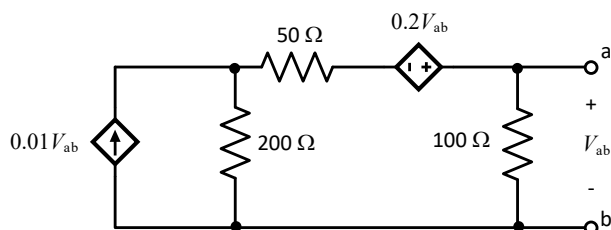


Электроникийн улсын XXII олимпиадын БОДЛОГЫН ТЭМЦЭЭН

Хугацаа: 3 цаг

1. Зурагт үзүүлсэн хэлхээний a-b үзүүрийн хоорондох Тевениний эквивалент хэлхээг ол.



Зүүн гар талаас эхний $0.01V_{ab}$ хүчдэлээс хамаарах гүйдлийн үүсгүүр (VCCS) болон 200Ω эсэргүүцлийг салган эквивалент хүчдэлээс хамаарах тэжээлийн үүсгүүр (VCVS) болон эсэргүүцлээр солиж орлуулж болно.

Гаднаас үүсгүүр холбосон бол – (1 оноо)

Өөрөө үүсгүүргүй тул Тевенин хүчдэл=0 (1 оноо)

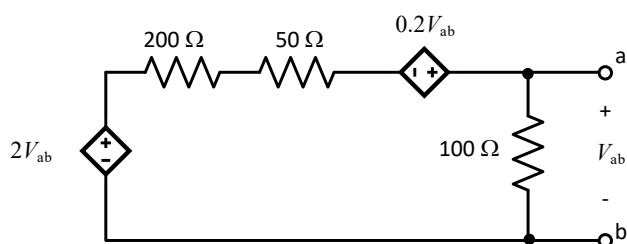
Тевенин эсэргүүцэл - (3 оноо)

Анхны хүрээ эсвэл зангилааны тэгшитгэл эсвэл үүсгүүр хувиргах-(1 оноо)

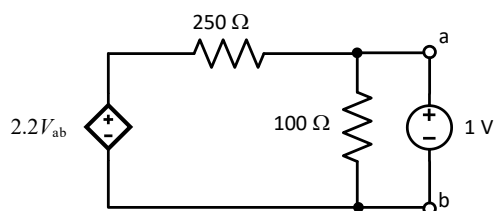
Эсэргүүцэл олсон - (2 оноо)

$$V_e = 0.01V_{ab} \cdot 200\Omega = 2.00V_{ab}$$

$$R_e = 200\Omega$$



Хамааралтай хүчдэлийн үүсгүүрүүд, эсэргүүцлүүдийг нэгтгэн зурвал



Дээрх хэлхээний эквивалент Тевениний эсэргүүцлийг олохын тулд тодорхой хэмжээтэй хүчдэлийн үүсгүүр залгаж холбоход хэлхээгээр гүйдэл гүйнэ. $1.00V$ хүчдэлийн үүсгүүр холбоё. Залгасан тэжээлийн үүсгүүрийн хүчдэлийн гүйдэл харьцуулсан харьцаа Тевениний эквивалент эсэргүүцэлтэй тэнцүү байна.

$$R_{th} = \frac{1.00V}{i_0}$$

i_1 болон i_2 гүйдлийн хүрээг хэлхээнд тэмдэглэн Кирхгофын хүрээ бүрт тэгшитгэлүүдийг бичье.

$$-2.20V_{ab} + 250i_1 + 100(i_1 - i_2) = 0$$

$$100(i_2 - i_1) + 1.00 = 0$$

Нөгөө талаас ab төгсгөлд $1.00V$ тогтмол хүчдэл залгагдсан учир $V_{ab} = 1.00V$ гэж үзэж болно. Орлуулга хийн 2 тэгшитгэлийг эмхэтгэвэл.

$$350i_1 - 100i_2 = 2.20$$

$$100i_1 - 100i_2 = 1.00$$

Эхний тэгшитгэлээс 2 дахь тэгшитгэлийг бүхлээр нь хасвал:

$$250i_1 = 1.20 \Rightarrow \text{эндээс } i_1 = 4.80 \text{ mA}$$

Дээрх системийн 2 дахь тэгшитгэлд i_1 гүйдлийн утгыг орлуулбал

$$i_2 = -5.20 \text{ mA}$$

Хэлхээнд тэмдэглэсэн i_0 гүйдэл нь i_2 гүйдлийн хүрээтэй эсрэг чиглэлтэй тул

$$i_0 = 5.20 \text{ mA}$$

Эндээс өмнө бичсэн илэрхийлдээ энэ олсон гүйдлээ орлуулан бид Тевениний эквивалент эсэргүүлийг олж чадна.

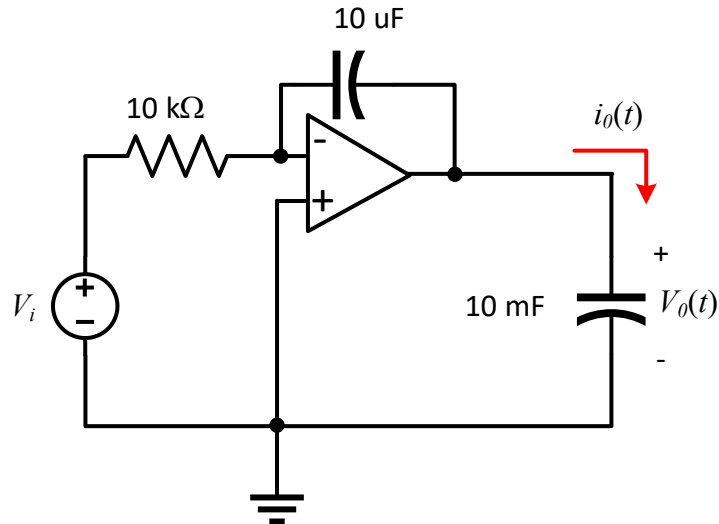
$$R_{th} = \frac{1V}{5.20mA} = 192\Omega$$

2 үзүүртэй шугаман хэлхээний Тевениний хүчдэл V_{th} нь ямар нэгэн ачаалал залгаагүй байх ($R_L = \infty$) үеийн потенциалтай буюу ab үзүүрт өгсөн хүчдэл тэгтэй тэнцүү $V_{ab} = 0$ тул

$$V_{th} = 0$$

байна.

2. Дараах хэлхээний i_0 гүйдлийг бодож ол. $V_i = 6(5 - u(t - 3))$ V



Бодолт

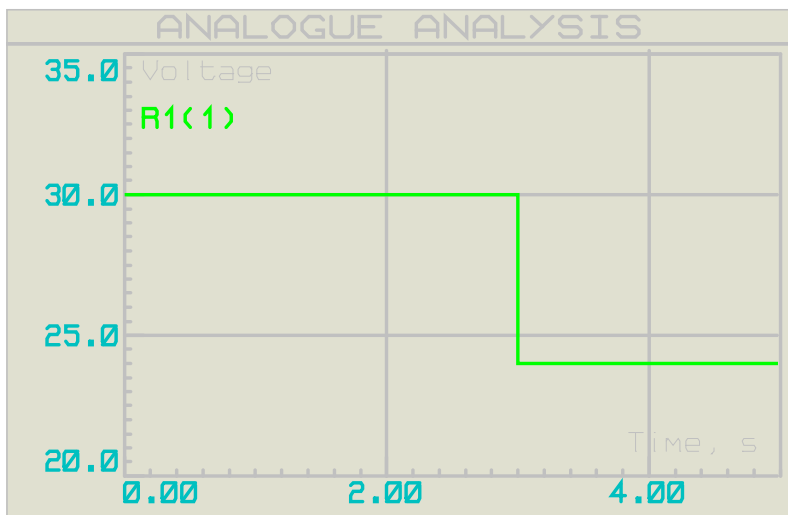
Оролтын хүчдэл дараах байдлаар тодорхойлогдсон:

$$V_i = 6(5 - u(t - 3)) \text{ V}$$

Алхамт функцийг задлаж бичвэл

$$0 < t \leq 3 \text{ үед } v_i = 30 \text{ V}$$

$$3 < t \text{ үед } v_i = 24 \text{ V}$$



Идеаль үйлдлийн өсгөгчийн хувьд оролтын эсэргүүцэл хязгааргүй, нэмэх болон хасах оролтуудын потенциалын зөрүү тэгтэй тэнцүү гэж үзнэ.

$R=10 \text{ k}\Omega$, $C=10\mu\text{F}$ гэж тэмдэглэе. $RC = 0.1 \text{ s}$. Энэ 2 эсэргүүцэл болон

конденсатороор гүйх гүйдэл тэнцүү. Гүйдлээр тэнцүүлээд гаралтын хүчдэлийг бичвэл:

$$dv_o = -\frac{1}{RC} v_i dt$$

Энд v_o нь үйлдлийн өсгөгчийн гаралтын хүчдэл. v_i нь сигналын хүчдэл. Дээрх тэгшитгэлийн 2 талаас зэрэг интеграл авбал:

$$\int dv_o = -\frac{1}{RC} \int v_i dt$$

$0 < t \leq 3$ үед интегралын хилийг орлуулбал

$$v_o = -\frac{1}{RC} \int_0^3 v_i dt$$

Интеграл авбал

$$v_o = -\frac{1}{RC} v_i t \Big|_0^3 + C_0 = -\frac{1}{10 \text{ k}\Omega \cdot 10 \mu\text{F}} 30t \Big|_0^3 + C_0 = -300t + C_0$$

Энд C_0 нь $C = 10 \mu\text{F}$ конденсаторын $t=0$ үеийн хүчдэл бөгөөд 0-тэй тэнцүү.

$$v_o = -300t \quad (0 < t \leq 3)$$

$t = 3$ агшинд гаралтын хүчдэл $v_o = -900V$ болно.

$3 < t$ үед интегралын хилийг орлуулбал дээд хил нь хязгааргүй ∞ байна.

$$v_o = -\frac{1}{RC} v_i t \Big|_3^{\infty} - 900V = -\infty V$$

$V_o = -\infty V$ буюу үйлдлийн өсгөгчийн сөрөг тэжээлд ямар хүчдэл залгасан тухайн хүчдэлтэй гаралтын хүчдэл тэнцүү. Хэрэв сөрөг тэжээлийг $V_{EE} = -15 V$ гэвэл $V_o = -15 V$ тэрнээс илүү их хасах утгатай хүчдэл өгвөл тухайн хүчдэлийг дагана.

Үйлдлийн өсгөгчийн гаралтад залгасан 10 mF багтаамжтай конденсатороор гүйх гүйдэл

$$i_o = C \frac{dv_o}{dt}$$

$0 < t \leq 3$ үед гүйдэл.

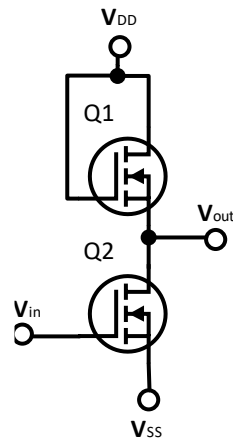
$$i_o = C \frac{d(300t)}{dt} = 10 \text{ mF} \cdot 300 = 3.0 \text{ A}$$

$3 < t$ үед математикийн хувьд дараах тэгшитгэл бичигдэнэ.

$$i_o = C \frac{d(-10 \cdot 24 \cdot t - 900)}{dt} = 10 \text{ mF} \cdot 240 = 2.4 \text{ A}$$

Гэвч бодит байдал болон бүх төрлийн симуляцаар тэжээлийн хүчдэлд очиж гаралтын хүчдэл ханаад $i_o = 0$ болно.

3. Дараах хэлхээний хувьд сул дохионы өсгөлтийн коэффициентийг тодорхойл. Q2 ханалтын горимд байгаа бөгөөд ба $\lambda = 0, \gamma = 0$ гэж үзнэ.



$$\lambda = 0, \gamma = 0$$

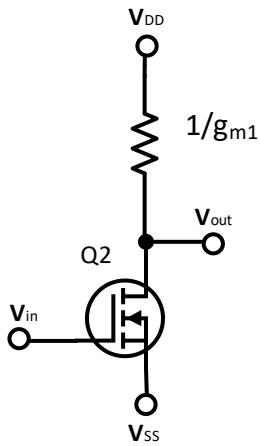
$$\frac{1}{2} \mu_n C_{ox} \frac{W_2}{L_2} (V_{in} - V_{TH1})^2 = \frac{1}{2} \mu_n C_{ox} \frac{W_1}{L_1} (V_{DD} - V_{out} - V_{TH2})^2 \quad (2 \text{ оноо})$$

$$\frac{W_2}{L_2} (V_{in} - V_{TH1})^2 = \frac{W_1}{L_1} (V_{DD} - V_{out} - V_{TH2})^2$$

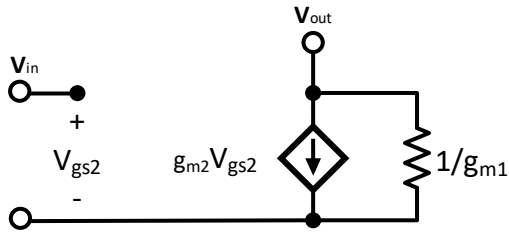
$$\frac{W_2 L_1}{L_2 W_1} = \left(\frac{V_{DD} - V_{out} - V_{TH2}}{V_{in} - V_{TH1}} \right)^2$$

$$\sqrt{\frac{W_2 L_1}{L_2 W_1}} = \frac{V_{DD} - V_{out} - V_{TH2}}{V_{in} - V_{TH1}} \quad (1 \text{ оноо})$$

$$\frac{\partial V_{out}}{\partial V_{in}} = - \sqrt{\frac{W_2 L_1}{L_2 W_1}} \quad (2 \text{ оноо})$$



(1 onoo)



(1 onoo)

$$V_{in} = V_{gs2}$$

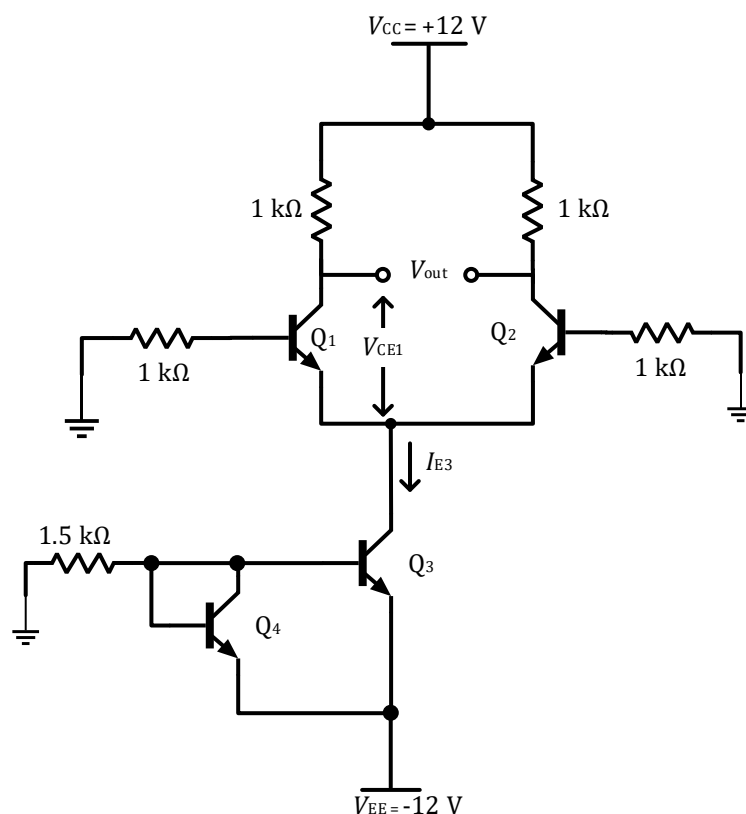
$$V_{out} = -g_{m2} V_{gs2} \cdot \frac{1}{g_{m1}} = -\frac{g_{m2}}{g_{m1}} V_{in} \quad (2 \text{ onoo})$$

$$g_{m1} = \sqrt{2\mu_n C_{ox} \frac{W_1}{L_1} I_D} \quad (0.5 \text{ onoo})$$

$$g_{m2} = \sqrt{2\mu_n C_{ox} \frac{W_2}{L_2} I_D} \quad (0.5 \text{ onoo})$$

$$A_v = -\frac{g_{m2}}{g_{m1}} = -\sqrt{\frac{W_2 L_1}{L_2 W_1}}$$

4. Дараах зурагт үзүүлсэн хэлхээний I_{E3} , V_{CE1} тодорхойл.



$$V_x = -12 + 0.7 = -11.3 \text{ V}$$

$$I_x = \frac{V_x}{1.5k\Omega} = \frac{0-11.3}{1.5k\Omega} = 7.53 \text{ mA} \quad (1 \text{ onoo})$$

$$I_{E3} = I_x = 7.53 \text{ mA} \quad (1 \text{ onoo})$$

$$I_{E1} = I_{E2} = \frac{I_{E3}}{2} = 3.765 \text{ mA} \quad (0.5 \text{ onoo})$$

$$I_{B1} = I_{B2} = \frac{I_{E1}}{\beta + 1} = 37.2 \mu\text{A}$$

$$V_{B1} = V_{B2} = 0 - 1k\Omega \cdot 37.2 \mu\text{A} = -37.2 \text{ mV} \quad (0.5 \text{ onoo})$$

$$V_{E1} = V_{E2} = V_B - 0.7 \text{ V} = -737.2 \text{ mV} \quad (0.5 \text{ onoo})$$

$$V_{C1} = V_{C2} = V_{CC} - 1k\Omega \cdot \alpha \cdot I_{E1} = 8.27 \text{ V} \quad (0.5 \text{ onoo})$$

$$V_{CE1} = V_{C1} - V_{E1} = 8.27 \text{ V} - (-0.737 \text{ V}) = 9 \text{ V} \quad (1 \text{ onoo})$$

5. Зурагт үзүүлсэн хугацааны диаграммын дагуу ажиллах хэлхээг зохио.

Төлөвийн шилжилтийн хүснэгт – 1 оноо
 Карно карт – 2 оноо
 Хэлхээ зурах 2 оноо

Бодлого 5 Өгөгдсөн хугацааны диаграммын дагуу ажиллах хэлхээг зохио.

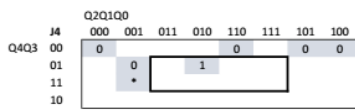
clk	1	2	3	4	5	6	7
Q0	0	1	1	0	0	0	1
Q1	0	0	0	1	0	1	0
Q2	0	0	1	1	1	0	0
Q3	0	1	0	0	0	1	1
	0	9	10	6	2	5	9

Q	Q _t	J	K
0	0	0	*
0	1	1	*
1	0	*	1
1	1	*	0

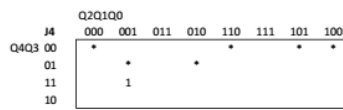
Q	Q _t	D
0	0	0
0	1	1
1	0	0
1	1	1

J	K	Q	Q _{inv}
0	0	Q	Q _{inv}
0	1	0	1
1	0	1	0
1	1	Q _{inv}	Q

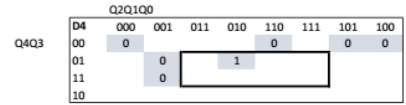
		t+1				t													
Q4	Q3	Q2	Q1	Q0	Q4	Q3	Q2	Q1	Q0	J4	K4	J3	K3	J2	K2	J1	K1	J0	K0
0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	*	1	*	0	*	0	*	1	*
0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	*	*	1	1	*	0	*	*	0
0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	*	0	*	*	0	1	*	*	1
0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	*	0	*	*	0	*	1	0	*
0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	*	1	*	*	1	1	*	0	*
0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	*	*	0	0	*	*	1	1	*
1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	*	1	*	1	0	*	0	*	*	1



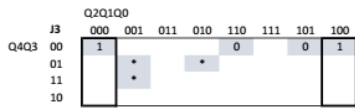
$J4=Q3+Q1$



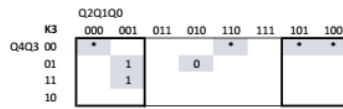
$K4=1$



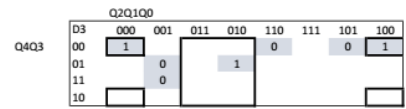
$D4=Q3Q1$



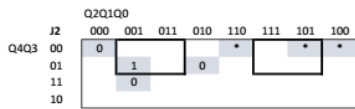
$J3=Q1+Q0$



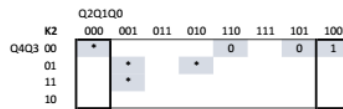
$K3=Q1$



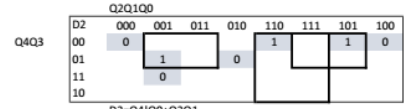
$D3=Q3+Q1+Q0+Q2+Q1$



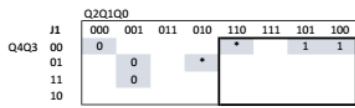
$J2=Q4+Q0$



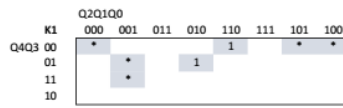
$K2=Q1+Q0$



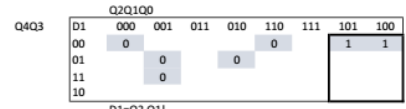
$D2=Q4+Q0+Q2+Q1$



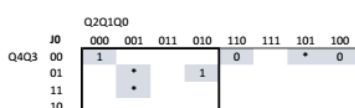
$J1=Q2$



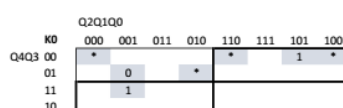
$K1=1$



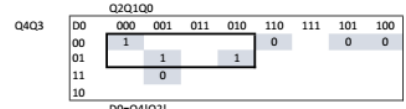
$D1=Q2+Q1$



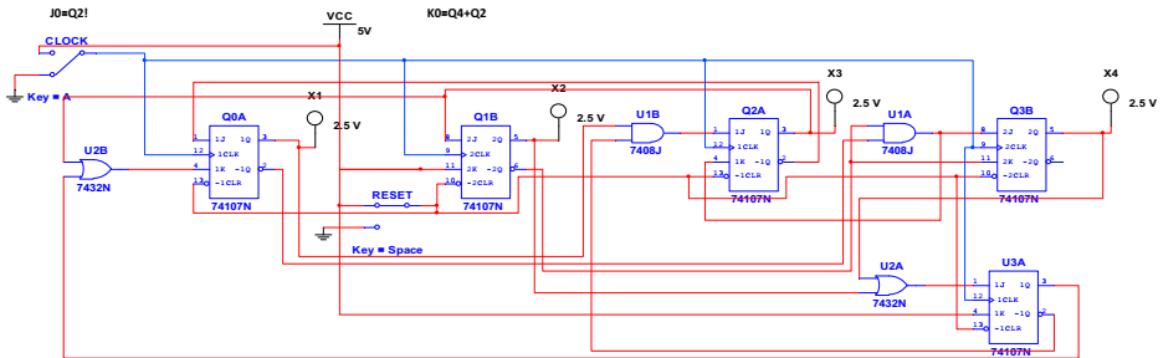
$J0=Q2$



$K0=Q4+Q2$



$D0=Q4+Q2$



6. $F = ABC\bar{D} + A\bar{B}CD$ илэрхийлэл өгөгдсөн бол F болон \bar{F} илэрхийллийг гүйцэтгэх логик хэлхээг 16-аас ихгүй (транзисторын тоо ≤ 16) MOSFET транзистор ашиглан хэрэгжүүл.

Бодолт:

Ашиглах транзисторын тоог аль болох бага байлгах үүднээс эхлээд илэрхийллийг хялбарчилбал:

$$F = ABC\bar{D} + A\bar{B}CD = AC(B\bar{D} + \bar{B}D) \quad (1 \text{ оноо})$$

$$F = AC(B\oplus D) = \overline{AC(B\oplus D)} \quad (1 \text{ оноо})$$

Энэнээс чааш энэ илэрхийлэл хялбарчлагдахгүй тул MOSFET транзистор ашиглан зурж үзье.

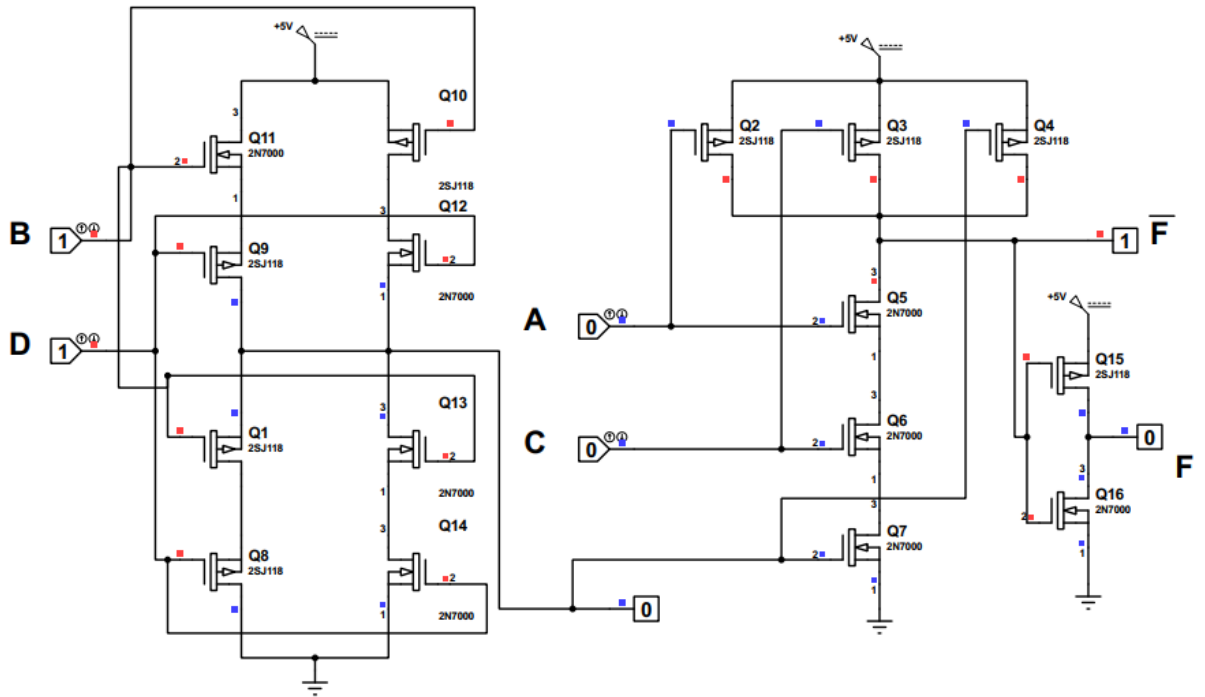
$$F = \overline{AC(B\oplus D)}$$

Хоёр элементийн үнэний хүснэгт нь

Үнэний хүснэгт нь

		Оролт				Гаралт	
№	A	B	C	D	F	Fbar	
1	0	0	0	0	0	1	
2	0	0	0	1	0	1	
3	0	0	1	0	0	1	
4	0	0	1	1	0	1	
5	0	1	0	0	0	1	
6	0	1	0	1	0	1	
7	0	1	1	0	0	1	
8	0	1	1	1	0	1	
9	1	0	0	0	0	1	
10	1	0	0	1	0	1	
11	1	0	1	0	0	1	
12	1	0	1	1	1	0	
13	1	1	0	0	0	1	
14	1	1	0	1	0	1	
15	1	1	1	0	1	0	
16	1	1	1	1	0	1	

Илэрхийлэл XOR , $NAND$, NOT элементүүдээс тогтох тул хэлхээг зурвал



XOR – (1 опоо)
 NAND – (1 оноо)
 NOT – (1 опоо)