

Soluzione prova di Elementi di Elettronica 24-6-2003

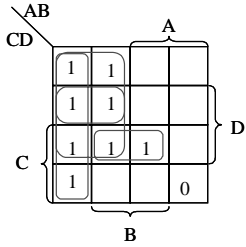
1) Eseguire la somma dei seguenti numeri binari espressi in complemento a 2. $0000\ 0100 + 1111\ 1001$
 $= 1111\ 1101$

2) Applicando i teoremi dell'algebra Booleana, semplificare ed espandere la seguente espressione in una somma di prodotti di letterali

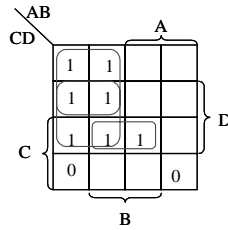
$$\overline{A+B+(A+D)\cdot(B+(D+C))} = \overline{A}\cdot\overline{B} + \overline{(A+D)}\cdot\overline{(B+(D+C))} = \overline{A}\cdot\overline{B} + \overline{A}\cdot\overline{D}\cdot\overline{C} + \overline{D}\cdot\overline{B} + \overline{D}\cdot\overline{B}\cdot\overline{C} = \overline{A}\cdot\overline{B} + \overline{A}\cdot\overline{D}\cdot\overline{C} + \overline{D}\cdot\overline{B}$$

3) Utilizzando la mappa di Karnaugh, individuare tutti gli implicanti primi, evidenziare quelli essenziali e selezionare una copertura minima della funzione (non completamente specificata) descritta da

ON-set=(0,1,3,4,5,15) DC-set=(2,7,10). E=essenziale, M=copertura minima. Siano ABCD le variabili



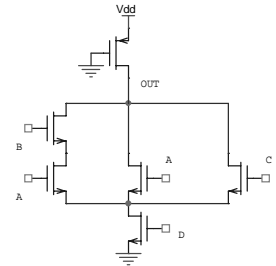
$$\overline{AB} EM, \overline{AC} EM, BCD EM, \overline{AD}$$



$$\overline{AC} EM, BCD EM, \overline{AD} EM$$

4) Trovare la funzione realizzata del seguente circuito e disegnare il corrispondente circuito CMOS

$$\overline{D \cdot (A + C \cdot (A \cdot B))} = \overline{ABC} + \overline{D}$$

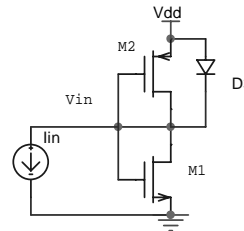


6) Trovare il valore di V_{in} e le zone di funzionamento dei dispositivi

$$V_{\gamma} = 0.6V, \beta_1 = \beta_2 = 20 \mu A/V^2, V_{THn} = 1V, V_{THp} = -1V, I_{in} = 30 \mu A, V_{dd} = 5V$$

$$V_{in} = 4.4V, I_{D1} = 115.6 \mu A, I_{D2} = 0 \mu A, I_{D3} = 145.6 \mu A$$

M1: SAT, M2: OFF, D3: ON



5) Determinare il valore dei segnale x e c nei seguenti istanti di tempo $t = 90ns, t = 105ns, t = 120ns$

```
entity es1 is port (c: out bit); end es1;
architecture behavioural of es1 is
signal a,b,x: bit;
begin
x<=a and b ;
c<=x after 10 ns;
stimulus: process
begin a <= '0'; b <= '1';
wait for 100 ns;
a <= '1';
wait;
end process;
end behavioural;
```

ns	Δ	a	b	x	c
0	+0	0	0	0	0
0	+1	0	1	0	0
100	+1	1	1	0	0
100	+2	1	1	1	0
110	+0	1	1	1	1

```
entity es2 is port (c: out bit); end es2;
architecture behavioural of es2 is
signal a,b,x: bit;
begin
core: process(a)
begin
c<= a or b after 10 ns;
end process;
stimulus: process
begin
b <= '0';
wait for 50 ns;
a <= '0';
wait for 50 ns;
b <= '1';
wait for 50 ns;
a <= '1';
wait;
end process;
end behavioural;
```

ns	Δ	a	b	c
0	+0	0	0	0
100	+1	0	1	0
150	+1	1	1	0
160	+0	1	1	1

```
entity es3 is port (c: out bit); end es3;
architecture behavioural of es3 is
signal a,b: bit;
begin
c<=a or b after 10 ns;
stimulus: process
begin
b <= '0';
wait for 50 ns;
a <= '0';
wait for 50 ns;
b <= '1';
wait for 50 ns;
a <= '1';
wait;
end process;
end behavioural;
```

ns	Δ	a	b	c
0	+0	0	0	0
100	+1	0	1	0
110	+0	0	1	1
150	+1	1	1	1

Soluzioni dell' Esame di Elementi di Elettronica 26-6-2003

1) Eseguire la somma dei seguenti numeri binari espressi in complemento a 2.

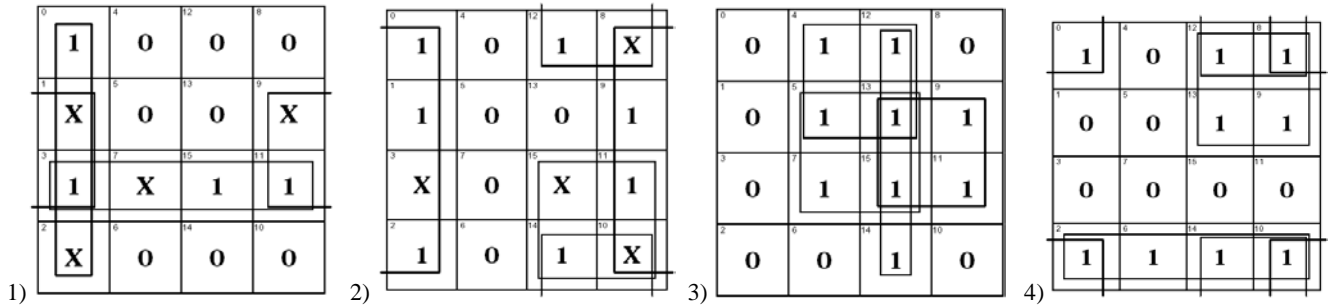
$$\begin{array}{r}
 0001\ 0111\ (23_{10}) + 1100\ 1110\ (-50_{10}) = 1110\ 0101\ (-27_{10}) \\
 0001\ 0110\ (22_{10}) + 1100\ 1110\ (-50_{10}) = 1110\ 0100\ (-28_{10}) \\
 0011\ 0111\ (55_{10}) + 1010\ 1010\ (-86_{10}) = 1110\ 0001\ (-31_{10}) \\
 0001\ 0101\ (21_{10}) + 1100\ 1010\ (-54_{10}) = 1101\ 1111\ (-33_{10})
 \end{array}$$

2) Applicando i teoremi dell'algebra Booleana, semplificare ed espandere la seguente espressione in una somma di prodotti di letterali

$$\begin{aligned}
 (A+B) + (C \cdot D) + (B + (C \cdot D)) \cdot (D + \bar{C}) &= \bar{B} \cdot \bar{C} + C \cdot \bar{D} \\
 (D + (C \cdot B)) \cdot (B + \bar{C}) + (A + D) + (C \cdot B) &= \bar{D} \cdot \bar{C} + C \cdot \bar{B} \\
 (C + B) + (A \cdot D) + (B + (A \cdot D)) \cdot (D + \bar{A}) &= \bar{B} \cdot \bar{A} + A \cdot \bar{D} \\
 (A+B) + (C \cdot D) + (A + (C \cdot D)) \cdot (D + \bar{C}) &= \bar{A} \cdot \bar{C} + C \cdot \bar{D}
 \end{aligned}$$

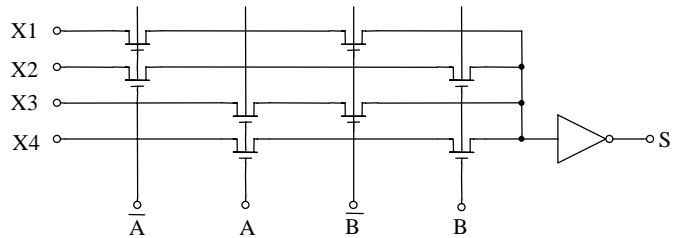
3) Utilizzando la mappa di Karnaugh, individuare tutti gli implicanti primi, evidenziare quelli essenziali e selezionare una copertura minima della funzione E=essenziale, M=copertura minima. Siano ABCD le variabili

- 1) ON-set=(0,1,2,3,7,9,11,15) $\bar{B}D\ EM, CD\ EM, \bar{A}\bar{B}\ EM$
- 2) ON-set=(0,1,2,3,8,9,10,11,12,14,15). $\bar{B}\ EM, AC\ EM, \bar{A}\bar{D}\ EM$
- 3) ON-set=(4,5,7,9,11,12,13,14,15) $\bar{B}\bar{C}\ EM, AD\ EM, AB\ EM, BD\ EM$
- 4) ON-set=(0,2,6,8,9,10,12,13,14) $C\bar{D}\ EM, \bar{B}\bar{D}\ EM, \bar{A}\bar{C}\ EM, \bar{A}\bar{D}$



4) Trovare i valori di X1, X2, X3, X4 affinché il circuito implementi la seguente funzione

- $A \cdot \bar{B}$: X1=1, X2=1, X3=0, X4=1
- $A \cdot B$: X1=1, X2=1, X3=1, X4=0
- $A + \bar{B}$: X1=0, X2=1, X3=0, X4=0
- \bar{A} : X1=1, X2=1, X3=0, X4=0



5) Determinare il valore dei segnali c e s nei seguenti istanti di tempo

- 1) t= 65ns c= 1 s= 0 t= 75ns c= 1 s= 1
- 2) t= 65ns c= 1 s= 1 t= 75ns c= 1 s= 1
- 3) t= 65ns c= 1 s= 1 t= 75ns c= 1 s= 0
- 4) t= 65ns c= 1 s= 0 t= 75ns c= 1 s= 0

```

entity es4 is
    port (s: out bit);
end es4;

architecture behavioural1 of es4 is
    signal a,b,c: bit;
begin
    c <= a after 10 ns;
    1) s <= c and b after 10 ns;
    2) s <= c or b after 10 ns;
    3) s <= c nand b after 10 ns;
    4) s <= c nor b after 10 ns;
stimulus: process
begin
    b <= '0';
    a <= '0';
    wait for 50 ns;
    b <= '1';
    a <= '1';
    wait;
end process;
end behavioural1;
    
```

6) Trovare il valore di V_x e V_{out} le correnti sui diodi e sui MOSFET e le zone di funzionamento dei dispositivi
 $V_\gamma=0.6V$, $\beta_4=\beta_5=\beta_6=20 \mu A/V^2$, $V_{THn}=0.5V$, $V_{THp} = -0.5V$,

1) $I_{in}=10 \mu A$, $V_{dd}=5V$:

$$V_x=1.5V \quad V_{out}=3.5V \quad I_{D1}=I_{D2}=I_{D3}=0, \quad I_{D4}=I_{D5}=I_{D6}=10\mu A,$$

$$D_1=D_2=D_3= OFF, \quad M_4=M_5=M_6= SAT$$

2) $I_{in}=10 \mu A$, $V_{dd}=3V$:

$$V_x=1.2V \quad V_{out}=1.8V \quad I_{D1}=I_{D2}=I_{D3}=14.9, \quad I_{D4}=I_{D5}=I_{D6}=4.9\mu A,$$

$$D_1=D_2=D_3= ON, \quad M_4=M_5=M_6= SAT$$

3) $I_{in}=10 \mu A$, $V_{dd}=3.3V$:

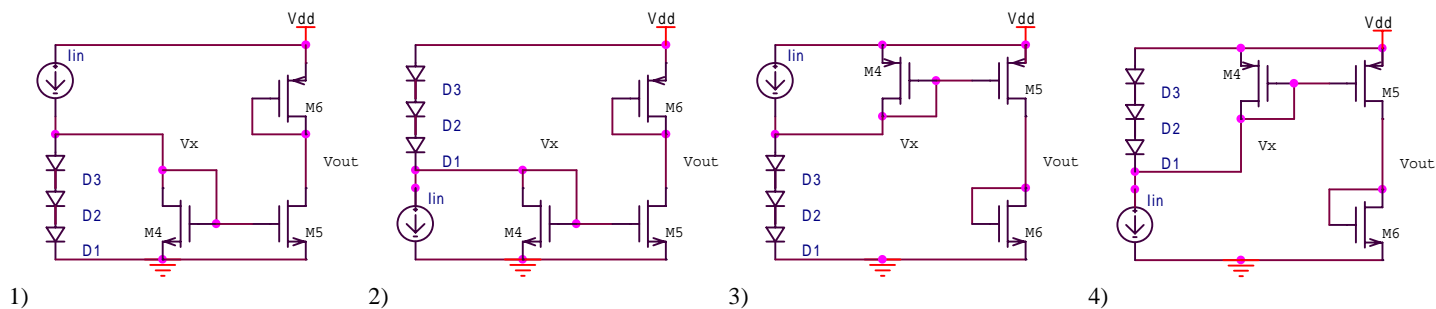
$$V_x=1.8V \quad V_{out}=1.5V \quad I_{D1}=I_{D2}=I_{D3}=20\mu A, \quad I_{D4}=I_{D5}=I_{D6}=10\mu A,$$

$$D_1=D_2=D_3= ON, \quad M_4=M_5=M_6= SAT$$

4) $I_{in}=15 \mu A$, $V_{dd}=5V$:

$$V_x=3.275V \quad V_{out}=1.725V \quad I_{D1}=I_{D2}=I_{D3}=0, \quad I_{D4}=I_{D5}=I_{D6}=15\mu A,$$

$$D_1=D_2=D_3= OFF, \quad M_4=M_5=M_6= SAT$$



Soluzioni dell' Esame di Elementi di Elettronica 8-7-2003

1) Eseguire la somma dei seguenti numeri binari espressi in complemento a 2.

00110111 + 11101110 = 00100101
 00010000 + 11001110 = 11011110
 01110111 + 11101010 = 01100001
 00000101 + 11011010 = 11011111

2) Scrivere come somma canonica, semplificarla nella forma minima utilizzando i teoremi dell'algebra booleana

A	B	C	Z
0	0	0	1
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	0

1

A	B	C	Z
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	0
1	1	1	0

2

A	B	C	Z
0	0	0	1
0	0	1	0
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

3

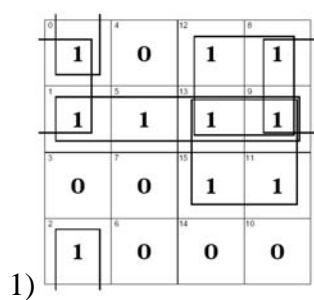
A	B	C	Z
0	0	0	1
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	0

4

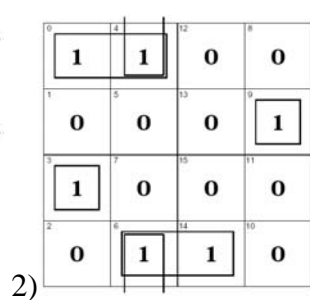
- 1) $A'B'C' + A'B'C + A'BC = A'B' + A'C$
- 2) $A'B'C + AB'C' + AB'C = B'C + AB'$
- 3) $A'B'C' + A'BC' + ABC = A'C' + ABC$
- 4) $A'B'C' + A'B'C + A'BC' = A'B' + A'C'$

3) Utilizzando la mappa di Karnaugh, individuare tutti gli implicanti primi, evidenziare quelli essenziali e selezionare una copertura minima della funzione E=essenziale, M=copertura minima. Siano ABCD le variabili

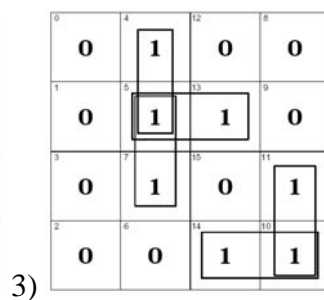
- 1) ON-set=(0,1,2,5,8,9,11,12,13,15) $B'C' (EM) + C'D (EM) + AD (EM) + AC' (EM) + A'B'D' (EM)$
- 2) ON-set=(0,3,4,6,9,14) $A'C'D' (EM) + A'BD' (EM) + AB'C'D (EM) + A'B'CD (EM) + BCD' (EM)$
- 3) ON-set=(4,5,7,10,11,13,14) $A'BC' (EM) + A'BD (EM) + BC'D (EM) + ACD' (EM) + ACB' (EM)$
- 4) ON-set=(0,2,3,4,5,6,7,8,10,12) $B'D' (EM) + C'D' (EM) + A'B (EM) + A'C (EM) + A'D'$



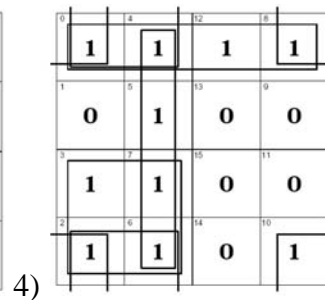
1)



2)

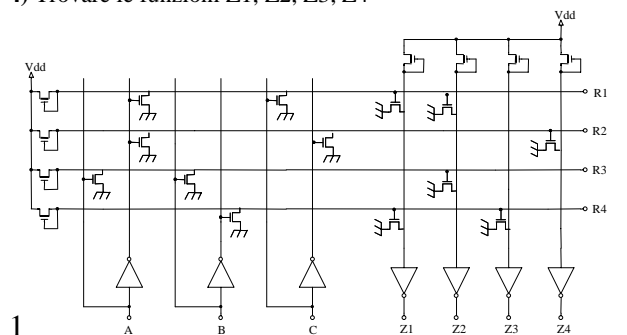


3)

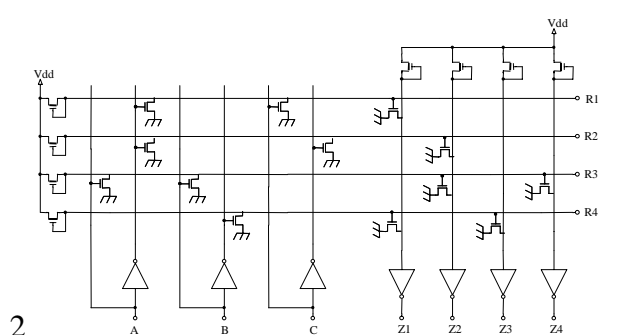


4)

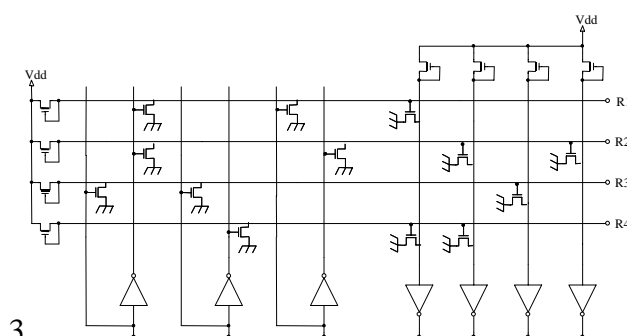
4) Trovare le funzioni Z1, Z2, Z3, Z4



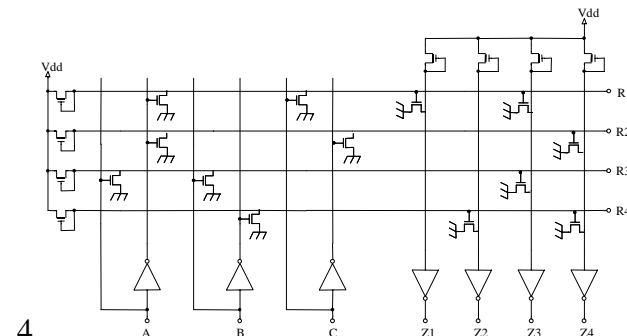
1



2



3



4

$$R1 = AC' \quad R2 = AC \quad R3 = A'B' \quad R4 = B$$

$$\begin{aligned} 1) \quad Z1 &= R1 + R4 = AC' + B \\ Z2 &= R1 + R3 = AC' + A'B' \\ Z3 &= R4 = B \\ Z4 &= R2 = AC \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2) \quad Z1 &= R1 + R4 = AC' + B \\ Z2 &= R2 + R4 = AC' + B \\ Z3 &= R4 = B \\ Z4 &= R3 = A'B' \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3) \quad Z1 &= R1 + R4 = AC' + B \\ Z2 &= R2 + R3 = AC + A'B' \\ Z3 &= R3 = A'B' \\ Z4 &= R2 = AC \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 4) \quad Z1 &= R1 = AC' \\ Z2 &= R4 = B \\ Z3 &= R1 + R3 = AC' + A'B' \\ Z4 &= R2 + R4 = AC + B \end{aligned}$$

5) Determinare il valore dei segnali a, b, c nei seguenti istanti

	a	b	c
1) t= 51ns	1	0	0
t= 61ns	1	0	1
t= 91ns	1	0	0

	a	b	c
2) t= 61ns	1	0	1
t= 71ns	1	1	1
t=101ns	1	0	1

	a	b	c
3) t= 71ns	1	1	1
t= 81ns	1	1	0
t= 91ns	1	0	0

	a	b	c
4) t= 51ns	1	0	0
t= 81ns	1	1	0
t= 101ns	1	0	1

```
entity es5 is
end;
architecture behavioural of es5 is
signal a,b,c: bit;
begin
process(a,c)
begin
b<= a and c after 10 ns;
end process;
process(a,b)
begin
c<= a and (not b) after 10 ns;
end process;
process
begin
a <= '0';
wait for 50 ns;
a <= '1';
wait;
end process;
end behavioural;
```

6) Trovare il valore di Vout e le correnti sui MOSFET e le zone di funzionamento dei dispositivi

$$V_{dd}=5V, \quad V_{THn} = 1V, \quad V_{THp} = -1V, \quad \lambda=0, \quad \beta_1=\beta_2=\beta_3=20 \mu A/V^2,$$

$$1) V_a = 3 V, \quad V_{in} = 2 V, \quad R_1 = 10K\Omega, \quad R_2 = 10K\Omega$$

$$M_3 = \text{OFF}, \quad M_1 = M_2 = \text{SAT}$$

$$I_{D1} = \frac{\beta_1}{2} (V_{in} - V_m)^2 = 10\mu A,$$

$$I_{D2} = \frac{\beta_2}{2} (V_a - V_m)^2 = 40\mu A,$$

$$V_{out} = V_{dd} - R_1 [I_{D1} + I_{D2} + (V_{out} - V_{in})/R_2] \quad V_{out} = [V_{dd} + V_{in} R_1/R_2 - R_1 (I_{D1} + I_{D2})] / (1 + R_1/R_2)$$

$$V_{out} = [5 + 2 - 0.5] / 2 = 3.25 V$$

$$I_{R1} = (V_{dd} - V_{out})/R_1 = 175\mu A$$

$$2) V_a = 2 V, \quad V_{in} = 3 V, \quad R_1 = 10K\Omega, \quad R_2 = 10K\Omega$$

$$M_3 = \text{OFF}, \quad M_1 = M_2 = \text{SAT}$$

$$I_{D1} = 40\mu A, \quad I_{D2} = 10\mu A,$$

$$V_{out} = [5 + 3 - 0.5] / 2 = 3.75 V$$

$$I_{R1} = 125\mu A,$$

$$3) V_a = 3 V, \quad V_{in} = 2 V, \quad R_1 = 20K\Omega, \quad R_2 = 20K\Omega$$

$$M_3 = \text{OFF}, \quad M_1 = M_2 = \text{SAT}$$

$$I_{D1} = 10\mu A, \quad I_{D2} = 40\mu A,$$

$$V_{out} = [5 + 2 - 1] / 2 = 3 V$$

$$I_{R1} = 100\mu A$$

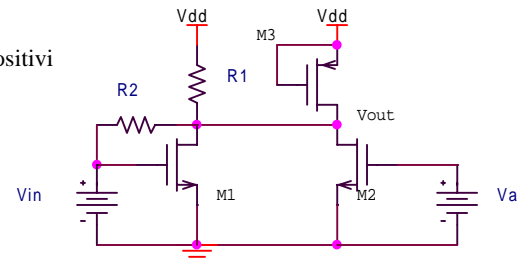
$$4) V_a = 2 V, \quad V_{in} = 3 V, \quad R_1 = 20K\Omega, \quad R_2 = 20K\Omega$$

$$M_3 = \text{OFF}, \quad M_1 = M_2 = \text{SAT}$$

$$I_{D1} = 40\mu A, \quad I_{D2} = 10\mu A,$$

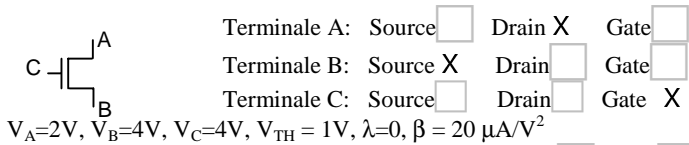
$$V_{out} = [5 + 3 - 1] / 2 = 3.5 V$$

$$I_{R1} = 75\mu A$$



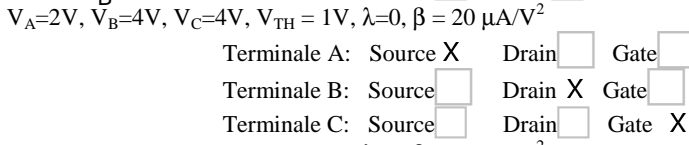
Soluzioni dell' Esame di Elementi di Elettronica 18-9-2003

1) Individuare i terminali di source, gate e drain, trovare la zona di funzionamento e la corrente.
 $V_A=2V, V_B=0V, V_C=2V, V_{TH}=1V, \lambda=0, \beta=20 \mu A/V^2$



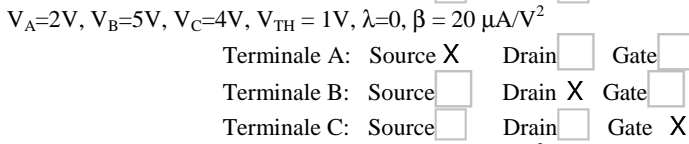
Terminale A: Source Drain Gate
 Terminale B: Source Drain Gate
 Terminale C: Source Drain Gate

Zona di funzionato: ON sat. ON triodo OFF
 Corrente di drain: 10 μA



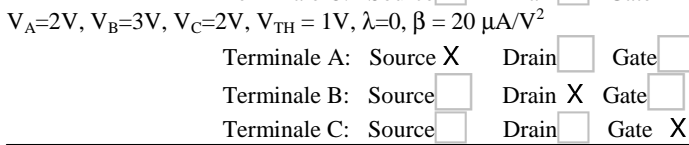
Terminale A: Source Drain Gate
 Terminale B: Source Drain Gate
 Terminale C: Source Drain Gate

Zona di funzionato: ON sat. ON triodo OFF
 Corrente di drain: 10 μA



Terminale A: Source Drain Gate
 Terminale B: Source Drain Gate
 Terminale C: Source Drain Gate

Zona di funzionato: ON sat. ON triodo OFF
 Corrente di drain: 10 μA



Terminale A: Source Drain Gate
 Terminale B: Source Drain Gate
 Terminale C: Source Drain Gate

Zona di funzionato: ON sat. ON triodo OFF
 Corrente di drain: 0 μA

2) Scrivere come somma canonica, semplificarla nella forma minima utilizzando i teoremi dell'algebra booleana

A	B	C	Z
0	0	0	1
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	0
1	1	1	1

1

A	B	C	Z
0	0	0	1
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	0
1	1	1	0

2

A	B	C	Z
0	0	0	1
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	0
1	1	1	0

3

A	B	C	Z
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	0
1	1	1	1

4

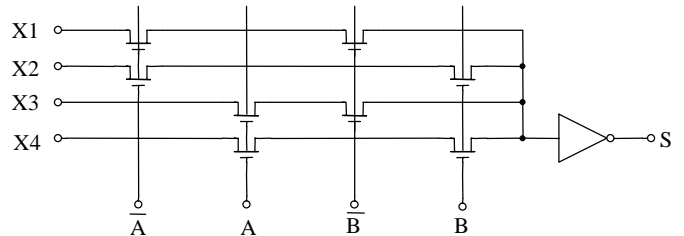
- 1) $A'B'C' + AB'C' + AB'C + ABC = B'C' + AC$
- 2) $A'B'C' + A'B'C + A'BC' + AB'C = B'C + A'C'$
- 3) $A'B'C' + A'B'C + AB'C' + AB'C = B'$
- 4) $A'B'C + A'BC + AB'C + ABC = C$

3) Utilizzando la mappa di Karnaugh, individuare tutti gli implicanti primi, evidenziare quelli essenziali e selezionare una copertura minima della funzione E=essenziale, M=copertura minima. Siano ABCD le variabili

- 1) ON-set=(3,5,7,11,13,15) $BD (EM) + CD (EM)$
- 2) ON-set=(8,9,10,11,12,13). $AC' (EM) + AB' (EM)$
- 3) ON-set=(2,3,6,7,10,14) $A'C (EM) + CD' (EM)$
- 4) ON-set=(0,1,2,3,4,5) $A'B' (EM) + A'C' (EM)$

4) Trovare i valori di X1, X2, X3, X4 affinché il circuito implementi la funzione

- $S=A' + B + C'$: X1=0, X2=0, X3=C, X4=0
 $S=A' + B' + C'$: X1=0, X2=0, X3=0, X4=C
 $S=A + B' + C'$: X1=0, X2=C, X3=C, X4=0
 $S=A' + B' + C$: X1=0, X2=0, X3=0, X4=C'



```
5.1) entity es6 is end;
architecture behavioural of es6 is
signal a,b,c, x, y: bit;
begin
process(c) begin
x<= a and b after 2 ns;
end process;
process(x) begin
y<= b and x after 5 ns;
end process;
process
begin
a <= '0'; b <= '0'; c <= '0';
wait for 10 ns;
a <= '1'; c <= '1';
wait for 10 ns;
```

```
b <= '1';
wait for 10 ns;
c <= '0';
wait for 10 ns;
c <= '1';
wait;
end process;
end behavioural;

soluzione a b c x y
1) t= 21ns 1 1 1 0 0
t= 31ns 1 1 0 0 0
t= 35ns 1 1 0 1 0
t= 39ns 1 1 0 1 1
t= 41ns 1 1 1 1 1
t= 49ns 1 1 1 1 1
```

```

5.2) entity es6 is end;
architecture behavioural of es6 is
signal a,b,c, x, y: bit;
begin
process(c) begin
y<= a and b after 2 ns;
end process;
process(y) begin
x<= b and y after 5 ns;
end process;
process
begin
a <= '0'; b <= '0'; c <= '0';
wait for 10 ns;
a <= '1'; c <= '1';
wait for 10 ns;
b <= '1';
wait for 10 ns;

```

```

c <= '0';
wait for 10 ns;
c <= '1';
wait;
end process;
end behavioural;

soluzione a b c x y
1) t= 21ns 1 1 1 0 0
t= 31ns 1 1 0 0 0
t= 35ns 1 1 0 0 1
t= 39ns 1 1 0 1 1
t= 41ns 1 1 1 1 1
t= 49ns 1 1 1 1 1

```

```

5.3) entity es6 is end;
architecture behavioural of es6 is
signal a,b,c, x, y: bit;
begin
process(c) begin
x<= a and b after 2 ns;
end process;
process(c) begin
y<= b and x after 5 ns;
end process;
process
begin
a <= '0'; b <= '0'; c <= '0';
wait for 10 ns;
a <= '1'; c <= '1';
wait for 10 ns;
b <= '1';

```

```

wait for 10 ns;
c <= '0';
wait for 10 ns;
c <= '1';
wait;
end process;
end behavioural;

soluzione a b c x y
1) t= 21ns 1 1 1 0 0
t= 31ns 1 1 0 0 0
t= 35ns 1 1 0 1 0
t= 39ns 1 1 0 1 0
t= 41ns 1 1 1 1 0
t= 49ns 1 1 1 1 1

```

```

5.4) entity es6 is end;
architecture behavioural of es6 is
signal a,b,c, x, y: bit;
begin
process(c) begin
y<= a and b after 2 ns;
end process;
process(c) begin
x<= b and y after 5 ns;
end process;
process
begin
a <= '0'; b <= '0'; c <= '0';
wait for 10 ns;
a <= '1'; c <= '1';
wait for 10 ns;

```

```

b <= '1';
wait for 10 ns;
c <= '0';
wait for 10 ns;
c <= '1';
wait;
end process;
end behavioural;

soluzione a b c x y
1) t= 21ns 1 1 1 0 0
t= 31ns 1 1 0 0 0
t= 35ns 1 1 0 0 1
t= 39ns 1 1 0 0 1
t= 41ns 1 1 1 0 1
t= 49ns 1 1 1 1 1

```

6) Trovare il valore di V_{out} , V_x e le correnti sui MOSFET e le zone di funzionamento dei dispositivi

1) $V_{dd}=6V$, $V_{THn} = 1V$, $V_{THp} = -1V$, $\lambda=0$, $\beta_1=\beta_2=\beta_3=\beta_4=20 \mu A/V^2$, $V_{in} = 2 V$

M1: SAT, M2: SAT, M3: SAT, M4: OFF

$I_{D1}= 10 \mu A$, $I_{D2}= 10 \mu A$, $I_{D3}= 10 \mu A$, $I_{D4}= 0 \mu A$, $V_{out}= 4V$ $V_x=2 V$

2) $V_{dd}=10V$, $V_{THn} = 1V$, $V_{THp} = -1V$, $\lambda=0$, $\beta_1=\beta_2=\beta_3=\beta_4=20 \mu A/V^2$, $V_{in} = 3 V$

M1: SAT, M2: SAT, M3: SAT, M4: OFF

$I_{D1}= 40 \mu A$, $I_{D2}= 40 \mu A$, $I_{D3}= 40 \mu A$, $I_{D4}= 0 \mu A$, $V_{out}= 7V$ $V_x=4 V$

3) $V_{dd}=6V$, $V_{THn} = 1V$, $V_{THp} = -1V$, $\lambda=0$, $\beta_1=\beta_2=\beta_3=\beta_4=20 \mu A/V^2$, $V_{in} = 4 V$

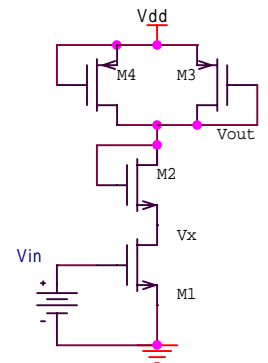
M1: SAT, M2: SAT, M3: SAT, M4: OFF

$I_{D1}= 10 \mu A$, $I_{D2}= 10 \mu A$, $I_{D3}= 10 \mu A$, $I_{D4}= 0 \mu A$, $V_{out}= 2V$ $V_x=4 V$

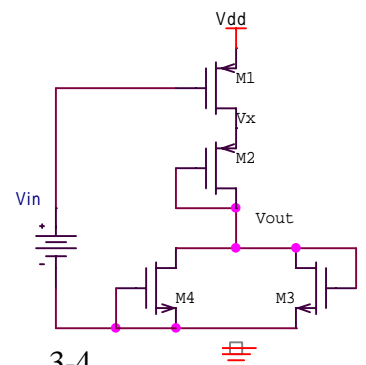
4) $V_{dd}=10V$, $V_{THn} = 1V$, $V_{THp} = -1V$, $\lambda=0$, $\beta_1=\beta_2=\beta_3=\beta_4=20 \mu A/V^2$, $V_{in} = 7 V$

M1: SAT, M2: SAT, M3: SAT, M4: OFF

$I_{D1}= 40 \mu A$, $I_{D2}= 40 \mu A$, $I_{D3}= 40 \mu A$, $I_{D4}= 0 \mu A$, $V_{out}= 3V$ $V_x=6 V$



1-2



3-4

Soluzione Esame di Elementi di Elettronica 9-12-2003

1) Scrivere come somma canonica, semplificarla nella forma minima utilizzando i teoremi dell'algebra booleana

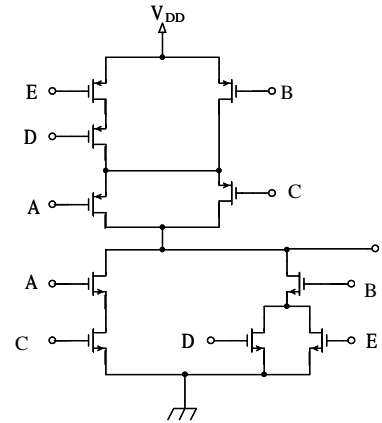
A	B	C	Z
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	0
1	1	1	1

Somma canonica $A'B'C + A'BC' + AB'C' + AB'C + ABC$

Somma minima $A'BC' + AB' + AC + B'C$

2) Scrivere come somma minima la funzione implementata dal seguente circuito CMOS

Somma minima $A'B' + B'C' + A'D'E' + C'D'E'$



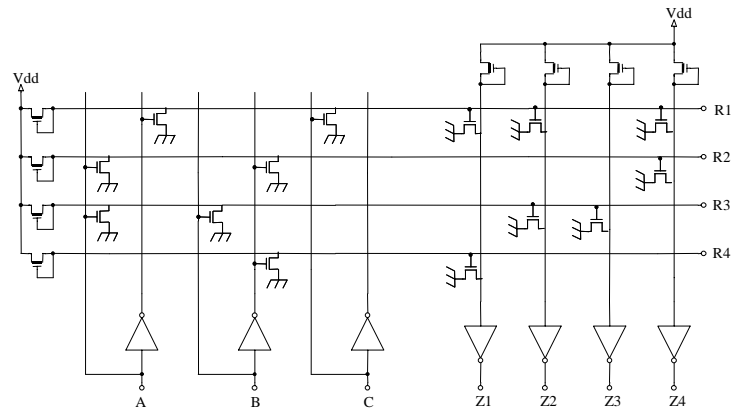
3) Utilizzando la mappa di Karnaugh, individuare tutti gli implicanti primi, evidenziare quelli essenziali e selezionare una copertura minima della funzione E=essenziale, M=copertura minima.

Siano ABCD le variabili ON-set = (0,1,2,3,5,7,9,11,15)

$A'B'$ (EM) CD (EM) $B'D$ (EM) $A'D$ (EM)

4) Trovare le funzioni Z1, Z2, Z3, Z4

$Z1 = AC' + B$
 $Z2 = AC' + A'B'$
 $Z3 = A'B'$
 $Z4 = AC' + A'B$



5) Determinare il valore dei segnali a, b, c nei seguenti istanti

```
entity es_dic_03 is
end;
```

```
architecture behavioural of es_dic_03 is
signal a,b,c, clk: bit;
begin
```

```
process(clk)
begin
b<= a after 2 ns;
end process;

c<= b after 2 ns;
process
begin
a <= '0';
wait for 35 ns;
a <= '1';
wait for 40 ns;
a <= '0';
wait;
end process;
```

```
clock: process
variable tmp: bit:='1';
begin
tmp:= not tmp;
clk<= tmp;
wait for 10 ns;
end process;
end behavioural;
```

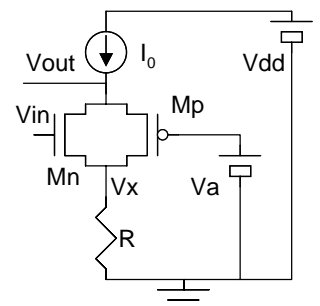
t	a	b	c
t= 40ns	1	0	0
t= 41ns	1	0	0
t= 43ns	1	1	0
t= 45ns	1	1	1
t= 80ns	0	1	1
t= 81ns	0	1	1
t= 83ns	0	0	1
t= 85ns	0	0	0

6) Trovare il valore di V_{out} , V_x e le correnti sui MOSFET e le zone di funzionamento dei dispositivi

$V_{dd}=6V$, $V_a=2.5V$, $V_{THn} = 1V$, $V_{THp} = -1V$, $\lambda=0$, $\beta_n=\beta_p=500 \mu A/V^2$, $V_{in} = 2.5V$, $I_0 = 1mA$, $R=500\Omega$

Mn: SAT Mp: SAT

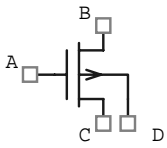
$I_{Dn} = 250 \mu A$, $I_{Dp} = 750 \mu A$ $V_{out} = 5.23 V$ $V_x = 0.5 V$



A) Esame di Elementi di Elettronica 6-7-2004

1) Individuare i terminali di source, gate e drain, trovare la zona di funzionamento e la corrente di drain.

$$V_A=2V, V_B=0V, V_C=2V, V_D=5V, V_{TH} = -1V, \lambda=0, \beta = 20 \mu A/V^2$$



Terminale A: Source Drain Gate
 Terminale B: Source Drain Gate
 Terminale C: Source Drain Gate

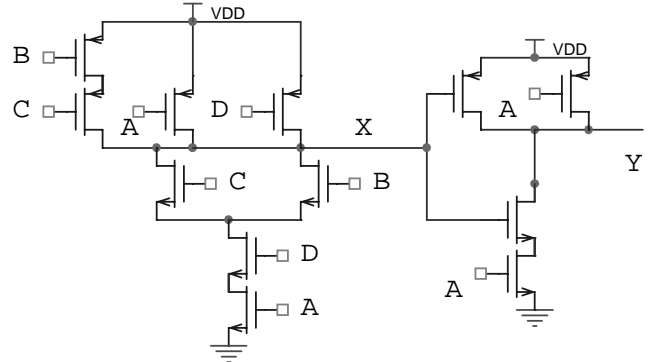
Zona di funzionato: ON sat. ON triodo OFF

Corrente di drain: 0 μA N_mosfet P_mosfet

2) Scrivere come somma canonica, semplificarla nella forma minima utilizzando i teoremi dell'algebra booleana la funzione implementata dal circuito

$$\overline{A \cdot D \cdot (B + C) \cdot A}$$

$$= \overline{A} + ABD + ACD = \overline{A} + BD + CD$$



3) Utilizzando la mappa di Karnaugh, individuare tutti gli implicanti primi, evidenziare quelli essenziali e selezionare una copertura minima della funzione E=essenziale, M=copertura minima. Siano ABCD le variabili ON-set = (1,2,3,4,7,9,11,12,14)

$$\overline{B} \cdot D \text{ (EM)}, \quad \overline{A} \cdot C \cdot D \text{ (EM)}, \quad A \cdot B \cdot \overline{D} \text{ (EM)}, \quad \overline{A} \cdot \overline{B} \cdot C \text{ (EM)}, \quad B \cdot \overline{C} \cdot \overline{D} \text{ (EM)},$$

4) Trovare i valori di X1, X2, X3, X4 affinché il circuito implementi la funzione

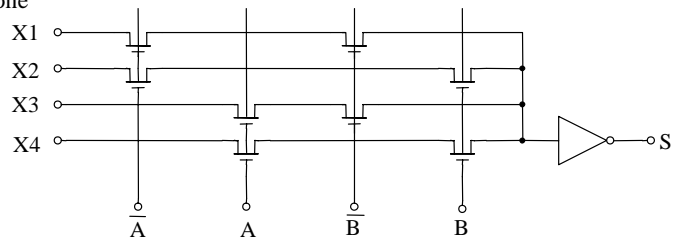
$$S = \overline{A}B + C$$

$$X1 = \overline{C}$$

$$X2 = 0$$

$$X3 = \overline{C}$$

$$X4 = \overline{C}$$



5) Determinare il valore dei segnali a, b, c nei seguenti istanti

	d	c	q
t= 130ns	0	0	0
t= 190ns	1	1	0
t= 230ns	1	0	0
t= 270ns	1	1	1
t= 370ns	1	1	1
t= 390ns	0	1	1
t= 430ns	0	0	0

```
entity FF is
    port (c: in bit; d: in bit; q: out bit);
end FF;

architecture behav of FF is
begin
    process (c)
    begin
        if (c='1' and c'event) then
            q<=d;
        end if ;
    end process;
end;
```

```
entity test_bench is end;
architecture behaviour of test_bench is
    component ff
        port (c: in bit; d: in bit; q: out bit);
    end component;
    signal q,d,c: bit;
begin
    DUT : ff port map (c, d, q);
    clock: process
        variable tmp: bit:='1';
    begin
        tmp:= not tmp;
        c<= tmp;
        wait for 50 ns;
    end process;
    stimulus: process
    begin
        d <= '0';
        wait for 180 ns;
        d <= '1';
        wait for 200 ns;
        d <= '0';
        wait for 2000 ns;
    end process;
end behaviour;
```

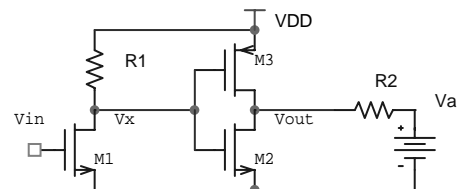
6) Trovare il valore di Vout, Vx e le correnti sui MOSFET e le zone di funzionamento dei dispositivi. $V_{dd}=5V, V_{THn} = 1V, V_{THp} = -1V, \beta_1=\beta_2=100 \mu A/V^2, \beta_3=50 \mu A/V^2, \lambda=0, R_1=10k\Omega, R_2=1k\Omega, V_{in} = 3 V, V_a = 2.5 V$

M1: **SAT** **TRIODO** **OFF**, M2: **SAT** **TRIODO** **OFF**,

M3: **SAT** **TRIODO** **OFF**

$$I_{D1} = 200 \mu A, \quad I_{D2} = 200 \mu A, \quad I_{D3} = 25 \mu A$$

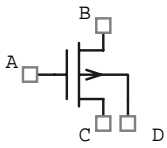
$$V_{out} = 2.325 V, \quad V_x = 3.0 V$$



B) Esame di Elementi di Elettronica 6-7-2004

1) Individuare i terminali di source, gate e drain, trovare la zona di funzionamento e la corrente di drain.

$V_A=2V, V_B=5V, V_C=2V, V_D=5V, V_{TH} = -1V, \lambda=0, \beta = 20 \mu A/V^2$

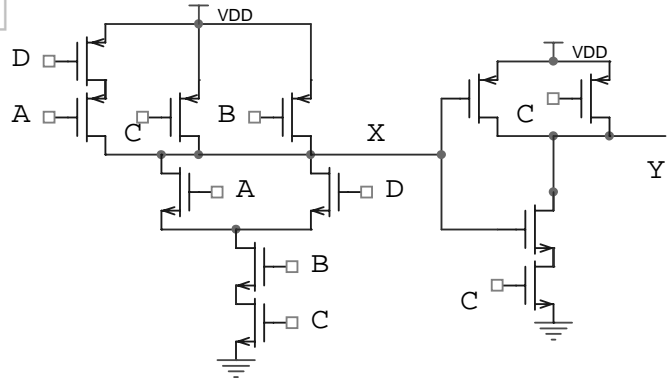


Terminale A: Source Drain Gate
 Terminale B: Source Drain Gate
 Terminale C: Source Drain Gate

Zona di funzionato: ON sat. ON triodo OFF

Corrente di drain: **40** μA N_mosfet P_mosfet

2) Scrivere come somma canonica, semplificarla nella forma minima utilizzando i teoremi dell'algebra booleana la funzione implementata dal circuito



$$\overline{C \cdot B \cdot (D + A) \cdot C}$$

$$= \overline{C} + BCD + ABC = \overline{C} + BD + AB$$

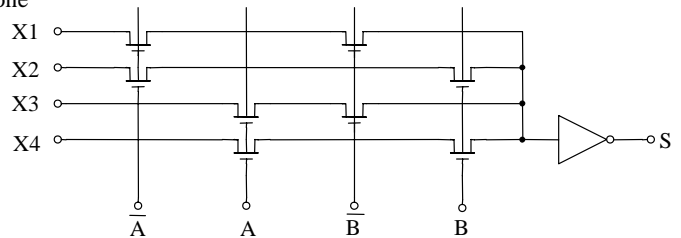
3) Utilizzando la mappa di Karnaugh, individuare tutti gli implicanti primi, evidenziare quelli essenziali e selezionare una copertura minima della funzione E=essenziale, M=copertura minima. Siano ABCD le variabili ON-set = (0,3,4,5,6,9,11,12,14)

$\overline{D} \cdot B$ (EM), $A \cdot \overline{B} \cdot D$ (EM), $\overline{B} \cdot C \cdot D$ (EM), $\overline{A} \cdot \overline{C} \cdot \overline{D}$ (EM), $\overline{A} \cdot B \cdot \overline{C}$ (EM),

4) Trovare i valori di X1, X2, X3, X4 affinché il circuito implementi la funzione

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

- X1= 1
- X2= C
- X3= 0
- X4= 0



5) Determinare il valore dei segnali a, b, c nei seguenti istanti

	d	c	q
t= 130ns	0	0	0
t= 190ns	1	1	1
t= 230ns	1	0	1
t= 270ns	1	1	1
t= 370ns	1	1	1
t= 390ns	0	1	0
t= 430ns	0	0	0

```
entity FF is
    port (c: in bit; d: in bit; q: out bit);
end FF;

architecture behav of FF is
begin
    process (c,d)
    begin
        q<=d;
    end process;
end;
```

```
entity test_bench is end;
architecture behaviour of test_bench is
    component ff
        port (c: in bit; d: in bit; q: out bit);
    end component;
    signal q,d,c: bit;
begin
    DUT : ff port map (c, d, q);
    clock: process
        variable tmp: bit:='1';
    begin
        tmp:= not tmp;
        c<= tmp;
        wait for 50 ns;
    end process;
    stimulus: process
    begin
        d <= '0';
        wait for 180 ns;
        d <= '1';
        wait for 200 ns;
        d <= '0';
        wait for 2000 ns;
    end process;
end behaviour;
```

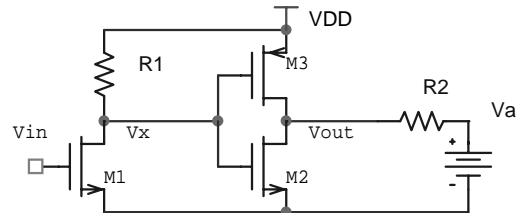
6) Trovare il valore di V_{out} , V_x e le correnti sui MOSFET e le zone di funzionamento dei dispositivi. $V_{dd}=5V, V_{THn} = 1V, V_{THp} = -1V, \beta_1=\beta_2=100 \mu A/V^2, \beta_3=50 \mu A/V^2, \lambda=0, R_1=15k\Omega, R_2=10k\Omega, V_{in} = 3 V, V_a = 2.5 V$

M1: **SAT** TRIODO OFF , M2: **SAT** TRIODO OFF ,

M3: **SAT** TRIODO OFF

$I_{D1}= 200 \mu A, I_{D2}= 50 \mu A, I_{D3}= 100 \mu A$

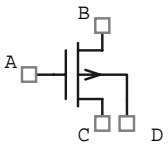
$V_{out}= 3.0 V, V_x= 2.0 V$



C) Esame di Elementi di Elettronica 6-7-2004

1) Individuare i terminali di source, gate e drain, trovare la zona di funzionamento e la corrente di drain.

$V_A=0V, V_B=0V, V_C=5V, V_D=5V, V_{TH} = -1V, \lambda=0, \beta = 20 \mu A/V^2$



Terminale A: Source Drain Gate
 Terminale B: Source Drain Gate
 Terminale C: Source Drain Gate

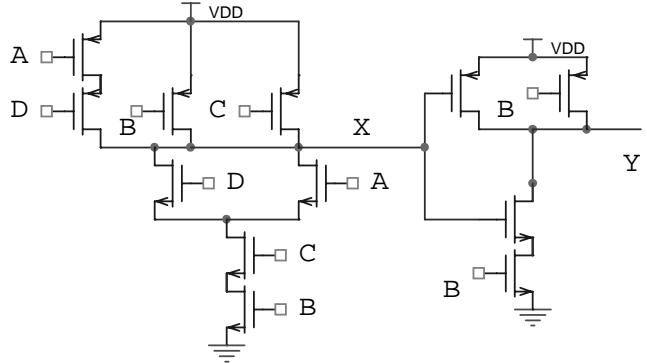
Zona di funzionato: ON sat. ON triodo OFF

Corrente di drain: **160** μA N_mosfet P_mosfet

2) Scrivere come somma canonica, semplificarla nella forma minima utilizzando i teoremi dell'algebra booleana la funzione implementata dal circuito

$$\overline{B \cdot C \cdot (A + D) \cdot B}$$

$$= \overline{B} + ABC + BCD = \overline{B} + AC + CD$$



3) Utilizzando la mappa di Karnaugh, individuare tutti gli implicanti primi, evidenziare quelli essenziali e selezionare una copertura minima della funzione E=essenziale, M=copertura minima. Siano ABCD le variabili ON-set = (1,3,4,6,8,9,11,13,14)

$\overline{B} \cdot D$ (EM), $A \cdot \overline{C} \cdot D$ (EM), $\overline{A} \cdot B \cdot \overline{D}$ (EM), $A \cdot \overline{B} \cdot \overline{C}$ (EM), $B \cdot C \cdot \overline{D}$ (EM),

4) Trovare i valori di X1, X2, X3, X4 affinché il circuito implementi la funzione

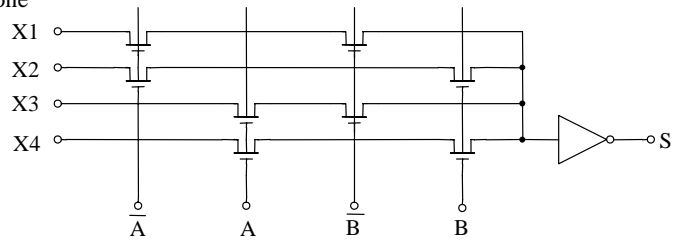
$S = \overline{ABC}$

$X1 = 1$

$X2 = \overline{C}$

$X3 = 1$

$X4 = 1$



5) Determinare il valore dei segnali a, b, c nei seguenti istanti

	d	c	q
t= 130ns	0	0	0
t= 190ns	1	1	1
t= 230ns	1	0	1
t= 270ns	1	1	1
t= 370ns	1	1	1
t= 390ns	0	1	1
t= 430ns	0	0	1

```
entity FF is
    port (c: in bit; d: in bit; q: out bit);
end FF;

architecture behav of FF is
begin
    process (c,d)
    begin
        if (c='1' and d='1') then
            q<=d;
        end if ;
    end process;
end;
```

```
entity test_bench is end;
architecture behaviour of test_bench is
    component ff
        port (c: in bit; d: in bit; q: out bit);
    end component;
    signal q,d,c: bit;
begin
    DUT : ff port map (c, d, q);
    clock: process
        begin
            variable tmp: bit:='1';
            begin
                tmp:= not tmp;
                c<= tmp;
                wait for 50 ns;
            end process;
    stimulus: process
        begin
            d <= '0';
            wait for 180 ns;
            d <= '1';
            wait for 200 ns;
            d <= '0';
            wait for 2000 ns;
        end process;
end behaviour;
```

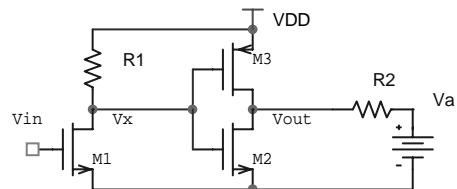
6) Trovare il valore di V_{out} , V_x e le correnti sui MOSFET e le zone di funzionamento dei dispositivi. $V_{dd}=5V, V_{THn} = 1V, V_{THp} = -1V, \beta_1=\beta_2=100 \mu A/V^2, \beta_3=50 \mu A/V^2, \lambda=0, R_1=10k\Omega, R_2=1k\Omega, V_{in} = 3 V, V_a = 2.5 V$

M1: **SAT** TRIODO OFF , M2: **SAT** TRIODO OFF ,

M3: **SAT** TRIODO OFF

$I_{D1} = 200 \mu A, I_{D2} = 200 \mu A, I_{D3} = 25 \mu A$

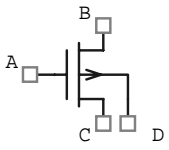
$V_{out} = 2.325 V, V_x = 3.0 V$



D) Esame di Elementi di Elettronica 6-7-2004

1) Individuare i terminali di source, gate e drain, trovare la zona di funzionamento e la corrente di drain.

$V_A=0V, V_B=4V, V_C=3V, V_D=5V, V_{TH} = -1V, \lambda=0, \beta = 20 \mu A/V^2$



Terminale A: Source Drain Gate
 Terminale B: Source Drain Gate
 Terminale C: Source Drain Gate

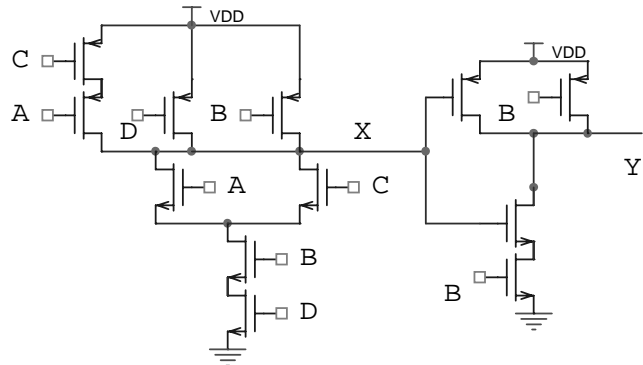
Zona di funzionato: ON sat. ON triodo OFF

Corrente di drain: **50** μA N_mosfet P_mosfet

2) Scrivere come somma canonica, semplificarla nella forma minima utilizzando i teoremi dell'algebra booleana la funzione implementata dal circuito

$$\overline{B \cdot D \cdot (A + C) \cdot B}$$

$$= \overline{B} + ABD + BCD = \overline{B} + AD + CD$$



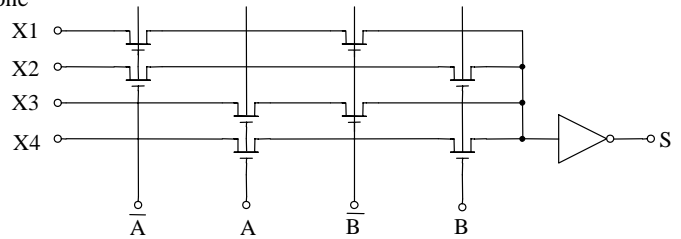
3) Utilizzando la mappa di Karnaugh, individuare tutti gli implicanti primi, evidenziare quelli essenziali e selezionare una copertura minima della funzione E=essenziale, M=copertura minima. Siano ABCD le variabili ON-set = (1,3,4,6,9,10,12,14,15)

$\overline{D} \cdot B$ (EM), $\overline{B} \cdot \overline{C} \cdot D$ (EM), $A \cdot C \cdot \overline{D}$ (EM), $\overline{A} \cdot \overline{B} \cdot D$ (EM), $A \cdot B \cdot C$ (EM),

4) Trovare i valori di X1, X2, X3, X4 affinché il circuito implementi la funzione

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

X1= \overline{C}
 X2= 0
 X3= 1
 X4= 0



5) Determinare il valore dei segnali a, b, c nei seguenti istanti

	d	c	q
t= 130ns	0	0	0
t= 190ns	1	1	0
t= 230ns	1	0	1
t= 270ns	1	1	1
t= 370ns	1	1	1
t= 390ns	0	1	1
t= 430ns	0	0	0

```
entity FF is
    port (c: in bit; d: in bit; q: out bit);
end FF;

architecture behav of FF is
begin
    process (c)
    begin
        if (c='0' and c'event) then
            q<=d;
        end if ;
    end process;
end;
```

```
entity test_bench is end;
architecture behaviour of test_bench is
    component ff
        port (c: in bit; d: in bit; q: out bit);
    end component;
    signal q,d,c: bit;
begin
    DUT : ff port map (c, d, q);
    clock: process
        begin
            variable tmp: bit:='1';
            begin
                tmp:= not tmp;
                c<= tmp;
                wait for 50 ns;
            end process;
    stimulus: process
        begin
            d <= '0';
            wait for 180 ns;
            d <= '1';
            wait for 200 ns;
            d <= '0';
            wait for 2000 ns;
        end process;
end behaviour;
```

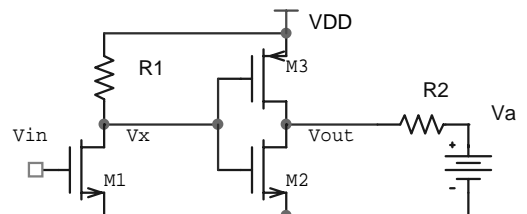
6) Trovare il valore di Vout, Vx e le correnti sui MOSFET e le zone di funzionamento dei dispositivi. $V_{dd}=5V, V_{THn} = 1V, V_{THp} = -1V, \beta_1=\beta_2=100 \mu A/V^2, \beta_3=50 \mu A/V^2, \lambda=0, R_1=15k\Omega, R_2=10k\Omega, V_{in} = 3 V, V_a = 2.5 V$

M1: **SAT** TRIODO OFF , M2: **SAT** TRIODO OFF ,

M3: **SAT** TRIODO OFF

$I_{D1}= 200 \mu A, I_{D2}= 50 \mu A, I_{D3}= 100 \mu A$

$V_{out}= 3.0 V, V_x= 2.0 V$



A) Soluzione Esame di Elementi di Elettronica 26-7-2004

1) Applicando i teoremi dell'algebra Booleana, semplificare ed espandere la seguente espressione in una somma di prodotti di letterali

$$\overline{C+B} + (\overline{C+D}) \cdot (B + (\overline{D+A}))$$

$$= \overline{C} \cdot \overline{B} + (\overline{C+D}) \cdot (B + (\overline{D} \cdot \overline{A})) = \overline{C} \cdot \overline{B} + \overline{C} \cdot \overline{B} + \overline{C} \cdot \overline{D} \cdot \overline{A} + \overline{D} \cdot B + \overline{D} \cdot \overline{A} = \overline{C} + \overline{D} \cdot \overline{A} + \overline{D} \cdot B$$

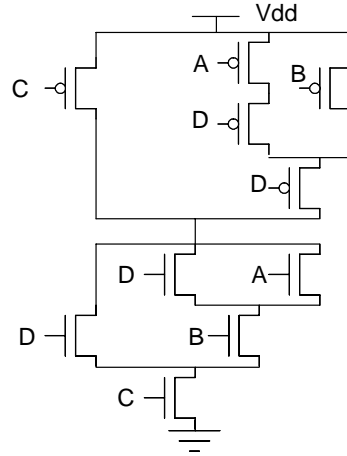
2) Utilizzando la mappa di Karnaugh, individuare tutti gli implicanti primi, evidenziare quelli essenziali e selezionare una copertura minima della funzione E=essenziale, M=copertura minima.

Siano ABCD le variabili ON-set = (0,1,3,4,5,7,10)

A'C' (EM) A'D (EM) AB'CD' (EM)

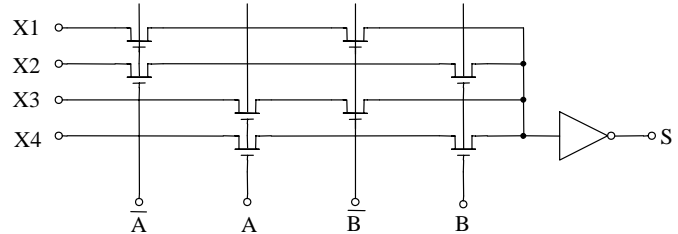
3) Implementare con un circuito CMOS in logica random la seguente funzione

$$\overline{C \cdot (D + B \cdot (A + D))}$$



4) Trovare i valori di X1, X2, X3, X4 affinché il circuito implementi la seguente funzione

$$S = \overline{A \cdot B \cdot C} : \quad X1=1, X2=1, X3=C', X4=1$$



5) Determinare il valore dei segnali x, y, z nei seguenti istanti

```
entity esempio is
end;

architecture behavioural of esempio is
signal x,y,z, clk: bit;
begin
process(clk,x)
begin
y<= x after 2 ns;
z<= y after 2 ns;
end process;
process
begin
x <= '0';
wait for 35 ns;
x <= '1';
wait for 30 ns;
x <= '0';
wait;
end process;
```

```
clock: process
variable tmp: bit:= '1';
begin
tmp:= not tmp;
clk<= tmp;
wait for 10 ns;
end process;
end behavioural;
```

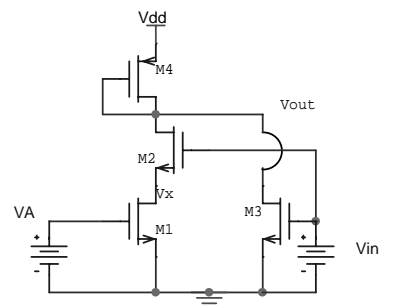
	x	y	z
t= 40ns	1	1	0
t= 41ns	1	1	0
t= 43ns	1	1	1
t= 45ns	1	1	1
t= 60ns	1	1	1
t= 66ns	0	1	1
t= 70ns	0	0	1
t= 75ns	0	0	0

6) Trovare il valore di V_{out} e le correnti nei MOSFET: $V_{in}=3V, V_A=1.5V, V_{dd}=6V, V_{THn}=0.7V, V_{THp}=-0.7V,$

$$\lambda=0, \beta_1 = \beta_2 = 160 \mu A/V^2, \beta_3 = 80 \mu A/V^2, \beta_4 = 200 \mu A/V^2.$$

M1: SATURO, M2: SATURO, M3: SATURO, M4: SATURO

$$V_{out}=3.678V, V_x=1.5V, I_{D1}=I_{D2}=51.2\mu A, I_{D3}=211.6\mu A, I_{D4}=262.8\mu A$$



B) Soluzione Esame di Elementi di Elettronica 26-7-2004

1) Applicando i teoremi dell'algebra Booleana, semplificare ed espandere la seguente espressione in una somma di prodotti di letterali

$$\overline{A+B} + (\overline{A+D}) \cdot (B + (\overline{D+C}))$$

$$= \overline{A} \cdot \overline{B} + (\overline{A+D}) \cdot (B + (\overline{D} \cdot \overline{C})) = \overline{A} \cdot \overline{B} + \overline{A} \cdot B + \overline{A} \cdot \overline{D} \cdot \overline{C} + \overline{D} \cdot B + \overline{D} \cdot \overline{C} = \overline{A} + \overline{D} \cdot \overline{C} + \overline{D} \cdot B$$

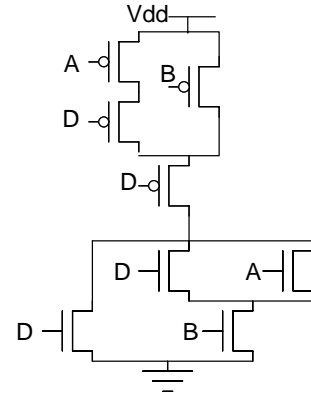
2) Utilizzando la mappa di Karnaugh, individuare tutti gli implicanti primi, evidenziare quelli essenziali e selezionare una copertura minima della funzione E=essenziale, M=copertura minima.

Siano ABCD le variabili ON-set = (2,4,5,8,9,12,13)

A' C' (EM) B C' (EM) A' B' C D' (EM)

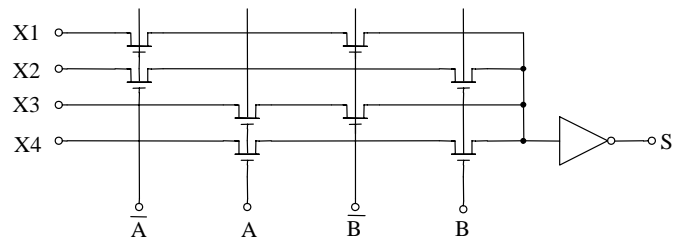
3) Implementare con un circuito CMOS in logica random la seguente funzione

$$\overline{(D+B) \cdot (A+D)}$$



4) Trovare i valori di X1, X2, X3, X4 affinché il circuito implementi la seguente funzione

$$S = \overline{A \cdot B \cdot C} : X1=C, X2=1, X3=1, X4=1$$



5) Determinare il valore dei segnali x, y, z nei seguenti istanti

```
entity esempio is
end;

architecture behavioural of esempio is
signal x,y,z, clk: bit;
begin
process(clk)
begin
y<= x after 2 ns;
z<= y after 2 ns;
end process;
process
begin
x <= '0';
wait for 35 ns;
x <= '1';
wait for 30 ns;
x <= '0';
wait;
end process;
```

```
clock: process
variable tmp: bit:='1';
begin
tmp:= not tmp;
clk<= tmp;
wait for 10 ns;
end process;
end behavioural;
```

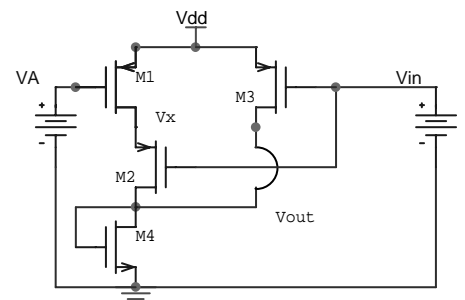
	x	y	z
t= 40ns	1	0	0
t= 41ns	1	0	0
t= 43ns	1	1	0
t= 45ns	1	1	0
t= 60ns	1	1	1
t= 66ns	0	1	1
t= 70ns	0	1	1
t= 75ns	0	0	1

6) Trovare il valore di V_{out} e le correnti nei MOSFET: $V_{in}=3V, V_A=4.5V, V_{dd}=6V, V_{THn}=0.7V, V_{THp}=-0.7V,$

$$\lambda=0, \beta_1 = \beta_2 = 160 \mu A/V^2, \beta_3 = 80 \mu A/V^2, \beta_4 = 200 \mu A/V^2.$$

M1: SATURO, M2: SATURO, M3: SATURO, M4: SATURO

$$V_{out}=2.322V, V_x=4.5V, I_{D1}=I_{D2}=51.2\mu A, I_{D3}=211.6\mu A, I_{D4}=262.8\mu A$$



C) Soluzione Esame di Elementi di Elettronica 26-7-2004

1) Applicando i teoremi dell'algebra Booleana, semplificare ed espandere la seguente espressione in una somma di prodotti di letterali

$$\overline{B+C} + (\overline{B+D}) \cdot (C + (\overline{D+A}))$$

$$= \overline{C} \cdot \overline{B} + (\overline{B+D}) \cdot (C + (\overline{D} \cdot \overline{A})) = \overline{C} \cdot \overline{B} + \overline{B} \cdot \overline{D} \cdot \overline{A} + \overline{D} \cdot C + \overline{D} \cdot \overline{A} = \overline{B+D} \cdot \overline{A} + \overline{D} \cdot C$$

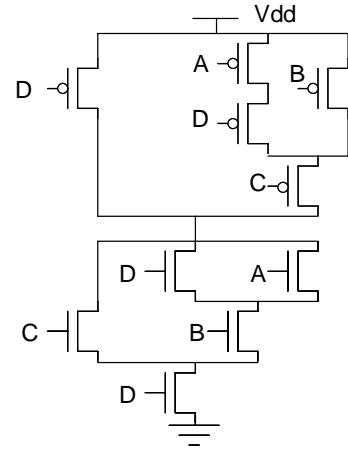
2) Utilizzando la mappa di Karnaugh, individuare tutti gli implicanti primi, evidenziare quelli essenziali e selezionare una copertura minima della funzione E=essenziale, M=copertura minima.

Siano ABCD le variabili ON-set = (0,9,10,11,13,14,15)

AC (EM) AD (EM) A' B' C' D' (EM)

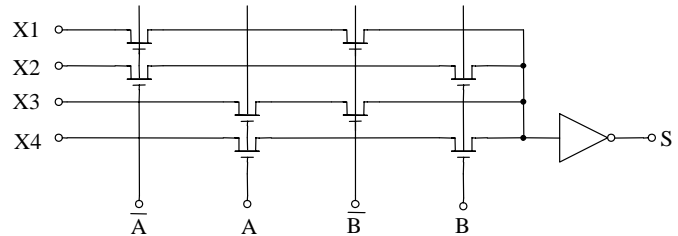
3) Implementare con un circuito CMOS in logica random la seguente funzione

$$\overline{D \cdot (C + B \cdot (A + D))}$$



4) Trovare i valori di X1, X2, X3, X4 affinché il circuito implementi la seguente funzione

$$S = \overline{A} \cdot \overline{B} \cdot \overline{C} + \overline{A} \cdot B \cdot C : X1=C, X2=C', X3=1, X4=1$$



5) Determinare il valore dei segnali x, y, z nei seguenti istanti

```
entity esempio is
end;

architecture behavioural of esempio is
signal x,y,z, clk: bit;
begin
  process(clk,x)
  begin
    y<= not x after 2 ns;
    z<= y after 2 ns;
  end process;
  process
  begin
    x <= '0';
    wait for 35 ns;
    x <= '1';
    wait for 30 ns;
    x <= '0';
    wait;
  end process;
```

```
clock: process
  variable tmp: bit:= '1';
begin
  tmp:= not tmp;
  clk<= tmp;
  wait for 10 ns;
end process;
end behavioural;
```

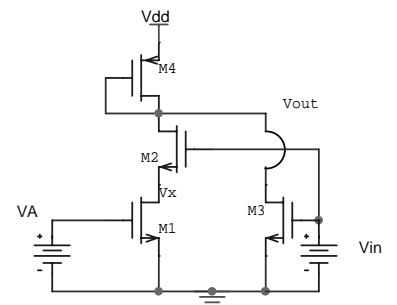
	x	y	z
t= 40ns	1	0	1
t= 41ns	1	0	1
t= 43ns	1	0	0
t= 45ns	1	0	0
t= 60ns	1	0	0
t= 66ns	0	0	0
t= 70ns	0	1	0
t= 75ns	0	1	1

6) Trovare il valore di V_{out} e le correnti nei MOSFET: $V_{in}=3V, V_A=1.5V, V_{dd}=6V, V_{THn}=0.7V, V_{THp}=-0.7V,$

$$\lambda=0, \beta_1 = \beta_2 = 80 \mu A/V^2, \beta_3 = 80 \mu A/V^2, \beta_4 = 200 \mu A/V^2.$$

M1: SATURO, M2: SATURO, M3: SATURO, M4: SATURO

$$V_{out}=3.759V, V_x=1.5V, I_{D1}=I_{D2}=25.6\mu A, I_{D3}=211.6\mu A, I_{D4}=237.2\mu A$$



D) Soluzione Esame di Elementi di Elettronica 26-7-2004

1) Applicando i teoremi dell'algebra Booleana, semplificare ed espandere la seguente espressione in una somma di prodotti di letterali

$$\overline{C+B} + (\overline{C+A}) \cdot (B + (\overline{A+D}))$$

$$= \overline{C} \cdot \overline{B} + (\overline{C+A}) \cdot (B + (\overline{D \cdot A})) = \overline{C} \cdot \overline{B} + \overline{C} \cdot B + \overline{C} \cdot \overline{D} \cdot \overline{A} + \overline{A} \cdot B + \overline{D} \cdot \overline{A} = \overline{C} + \overline{D} \cdot \overline{A} + \overline{A} \cdot B$$

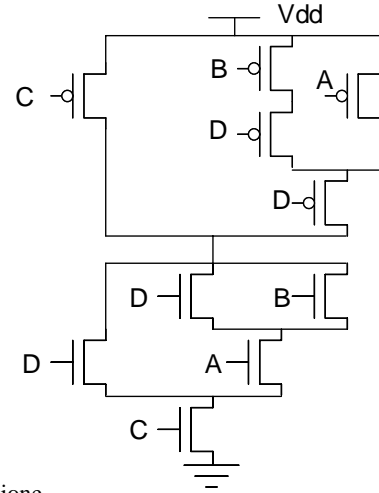
2) Utilizzando la mappa di Karnaugh, individuare tutti gli implicanti primi, evidenziare quelli essenziali e selezionare una copertura minima della funzione E=essenziale, M=copertura minima.

Siano ABCD le variabili ON-set = (2,3,6,7,8,14,15)

A' C (EM) B C (EM) A B' C' D' (EM)

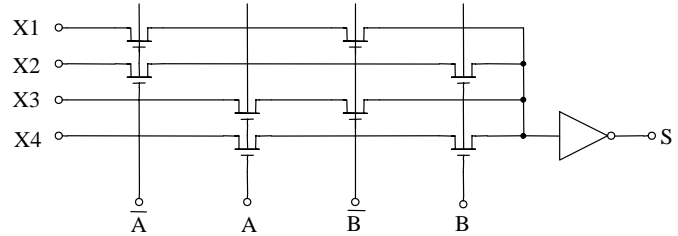
3) Implementare con un circuito CMOS in logica random la seguente funzione

$$\overline{C \cdot (D + A \cdot (B + D))}$$



4) Trovare i valori di X1, X2, X3, X4 affinché il circuito implementi la seguente funzione

$$S = B \cdot \overline{C} : \quad X1=1, X2=C, X3=1, X4=C$$



5) Determinare il valore dei segnali x, y, z nei seguenti istanti

```
entity esempio is
end;

architecture behavioural of esempio is
signal x,y,z, clk: bit;
begin
process(clk)
begin
y<= not x after 2 ns;
z<= y after 2 ns;
end process;
process
begin
x <= '0';
wait for 35 ns;
x <= '1';
wait for 30 ns;
x <= '0';
wait;
end process;
```

```
clock: process
variable tmp: bit:='1';
begin
tmp:= not tmp;
clk<= tmp;
wait for 10 ns;
end process;
end behavioural;
```

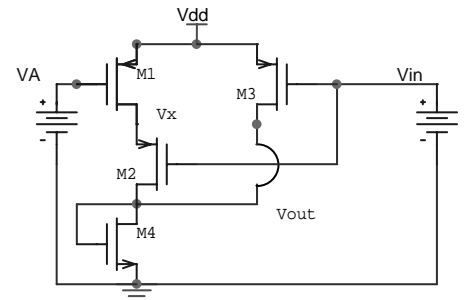
	x	y	z
t= 40ns	1	1	1
t= 41ns	1	1	1
t= 43ns	1	0	1
t= 45ns	1	0	1
t= 60ns	1	0	0
t= 66ns	0	0	0
t= 70ns	0	0	0
t= 75ns	0	1	0

6) Trovare il valore di V_{out} e le correnti nei MOSFET: V_{in}=3 V, V_A=1.5 V, V_{dd}=6V, V_{THn}=0.7V, V_{THp}=-0.7V,

$$\lambda=0, \beta_1 = \beta_2 = 80 \mu A/V^2, \beta_3 = 80 \mu A/V^2, \beta_4 = 200 \mu A/V^2$$

M1: SATURO, M2: SATURO, M3: SATURO, M4: SATURO

$$V_{out}=2.241 V, \quad V_x=4.5 V, \quad I_{D1}=I_{D2}= 25.6 \mu A, \quad I_{D3}= 211.6 \mu A, \quad I_{D4}= 237.2 \mu A$$



1) Applicando i teoremi dell'algebra Booleana, semplificare ed espandere la seguente espressione in una somma di prodotti di letterali

$$A \cdot B + B \cdot C + \bar{A} \cdot C + A \cdot \bar{B} \cdot C = A \cdot B + \bar{A} \cdot C$$

$$A \cdot \bar{B} + \bar{B} \cdot C + \bar{A} \cdot C + A \cdot \bar{B} \cdot C = A \cdot \bar{B} + \bar{A} \cdot C$$

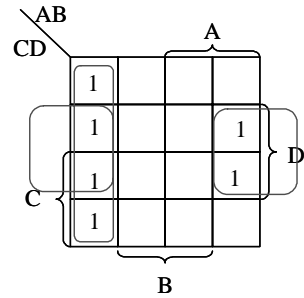
$$\overline{B+C} + (\bar{B} + \bar{D}) \cdot (C + (\bar{D} + A))$$

$$= \bar{C} \cdot \bar{B} + (\bar{B} + \bar{D}) \cdot (C + (\bar{D} \cdot \bar{A})) = \bar{C} \cdot \bar{B} + \bar{B} \cdot C + \bar{B} \cdot \bar{D} \cdot \bar{A} + \bar{D} \cdot C + \bar{D} \cdot \bar{A} = \bar{B} + \bar{D} \cdot \bar{A} + \bar{D} \cdot C$$

$$\overline{C+B} + (\bar{C} + \bar{A}) \cdot (B + (\bar{D} + A))$$

$$= \bar{C} \cdot \bar{B} + (\bar{C} + \bar{A}) \cdot (B + (\bar{D} \cdot \bar{A})) = \bar{C} \cdot \bar{B} + \bar{C} \cdot B + \bar{C} \cdot \bar{D} \cdot \bar{A} + \bar{A} \cdot B + \bar{D} \cdot \bar{A} = \bar{C} + \bar{D} \cdot \bar{A} + \bar{A} \cdot B$$

2) Utilizzando la mappa di Karnaugh, individuare tutti gli implicanti primi, evidenziare quelli essenziali e selezionare una copertura minima della funzione E=essenziale, M=copertura minima. Siano ABCD le variabili



ON-set = (0,1,2,3,9,11) $\bar{A} \cdot \bar{B}$ (E,M), $\bar{B} \cdot D$ (E,M)

ON-set = (2,4,6,10,12,14) $C \cdot \bar{D}$ (E,M), $B \cdot \bar{D}$ (E,M)

ON-set = (1,3,8,9,10,11) $A \cdot \bar{B}$ (E,M), $\bar{B} \cdot D$ (E,M)

ON-set = (0,4,6,8,12,14) $\bar{C} \cdot \bar{D}$ (E,M), $B \cdot \bar{D}$ (E,M)

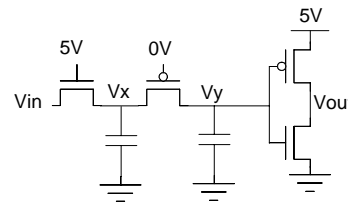
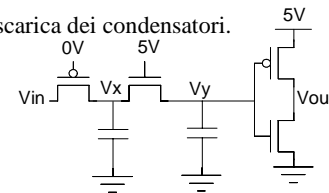
3) Trovare i valori delle tensioni V_x , V_y e V_{out} , una volta esaurito il transitorio di carica o scarica dei condensatori. Sia $V_{THn}=1V$, $V_{THp}=-1V$, soglia logica dell'inverter $V_{TL}=2.5V$.

$V_{in}=5V$, $V_x(t=0)=0V$, $V_y(t=0)=0V$: $V_x=5V$, $V_y=4V$, $V_{out}=0V$

$V_{in}=0V$, $V_x(t=0)=5V$, $V_y(t=0)=5V$: $V_x=1V$, $V_y=1V$, $V_{out}=5V$

$V_{in}=5V$, $V_x(t=0)=0V$, $V_y(t=0)=0V$: $V_x=4V$, $V_y=4V$, $V_{out}=0V$

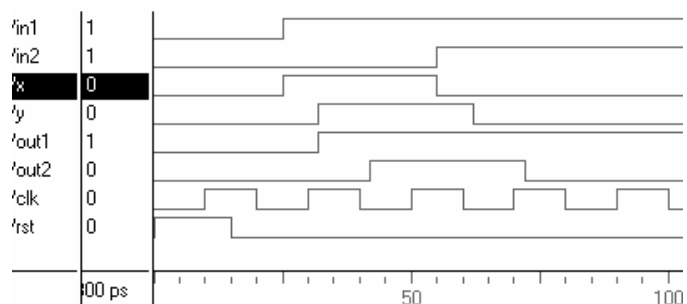
$V_{in}=0V$, $V_x(t=0)=5V$, $V_y(t=0)=5V$: $V_x=0V$, $V_y=1V$, $V_{out}=5V$



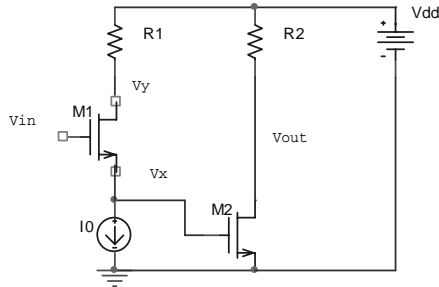
4) Determinare il valore dei segnali nei seguenti istanti

```
entity esempio is
end;
architecture behavioural of esempio is
signal in1, in2, x, y, out1, out2, clk, rst: bit;
begin
    x <= in1 xor in2;
    process(clk,rst)
    begin
        if (rst='1') then
            y <= '0'; out2 <= '0'; out1 <= '0';
        else
            y <= x after 2 ps;
            out2 <= y after 2 ps;
            out1 <= in1 after 2 ps;
        end if;
    end process;
    process
    begin
        rst <= '1'; in1 <= '0'; in2 <= '0';
        wait for 15 ps;
        rst <= '0';
        wait for 10 ps;
        in1 <= '1';
        wait for 30 ps;
        in2 <= '1';
        wait;
    end process;
    clock: process
        variable tmp: bit:='1';
    begin
        tmp := not tmp;
        clk <= tmp;
        wait for 10 ps;
    end process;
end behavioural;
```

t(ps)	in1	in2	x	y	out1	out2
20	0	0	0	0	0	0
30	1	0	1	0	0	0
40	1	0	1	1	1	0
50	1	0	1	1	1	1
60	1	1	0	1	1	1
70	1	1	0	0	1	0
80	1	1	0	0	1	0

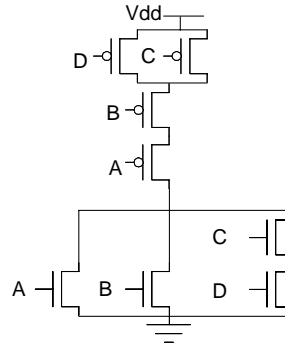


- 5) Trovare il valore di V_x , V_y , V_{out} e le correnti nei MOSFET. $V_{in}=4\text{ V}$, $I_0=20\text{ }\mu\text{A}$, $V_{dd}=5\text{ V}$, $V_{THn}=1\text{ V}$, $\beta_1 = \beta_2 = 40\text{ }\mu\text{A/V}^2$
- | | | | | | | |
|---|-------------------|----------------------------------|----------------------------------|--------------------------|--------------------|--------------------|
| $R_1=30\text{ K}\Omega$, $R_2=60\text{ K}\Omega$, | M1: SAT , M2: SAT | $I_{D1}=20\text{ }\mu\text{A}$, | $I_{D2}=20\text{ }\mu\text{A}$, | $V_{out}=3.8\text{ V}$, | $V_x=2\text{ V}$, | $V_y=4.4\text{ V}$ |
| $R_1=40\text{ K}\Omega$, $R_2=80\text{ K}\Omega$, | M1: SAT , M2: SAT | $I_{D1}=20\text{ }\mu\text{A}$, | $I_{D2}=20\text{ }\mu\text{A}$, | $V_{out}=3.4\text{ V}$, | $V_x=2\text{ V}$, | $V_y=4.2\text{ V}$ |
| $R_1=80\text{ K}\Omega$, $R_2=70\text{ K}\Omega$, | M1: SAT , M2: SAT | $I_{D1}=20\text{ }\mu\text{A}$, | $I_{D2}=20\text{ }\mu\text{A}$, | $V_{out}=3.6\text{ V}$, | $V_x=2\text{ V}$, | $V_y=3.4\text{ V}$ |
| $R_1=70\text{ K}\Omega$, $R_2=90\text{ K}\Omega$, | M1: SAT , M2: SAT | $I_{D1}=20\text{ }\mu\text{A}$, | $I_{D2}=20\text{ }\mu\text{A}$, | $V_{out}=3.2\text{ V}$, | $V_x=2\text{ V}$, | $V_y=3.6\text{ V}$ |



- 6) Implementare con un circuito CMOS in logica random la seguente funzione

$$\overline{A + B + (C \cdot D)}$$



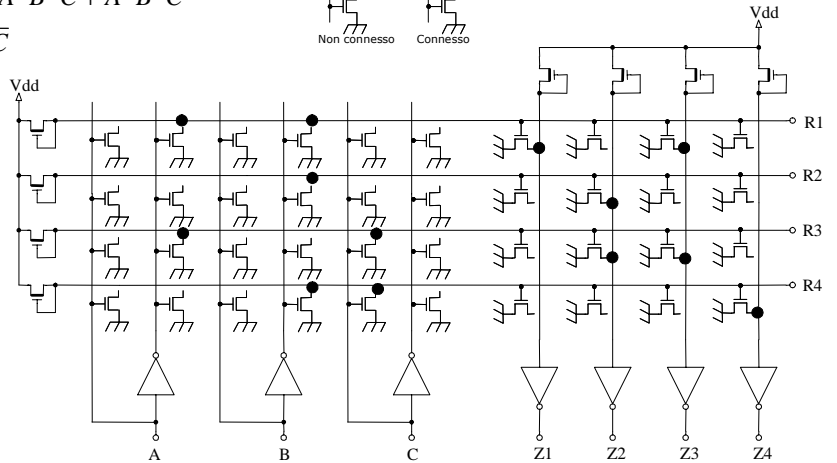
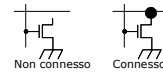
Soluzione Esame di Elementi di Elettronica 13-12-2004

1) Scrivere come somma canonica, semplificarla nella forma minima utilizzando i teoremi dell'algebra booleana

A	B	C	Z
0	0	0	1
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	0

Somma canonica $Z = \bar{A} \cdot \bar{B} \cdot \bar{C} + \bar{A} \cdot \bar{B} \cdot C + \bar{A} \cdot B \cdot \bar{C}$

Somma minima: $Z = \bar{A} \cdot \bar{B} + \bar{A} \cdot \bar{C}$

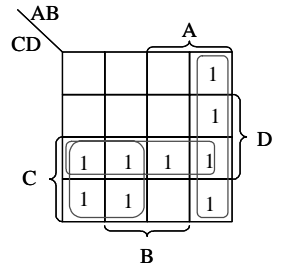


2) Implementare nella seguente PLA le funzioni:

$Z_1 = AB, Z_2 = B + AC, Z_3 = AB + AC, Z_4 = BC$

3) Utilizzando la mappa di Karnaugh, individuare tutti gli implicant primi, evidenziare quelli essenziali e selezionare una copertura minima della funzione. E=essenziale, M= minima. Siano ABCD le variabili ON-set = (2,3,6,7,8,9,10,11,15)

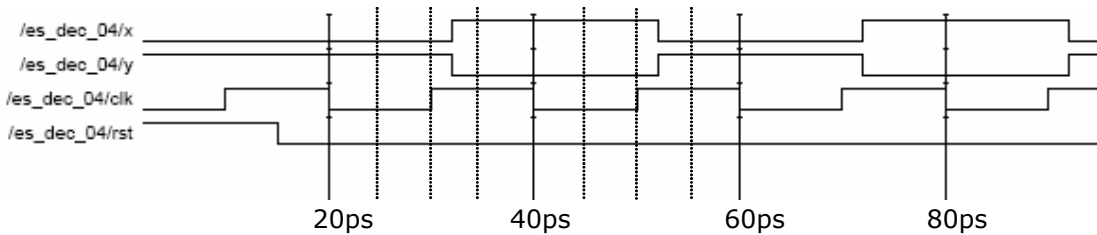
$\bar{A}\bar{B} (EM), \bar{A}\bar{C} (EM), CD (EM), \bar{B}\bar{C}$



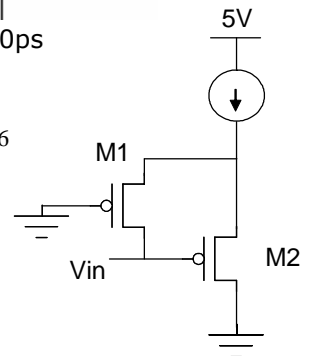
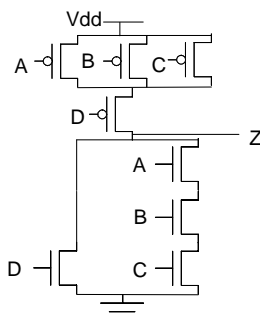
4) Determinare il valore dei segnali nei seguenti istanti

```
entity es_dec_04 is end;
architecture behavioural of es_dec_04 is
signal x, y, clk, rst: bit;
begin
y <= not x;
process(clk,rst)
begin
if (rst='1') then x <= '0';
elsif (clk'event and clk='1') then x <= y after 2 ps;
end if;
end process;
process
begin
rst <= '1';
wait for 15 ps;
rst <= '0';
wait;
end process;
clock: process
```

```
variable tmp: bit:= '1';
begin
tmp:= not tmp;
clk <= tmp;
wait for 10 ps;
end process;
end behavioural
x y rst
t= 25ps 0 1 0
t= 30ps 0 1 0
t= 35ps 1 0 0
t= 40ps 1 0 0
t= 45ps 1 0 0
t= 50ps 1 0 0
t= 55ps 0 1 0
t= 60ps 0 1 0
```



5) Supponendo che i MOSFET lavorino in saturazione, dati: $V_{in}=0V, I_0=50\mu A, V_{dd}=5V, V_{TH1}=V_{TH2}=-1V, \beta_1=50\mu A/V^2, \beta_2=100\mu A/V^2 \rightarrow V_{out}=1.816V, I_{D1}=16.7\mu A, I_{D2}=33.3\mu A, v_{out}/v_{in} = gm_2/(gm_1+gm_2) = 0.66$



6) Implementare con un circuito CMOS in logica random la seguente funzione

$\overline{ABC + D}$

Soluzione Esame di Elementi di Elettronica 11-1-2005

1) Scrivere come somma canonica, semplificarla nella forma minima utilizzando i teoremi dell'algebra booleana

A	B	C	Z
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	0

Somma canonica $Z = \bar{A} \cdot B \cdot C + A \cdot \bar{B} \cdot \bar{C} + A \cdot \bar{B} \cdot C + A \cdot B \cdot \bar{C}$

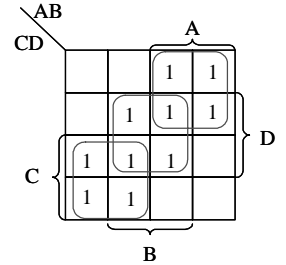
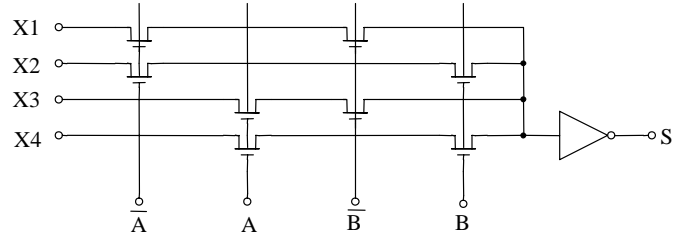
Somma minima: $Z = \bar{A} \cdot B \cdot C + A \cdot \bar{B} + A \cdot \bar{C}$

2) Trovare i valori di X1, X2, X3, X4 affinché il circuito implementi la funzione

$$S = \bar{A}C + BC$$

$$X1 = \bar{C} \quad X2 = \bar{C}$$

$$X3 = 1 \quad X4 = \bar{C}$$



3) Utilizzando la mappa di Karnaugh, individuare tutti gli implicanti primi, evidenziare quelli essenziali e selezionare una copertura minima della funzione. E=essenziale, M= minima. Siano ABCD le variabili

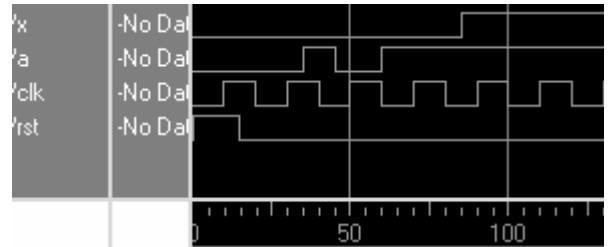
ON-set = (2,3,5,6,7,8,9,12,13,15) $\bar{A}C (EM), BD (EM), A\bar{C} (EM)$

4) Determinare il valore dei segnali nei seguenti istanti

```
entity es_gen_05 is
end;
architecture behavioural of es_gen_05 is
signal x, a, clk, rst: bit;
begin
process(clk,rst,a)
begin
if (rst='1') then
x<='0';
elsif (clk'event and clk='1') then
x<= a after 15 ps;
end if;
end process;
process
begin
rst <= '1'; a <= '0';
wait for 15 ps;
rst <= '0';
wait for 20 ps;
a <= '1';
wait for 10 ps;
a <= '0';
wait for 16 ps;
a <= '1';
wait;
end process;
```

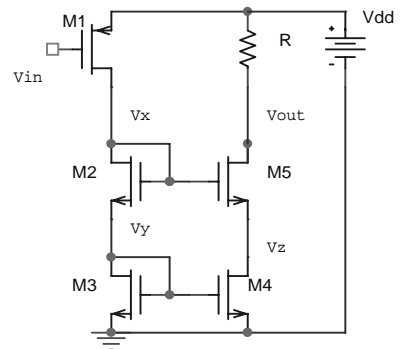
```
clock: process
variable tmp: bit:= '1';
begin
tmp:= not tmp;
clk<= tmp;
wait for 10 ps;
end process;
end behavioural;
```

t	x	a	rst
t = 10ps	0	0	1
t = 20ps	0	0	0
t = 30ps	0	0	0
t = 40ps	0	1	0
t = 50ps	0	0	0
t = 60ps	0	0	0
t = 70ps	0	1	0
t = 80ps	0	1	0
t = 90ps	1	1	0
t = 100ps	1	1	0



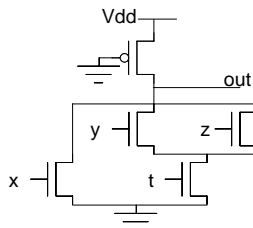
5) Supponendo che i MOSFET lavorino in saturazione, dati: $V_{in}=4V, V_{dd}=10V, V_{THn}=1V, V_{THp}=-1V, R=10K\Omega, \beta_1=\beta_2=\beta_3=50\mu A/V^2, \beta_4=\beta_5=100\mu A/V^2$, trovare:

$I_{D1}=225\mu A, I_{D2}=225\mu A, I_{D3}=225\mu A, I_{D4}=450\mu A, I_{D5}=450\mu A$
 $V_{out}=5.5V, V_x=8V, V_y=4V, V_z=4V \quad v_{out}/v_{in}=R gm_4 gm_1/gm_3=3$



6) Scrivere la funzione logica implementata dal seguente circuito in logica pseudo_n_MOS

$$out = \overline{x + t \cdot (y + z)}$$



1) Scrivere come somma canonica, semplificarla nella forma minima utilizzando i teoremi dell'algebra booleana

A	B	C	Z
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	0

Somma canonica Z= + + + +
 Somma minima: Z= + + + +

2) Trovare i valori di X1, X2, X3, X4 affinché il circuito implementi la funzione

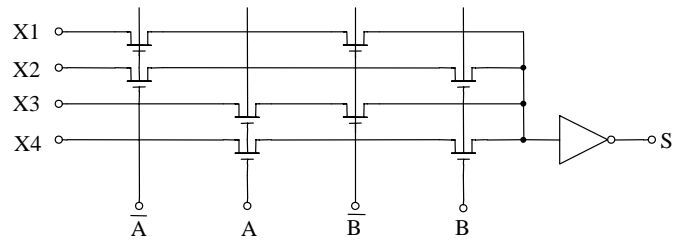
$$S = \bar{A}C + BC$$

X1=

X2=

X3=

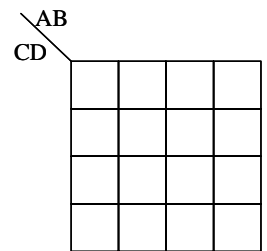
X4=



3) Utilizzando la mappa di Karnaugh, individuare tutti gli implicanti primi, evidenziare quelli essenziali e selezionare una copertura minima della funzione. E=essenziale, M= minima.

Siano ABCD le variabili ON-set = (2,3,5,6,7,8,9,12,13,15)

[E] [M], [E] [M], [E] [M], [E] [M]



4) Determinare il valore dei segnali nei seguenti istanti

```
entity es_gen_05 is
end;
architecture behavioural of es_gen_05 is
signal x, a, clk, rst: bit;
begin
process(clk,rst,a)
begin
if (rst='1') then
x<='0';
elsif (clk'event and clk='1') then
x<= a after 15 ps;
end if;
end process;
process
begin
rst <= '1'; a <= '0';
wait for 15 ps;
rst <= '0';
wait for 20 ps;
a <= '1';
wait for 10 ps;
a <= '0';
wait for 16 ps;
a <= '1';
wait;
end process;
```

```
clock: process
variable tmp: bit:= '1';
begin
tmp:= not tmp;
clk<= tmp;
wait for 10 ps;
end process;
end behavioural;
```

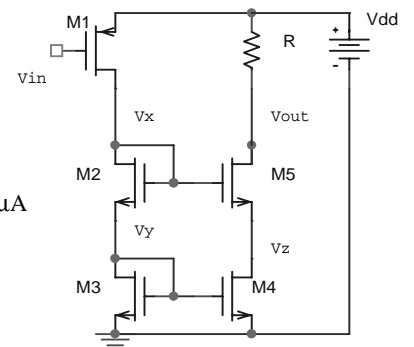
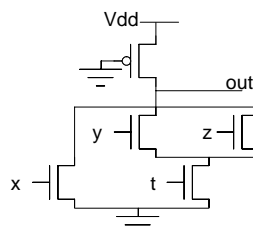
	x	a	rst
t= 10ps	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
t= 20ps	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
t= 30ps	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
t= 40ps	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
t= 50ps	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
t= 60ps	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
t= 70ps	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
t= 80ps	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
t= 90ps	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
t= 100ps	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

5) Supponendo che i MOSFET lavorino in saturazione, dati: $V_{in}=6V$, $V_{dd}=10V$, $V_{THn}=1V$, $V_{THp}=-1V$, $R=10K\Omega$, $\beta_1=\beta_2=\beta_3=50\mu A/V^2$, $\beta_4=\beta_5=100\mu A/V^2$, trovare:

$I_{D1}=\text{[]}\mu A$, $I_{D2}=\text{[]}\mu A$, $I_{D3}=\text{[]}\mu A$, $I_{D4}=\text{[]}\mu A$, $I_{D5}=\text{[]}\mu A$

$V_{out}=\text{[]},\text{[]}V$, $V_x=\text{[]},\text{[]}V$, $V_y=\text{[]},\text{[]}V$, $V_z=\text{[]},\text{[]}V$

6) Scrivere la funzione logica implementata dal seguente circuito in logica pseudo n_MOS

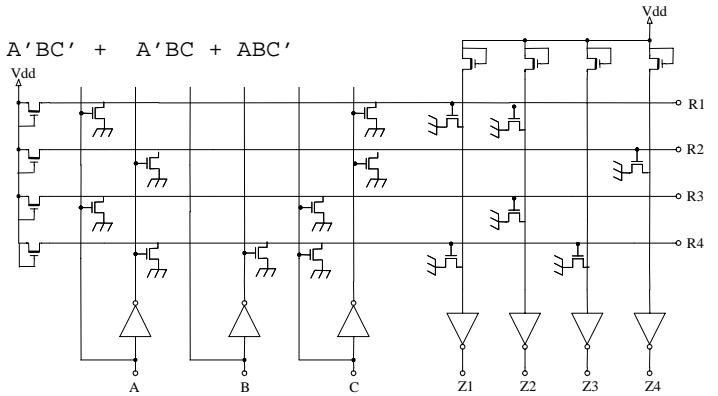


1) Scrivere come somma canonica, semplificarla nella forma minima utilizzando i teoremi dell'algebra booleana

A	B	C	Z
0	0	0	1
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	1
1	1	1	0

Somma canonica $Z = A'B'C' + A'B'C + A'BC' + A'BC + ABC'$

Somma minima: $Z = A' + BC'$



2) Trovare le funzioni Z1, Z2, Z3, Z4

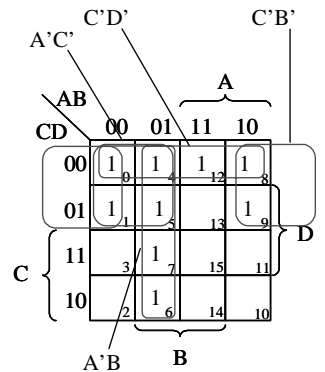
$Z1 = A'C + ABC'$

$Z2 = A'C + A'C'$

$Z3 = ABC'$

$Z4 = AC$

3) Utilizzando la mappa di Karnaugh, individuare tutti gli implicanti primi, evidenziare quelli essenziali e selezionare una copertura minima della funzione. E=essenziale, M= minima. Siano ABCD le variabili ON-set = (0,1,4,5,6,7,8,9,12)



$C'D' (EM) + B'C' (EM) + A'B (EM) + A'C'$

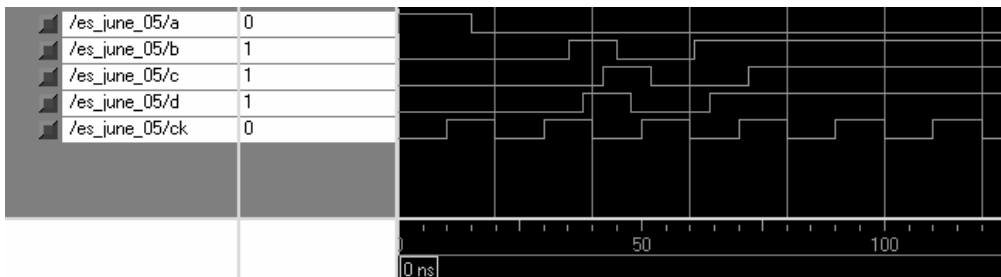
4) Determinare il valore dei segnali

```

entity es_june_05 is
end;
architecture behavioural of es_june_05 is
signal a, b, c, d, ck: bit;
begin
process(ck,a)
begin
if (a='1') then
c<='0';
elsif (a='0') then
c<= b after 2 ns;
end if;
end process;
d<= b after 3 ns;
clock: process
variable tmp: bit:='1';
begin
tmp:= not tmp;
ck<= tmp;
wait for 10 ns;
end process
    
```

process	ck	a	b	c	d
t= 9ns	0	1	0	0	0
t=31ns	1	0	0	0	0
t=36ns	1	0	1	0	0
t=39ns	1	0	1	0	1
t=41ns	0	0	1	0	1
t=44ns	0	0	1	1	1
t=46ns	0	0	0	1	1
t=49ns	0	0	0	1	0
t=51ns	1	0	0	1	0
t=55ns	1	0	0	0	0
t=59ns	1	0	0	0	0

ns	delta	/es_june_05/a	/es_june_05/b	/es_june_05/c	/es_june_05/d	/es_june_05/ck
0	+0	0	0	0	0	0
0	+1	1	0	0	0	0
10	+1	1	0	0	0	1
15	+1	0	0	0	0	1
20	+1	0	0	0	0	0
30	+1	0	0	0	0	1
35	+1	0	1	0	0	1
38	+0	0	1	0	1	1
40	+1	0	1	0	1	0
42	+0	0	1	1	0	0
45	+1	0	0	1	1	0
48	+0	0	0	1	0	0
50	+1	0	0	1	0	1
52	+0	0	0	0	0	1
60	+1	0	0	0	0	0
61	+1	0	1	0	0	0
64	+0	0	1	0	1	0
70	+1	0	1	0	1	1
72	+0	0	1	1	1	1
80	+1	0	1	1	1	0
90	+1	0	1	1	1	0
100	+1	0	1	1	1	0
110	+1	0	1	1	1	0
120	+1	0	1	1	1	0
130	+1	0	1	1	1	0
140	+1	0	1	1	1	0
150	+1	0	1	1	1	0
160	+1	0	1	1	1	0
170	+1	0	1	1	1	0

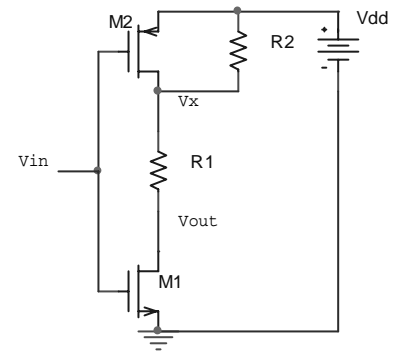


5) Dati $V_{dd}=5V$, $V_{in}=2.5V$, $R_1 = 10K \Omega$, $R_2 = 100K \Omega$, $V_{THn}=1V$, $V_{THp}=-1V$, $\beta_1 = 40\mu A/V^2$, $\beta_2 = 20\mu A/V^2$, trovare: la zona di funzionamento dei MOSFET e le seguenti tensioni e correnti

M1: **SAT**, M2: **SAT**

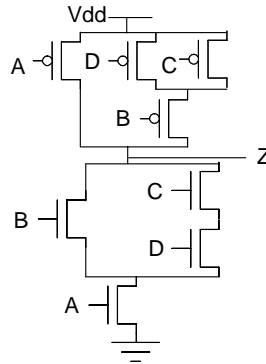
$$I_{D1} = 45 \mu A, I_{D2} = 22.5 \mu A, I_{R2} = 22.5 \mu A$$

$$V_{out} = 2.3V, V_x = 2.75V$$



6) Disegnare il circuito in logica random CMOS

che implementa la seguente funzione: $Z = \overline{A \cdot (B + C \cdot D)}$

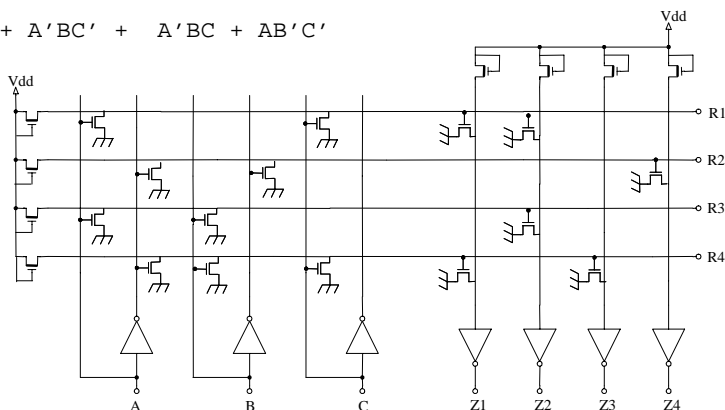


1) Scrivere come somma canonica, semplificarla nella forma minima utilizzando i teoremi dell'algebra booleana

A	B	C	Z
0	0	0	1
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	0

Somma canonica $Z = A'B'C' + A'B'C + A'BC' + A'BC + AB'C'$

Somma minima: $Z = A' + B'C'$



2) 4) Trovare le funzioni Z1, Z2, Z3, Z4

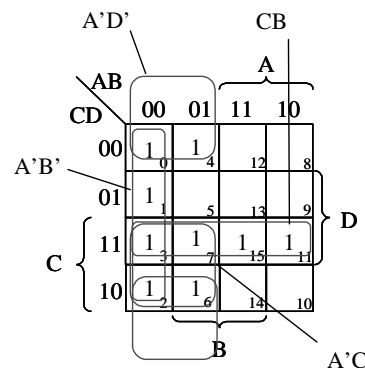
$Z1 = A'C' + AB'C'$

$Z2 = A'C' + A'B'$

$Z3 = AB'C'$

$Z4 = AB$

3) Utilizzando la mappa di Karnaugh, individuare tutti gli implicanti primi, evidenziare quelli essenziali e selezionare una copertura minima della funzione. E=essenziale, M= minima. Siano ABCD le variabili ON-set = (0,1,2,3,4,6,7,11,15)



$A'D' (EM) + BC (EM) + A'B' (EM) + A'C$

4) Determinare il valore dei segnali

```
entity es_june_05 is
end;
architecture behavioural of es_june_05 is
signal a, b, c, d, ck: bit;
begin
process(ck,b)
begin
if (b='1') then
d<='0';
elsif (b='0') then
d<= a after 2 ns;
end if;
end process;
c<= a after 3 ns;
clock: process
variable tmp: bit:= '1';
begin
tmp:= not tmp;
ck<= tmp;
wait for 10 ns;
end process;
```

```
process
begin
b <= '1'; a <= '0';
wait for 15 ns;
b <= '0';
wait for 20 ns;
a <= '1';
wait for 10 ns;
a <= '0';
wait for 16 ns;
a <= '1';
wait;
end process;
```

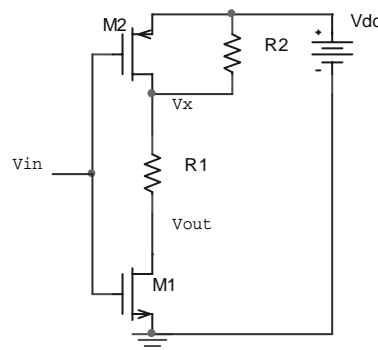
ck	a	b	c	d	
t= 9ns	0	0	1	0	0
t=31ns	1	0	0	0	0
t=36ns	1	1	0	0	0
t=39ns	1	1	0	1	0
t=41ns	0	1	0	1	0
t=44ns	0	1	0	1	1
t=46ns	0	0	0	1	1
t=49ns	0	0	0	0	1
t=51ns	1	0	0	0	1
t=55ns	1	0	0	0	0
t=59ns	1	0	0	0	0

5) Dati $V_{dd}=5V, V_{in}=2.8V, R1 = 10K \Omega, R2 = 30K \Omega, V_{THn}=1V, V_{THp}=-1V, \beta_1 = 40\mu A/V^2, \beta_2 = 20\mu A/V^2$, trovare: la zona di funzionamento dei MOSFET e le seguenti tensioni e correnti

M1: SAT, M2: SAT

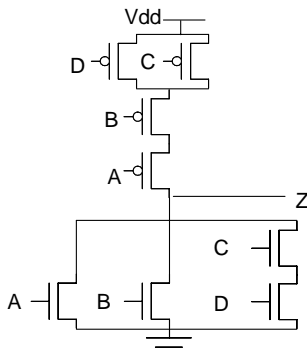
$I_{D1} = 64.8 \mu A, I_{D2} = 14.4 \mu A, I_{R2} = 50.4 \mu A$

$V_{out} = 2.84V, V_x = 3.488V$



6) Disegnare il circuito in logica random CMOS

che implementa la seguente funzione: $Z = \overline{A + B + (C \cdot D)}$

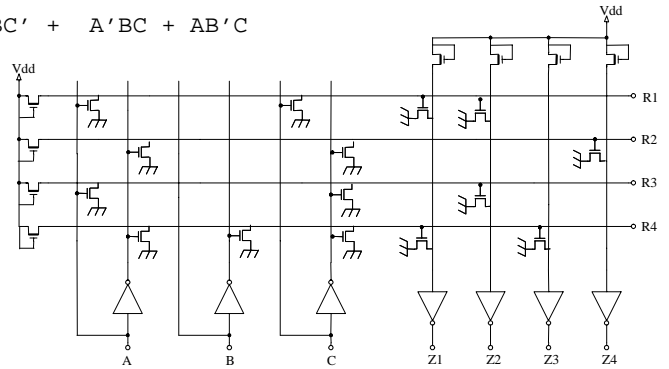


1) Scrivere come somma canonica, semplificarla nella forma minima utilizzando i teoremi dell'algebra booleana

A	B	C	Z
0	0	0	1
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	0
1	1	1	0

Somma canonica $Z = A'B'C' + A'B'C + A'BC' + A'BC + AB'C$

Somma minima: $Z = A' + B'C$



2) 4) Trovare le funzioni Z1, Z2, Z3, Z4

$Z1 = A'C' + ABC$

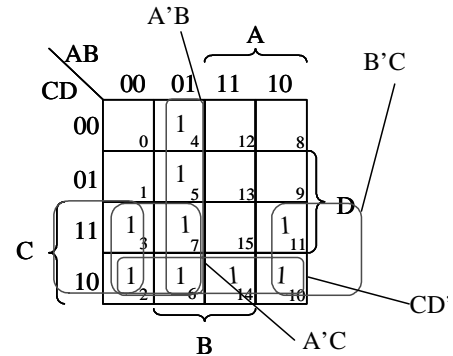
$Z2 = A'C' + A'C$

$Z3 = ABC$

$Z4 = AC$

3) Utilizzando la mappa di Karnaugh, individuare tutti gli implicanti primi, evidenziare quelli essenziali e selezionare una copertura minima della funzione. E=essenziale, M= minima. Siano ABCD le variabili ON-set = (2,3,4,5,6,7,10,11,14)

$A'B$ (EM) + $B'C$ (EM) + CD' (EM) + $A'C$



4) Determinare il valore dei segnali

```
entity es_june_05 is
end;
architecture behavioural of es_june_05 is
signal a, b, c, d, ck: bit;
begin
process(ck,a)
begin
if (a='1') then
c<='0';
elsif (a='0') then
c<= b after 2 ns;
end if;
end process;
d<= b after 3 ns;
clock: process
variable tmp: bit:= '1';
begin
tmp:= not tmp;
ck<= tmp;
wait for 10 ns;
end process;
```

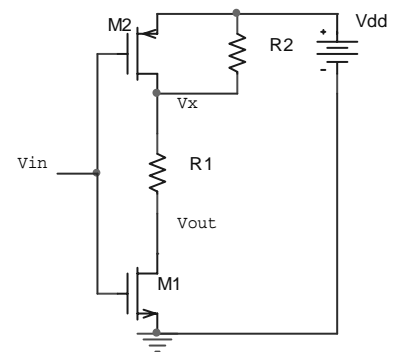
```
process
begin
a <= '1'; b <= '0';
wait for 15 ns;
a <= '0';
wait for 20 ns;
b <= '1';
wait for 10 ns;
b <= '0';
wait for 16 ns;
b <= '1';
wait;
end process;
```

ck	a	b	c	d	
t= 9ns	0	1	0	0	0
t=31ns	1	0	0	0	0
t=41ns	0	0	1	0	1
t=43ns	0	0	1	1	1
t=51ns	1	0	0	1	0
t=55ns	1	0	0	0	0
t=59ns	1	0	0	0	0
t=62ns	0	0	1	0	0
t=65ns	0	0	1	0	1
t=71ns	1	0	1	0	1
t=73ns	1	0	1	1	1

5) Dati $V_{dd}=5V, V_{in}=3V, R1 = 10K \Omega, R2 = 20K \Omega, V_{THn}=1V, V_{THp}=-1V, \beta_1 = 40\mu A/V^2, \beta_2 = 20\mu A/V^2$, trovare: la zona di funzionamento dei MOSFET e le seguenti tensioni e correnti
M1: SAT, M2: SAT

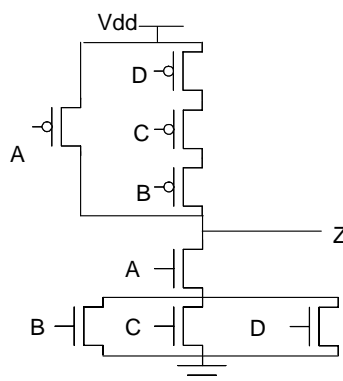
$I_{D1} = 80 \mu A, I_{D2} = 10 \mu A, I_{R2} = 70 \mu A$

$V_{out} = 2.8 V, V_x = 3.6 V$



6) Disegnare il circuito in logica random CMOS

che implementa la seguente funzione: $Z = A \cdot (B + C + D)$



1) Scrivere come somma canonica, semplificarla nella forma minima utilizzando i teoremi dell'algebra booleana

A	B	C	Z
0	0	0	1
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

Somma canonica $Z = A'B'C' + A'B'C + A'BC' + A'BC + ABC$

Somma minima: $Z = A' + BC$

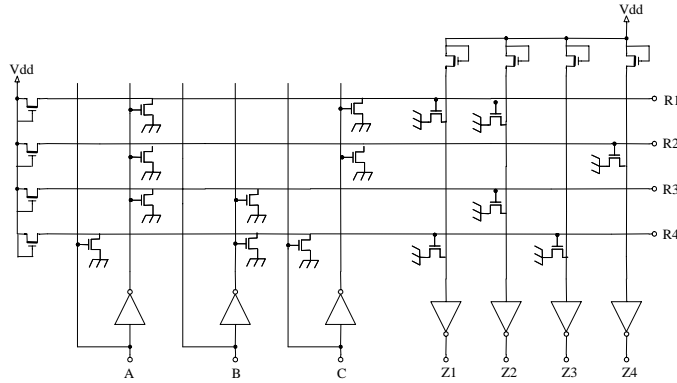
2) Trovare le funzioni Z1, Z2, Z3, Z4

$Z1 = AC + A'BC'$

$Z2 = AC + AB$

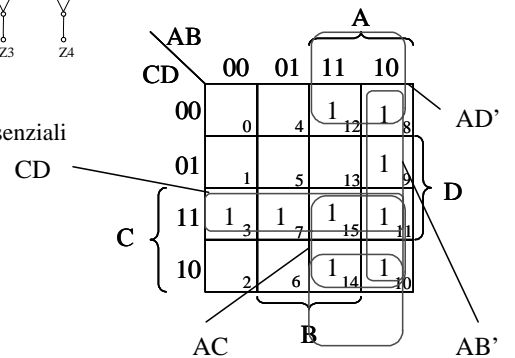
$Z3 = A'BC'$

$Z4 = AC$



3) Utilizzando la mappa di Karnaugh, individuare tutti gli implicantsi primi, evidenziare quelli essenziali e selezionare una copertura minima della funzione. E=essenziale, M= minima. Siano ABCD le variabili ON-set = {3,7,8,9,10,11,12,14,15}

$AD' (EM) + AB' (EM) + CD (EM) + AC$



4) Determinare il valore dei segnali

```

entity es_june_05 is
end;
architecture behavioural of es_june_05 is
signal a, b, c, d, ck: bit;
begin
process(ck,b)
begin
if (b='1') then
d<= '0';
elsif (b='0') then
d<= a after 2 ns;
end if;
end process;
c<= a after 3 ns;
clock: process
variable tmp: bit:= '1';
begin
tmp:= not tmp;
ck<= tmp;
wait for 10 ns;
end process;
end architecture;
    
```

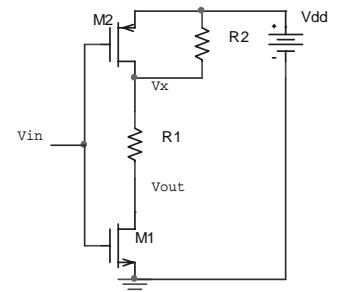
```

end process;
process
begin
b <= '1'; a <= '0';
wait for 15 ns;
b <= '0';
wait for 20 ns;
a <= '1';
wait for 10 ns;
a <= '0';
wait for 16 ns;
a <= '1';
wait;
end process;
end behavioural;
    
```

	ck	a	b	c	d
t= 9ns	0	0	1	0	0
t=31ns	1	0	0	0	0
t=41ns	0	1	0	1	0
t=43ns	0	1	0	1	1
t=51ns	1	0	0	0	1
t=55ns	1	0	0	0	0
t=59ns	1	0	0	0	0
t=62ns	0	1	0	0	0
t=65ns	0	1	0	1	0
t=71ns	1	1	0	1	0
t=73ns	1	1	0	1	1

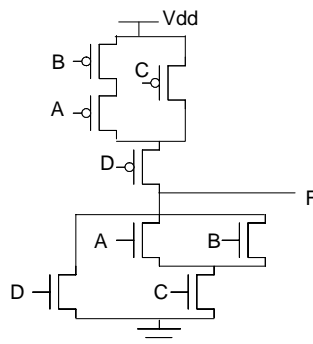
5) Dati $V_{dd}=5V, V_{in}=3.5V, R1 = 10K \Omega, R2 = 10K \Omega, V_{THn}=1V, V_{THp}=-1V, \beta_1 = 40\mu A/V^2, \beta_2 = 20\mu A/V^2$, trovare: la zona di funzionamento dei MOSFET e le seguenti tensioni e correnti M1: SAT, M2: SAT

$I_{D1} = 125 \mu A, I_{D2} = 2.5 \mu A, I_{R2} = 122.5 \mu A$
 $V_{out} = 2.525 V, V_x = 3.775 V$



6) Disegnare il circuito in logica random CMOS

che implementa la seguente funzione: $F = ((A + B) \cdot C) + D$



1) Utilizzando i teoremi dell'algebra booleana scrivere la seguente funzione come somma canonica e come somma minima

$$(B \cdot \bar{A}) \cdot (B + C \cdot \overline{(B + A)})$$

Somma canonica + + + +

Somma minima + + + +

2) Trovare i valori di X1, X2, X3, X4 affinché il circuito implementi la funzione

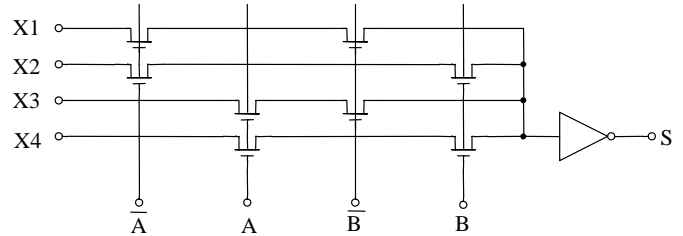
$$S = \bar{A}$$

X1=

X2=

X3=

X4=



3) Utilizzando la mappa di Karnaugh, individuare tutti gli implicant primi, evidenziare quelli essenziali e selezionare una copertura minima della funzione. E=essenziale, M= minima.

Siano ABCD le variabili ON-set = (5,9,11,12,13,14)

E M, E M, E M,
 E M, E M, E M,

4) Determinare il valore dei segnali

```
architecture behavioural of es_july_05 is
  signal a,b,x,y,rst: bit;
begin
  x<=a and b after 3 ns;
  process(a,b,rst)
  begin
    if (rst='1') then
      y<= '0';
    else
      y<= x after 5 ns;
    end if;
  end process;
  stimulus: process
  begin
    rst <= '1';
    a <= '0';
```

```
b <= '0';
wait for 1 ns;
rst <= '0';
wait for 10 ns;
a <= '1';
wait for 10 ns;
b <= '1';
wait for 10 ns;
b <= '0';
wait;
end process;
end behavioural;
```

	rst	a	b	x	y
t=10ns	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
t=20ns	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
t=22ns	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
t=25ns	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
t=30ns	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
t=32ns	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
t=35ns	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
t=40ns	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
t=50ns	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

5) Dati $V_{dd}=5V$, $V_A=2.5V$, $V_{in1}=2.2V$, $V_{in2}=3V$, $V_{in3}=1V$, $R=10K\Omega$, $V_{THn}=1V$, $V_{THp}=-1V$, $\beta_1 = \beta_4 = 20\mu A/V^2$, $\beta_2 = \beta_3 = 100\mu A/V^2$, trovare: la zona di funzionamento dei MOSFET

e le seguenti tensioni e correnti

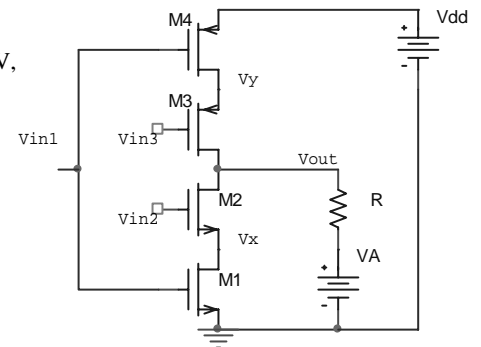
M1: SAT TRI OFF, M2: SAT TRI OFF,

M1: SAT TRI OFF, M2: SAT TRI OFF,

$I_{D1} =$, μA , $I_{D2} =$, μA

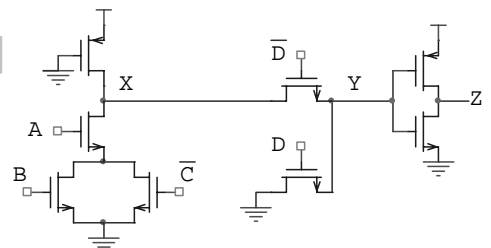
$I_{D3} =$, μA , $I_{D4} =$, μA , $I_R =$, μA

$V_{out} =$, V, $V_x =$, V, $V_y =$, V



6) Scrivere come somma minima la funzione implementata dal seguente circuito

Somma minima + + +



1) Utilizzando i teoremi dell'algebra booleana scrivere la seguente funzione come somma canonica e come somma minima

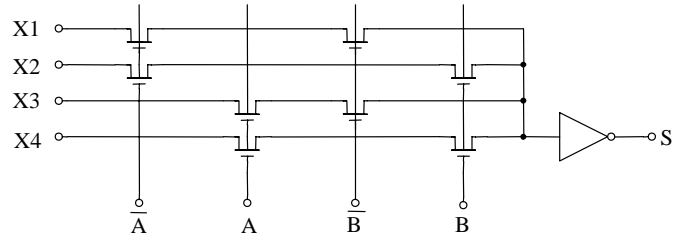
$$(B \cdot \overline{C}) \cdot (B + A \cdot \overline{(B+C)})$$

Somma canonica + + + +

Somma minima + + + +

2) Trovare i valori di X1, X2, X3, X4 affinché il circuito implementi la funzione $S = \overline{B}$

X1=
X2=
X3=
X4=



3) Utilizzando la mappa di Karnaugh, individuare tutti gli implicanti primi, evidenziare quelli essenziali e selezionare una copertura minima della funzione. E=essenziale, M= minima.

Siano ABCD le variabili ON-set = (1,4,5,6,13,15)

E M, E M, E M,
 E M, E M, E M,

4) Determinare il valore dei segnali

```
architecture behavioural of es_july_05 is
  signal a,b,x,y,rst: bit;
begin
  x<=a and b after 3 ns;
  process(a,b,rst)
  begin
    if (rst='1') then
      y<='0';
    else
      y<= x after 5 ns;
    end if;
  end process;
  stimulus: process
  begin
    rst <= '1';
    a <= '0';
```

```
b <= '0';
wait for 1 ns;
rst <= '0';
wait for 10 ns;
a <= '1';
wait for 10 ns;
b <= '1';
wait for 10 ns;
b <= '0';
wait;
end process;
```

	rst	a	b	x	y
t=10ns	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
t=20ns	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
t=22ns	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
t=25ns	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
t=30ns	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
t=32ns	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
t=35ns	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
t=40ns	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
t=50ns	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

5) Dati $V_{dd}=5V$, $V_A=2.5V$, $V_{in1}=2.4V$, $V_{in2}=3.5V$, $V_{in3}=1.5V$, $R=10K\Omega$, $V_{THn}=1V$, $V_{THp}=-1V$, $\beta_1 = \beta_4 = 20\mu A/V^2$, $\beta_2 = \beta_3 = 100\mu A/V^2$, trovare: la zona di funzionamento dei MOSFET

e le seguenti tensioni e correnti

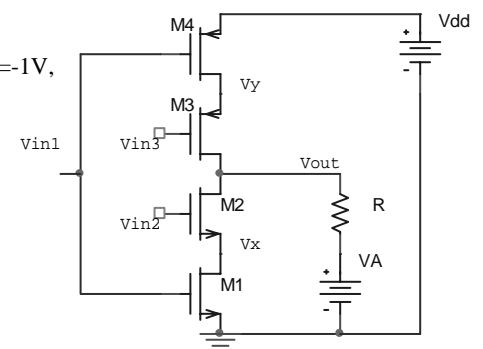
M1: SAT TRI OFF, M2: SAT TRI OFF,

M1: SAT TRI OFF, M2: SAT TRI OFF,

$I_{D1} =$ μA , $I_{D2} =$ μA

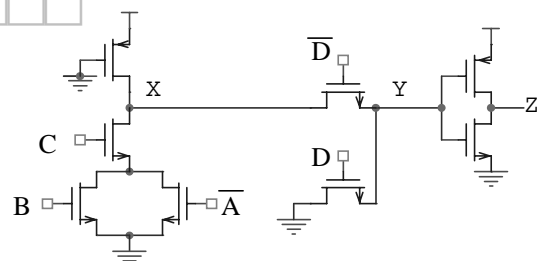
$I_{D3} =$ μA , $I_{D4} =$ μA , $I_R =$ μA

$V_{out} =$ V, $V_x =$ V, $V_y =$ V



6) Scrivere come somma minima la funzione implementata dal seguente circuito

Somma minima + + +



1) Utilizzando i teoremi dell'algebra booleana scrivere la seguente funzione come somma canonica e come somma minima

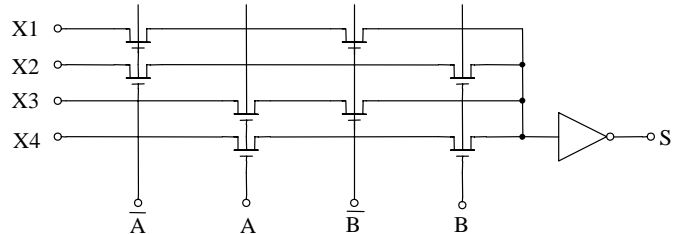
$$(C \cdot \overline{A}) \cdot (C + B \cdot \overline{(C + A)})$$

Somma canonica + + + +

Somma minima + + + +

2) Trovare i valori di X1, X2, X3, X4 affinché il circuito implementi la funzione $S = \overline{A} \cdot B$

X1=
X2=
X3=
X4=



3) Utilizzando la mappa di Karnaugh, individuare tutti gli implicanti primi, evidenziare quelli essenziali e selezionare una copertura minima della funzione. E=essenziale, M= minima.

Siano ABCD le variabili ON-set = (0,1,2,5,7,9)

E M, E M, E M,
 E M, E M, E M,

4) Determinare il valore dei segnali

```
architecture behavioural of es_july_05 is
signal a,b,x,y,rst: bit;
begin
x<=a and b after 3 ns;
process(a,b,rst)
begin
if (rst='1') then
y<='0';
else
y<= x after 5 ns;
end if;
end process;
stimulus: process
begin
rst <= '1';
a <= '0';
```

```
b <= '0';
wait for 1 ns;
rst <= '0';
wait for 10 ns;
a <= '1';
wait for 10 ns;
b <= '1';
wait for 10 ns;
b <= '0';
wait;
end process;
```

	rst	a	b	x	y
t=10ns	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
t=20ns	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
t=22ns	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
t=25ns	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
t=30ns	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
t=32ns	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
t=35ns	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
t=40ns	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
t=50ns	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

5) Dati $V_{dd}=6V$, $V_A=2.5V$, $V_{in1}=2.6V$, $V_{in2}=3.4V$, $V_{in3}=1V$, $R=10K\Omega$, $V_{THn}=1V$, $V_{THp}=-1V$, $\beta_1 = \beta_4 = 20\mu A/V^2$, $\beta_2 = \beta_3 = 100\mu A/V^2$, trovare: la zona di funzionamento dei MOSFET

e le seguenti tensioni e correnti

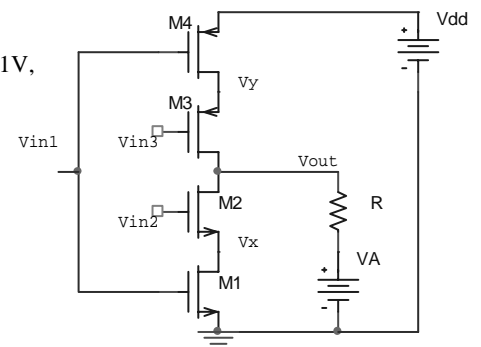
M1: SAT TRI OFF, M2: SAT TRI OFF,

M1: SAT TRI OFF, M2: SAT TRI OFF,

$I_{D1} =$ μA , $I_{D2} =$ μA

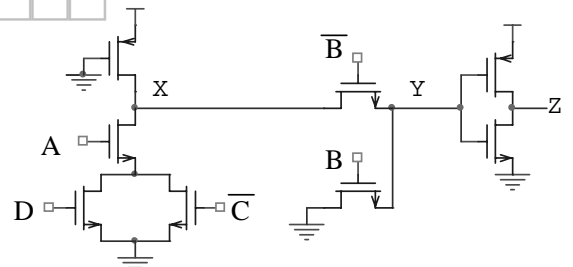
$I_{D3} =$ μA , $I_{D4} =$ μA , $I_R =$ μA

$V_{out} =$ V, $V_x =$ V, $V_y =$ V



6) Scrivere come somma minima la funzione implementata dal seguente circuito

Somma minima + + +



1) Utilizzando i teoremi dell'algebra booleana scrivere la seguente funzione come somma canonica e come somma minima

$$(A \cdot \overline{B}) \cdot (A + C \cdot \overline{(A + B)})$$

Somma canonica + + + +

Somma minima + + + +

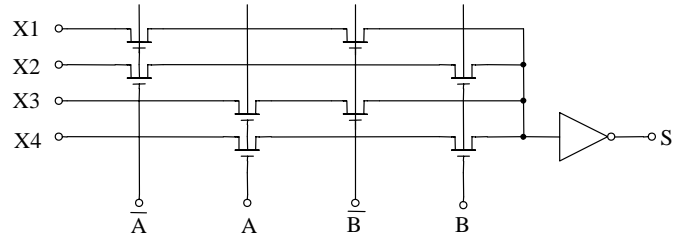
2) Trovare i valori di X1, X2, X3, X4 affinché il circuito implementi la funzione $S = AB$

X1=

X2=

X3=

X4=



3) Utilizzando la mappa di Karnaugh, individuare tutti gli implicanti primi, evidenziare quelli essenziali e selezionare una copertura minima della funzione. E=essenziale, M= minima.

Siano ABCD le variabili ON-set = (1,3,8,9,10,13)

E M, E M, E M,

E M, E M, E M,

4) Determinare il valore dei segnali

```
architecture behavioural of es_july_05 is
  signal a,b,x,y,rst: bit;
begin
  x<=a and b after 3 ns;
  process(a,b,rst)
  begin
    if (rst='1') then
      y<= '0';
    else
      y<= x after 5 ns;
    end if;
  end process;
stimulus: process
  begin
    rst <= '1';
    a <= '0';
```

```
b <= '0';
wait for 1 ns;
rst <= '0';
wait for 10 ns;
a <= '1';
wait for 10 ns;
b <= '1';
wait for 10 ns;
b <= '0';
wait;
end process;
end behavioural;
```

	rst	a	b	x	y
t=10ns	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
t=20ns	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
t=22ns	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
t=25ns	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
t=30ns	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
t=32ns	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
t=35ns	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
t=40ns	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
t=50ns	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

5) Dati $V_{dd}=6V$, $V_A=2.5V$, $V_{in1}=2.7V$, $V_{in2}=3.5V$, $V_{in3}=1V$, $R=10K\Omega$, $V_{THn}=1V$, $V_{THp}=-1V$, $\beta_1 = \beta_4 = 20\mu A/V^2$, $\beta_2 = \beta_3 = 100\mu A/V^2$, trovare: la zona di funzionamento dei MOSFET e le seguenti tensioni e correnti

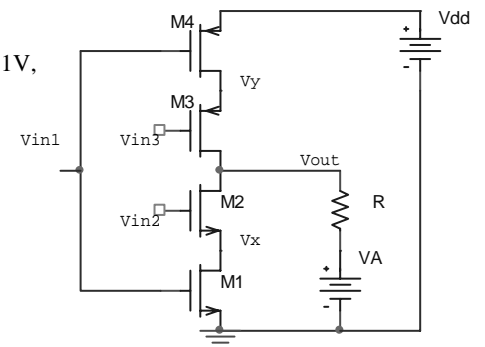
M1: SAT TRI OFF, M2: SAT TRI OFF,

M1: SAT TRI OFF, M2: SAT TRI OFF,

$I_{D1} =$ μA , $I_{D2} =$ μA

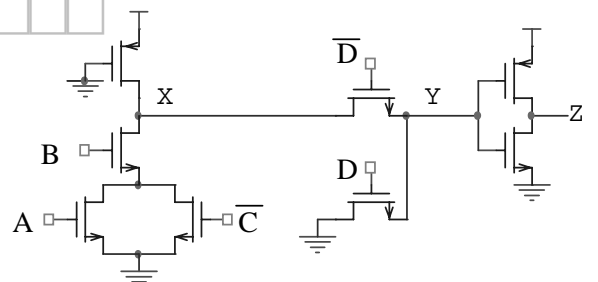
$I_{D3} =$ μA , $I_{D4} =$ μA , $I_R =$ μA

$V_{out} =$ V , $V_x =$ V , $V_y =$ V



6) Scrivere come somma minima la funzione implementata dal seguente circuito

Somma minima + + +



soluzione Esame di Elementi di Elettronica 19-7-2005

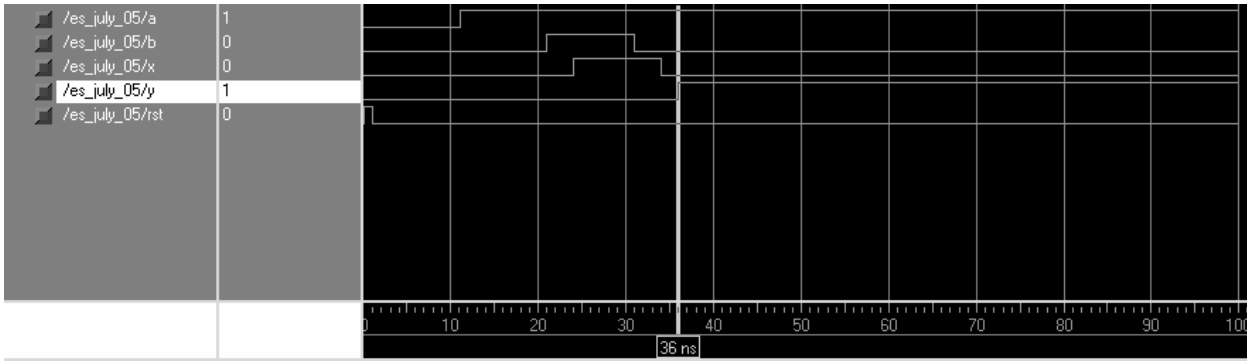
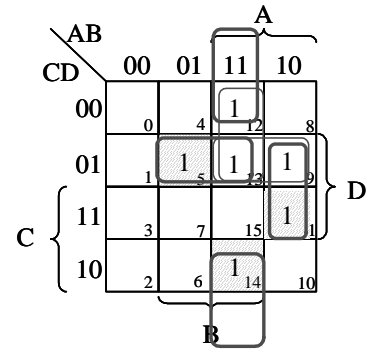
1) A Somma canonica $ABC + ABC' + A'B'C$ Somma minima $AB + A'B'C$

2) A $X_1, X_2, X_3, X_4 = 0, 0, 1, 1$

3) A ABD' (EM) $AB'D$ (EM) $BC'D$ (EM) ABC' $AC'D$

4)

	rst	a	b	x	y
t=10ns	0	0	0	0	0
t=20ns	0	1	0	0	0
t=22ns	0	1	1	0	0
t=25ns	0	1	1	1	0
t=30ns	0	1	1	1	0
t=32ns	0	1	0	1	0
t=35ns	0	1	0	0	0
t=40ns	0	1	0	0	1
t=50ns	0	1	0	0	1



5) A M1: SAT, M2: SAT, M3: SAT, M4: SAT

$$I_{D1} = 14.4 \mu A, I_{D2} = 14.4 \mu A, I_{D3} = 32.4 \mu A, I_{D4} = 32.4 \mu A, I_R = 18 \mu A$$

$$V_{out} = 2.68 \text{ V}, V_x = 1.463 \text{ V}, V_y = 2.805 \text{ V}$$

6) A $X = \overline{A \cdot (B + C)}$ $Y = \overline{A \cdot (B + C)} \cdot \bar{D}$ $Z = AB + A\bar{C} + D$

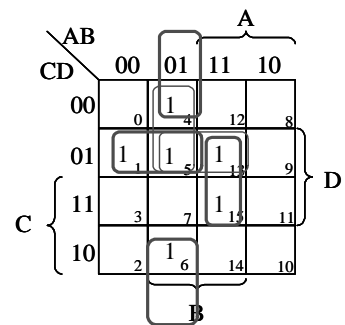
1) B Somma canonica $ABC + A'BC + AB'C'$ Somma minima $BC + AB'C'$

2) B $X_1, X_2, X_3, X_4 = 0, 1, 0, 1$

3) B $A'BD'$ (EM) ABD (EM) $A'C'D$ (EM) $A'BC'$ $BC'D$

4)

	rst	a	b	x	y
t=10ns	0	0	0	0	0
t=20ns	0	1	0	0	0
t=22ns	0	1	1	0	0
t=25ns	0	1	1	1	0
t=30ns	0	1	1	1	0
t=32ns	0	1	0	1	0
t=35ns	0	1	0	0	0
t=40ns	0	1	0	0	1
t=50ns	0	1	0	0	1



5) B M1: SAT, M2: SAT, M3: SAT, M4: SAT

$$I_{D1} = 19.6 \mu A, I_{D2} = 19.6 \mu A, I_{D3} = 25.6 \mu A, I_{D4} = 25.6 \mu A, I_R = 6 \mu A$$

$$V_{out} = 2.56 \text{ V}, V_x = 1.874 \text{ V}, V_y = 3.216 \text{ V}$$

6) B $X = \overline{C \cdot (B + A)}$ $Y = \overline{C \cdot (B + A)} \cdot \bar{D}$ $Z = BC + \bar{A}C + D$

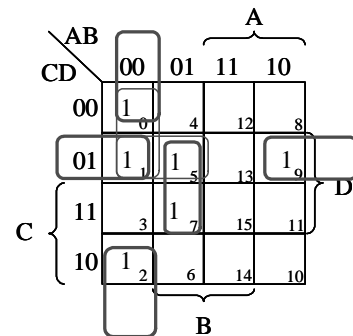
1) C Somma canonica $ABC + AB'C + A'B'C'$ Somma minima $AC + A'B'C'$

2) C $X_1, X_2, X_3, X_4 = 1, 0, 1, 1$

3) C $A'B'D'$ (EM) $A'B'D$ (EM) $B'C'D$ (EM) $A'B'C'$ $A'C'D$

4)

	rst	a	b	x	y
t=10ns	0	0	0	0	0
t=20ns	0	1	0	0	0
t=22ns	0	1	1	0	0
t=25ns	0	1	1	1	0
t=30ns	0	1	1	1	0
t=32ns	0	1	0	1	0
t=35ns	0	1	0	0	0
t=40ns	0	1	0	0	1
t=50ns	0	1	0	0	1



5) C M1: SAT, M2: SAT, M3: SAT, M4: SAT

$$I_{D1} = 25.6 \mu A, I_{D2} = 26.6 \mu A, I_{D3} = 57.6 \mu A, I_{D4} = 57.6 \mu A, I_R = 32 \mu A$$

$$V_{out} = 2.82 \text{ v}, V_x = 1.684 \text{ v}, V_y = 3.073 \text{ v}$$

6) C $X = A \cdot (\overline{C} + D)$ $Y = A \cdot (\overline{C} + D) \cdot \overline{B}$ $Z = AD + A\overline{C} + B$

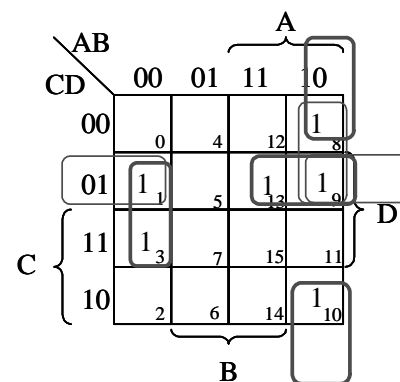
1) D Somma canonica $ABC + ABC' + A'B'C$ Somma minima $AB + A'B'C$

2) D $X_1, X_2, X_3, X_4 = 1, 1, 1, 0$

3) D $AB'D'$ (EM) $A'B'D$ (EM) $AC'D$ (EM) $A'B'C'$ $B'C'D$

4)

	rst	a	b	x	y
t=10ns	0	0	0	0	0
t=20ns	0	1	0	0	0
t=22ns	0	1	1	0	0
t=25ns	0	1	1	1	0
t=30ns	0	1	1	1	0
t=32ns	0	1	0	1	0
t=35ns	0	1	0	0	0
t=40ns	0	1	0	0	1
t=50ns	0	1	0	0	1



5) D M1: SAT, M2: SAT, M3: SAT, M4: SAT

$$I_{D1} = 28.9 \mu A, I_{D2} = 28.9 \mu A, I_{D3} = 52.9 \mu A, I_{D4} = 52.9 \mu A, I_R = 24 \mu A$$

$$V_{out} = 2.74 \text{ v}, V_x = 1.74 \text{ v}, V_y = 3.029 \text{ v}$$

6) D $X = B \cdot (A + \overline{C})$ $Y = \overline{B} \cdot (A + \overline{C}) \cdot \overline{D}$ $Z = AB + B\overline{C} + D$