

## 2. Логик элементүүд

Өмнө өгүүлсэнчлэн ямар төрлийн сигнал боловсруулж байна вэ гэдгээс шалтгаалан электрон төхөөрөмжүүдийг *тоон* болон *аналог* гэж хоёр ангилдаг. Өөрөөр хэлбэл аналог, сигналыг боловсруулж байвал аналог төхөөрөмж, тоон сигналыг боловсруулж байвал тоон төхөөрөмж хэмээн нэрлэж болно гэсэн үг. Тэгэхээр тоон сигнал болон аналог сигналуудын ялгааг тодотгож өгөх хэрэгтэй. Аналог сигнал гэдэг нь тасралтгүй үргэлжлэх сигнал буюу хугацааны тодорхой завсарт тасралтгүйгээр аажим өөрчлөгдөж байдаг. Харин тоон сигнал гэдэг голдуу хоёрхон төлөвтэй бөгөөд энэ хоёр төлвийн нэгээс нөгөөд хугацааны хувьд бараг нэг эгшинд шилжиж байдаг. Жишээлбэл: 0V-ийн хүчдэлийн түвшингөөс 5V-ийн хүчдэлийн түвшинд шилжихэд маш бага хугацаа зарцуулдаг. Энэ хоёр төлөвийг *логик өндөр* болон *логик нам түвшингүүд* гэж нэрлэдэг. Тоон төхөөрөмж нь оролтонд орж ирэх логик түвшингүүдэд харгалзан гаралтын тодорхой утгуудыг (логик түвшинг) гаргадаг. Дурын тоон төхөөрөмжийн суурь элемент буюу хамгийн бага нэгж нь *логик элементүүд* юм. Тоон төхөөрөмжүүдийг эдгээр үндсэн логик элементүүд дээр тулгуурлан зохион бүтээдэг. Нэгэнт тоон төхөөрөмжийн нэгж элемент учраас оролт болон гаралтын утгууд нь тоон хэлбэрт буюу логик өндөр түвшин болон логик нам түвшингээр илэрхийлэгдэнэ. Харин энэ хоёр түвшинг цифрээр илэрхийлбэл ямар үр дүнд хүрэх вэ? Өөрөөр хэлбэл, логик өндөр түвшинг "1", логик нам түвшинг "0" гэж тэмдэглэвэл бидэнд эдгээр логик түвшингүүдийг уншиж ойлгох болон тооцоог хийхэд хялбар болно. Өөрөөр хэлбэл тоон төхөөрөмжийн боловсруулах сигналын тооцоо хоёртын тооллын системд хийгдэнэ гэсэн үг юм.

Хэд хэдэн үндсэн логик элементүүд байдаг. Жишээ нь AND, OR, NOT гэх мэт. Эдгээр тус бүрдээ тодорхой логик үйлдлүүдийг гүйцэтгэнэ. Мөн эдгээр логик үйлдлүүдийг тэмдэглэсэн тэмдэглэгээ байдаг. Үнийг логик диаграмм гэж нэрлэдэг. Энэ бүлэгт логик элементүүдийн гүйцэтгэх үйлдэл, логик үйлдлүүдийг илэрхийлэх аргууд зэрэгтэй танилзанахаас гадна зарим үндсэн логик элементүүд интеграл микросхемд хэрхэн зохион байгуулагдсан байдгийг мэдэх болно.

**2.1 AND логик.** Өмнө өгүүлсэнчлэн тоон төхөөрөмжүүдийн оролтын болон гаралтын утга нь хоёртын тооллын системд илэрхийлэгдэж болно. Энэ нь оролтын утга логик "1" юм уу, логик "0" гэсэн утгуудын хослолууд байхад гаралтын утга тэдгээр хослолуудаас хамаарч логик "1"/"0" гэсэн утга авч байна.

AND логикийг А, В гэсэн хоёр оролттой Y гэсэн нэг гаралттай байна гэж төсөөлье. Уг логикийн гүйцэтгэх үйлдлийг логик үржих үйлдэл гэж нэрлэж болох бөгөөд дараахь байдлаар тодорхойлж болно. *Оролтын (А болон В) утгуудын аль нэг нь "0" байвал гаралтын (Y) утга "0" байна.* Үүнийг А болон В оролтын бүх боломжит утгуудын хослолоор хүснэгтлэн харуулбал:

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

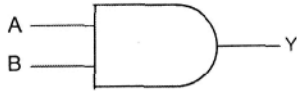
Энэн хүснэгтийг логик AND үйлдлийн үнэний хүснэгт гэж нэрлэнэ.

Логик үйлдлүүдийг илэрхийлэх бас нэг арга нь илэрхийллийн арга юм. Жишээ нь логик AND үйлдлийг энэ аргаар илэрхийлье. Дээр өгүүлсэнчлэн энэ логикийг логик үржих үйлдэл гэж нэрлэдэг гэсэн. Үүнтэй уялдаад илэрхийлэл нь дараахь хэлбэртэй байна.

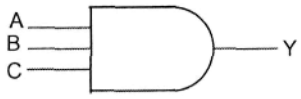
$$Y = A \cdot B = AB$$

Дээрхи илэрхийллийг А болон В-ийн логик үржвэр нь Y, эсвэл Y нь A and B тэй тэнцүү гэх мэтээр уншиж болно.

Вид дээр логик үйлдлийг илэрхийлэх хоёр аргатай танилцлаа (логик AND үйлдэл дээр). Харин гурав дахь арга нь *логик диаграмм* юм. Логик үйлдэл бүрт харгалзсан логик диаграммууд байх бөгөөд тэдгээр нь тухайн логик үйлдлийг зургаар илэрхийлж байдаг. Жишээ нь AND логикийг илэрхийлсэн логик диаграммбг зурагт үзүүлжээ.



Үүнийг хоёр оролттой AND-ийн логик диаграмм гэж нэрлэнэ. Мөн оролтын тоо хоёроос олон байж болно. Жишээ болгож гурван оролттой логик элементийн логик диаграмм, илэрхийлэл, үнэний хүснэгт зэргийг үзүүлье.



$$Y = ABC$$

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

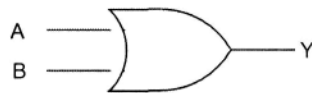
Аливаа логик элементийн үнэний хүснэгт нь уг логик элементийн оролтын бүх комбинацид харгалзах гаралтын утгуудыг харуулж байдаг. Харин оролтын боломжит бүх комбинацийн тоо нь оролтын тоотой хамааралтай байдаг. Хэрэв оролтын тоог  $n$  гэж үзвэл оролтын комбинацийн тоо нь  $2^n$  болно. Жишээ нь оролтын тоо  $n = 2$  байхад оролтын бүх боломжит комбинацийн тоо нь  $2^2 = 4$  байна, оролтын тоо  $n = 3$  байхад оролтын комбинацийн тоо  $2^3 = 8$  байх жишээтэй.

**2.2 OR логик.** Энэхүү логикийг оролтын утгуудын аль нэг нь "1" бол гаралтын утга "1" байна гэж тодорхойлж болно. Логик илэрхийлэл нь "+" тэмдэг ашигладаг.

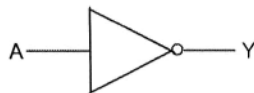
$$Y = A + B$$

Дээрхи илэрхийллийг А болон В-ийн логик нийлбэр нь Y, эсвэл Y нь А or В тэй тэнцүү гэж эншиж болно. Үнэний хүснэгт болон логик диаграммыг үзүүлье.

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



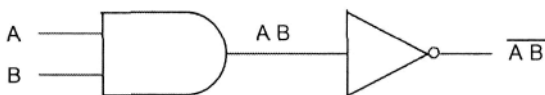
**2.3 Инвертер.** Гаралтын утга нь оролтын утгын эсрэг утга байдаг логик элементийг инвертер гэнэ. Өөрөөр хэлбэл оролтын утга "1" байвал гаралтын утга "0", оролтын утга "0" бол гаралт нь "1" байх логик юм. Уг логикийг NOT элемент гэх нь ч бий.



$$Y = \bar{A}$$

A	Y
0	1
1	0

Зурагт инвертерийн логик диаграмм, логик илэрхийлэл, үнэний хүснэгтийг үзүүлжээ. **NAND, NOR логик элементүүд**, Бүх логик үйлдлүүдийг бидний үзсэн 3 үндсэн логик элементүүд дээр тулгуурлан зохион байгуулдаг. Өөрөөр хэлбэл бусад логикууд бүгд энэ 3-ын хослолуудаас тогтдог. Хамгийн энгийн жишээ нь NAND логик юм. NAND логикийг оролтуудын аль нэг нь "1" үед гаралтын утга "0" байна гэж тодорхойлж болно. Энэ нь AND логикийн гаралтын утгаас иверс авсантай ижил байх юм. NAND логикийн нэр нь ч NOT AND гэсэн хоёр үгнээс гарч ирсэн нь харагдаж байна. NAND логик үйлдлийн илэрхийллийг бичвэл  $A \cdot B$  буюу  $A$  болон  $B$  - ийн логик үржвэрүүдийн инверс гэсэн утгыг илэрхийлж байна. Зурагт NAND логикийн логик диаграмм, логик илэрхийлэл, үнэний хүснэгтийг харуулжээ. Зургаас харахад NAND гэсэн логик диаграммыг

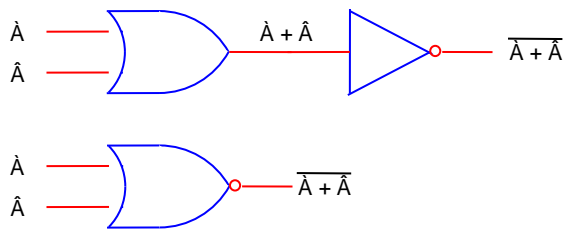


A	B	AB	$\overline{AB}$
0	0	0	1
0	1	0	1
1	0	0	1
1	1	1	0

$$Y = \overline{AB}$$

шинээр зохион байгуулагдсан нь харагдаж байна. Энэ нь AND логикийн ард дугуй тэмдэглэгээ тавьж өгсөнөөр хэрэгжсэн байна. Өөрөөр хэлбэл NOT логикийг дугуй тэмдэглэгээгээр орлуулсан байна.

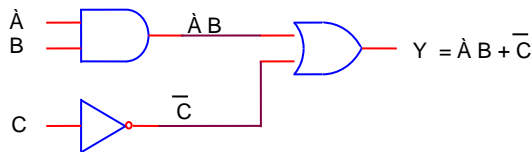
Харин NOR логикийг оролтын утгуудын аль нэг нь "1" байвал гаралтын утга "0" байна гэж тодорхойлж болно. Энэ нь OR логикийн гаралтын утгаас инверс авсантай ижил юм. NOR логикийн логик диаграмм, логик илэрхийлэл, үнэний хүснэгтийг дараахь зурагт харуулжээ.



A	B	A+B	$\overline{A+B}$
0	0	0	1
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	1	0

$$\overline{A+B} = \overline{A} + \overline{B}$$

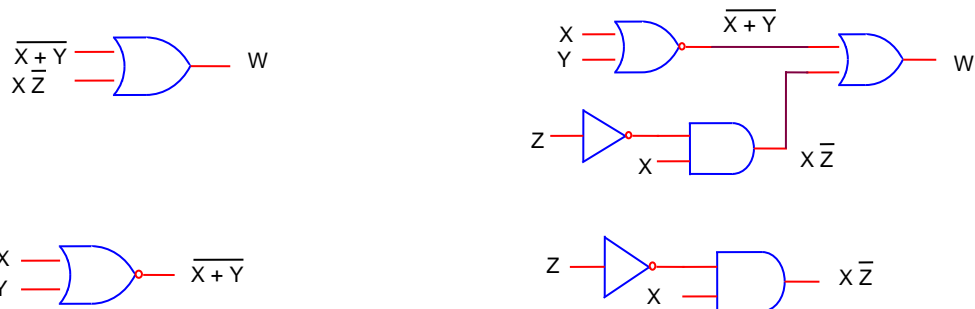
**2.4 Логик диаграммаас логик тлэрхийлэл болон үнэний хүснэгтийг зохион байгуулах.** Тоон системийн логик диаграммаас логик илэрхийллийг нь гаргаж ирэхийн тулд логик элемент бүрийн гаралт тус бүр дээр харгалзах илэрхийллийг бичээд байхад хамгийн эцэст нь системийн гаралтанд харгалзах илэрхийлэл гарч ирнэ. Уг илэрхийлэл нь тухайн логик диаграммд харгалзах логик илэрхийлэл юм. Зурагт логик диаграммаас логик илэрхийллийг хэрхэн гаргаж ирэхийг харуулжээ



Эндээс харахад системийн оролтын утгууд логик элементүүдээр (логик нэмэгч олон инвертер) дамжин тодорхой үр дүнг гаргах бөгөөд эдгээр нь дараагийн шатны логик элементийн (логик нэмэгчийн) оролтын утгууд болно. Харин логик диаграммаас үнэний хүснэгтийг гарагахын тулд логик элементийн гаралт тус бүрт харгалзах багануудыг хүснэгтэд бий болгох хэрэгтэй. Жишээ нь хүснэгтэд А, В, С гэсэн орролтын утгуудыг илэрхийлэх багануудаас гадна А В, С гэсэн утгуудыг илэрхийлэх багануудыг бий болгож тэдгээрийн утгуудыг оролтын хослолуудад харгалзуулан бичинэ. Өмнө өгүүлсэнчлэн эдгээр нь дараагийн шатны оролтын утгууд болох тул А В болон С<sup>^</sup>-ийн хослолуудад харгалзах гаралтын утгуудыг хүснэгтэд бичинэ. Үүний дүнд уг логик диаграммд харгалзах үнэний хүснэгт гарч ирнэ.

$\bar{N}$	$\bar{A}$	$\bar{B}$	$\bar{A}\bar{B}$	$\bar{N}$	$\bar{A}\bar{B} + C$
0	0	0	0	1	1
0	0	1	0	1	1
0	1	0	0	1	1
0	1	1	1	1	1
1	0	0	0	0	0
1	0	1	0	0	0
1	1	0	0	0	0
1	1	1	1	0	1

**2.5 Логик илэрхийллээс үнэний хүснэгт болон логик диаграммыг гаргаж авах.** Өмнө үзсэний адилаар логик илэрхийллээс логик диаграмм, үнэний хүснэгт хоёрыг гаргаж авч болно.  $W = X + Y + XZ$  логик илэрхийллээс логик диаграммыг гаргаж авъя. Илэрхийллээс харахад гаралтын утга W нь  $X + Y$  болон  $XZ$ -ийн нийлбэрээс тогтож байна. Эдгээр логик нийлбэр болон логик үржвэрүүдийг логик диаграммаар дүрслэвэл:

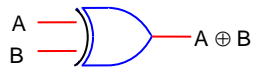


Харин логик диаграмм гарчихсан тохиолдолд өмнө өгүүлсэний адилаар үнэний хүснэгтийг зохиож болно. Мөн илэрхийллийн утганд оролтын утгуудын бүх комбинацуудыг орлуулан тавьж тухаян комбинацмд харгалзах гаралтын утгуудыг харгалзуулан хүснэгтлэх замаар үнэний хүснэгтийг гаргаж болох юм.

**2.6 Адил биш болон адил утгын логикууд.** Өмнө үзсэн логик элементүүдээс гадна адил биш утгын логик, адил утгын логик гэгддэг хоёр суурь логик элементүүд байдаг. Гэхдээ эдгээрийг AND, OR, инвертер гурваар илэрхийлэх боломжтой.

Адил биш утгын логик элементийг (XOR - Exclusive OR) *оролтын утгуудын адил биш байвал гаралтын утга "1" байна* гэж тодорхойлж болно. Өөрөөр хэлбэл, Оролтын утгуудын нэг нь "1" нөгөө нь "0" байх тохиолдол бүрт гаралтын утга "1" байна гэсэн үг юм. Зурагт XOR логикийн үнэний хүснэгт болон логик диаграммыг харуулжээ.

B	A	$A \oplus B$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0



$$\bar{A}B + A\bar{B} = A \oplus B$$

Зургаас XOR үйлдлийг  $\oplus$  гэж тэмдэглэж байгаа нь харагдаж байна.

Дараагийн нэг үндсэн логик элемэн бол адил утгын логик юм. Түүнийг логикийг *оролтын утгууд ижил бо гаралтын утга "1" байна гэж тодорхойлж* болох юм. Өөрөөр хэлбэл оролтын утгууд адилхан "1" эсвэл адилхан "0" тохиолдолд л гаралтын утга "1" байна гэсэн үг юм. Адил утгын логик нь (XNOR -Exclusive NOR) адил утгын логикийн эсрэг үйлдэл хийдэг буюу адил утгын логикийн инверс юм. Иймд XNOR-ийн логик диаграммыг XOR-ийн логик диаграммын гаралтанд дугуй тэмдэг тавьсанаар гаргаж авсан байна.

$$A \odot B = A \oplus B$$

Зурагт XNOR-ийн логик диаграмм болон үнэний хүснэгтийг харуулжээ.

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



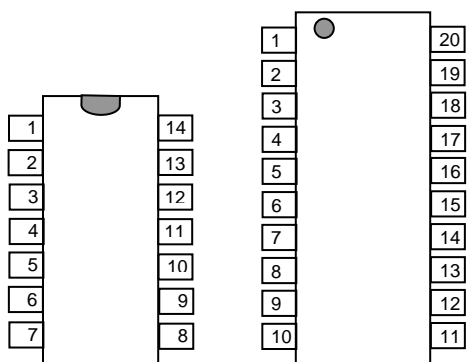
$$AB + \bar{A}\bar{B} = A \odot B$$

**2.7 7400 бүлгийн логикуудын танилцуулга.** Дараагийн бүлгүүдэд бид транзистор транзисторын логик (TTL) гэгдэх интеграл микросхемүүдийн бүлгийн талаар судлах болно. Эдгээр нь тодорхой логик элементүүд болон тэдгээрийн комбинациудаас тогтох хэлхээг агуулсан өргөн хэрэглэгддэг бүлэг юм. Микросхемд оршил логик элементүүдийн оролт болон гаралт нь уг микросхемийн гаргалгуудад холбогдсон байдаг. Жишээ нь 7408 дугаартай микросхем нь 4 ширхэг AND логикийг, 7404 дугаартай микросхем нь 6 ширхэг инвертер агуулсан байдаг.

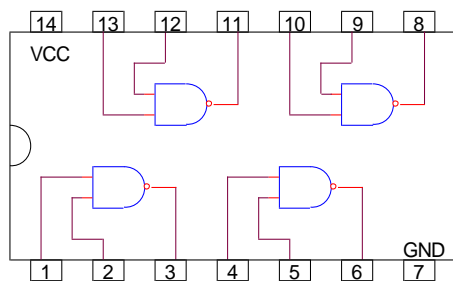
Логик элементийн оролтонд орж байгаа болон гаралтанд гарч байгаа "1", "0" гэсэн

утгуудыг харгалзан *логик өндөр*, *логик нам түвшингүүд* гэж нэрлэдэг. TTL-ийн хувьд логик өндөр түвшин буюу "1" утга нь 5V, харин логик нам түвшин буюу "0" утга 0V-оор илэрхийлэгддэг.

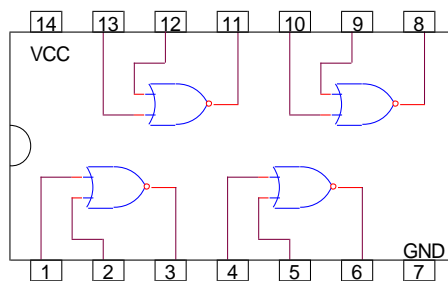
Микросхемүүд нь гадаад холболт хийхийн тулд гаргалгуудтай байдаг. Гаргалгууд нь тодорхой дарааллаар дугаарлагдсан байна. Микросхемийн нэг талд байрлах цэг юм уу нуман тэмдэглэгээ нь микросхемийн тоолох эхлэлийг зааж байдаг. Уг тэмдэгтэгээний зүүн талын гаргалгыг нэг хэмээн тоолох бөгөөд уггаргалгаас цааш үргэлжлүүэн тоолж тэмдэгтэгээний баруун талын гаргалга дээр дугаарлалтыг дуусгадаг. Зурагт эхлэлийн тэмдэглэгээ болон дугаарлалтын жишээг 14 гаргалгатай болон 20 гаргалгатай микросхем дээр харуулжээ. Микросхемийн гаргалгууд оролт юм уу гаралт болохоос гадна уг



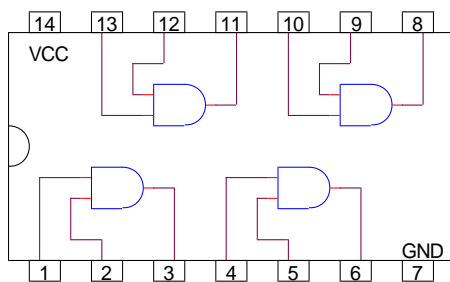
микросхемийг тэжээх тэжээлийн холболтын гаргалга болдог. Гэхдээ зарим гаргалгууд олт хэрэглэгдээгүй байх тохиолдол бий (Ийм гаргалгуудыг лавлагаан дээр MS - по! сопсесйап гэж тэмдэглэсэн байдаг). Хэрхэн холбогддог талаар имкросхемийг үйлдвэрлэгч фирмүүдээс лавлагааг гаргаж өгдөг. 7400 бүлгийн микросхемүүд бүгд 5V-ийн тэжээл хэрэглэдэг. Дараахь зурагт 7400 бүлгийн зарим өргөн хэрэглэгддэг микросхемүүд тэдгээрийн гаргалгуудын холболтыг харуулжээ.



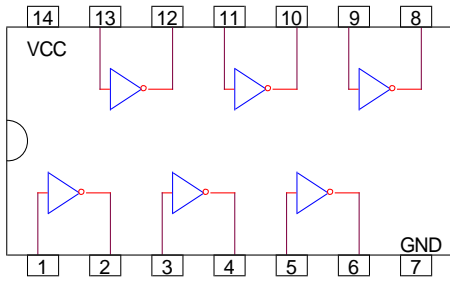
7400: 4 ширхэг NAND



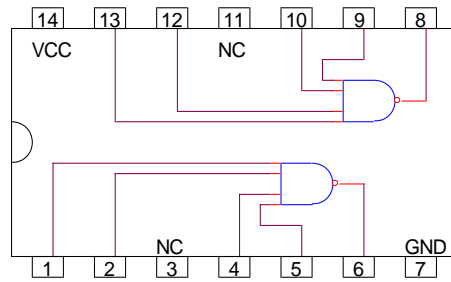
7402: 4 ширхэг NOR



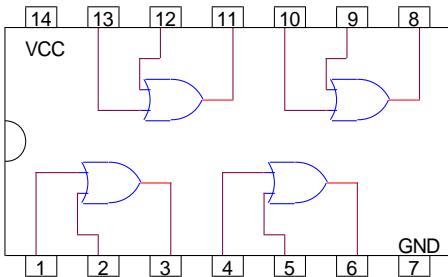
7408: 4 ширхэг AND



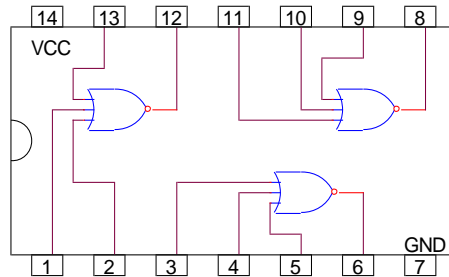
7404: 6 ширхэг NOT



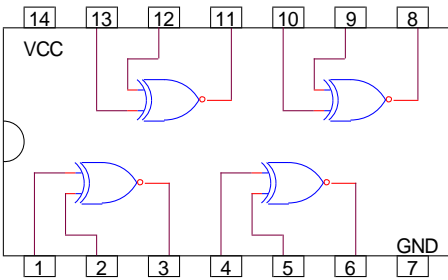
7420: 2 ширхэг 4 оролттой AND



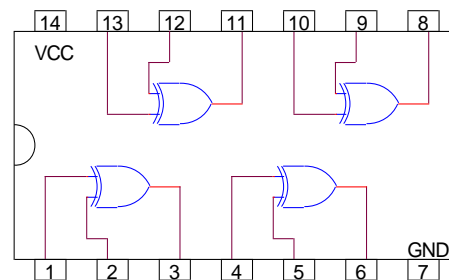
7410: 4 ширхэг 2 оролттой OR



7410: 3 ширхэг 3 оролттой NOR

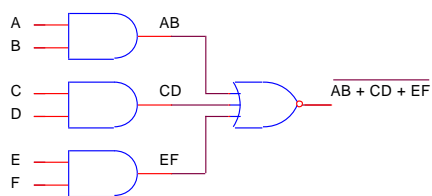


7410: ширхэг 2 оролттой XNOR

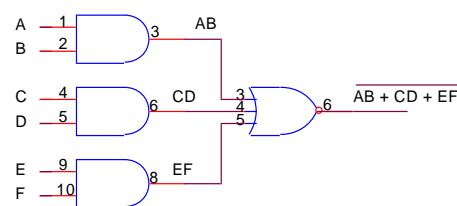


7410: 4 ширхэг 2 оролттой XOR

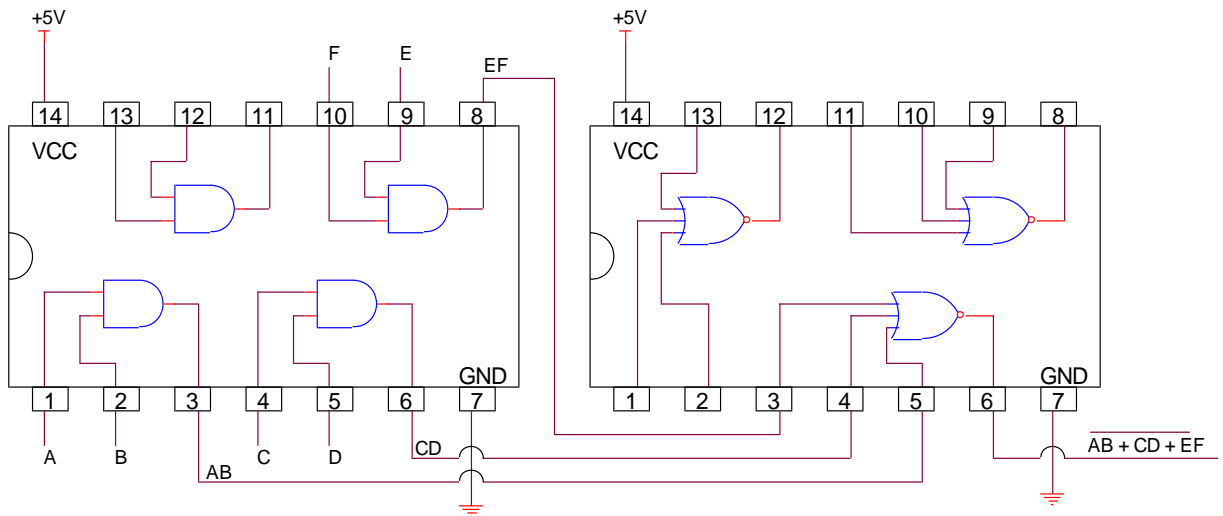
Үйлдвэрлэгчидийн гаргасан эдгээр интеграл микросхемүүдийг ашиглан янз бүрийн логик төхөөрөмжүүдийг угсарч болох бөгөөд дараахь жишээн дээр авч үзье. Логик синтезийн дүнд дараахь логик диаграмм гарсан гэж үзье.



а) Логик диаграмм



а) Холболтын диаграмм



а) Замчлалын диаграмм

Уг схемийг бодит байдалд интеграл микросхемүүдийг ашиглан угсарна. Иймд интеграл микросхемүүдийг хооронд нь холбосон замчлалын диаграмм гарч ирж байна.