ИжМС

Дәуренов ӘД

Дәріс №4. Цифрлық интегралдық схемалардың элементтік базасы: ТТЛ және КМОП

Дәрістің мақсаты

- Цифрлық интегралдық схемаларды құрудың негізгі технологиялары — **ТТЛ (TTL)** және **КМОП (CMOS)** технологияларымен танысу
- олардың құрылымын
- жұмыс істеу принципін
- негізгі электрлік параметрлерін
- және таңбалануын қарастыру.

Дәрістің негізгі логикалық байланысы:
Логикалық функция → логикалық элемент →логикалық схема → транзистор → интегралдық схема

1. Алдыңғы тақырыптармен байланысы

Алдыңғы дәрістерде біз:

- санау жүйелерін;
- екілік сандарды;
- Буль алгебрасын;
- Ақиқат кестесін
- логикалық функцияларды;
- логикалық элементтерді;
- Карно карталарын;
- минимизация
- комбинациялық схемаларды құруды қарастырдық.

Логикалық амал/ операция — кірісіндегі логикалық айнымалыларды/мәндерді (**0** немесе **1**) белгілі бір ереже бойынша өңдеп, нәтижесінде жаңа логикалық мән шығаратын амал/ операция. (NOT, AND, OR, XOR және тб)

Логикалық функция — кіріс айнымалылары мен шығыс айнымалысының арасындағы математикалық байланысты көрсететін ереже. Логикалық функция — математикалық модель. Ол операцияның қалай орындалатынын көрсетеді, бірақ құрылғының физикалық құрылысын көрсетпейді.

Логикалық элемент — логикалық функцияны физикалық түрде орындайтын электрондық құрылғы.

Логикалық схема — белгілі бір күрделі функцияны орындау үшін өзара байланыстырылған бірнеше логикалық элементтің жиынтығы.

Логикалық схема — бірнеше логикалық элементтің белгілі бір тәртіппен қосылуы.

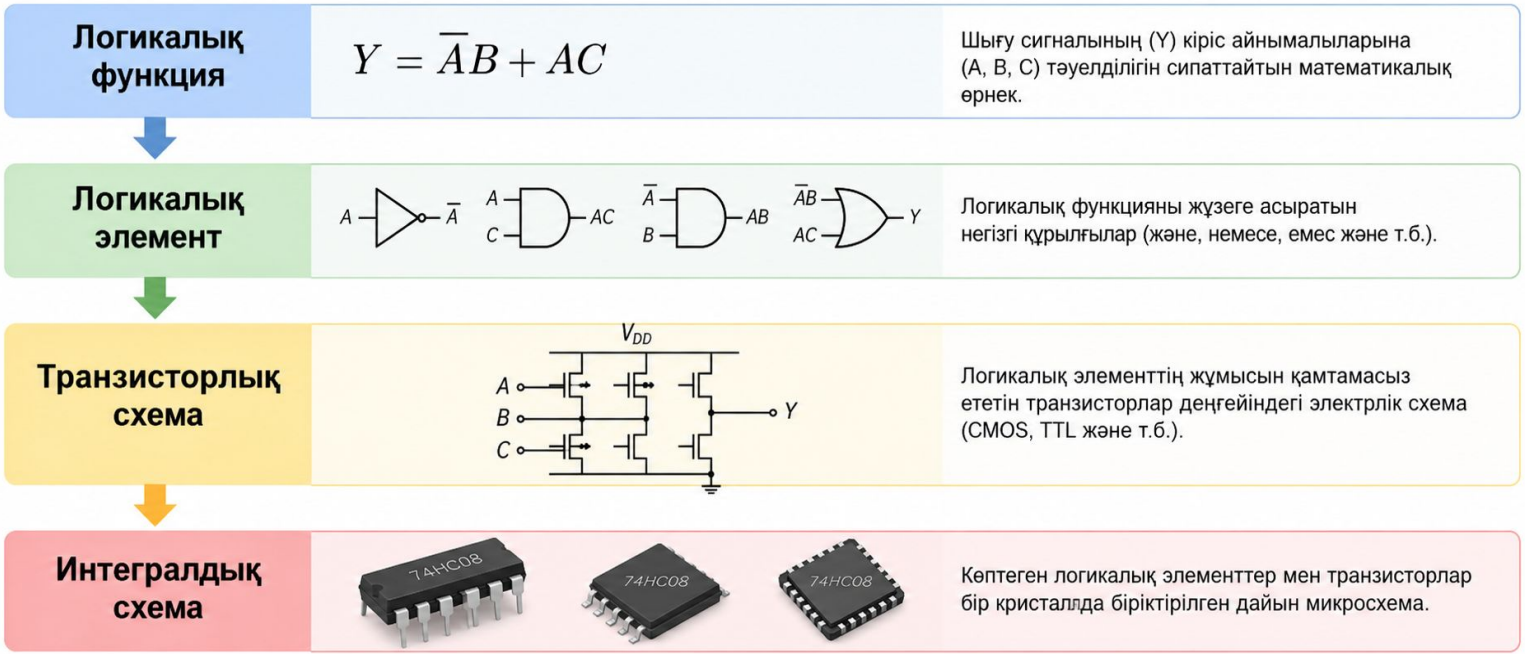
Мысалы, логикалық элементтерден:

- шифратор;
- дешифратор;
- мультиплексор;
- демультиплексор;
- сумматор;
- триггер;
- санауыш;
- регистр құрастырылады.

Логикалық схема бір немесе бірнеше логикалық функцияны орындайды.

Жалпы байланыс

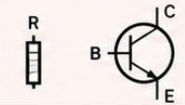
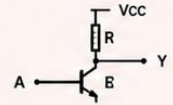
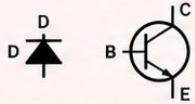
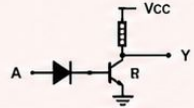
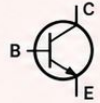
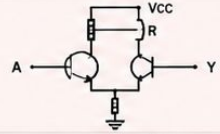
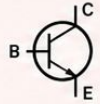
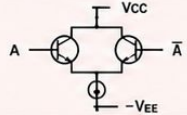
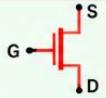
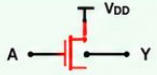
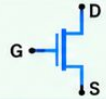
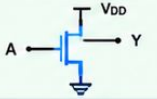
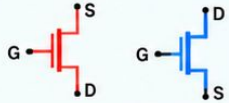
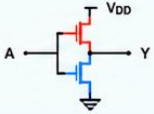
0,1 → Логикалық операция → Логикалық функция
→ Логикалық схема → Транзисторлық схема → Интегралды Микросхема



Бірақ негізгі сұрақ:

Логикалық элемент физикалық түрде қалай жүзеге асырылады?

Логикалық элементтердің негізгі технологиялары

	№	Технология	Толық атауы (ағылшынша)	Негізгі компоненттері	Қарапайым схема (инвертор)	Ерекшеліктері	Қолданылуы / кезеңі
BJT негізіндегі технологиялар (ерте классикалық) ↓	1	**RTL**	**Resistor-Transistor Logic** (Резистор-транзисторлық логика)			• Ең алғашқы технология • Қарапайым схема • Жылдамдығы төмен • Энергия тұтынуы жоғары	1960-жылдардың басы
	2	**DTL**	**Diode-Transistor Logic** (Диод-транзисторлық логика)			• Кіріс каскадында диодтар • Жақсартылған шуға төзімділік • RTL-ге қарағанда жылдамырақ	1960-жылдардың ортасы
	3	**TTL (ТТЛ)**	**Transistor-Transistor Logic** (Транзисторлық-транзисторлық логика)			• Биполярлық транзисторлар (BJT) • Жоғары жылдамдық • Сенімділік, стандартталған логикалық деңгейлер • Кең қолданыс	1960-жылдардың соңы – 1980-жылдар
	4	**ECL**	**Emitter-Coupled Logic** (Эмиттерлік байланысқан логика)			• Өте жоғары жылдамдық • Энергия тұтынуы жоғары • Басқа технологиялармен сәйкестендіру қиын	1960-жылдардың соңы – 1980-жылдар (арнайы қолдану)
MOS негізіндегі технологиялар (қазіргі негізгі бағыт) ↓	5	**PMOS**	**P-channel MOS Logic** (P-каналды МОП логика)			• P-каналды MOSFET • Жылдамдық TTL-ге қарағанда төмен • Энергия тұтынуы жоғары	1970-жылдар
	6	**NMOS**	**N-channel MOS Logic** (N-каналды МОП логика)			• N-каналды MOSFET • Интеграциясы жоғары • Ранние микропроцессорларда кең қолданылды	1970–1980-жылдар
	7	**CMOS (КМОП)**	**Complementary MOS** (Комплементарлық МОП)			• PMOS + NMOS (комплементарлық) • Өте төмен энергия тұтынуы • Жоғары интеграция • Қазіргі барлық цифрлық ИМС-тің негізі	1980-жылдар – қазіргі уақыт

3. Екі логикалық күйді қалай жасауға болады?

Цифрлық құрылғыға екі тұрақты күй қажет: **0** **1**

Оны электр тізбегіндегі кілт арқылы түсіндіруге болады.

Кілт ашық – логикалық 0



0 – LOW

- Кілт ашық
- Ток жүрмейді
- Шығыс низкий денгейде (0)

Кілт жабық – логикалық 1



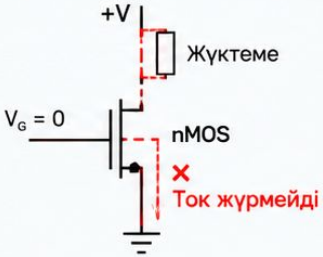
1 – HIGH

- Кілт жабық
- Ток жүреді
- Шығыс высокий денгейде (1)

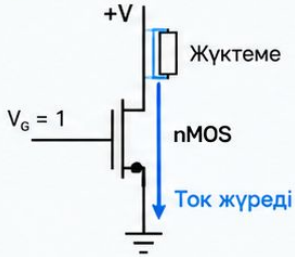
Микросхемада механикалық кілт болмайды

Механикалық кілттің орнына транзистор қолданылады.

Транзистор жабық (OFF) – 0



Транзистор ашық (ON) – 1



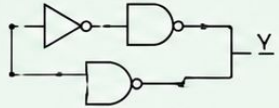
МЕХАНИКАЛЫҚ КІЛТ (идея) → ТРАНЗИСТОР (электрондық кілт)



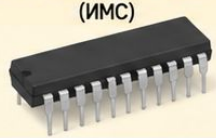
→ ЛОГИКАЛЫҚ ЭЛЕМЕНТТЕР (AND, OR, NOT, ...)



→ КҮРДЕЛІ ЦИФРЛЫҚ СХЕМА



→ ЦИФРЛЫҚ ИНТЕГРАЛДЫҚ МИКРОСХЕМА (ИМС)

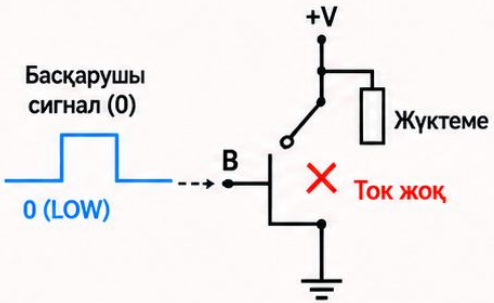


Слайд 4. Транзистор дегеніміз не?

Транзистор – электрлік сигнал арқылы токты басқаруға мүмкіндік беретін жартылай өткізгіш құрылғы.

Цифрлық электроникада оны қарапайым түрде **электрондық кілт** ретінде қарастыруға болады.

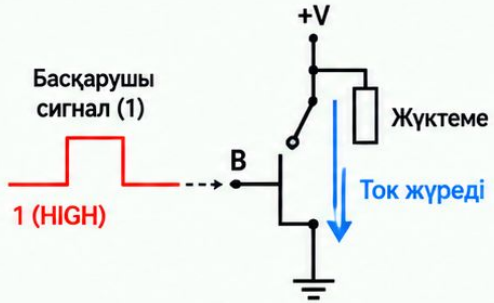
Транзистор жабық (OFF) – ток жүрмейді



Кілт жабық

- Транзистор ашылмайды
- Ток жүрмейді
- Шығыс сигналы – 0

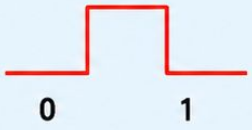
Транзистор ашық (ON) – ток жүреді



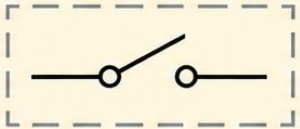
Кілт ашық

- Транзистор ашылады
- Ток жүреді
- Шығыс сигналы – 1

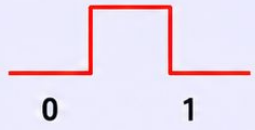
1. Басқарушы сигнал



2. Транзистор (электрондық кілт)



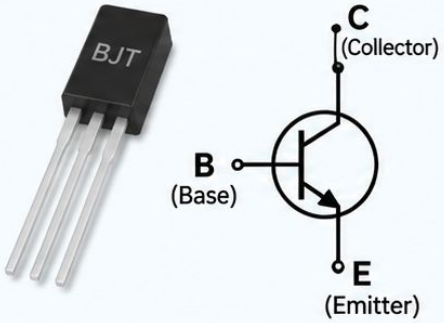
3. Шығыс сигналы



Слайд 5. Транзисторлардың негізгі түрлері

1. BJT — Bipolar Junction Transistor
(биполярлық транзистор)

Екі типтегі заряд тасымалдаушыларды (электрондар және кемтіктер) пайдаланатын транзистор.



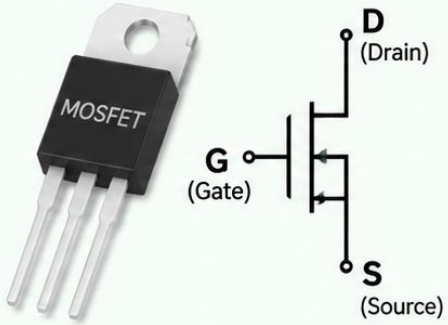
Негізгі шығыстары:

- B — Base (база)
- C — Collector (коллектор)
- E — Emitter (эмиттер)

BJT транзисторлары классикалық **ТТЛ** схемаларында қолданылады.

2. MOSFET — Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor
(металл-оксидты жартылай өткізгіш транзистор)

Басқарушы электрод (қақпа) арқылы арнадағы токты басқаратын транзистор.



Негізгі шығыстары:

- G — Gate (қақпа)
- D — Drain (стік)
- S — Source (исток)

MOSFET транзисторлары **КМОП технологиясының** негізін құрайды.

Негізгі байланыс:

BJT (биполярлық транзистор) → **ТТЛ** (логикалық схема технологиясы)

MOSFET (металл-оксидты жартылай өткізгіш транзистор) → **КМОП** (логикалық схема технологиясы)

TTL (ТТЛ) дегеніміз не?

TTL (Transistor-Transistor Logic) — транзисторлық-транзисторлық логика.
TTL — цифрлық логикалық схемаларды құру технологиясы. Оның негізгі белсенді элементтері — **биполярлық транзисторлар (BJT)**.

Жалпы байланыс: BJT → транзисторлық схема → логикалық элемент

BJT транзисторларының көмегімен **NOT, NAND, AND, OR** және басқа логикалық функцияларды жүзеге асыруға болады.

TTL схемасында транзисторлар: **кіріс сигналдарын өңдеуге** және **шығыс сигналын қалыптастыруға** қолданылады.

Сондықтан технология **Transistor-Transistor Logic** деп аталады.

Бұл TTL-ді бұрынғы **DTL (Diode-Transistor Logic)** технологиясынан ерекшелендіреді.

DTL-де кіріс логикасын жүзеге асыруда диодтар да қолданылған.

TTL-де логикалық 0 және 1 қалай беріледі?

TTL үшін **0 және 1 — нақты бір кернеу емес, кернеу диапазондары**.

Классикалық 5В TTL кірісі үшін:

Кіріс кернеуі	Логикалық күй
0–0,8 В	LOW → **0**
0,8–2,0 В	анықталмаған аймақ
2,0–5 В	HIGH → **1**

CMOS (КМОП) технологиясы

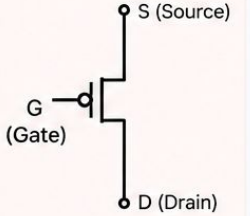
CMOS (Complementary Metal-Oxide-Semiconductor) — қазақша **комплементарлы металл–оксид–жартылай өткізгіш** технологиясы.

CMOS — цифрлық логикалық схемаларды құру технологиясы. Оның негізгі элементтері — **MOSFET транзисторларының екі түрі:**

PMOS + NMOS → CMOS

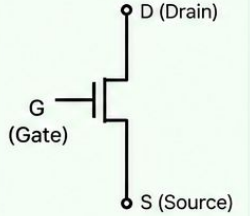
1 CMOS-тың негізгі элементтері

PMOS (p-каналды MOSFET)



Кіріс **0** болғанда **ашылады** (өткізеді)

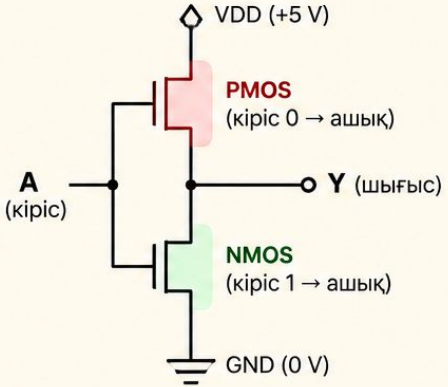
NMOS (n-каналды MOSFET)



Кіріс **1** болғанда **ашылады** (өткізеді)

2 Неліктен «Complementary»?

PMOS және NMOS бір-бірін толықтырып жұмыс істейді:



3 Нәтиже — логикалық 0 және 1

PMOS пен NMOS-тың бірлескен жұмысы шығыс сигналдарының толық деңгейлерін қалыптастырады:

A = 0 болғанда:
- PMOS ашық (өткізеді)
- NMOS жабық (өткізбейді)
- **Y = 1** (VDD) → **логикалық 1**

A = 1 болғанда:
- PMOS жабық (өткізбейді)
- NMOS ашық (өткізеді)
- **Y = 0 (GND)** → **логикалық 0**

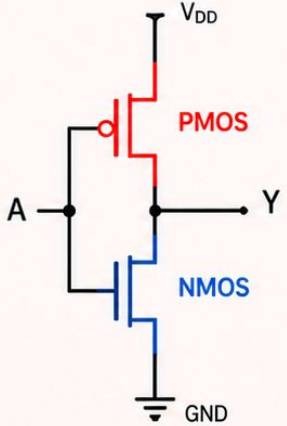
4 Қорытынды

- CMOS — PMOS және NMOS транзисторларынан тұратын цифрлық логика технологиясы.
- **«Complementary»** — екі транзистор бір-бірін толықтырады (бірі 0-де, екіншісі 1-де ашылады).
- Олардың бірлескен жұмысы логикалық **0 және 1** шығыс сигналдарын қалыптастырады.

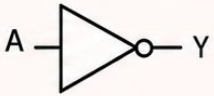
Слайд 6. Транзисторлар логикалық функцияны қалай орындайды?

- Бір транзистор — электрондық кілт (токты өткізе алады немесе өткізбейді).
- Бірнеше транзисторды белгілі бір түрде қосқанда, олар **логикалық функцияларды** жүзеге асырады.

1. NOT (инвертор) — CMOS схемасы



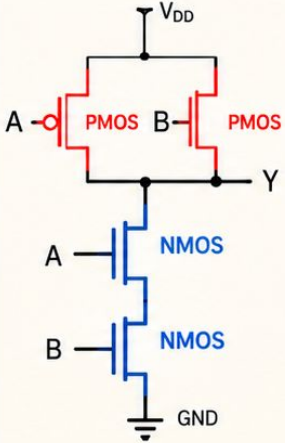
Логикалық белгісі



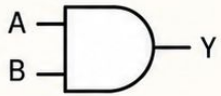
Ақиқат кестесі

A	Y
0	1
1	0

2. AND (ЖӘНЕ) — CMOS схемасы



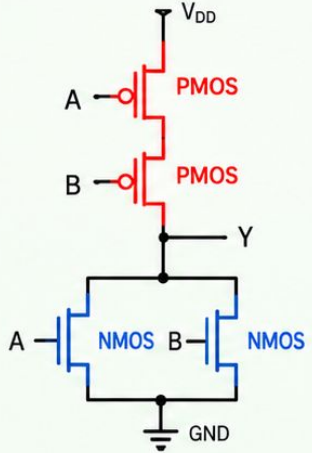
Логикалық белгісі



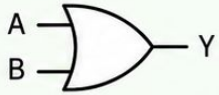
Ақиқат кестесі

A	B	Y
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

3. OR (НЕМЕСЕ) — CMOS схемасы



Логикалық белгісі



Ақиқат кестесі

A	B	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

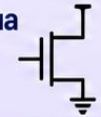
Транзистор



электрондық кілт

Транзисторлық схема

бірнеше транзисторды қосу



Логикалық элемент

NOT, AND, OR, NAND, NOR, ...



Логикалық функция

ақиқат кестесіне сәйкес жұмыс істейді

Слайд 7. Бір функция — үш түрлі деңгей

Мысал ретінде **NOT** (инвертор) функциясын алайық.

Бір логикалық функцияны үш түрлі деңгейде көрсетуге болады: математикалық түрде, логикалық схема ретінде және транзисторлардан құралған электрондық схема ретінде.

1-деңгей. Математикалық

NOT (инвертор) функциясы кіріс сигналын терістейді.

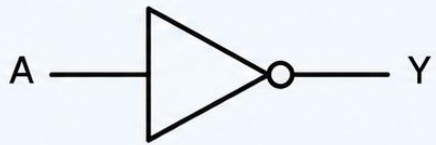
$$Y = \overline{A}$$

Ақиқат кестесі:

A	$Y = \overline{A}$
0	1
1	0

2-деңгей. Логикалық схема

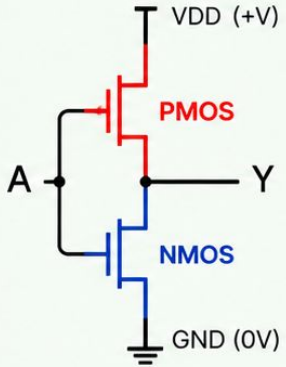
NOT функциясының стандартты логикалық белгісі:



NOT
(инвертор)

3-деңгей. Электрондық схема

NOT функциясы **КМОП (CMOS)** технологиясында PMOS және NMOS транзисторларынан құралады.



Жұмыс істеу принципі:

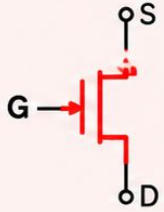
A = 0:
- PMOS — ашық (ON)
- NMOS — жабық (OFF)
- Y = 1 (жоғары деңгей)

A = 1:
- PMOS — жабық (OFF)
- NMOS — ашық (ON)
- Y = 0 (төмен деңгей)

Қорытынды: Үшеуі үш түрлі нәрсе емес, **бір функцияны әртүрлі деңгейде** сипаттайды. Бұл слайд дәрістің негізгі слайдтарының бірі болып табылады.

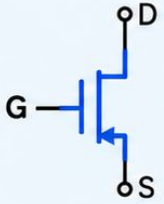
PMOS және NMOS — MOSFET транзисторларының екі түрі. Олар әсіресе **КМОП (CMOS)** цифрлық схемаларында бірге қолданылады.

PMOS (P-channel MOSFET)



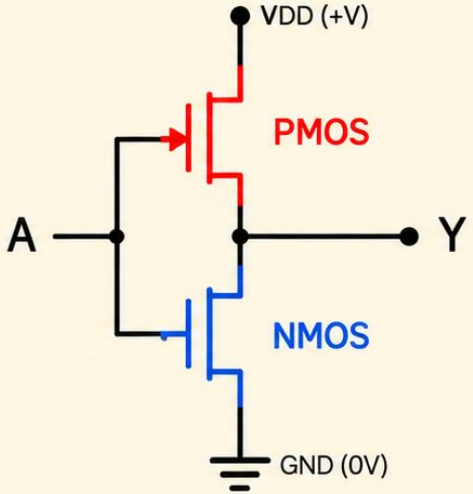
- P-каналды MOSFET
- Gate-ке төмен кернеу (логикалық 0) берілгенде **ашылады**
- Көбіне VDD-ға қосылады (жоғарғы жағында)

NMOS (N-channel MOSFET)



- N-каналды MOSFET
- Gate-ке жоғары кернеу (логикалық 1) берілгенде **ашылады**
- Көбіне GND-ға қосылады (төменгі жағында)

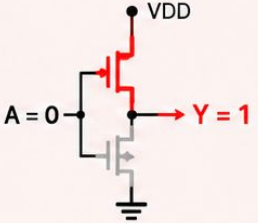
CMOS NOT (инвертор) схемасы



Жұмыс істеу принципі

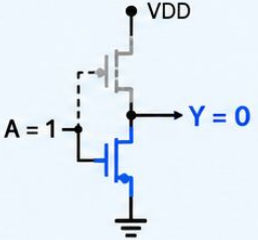
A = 0 (логикалық 0)

- PMOS — ON (ашық)
- NMOS — OFF (жабық)
- Y = 1 (жоғары деңгей)



A = 1 (логикалық 1)

- PMOS — OFF (жабық)
- NMOS — ON (ашық)
- Y = 0 (төмен деңгей)



Есте сақтау:

PMOS → 0 кезінде ашылады

NMOS → 1 кезінде ашылады

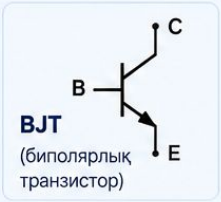
Екі транзисторды бірге қолдану — **CMOS (КМОП)** технологиясының негізі.

Екі технологияның негізгі айырмашылығы

Енді екі технологияны бірдей деңгейде салыстыруға болады:

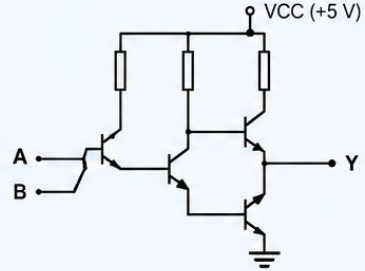
TTL (Transistor-Transistor Logic)

Негізгі транзистор:



BJT (биполярлық транзистор)

TTL логикалық элементінің ішкі құрылымы (мысал: NAND)



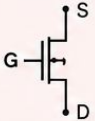
ЦИФРЛЫҚ ЛОГИКА

TTL ⟷ КМОП

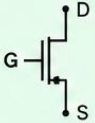
КМОП (Complementary Metal-Oxide-Semiconductor)

Негізгі транзисторлар:

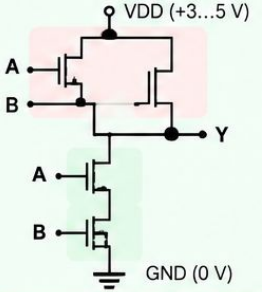
PMOS (р-каналды MOSFET)



NMOS (n-каналды MOSFET)



КМОП логикалық элементінің ішкі құрылымы (мысал: NAND)



Параметр	TTL (ТТЛ)	КМОП (CMOS)
Негізгі транзистор	BJT (биполярлық транзистор)	MOSFET (PMOS + NMOS)
Классикалық қорек кернеуі	+5 В	Кең диапазон (≈ 1.8 – 5 В), көбіне 3.3 В немесе 5 В
Статикалық қуат тұтынуы	Жоғары (мА деңгейінде)	Төмен (нА–мкА деңгейінде)
Кіріс кедергісі	Төмен (шамамен кОм деңгейі)	Өте жоғары (МОм–ГОм деңгейі)
Интеграция тығыздығы	Төмен (бір кристалда аз элемент)	Өте жоғары (бір кристалда өте көп элемент)
Жылдамдық (жұмыс жиілігі)	Жоғары (нс деңгейі, кейбір сериялар да өте жоғары)	Жоғары (заманауи технологияларда өте жоғары)
Қазіргі күрделі цифрлық ИМС-ларда қолданылуы	Сирек қолданылады (негізінен ескі сериялар)	Кеңінен қолданылады (микропроцессорлар, микроконтроллерлер, жад, FPGA т.б.)

Қорытынды:

- TTL және КМОП — цифрлық логиканың екі негізгі технологиясы.
- КМОП технологиясы қазіргі кезде кеңінен қолданылады, себебі қуат тұтынуы төмен, кіріс кедергісі өте жоғары және интеграция тығыздығы жоғары.

Слайд 16. Бір микросхеманың ішінде не бар?

Бір ИМС корпусында **бірнеше логикалық элемент** орналасуы мүмкін.

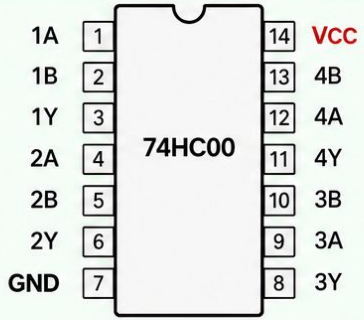
Мысалы: **74HC00** — төрт екі кірісті NAND элементінен тұрады.

1 74HC00 микросхемасы (сыртқы түрі)

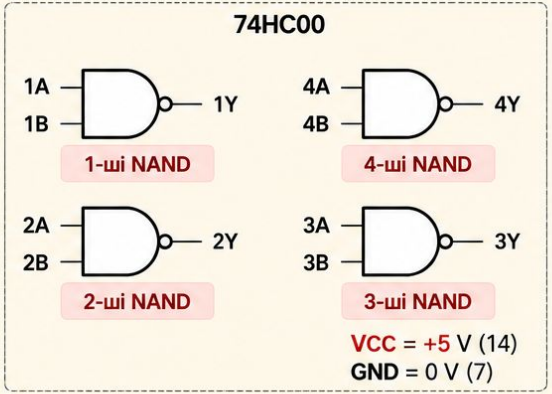


DIP-14 корпус
(жоғарыдан көрініс)

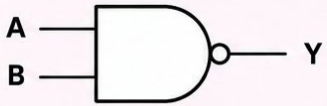
2 Пиндердің орналасуы (жоғарыдан көрініс)



3 Ішкі құрылымы



4 NAND элементінің логикалық схемасы



$$Y = \overline{A \cdot B}$$

5 Ақиқат кестесі (NAND)

A	B	$Y = \overline{A \cdot B}$
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

6 Нәтиже

74HC00 микросхемасы бір корпус ішінде **төрт бірдей екі кірісті NAND элементін** қамтиды.

Яғни ИМС ішінде:
транзисторлар → NAND элементтері
→ 74HC00 микросхемасы

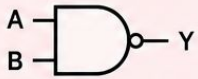
Слайд 17. 74xx сериясының мысалдары

74xx — цифрлық логикалық микросхемалардың кең таралған сериясы.

ИМС (серия 74xx)	Функциясы
7400	4 × NAND (екі кірісті)
7404	6 × NOT (инвертор)
7408	4 × AND (екі кірісті)
7432	4 × OR (екі кірісті)

7400
(4 × NAND)

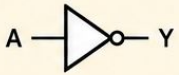




$Y = \overline{A \cdot B}$

7404
(6 × NOT)

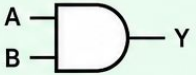




$Y = \overline{A}$

7408
(4 × AND)

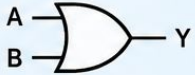




$Y = A \cdot B$

7432
(4 × OR)



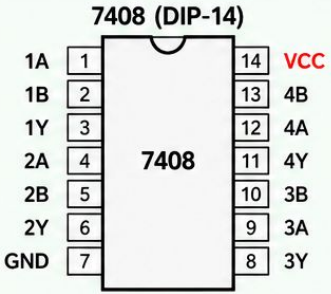


$Y = A + B$

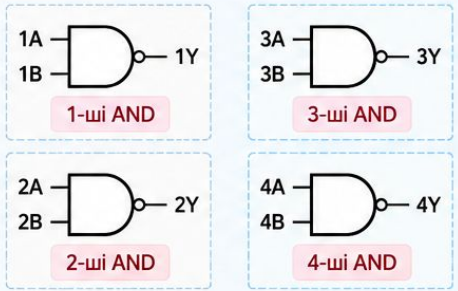
Мысал: 7408 — төрт екі кірісті AND элементі



DIP-14 корпус
(жоғарыдан көрініс)



Ішкі құрылымы



AND элементінің ақиқат кестесі

A	B	$Y = A \cdot B$
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Қорытынды:

- **74xx** сериясы — стандартты цифрлық логикалық ИМС-тердің кең таралған сериясы.
- **7408** микросхемасы бір корпус ішінде төрт бірдей екі кірісті AND элементін қамтиды.
- Бұл жерде ИМС корпусының нақты фотосын + оның ішіндегі төрт элементтің функционалдық схемасын қатар көрсету өте тиімді.

Слайд 18. 74LS00, 74HC00, 74HCT00 нені білдіреді?

74xx сериясында әр әріп пен санның өз мағынасы бар. Бірдей **«00» саны → бірдей** логикалық функция (4 × 2-кірісті NAND). Ал **«LS / HC / HCT»** → технологиялық отбасы (электрлік сипаттамалары әртүрлі).

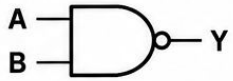
Микросхема атауының құрылымы (мысал: 74LS00)

74 → **Серия**
74 — стандартты ТТЛ/КМОП цифрлық логикалық микросхемалар сериясы

LS → **Технологиялық отбасы**
- **LS** – Low-power Schottky TTL
- **HC** – High-speed CMOS
- **HCT** – High-speed CMOS, TTL-compatible inputs

00 → **Логикалық функция**
00 — төрт бірдей 2-кірісті NAND элементі

Логикалық функция (00)

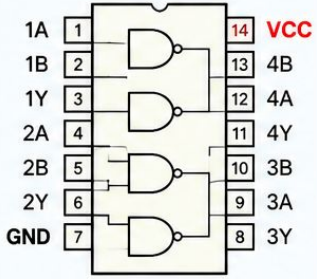


$$Y = \overline{A \cdot B}$$

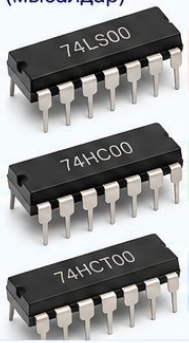
2-кірісті NAND

Бір корпус ішіндегі 4 элемент

74xx00 (DIP-14)



Корпустың сыртқы түрі (мысалдар)



74LS00 (ТТЛ, LS)
74HC00 (КМОП, HC)
74HCT00 (КМОП, HCT)

Параметр	74LS00 LS – Low-power Schottky TTL	74HC00 HC – High-speed CMOS	74HCT00 HCT – High-speed CMOS, TTL-compatible inputs
Технологиясы	ТТЛ (LS)	КМОП (HC)	КМОП (HCT)
Логикалық функция (00)	4 × 2-кірісті NAND (барлығында бірдей)		
Қорек кернеуі VCC	5 В (типтік)	2 … 6 В (кең диапазон)	2 … 6 В (кең диапазон)
Қуат тұтынуы	Орташа (LS: төменірек, бірақ ТТЛ)	Төмен	Төмен
Жұмыс жылдамдығы	Жоғары (Шоттки ТТЛ)	Жоғары (жылдам КМОП)	Жоғары (жылдам КМОП)
Кіріс деңгейлері	ТТЛ деңгейлері	КМОП деңгейлері	ТТЛ-мен үйлесімді деңгейлер (ТТЛ құрылғыларын да қосуға болады)
Шығыс деңгейлері	ТТЛ деңгейлері	КМОП деңгейлері (рельске дейін)	КМОП деңгейлері (рельске дейін)
Басқа ерекшелігі	Жоғары жылдамдық, төмен қуат (TTL ішіндегі алдыңғы буын)	Кең қорек кернеуі, өте төмен қуат	CMOS, бірақ кіріс деңгейлері TTL-мен үйлесімді

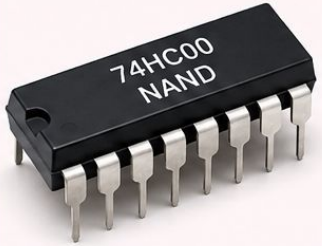
Қорытынды:

- 74LS00, 74HC00, 74HCT00 — бір серияның (74xx) әр түрлі технологиялық отбасындағы микросхемалары.
- Барлығының логикалық функциясы бірдей: төрт 2-кірісті NAND.
- 74LS00 ≠ 74HC00 ≠ 74HCT00, себебі олардың электрлік сипаттамалары (қорек кернеуі, қуат тұтынуы, кіріс деңгейлері және т.б.) әртүрлі.

Слайд 19. Микросхеманы таңдағанда нені білу қажет?

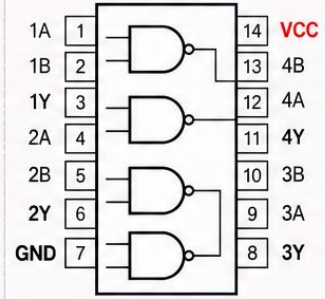
Инженерге: «Бұл NAND микросхемасы» деген ақпарат жеткіліксіз.
Ол келесі параметрлерді білуі керек:

Мысал: NAND микросхемасы



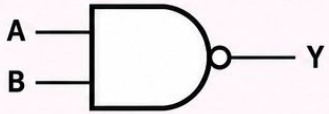
DIP-14 корпус
(жоғарыдан көрініс)

Ішкі құрылымы



74xx00 — 4 × 2-кірісті NAND

Логикалық функциясы (бір элемент)



$$Y = \overline{A \cdot B}$$

Ақиқат кестесі

A	B	$Y = \overline{A \cdot B}$
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

	Параметр	Белгіленуі	Нені сипаттайды?
1	**Қоректендіру кернеуі**	V_{CC} немесе V_{DD}	Микросхеманың жұмыс кернеуі. Мысалы: TTL — 5 В (тұрақты), HC/HCT — 2…6 В.
2	**Кірістегі логикалық деңгейлер**	V_{IL}, V_{IH}	Кірісті «0» немесе «1» ретінде тану үшін кернеудің шектік мәндері.
3	**Шығыстағы логикалық деңгейлер**	V_{OL}, V_{OH}	Шығыстағы логикалық «0» және «1» деңгейлерінің кернеулері.
4	**Токтар**	I_{IN}, I_{OUT}	Кірістер мен шығулардағы токтардың мәндері (максималды және типтік).
5	**Таралу кідірісі**	t_{pd}	Кіріс сигналының өзгеруінен шығыс сигналының өзгеруіне дейінгі уақыт (микросекунд/наносекунд).
6	**Жүктемелік қабілеті (Fan-out)**	N (fan-out)	Бір шығысқа қосуға болатын кірістер саны (сол логикалық отбасының микросхемалары үшін).

Қорытынды: Микросхеманы дұрыс таңдау үшін тек логикалық функциясы ғана емес, оның электрлік сипаттамаларын да (кернеулер, токтар, жылдамдық, жүктемелік қабілет және т.б.) білу қажет.

Слайд 21. Микросхеманың параметрлерін қайдан аламыз?

Барлық параметрді жаттап алу қажет емес. Өндіруші әрбір микросхемаға техникалық құжат береді — **Datasheet.**

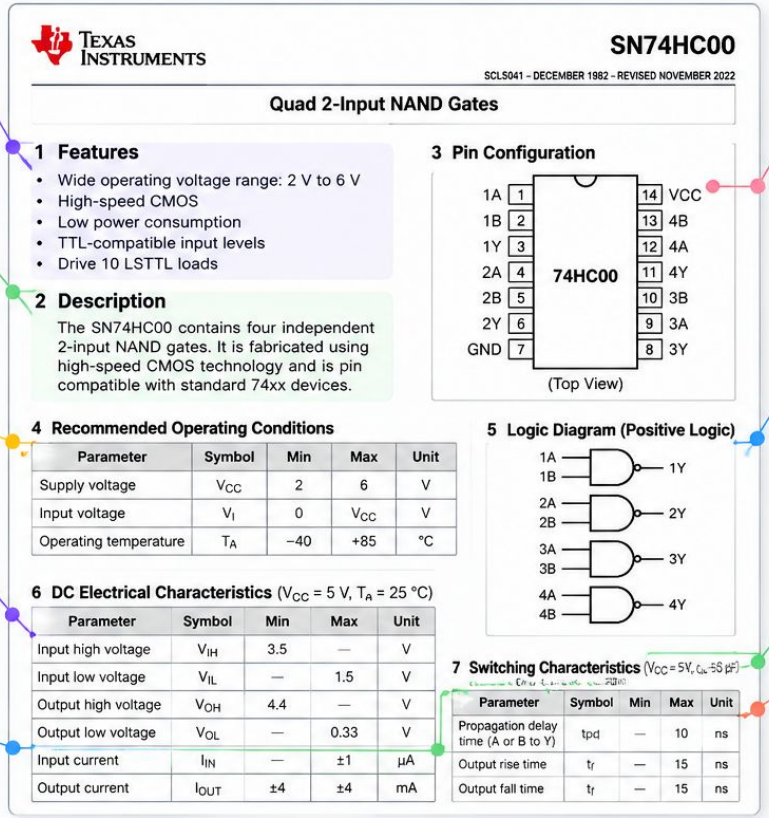
1 Микросхеманың қызметі
Қандай логикалық элемент? Неше элемент?

2 Сипаттамасы
Қысқаша сипаттама, технологиясы, негізгі ерекшеліктері.

5 Қоректендіру кернеуі
Жұмыс кернеуінің диапазоны (V_{CC} немесе V_{DD}).

6 Кірістегі логикалық деңгейлер
V_{IH} (лог. «1»), V_{IL} (лог. «0»).

7 Шығыстағы логикалық деңгейлер
V_{OH} (лог. «1»), V_{OL} (лог. «0»).



TEXAS INSTRUMENTS

SN74HC00

SCLS041 – DECEMBER 1982 – REVISED NOVEMBER 2022

Quad 2-Input NAND Gates

1 Features
- Wide operating voltage range: 2 V to 6 V
- High-speed CMOS
- Low power consumption
- TTL-compatible input levels
- Drive 10 LSTTL loads

2 Description
The SN74HC00 contains four independent 2-input NAND gates. It is fabricated using high-speed CMOS technology and is pin compatible with standard 74xx devices.

3 Pin Configuration

(Top View)

4 Recommended Operating Conditions

Parameter	Symbol	Min	Max	Unit
Supply voltage	V_{CC}	2	6	V
Input voltage	V_I	0	V_{CC}	V
Operating temperature	T_A	−40	+85	°C

5 Logic Diagram (Positive Logic)

6 DC Electrical Characteristics (V_{CC} = 5 V, T_A = 25 °C)

Parameter	Symbol	Min	Max	Unit
Input high voltage	V_{IH}	3.5	—	V
Input low voltage	V_{IL}	—	1.5	V
Output high voltage	V_{OH}	4.4	—	V
Output low voltage	V_{OL}	—	0.33	V
Input current	I_{IN}	—	±1	μA
Output current	I_{OUT}	±4	±4	mA

7 Switching Characteristics (V_{CC} = 5V, C_{L} = 15 pF)

Parameter	Symbol	Min	Max	Unit
Propagation delay time (A or B to Y)	t_{pd}	—	10	ns
Output rise time	t_r	—	15	ns
Output fall time	t_f	—	15	ns

3 Шығыстардың орналасуы
Пиндер (қоректендіру, кірістер, шығулар).

4 Логикалық схемасы
Микросхема ішіндегі элементтердің сұлбасы.

8 Токтар
Кіріс және шығыс токтары. (I_{IN}, I_{OUT}).

9 Таралу кідірісі
Логикалық сигналдың таралу уақыты (tpd).

Қорытынды: ИМС таңбалануы → Datasheet → параметрлер → схемаға қолдану

Бақылау сұрақтары

1. Логикалық 0 және 1 физикалық түрде қалай беріледі?
2. Транзистор цифрлық схемада қандай қызмет атқарады?
3. Логикалық элемент пен транзисторлық схеманың айырмашылығы қандай?
4. ТТЛ дегеніміз не?
5. ТТЛ-де қандай транзистор қолданылады?
6. КМОП дегеніміз не?
7. КМОП-та неге NMOS және PMOS бірге қолданылады?
8. КМОП-инвертор қалай жұмыс істейді?
9. ТТЛ мен КМОП-тың негізгі айырмашылығы неде?
10. 74LS00 және 74HC00 таңбаланулары нені білдіреді?
11. Бір 74HC00 микросхемасында неше NAND элементі орналасқан?
12. VIL және VIH нені білдіреді?
13. tpd дегеніміз не?
14. Fan-out дегеніміз не?
15. Datasheet не үшін қажет?