

CMOS

« Dessin » et règles de conception

Fonctionnement
Modélisation
Conception
Dessin des masques

Master IGIS, spécialité Microélectronique
Cours de R. Grisel

Présentation du cours

• Séances de cours :

- Principe de fonctionnement du transistor MOS.
- Modélisation du transistor MOS.
- Les circuits de base.
- Quelques circuits complexes.
- Techniques d'intégration.

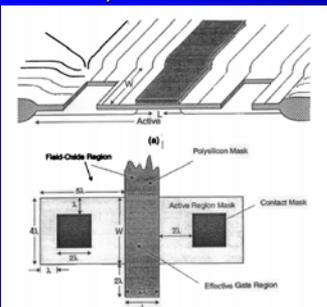
• Séances de TP :

- Modélisation, simulation, dessin (simplifié) inverseur
- Projet : amplificateur (si possible)

Introduction

- Dessin (« layout ») : Le concepteur ne dessine pas tous les masques, le couplage terminal graphique+outil de CAO permet une certaine « automatisation » voire une réutilisation complète de blocs ou macro-blocs.
- Les deux masques les plus importants concernent les régions actives et la grille (poly silicium). Leur intersection correspond au canal de conduction du MOS, la figure suivante donne une vue simplifiée d'un transistor MOS, où l'on retrouve les données caractéristiques W (Width) et L (Length). La quantité λ correspond à la moitié de la largeur minimum de L, ce qui permet une présentation des règles quel que soit L_{min} ($2 \times \lambda$). De manière implicite, et par sécurité le « worst case » pour l'alignement est généralement pris à $0,75 \times \lambda$. L'aire minimale d'une jonction avec un contact donne avec ces considérations $A_s=A_d= 5 \times \lambda \times W$ (I1) (voir la figure). Pour le périmètre de cette jonction avec contact on a $P_s=P_d= 10 \lambda + W$ (I2). Ces valeurs permettent d'estimer les capacités (mais ce ne sont que des estimations).

Vue simplifiée et partielle d'un transistor MOS et son « layout » (région active, polysilicium et contacts)

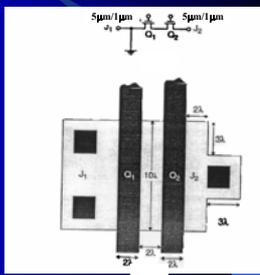


Minimisation des capacités

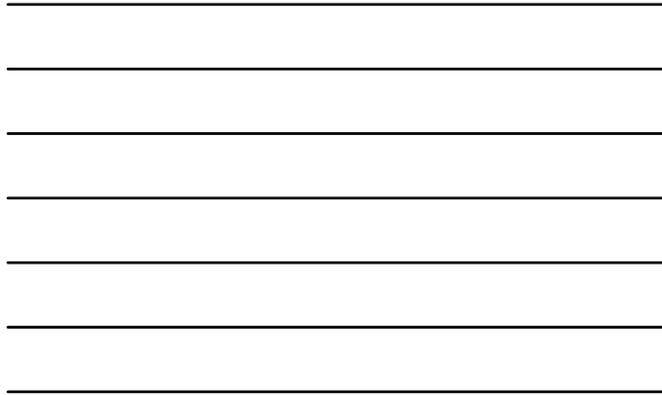
- Donnons l'exemple du circuit à 2 transistors de la figure suivante. Le layout peut être fait comme indiqué ci-dessous. Une seule jonction est utilisée entre les transistors Q1 et Q2, la surface, et le périmètre des

jonctions sont inférieurs en valeur à celles qui seraient données par les équations I1 et I2. Dans Spice, la surface et le périmètre doivent être surveillés (valeur pour 1 transistor et spécification de l'autre à 0 par exemple).

Si nous considérons $\lambda = 0,5 \mu\text{m}$, I1 et I2 donnent $A_s = A_d = 5(0,5)5 = 12,5 \mu\text{m}^2$ et $P_s = P_d = 10(0,5) + 1 \times 5 = 10 \mu\text{m}$, ces valeurs sont exactes pour la jonction J1. Pour J2, le périmètre est le même mais $A_s = 2 \lambda \cdot W + 12 \lambda^2 = 8 \mu\text{m}^2$.



- Mais la restriction à un seul point de contact n'est pas toujours possible dans la mesure où les contacts supplémentaires permettent de minimiser la résistance de contact.
- Si l'on considère maintenant la jonction partagée, la surface est donnée par $A_j = 2 \cdot \lambda \cdot W$ soit $5 \mu\text{m}^2$, et dans Spice il faudrait répartir par exemple ceci pour les 2 transistors, soit $2,5 \mu\text{m}^2$, ce qui est beaucoup moins que $12,5 \mu\text{m}^2$ le calcul du périmètre donne $7 \mu\text{m}$ à répartir pour 2 transistors soit $3,5 \mu\text{m}$ au lieu de 10.
- Tout ceci minimisant les capacités, l'étape d'identification des nœuds critiques et des minimisations possibles fait partie du métier de l'ingénieur de conception expérimenté. Une autre règle de dessin implicite est donné dans le schéma précédent, la région active de J2 est seulement à 2λ en limite de la grille, c'est une valeur typique pour ce cas.
- Les règles de dessin étant nombreuses, nous allons nous servir de l'exemple de l'inverseur pour en illustrer quelques autres relativement importantes.



Les étapes de dessin d'un transistor

- Technologie à substrat P (caisson N)
- NMOS :
 - 1) Rectangle de la zone de diffusion N+ (sa largeur donne le W)
 - 2) Rectangle de polysilicium sur la zone N+ (donne le L)
 - 3) Contacts métalliques des zones source et drain et liaison de la grille avec son environnement
- PMOS :
 - 1) Rectangle du caisson N (N-well)
 - 2) Rectangle de la zone de diffusion P+ (largeur donnera le W)
 - 3) Rectangle de poly silicium sur la zone P+ (donne le L)
 - 3) Contacts (métalliques et contact de liaison du caisson, au VDD dans le cas de l'inverseur).

Exercice
