بنام خدا

تمرینات درس : طراحی مدارهای پرتراکم پیشرفته (VLSI)

نام ونام خانوادگی دانشجو : **توحید جعفریان** شماره ی دانشجویی : ۹۳۰۴۰۵۵۵۵

استاد: **دکتر محمدعلی جبرئیل جمالی**

سال تحصیلی : **۹۴-۹۳** ترم دوم

آزمون فصل چهارم

۱ـ مدار مقابل مربوط به چه گیت منطقی است؟

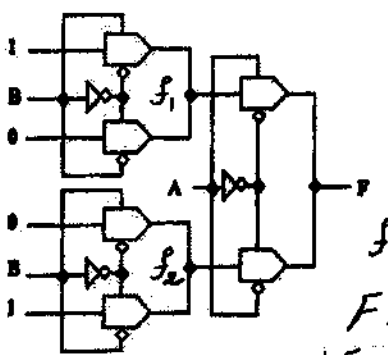
۱) مالتی پلکسر ۲ به ۱

۲) مالتی پلکسر ۴ به ۱

✓ ۳) XNOR دو ورودی

۴) XOR سه ورودی

پاسخ: گزینه (3)



$f_1 = B \quad , f_2 = \bar{B}$

$F = A f_1 + \bar{A} f_2$

$\Rightarrow \boxed{F = AB + \bar{A}\bar{B} = A \odot B}$

۲ـ ضابطه خروجی مدار مقابل چیست؟

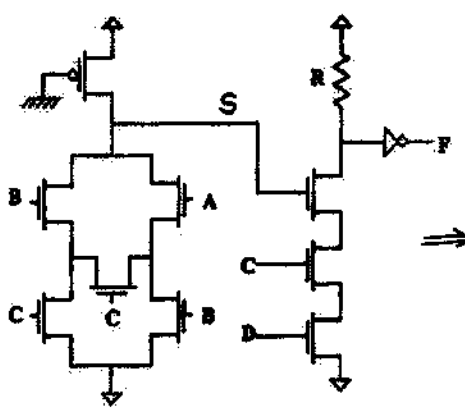
۱) $F = \overline{(A+B)(CD)}$

۲) $F = \bar{A} + \bar{B} + \bar{C} + \bar{D}$

✓ ۳) $F = \bar{A}\bar{B}CD$

۴) $F = (A+B)CD$

پاسخ: گزینه (3)



$F = \bar{C} f_0 + C f_1$

$F = \bar{C}(\bar{B}CD) + C(\bar{A}\bar{B}CD)$

$F = 0 + \bar{A}\bar{B}CD$

$\Rightarrow \boxed{F = \bar{A}\bar{B}CD}$

C = 0

$\bar{S} = AB + BC = B(A+C)$

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

$\bar{f}_0 = (\bar{B} + \bar{A}\bar{C})CD = \bar{B}CD + 0$

خروجی $f_0 = \bar{f}_0 = \bar{B}CD$

C = 1

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

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

$\bar{f}_1 = (\bar{A}\bar{B} + \bar{B}\bar{C})CD = \bar{A}\bar{B}CD + 0$

$\Rightarrow$ خروجی $f_1 = \bar{f}_1 = \bar{A}\bar{B}CD$

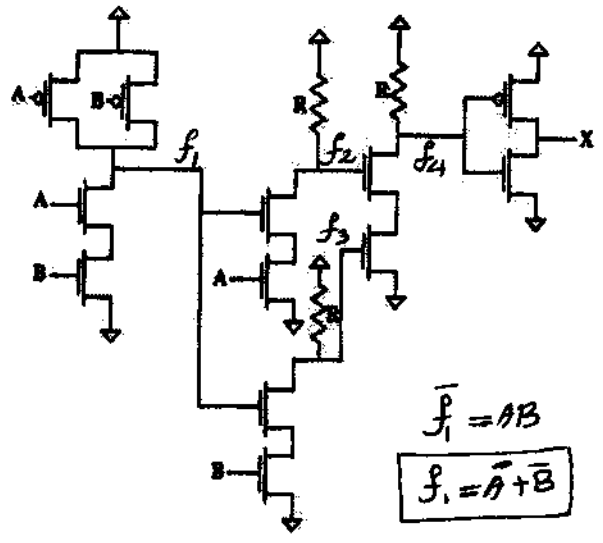
۲ـ خروجی مدار مقابل چیست؟

۱) $X = A \oplus B$

۲) $X = A \odot B$ ✓

۳) $X = \overline{A.B}$

۴) $X = A.B$



$\bar{f}_1 = AB$

$f_1 = \bar{A} + \bar{B}$

$\bar{f}_2 = f_1 A$

$\bar{f}_2 = (\bar{A}+\bar{B})A$

$\bar{f}_2 = A\bar{B}$

$f_2 = \bar{A} + B$

$\bar{f}_3 = f_1 B$

$\bar{f}_3 = (\bar{A}+\bar{B})B$

$\bar{f}_3 = \bar{A}B$

$f_3 = A + \bar{B}$

پاسخ گزینه (۱)

$$\bar{f}_4 = f_2 f_3 = (\bar{A}+B)(A+\bar{B}) = 0 + AB + \bar{A}\bar{B} + 0 = AB + \bar{A}\bar{B}$$

$$\Rightarrow X = \bar{f}_4 = AB + \bar{A}\bar{B} = A \odot B$$

۳ـ برای طراحی کدامیک از مدارات زیر تعداد ترانزیستورهای بیشتری مورد نیاز است؟(از ترانزیستورهای وارونگر صرف‌نظر شود)

۱) تابع $F = A\bar{B}C + C\bar{D}$ در تکنولوژی CMOS

۲) تابع $F = A \oplus B \oplus C$ در تکنولوژی NMOS تنها ✓

۳) تابع $F = A\bar{B} + B\bar{C} + C\bar{D}$ در تکنولوژی شبه NMOS

۴) تابع $F = \overline{AB + AC + BC}$ در تکنولوژی CMOS

پاسخ گزینه (۲)

① $F = A\bar{B}C + C\bar{D} = C(A\bar{B} + \bar{D}) \xrightarrow{CMOS} \begin{cases} PDN = 4\,Tr \\ PUN = 4\,Tr \end{cases} \Rightarrow$ 8 Tr

② $F = A \oplus B \oplus C = \bar{A}B\bar{C} + \bar{A}\bar{B}C + A\bar{B}\bar{C} + ABC = \bar{A}(B\bar{C} + \bar{B}C) + A(\bar{B}\bar{C} + BC) \xrightarrow{\text{تقلیبی NMOS}}$

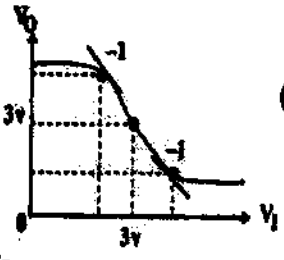
$$\rightarrow \begin{cases} PDN = 10\,Tr \\ PUN = 1\,Tr \end{cases} \Rightarrow$$ 11 Tr ✓

③ $F = A\bar{B} + B\bar{C} + C\bar{D} \xrightarrow{\text{شبه NMOS}} \begin{cases} PDN = 6\,Tr \\ PUN = 1\,Tr \end{cases} \Rightarrow$ 7 Tr

④ $F = \overline{AB + AC + BC} = \overline{A(B+C) + BC} = (\bar{A} + \bar{B}\bar{C})(\bar{B} + \bar{C}) = \bar{A}\bar{B} + \bar{A}\bar{C} + \bar{B}\bar{C} + \bar{B}\bar{C}$

$F = \bar{A}\bar{B} + \bar{A}\bar{C} + \bar{B}\bar{C} = \bar{A}(\bar{B} + \bar{C}) + \bar{B}\bar{C} \xrightarrow{CMOS} \begin{cases} PDN = 5\,Tr \\ PUN = 5\,Tr \end{cases} \Rightarrow$ 10 Tr

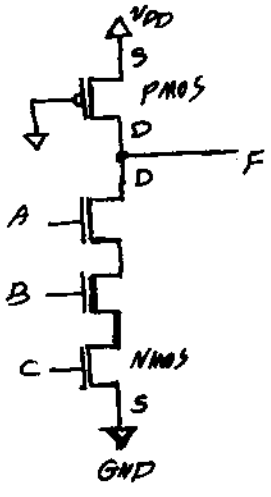
ف- نمودار VTC یک NAND سه ورودی شبه NMOS به‌صورت مقابل است. درباره نسبت $\frac{(\frac{W}{L})_p}{(\frac{W}{L})_n}$ در این مدار چه می‌توان گفت؟



$(V_{DD} = 5V_{tn} = -5V_{tp} = 5v)$

$V_I = V_O = V_m = 3V$

1) $\frac{4}{10}$ 2) $\frac{1}{5}$ 3) $\frac{5}{18}$ ✓ 4) $\frac{11}{18}$



$I_{DS(n)} = I_{DS(p)}$ (در لحظه)

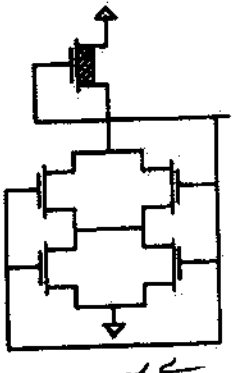
$\frac{K_n}{2}(\frac{W}{L})_n (V_{GS} - V_{tn})^2 = \frac{K_p}{2}(\frac{W}{L})_p (V_{GS} - V_{tp})^2$

$\Rightarrow 2.5 (\frac{W}{L})_n (3-1)^2 = (\frac{W}{L})_p (5+1)^2$

$\Rightarrow \frac{(\frac{W}{L})_p}{(\frac{W}{L})_n} = \frac{2.5 \times 4}{36} = \boxed{\frac{5}{18}}$

پاسخ: گزینه (3)

ف- در مدار مقابل اگر ورودی‌ها همگی از خروجی تغذیه شوند ولتاژ V_x چقدر است؟



$\begin{cases} V_{DD} = 5V \\ K_n(\frac{W}{L})_n = 40\frac{mA}{V^2} \\ K_d(\frac{W}{L})_d = 25\frac{mA}{V^2} \\ V_{tn} = -\frac{V_{tp}}{3} = 1V \end{cases}$

1) $V_x = 3.9V$
2) $V_x = 2.2V$
3) $V_x = 2.6V$
4) $V_x = 3.4V$

نکته 10 مهم: درصورت اتصال خروجی یک مدار چندورودی CMOS یا NMOS به تمام ورودی‌های آن، مدار وارون‌گونه 3 نمودار VTC تحلیل می‌شود. منظور از W و L در طبقات PUN و PDN نیز به‌ترتیب عبارتند از:
طول طویل‌ترین شاخه‌ی سری و عرض عریض‌ترین شاخه‌ی موازی در این طبقات.

$I_{DS(n)} = I_{DS(d)} \Rightarrow \frac{K_n}{2}(\frac{W}{L})_n (V_{GS} - V_{tn})^2 = \frac{K_d}{2}(\frac{W}{L})_d (V_{GS} - V_{td})^2$

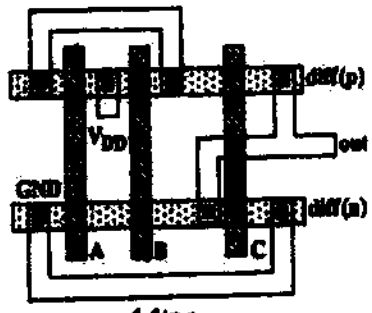
PDN: طول کانال: $2L$ ، عرض کانال: $2W$

PUN: طول کانال: $2L$ ، عرض کانال: $1W$

$\Rightarrow 40(V_x - 1)^2 = 25(V_x - 5 + 3)^2 \Rightarrow 2\sqrt{10}(V_x - 1) = \pm 5(V_x - 4) \Rightarrow \begin{cases} 2\sqrt{10}(V_x-1) = 5(V_x-2) \\ 2\sqrt{10}(V_x-1) = -5(V_x-2) \end{cases}$

$\Rightarrow \begin{cases} 2\sqrt{10}V_x - 2\sqrt{10} = 5V_x - 10 \\ 2\sqrt{10}V_x - 2\sqrt{10} = -5V_x + 10 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 6.32V_x - 5V_x = -10 + 6.32 \\ 6.32V_x + 5V_x = 10 + 6.32 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 1.32V_x = -3.68 \Rightarrow V_x = -2.78 \\ 11.32V_x = 16.32 \Rightarrow V_x = 1.44 \end{cases}$

۷ـ ضابطه منطقی معادل با نمودار جانمایی مقابل چیست؟



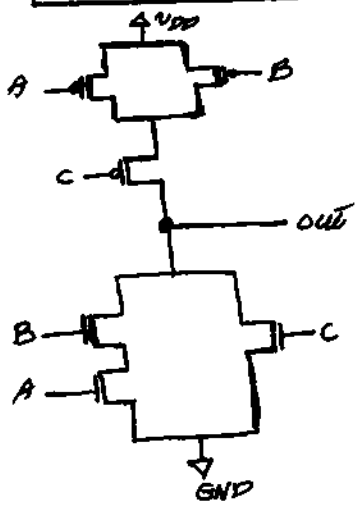
۱) $OUT = \overline{A + BC}$

۲) $OUT = \overline{AB + C}$ ✓

۳) $OUT = \overline{A(B + C)}$

۴) $OUT = \overline{C(A + B)}$

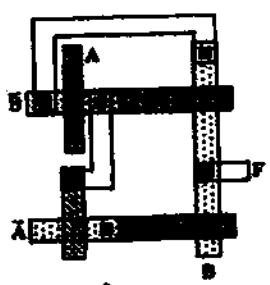
پاسخ گزینه ۲

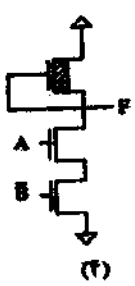


$\overline{out} = AB + C$

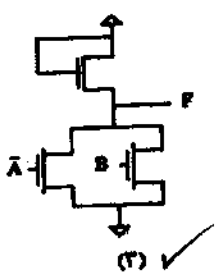
$out = \overline{AB + C}$

۸ـ نمودار مقابل معادل با چه مداری می‌باشد؟(تمام ترانزیستورها از نوع n هستند)

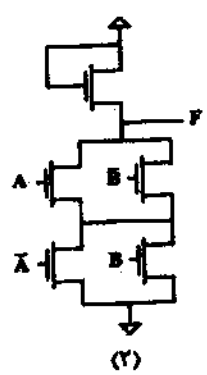




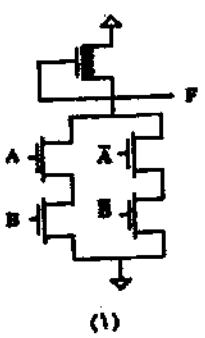
(۲)



(۳) ✓

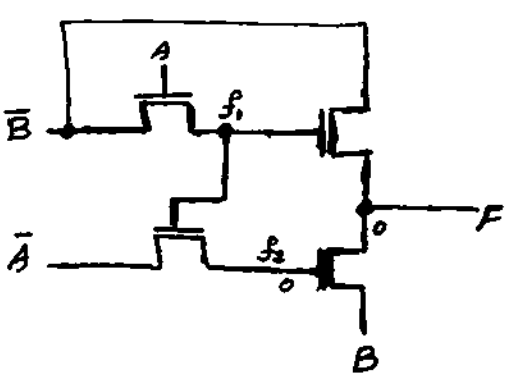


(۴)



(۱)

پاسخ گزینه ۳

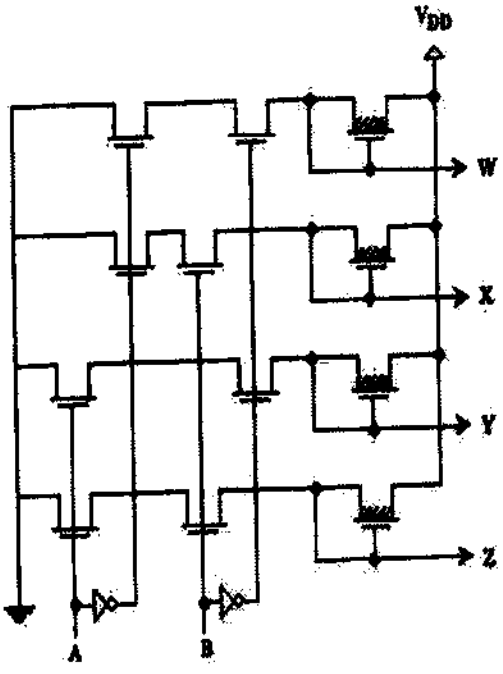


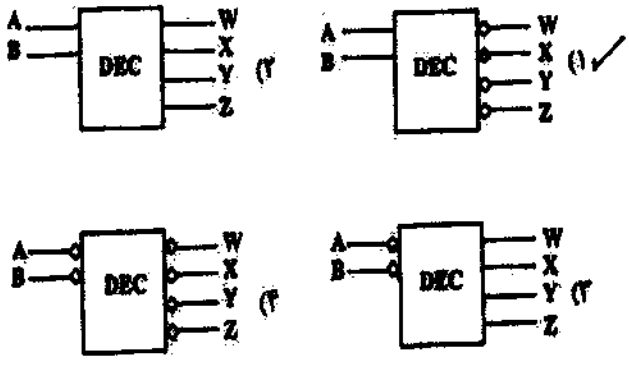
$f_1 = A\bar{B}$

$f_2 = (A\bar{B})\bar{A} = 0$

$F = \bar{B} f_1 = \bar{B}(A\bar{B}) = A\bar{B}$

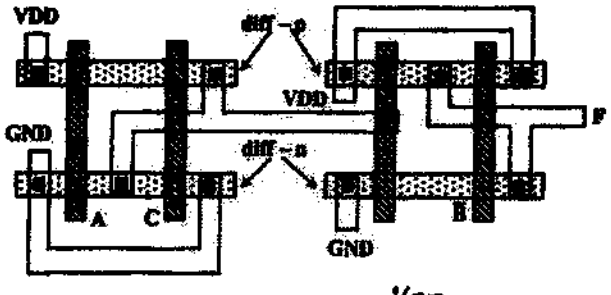
۹ـ نمودار مقابل معادل با چه تراشه‌ای می‌باشد؟

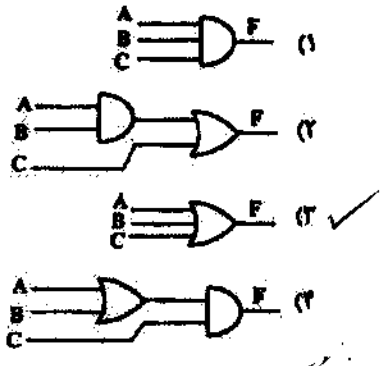




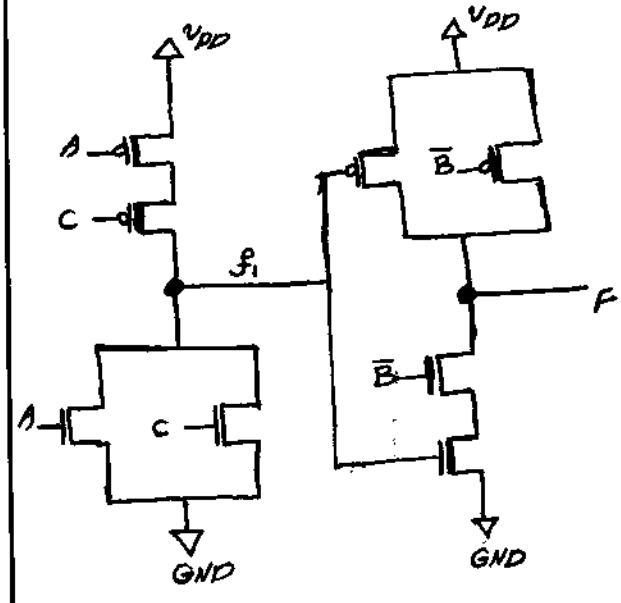
پاسخ صحیح گزینه ①

۱۰ـ نمودار مقابل نماینده چه مداری می‌باشد؟





پاسخ صحیح گزینه ③

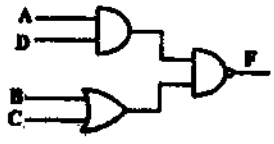


$\overline{f_1} = A+B \Rightarrow f_1 = \bar{A}\bar{B}$

$F = \bar{B}(f_1) = \bar{B}(\bar{A}\bar{B}) = \bar{A}\bar{B}\bar{C}$

$\Rightarrow F = \overline{\bar{A}\bar{B}\bar{C}} = A+B+C$

۱۱ـ نمودار جانمایی تابع مقابل در کدام‌یک از حالات زیر با دیفیوژن پیوسته قابل ترسیم نیست؟



۱) $F = \overline{A.D(B+C)}$

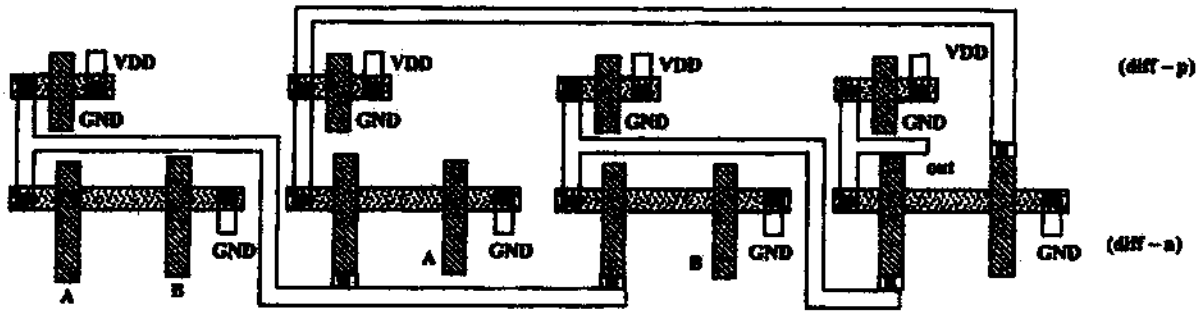
۲) $F = \overline{ABD + ACD}$

۳) $F = \overline{(B+C).A.D}$

۴) $F = \overline{A.(B+C).D}$ ✓

پاسخ گزینه (۴)

۱۲ـ ضابطه مدار زیر چیست؟



۱) XOR تکنولوژی شبه NMOS ✓

۲) XNOR تکنولوژی NMOS افزایشی

۳) XNOR تکنولوژی شبه NMOS

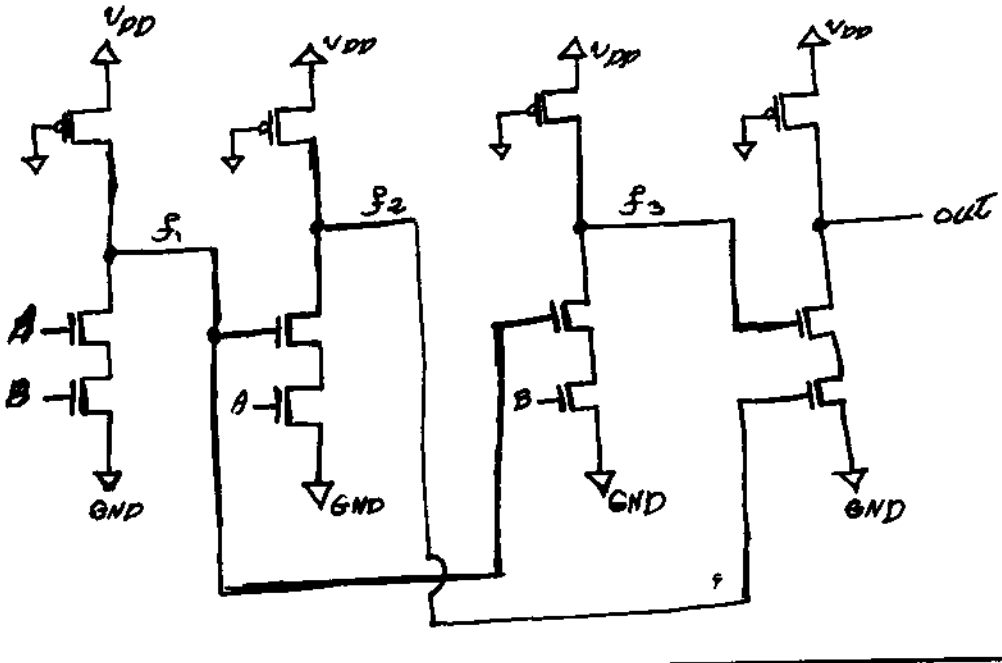
۴) XOR تکنولوژی NMOS افزایشی

$\bar{f}_1 = AB$ $\quad \bar{f}_2 = f_1 A = (\bar{A}+\bar{B})A = A\bar{B}$ $\quad \bar{f}_3 = f_1 B = (\bar{A}+\bar{B})B = \bar{A}B$

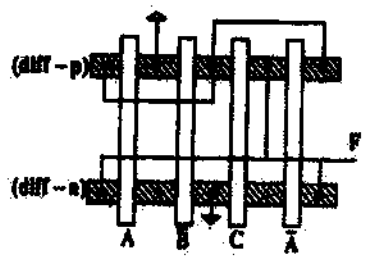
$f_1 = \bar{A}+\bar{B}$ $\quad f_2 = \bar{A}+B$ $\quad f_3 = A+\bar{B}$

$\overline{out} = f_2 f_3 = (\bar{A}+B)(A+\bar{B}) = \bar{A}\bar{B}+AB = A \odot B \Rightarrow \boxed{out = A \oplus B}$

پاسخ گزینه (۱)



۱۳ـ نمودار میله‌ای مقابل مربوط به چه مداری است؟



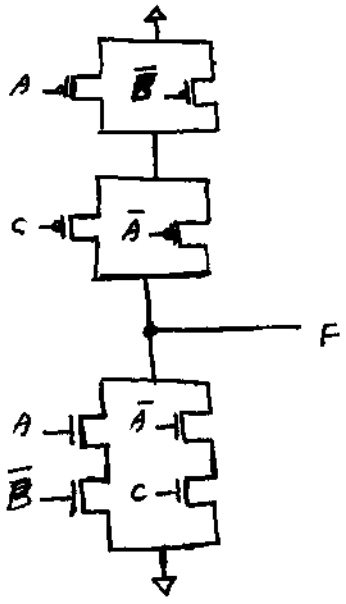
۱) $F = \bar{A}B + A\bar{C}$

۲) $F = (\bar{A} + B).(A + \bar{C})$ ✓

۳) $F = \overline{(\bar{A} + B).(A + \bar{C})}$

۴) $F = \overline{\bar{A}\bar{B}} + \overline{\bar{A}C}$

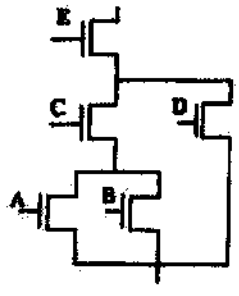
پاسخ: گزینه (۲)



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

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

۱۴ـ کدام‌یک از ترکیب‌های زیر می‌تواند منجر به رسم نمودار میله‌ای مدار مقابل با دیفیوژن پیوسته شود؟



گراف مربوط به مدار باید حتماً اویلری باشد.
برای اویلری بودن یک گراف کافی است یکی
از رئوس فرد درجه فرد در گراف نباشد و یا اینکه فقط
دو رأس با درجه فرد در گراف مشاهده گردد.

۱) ABCDE

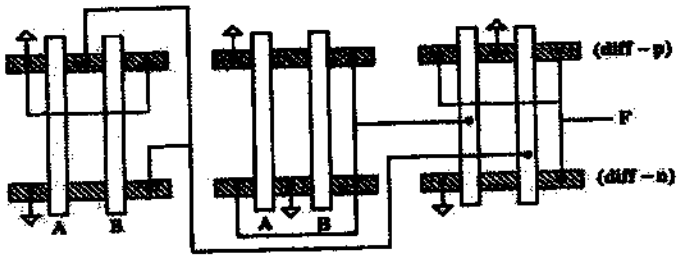
۲) CDABC

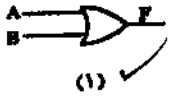
۳) EDBCA

✓ ۴) این مدار با دیفیوژن پیوسته قابل رسم نیست.

پاسخ: گزینه (۴)

کلید ۱۵ـ نمودار میله‌ای مقابل چه مداری را پیاده‌سازی کرده است؟



(۱) ✓ 

(۲)

(۳)

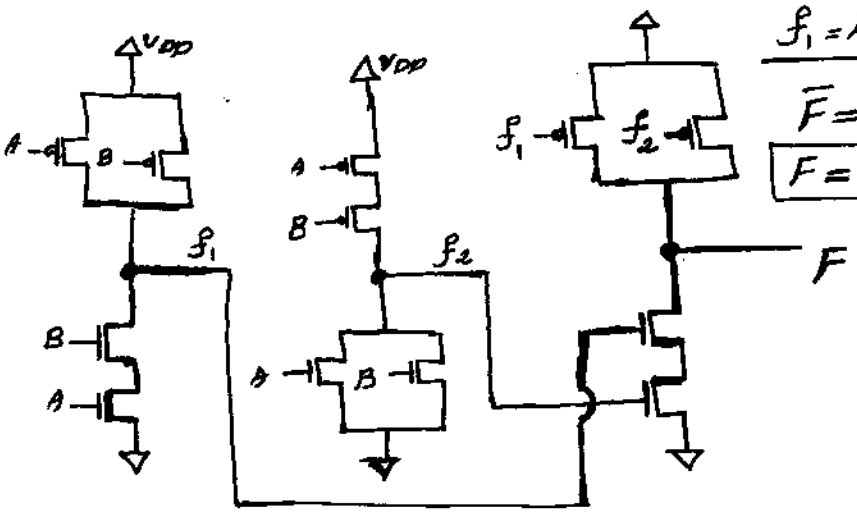
(۴)

$\bar{f}_1 = AB \quad \bar{f}_2 = A+B$

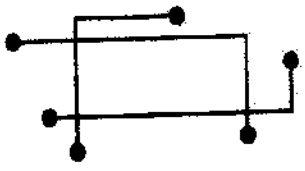
$f_1 = \bar{A}+\bar{B} \quad f_2 = \bar{A}\bar{B}$

$\bar{F} = f_1 f_2 = (\bar{A}+\bar{B})(\bar{A}\bar{B}) = \bar{A}\bar{B}$

$F = A+B$



کلید ۱۶ـ برای پیاده‌سازی نمودار میله‌ای مقابل حداقل چند لایه فلز مورد نیاز است، به نحوی که طول اتصالات تغییر نکند؟



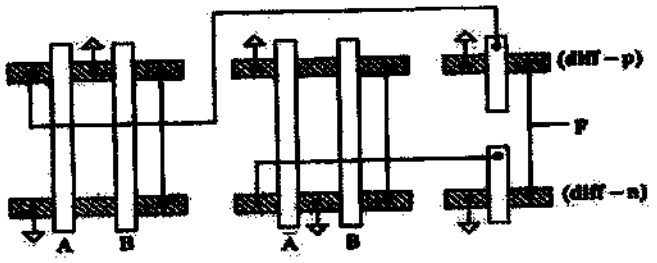
۱) ✓ 2 لایه

۲) 1 لایه

۳) 4 لایه

۴) 3 لایه

کنکور ۱۷ـ نمودار میله‌ای مقابل به چه مداری اشاره دارد؟



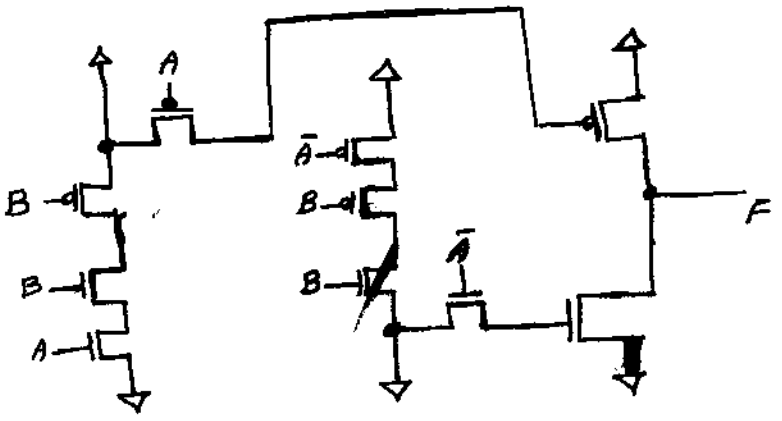
(۱)

(۲)

(۳) ✓

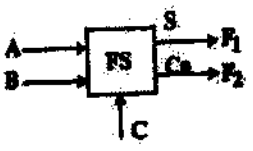
(۴)

پاسخ نادرست ②

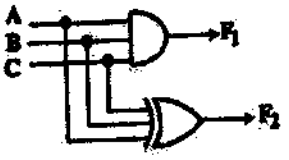


کنکور ۱۸ـ مدار معادل با نمودار میله‌ای مقابل چیست؟

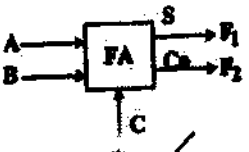
(۱)



(۲)

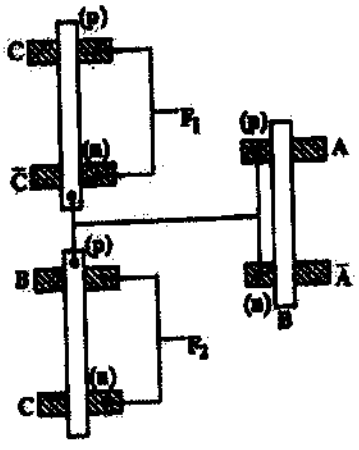


(۳)



(۴) ✓

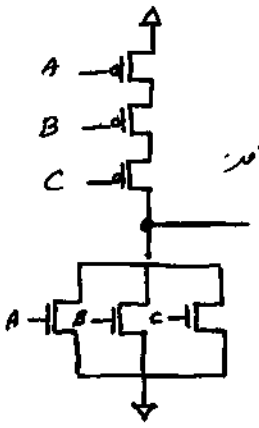
پاسخ درست ④



۱۹- ولتاژ V_m در یک NOR تکنولوژی CMOS با مفروضات زیر چقدر است؟

$(\text{inputs}=3\ ,\ (\frac{W}{L})_p=\frac{5}{2}\ ,\ (\frac{W}{L})_n=\frac{3}{2}\ ,\ V_{tn}=-V_{tp}=1V\ ,\ V_{DD}=5V\ ,K_p=30\frac{mA}{V^2}\ ,\ K_n=50\frac{mA}{V^2})$

۱) $\sqrt{12}-1$ ✓ ۲) $\sqrt{12}+1$ ۳) $\sqrt{11}-1$ ۴) $\sqrt{11}+1$



پاسخ تشریحی: ①

- برای بدست آوردن V_m باید مدار را در ناحیه 3 تحلیل کنیم.

$V_I=V_O=V_m$

0

مسیر پیوان هلبه PDN (مسیر A) و مسیر پیوان PUN (مسیر ABC) می‌باشد

بنابراین کمربند $(\frac{W}{L})_n$ و $(\frac{W}{L})_p$ و در این مسئله به صورت $(\frac{W}{L})_n$ و $(\frac{W}{3L})_p$ در خواهند آمد.

$$I_{DS(n)}^{\text{اشباع}}=I_{DS(p)}^{\text{اشباع}} \Rightarrow \frac{K_n}{2}(\frac{W}{L})_n(V_{GS}-V_{tn})^2=\frac{K_p}{2}(\frac{W}{3L})_p(V_{GS}-V_{tp})^2$$

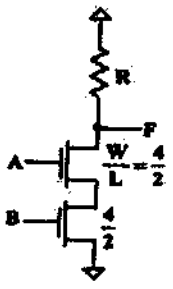
$$\Rightarrow \frac{50}{2}\times\frac{2}{1}(V_m-1)^2=\frac{50}{2}\times\frac{1}{3}\times\frac{5}{2}(V_m-5+1)^2 \Rightarrow 9(V_m-1)^2=(V_m-4)^2$$

$$\sqrt{9}(V_m-1)=\pm(V_m-4) \Rightarrow \begin{cases}\sqrt{9}V_m-\sqrt{9}=V_m-4 \Rightarrow (\sqrt{9}-1)V_m=\sqrt{9}-4 \Rightarrow V_m=\frac{\sqrt{9}-4}{\sqrt{9}-1}\\ \sqrt{9}V_m-\sqrt{9}=4-V_m \Rightarrow (\sqrt{9}+1)V_m=4-\sqrt{9} \Rightarrow V_m=\frac{4-\sqrt{9}}{\sqrt{9}+1}\end{cases}$$

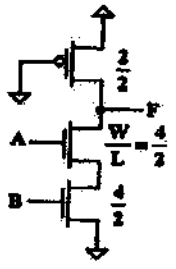
$$\Rightarrow \begin{cases}V_m=\frac{4-3}{4}=\frac{1}{4}\end{cases}$$

۲۰- پارامتر V_{OL} در کدامیک از مدارات زیر کمتر است؟ $(K_p=K_n=50\frac{mA}{V^2}, R=1k\Omega, V_{tn}=-V_{tp}=1V, V_{DD}=5V)$

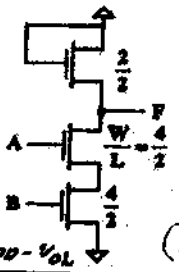
۱) ✓



۲)



۳)



۴) این پارامتر وابسته به تکنولوژی نیست و در هر سه مدار یکسان است.

پاسخ تشریحی: ④

- برای بدست آوردن V_{OL} نیاز به تحلیل مدار در ناحیه 5 داریم:

① PDN: خطی، PUN: اشباع

$$\Rightarrow I_{DS(n)}=I_R \Rightarrow K_n(\frac{W}{2L})(V_{GS}-V_{tn}-\frac{V_{DS}}{2})V_{DS}=\frac{V_{DD}-V_{OL}}{1}$$

$$\Rightarrow 50\times\frac{4}{4}(V_{DD}-1-\frac{V_{OL}}{2})V_{OL}=5-V_{OL} \Rightarrow 50(5-1-\frac{V_{OL}}{2})V_{OL}=5-V_{OL}$$

$$\Rightarrow 200V_{OL}-25V_{OL}^2=5-V_{OL} \Rightarrow 25V_{OL}^2-201V_{OL}+5=0$$

② PDN: خطی، PUN: اشباع

$$\Rightarrow 200V_{OL}-25V_{OL}^2=\frac{K_p}{2}(\frac{W}{L})(V_{GS}-V_{tp})^2=10(5+1)^2=360$$

$$\Rightarrow 25V_{OL}^2-200V_{OL}+360=0$$

③ PDN: خطی، PUN: اشباع

$$\Rightarrow 200V_{OL}-25V_{OL}^2=\frac{K_n}{2}(\frac{W}{L})(V_{GS}-V_{tn})^2=25(0-1)^2=25$$

$$\Rightarrow 25V_{OL}^2-200V_{OL}+25=0$$