

Prova di Elettronica L — 13 dicembre 2006 — Compito A

1. Considerare un invertitore CMOS con $V_{SS} = 5\text{ V}$ e in cui i transistor sono caratterizzati dai parametri $V_{tn} = 0.5\text{ V}$, $V_{tp} = 0.6\text{ V}$, $\beta_n = 1.02\text{ mA/V}^2$ e $\beta_p = 0.255\text{ mA/V}^2$. Calcolare la V_{isat} e la corrente che scorre nell'invertitore se $V_i = 1.2\text{ V}$.

$$V_{isat} = 1.8\text{ V}$$

$$I = 250\mu\text{A}$$

Infatti la tensione V_{isat} si ottiene dalla relazione $V_{isat} = V_{tn} + \frac{V_{SS} - V_{tn} - V_{tp}}{1 + \sqrt{\beta_n / \beta_p}}$. La tensione a cui deve

essere calcolata la corrente risulta minore della tensione V_{isat} quindi l'invertitore opera con il transistore nMOS in regione di saturazione e il pMOS in regione lineare. Per calcolare la corrente basta quindi utilizzare la formula della corrente in saturazione per un nMOS ($V_i = V_{GSn}$), $I_{DS} = \beta_n / 2 (V_{GSn} - V_{tn})^2$.

2. Determinare l'espressione SP della funzione $F = (\bar{a} \uparrow \bar{c}) \uparrow [d \uparrow (\bar{b} \uparrow \bar{a})] \uparrow (a \uparrow \bar{b} \uparrow c)$.

$$F = \bar{a}\bar{c} + db + da + \bar{a}bc$$

Infatti mettendo l'ordine dell'operatore si ottiene $F = (\bar{a} \uparrow \bar{c}) \uparrow [d \uparrow (\bar{b} \uparrow \bar{a})] \uparrow (a \uparrow \bar{b} \uparrow c)$ quindi

$$F = \bar{a}\bar{c} + [d(b + a)] + \bar{a}bc = \bar{a}\bar{c} + db + da + \bar{a}bc$$

3. Il margine di immunità ai disturbi di un invertitore CMOS: è la massima variazione del segnale di ingresso accettabile per non pregiudicare il corretto valore del segnale di uscita.
4. Trovare l'espressione minima SP della funzione $F = (a + c)(a + \bar{b})(\bar{b} + \bar{c})$

$$F = \bar{b}c + a\bar{c}$$

Infatti inserendo in una mappa di Karnaugh gli zeri corrispondenti all'espressione PS di F e raggruppando i termini 1 si ottiene

$$F = \bar{b}c + a\bar{c}$$

a \ bc	00	01	11	10
0	0	1	0	0
1	1	1	0	1

5. Realizzare la funzione $F = a(b + c) + (d + c)(\bar{b} + a) + b(\bar{a} + \bar{c})$ utilizzando l'operatore NAND.

$$F = [a \uparrow (\bar{b} \uparrow \bar{c})] \uparrow [(\bar{d} \uparrow \bar{c}) \uparrow (b \uparrow \bar{a})] \uparrow [b \uparrow (a \uparrow c)]$$

Infatti $F = \overline{[a(b+c)] + [(d+c)(\bar{b}+a)] + [b(\bar{a}+\bar{c})]} = \overline{[a(b+c)][(d+c)(\bar{b}+a)][b(\bar{a}+\bar{c})]} =$
 $= [a \uparrow (b+c)] \uparrow [(d+c) \uparrow (\bar{b}+a)] \uparrow [b \uparrow (\bar{a}+\bar{c})] = [a \uparrow (\bar{b} \uparrow \bar{c})] \uparrow [(\bar{d} \uparrow \bar{c}) \uparrow (b \uparrow \bar{a})] \uparrow [b \uparrow (a \uparrow c)]$

6. Un invertitore pMOS, rispetto a un invertitore nMOS avente lo stesso carico, la stessa alimentazione e la stessa tensione di soglia e $\beta_n = \beta_p$: ha una tensione di uscita che non riesce a raggiungere mai il valore della tensione di alimentazione.
7. Determinare l'espressione minima SP della funzione di 4 variabili $z = F(a, b, c, d)$ così definita: se $a = b$ allora $z = cd$, se $a \neq b$ allora $z = \bar{c} + d$.

$$z = cd + \bar{a}\bar{b}c + a\bar{b}c$$

Infatti se si rappresenta su una mappa di Karnaugh la funzione z si ha: nella prima e terza riga (che corrispondono alla condizione $a = b$) $z = cd$ (vale 1 solo per $c=1$ e $d=1$), mentre nella seconda e nella quarta riga (che corrispondono alla condizione $a \neq b$) $z = \bar{c} + d$ (vale 0 solo per $c=1$ e $d=0$). Raggruppando si ottiene l'espressione minima voluta.

$$z = cd + \bar{a}\bar{b}\bar{c} + a\bar{b}\bar{c}$$

ab\cd	00	01	11	10
00	0	0	1	0
01	1	1	1	0
11	0	0	1	0
10	1	1	1	0

8. In un sommatore a propagazione del riporto a N bit: ogni bit della somma dipende dai bit dello stesso peso degli addendi e da quelli di peso inferiore.
9. Determinare il numero binario corrispondente a $(174,25)_{10}$

$$(174,25)_{10} = 10101110.010$$

$$\text{infatti } 10101110.010 = 2^7 + 2^5 + 2^3 + 2^2 + 2^1 + 2^{-2} = 174,25$$

10. Data la funzione logica $F = xy\bar{z} + x\bar{y}\bar{z} + \bar{x}yz$ trovare l'espressione canonica per \bar{F}

$$\bar{F} = (\bar{x} + \bar{y} + z)(\bar{x} + y + z)(x + \bar{y} + \bar{z})$$

$$\text{infatti } \bar{F} = \overline{xy\bar{z} + x\bar{y}\bar{z} + \bar{x}yz} = (\overline{xy\bar{z}})(\overline{x\bar{y}\bar{z}})(\overline{\bar{x}yz}) = (\bar{x} + \bar{y} + z)(\bar{x} + y + z)(x + \bar{y} + \bar{z}) .$$

Prova di Elettronica L — 13 dicembre 2006 — Compito B

1. Trovare l'espressione minima SP della funzione $F = (a + b)(b + c)(\bar{a} + c)$

$$F = ac + \bar{a}b$$

Infatti inserendo in una mappa di Karnaugh gli zeri corrispondenti all'espressione PS di F e raggruppando i termini 1 si ottiene

$$F = ac + \bar{a}b$$

a\bc	00	01	11	10
0	0	0	1	1
1	0	1	1	0

2. Il margine di immunità ai disturbi di un invertitore CMOS: è la massima variazione del segnale di ingresso accettabile per non pregiudicare il corretto valore del segnale di uscita.
3. Determinare il numero binario corrispondente a $(75,625)_{10}$

$$(75,625)_{10} = 1001011.101$$

infatti $1001011.101 = 2^6 + 2^3 + 2^1 + 2^0 + 2^{-1} + 2^{-3} = 75,625$

4. Un invertitore pMOS, rispetto a un invertitore nMOS avente lo stesso carico, la stessa alimentazione e la stessa tensione di soglia e $\beta_n = \beta_p$: ha una tensione di uscita che non riesce a raggiungere mai il valore della tensione di alimentazione.
5. Data la funzione logica $F = \bar{x}y\bar{z} + x\bar{y}z + xyz$ trovare l'espressione canonica per \bar{F}

$$\bar{F} = (x + \bar{y} + z)(\bar{x} + y + z)(\bar{x} + \bar{y} + \bar{z})$$

infatti $\bar{F} = \overline{xyz + \bar{x}y\bar{z} + x\bar{y}z} = \overline{(\bar{x}y\bar{z})(xyz)(x\bar{y}z)} = (x + \bar{y} + z)(\bar{x} + y + z)(\bar{x} + \bar{y} + \bar{z})$.

6. In un sommatore a propagazione del riporto a N bit: ogni bit della somma dipende dai bit dello stesso peso degli addendi e da quelli di peso inferiore.
7. Realizzare la funzione $F = c(a + \bar{b}) + \bar{d}(c + \bar{a}) + (\bar{b} + \bar{c})(d + a)$ utilizzando l'operatore NAND.

$$F = [c \uparrow (\bar{a} \uparrow b)] \uparrow [\bar{d} \uparrow (\bar{c} \uparrow a)] \uparrow [(b \uparrow c) \uparrow (\bar{d} \uparrow \bar{a})]$$

Infatti $F = \overline{[c(a + \bar{b})] + [\bar{d}(c + \bar{a})] + [(\bar{b} + \bar{c})(d + a)]} = \overline{[c(a + \bar{b})][\bar{d}(c + \bar{a})][(\bar{b} + \bar{c})(d + a)]} = [c \uparrow (a + \bar{b})] \uparrow [\bar{d} \uparrow (c + \bar{a})] \uparrow [(b \uparrow c) \uparrow (\bar{d} \uparrow \bar{a})]$

8. Considerare un invertitore CMOS con $V_{ss} = 3.3 V$ e in cui i transistor sono caratterizzati dai parametri $V_{tn} = 0.4 V$, $V_{tp} = 0.5 V$, $\beta_n = 0.6 mA/V^2$ e $\beta_p = 0.15 mA/V^2$. Calcolare la V_{isat} e la corrente che scorre nell'invertitore se $V_i = 1.0 V$.

$$V_{isat} = 1.2 V$$

$$I = 108 \mu A$$

Infatti la tensione V_{isat} si ottiene dalla relazione $V_{isat} = V_{tn} + \frac{V_{ss} - V_{tn} - V_{tp}}{1 + \sqrt{\beta_n / \beta_p}}$. La tensione a cui deve

essere calcolata la corrente risulta minore della tensione V_{isat} quindi l'invertitore opera con il transistor nMOS in regione di saturazione e il pMOS in regione lineare. Per calcolare la corrente basta quindi utilizzare la formula della corrente in saturazione per un nMOS ($V_i = V_{GSn}$), $I_{DS} = \beta_n / 2 (V_{GSn} - V_{tn})^2$.

9. Determinare l'espressione minima SP della funzione di 4 variabili $z = F(a,b,c,d)$ così definita: se $a = b$ allora $z = \bar{c}d$, se $a \neq b$ allora $z = \bar{c} + d$.

$$z = \bar{c}d + \bar{a}\bar{b}\bar{c} + \bar{a}bd + \bar{a}\bar{b}\bar{c} + \bar{a}bd$$

Infatti se si rappresenta su una mappa di Karnaugh la funzione z si ha: nella prima e terza riga (che corrispondono alla condizione $a = b$) $z = \bar{c}d$ (vale 1 solo per $c=0$ e $d=1$), mentre nella seconda e nella quarta riga (che corrispondono alla condizione $a \neq b$) $z = \bar{c} + d$ (vale 0 solo per $c=1$ e $d=0$). Raggruppando si ottiene l'espressione minima voluta.

$$z = \bar{c}d + \bar{a}\bar{b}\bar{c} + \bar{a}bd + \bar{a}\bar{b}\bar{c} + \bar{a}bd$$

ab\cd	00	01	11	10
00	0	1	0	0
01	1	1	1	0
11	0	1	0	0
10	1	1	1	0

10. Determinare l'espressione SP della funzione $F = [\bar{a} \uparrow (b \uparrow \bar{d})] \uparrow (c \uparrow \bar{d}) \uparrow (a \uparrow \bar{b} \uparrow c)$.

$$F = \bar{a}\bar{b} + \bar{a}d + c\bar{d} + \bar{a}\bar{b}c$$

Infatti mettendo l'ordine dell'operatore si ottiene $F = [\bar{a} \uparrow (b \uparrow \bar{d})] \uparrow (c \uparrow \bar{d}) \uparrow (a \uparrow \bar{b} \uparrow c)$ quindi

$$F = \bar{a}(\bar{b} + d) + c\bar{d} + \bar{a}\bar{b}c = \bar{a}\bar{b} + \bar{a}d + c\bar{d} + \bar{a}\bar{b}c$$

Prova di Elettronica L — 13 dicembre 2006 — Compito C

1. Determinare l'espressione SP della funzione $F = (a \uparrow b) \uparrow (\bar{c} \uparrow d) \uparrow [\bar{a} \uparrow (b \uparrow (c \uparrow \bar{d}))]$.

$$F = ab + \bar{c}d + \bar{a}\bar{b} + \bar{a}c\bar{d}$$

Infatti mettendo l'ordine dell'operatore si ottiene $F = (a \uparrow b) \uparrow (\bar{c} \uparrow d) \uparrow [\bar{a} \uparrow (b \uparrow (c \uparrow \bar{d}))]$ quindi

$$F = (ab) + (\bar{c}d) + [\bar{a}(\bar{b} + c\bar{d})] = ab + \bar{c}d + \bar{a}\bar{b} + \bar{a}c\bar{d}$$

2. Determinare il numero binario corrispondente a $(204,5)_{10}$

$$(204,5)_{10} = 11001100,1$$

infatti $11001100,1 = 2^7 + 2^6 + 2^3 + 2^2 + 2^{-1} = 204,5$

3. In un sommatore a propagazione del riporto a N bit: ogni bit della somma dipende dai bit dello stesso peso degli addendi e da quelli di peso inferiore.

4. Data la funzione logica $F = \bar{x}y\bar{z} + x\bar{y}z + xyz$ trovare l'espressione canonica per \bar{F}

$$\bar{F} = (x + y + z)(\bar{x} + y + \bar{z})(\bar{x} + \bar{y} + z)$$

infatti $\bar{F} = \overline{\bar{x}y\bar{z} + x\bar{y}z + xyz} = \overline{(\bar{x}y\bar{z})(x\bar{y}z)(xyz)} = (x + y + z)(\bar{x} + y + \bar{z})(\bar{x} + \bar{y} + z)$.

5. Realizzare la funzione $F = (a + b)(\bar{c} + d) + (\bar{c} + \bar{a})d + a(\bar{b} + c)$ utilizzando l'operatore NAND.

$$F = [(\bar{a} \uparrow \bar{b}) \uparrow (c \uparrow \bar{d})] \uparrow [(c \uparrow a) \uparrow d] \uparrow [a \uparrow (b \uparrow \bar{c})]$$

Infatti $F = (a + b)(\bar{c} + d) + (\bar{c} + \bar{a})d + a(\bar{b} + c) = [(a + b)(\bar{c} + d)][(\bar{c} + \bar{a})d][a(\bar{b} + c)] =$
 $= [(a + b) \uparrow (\bar{c} + d)] \uparrow [(\bar{c} + \bar{a}) \uparrow d] \uparrow [a \uparrow (\bar{b} + c)] = [(\bar{a} \uparrow \bar{b}) \uparrow (c \uparrow \bar{d})] \uparrow [(c \uparrow a) \uparrow d] \uparrow [a \uparrow (b \uparrow \bar{c})]$

6. Un invertitore pMOS, rispetto a un invertitore nMOS avente lo stesso carico, la stessa alimentazione e la stessa tensione di soglia e $\beta_n = \beta_p$: ha una tensione di uscita che non riesce a raggiungere mai il valore della tensione di alimentazione.
7. Considerare un invertitore CMOS con $V_{ss} = 5 \text{ V}$ e in cui i transistor sono caratterizzati dai parametri $V_{tn} = 0,4 \text{ V}$, $V_{tp} = 0,6 \text{ V}$, $\beta_n = 0,9 \text{ mA/V}^2$ e $\beta_p = 0,4 \text{ mA/V}^2$. Calcolare la V_{isat} e la corrente che scorre nell'invertitore se $V_i = 1,4 \text{ V}$.

$$V_{isat} = 2,0 \text{ V}$$

$$I = 450 \mu\text{A}$$

Infatti la tensione V_{isat} si ottiene dalla relazione $V_{isat} = V_{tn} + \frac{V_{SS} - V_{tn} - V_{tp}}{1 + \sqrt{\beta_n / \beta_p}}$. La tensione a cui deve

essere calcolata la corrente risulta minore della tensione V_{isat} quindi l'invertitore opera con il transistore nMOS in regione di saturazione e il pMOS in regione lineare. Per calcolare la corrente basta quindi utilizzare la formula della corrente in saturazione per un nMOS ($V_i = V_{GSn}$),
 $I_{DS} = \beta_n / 2 (V_{GSn} - V_{tn})^2$.

8. Determinare l'espressione minima SP della funzione di 4 variabili $z = F(a, b, c, d)$ così definita: se $a = b$ allora $z = \bar{c}\bar{d}$, se $a \neq b$ allora $z = c + \bar{d}$.

$$z = \bar{c}\bar{d} + \bar{a}bc + \bar{a}\bar{b}c$$

Infatti se si rappresenta su una mappa di Karnaugh la funzione z si ha: nella prima e terza riga (che corrispondono alla condizione $a = b$) $z = \overline{c\overline{d}}$ (vale 1 solo per $c=0$ e $d=0$), mentre nella seconda e nella quarta riga (che corrispondono alla condizione $a \neq b$) $z = c + \overline{d}$ (vale 0 solo per $c=0$ e $d=1$). Raggruppando si ottiene l'espressione minima voluta.

$$z = \overline{c\overline{d}} + \overline{abc} + \overline{abc}$$

ab\cd	00	01	11	10
00	1	0	0	0
01	1	0	1	1
11	1	0	0	0
10	1	0	1	1

9. Trovare l'espressione minima SP della funzione $F = (a + b)(b + \overline{c})(a + \overline{b})$

$$F = ab + a\overline{c}$$

Infatti inserendo in una mappa di Karnaugh gli zeri corrispondenti all'espressione PS di F e raggruppando i termini 1 si ottiene

$$F = ab + a\overline{c}$$

a\bc	00	01	11	10
0	0	0	0	0
1	1	0	1	1

10. Il margine di immunità ai disturbi di un invertitore CMOS: è la massima variazione del segnale di ingresso accettabile per non pregiudicare il corretto valore del segnale di uscita.

Prova di Elettronica L — 13 dicembre 2006 — Compito D

1. Data la funzione logica $F = x\bar{y}\bar{z} + x\bar{y}z + \bar{x}yz$ trovare l'espressione canonica per \bar{F}

$$\bar{F} = (\bar{x} + y + z)(\bar{x} + y + \bar{z})(x + \bar{y} + \bar{z})$$

infatti $\bar{F} = \overline{x\bar{y}\bar{z} + x\bar{y}z + \bar{x}yz} = (\overline{x\bar{y}\bar{z}})(\overline{x\bar{y}z})(\overline{\bar{x}yz}) = (\bar{x} + y + z)(\bar{x} + y + \bar{z})(x + \bar{y} + \bar{z})$.

2. Il margine di immunità ai disturbi di un invertitore CMOS: è la massima variazione del segnale di ingresso accettabile per non pregiudicare il corretto valore del segnale di uscita.
3. Trovare l'espressione minima SP della funzione $F = (\bar{b} + c)(\bar{a} + b)(\bar{a} + c)$

$$F = bc + \bar{a}\bar{b}$$

Infatti inserendo in una mappa di Karnaugh gli zeri corrispondenti all'espressione PS di F e raggruppando i termini 1 si ottiene

$$F = bc + \bar{a}\bar{b}$$

a \ bc	00	01	11	10
0	1	1	1	0
1	0	0	1	0

4. Considerare un invertitore CMOS con $V_{ss} = 5 V$ e in cui i transistor sono caratterizzati dai parametri $V_{tn} = 0,5 V$, $V_{tp} = 0,5 V$, $\beta_n = 1.53 mA/V^2$ e $\beta_p = 0.17 mA/V^2$. Calcolare la V_{isat} e la corrente che scorre nell'invertitore se $V_i = 1.2 V$.

$$V_{isat} = 1.5 V$$

$$I = 375 \mu A$$

Infatti la tensione V_{isat} si ottiene dalla relazione $V_{isat} = V_{tn} + \frac{V_{ss} - V_{tn} - V_{tp}}{1 + \sqrt{\beta_n / \beta_p}}$. La tensione a cui deve

essere calcolata la corrente risulta minore della tensione V_{isat} quindi l'invertitore opera con il transistor nMOS in regione di saturazione e il pMOS in regione lineare. Per calcolare la corrente basta quindi utilizzare la formula della corrente in saturazione per un nMOS ($V_i = V_{GSn}$), $I_{DS} = \beta_n / 2 (V_{GSn} - V_{tn})^2$.

5. Realizzare la funzione $F = (c + b)(\bar{a} + \bar{d}) + d(\bar{b} + c) + (a + \bar{c})(d + \bar{b})$ utilizzando l'operatore NAND.

$$F = [(\bar{c} \uparrow \bar{b}) \uparrow (a \uparrow d)] \uparrow [d \uparrow (b \uparrow \bar{c})] \uparrow [(\bar{a} \uparrow c) \uparrow (\bar{d} \uparrow b)]$$

Infatti $F = \overline{\overline{(c + b)(\bar{a} + \bar{d})} + \overline{d(\bar{b} + c)} + \overline{(a + \bar{c})(d + \bar{b})}} = \overline{\overline{(c + b)(\bar{a} + \bar{d})} \overline{d(\bar{b} + c)} \overline{(a + \bar{c})(d + \bar{b})}} = \overline{[(c + b) \uparrow (\bar{a} + \bar{d})] \uparrow [d \uparrow (\bar{b} + c)] \uparrow [(a + \bar{c}) \uparrow (d + \bar{b})]} = [(\bar{c} \uparrow \bar{b}) \uparrow (a \uparrow d)] \uparrow [d \uparrow (b \uparrow \bar{c})] \uparrow [(\bar{a} \uparrow c) \uparrow (\bar{d} \uparrow b)]$

6. Un invertitore pMOS, rispetto a un invertitore nMOS avente lo stesso carico, la stessa alimentazione e la stessa tensione di soglia e $\beta_n = \beta$: ha una tensione di uscita che non riesce a raggiungere mai il valore della tensione di alimentazione.
7. Determinare il numero binario corrispondente a $(109,75)_{10}$

$$(109,75)_{10} = 1101101.11$$

infatti $1101101.11 = 2^6 + 2^5 + 2^3 + 2^2 + 2^0 + 2^{-1} + 2^{-2} = 109,75$

8. Determinare l'espressione SP della funzione $F = [d \uparrow (\bar{b} \uparrow (a \uparrow \bar{c}))] \uparrow (\bar{a} \uparrow \bar{b} \uparrow \bar{d}) \uparrow (\bar{a} \uparrow c)$.

$$F = db + d\bar{a}\bar{c} + \bar{a}\bar{b}\bar{d} + \bar{a}\bar{c}$$

Infatti mettendo l'ordine dell'operatore si ottiene $F = [d \uparrow (\bar{b} \uparrow (a \uparrow \bar{c}))] \uparrow (\bar{a} \uparrow \bar{b} \uparrow \bar{d}) \uparrow (\bar{a} \uparrow c)$ quindi

$$F = (d(b + \bar{a}\bar{c})) + \bar{a}\bar{b}\bar{d} + \bar{a}\bar{c} = db + d\bar{a}\bar{c} + \bar{a}\bar{b}\bar{d} + \bar{a}\bar{c}$$

9. Determinare l'espressione minima SP della funzione di 4 variabili $z = F(a, b, c, d)$ così definita: se $a = b$ allora $z = c + d$, se $a \neq b$ allora $z = c\bar{d}$.

$$z = c\bar{d} + \bar{a}\bar{b}d + abd$$

Infatti se si rappresenta su una mappa di Karnaugh la funzione z si ha: nella prima e terza riga (che corrispondono alla condizione $a = b$) $z = c + d$ (vale 0 solo per $c=0$ e $d=0$), mentre nella seconda e nella quarta riga (che corrispondono alla condizione $a \neq b$) $z = c\bar{d}$ (vale 1 solo per $c=1$ e $d=0$). Raggruppando si ottiene l'espressione minima voluta.

$$z = c\bar{d} + \bar{a}\bar{b}d + abd$$

ab\cd	00	01	11	10
00	0	1	1	1
01	0	0	0	1
11	0	1	1	1
10	0	0	0	1

10. In un sommatore a propagazione del riporto a N bit: ogni bit della somma dipende dai bit dello stesso peso degli addendi e da quelli di peso inferiore.

Prova di Elettronica L — 13 dicembre 2006 — Compito E

- In un sommatore a propagazione del riporto a N bit: ogni bit della somma dipende dai bit dello stesso peso degli addendi e da quelli di peso inferiore.
- Trovare l'espressione minima SP della funzione $F = (\bar{a} + b)(b + \bar{c})(a + \bar{c})$

$$F = ab + \bar{a}\bar{c}$$

Infatti inserendo in una mappa di Karnaugh gli zeri corrispondenti all'espressione PS di F e raggruppando i termini 1 si ottiene

$$F = ab + \bar{a}\bar{c}$$

a\bc	00	01	11	10
0	1	0	0	1
1	0	0	1	1

- Determinare il numero binario corrispondente a $(92,25)_{10}$

$$(92,25)_{10} = 1011100.01$$

infatti $1011100.01 = 2^6 + 2^4 + 2^3 + 2^2 + 2^{-2} = 92,25$

- Data la funzione logica $F = xyz + x\bar{y}\bar{z} + xy\bar{z}$ trovare l'espressione canonica per \bar{F}

$$\bar{F} = (\bar{x} + \bar{y} + \bar{z})(\bar{x} + y + z)(\bar{x} + \bar{y} + z)$$

infatti $\bar{F} = \overline{xyz + x\bar{y}\bar{z} + xy\bar{z}} = (\overline{xyz})(\overline{x\bar{y}\bar{z}})(\overline{xy\bar{z}}) = (\bar{x} + \bar{y} + \bar{z})(\bar{x} + y + z)(\bar{x} + \bar{y} + z)$.

- Realizzare la funzione $F = (\bar{d} + \bar{a})(\bar{c} + b) + (a + \bar{c})(\bar{d} + \bar{b}) + b(c + a)$ utilizzando l'operatore NAND.

$$F = [(d \uparrow a) \uparrow (c \uparrow \bar{b})] \uparrow [(\bar{a} \uparrow c) \uparrow (d \uparrow \bar{b})] \uparrow [b \uparrow (\bar{c} \uparrow \bar{a})]$$

Infatti $F = [(\bar{d} + \bar{a})(\bar{c} + b)] + [(a + \bar{c})(\bar{d} + \bar{b})] + [b(c + a)] = [(\bar{d} + \bar{a})(\bar{c} + b)][(a + \bar{c})(\bar{d} + \bar{b})][b(c + a)]$
 $= [(\bar{d} + \bar{a}) \uparrow (\bar{c} + b)] \uparrow [(a + \bar{c}) \uparrow (\bar{d} + \bar{b})] \uparrow [b \uparrow (c + a)] = [(d \uparrow a) \uparrow (c \uparrow \bar{b})] \uparrow [(\bar{a} \uparrow c) \uparrow (d \uparrow \bar{b})] \uparrow [b \uparrow (\bar{c} \uparrow \bar{a})]$

- Un invertitore pMOS, rispetto a un invertitore nMOS avente lo stesso carico, la stessa alimentazione e la stessa tensione di soglia e $\beta_n = \beta_p$; ha una tensione di uscita che non riesce a raggiungere mai il valore della tensione di alimentazione.
- Determinare l'espressione SP della funzione $F = (c \uparrow \bar{d}) \uparrow [\bar{a} \uparrow (b \uparrow c)] \uparrow (a \uparrow \bar{b} \uparrow c)$.

$$F = c\bar{d} + \bar{a}\bar{b} + \bar{a}\bar{c} + \bar{a}\bar{b}\bar{c}$$

Infatti mettendo l'ordine dell'operatore si ottiene $F = (c \uparrow \bar{d}) \uparrow [\bar{a} \uparrow (b \uparrow c)] \uparrow (a \uparrow \bar{b} \uparrow c)$ quindi

$$F = c\bar{d} + \bar{a}(\bar{b} + \bar{c}) + \bar{a}\bar{b}\bar{c} = c\bar{d} + \bar{a}\bar{b} + \bar{a}\bar{c} + \bar{a}\bar{b}\bar{c}$$

- Considerare un invertitore CMOS con $V_{ss} = 3.3 V$ e in cui i transistor sono caratterizzati dai parametri $V_{tn} = 0,3 V$, $V_{tp} = 0,3 V$, $\beta_n = 0,8 mA/V^2$ e $\beta_p = 0,2 mA/V^2$. Calcolare la V_{isat} e la corrente che scorre nell'invertitore se $V_i = 0,9 V$.

$$V_{isat} = 1,2 V$$

$$I = 144 \mu A$$

Infatti la tensione V_{isat} si ottiene dalla relazione $V_{isat} = V_m + \frac{V_{SS} - V_m - V_{tp}}{1 + \sqrt{\beta_n / \beta_p}}$. La tensione a cui deve

essere calcolata la corrente risulta minore della tensione V_{isat} quindi l'invertitore opera con il transistor nMOS in regione di saturazione e il pMOS in regione lineare. Per calcolare la corrente basta quindi utilizzare la formula della corrente in saturazione per un nMOS ($V_i = V_{GSn}$), $I_{DS} = \beta_n / 2 (V_{GSn} - V_m)^2$.

9. Il margine di immunità ai disturbi di un invertitore CMOS: è la massima variazione del segnale di ingresso accettabile per non pregiudicare il corretto valore del segnale di uscita.
10. Determinare l'espressione minima SP della funzione di 4 variabili $z = F(a, b, c, d)$ così definita: se $a = b$ allora $z = \bar{c} + d$, se $a \neq b$ allora $z = \bar{c}d$.

$$z = \bar{c}d + \bar{a}\bar{b}\bar{c} + \bar{a}\bar{b}d + a\bar{b}\bar{c} + abd$$

Infatti se si rappresenta su una mappa di Karnaugh la funzione z si ha: nella prima e terza riga (che corrispondono alla condizione $a = b$) $z = \bar{c} + d$ (vale 0 solo per $c=1$ e $d=0$), mentre nella seconda e nella quarta riga (che corrispondono alla condizione $a \neq b$) $z = \bar{c}d$ (vale 1 solo per $c=0$ e $d=1$). Raggruppando si ottiene l'espressione minima voluta.

$$z = \bar{c}d + \bar{a}\bar{b}\bar{c} + \bar{a}\bar{b}d + a\bar{b}\bar{c} + abd$$

ab\cd	00	01	11	10
00	1	1	1	0
01	0	1	0	0
11	1	1	1	0
10	0	1	0	0