж үрүү дамжуулах эсвэл эдгээрээс зөөхөд хэрэглэнэ. Өөрөөр хэлбэл, 2 чиглэлтэй гэсэн үг.
- Удирдлагын түгээгүүр (control bus): Санах ой ба оролт гаралтын системүүдийг удирдахад хэрэглэгдэнэ. Энэ түгээгүүр нь RD-өгөгдөлийг процессорт уншиж авах, WR-процессороос өгөгдлийг бичих, IO/M-оролт гаралтын төхөөрөмж эсвэл санах ойтой ажиллахаа сонгох гэсэн үндсэн сигналуудтай.



Ассемблер программ нь бидний бичсэн тэмдэгт хэлбэрийн кодуудыг машины код (2-тын тооллын системийн тоонууд) уруу хөрвүүлдэг. Машины хэл дээрх программ нь командууд ба өгөгдлүүдийг дүрсэлдэг тоонуудын дараалал юм. Микропроцессор нь машины хэлийг боловсруулан биелүүлдэг. Иймээс процессор команд, өгөгдөл 2-ыг ялгаж ойлгох болдог.

## Сегмент

Сегмент нь 16-д хуваагдах утгатай хаягнаас эхлэн санах ойн хаана ч байрлаж болдог талбар юм. 64к байт хүртэл хэмжээтэй байж болно. Гол 3 сегментийг дурдвал:

### 1. Code segment

Биелэгдэх ёстой командуудын машины кодуудыг агуулна. Хамгийн эхэнд биелэгдэх команд нь сегментийн эхэнд байрлах ба үйлдлийн систем нь программыг биелүүлэхдээ тухайн байрлалтай холбогдоно. CS регистрээр уг сегментийг хаяглана.

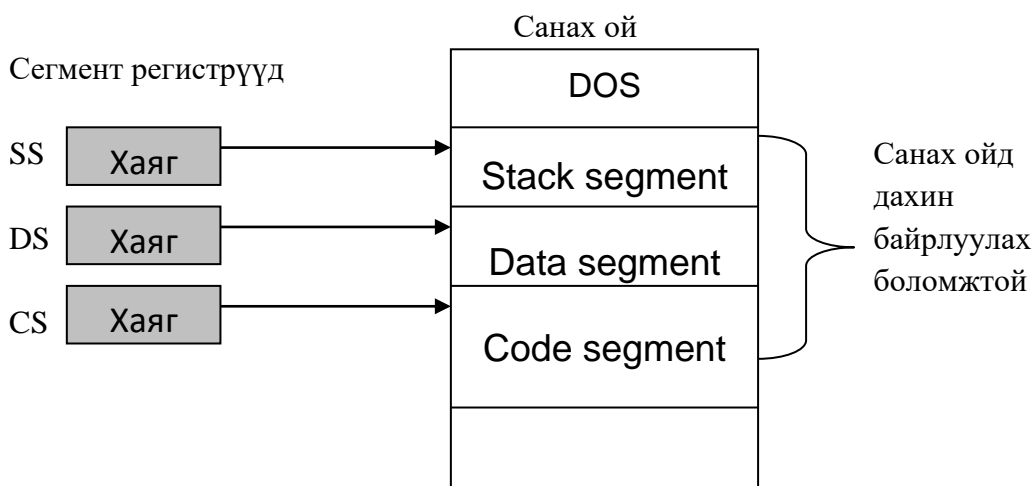
### 2. Data segment

Энд тодорхойлогдсон өгөгдөл, тогтмол утгуудыг агуулах ба DS регистрээр уг сегментийг хаяглана.

### 3. Stack segment

Stack санах ой нь программаас үйлдлийн систем үрүү буцах хаяг ба дэд программаас үндсэн программ уруу буцах хаяг зэргийг агуулна. SS регистрээр уг сегментийг хаяглана.

Өөр нэг сегмент регистр бол ES (extra segment) регистр байх ба түүнийг тусгай зориулалтаар ашиглана.



Зураг: Сегментүүд ба региструуд

Программ дотор бүх санах ойн үүрүүд нь сегментийн эхлэлтэй хамааралтайгаар хаяглагдана. Үүр болгон OFFSET хаягтай байна.

2 байт (16 бит) offset хаяг нь 16-тын тооллоор 0000h-ээс FFFFh хүртэл, 10-тын тооллоор 0-оос 65535 хүртэл утгуудыг агуулна. Жишээ нь: Код сегментийн эхний байт нь offset 0 дээр, 2 дахь байт нь offset 1 дээр гэх мэтээр offset 65535 хүртэл байж болно.

DS регистрт 16-тын 045Fh гэсэн утга байсан гэж үзье. Data segment доторх 0032 гэсэн offset хаягтай үүрийг зааж байвал, бодит хаяг нь:

DS хаяг: (045Fh ← 4 бит) 045F0

Offset: 0032

Бодит addr: 04622 (дээрх 2 утганы нийлбэр)

8086 ба 8088 процессорууд 20 битээр 1М (million) байтыг хаяглана. Сегментийн хаяг нь paragraph boundary дээр байрладаг учир баруун талын 4 бит нь 0 байна. Хаягийг нь сегмент регистрт хадгалаад, 4 битийг зүүнээс нь нэмж оруулаад 20 бит болно.

80286 процессор 24 битээр 16М байт, 80386 процессор 4G (billion) байтыг хаяглах чадвартай.

## Региструуд

Региструуд нь микропроцессоруудын ажиллах явцад биелэгдэх командыг агуулах, санах ойг хаяглах, арифметик үйлдэлд хэрэгтэй мэдээллийг хадгалахад хэрэглэгддэг өндөр хурдтай санах ойн хэсэг юм. 8086/8088 зэрэг нь 14 ширхэг 16 битийн регистртэй. 80286/80386 зэрэг нь нэмэлт региструудтай.

Региструудийг доорх байдлаар ангилж болно.

### 1. Сегмент региструуд: CS, DS, SS, ES

CS регистр нь код сегментийн эхлэх хаягийг агуулна. IP(instruction pointer) регистрийн заасан утгаар offset хаягаа авч биелүүлэх утгаа сонгоно.

DS регистр нь өгөгдлийн сегментийн эхлэх хаягийг агуулна.

SS регистр нь стек сегментийн эхлэх хаягийг агуулна.

ES (extra segment) регистр нь зарим тэмдэгтэй хийх үйлдлүүдэд санах ойг хаяглахад хэрэглэгддэг. ES регистр нь DI (destination index) регистртэй хамтран ажиллана. ES регистрийг ашиглахдаа программд анхны утгыг нь зааж өгөх шаардлагатай.

### 2. Ерөнхий зориулалтын региструуд: AX, BX, CX, DX

Accumulator: AX регистрийн ахлах байт нь AH, бага байт нь AL

Base регистр: BX (ахлах байт-BH, бага байт-BL)

Count регистр: CX (ахлах байт-CH, бага байт-CL)

Data регистр: DX (ахлах байт-DH, бага байт-DL)

### 3. Заагч региструуд

SP(stack pointer), BP(base pointer) гэсэн заагч региструуд нь өгөгдөлд хандахад хэрэглэгдэнэ. SP регистр нь SS регистртэй хамтран стек ойг хаяглана.

### 4. Индекс региструуд

SI(source index), DI(destination index) гэсэн индекс региструуд нь хаяглалтанд хэрэглэгдэнэ. SI регистр нь DS регистртэй хамтран, DI регистр нь ES регистртэй хамтран хэрэглэгддэг.

### 5. Командын заагч регистр: IP(instruction pointer)

Энэ регистр нь гүйцэтгэх командыг offset хаягийг хадгалдаг. Програмын дунд энэ регистрт энгийнээр хандаж болохгүй, харин DOS DEBUG програмыг ашиглан програмыг шалгах үед утгыг нь өөрчилж өгч болно.

### 6. Төлөвийн регистр: Flag register

Энэ регистр нь микропроцессорын тухайн төлөвийг заана.

Флаг бит	Зориулалт
O (Overflow) Халилтын бит	Bit11: Арифметик үйлдлийн үр дүнд хамгийн ахлах битээс халилт үүсвэл идэвхижнэ.
D (Direction) Чиглэлийн бит	Bit10: Команд нь матриц буюу тэмдэгтэй ажиллахдаа дараагийн тэмдэгтэд хандахдаа SI эсвэл DI регистрийг автоматаар сонгоно. Энэ бит 0 бол нэмэгдүүлж, 1 бол хорогдуулж дараагийн элементэд хандана.

I (Interrupt) Тасалдлын бит	Bit9: Гадаад тасалдлыг хориглосон бол 0, зөвшөөрсөн бол 1 гэсэн утгыг авна.
T (Trap) Алхамын бит	Bit8: Микропроцессор нь алхамын горимд байгааг илэрхийлнэ.
S (Sign) Тэмдгийн бит	Bit7: Арифметик үйлдлийн үр дүндгийн тэмдгийг заана. + бол 0, - бол 1 гэсэн утга авна.
Z (Zero) Тэгийн бит	Bit6: Арифметик болон харьцуулах үйлдлийн үр дүнд 0 гарвал идэвхижнэ.
A(Auxilliary carry) Туслах шилжил-тийн бит	Bit4: 8 бит өгөгдлийн 3 дахь битээс орон шилжилт үүсвэл идэвхижнэ.
P (Parity) Тэгш сондгойн бит	Bit2: Бага 8 бит өгөгдлийн 1 гэсэн битүүдийн тоо тэгш буюу сондгойг заана. Тэгш бол 1, сондгой бол 0 гэсэн утга авна.
C (Carry) Шилжилтийн бит	Bit0: Арифметик болон шилжүүлэх үйлдлийн үр дүнд хамгийн ахлах битээс орон шилжилт үүсвэл идэвхижнэ.

Bit	15	14	13	12	11	10	9	8
	x	x	x	x	0	D	I	T
Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
	S	Z	x	A	x	P	x	C

Ерөнхийдөө сегмент региструуд нь доорх байдлаар хосолж, хаяглалтад хэрэглэгдэнэ.

Сегментийн эхлэл хаяг    Offset (шилжлэг) хаяг

CS	IP
ES	DI
SS	SP
DS	SI

### Санах ой

Санах ой гэдэг нь 8 битийн урттай, өгөгдлүүдийг хадгалах зориулалттай, хаяглагдсан үүрүүд мэтээр зохион байгуулагдсан байдаг. Микрокомпьютерийн санах ой нь үндсэн 2 төрөл байна.

ROM(read only memory) - зөвхөн уншиж болох санах ой бөгөөд компьютерийн эхлэх процессыг удирдана.

RAM(random access memory) – шуурхай санах ой буюу компьютерийг унтраахад мэдээлэл нь арилдаг, программыг ажиллуулахад хэрэглэгдэнэ.

Компьютерийг асаамагц ROM системийг шалгах үйл ажиллагааг явуулаад, RAM-д DOS-оос өгөдлийг ачаална.

#### Санах ойн хуваарилалт (Memory allocation)

Нэг сегмент нь 64к хэмжээтэй гэвэл 4 сегмент нь  $4*64к=256к$  шаардана. Санах ойн физик хуваарилалт:

Эхлэх хаяг		Зориулалт	
Decimal	Hexadec		
0	0	256k	RAM системд хэрэглэнэ.
256k	40000	384k	RAM оролт гаралтын сувгуудад хэрэглэнэ.
640k	A0000	128k	RAM нөөц ба график/дэлгэцийн видео буфер
768k	C0000	32k	ROM өргөтгөсөн санах ой
800k	C8000	8k	Дискний удирдлагад хэрэглэгдэнэ.
808k	CA000	176k	ROM өргөтгөсөн санах ой
984k	F6000	40k	ROM BASIC, BIOS-т хэрэглэгдэнэ.

Санах ойд утга байрлахдаа эхлээд бага байт нь дараа нь ахлах байт нь байрлана.

Жишээ нь:

0401 гэсэн тооны хувьд

01	04	тоон утгууд
5612	5613	санах ойн үүрний хаяг

### **Textbook**

1. Peter Abel, "IBM PC Assembler language and programming", USA, 1987
2. Jim Mischel, "Macro magic with Turbo Assembler ", USA, 1993
3. William C.Runnion, "Structured programming in Assembly Language for the IBM PC", Boston, 1988
4. Thomas A.Wadlow, "Memory resident programming on the IBM PC", USA, 1987
5. Robert S.Lai, "Writing MS-DOS device drivers", USA, 1987
6. E. Majigsuren, "IBM assembly language", MGL, 2003
7. Muhammad Ali Mazidi, Janice Gillispie Mazidi, Rolin D. McKinlay, "The 8051 microcontroller and Embedded Systems Using Assembly and C",USA, 2007