

**Миколаївський державний гуманітарний університет  
імені Петра Могили  
комплексу “Києво-Могилянська академія”**

**Кубов В.І.**

**Електронні елементи і схеми**

Довідник

**Методичні вказівки до курсу “Електроніка”**

Випуск 28

Миколаїв – 2005

ББК 32.85  
К 88  
УДК 621.38 (035)

Рекомендовано до друку Вченою радою МДГУ ім. Петра Могили (протокол № 2 (34) від 20.10.2005 р.).

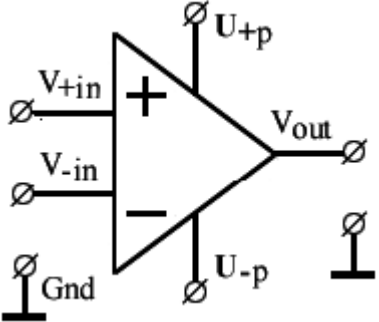
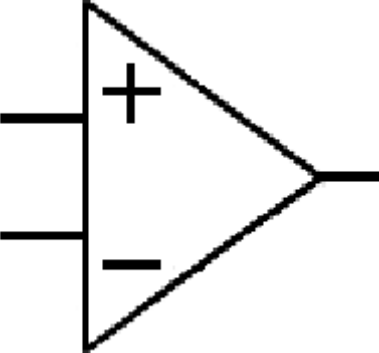
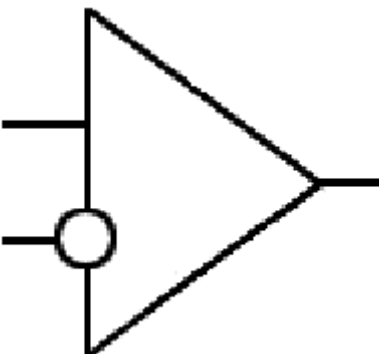
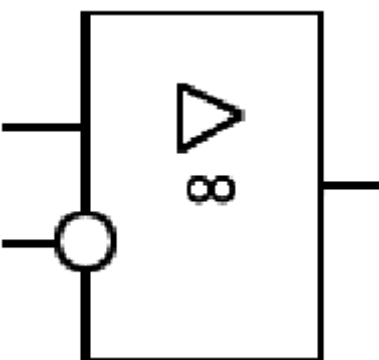
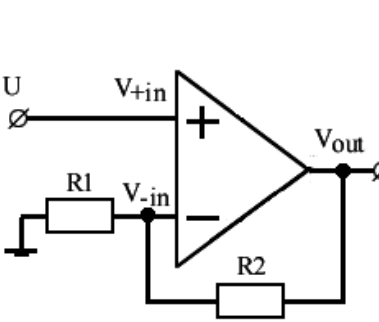
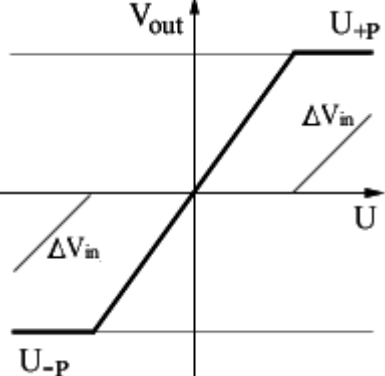
**Рецензенти:** **Кутковецький В.Я.**, д.т.н., професор, факультет комп'ютерних наук МДГУ ім. П. Могили;  
**Гордєєв Б.М.**, к.т.н., директор, головний конструктор “Advanced Measuring Instruments Company”, доцент кафедри морського приладобудування НУК ім. адм. Макарова.

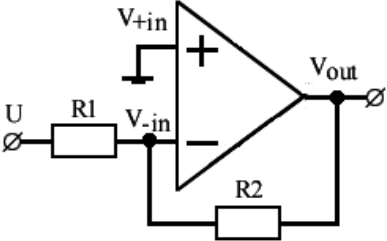
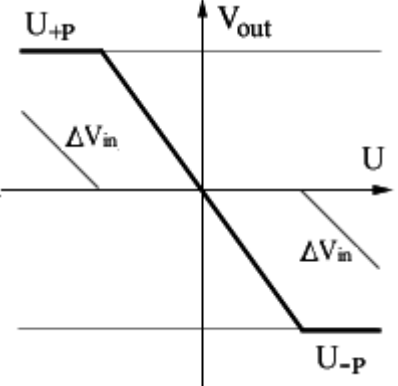
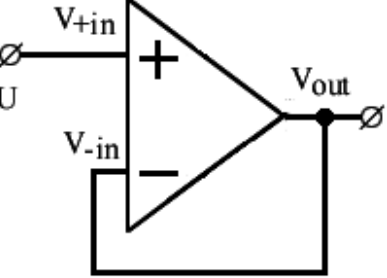
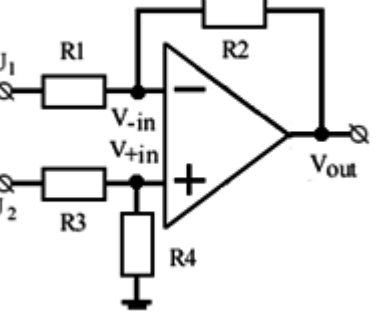
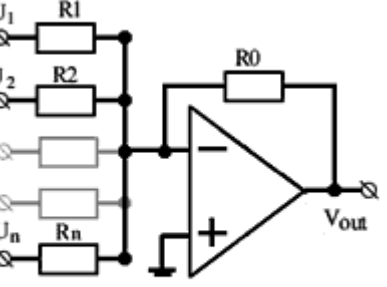
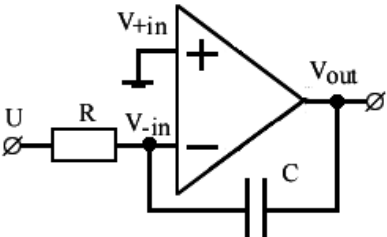
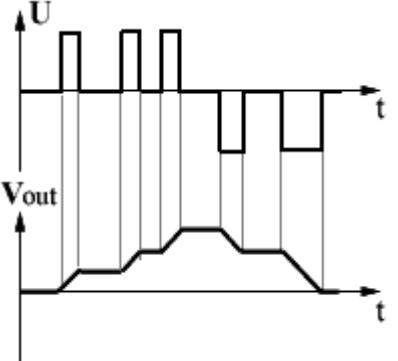
К 88      **Кубов В.І.** Електронні елементи і схеми: Методичні вказівки до курсу “Електроніка”: Довідник. – Миколаїв: Вид-во МДГУ ім. Петра Могили, 2005. – Вип. 28. – 32 с.

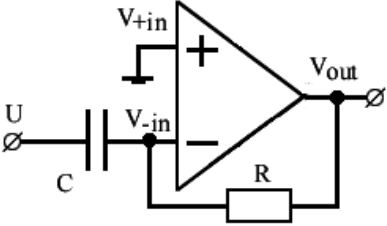
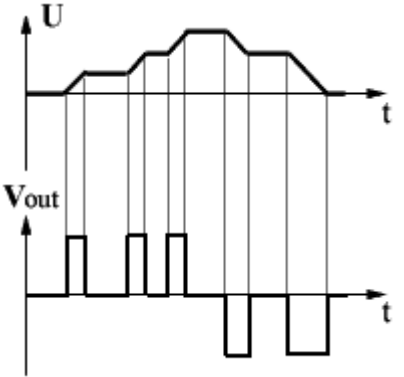
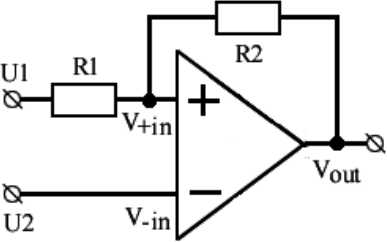
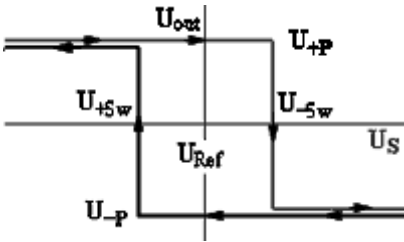
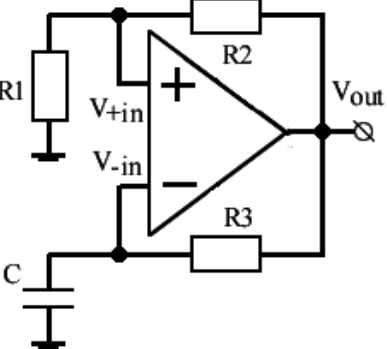
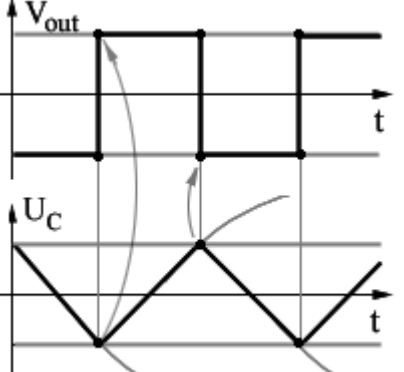
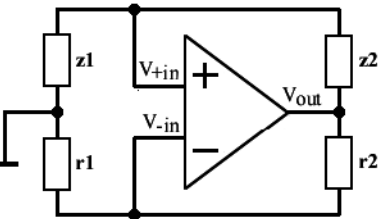
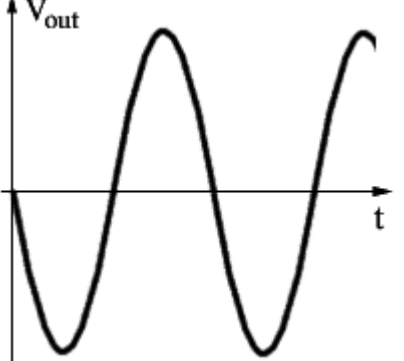
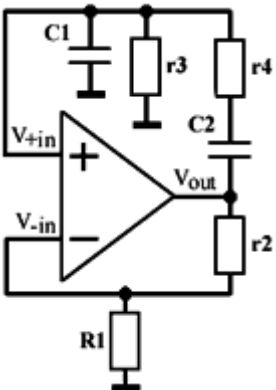
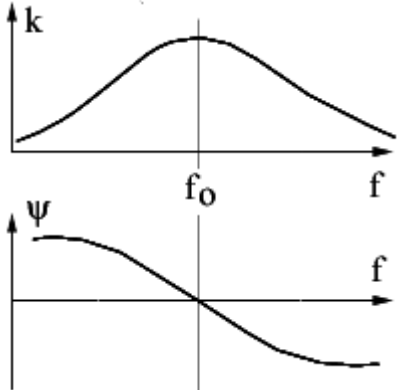
У довіднику розглянуто графічні позначення і головні властивості поширених елементів електронних схем, що використовуються у сучасних медичних приладах. Наведено графіки вольт-амперних характеристик, часові діаграми, таблиці станів, формули наближених аналітичних залежностей для окремих елементів та схем з використанням цих елементів. Довідник побудовано у графічній конспективній формі. Для користування довідником потрібні базові знання з курсів електротехніки та електроніки.


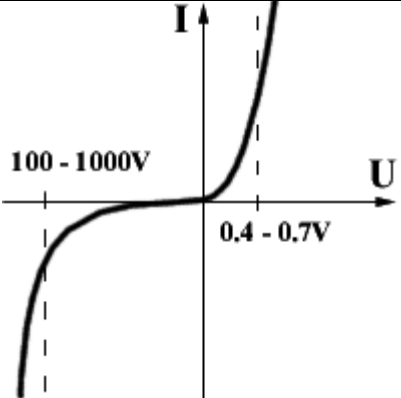

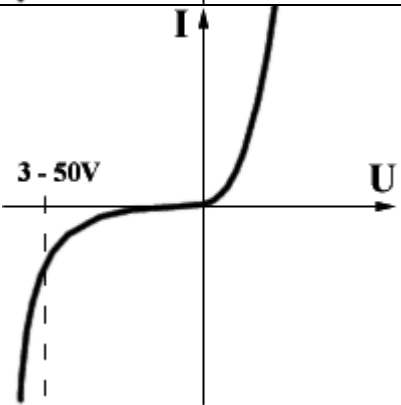

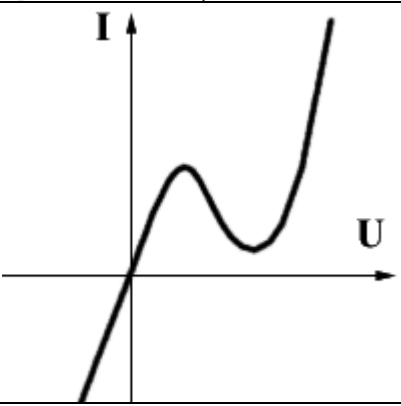

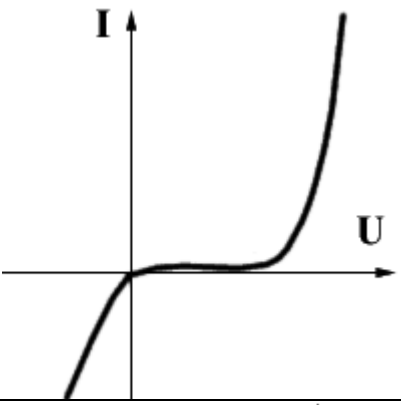

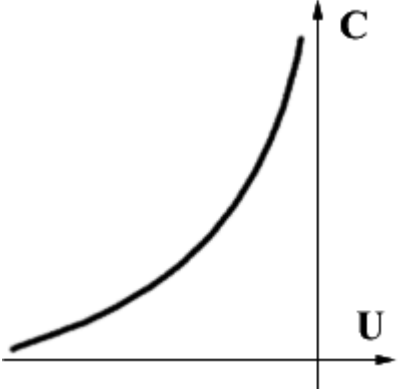
## Зміст


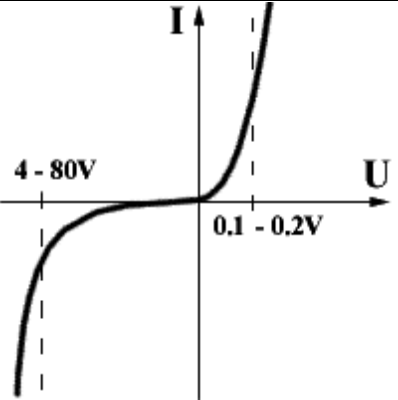
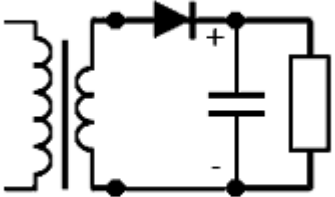
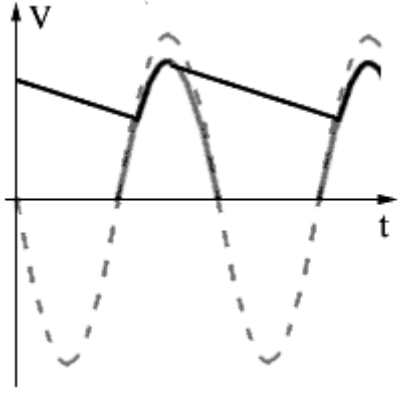
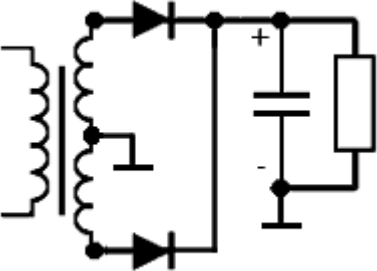
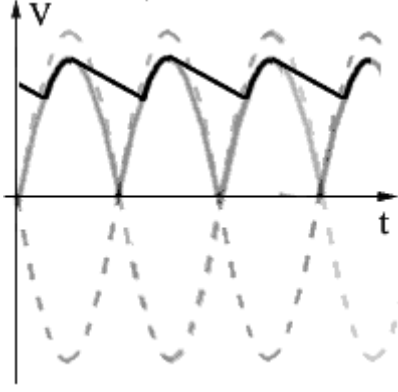
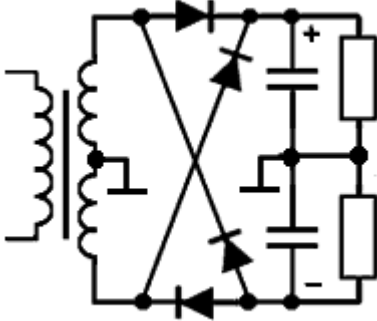
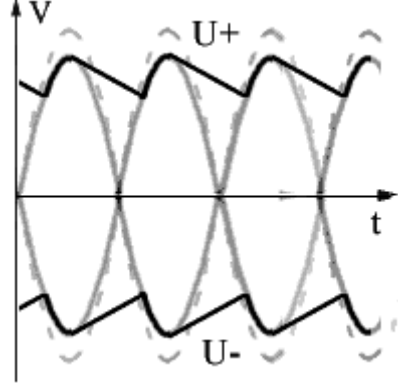
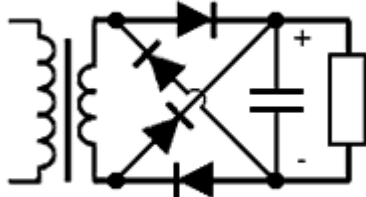
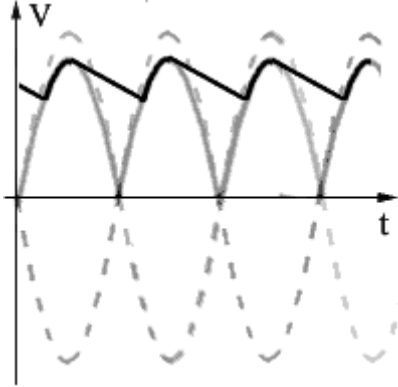
<b>Операційні підсилювачі</b>	4
<b>Діоди</b>	7
Властивості	7
Поширені схеми	8
<b>Транзистори</b>	11
Біполярні	11
Польові	11
Поширені схеми	13
<b>Симістори</b>	17
<b>Світло- і оптоприлади</b>	17
<b>Елементи аналогової схемотехніки</b>	18
<b>Цифрова схемотехніка</b>	19
Логічні елементи	19
Схемотехніка логік	20
Комбінаторні схеми	22
Тригери	24
Регістри	26
<b>Цифро-аналогове перетворювання</b>	26
<b>Джерела живлення</b>	28
Лінійні	28
Імпульсні	28
<b>Вакуумні прилади</b>	29
<b>Газорозрядні прилади</b>	30
<b>Алфавітний покажчик</b>	31

	<p>Операційний підсилювач</p>	$V_{out} = (V_{+in} - V_{-in}) \cdot K;$ $K = \infty;$ $I_{+in} \approx 0; I_{-in} \approx 0$
	<p>Операційний підсилювач</p>	$V_{out} = (V_{+in} - V_{-in}) \cdot K;$ $K = \infty;$ $I_{+in} \approx 0; I_{-in} \approx 0$
	<p>Операційний підсилювач</p>	$V_{out} = (V_{+in} - V_{-in}) \cdot K;$ $K = \infty;$ $I_{+in} \approx 0; I_{-in} \approx 0$
	<p>Операційний підсилювач</p>	$V_{out} = (V_{+in} - V_{-in}) \cdot K;$ $K = \infty;$ $I_{+in} \approx 0; I_{-in} \approx 0$
	<p>Підсилювач без інверсії</p> $V_{out} = U \cdot K;$ $K = R2/R1 + 1;$ $V_{+in} \approx V_{-in};$ $I_{+in} \approx 0; I_{-in} \approx 0$	

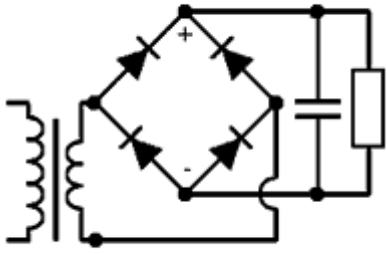
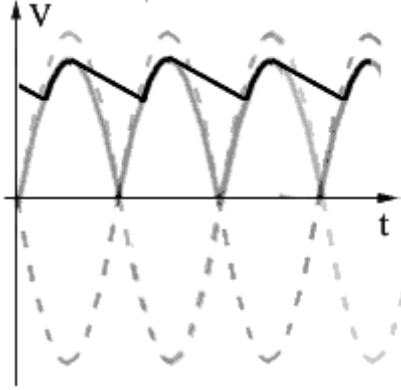
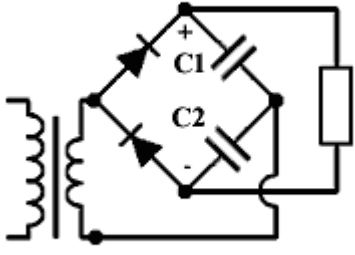
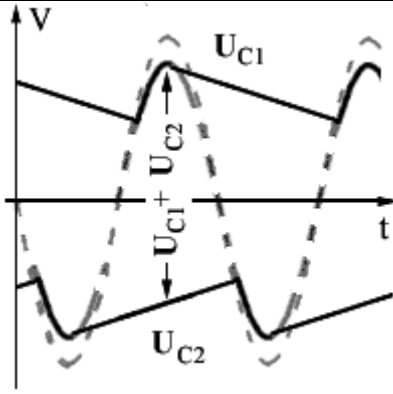
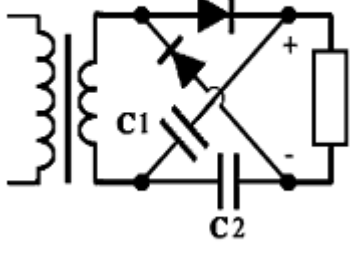
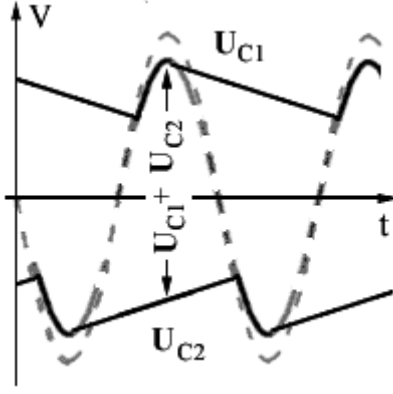
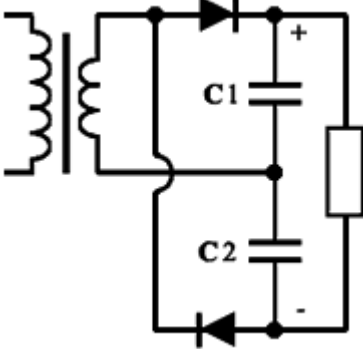
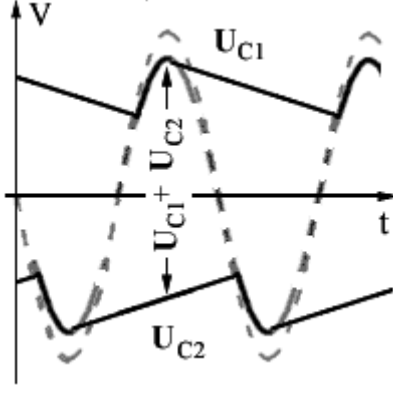
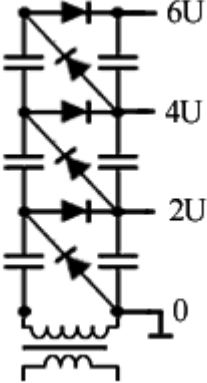
	<p>Підсилювач з інверсією</p> $V_{out} = U \cdot K;$ $K = -R2/R1;$ $V_{+in} \approx V_{-in};$ $I_{+in} \approx 0; I_{-in} \approx 0$	
	<p>Повторювач напруги</p> $V_{out} = U$	
	<p>Диференціальний підсилювач</p> $V_{out} = (V_2 - V_1) \cdot K;$ $R2/R1 = R3/R4 = K;$ $I_{+in} \approx 0; I_{-in} \approx 0$	
	<p>Аналоговий суматор</p> $V_{out} = -\sum U_i \cdot k_i;$ $k_i = R0/Ri;$ $I_{+in} \approx 0; I_{-in} \approx 0$	
	<p>Інтегратор</p> <p>Лічильник імпульсів однакової амплітуди і тривалості</p> $V_{out} = 1/\tau \cdot \int U(t) dt;$ $\tau = R \cdot C$	

	<p>Диференціатор</p> $V_{out} = \tau \cdot dU/dt;$ $\tau = R \cdot C$	
	<p>Компаратор</p> $U_S = U_2;$ $U_{\pm Sw} = U_{Ref} + \Delta U_{\pm};$ $U_{Ref} = U_1 \cdot R_2 / (R_1 + R_2);$ $\Delta U_{\pm} = U_{\pm P} \cdot R_1 / (R_1 + R_2)$	
	<p>Осцилятор</p> $\tau_{RC} = R_3 \cdot C;$ $V_{Sw} \approx V_P \cdot R_1 / (R_1 + R_2);$ $\tau_{Sw} \approx \tau_{RC} \cdot 2 \cdot V_{Sw} / V_P \approx$ $\tau_{RC} \cdot 2 \cdot R_1 / (R_1 + R_2);$ $T = 2 \cdot \tau_{Sw} \approx$ $4 \cdot C \cdot R_3 \cdot R_1 / (R_1 + R_2)$	
	<p>Міст Віна</p> <p>Генератор, якщо <math>z_2/z_1 = r_2/r_1</math></p> <p>Частота <math>f_0</math> визначається за умов балансу, коли <math>z_2(f_0)/z_1(f_0) = r_2/r_1</math></p>	
	<p>Генератор на мосту Віна</p> <p>Частота <math>f_0</math> визначається за умов балансу, коли <math>z_2(f_0)/z_1(f_0) = r_2/R_1;</math></p> $1/z_1 = 1/r_3 + 1/(-i \cdot X_{C1});$ $z_2 = r_4 - i \cdot X_{C2};$ $X_C = 1/(2\pi \cdot f)$	

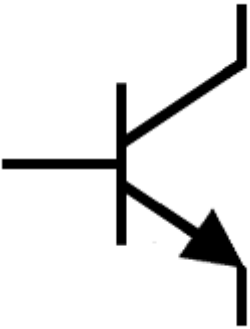
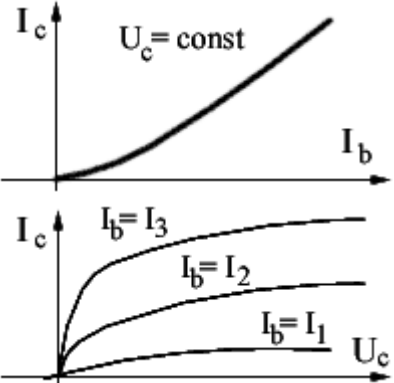
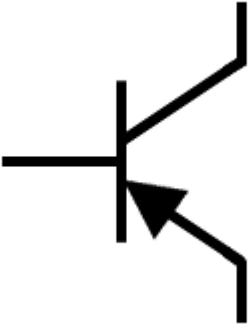
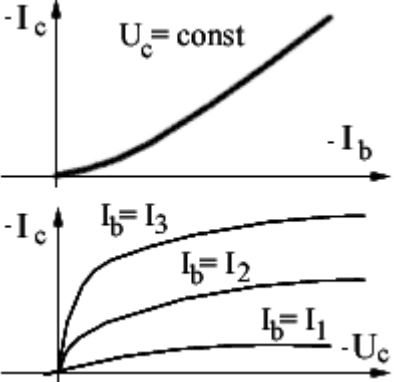
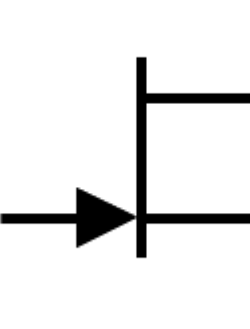
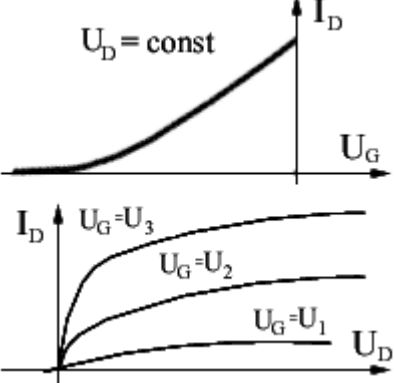
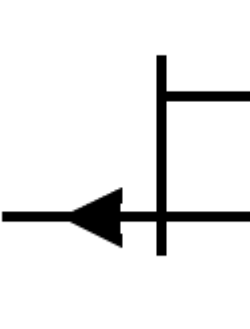
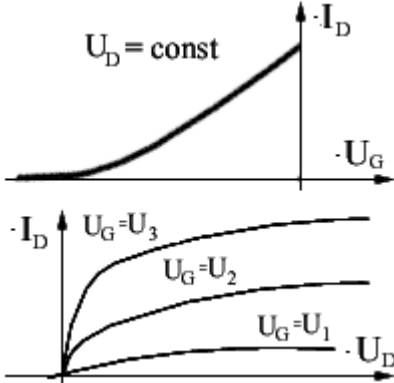
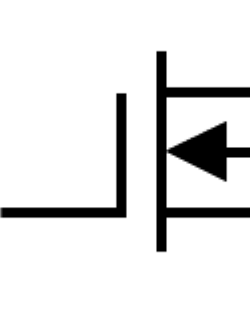
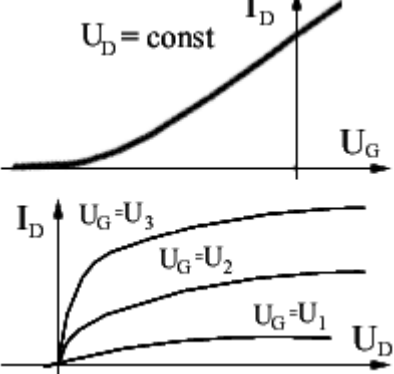
	<p>Діод</p>	
	<p>Стабілітрон Діод Зенера</p>	
	<p>Тунельний діод</p>	
	<p>Обернений діод</p>	
	<p>Варікап</p>	

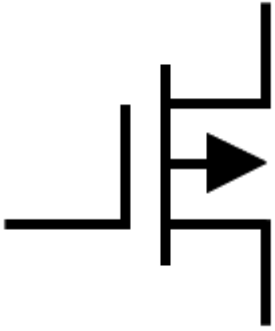
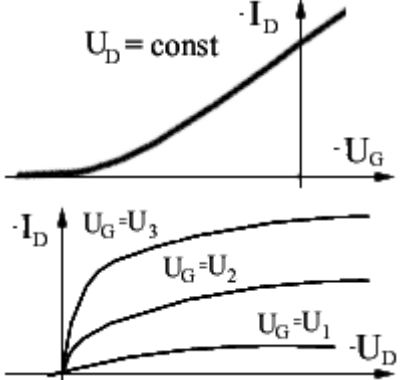
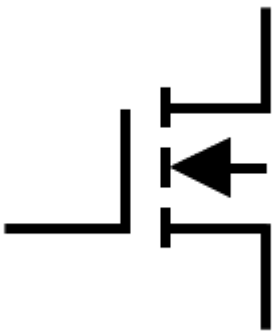
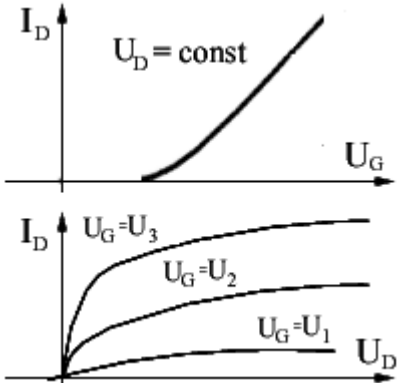
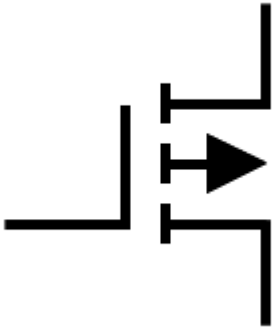
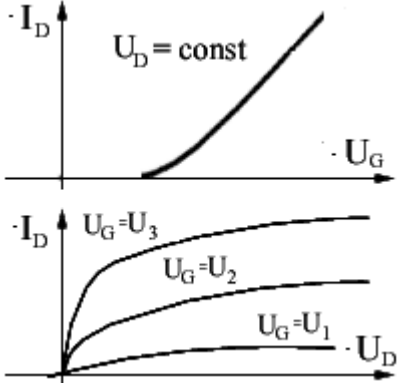
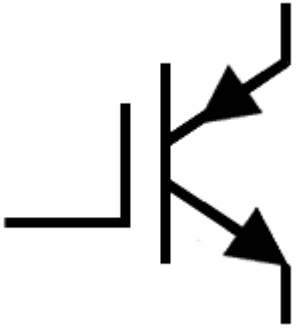
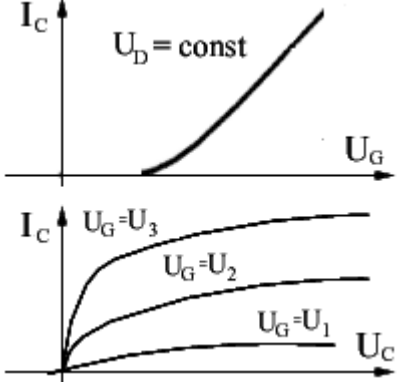
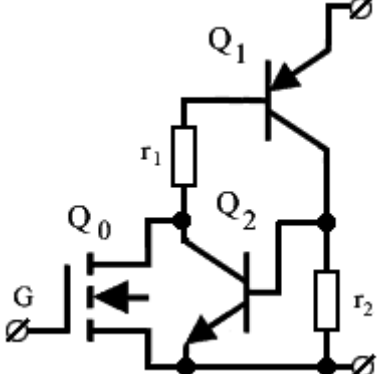
	<p>Діод Шоткі</p>	
	<p>Однонапівперіодний випрямляч</p>	
	<p>Однополярний двонапівперіодний випрямляч</p>	
	<p>Двополярний двонапівперіодний випрямляч</p>	
	<p>Двонапівперіодний випрямляч Мостовий випрямляч</p>	

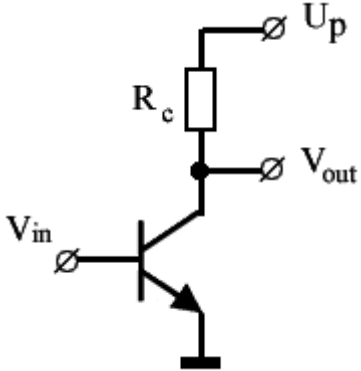
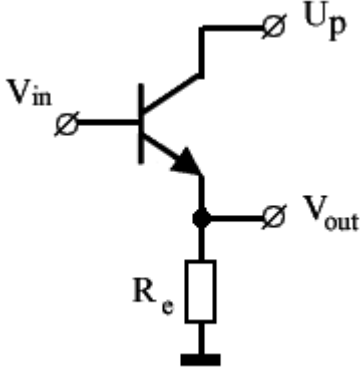
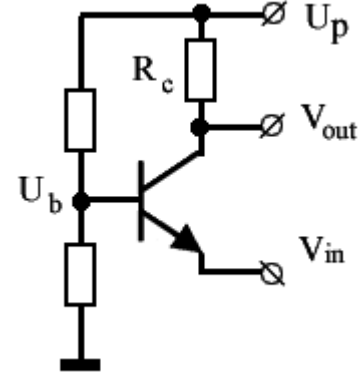
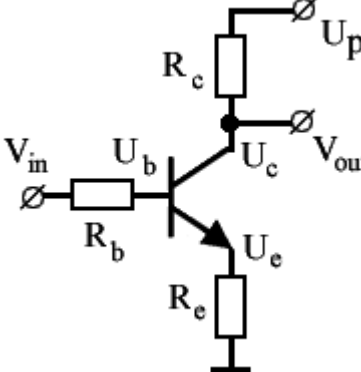
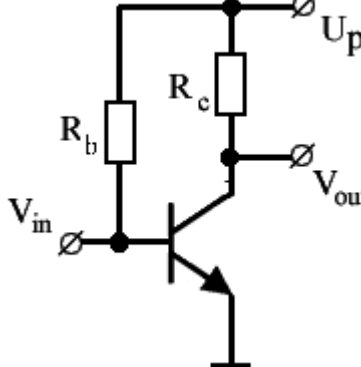


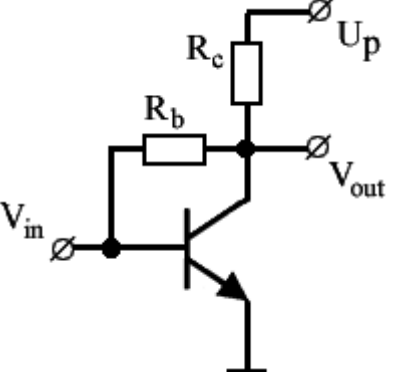
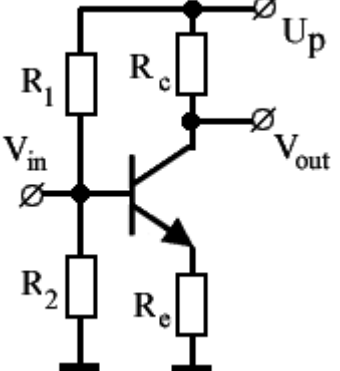
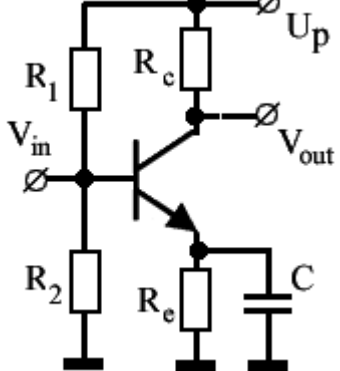
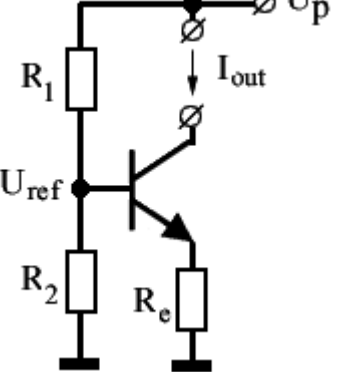
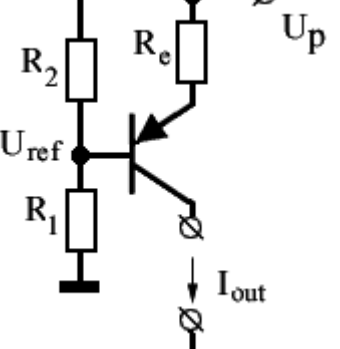
	<p>Двопівперіодний випрямляч</p> <p>Мостовий випрямляч</p>	
	<p>Схема подвоєння напруги</p>	
	<p>Схема подвоєння напруги</p>	
	<p>Схема подвоєння напруги</p>	
	<p>Схема множення напруги</p>	

	<p>Прецизійний детектор позитивних значень з компенсацією спотворень</p>	
	<p>Прецизійний детектор абсолютного значення з компенсацією спотворень</p>	<p><math>V_{in} &lt; 0; U_{out} = -V_{in} \cdot k1;</math>  <math>V_{in} &gt; 0; U_{out} = +V_{in} \cdot k2;</math></p> <p><math>k1 = R_2/R_1;</math>  <math>k2 = R_3/(R_1 + R_2 + R_3);</math>  <math>k1 = k2;</math>  <math>R_2/R_1 = R_3/(R_1 + R_2 + R_3)</math></p>
	<p>Малопотужний стабілізатор напруги</p>	
	<p>Підсилювач (генератор) на тунельному діоді</p>	
	<p>Резонансний контур з керуванням напругою на варикапі</p> <p><math>(2\pi \cdot f_0)^2 = 1/(L \cdot C_{\Sigma});</math>  <math>1/C_{\Sigma} = 1/C_C + 1/C_D;</math>  <math>\Delta f_0 \sim \Delta U</math></p>	

	<p>Біполярний npn-транзистор</p> $I_c = I_b \cdot \beta;$ $I_e = I_b + I_c \approx I_c;$ $U_{be} \approx 0.4V - Ge;$ $U_{be} \approx 0.7V - Si$	
	<p>Біполярний pnp-транзистор</p> $I_c = I_b \cdot \beta;$ $I_e = I_b + I_c \approx I_c;$ $U_{be} \approx -0.4V - Ge;$ $U_{be} \approx -0.7V - Si$	
	<p>Польовий транзистор з n-каналом FET n-ch</p> $r_G \approx \infty;$ $\Delta I_D = \Delta U_G \cdot S$	
	<p>Польовий транзистор з p-каналом FET p-ch</p> $r_G \approx \infty;$ $\Delta I_D = -\Delta U_G \cdot S$	
	<p>Польовий транзистор з ізольованим вбудованим n-каналом MOS FET-e n-ch</p> $r_G \approx \infty;$ $\Delta I_D = \Delta U_G \cdot S$	

	<p>Польовий транзистор з ізольованим вбудованим р-каналом MOS FET-e p-ch</p> $r_G \approx \infty;$ $\Delta I_D = -\Delta U_G \cdot S$	
	<p>Польовий транзистор з ізольованим індукованим n-каналом MOS FET-d n-ch</p> $r_G \approx \infty;$ $\Delta I_D = \Delta U_G \cdot S$	
	<p>Польовий транзистор з ізольованим індукованим р-каналом MOS FET-d p-ch</p> $r_G \approx \infty;$ $\Delta I_D = -\Delta U_G \cdot S$	
	<p>Біполярний транзистор з ізольованим затвором IGBT</p> $r_G \approx \infty;$ $\Delta I_C = \Delta U_G \cdot S$	
	<p>Аналог IGBT транзистора</p> $S = S_{Q0} / (1 - (\beta_{Q1} + \beta_{Q2}));$ $(\beta_{Q1} + \beta_{Q2}) \rightarrow 1; S \rightarrow \infty$	<p>Q0 – польовий з ізольованим затвором; Q1, Q2 – біполярні</p>

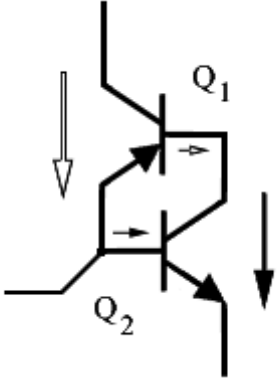
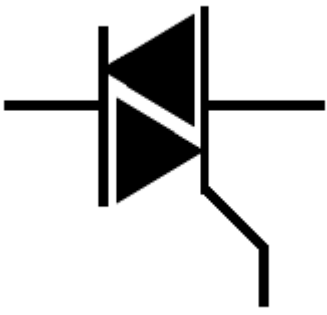
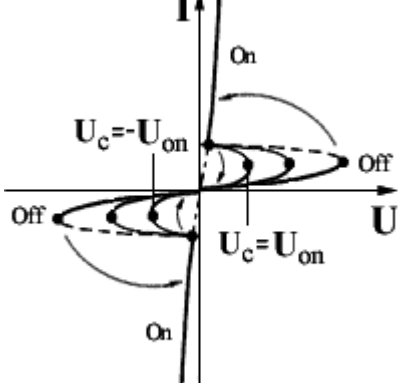
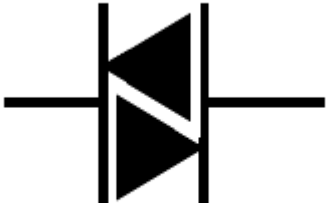
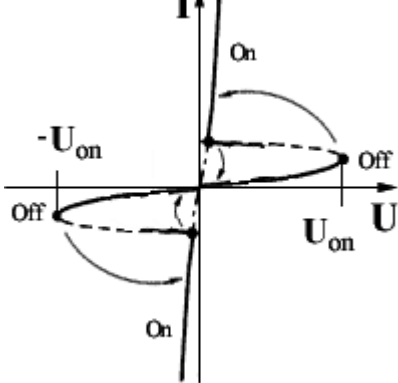
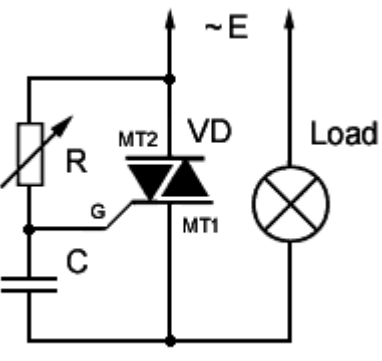
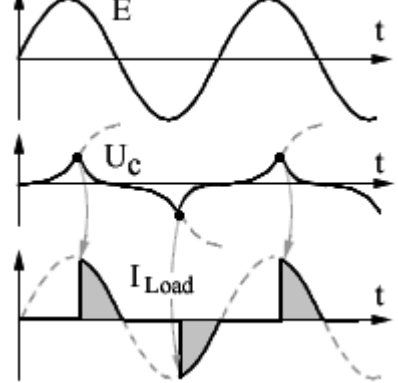
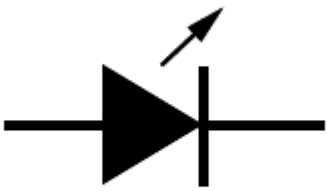
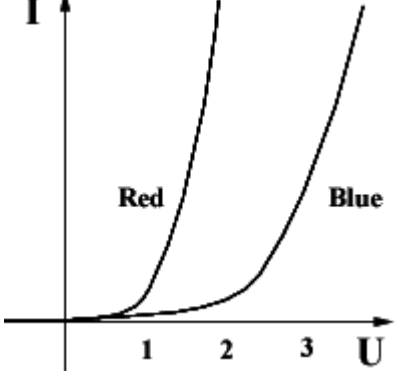
	<p>Каскад підсилення на транзисторі зі спільним емітером</p>	$V_{out} = U_P - U_R;$ $U_R = I_c \cdot R_c$ $I_c = I_b \cdot \beta;$ $r_{in} = \beta \cdot U_T / I_c;$ $U_T = k \cdot T / q_e; U_T(20^\circ) \approx 25 \text{ mV};$ $K_I \approx \beta;$ $K_U \leq 20 \cdot U_P \{V\}$
	<p>Каскад підсилення на транзисторі зі спільним колектором</p> <p>Повторювач напруги</p>	$V_{out} = V_{in} - \Delta U_{be};$ $U_R = I_e \cdot R_e$ $I_e \approx I_b \cdot \beta;$ $r_{in} \approx \beta \cdot R_e;$ $K_U \approx 1;$ $K_I \approx \beta$
	<p>Каскад підсилення на транзисторі зі спільною базою</p>	$V_{out} = U_P - U_R;$ $U_R = I_c \cdot R_c$ $I_c \approx I_e;$ $P_{in} = I_e^2 \cdot r_{in}; P_{out} = I_c^2 \cdot R_c;$ $r_{in} = \beta \cdot U_T / I_c;$ $U_T = k \cdot T / q_e; U_T(20^\circ) \approx 25 \text{ mV};$ $K_I \approx 1$
	<p>Каскад підсилення на транзисторі з колекторним і емітерним навантаженням</p>	$I_c = I_b \cdot \beta; I_c \approx I_e; \Delta U_{be} \approx 0;$ $V_{out} = U_c = U_P - U_{Rc};$ $U_{Rc} = I_c \cdot R_c; U_{Re} = I_e \cdot R_e;$ $U_{Rb} = I_b \cdot R_b;$ $U_{Rb} = V_{in} - U_b \approx V_{in} - U_e;$ $I_b \approx V_{in} / (R_b + R_e \cdot \beta);$ $K = \Delta V_{out} / \Delta U_b \approx R_c / R_b$
	<p>Каскад підсилення на транзисторі зі спільним емітером зі колом зміщення робочої точки</p>	$V_{out} = U_P / 2;$ $I_c = I_b \cdot \beta; I_c \approx I_e; \Delta U_{be} \approx 0;$ $U_{Rc} = I_c \cdot R_c; U_{Rb} = I_b \cdot R_b;$ $R_b \approx 2 \cdot R_c \cdot \beta;$ $K_I \approx \beta$

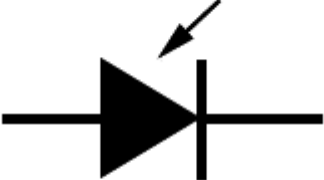
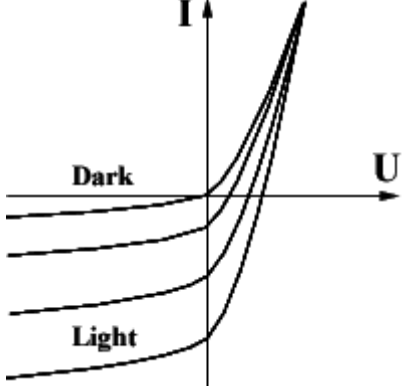
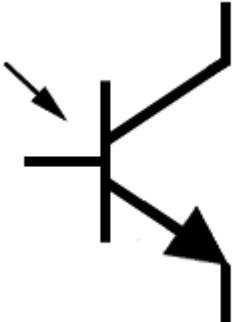
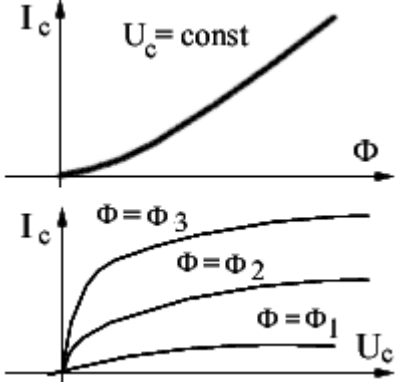
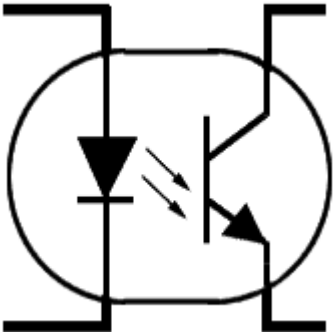
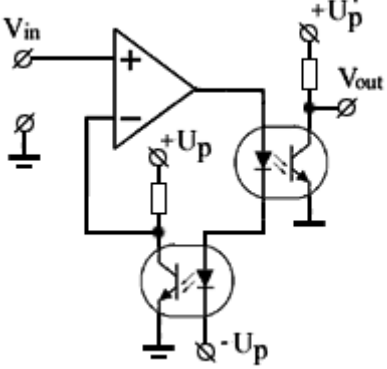
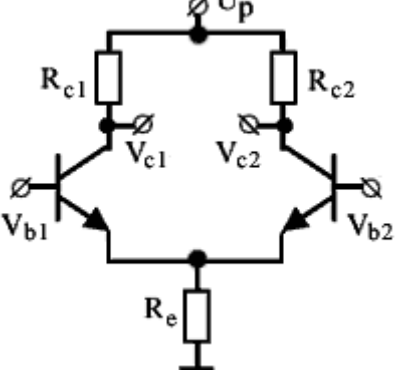
	<p>Каскад підсилення на транзисторі зі спільним емітером з колом зміщення робочої точки з частковою компенсацією</p>	$V_{out} = U_p/2;$ $I_c = I_b \cdot \beta; I_c \approx I_e; \Delta U_{be} \approx 0;$ $U_{Rc} = I_c \cdot R_c;$ $U_{Rb} = I_b \cdot R_b \approx V_{out};$ $R_b \approx R_c \cdot \beta;$ $K_1 \approx \beta/2$
	<p>Каскад підсилення на транзисторі зі спільним емітером з колом зміщення і температурної стабілізації робочої точки</p>	$V_{out} \approx U_p/2;$ $U_{Re} > \Delta U_{be}; I_{R1} \gg I_b;$ $I_c = I_b \cdot \beta; I_c \approx I_e; \Delta U_{be} \approx 0;$ $U_{Rc} = I_c \cdot R_c; U_{Rb} = I_b \cdot R_b;$ $U_{Re} = I_e \cdot R_e$
	<p>Каскад підсилення змінних напруг на транзисторі зі спільним емітером з колом зміщення і температурної стабілізації робочої точки</p>	$V_{out} \approx U_p/2;$ $U_{Re} > \Delta U_{be}; I_{R1} \gg I_b;$ $f_L = C/(2\pi \cdot R_e)$
	<p>Генератор (стабілізатор) струму</p>	$I_{out} \approx U_{ref}/R_e;$ $I_{out} = I_c; I_c \approx I_e;$ $I_e = U_{Re}/R_e;$ $U_{Re} \approx U_{ref}$
	<p>Генератор (стабілізатор) струму</p>	$I_{out} \approx U_{ref}/R_e;$ $I_{out} = I_c; I_c \approx I_e;$ $I_e = U_{Re}/R_e;$ $U_{Re} \approx U_{ref}$

	<p>Підсилювач зі стабілізатором струму в якості колекторного навантаження</p>	$K \approx R_c/R_e;$ $R_c \rightarrow \infty;$ $K \rightarrow \infty$
	<p>Резонансний підсилювач з LC-контуром в якості колекторного навантаження</p>	$K \approx X_c/R_e;$ $(2\pi \cdot f_0)^2 = 1/(L \cdot C);$ $X_c(f_0) \rightarrow \infty;$ $K(f_0) \rightarrow \infty$
	<p>Каскадний підсилювач</p> <p>Схема із спільним емітером + схема із спільною базою</p>	$U_{\max}(Q_1, Q_2) \approx 2 \cdot U_{\max}(Q_1);$ $f_{\max}(Q_1, Q_2) > f_{\max}(Q_1)$
	<p>Схема Дарлінгтона</p>	$\beta(Q_1, Q_2) = \beta_1 \cdot \beta_2;$ $\Delta U_{be}(Q_1, Q_2) = 2 \cdot \Delta U_{be}(Q_1)$
	<p>Компліментарна схема Дарлінгтона (схема Шиклаї)</p>	$\beta(Q_1, Q_2) = \beta_1 \cdot \beta_2;$ $\Delta U_{be}(Q_1, Q_2) = 2 \cdot \Delta U_{be}(Q_1);$ <p>pnp + npn → pnp</p>

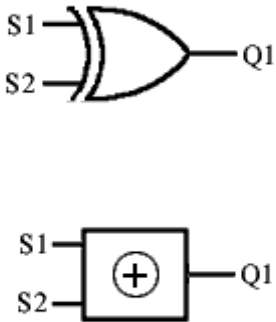
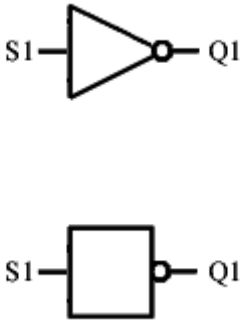
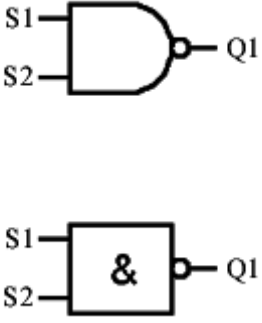
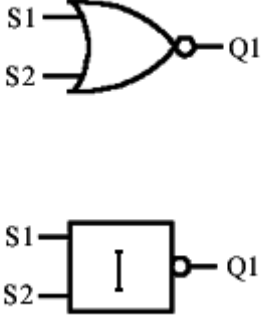
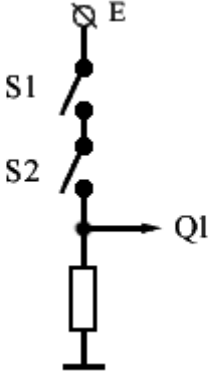
	<p>Компліментарний вихідний каскад</p>	$U_{in} > 0 \rightarrow Q_2;$ $U_{in} < 0 \rightarrow Q_1$
	<p>Компліментарний вихідний каскад з компенсацією перехідних спотворень</p>	
	<p>Діністор</p>	
	<p>Триністор</p>	
	<p>Триністор з керованим анодом</p>	

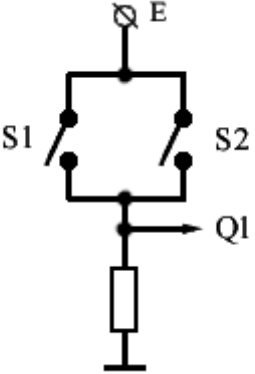
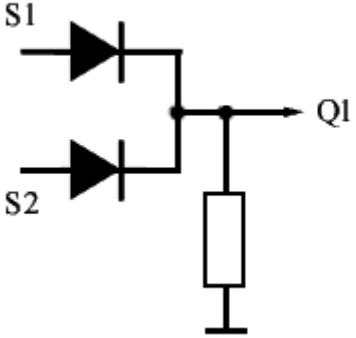
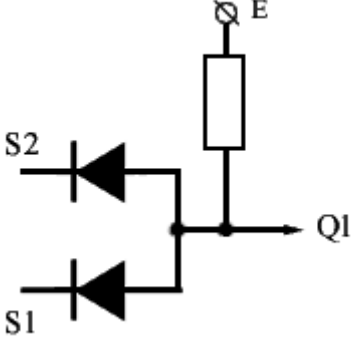
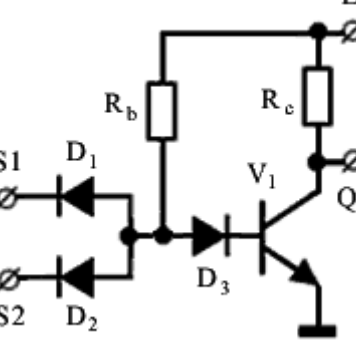
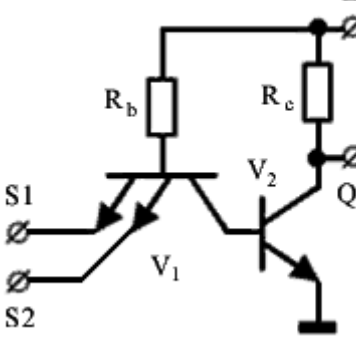


	<p>Транзисторний аналог тиристора (тригерна схема)</p>	<p>Q1 – pnp; Q2 – npn  <math>I_{ceQ1} \rightarrow I_{bQ2} \rightarrow I_{ceQ2}</math>;  <math>I_{ceQ2} \rightarrow I_{bQ1} \rightarrow I_{ceQ1}</math></p> <p>Зачинений стан:  <math>I_{ceQ1}=0; I_{bQ2}=0; I_{ceQ1}=0; I_{bQ2}=0;</math></p> <p>Відчинений стан:  <math>I_{ceQ1} \neq 0; I_{bQ2} \neq 0;</math>  <math>I_{ceQ1} \neq 0; I_{bQ2} \neq 0</math></p>
	<p>Симістор</p>	
	<p>Діак</p>	
	<p>Регулятор потужності на симісторі з інтегруючою RC-ланкою</p>	
	<p>Світлодіод LED</p>	

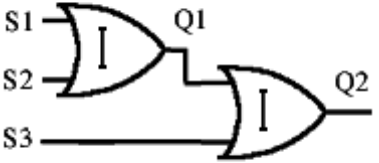
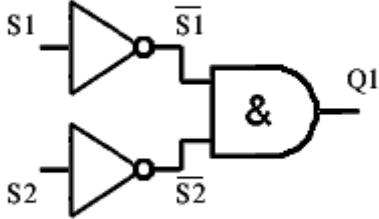
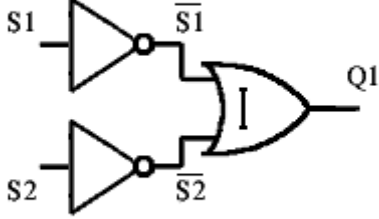
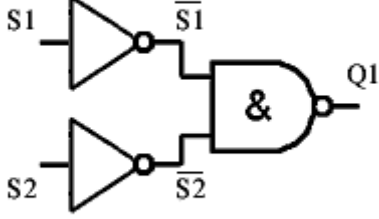
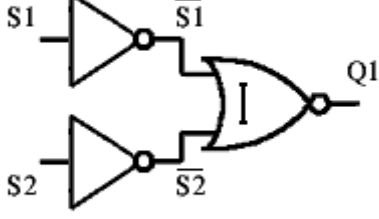
	<p>Фотодіод</p>	
	<p>Фототранзистор</p>	
	<p>Оптрон (транзисторний)</p>	$I_{out} = K \cdot I_{in}$
	<p>Підсилювач постійного струму з гальванічною розв'язкою на оптронах</p>	$K_{opt1} = K_{opt2}; \quad +U_P = +U_P';$ $I_{opt1} = I_{opt2} \rightarrow V_{-in} = V_{out};$ $V_{-in} = V_{+in} \rightarrow V_{in} = V_{out}$
	<p>Диференціальний підсилювач</p>	$\Delta V_{b1} = -\Delta V_{b2};$ $\Delta I_{e1} = -\Delta I_{e2}; \quad I_e = \text{const};$ $\Delta V_{e1} = \Delta V_{e2} = 0;$ $V_{c2} - V_{c1} = K \cdot (V_{b1} - V_{b2})$

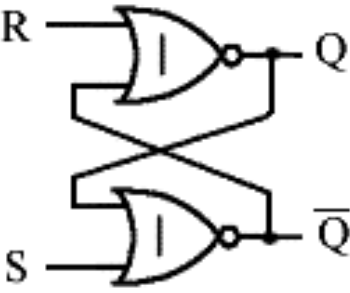
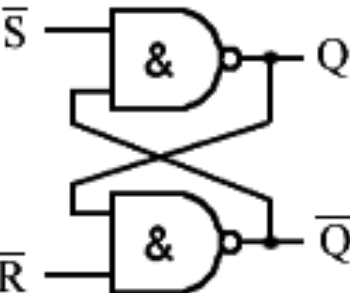
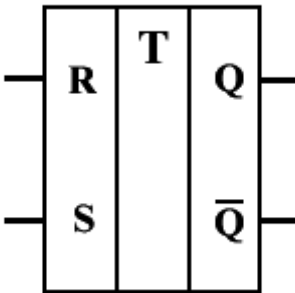
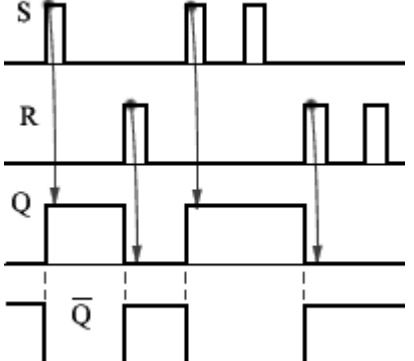
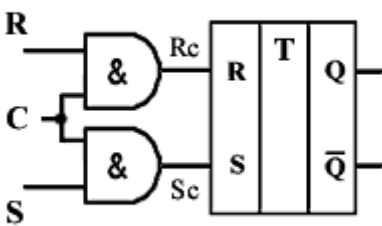
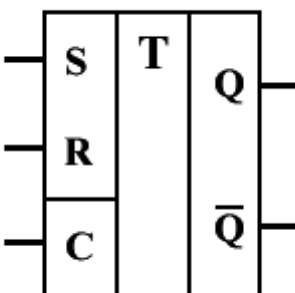
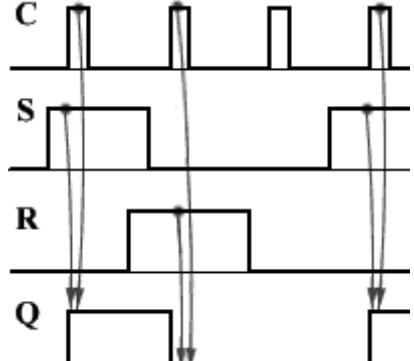
	<p>Диференціальний підсилювач з компенсацією "0"</p>	<p>Диференціальний сигнал:  <math>\Delta V_{+in} = -\Delta V_{-in}</math>;  <math>\Delta I_{e1} = -\Delta I_{e2}</math>; <math>I_e = \text{const}</math>;  <math>V_{out} = K \cdot (V_{+in} - V_{-in})</math></p> <p>Сінфазний сигнал:  <math>\Delta V_{+in} = \Delta V_{-in}</math>;  <math>\Delta I_{c1} = \Delta I_{c2}</math>;  <math>V_{out} = V_{c1} - V_{c2} = 0</math></p>															
	<p>Токове дзеркало</p>	<p><math>U_{b1} = U_{b2} \rightarrow U_{e1} = U_{e2}</math>;</p> <p><math>I_1 \cdot R_1 = I_2 \cdot R_2</math>;</p> <p><math>R_1 = R_2 \rightarrow I_1 = I_2</math></p>															
	<p>Спрощена схема операційного підсилювача</p>	<p>Складові частини:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Диференціальний каскад підсилювача</li> <li>2. Двотактний вихідний каскад</li> <li>3. Токове дзеркало</li> <li>4. Стабілізатор струму</li> </ol>															
	<p>Логічний елемент 2-And "2-І"</p>	<p>Таблиця станів</p> <table border="1" data-bbox="1099 1384 1370 1601"> <thead> <tr> <th>S1</th> <th>S2</th> <th>Q1</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table> <p><math>Q1 = S1 \cdot S2</math></p>	S1	S2	Q1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1
S1	S2	Q1															
0	0	0															
0	1	0															
1	0	0															
1	1	1															
	<p>Логічний елемент 2-Or "2-Або"</p>	<p>Таблиця станів</p> <table border="1" data-bbox="1099 1778 1370 1995"> <thead> <tr> <th>S1</th> <th>S2</th> <th>Q1</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table> <p><math>Q1 = S1 + S2</math></p>	S1	S2	Q1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1
S1	S2	Q1															
0	0	0															
0	1	1															
1	0	1															
1	1	1															

	<p>Логічний елемент <b>Xor</b></p> <p><b>“Виключне Або”</b></p>	<p>Таблиця станів</p> <table border="1" data-bbox="1099 185 1370 403"> <thead> <tr> <th>S1</th> <th>S2</th> <th>Q1</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table> <p><math>Q1 = S1 \oplus S2</math></p>	S1	S2	Q1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0
S1	S2	Q1															
0	0	0															
0	1	1															
1	0	1															
1	1	0															
	<p>Логічний елемент <b>Not</b></p> <p><b>“Ні”</b></p>	<p>Таблиця станів</p> <table border="1" data-bbox="1096 604 1367 763"> <thead> <tr> <th>S1</th> <th>Q1</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table> <p><math>Q1 = \bar{S1}</math></p>	S1	Q1	0	1	1	0									
S1	Q1																
0	1																
1	0																
	<p>Логічний елемент <b>2-And-Not</b></p> <p><b>“2-I-Ні”</b></p>	<p>Таблиця станів</p> <table border="1" data-bbox="1099 985 1370 1202"> <thead> <tr> <th>S1</th> <th>S2</th> <th>Q1</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table> <p><math>Q1 = \bar{S1} \cdot \bar{S2}</math></p>	S1	S2	Q1	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0
S1	S2	Q1															
0	0	1															
0	1	1															
1	0	1															
1	1	0															
	<p>Логічний елемент <b>2-Or-Not</b></p> <p><b>“2-Або-Ні”</b></p>	<p>Таблиця станів</p> <table border="1" data-bbox="1099 1388 1370 1606"> <thead> <tr> <th>S1</th> <th>S2</th> <th>Q1</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table> <p><math>Q1 = \bar{S1} + \bar{S2}</math></p>	S1	S2	Q1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0
S1	S2	Q1															
0	0	1															
0	1	0															
1	0	0															
1	1	0															
	<p>Реалізація логічних функцій на вимикачах або реле</p> <p><b>2-And</b></p> <p><b>“2-I”</b></p>	<p><math>Q1 = S1 \cdot S2</math></p>															

	<p>Реалізація логічних функцій на вимикачах або реле</p> <p><b>2-Or</b></p> <p><b>“2-Або”</b></p>	$Q1 = S1 + S2$
	<p>Діодно-резистивна логіка DRL</p> <p><b>2-Or</b></p> <p><b>“2-Або”</b></p>	$Q1 = S1 + S2$
	<p>Діодно-резистивна логіка DRL</p> <p><b>2-And</b></p> <p><b>“2-І”</b></p>	$Q1 = S1 \cdot S2$
	<p>Діодно-транзисторна логіка DTL</p> <p><b>2-And-Not</b></p> <p><b>“2-І-Ні”</b></p>	$Q1 = \bar{S1} \cdot \bar{S2};$ <p><math>S1=0; S2=0 \rightarrow I_b=0;</math>  <math>I_b=0 \rightarrow I_c=0 \rightarrow U_c \approx E;</math>  <math>U_c \approx E \rightarrow Q1=1</math></p>
	<p>Транзисторно-транзисторна логіка TTL</p> <p><b>2-And-Not</b></p> <p><b>“2-І-Ні”</b></p>	<p><math>V_1</math> – багатоємітерний транзистор</p> $Q1 = \bar{S1} \cdot \bar{S2};$ <p><math>S1=0; S2=0 \rightarrow I_b=0;</math>  <math>I_b=0 \rightarrow I_c=0 \rightarrow U_c \approx E;</math>  <math>U_c \approx E \rightarrow Q1=1</math></p>

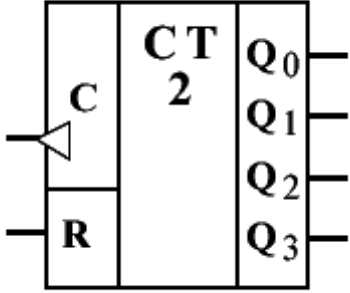
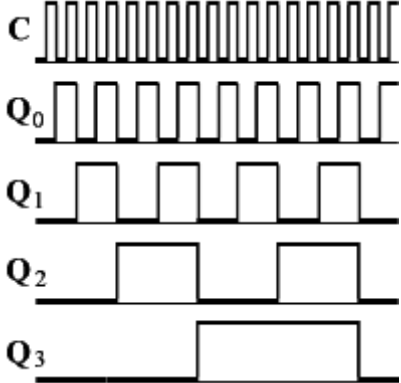
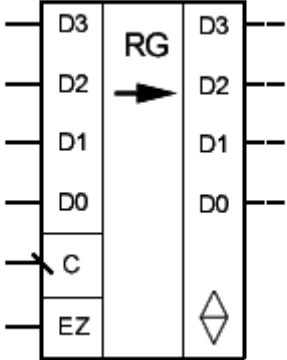
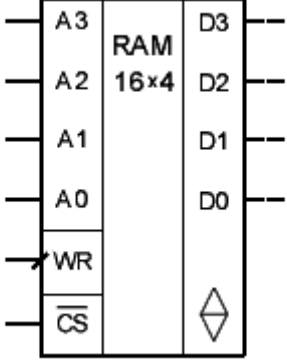
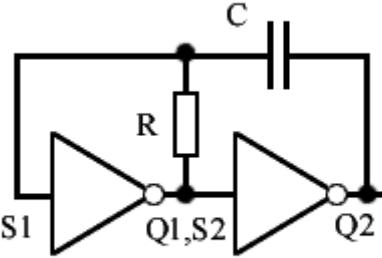
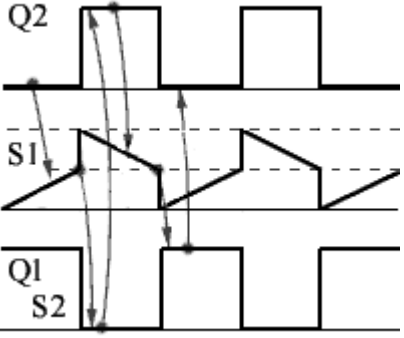
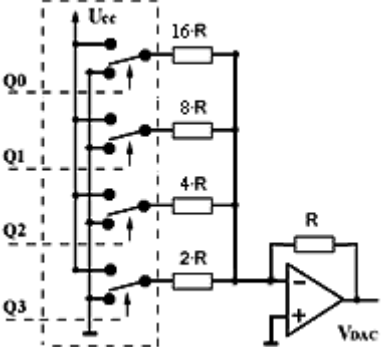
	<p>TTL буферний каскад з трьома станами</p> <p>“0”, “1”, “Z”</p>	$\bar{EZ}=1 \rightarrow D_1=\text{Off};$ $\downarrow$ $S1=0 \rightarrow V_1=\text{Off} \rightarrow V_2=\text{On}; V_3=\text{Off};$ $S1=1 \rightarrow V_1=\text{On} \rightarrow V_2=\text{Off}; V_3=\text{On};$ $Q1 = \bar{S1};$ $\bar{EZ}=0 \rightarrow D_1=\text{On};$ $\downarrow$ $V_2=\text{Off}; V_3=\text{Off};$ $Q1=Z$ <p>Z-високоімпедансний стан</p>
	<p>Компліментарна метал-окисна напівпровідникова логіка CMOS</p> <p><b>Not</b></p> <p><b>“Hi”</b></p>	$S1=0 \rightarrow V_1=\text{On}; V_2=\text{Off};$ $S1=1 \rightarrow V_1=\text{Off}; V_2=\text{On};$ $\downarrow$ $Q1 = \bar{S1}$
	<p>Компліментарна метал-окисна напівпровідникова логіка CMOS</p> <p><b>2-And-Not</b></p> <p><b>“2-I-Hi”</b></p>	$Q1 = \bar{S1} \cdot \bar{S2};$ $S1=0 \rightarrow V_3=\text{Off}; V_4=\text{On} \rightarrow Q1=1;$ $S2=0 \rightarrow V_2=\text{Off}; V_1=\text{On} \rightarrow Q1=1;$ $S1=1 \rightarrow V_3=\text{On}; V_4=\text{Off};$ $S2=1 \rightarrow V_2=\text{On}; V_1=\text{Off};$ $V_3=\text{On}; V_4=\text{Off}; V_2=\text{On}; V_1=\text{Off};$ $\downarrow$ $Q1=0$
	<p>CMOS аналоговий ключ, або каскад з трьома станами</p>	$\bar{EZ}=0 \rightarrow Q_1=\text{Off}; Q_2=\text{Off};$ $\downarrow$ $EZ=0 \rightarrow V_{\text{out}}=Z;$ $\bar{EZ}=1 \rightarrow Q_1=\text{On}; Q_2=\text{On};$ $U_{GQ1} > V_{\text{out}} \rightarrow Q_1=\text{On} \rightarrow V_{\text{out}}=V_{\text{in}};$ $U_{GQ2} < V_{\text{out}} \rightarrow Q_2=\text{On} \rightarrow V_{\text{out}}=V_{\text{in}};$ $\downarrow$ $EZ=1 \rightarrow V_{\text{out}}=V_{\text{in}}$
	<p>Комбінаторні схеми</p> <p><b>2-And + 2-And</b></p> $\downarrow$ <p><b>3-And</b></p>	$Q1 = S1 \cdot S2;$ $Q2 = Q1 \cdot S3;$ $Q2 = (S1 \cdot S2) \cdot S3;$ $Q2 = S1 \cdot S2 \cdot S3$

	<p>Комбінаторні схеми</p> <p><b>2-Or +2-Or</b></p> <p>↓</p> <p><b>3-Or</b></p>	<p><math>Q1=S1+S2;</math>  <math>Q2=Q1+S3;</math>  <math>Q2=(S1+S2)+S3;</math></p> <p><math>Q2= S1+S2+S3</math></p>
	<p>Комбінаторні схеми</p> <p><b>2·Not+2-And</b></p> <p>↓</p> <p><b>2-Or-Not</b></p>	<p>Правило Моргана</p> <p><math>Q1 = \overline{S1} \cdot \overline{S2}</math></p> <p><math>Q1 = \overline{S1 + S2}</math></p>
	<p>Комбінаторні схеми</p> <p><b>2·Not+2-Or</b></p> <p>↓</p> <p><b>2-And-Not</b></p>	<p>Правило Моргана</p> <p><math>Q1 = \overline{S1} + \overline{S2}</math></p> <p><math>Q1 = \overline{S1 \cdot S2}</math></p>
	<p>Комбінаторні схеми</p> <p><b>2·Not+2-And-Not</b></p> <p>↓</p> <p><b>2-Or</b></p>	<p><math>Q1 = \overline{\overline{S1} \cdot \overline{S2}}</math></p> <p><math>Q1 = \overline{\overline{S1}} + \overline{\overline{S2}}</math></p> <p><math>Q1 = S1 + S2</math></p>
	<p>Комбінаторні схеми</p> <p><b>2·Not+2-Or-Not</b></p> <p>↓</p> <p><b>2-And</b></p>	<p><math>Q1 = \overline{\overline{S1} + \overline{S2}}</math></p> <p><math>Q1 = \overline{\overline{S1}} \cdot \overline{\overline{S2}}</math></p> <p><math>Q1 = S1 \cdot S2</math></p>

	<b>RS-тригер</b>	$R=0; S=0 \rightarrow$ збереження $R=0; S=1 \rightarrow Q=1; \bar{Q}=0;$ $R=1; S=0 \rightarrow Q=0; \bar{Q}=1;$ $R=1; S=1 \rightarrow$ не визначено
	<b>RS-тригер</b>	$\bar{R}=1; \bar{S}=1 \rightarrow$ збереження $\bar{R}=1; \bar{S}=0 \rightarrow Q=1; \bar{Q}=0;$ $\bar{R}=0; \bar{S}=1 \rightarrow Q=0; \bar{Q}=1;$ $\bar{R}=0; \bar{S}=0 \rightarrow$ не визначено
	<b>RS-тригер</b>	
	<b>RS-тригер</b> з дозволом запису	$R_C = R \cdot C; S_C = S \cdot C;$ $C=0 \rightarrow$ збереження $R=0; S=0 \rightarrow$ збереження $C=1; R=0; S=1 \rightarrow Q=1;$ $C=1; R=1; S=0 \rightarrow Q=0;$ $C=1; R=1; S=1 \rightarrow$ не визначено
	<b>RS-тригер</b> з дозволом запису	



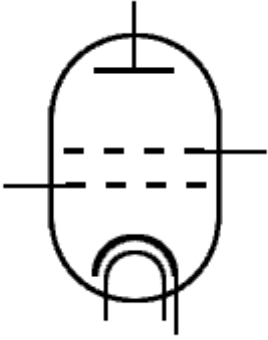
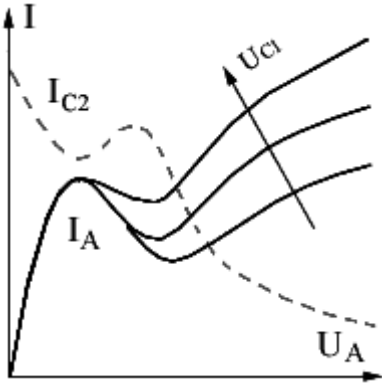
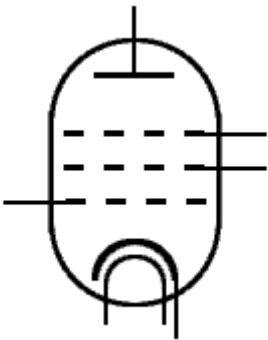
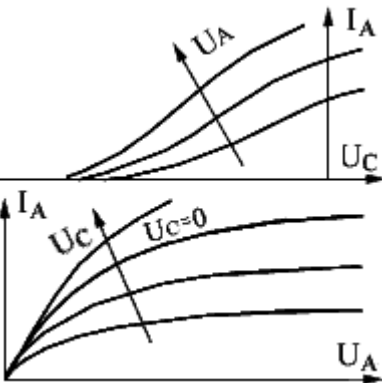
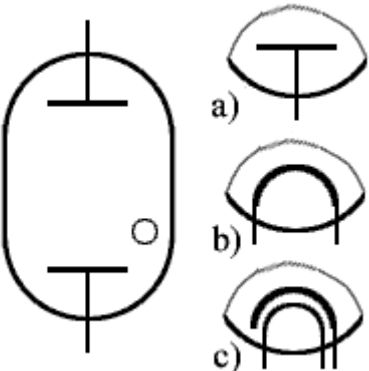
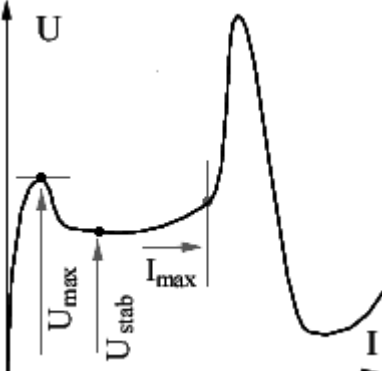
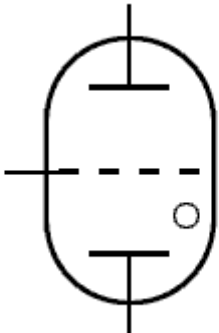
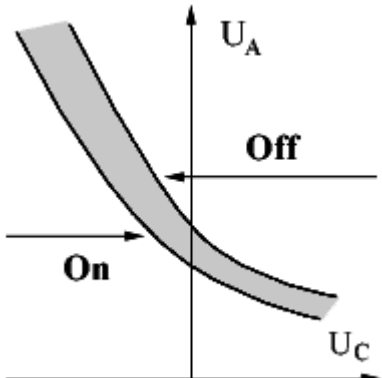
	<p><b>D-тригер</b></p>	<p><math>S = D; \quad R = \bar{D};</math>  <math>C=0 \rightarrow</math> збереження;  <math>C=1; D=1; S=1 \rightarrow Q = 1;</math>  <math>C=1; D=0; R=1 \rightarrow Q = 0</math></p>
	<p><b>D-тригер</b></p>	
	<p><b>D-тригер із записом за фронтом Master-Slave</b></p>	
	<p><b>D-тригер із записом за фронтом</b>  <math>\uparrow</math> – переднім  <math>\downarrow</math> – заднім</p>	
	<p><b>T-тригер</b>          подільник на 2  <math>f_Q = f_C/2</math></p>	

	<p>Двоїчний лічильник</p> $N_C = Q_0 \cdot 2^0 + Q_1 \cdot 2^1 + Q_2 \cdot 2^2 + Q_3 \cdot 2^3$ <p>Подільник частоти</p> $f_{Q_0} = f_C/2; f_{Q_1} = f_C/4;$ $f_{Q_2} = f_C/8; f_{Q_3} = f_C/16$	
	<p>Регістр із входами запису і дозволу виходу</p>	<p><b>D0-D4</b> – дані (вхід → вихід);</p> <p><b>C</b> – запис;</p> <p><b>EZ</b> – керування Z-станом виходу</p>
	<p>Пам'ять</p>	<p><b>A0-A3</b> – адреса (16 комірок) 0000 → 0; 1111 → 15;</p> <p><b>D0-D3</b> – дані (вхід під час запису, вихід – читання).</p> <p><b>WR</b> – write - запис/читання;</p> <p><b>CS</b> – Chip Select – дозвіл звернення до мікросхеми (керування Z-станом).</p>
	<p>Мультивібратор</p> $T \approx R \cdot C;$ $f \approx 1/(R \cdot C)$	
	<p>Цифро-аналоговий перетворювач DAC з ваговим складанням струмів</p>	$V_{DAC} = U_{CC} \cdot \sum Q_i / 2^{N-i}$

	<p>Цифро-аналоговий перетворювач DAC з драбиною опорів</p>	$V_{DAC} = U_{CC} \cdot \sum Q_i / 2^{N-i}$
	<p>Цифро-аналоговий перетворювач DAC з довготно-імпульсним керуванням</p> $V_{ADC} = U_P \cdot \tau / T$	
	<p>Аналого-цифровий перетворювач ADC паралельної дії</p>	<p><math>V_i = U_P \cdot i / N;</math></p> <p>Якщо <math>V_{in} &gt; V_i</math>, то <math>S_i = 1</math>, інакше <math>S_i = 0</math>.</p> <p>Дешифратор DC перетворює номер компаратора у двоїчний код</p>
	<p>Аналого-цифровий перетворювач ADC послідовного наближення</p>	
	<p>Аналого-цифровий перетворювач ADC з інтегратором</p> $V_{ref} = V_C = I_C \cdot t / C;$ $V_{in} = I_C \cdot t / C$	

	<p>Лінійний компенсаційний стабілізатор напруги</p>	$V_{out} = V_{in} \cdot R_L / (R_S + R_L);$ $R_S = R(V_{ref} - V_{out});$ $\eta = P_{out} / P_{in} = V_{out} / V_{in};$ $\eta < 1$
	<p>Лінійний компенсаційний стабілізатор напруги (спрощена схема будови інтегральних стабілізаторів 78XX, або КР142ЕНxx)</p>	$V_{ref} = V_{out} \cdot R_2 / (R_1 + R_2)$
	<p>Імпульсний стабілізатор з пониженням напруги</p> <p>a) <math>U_{in} - U_{out} = L \cdot dI/dt;</math>  <math>\Delta I_{max} = dI/dt \cdot \tau;</math></p> <p>b) <math>U_{out} = -L \cdot dI/dt;</math>  <math>\Delta I_{max} = dI/dt \cdot (T - \tau);</math></p> $V_{out} = V(V_{in}, \tau/T)$	
	<p>Імпульсний стабілізатор з підвищенням напруги</p> <p>a) <math>E_{in} = L \cdot I_{max}^2 / 2;</math>  <math>I_{max} = dI/dt \cdot \tau; V_{in} = L \cdot dI/dt;</math></p> <p>b) <math>E_{out} = V_{out}^2 / R \cdot T;</math></p> $E_{out} = E_{in} \rightarrow V_{out} = V(V_{in}, \tau/T)$	
	<p>Імпульсний зворотногоходовий перетворювач напруги</p> <p>a) <math>E_{in} = L \cdot I_{max}^2 / 2;</math>  <math>I_{max} = dI/dt \cdot \tau; V_{in} = L \cdot dI/dt;</math></p> <p>b) <math>E_{out} = V_{out}^2 / R \cdot T;</math>  <math>I_{maxD} = I_{maxQ} \cdot N1/N2;</math>  <math>E_{out} = E_{in};</math>  <math>\rightarrow V_{out} = V(V_{in}, \tau/T, N1/N2)</math></p>	

	<p>Імпульсний прямоходовий перетворювач напруги</p> <p>Пуш-пульна схема</p>	
	<p>Імпульсний прямоходовий напівмостовий перетворювач напруги</p>	<p>Шлях проходження струму:</p> <p>a) Q2 → T → C2; b) C1 → T → Q1</p>
	<p>Імпульсний прямоходовий мостовий перетворювач напруги</p>	<p>Шлях проходження струму:</p> <p>a) Q2 → T → Q4; b) Q3 → T → Q1</p>
	<p>Вакуумний діод</p> <p>a) непрямий нагрів; b) прямий нагрів</p>	
	<p>Вакуумний тріод</p>	

	<p>Вакуумний тетрод Дінатронний ефект</p>	
	<p>Вакуумний пентод</p>	
	<p>Газорозрядний двоелектродний прилад Індикаторна лампа Стабілітрон Розрядник Лампа денного світла – b) Лампа високого тиску – b) УФ лампа</p>	
	<p>Газорозрядний тиратрон</p>	

## Алфавітний покажчик

<b>А</b>		Комбінаторні логічні схеми	22-26
Аналоговий ключ	22	Компаратор	6
Аналого-цифровий перетворювач	27	Компенсаційний стабілізатор напруги	28
<b>Б</b>		Компенсація спотворень	10, 16
Біполярний транзистор	11	Компліментарний каскад	16, 22
Буферний каскад	22	<b>Л</b>	
<b>В</b>		Лампи вакуумні	29-30
Вакуумні прилади	29-30	Лампи газорозрядні	30
Варікап	7, 10	Лінійний стабілізатор напруги	28
Випрямляч двонапівперіодний	8-9	Лічильник аналоговий	5
Випрямляч з подвоєнням напруги	9	Лічильник цифровий	26
Випрямляч з множенням напруги	9	Логіка CMOS	22
Вихідний компліментарний каскад	16	Логіка DRL	21
Віна міст	6	Логіка DTL	21
<b>Г</b>		Логіка TTL	21
Газорозрядні прилади		Логічний елемент "Або"	19, 21
Гальванічна опторна розв'язка	18	Логічний елемент "Виключне Або"	20
Генератор Віна	6	Логічний елемент "І"	19-22
Генератор на опер. підсилювачі	6	Логічний елемент "Ні"	20, 22
Генератор на тунельному діоді	10	Логічний елемент "And"	19-22
Генератор струму	14	Логічний елемент "Not"	20, 22
<b>Д</b>		Логічний елемент "Or"	19, 21
Дарлінгтона схема	15	Логічний елемент "Xor"	20
Двонапівперіодний випрямляч	8-7	Логічні елементи на вимикачах	20, 21
Двополярний випрямляч	8	<b>М</b>	
Детектор	10	Міст Віна	6
Диференціальний підсилювач	5, 18-19	Множувач напруги	9
Диференціатор	6	Мостовий випрямляч	7, 9
Діак	17	Мостовий перетворювач напруги	29
Дінаatronний ефект	30	Мультивібратор	26
Діністор	16	<b>Н</b>	
Діод вакуумний	29	Напівмостовий перетворювач напруги	29
Діод напівпровідниковий	7	Напруги перетворювач	28-29
Діод Зенера	7, 10	<b>О</b>	
Діод обернений	7	Обернений діод	
Діод тунельний	7, 10	Однонапівперіодний випрямляч	8
Діод Шоткі	8	Операційний підсилювач	4-6, 19
<b>Е</b>		Оптрон	18
Електронні лампи	29-30	Осцилятор	6
Емітерний повторювач	13	<b>П</b>	
<b>З</b>		Пентод	30
Зворотногоходовий перетворювач напруги	28	Підсилювач на транзисторі	13-16
Зенера діод	7	Підсилювач з гальванічною оптронною розв'язкою	18
<b>І</b>		Підсилювач диференціальний	5, 18-19
"І"-логічний елемент		Підсилювач без інверсії	4
Інтегратор	5	Підсилювач з інверсією	5
Імпульсний перетворювач напруги	28-29	Підсилювач зі спільною базою	13
Імпульсний стабілізатор напруги	28-29	Підсилювач зі спільним емітером	13
<b>К</b>			
Каскадний підсилювач	15		

Підсилювач зі спільним колектором	13		
Повторювач напруги	5, 13		
Подільник частоти	25-26		
Польовий транзистор	11-12		
Прямоходовий перетворювач напруги	29		
Пуш-пульна схема	27		
<b>Р</b>			
Регістр	26		
Регулятор потужності	17		
Резонансний контур керований	10		
Резонансний підсилювач	15		
Розрядник	30		
<b>С</b>			
Світлодіод	17		
Симістор	17		
Спільна база	13		
Спільний колектор	13		
Спільний емітер	13		
Стабілізатор напруги	10, 28		
Стабілізатор струму	14		
Стабілізація робочої точки	14		
Стабілітрон газорозрядний	30		
Стабілітрон напівпровідниковий	7		
Суматор	5		
<b>Т</b>			
Таблиці стану логічних елементів	19-20		
Тетрод	30		
Тиристори	16-17		
Токове дзеркало	19		
Транзистор біполярний	11		
Транзистор Дарлінгтона	15		
Транзистор польовий	11-12		
Транзистор IGBT	12		
Третій стан схеми	22		
Тригер D	25		
Тригер RS	24		
Тригер T	25		
Триністор	16-17		
Тріод	29		
<b>Ф</b>			
Фотодіод	18		
Фототранзистор	18		
<b>Ц</b>			
Цифро-аналоговий перетворювач	26		
Цифрові елементи	19-27		
<b>Ш</b>			
Шиклаї схема	15		
Шоткі діод	8		
		<b>A</b>	
		ADC – анал.-цифр. перетворювач	27
		“And” логічний елемент	19-22
		<b>C</b>	
		CMOS логіка	22
		CT-лічильник	26
		<b>D</b>	
		DAC цифр.-анал. перетворювач	26-27
		DRL логіка	21
		DTL логіка	21
		D-тригер	25
		<b>I</b>	
		IGBT-транзистор	12
		<b>L</b>	
		LED-світлодіод	17
		<b>N</b>	
		“Not” логічний елемент	20, 22
		<b>O</b>	
		“Or” логічний елемент	19, 21
		<b>R</b>	
		RAM-пам'ять	26
		RG-регістр	26
		RS-тригер	24
		<b>T</b>	
		T-тригер	25
		TTL логіка	21
		<b>X</b>	
		“Xor” логічний елемент	20