

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ
СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты
«Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар» кафедрасы



SATBAYEV
UNIVERSITY

№12 ДӘРІС

Тақырыбы: «Логикалық элементтердегі транзисторлардың рөлі және комбинаторлық логикалық схемалар»

Оқытушы: Хабай А.

ELC5511 «Электроника және схемотехника»

Алматы 2025 ж.



Логикалық элементтердегі транзисторлардың рөлі және комбинаторлық логикалық схемалар



Дәрістің мақсаты мен міндеттері



1. Логикалық элементтерде транзистордың қосқыш ретіндегі жұмыс принципін түсіндіру;
2. Негізгі логикалық қақпаларды (AND, OR, NOT) транзисторлар арқылы құру жолын үйрену;
3. Комбинаторлық логикалық схемалардың қолданылу салаларын көрсету;
4. Булева алгебра және Де Морган заңдарының логикалық өрнектерді түрлендірудегі маңызын түсіндіру.

Мазмұны

1. Кіріспе
2. Транзисторлар арқылы логикалық элементтерді құру
3. Логикалық элементтердегі транзисторлардың рөлі
4. Логикалық элемент
5. Логикалық элементтерді жасау үшін қолданылатын технологиялар
6. Логикалық элементтердің транзисторлық сұлбалары
7. Комбинаторлық логикалық схемалардың практикада қолданылу
8. Қорытынды
9. Бақылау сұрақтары

Кіріспе

Бұл дәрісте транзисторлардың цифрлық логикадағы негізгі рөлі, логикалық элементтердің транзисторлық жүзеге асырылуы және комбинаторлық логикалық схемалардың практикада қолданылуы қарастырылады. Компьютерлер мен сандық құрылғылардың жұмысы тек екілік сигналдарға (0 және 1) негізделгендіктен, транзисторлар — кез келген цифрлық жүйенің ең басты құрылыс материалы болып табылады.

Логикалық элементтердегі транзисторлардың рөлі

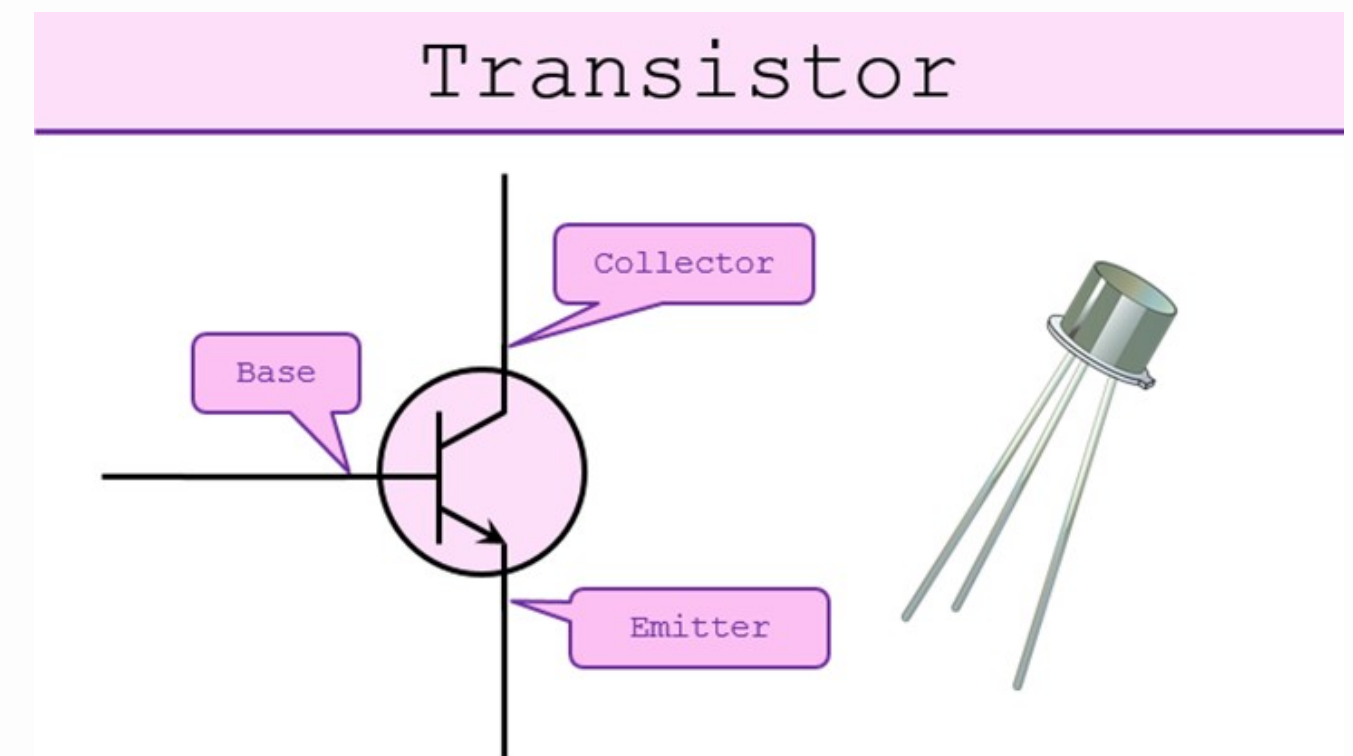
Транзисторлар – бұл қосқыш ретінде жұмыс істейтін электрондық компоненттер, олар электр тогының өтуін немесе тоқтауын басқарады. Цифрлық логикада екі негізгі күйлер болады: "0" (токтың болмауы) және "1" (токтың болуы). Транзисторлар осы екі күйді басқару арқылы логикалық операцияларды орындайды.

Цифрлық логикалық элементтерді құрастыру үшін көбінесе MOSFET (Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor) типті транзисторлар қолданылады. MOSFET транзисторлары екі түрге бөлінеді: NMOS және PMOS. NMOS және PMOS транзисторларының бірлесіп жұмыс істеуі арқылы әртүрлі логикалық операцияларды орындауға болады.

Өздеріңіз білетіндей, компьютерлер тек 0 және 1-ден тұратын екілік деректерді өңдей алады. Бұл негізгі өңдеу компоненттері (мысалы, орталық процессор) транзисторлардан жасалғандығына байланысты : қосуға болатын (1) және өшіруге болатын кішкентай электронды қосқыштар (0) .

Транзистор – үш түйреуіштері бар электронды компонент. Негізінен, транзистор - қосқыш (екі түйреуіш арасындағы: коллектор мен эмитент), база деп аталатын үшінші істікте шағын ток болуы арқылы жұмыс істейді .

Транзистордың негізіне кернеуді қолдану коммутаторды қосуға қалай тең екенін түсіну үшін осы транзистордың астындағы құсбелгілерді пайдаланыңыз.



ЛОГИКАЛЫҚ ЭЛЕМЕНТ

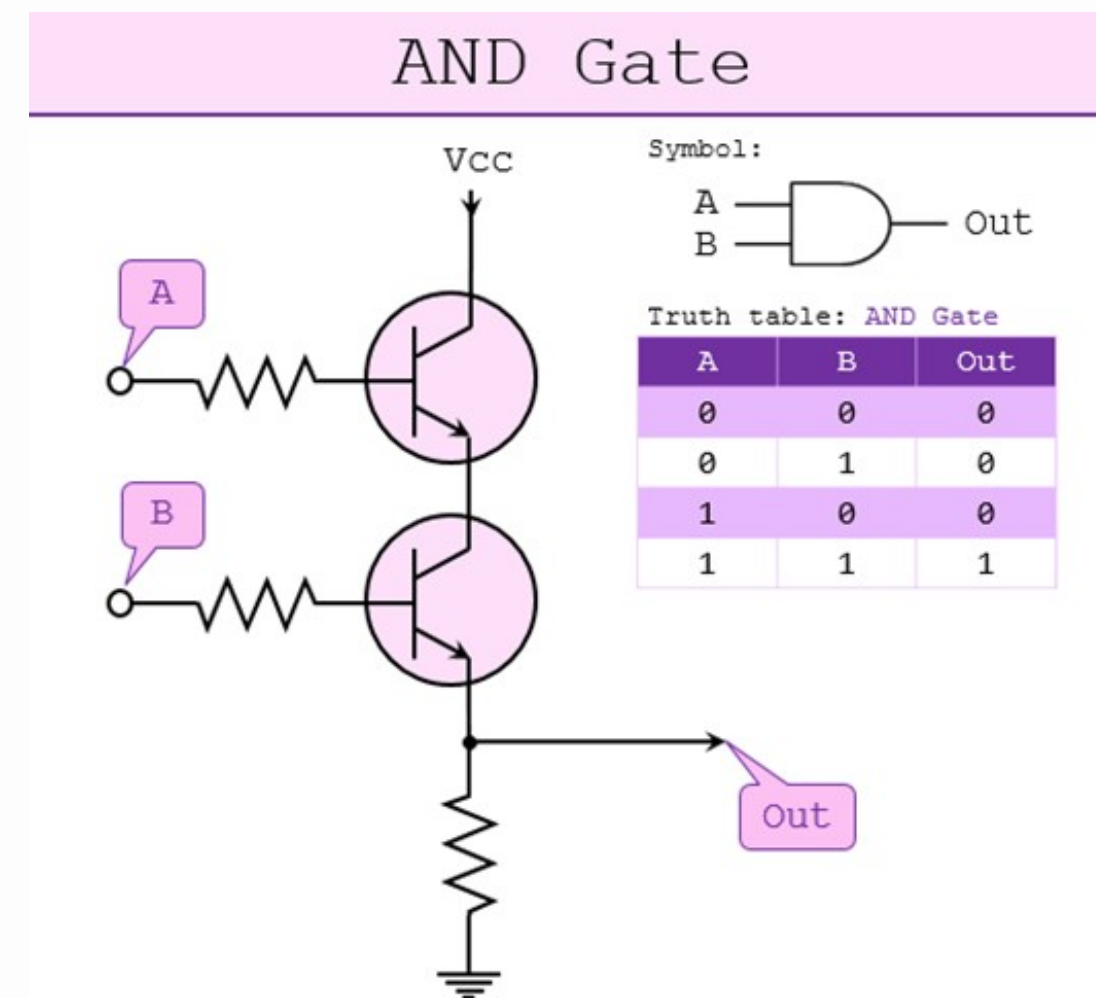
Логикалық элемент – бір немесе екі транзистордан тұратын және екілік деректерді өңдеу үшін қолданылатын шағын электронды схема. ЖӘНЕ қақпасы, НЕМЕСЕ Gate, NOT Gate, XOR қақпасы және NAND элементтерін логикалық қақпалар кез келген компьютерлік жүйенің негізгі құрылыс блоктары болып табылады.

Бірнеше транзисторларды біріктіру арқылы кейбір логикалық қақпаларды жасайсыз. Содан кейін логикалық қақпаларыңызды барлық ықтимал кіріс комбинациялары үшін логикалық қақпаларыңыздың барлық шығыстарын көрсететін ақиқат кестесі арқылы мінез-құлқын жазу үшін тексереміз.

ЖӘНЕ элементі екі немесе одан көп кіріс сигналдары болған жағдайда ғана шығыста бірлік сигналын береді, егер барлық кірістерде де логикалық "1" болса.

- MOSFET транзисторларының КМОП (CMOS) конфигурациясында екі NMOS транзисторы тізбектей қосылып, ал екі PMOS транзисторы параллель қосылады.

- Егер екі кіріс те "1" болса, NMOS транзисторлары ашылады, бұл кезде ток шығысқа өтеді, сондықтан шығыста "1" болады.
- Басқа кез келген комбинация кезінде шығыс "0" болады.

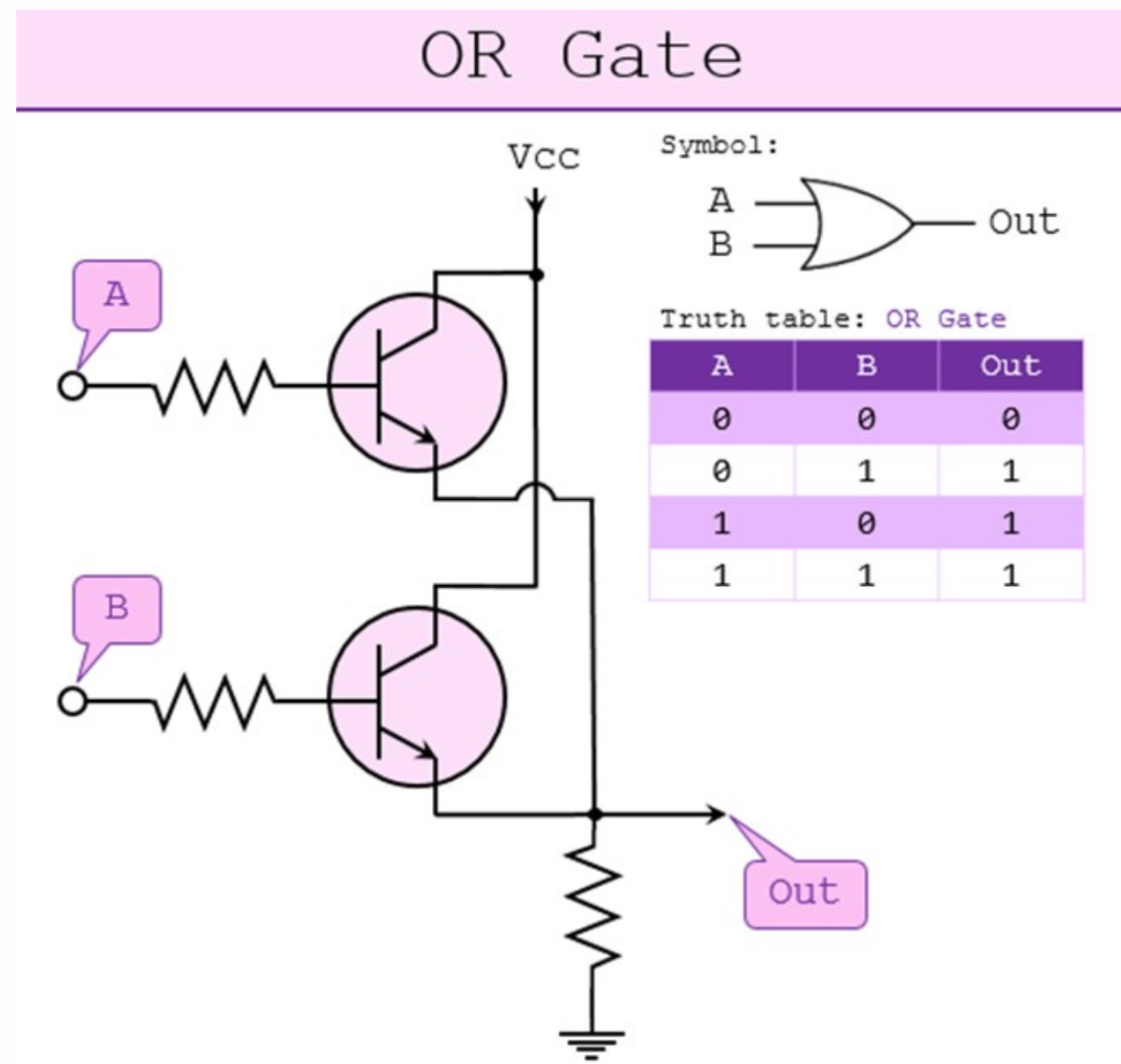


ЛОГИКАЛЫҚ ЭЛЕМЕНТ

НЕМЕСЕ элементі кез келген кірісте "1" сигнал болған жағдайда шығыста "1" береді.

НЕМЕСЕ элементін жасау үшін NMOS транзисторлары параллель, ал PMOS транзисторлары тізбектей қосылады.

Егер кез келген кірісте "1" болса, NMOS транзисторларының бірі ашылады, және ток шығысқа өтеді, нәтижесінде шығыста "1" болады.



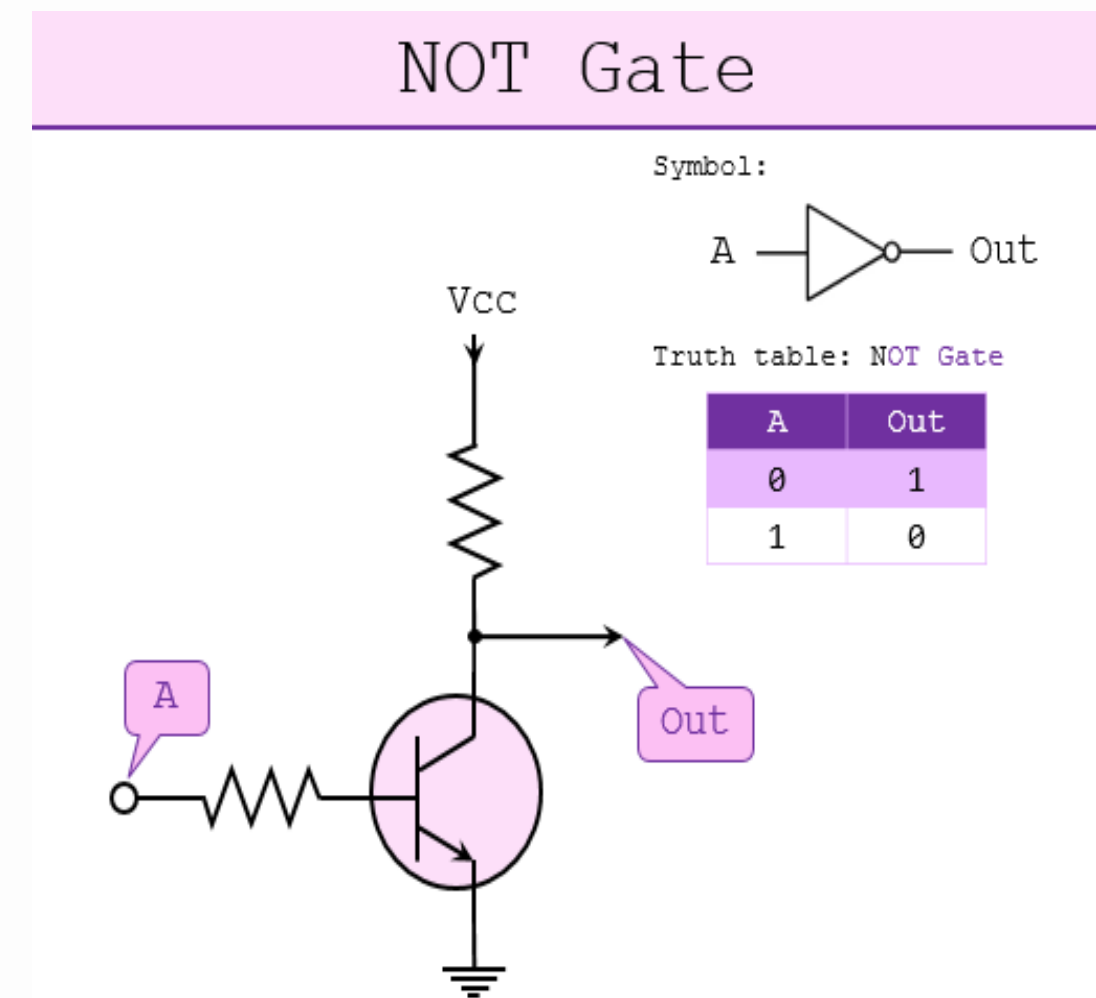
ЛОГИКАЛЫҚ ЭЛЕМЕНТ

ЕМЕС элементі кіріс сигналын инверсиялайды, яғни кірісте "1" болса, шығыста "0" және керісінше.

NOT элементін жасау үшін бір PMOS және бір NMOS транзисторы қолданылады.

Егер кіріс "0" болса, PMOS транзисторы ашылып, шығысқа "1" сигналын береді.

Егер кіріс "1" болса, NMOS транзисторы ашылып, шығысқа "0" сигналын береді.



Логикалық элементтерді жасау үшін қолданылатын технологиялар

КМОП (CMOS) технологиясы: Бұл технология транзисторлардың екі түрін — NMOS және PMOS — қолданып логикалық элементтерді құрастыру үшін кеңінен қолданылады. КМОП логикалық элементтері аз қуат тұтынып, өте тиімді болып табылады, сондықтан интегралдық микросхемаларда кеңінен қолданылады.

ТТЛ (TTL) технологиясы: Транзистор-транзистор логикасы (TTL) биполярлы транзисторларды қолданады. TTL технологиясы қуат тұтынуды азайту үшін күрделі болып келеді, бірақ ол кеңінен қолданылып, сенімді және жоғары жылдамдықты логикалық схемалар үшін қолайлы.

Логикалық элементтердің транзисторлық сұлбалары

AND элементі: Транзисторлар тізбектей қосылады, бұл тек барлық транзисторлар ашық болғанда ғана шығысқа ток өткізеді.

OR элементі: Транзисторлар параллель қосылады, бұл кез келген транзистор ашық болғанда шығысқа ток өткізеді.

NOT элементі (инвертор): Транзистордың кірісі арқылы берілген сигнал шығыста кері мәнге инверсияланады.

Транзисторлардың жұмыс істеу принципі

NMOS транзисторы ток өткізеді, егер оның қақпасында (gate) "1" болса.

PMOS транзисторы ток өткізеді, егер оның қақпасында "0" болса.

Осы қасиеттерді қолдана отырып, кіріс сигналдарына байланысты токтың өту-өтпеуі арқылы қажетті логикалық операциялар орындалады.

Комбинаторикалық логикалық схемалар – бұл цифрлық схемалардың бір түрі, онда шығу сигналдары кіріс сигналдарының тек ағымдағы мәндеріне тәуелді болады. Яғни, оларда есте сақтау элементтері жоқ, сондықтан олар тек логикалық операцияларға сүйене отырып, белгілі бір логикалық функцияларды орындайды

Комбинаторлық логикалық схемалардың практикада қолданылу

Комбинаторлық логикалық схемалардың негізгі мақсаты – құрылғылар мен жүйелердің жұмысын ұйымдастыру, деректерді өңдеу және басқару процестерін автоматтандыру.

Қолданылу салалары:

- Арифметикалық және логикалық операциялар – процессорлардағы арифметикалық-логикалық құрылғылар (қосу, азайту, AND, OR, XOR).
- Деректерді түрлендіру – кодерлер, декодерлер, мультиплексорлар арқылы кодтау, түрлендіру және сигналдарды коммутациялау.
- Басқару жүйелері – шарттарды тексеріп, құрылғыларды қосу/өшіру, робототехникадағы сенсорлық мәліметтерді өңдеу.
- Жадысыз құрылғылар – дешифраторлар мен жеті сегментті дисплейлерде сандарды көрсету.
- Цифрлық байланыс жүйелері – сигналдарды кодтау/декодтау, арналарды мультиплекстеу, ақпаратты шифрлеу.
- Сандық құрылғылар – сағаттарда уақытты есептеу, калькуляторларда арифметикалық операцияларды орындау.

Комбинаторикалық логикалық схемалар

Бірнеше логикалық кіріс айнымалыларын логикалық шығыс айнымалыларына біріктіретін, логикалық қақпалар деп аталатын тізбектерді қарастырамыз. Біз логикалық қақпалардың сыртқы ерекшеліктеріне назар аударамыз. Кейінірек, 12-тарауда, қақпалық тізбектердің өріспен әсерлесетін транзисторлармен қалай жүзеге асырылатынын көреміз.

Жоғарыда айтпақшы болған тізбектерді жадысы жоқ деп айтады, өйткені олардың берілген шығысындағы мәндері тек қана кірісіндегі мәндерге байланысты болады. Кейінірек, біз логикалық схемаларды қарастырамыз, олардың жадысы бар, өйткені олардың шығу шамалары бұрынғыға, сондай-ақ, қазіргі уақыттағы кіріс мәндеріне байланысты болады.

AND қақпасы

Маңызды логикалық функция - AND операциясы деп аталады. AND операциясы екі логикалық айнымалы А және В-ны АВ ретінде көрсетеді, “А және В” деп оқыйды. AND операциясы кейде логикалық көбейту деп аталады.

Комбинаторлық логикалық жүйені анықтаудың бір жолы - кіріс айнымалыларының барлық ықтимал комбинацияларын және тиісті шығыс мәндерін тізімдеу. Мұндай тізім шындық кестесі деп аталады. Екі айнымалы операцияға арналған AND шындық кестесі 10.12(a) -суретте көрсетілген. А мен В-ның екеуі де 1 болса ғана, АВ – 1-ге тең болатынын ескеріңіз.

Бұл операция үшін келесі байланыстарды жазуға болады:

$$\overline{A \vee B} = \overline{A} \wedge \overline{B} \quad (1.1)$$

$$\overline{A \wedge B} = \overline{A} \vee \overline{B} \quad (10.2)$$

$$\overline{\overline{A \wedge B}} = A \wedge B \quad (10.3)$$

$$\overline{\overline{A \vee B}} = A \vee B \quad (10.4)$$

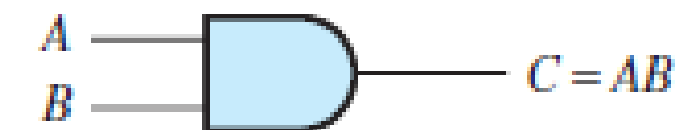
$$\overline{(\overline{A \wedge B}) \vee (\overline{A \vee B})} = A \wedge B \quad (10.5)$$

Екі шығысы бар AND қақпасы үшін схемалық символ (яғни, шығысындағы өндіретін тізбек AND операциясының кірісіндегі операцияға тең) 10.12(b)-суретінде көрсетілген.

Екіден астам кірісі бар AND қақпасы болуы мүмкін. Мысалы, үш кірісі бар AND қақпасына арналған шындық кестесі мен тізбек символы 10.13-суретте көрсетілген.

<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C = AB</i>
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

(a) Truth table



(b) Symbol for two-input AND gate

10.1-сурет. Екі кірісі бар AND қақпасы

Логикалық инвертор

Логикалық айнымалы мәндегі NOT әрекеті логикалық айнымалыға арналған жолақты үстеу арқылы көрсетіледі. Егер $A = 0$, $\bar{A} = 1$, және керісінше болса, белгісі « A емес» немесе «кері A » деп оқылады.

NOT операциясын орындайтын тізбектер инвертор деп аталады. Инвертор үшін шындық кестесі мен схема символы 10.14-суретте келтірілген. Инвертор таңбасының шығысында орналастырылған көпіршік инверсияны көрсету үшін пайдаланылады.

NOT операциясы үшін келесі операцияларды оңай орындай аламыз:

$$\overline{\overline{A}} = A \quad (10.6)$$

$$\overline{A+A} = A \quad (10.7)$$

A	$\bar{A}$
0	1
1	0

(a) Truth table

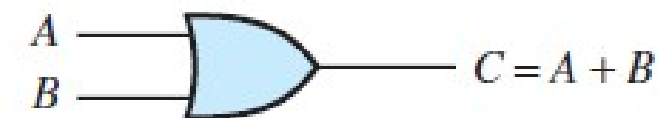


(b) Symbol for an inverter

10.2-сурет. Логикалық инвертор

A	B	$C = A + B$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

(a) Truth table



(b) Symbol for two-input OR gate

10.3-сурет. OR қақпасының екі кірісі

OR қақпасы

Логикалық айнымалылардың OR операциясы $A+B$ деп жазылған, ол «А немесе В» деп оқылады. Екі кірісі бар OR қақпасының шындық кестесі мен схема символы 10.15-суретте келтірілген. А немесе В (немесе екеуіде) 1-ге тең болса, $A+B=1$ болатындығын ескеріңіз. OR операциясы кейде логикалық қосымша деп аталады. Үш-кіріс немесе кіру қақпасының шындық кестесі мен схема символы 10.16-суретте көрсетілген. OR операциясы үшін, біз мыналарды жаза аламыз.



(10.8)



(10.9)



(10.10)



(10.11)

<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D = A + B + C</i>
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

(a) Truth table



(b) Circuit symbol

10.4-сурет. Үш кірісті OR қақпасы

Қорытынды:

Транзисторлар – логикалық операцияларды жүзеге асыратын электронды қосқыштар;
MOSFET негізіндегі CMOS технологиясы аз қуат тұтынатын және тиімді логикалық элементтерді жасауға мүмкіндік береді;
Логикалық қақпалар (AND, OR, NOT) барлық күрделі цифрлық жүйелердің базалық блоктары;
Комбинаторлық схемалар арифметикалық-логикалық құрылғыларда, кодер/декодерлерде, мультиплексорларда, дисплей жүйелерінде, байланыс және басқару құрылғыларында кеңінен қолданылады;
Булева алгебрасы мен Де Морган заңдары логикалық өрнектерді ықшамдап, эквивалентті сұлбаларды құруға жағдай жасайды.

Бақылау сұрақтары

1. Транзистордың логикалық элементтердегі негізгі рөлі қандай?
2. NMOS пен PMOS транзисторларының айырмашылығы неде?
3. CMOS технологиясының TTL-ден артықшылықтары қандай?
4. AND, OR, NOT қақпаларының жұмыс принципін сипаттаңыз.
5. Комбинаторлық схемалардың практикада қолданылу салаларына мысал келтіріңіз.
6. Булева алгебра дегеніміз не және ол не үшін қолданылады?
7. Де Морган заңдарының мәнін түсіндіріп, мысал келтіріңіз.
8. Неге кез келген логикалық функцияны тек AND және NOT қақпалары арқылы жүзеге асыруға болады?

Назарларыңызға
рақмет!

