

**I.T.U.**  
**Faculty of Computer and Informatics**  
**Computer Engineering**



**Ders:** Sayısal Elektronik Devreleri

**Kodu:** ELE 322

**Ad Soyad:** Abdullah AYDEĞER

**Numara:** 040090533

**Öğretim görevlisi:** Devrim Y. AKSİN

**Asistan:** Pınar B. BAŞYURT

**Teslim Tarihi:** 18.03.2012

## İçindekiler

Giriş .....	3
Teknik Altyapı .....	3
CMOS Statik Kapı Devresi Tasarımı .....	4
Kaskatlı Devre.....	6
Yorum .....	7

## Giriş

Sayısal devre elemanları tasarlanırken kullanılması en uygun olan eleman MOS'lardır. Bu ödevde bizden istenilen bir lojik fonksiyonu MOS'lar kullanarak CMOS statik kapı devresi şeklinde gerçekleştirmemizdir.

## Teknik Altyapı

Teorik analizde bize yardımcı olması açısından verilen parametreler aşağıdaki gibidir;

$$V_{DD} = 1.8 \text{ V}, V_{Tn} = |V_{Tp}| = 0.4 \text{ V}$$

$$C_{ox} = 8 \text{ fF}/\mu\text{m}^2;$$

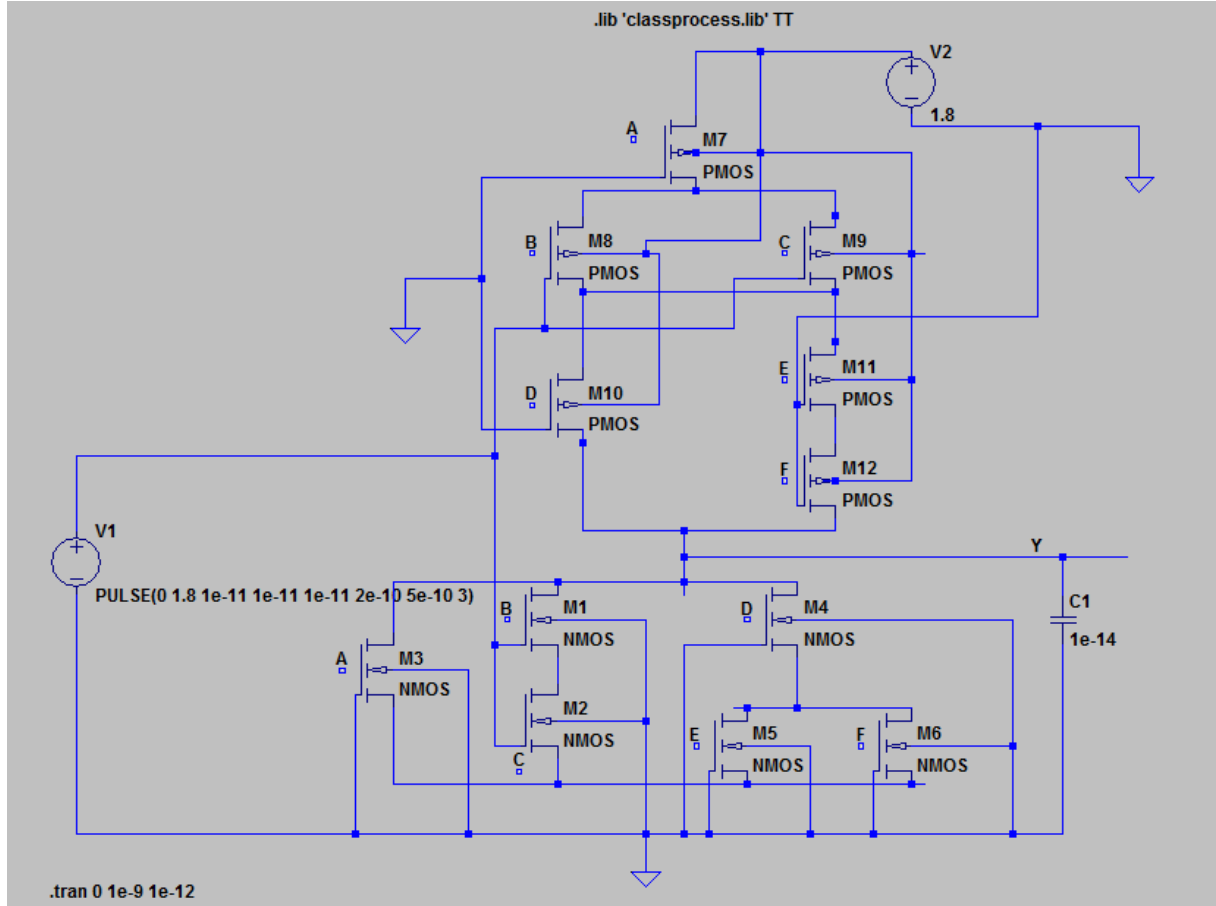
$$\mu_n C_{ox} = 300 \mu\text{A}/\text{V}^2; \mu_p C_{ox} = 100 \mu\text{A}/\text{V}^2$$

$$W_{min} = 1\mu\text{m}; L_{min} = 0.18 \mu\text{m}$$

Bu verilen parametrelerle simülasyon yapabilmek için ise LTSpice programı 0.18um parametreleriyle kullanılmıştır.

## CMOS Statik Kapı Devresi Tasarımı

$Y' = A+BC+D(E+F)$  şeklinde verilen lojik fonksiyonunun CMOS statik kapı devresi şekil 1.1'de verilmiştir.



Şekil 1.1  $Y' = A + BC + D(E+F)$  devresi CMOS statik kapılarıyla

Bu tasarımda bizden istenilen koşullar aşağıdaki gibidir:

- $V_{TH} = V_{DD}/2$ ,
- $CL = 10fF$  için  $\tau_{pLH} + \tau_{pHL} < 100psn$

Bu verilen koşulları sağlayabilmek için gerekli teorik analizler yapılırsa;

$$V_{th} = \{ V_{DD} - |V_{TP}| + [(\beta_{Neş} / \beta_{Peş})^{1/2}] * V_{TN} \} / 1 + (\beta_{Neş} / \beta_{Peş})^{1/2}$$

$$\text{Burada } V_{DD} = 1.8V \Rightarrow V_{th} = V_{DD}/2 = 0.9V$$

(  $\beta_{Neş} / \beta_{Peş}$  )  $^{1/2} = t$  denirse (işlemleri göstermeyi kolaylaştırmak için)

$$0.9 = \{ 1.8 - 0.4 + t * 0.4 \} / 1 + t$$

Buradan  $t = 1$  olduğu yani  $\beta_{Neş} / \beta_{Peş} = 1$  olduğu açıkça görülmektedir. Aynı zamanda  $\beta_{Neş} = 13/6 * \beta_N$  ve  $\beta_{Peş} = 6/13 * \beta_P$  yani  $\beta_N / \beta_P = (6/13)^2$

$$\text{Buradan } \beta_N / \beta_P = ( \mu_n * Cox * w_N / L_N ) / ( \mu_p * Cox * w_P / L_P ) = (6/13)^2$$

$$\Rightarrow 3 * w_N / w_P = 0.21$$

$$\Rightarrow w_N = 0.07 w_P$$

$CL = 10fF$  için  $\tau_{pLH} + \tau_{pHL} < 100psn$ . Bu durumda,

$$\tau_{pLH} = \{ CL * L / \mu_n * Cox * w_{Nwc} \} * M_N$$

$$\tau_{pHL} = \{ CL * L / \mu_p * Cox * w_{Pwc} \} * M_P$$

Buradan verilen değerler yerine konursa,

$$100 psn = \{ 10fF * 0.18 \mu m / 300 (\mu A/V^2) * w_{Nwc} \} * M_N + \{ 10fF * 0.18 \mu m / 100 (\mu A/V^2) * w_{Pwc} \} * M_P$$

Buradaki  $M_N$  değeri ise aşağıdaki eşitlikle bulunabilir:

$$M_N = (1 / V_{DD} - V_{TN}) * \{ 2 * V_{TN} / (V_{DD} - V_{TN}) + \ln( (3 * V_{DD} - 4 * V_{TN}) / V_{DD} ) \}$$

$$M_N = (1 / 1.8 - 0.4) * \{ 2 * 0.4 / (1.8 - 0.4) + \ln( (3 * 1.8 - 4 * 0.4) / 1.8 ) \}$$

$$M_N = 0.71 * \{ 0.57 + \ln( 2.11 ) \}$$

$$\Rightarrow M_N = 0.71 * ( 0.57 + 0.74 ) = 0.93 V^{-1}$$

$$\text{Aynı zamanda } M_N = M_P, \quad w_N = 0.07 w_P$$

$$w_{Nwc} = w_N / 2 \Rightarrow w_{Nwc} = 0.035 w_P \quad w_{Pwc} = w_P / 4 = 0.25 w_P$$

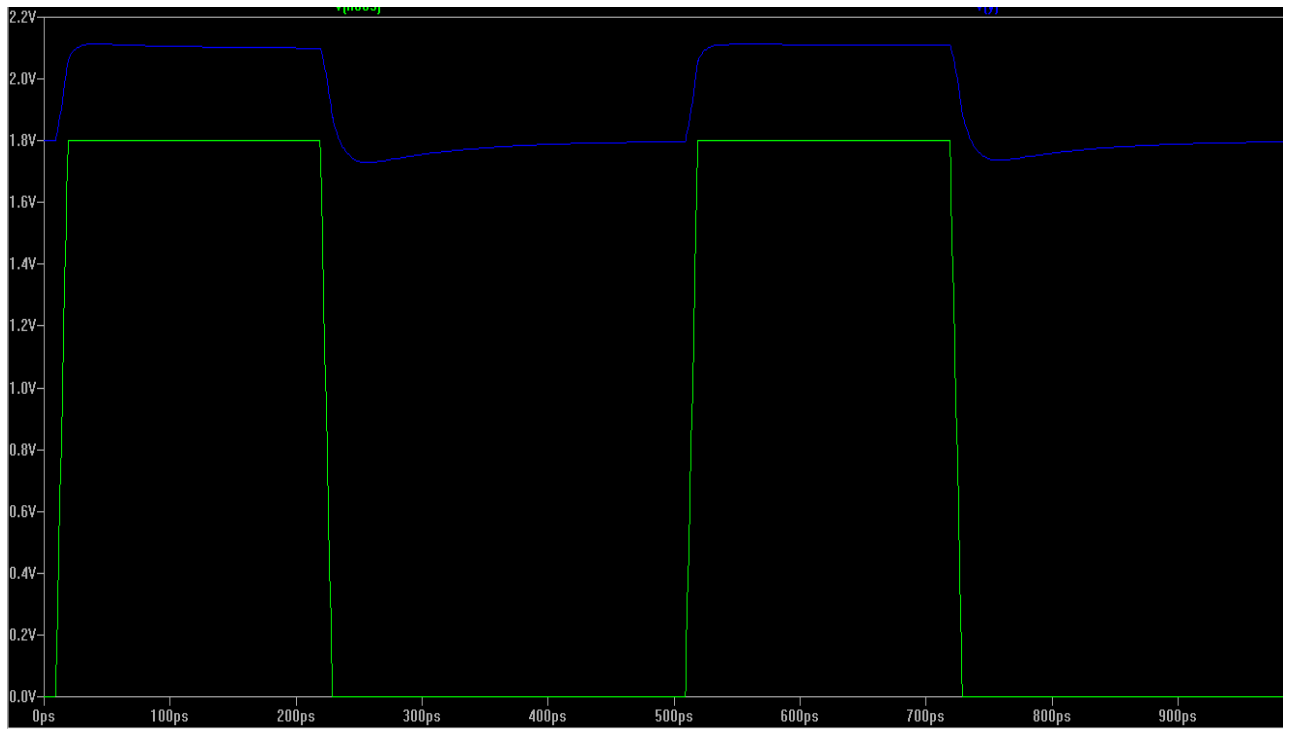
Bulunan  $M_N$  değeri yukarıdaki gecikme zamanı eşitliğinde yerine konursa;

$$100 * e^{-12} sn = \{ 10 * e^{-15} F * 0.18 e^{-6} m / 0.3 e^{-3} (A/V^2) * 0.035 w_P \} * 0.93 V^{-1} + \{ 10 * e^{-15} F * 0.18 e^{-6} m / 0.1 e^{-3} (A/V^2) * 0.25 w_P \} * 0.93 V^{-1}$$

$$1e-10s_n = \{ [ 1.8 \cdot e^{-21} / 0.0105 \cdot e^{-3} \cdot w_P (A/V^2) ] + [ 1.8 \cdot e^{-21} / 0.025 \cdot e^{-3} \cdot w_P (A/V^2) ] \} \cdot 0.93V^{-1}$$

Buradan gerekli  $w_P$  değeri,  $w_P = 2.26 \cdot e^{-6} m$  çıkmaktadır. Bu durumda  $w_N = 0.07w_P = 0.15 \cdot e^{-6} m$  bulunmaktadır.

LTSpice'da bulduğum parametreleri yerlerine koydum. En yavaş koşul için B ve C'ye kare dalgeler işaret verdim ve elde ettiğim çıkış aşağıda görüldüğü gibidir.



Şekilden de görüldüğü üzere ne yazık ki beklenen sonuç elde edilememiştir. Çıkış işareti Y sürekli olarak yüksek değerlerde ( $V_{DD}$ 'ye yakın) gözlemlenmiştir.

## Kaskatlı Devre

Gerçeklediğimiz devre en fazla 10fF sürebilmekte olup bu devreden 1nF sürebilmek istersek kaskat yapı kullanmamız gerekir. Bu kaskat yapıda toplam 'n' adet evirici art arda bağlanmalıdır ki n'in minimum değeri için;

$n = \ln ( C_L / C_{in1} ) = \ln ( 1e-9 F / 10e-15 F ) = 11.5 \rightarrow$  bu değerden büyük en büyük çift tamsayı '12' olduğu için  $n = 12$  seçilmiştir.

$C_{in1} = c_{ox} \cdot ( w_P + w_N ) \cdot L$  ki buradaki  $L = L_{min} = 0.18e-6 m$  değeridir.

$$C_{ox} = 8 \text{ fF} / \mu\text{m}^2;$$

$$C_{in1} = 10 \text{ fF} \text{ ise ve } w_P/w_N = (\mu_n / \mu_p)^{1/2} \Rightarrow w_P = 1.73 \cdot w_N$$

$$\Rightarrow 10 \text{ fF} = 8 \text{ fF} / \mu\text{m}^2 \cdot (2.73 \cdot w_N) \cdot 0.18 \text{ e-6 m} \Rightarrow w_N = 2.54 \text{ e-6 m}, w_P = 4.40 \text{ e-6 m}$$

Kaskatların geçişleri aralarındaki oran;

$$K = (C_L / C_{in1})^{1/n} = (1 \text{ e+5})^{1/12} = 2.60 = w_{Ni+1} / w_{Ni} = w_{Pi+1} / w_{Pi}$$

## Yorum

İkinci ödevde CMOS statik devre elemanlarını kullanarak bir tasarım yapmamız istendi. Ancak hem kağıt üzerinde teorik olarak tasarlanması hem de LTSpice (daha önceden hiçbir bilgimiz olmadan bundan ödev yapmak pek de kolay olmasa gerek) programında tasarlamamız beklenmesi ve bunları düzgünce bir rapor formatında vermemiz oldukça ama oldukça *uğraştırıcı* ve vakit harcatıcıydı. Zaten çoğu kısmını görüldüğü üzere yapamadım.