

# ANÁLISIS Y DISEÑO DE CIRCUITOS INTEGRADOS DIGITALES A NIVEL FÍSICO

Autores:  
Almudena Lindoso  
Marta Portela  
Enrique San Millán  
Mario García  
Luis Entrena  
Celia López



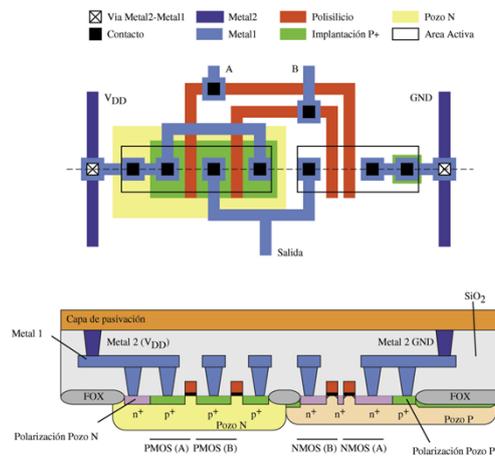
## ÍNDICE

- Máscaras necesarias para la fabricación de un circuito integrado CMOS.
  - Layout de una puerta NAND
  - Layout de un inversor
- Reglas de diseño
- Ejemplos

### Máscaras necesarias para la fabricación de un circuito integrado CMOS

- Las máscaras se utilizan para seleccionar las partes del silicio dónde se quieren aplicar los distintos procesos de las fases de fabricación.
- La representación gráfica de las máscaras necesarias en la fabricación de un circuito es el layout del circuito.
- Un layout se compone de rectángulos que representan las máscaras necesarias agrupadas por capas con las mismas características físicas (Sustratos y pozos, regiones de difusión, polisilicio, interconexiones metálicas y contactos y vías)

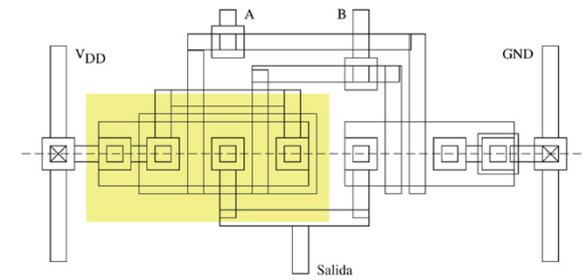
### Máscaras necesarias para la fabricación de un circuito integrado CMOS: puerta NAND



A. Rubio et al., "Diseño de circuitos y sistemas integrados" Ediciones UPC, 2003.

### Máscaras necesarias para la fabricación de un circuito integrado CMOS: puerta NAND

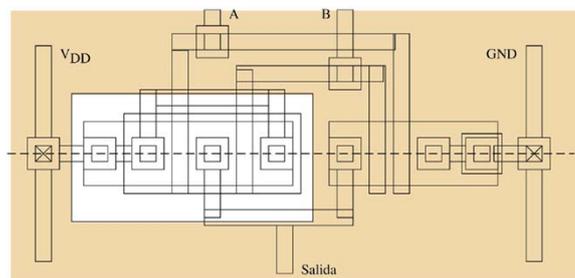
#### ■ Implantación de pozos N



A. Rubio et al., "Diseño de circuitos y sistemas integrados" Ediciones UPC, 2003.

### Máscaras necesarias para la fabricación de un circuito integrado CMOS: puerta NAND

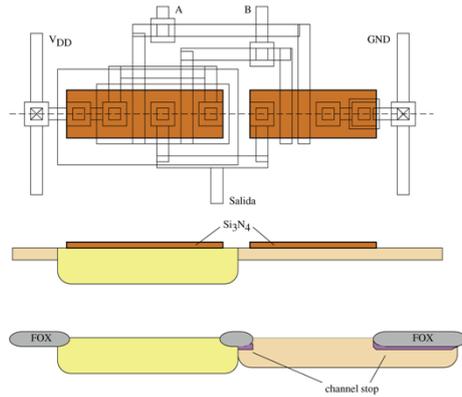
#### ■ Implantación de pozos P



A. Rubio et al., "Diseño de circuitos y sistemas integrados" Ediciones UPC, 2003.

**Máscaras necesarias para la fabricación de un circuito integrado CMOS: puerta NAND**

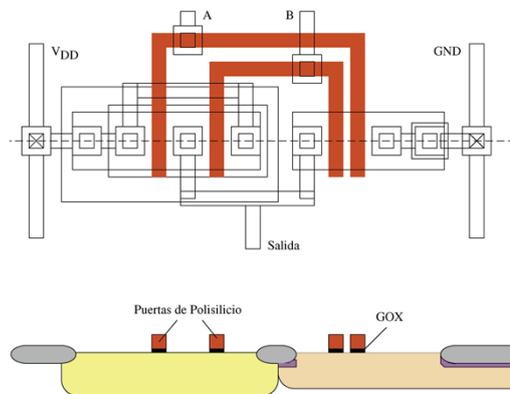
- Creación de la máscara para seleccionar las áreas activas y crecimiento de oxido grueso para aislar transistores



A. Rubio et al., "Diseño de circuitos y sistemas integrados" Ediciones UPC, 2003.

**Máscaras necesarias para la fabricación de un circuito integrado CMOS: puerta NAND**

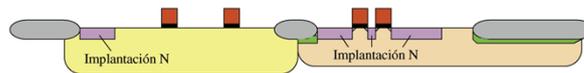
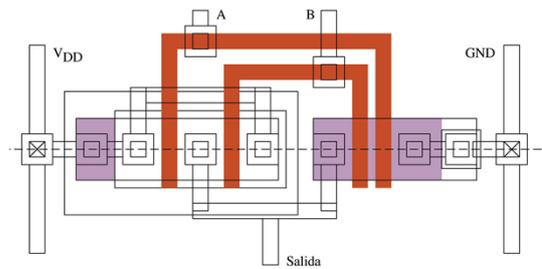
- Formación de las puertas con polisilicio



A. Rubio et al., "Diseño de circuitos y sistemas integrados" Ediciones UPC, 2003.

Máscaras necesarias para la fabricación de un circuito integrado CMOS: puerta NAND

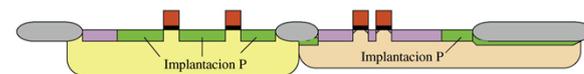
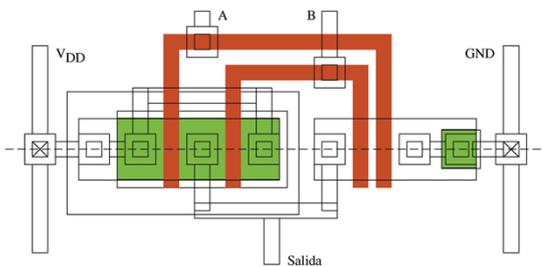
■ Implantación de dopantes N+



A. Rubio et al., "Diseño de circuitos y sistemas integrados" Ediciones UPC, 2003.

Máscaras necesarias para la fabricación de un circuito integrado CMOS: puerta NAND

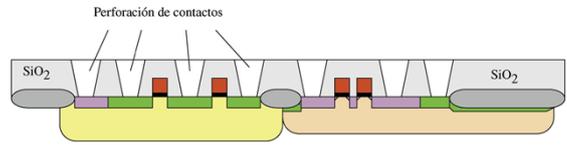
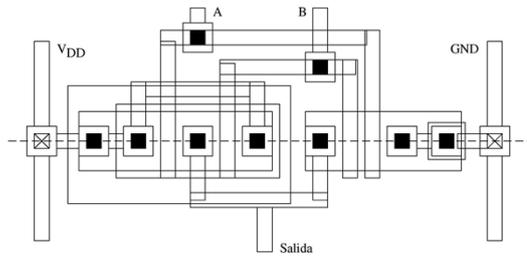
■ Implantación de dopantes P+



A. Rubio et al., "Diseño de circuitos y sistemas integrados" Ediciones UPC, 2003.

### Máscaras necesarias para la fabricación de un circuito integrado CMOS: puerta NAND

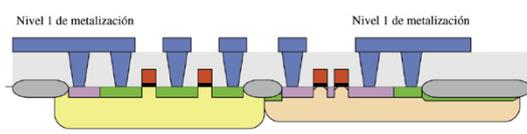
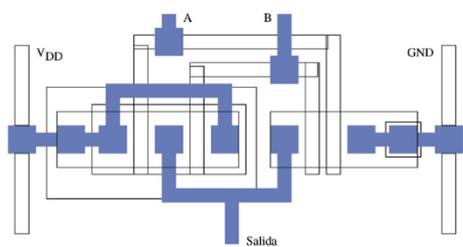
- Añadir aislante, dejando libre las zonas para realizar contactos



A. Rubio et al., "Diseño de circuitos y sistemas integrados" Ediciones UPC, 2003.

### Máscaras necesarias para la fabricación de un circuito integrado CMOS: puerta NAND

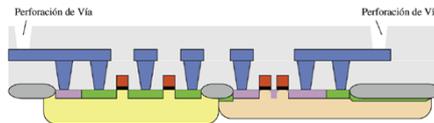
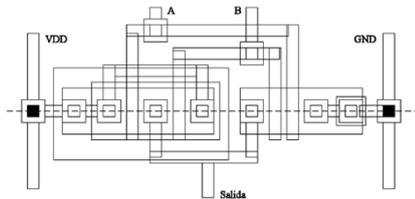
- Metalización: primer nivel



A. Rubio et al., "Diseño de circuitos y sistemas integrados" Ediciones UPC, 2003.

### Máscaras necesarias para la fabricación de un circuito integrado CMOS: puerta NAND

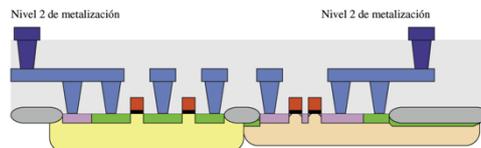
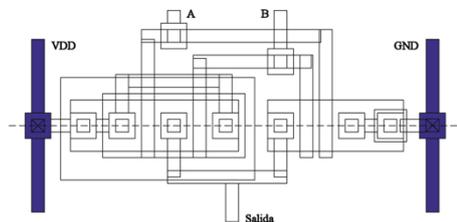
- Añadir aislante dejando libre las zonas para realizar las conexiones con otro nivel de metalización (vias)



A. Rubio et al., "Diseño de circuitos y sistemas integrados" Ediciones UPC, 2003.

### Máscaras necesarias para la fabricación de un circuito integrado CMOS: puerta NAND

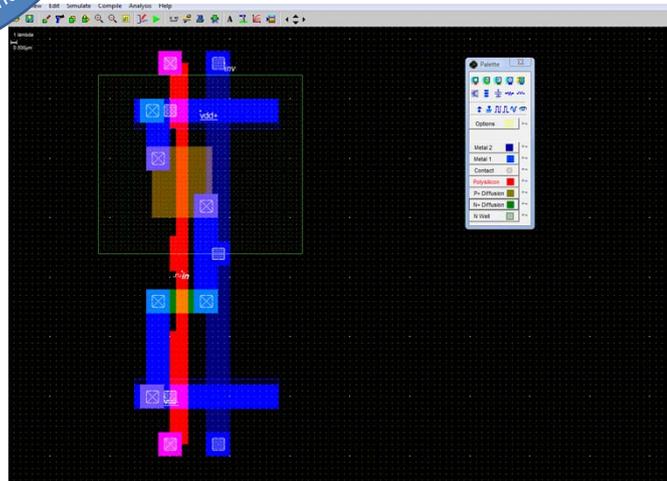
- Metalización: segundo nivel



A. Rubio et al., "Diseño de circuitos y sistemas integrados" Ediciones UPC, 2003.

## Máscaras necesarias para la fabricación de un circuito integrado CMOS: inversor

Microwind



## Reglas de diseño

- Establecen las reglas que permiten traducir el diseño del circuito a la geometría real correspondiente en Silicio.
- Un conjunto completo de reglas de diseño está compuesto por los siguientes elementos:
  - Conjunto de capas
  - Relaciones entre objetos situados en la misma capa
  - Relaciones entre objetos situados en distintas capas
- Imponen al diseñador restricciones geométricas

## Reglas de diseño

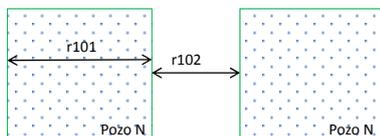
- Existen dos tipos:
  - Escalables.- Expresadas en función de un parámetro ( $\lambda$ )
    - Reglas adimensionales.
    - $2\lambda$  es la anchura mínima. Depende de la dimensión mínima de la máscara que puede ser transferida con seguridad al silicio. Determinada por la resolución del proceso de litografía.
    - Usadas en este curso (herramienta Microwind)
    - Para tecnologías menores a  $0.18\mu\text{m}$  el escalado no es lineal.
    - Representan el peor caso => diseños sobredimensionados
  - No escalables
    - Son las usadas en la industria

## Reglas de diseño

Microwind

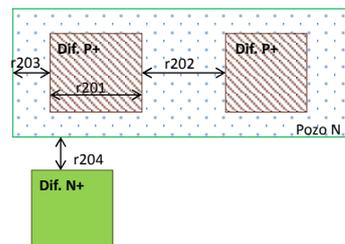
### ■ Fichero.rul

#### Pozo N



r101 → Tamaño mínimo de pozo  
r102 → Distancia mínima entre pozos

#### Difusión



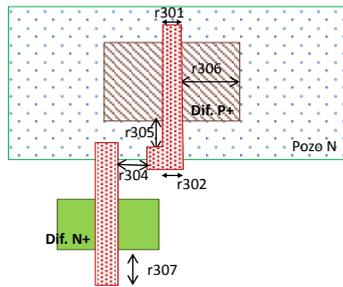
r201 → Tamaño mínimo de difusión P  
r202 → Distancia mínima entre difusiones P  
r203 → Pozo N después de la difusión P como mínimo  
r204 → Distancia mínima entre pozo N y difusión N

# Reglas de diseño

Microwind

## Fichero.rul

### Polisilicio



- r301 → Anchura mínima para polisilicio
- r302 → Anchura mínima para polisilicio sobre difusión (puerta)
- r304 → Distancia mínima entre dos polisilicios

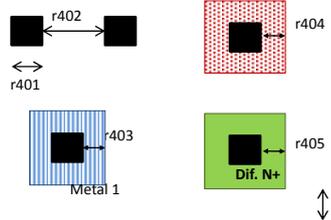
- r305 → Distancia mínima entre polisilicio y otra difusión
- r306 → Difusión después del polisilicio
- r307 → Extensión del polisilicio después de difusión

# Reglas de diseño

Microwind

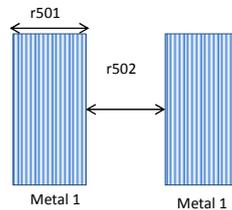
## Fichero.rul

### Contactos



- r401 → Anchura mínima de un contacto
- r402 → Distancia mínima entre dos contactos
- r403 → Metal extra después de un contacto
- r404 → Polisilicio extra después de un contacto
- r405 → Difusión extra después de un contacto

### Metal 1

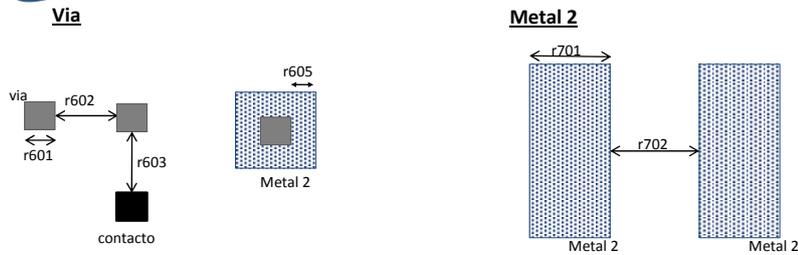


- r501 → Anchura mínima de metal 1
- r502 → Distancia mínima entre dos metales 1

# Reglas de diseño

Microwind

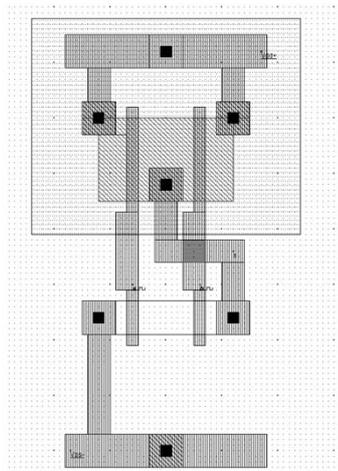
■ Fichero.rul



- r601 → Anchura mínima de una via
- r602 → Distancia mínima entre dos vias
- r603 → Distancia mínima entre via y contacto
- r604 → Metal 1 extra tras la via
- r605 → Metal 2 extra tras la via

- r701 → Anchura mínima de metal 2
- r702 → Distancia mínima entre dos metales 2

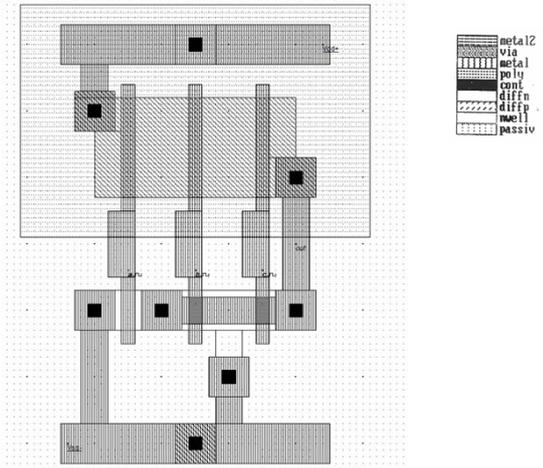
# Ejemplos



[Pattern]	metal2
[Pattern]	via
[Pattern]	metal
[Pattern]	poly
[Pattern]	cont
[Pattern]	diffn
[Pattern]	diffp
[Pattern]	metal
[Pattern]	passiv

NAND de 2 entradas

# Ejemplos



NOR de 3 entradas

# Ejemplos

