

12. Diseño de circuitos digitales con puertas NAND o NOR

Oliverio J. Santana Jaria

Sistemas Digitales
Ingeniería Técnica en Informática de Sistemas
Curso 2006 – 2007



UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS
DE GRAN CANARIA

Introducción

- ❑ Las puertas NAND y NOR son puertas universales, es decir, cualquier función lógica puede expresarse usando sólo puertas NAND o sólo puertas NOR
- ❑ Además, las puertas NAND y NOR son las más sencillas de construir, por lo que conviene expresar funciones lógicas en base a ellas
- ❑ Los objetivos de este tema son:
 - Describir cómo modificar una función lógica para permitir su implementación usando únicamente puertas NAND
 - Describir cómo modificar una función lógica para permitir su implementación usando únicamente puertas NOR

Estructura del tema

- Introducción

- Diseño de circuitos con puertas NAND

- Propiedad universal de las puertas NAND
- Conversión de funciones lógicas a productos negados
- Utilización de puertas NAND de dos entradas

- Diseño de circuitos con puertas NOR

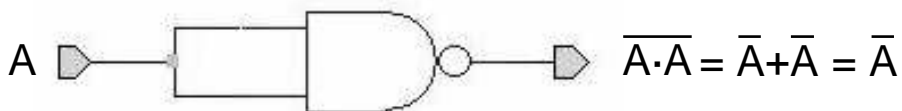
- Propiedad universal de las puertas NOR
- Conversión de funciones lógicas a sumas negadas
- Utilización de puertas NOR de dos entradas

- Resumen y bibliografía

La puerta universal NAND

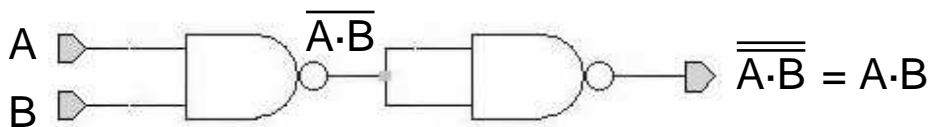
- La puerta NAND se considera una puerta universal porque puede utilizarse para generar el resto de las operaciones lógicas

- La operación lógica NOT equivale a una puerta NAND con las dos entradas conectadas a un mismo valor



La puerta universal NAND

- ❑ La puerta NAND se considera una puerta universal porque puede utilizarse para generar el resto de las operaciones lógicas
- ❑ La operación lógica AND equivale a una puerta NAND con la salida negada

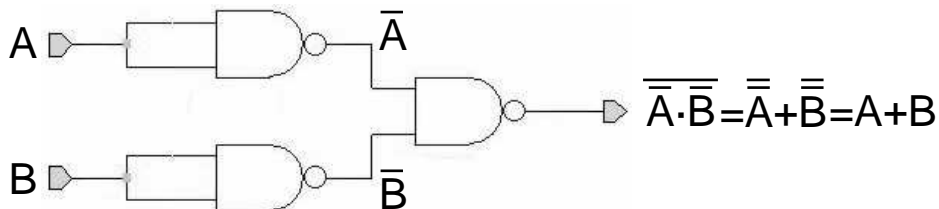


Diseño de circuitos digitales con puertas NAND o NOR

5

La puerta universal NAND

- ❑ La puerta NAND se considera una puerta universal porque puede utilizarse para generar el resto de las operaciones lógicas
- ❑ La operación lógica OR equivale a una puerta NAND con los valores de las dos entradas negados



Diseño de circuitos digitales con puertas NAND o NOR

6

Diseño de circuitos con puertas NAND

- ❑ Para convertir un término producto o un término suma en una operación NAND debemos aplicarle al término una doble negación
- ❑ En el caso de un término suma también será necesario aplicarle al término el segundo teorema de DeMorgan

$$A \cdot B = \overline{\overline{A \cdot B}}$$

$$A + B = \overline{\overline{A + B}} = \overline{\overline{A} \cdot \overline{B}}$$

Diseño de circuitos con puertas NAND

- ❑ Es posible implementar una expresión en forma de suma de productos usando únicamente puertas NAND

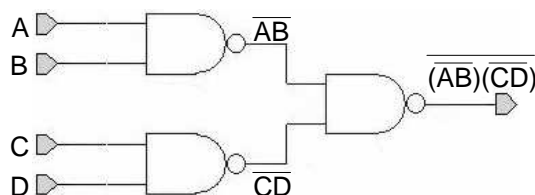
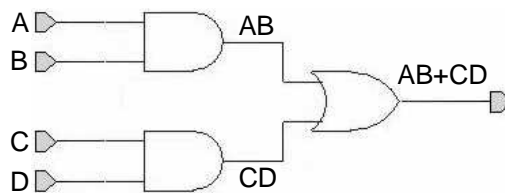
$$AB + CD$$

$$\overline{\overline{AB + CD}}$$

$$\overline{\overline{\overline{\overline{AB + CD}}}}$$

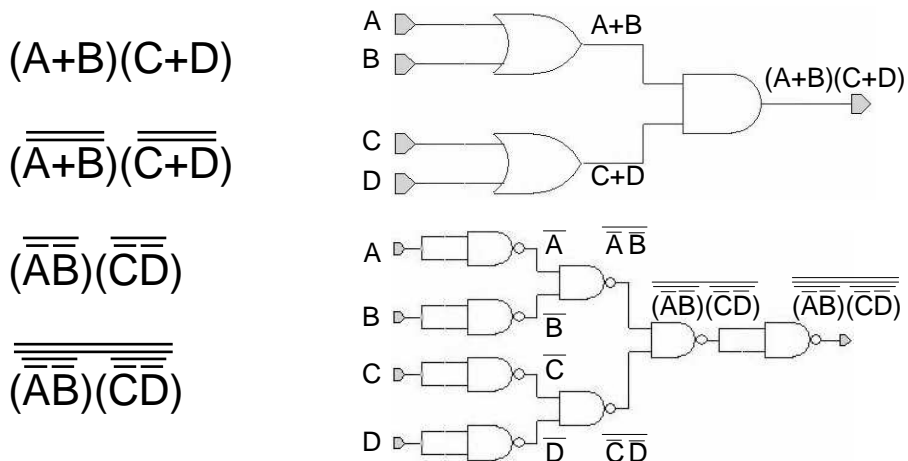
$$\overline{\overline{(\overline{AB})(\overline{CD})}}$$

$$\overline{(\overline{AB})(\overline{CD})}$$



Diseño de circuitos con puertas NAND

- Es posible implementar una expresión en forma de producto de sumas usando únicamente puertas NAND



Diseño de circuitos digitales con puertas NAND o NOR

9

Diseño de circuitos con puertas NAND

- Podría resultar interesante limitar el diseño de un circuito a puertas NAND de dos entradas, dado que son las más simples de implementar
- En caso de tener un término producto o un término suma con más de tres variables, habrá que hacer uso de la ley asociativa para asegurar que cada operador sólo actúa sobre dos variables
- Es importante tener en cuenta que la operación NAND no es asociativa, por lo que hay que aplicar la ley asociativa antes de traducir el circuito a puertas NAND

Diseño de circuitos digitales con puertas NAND o NOR

10

Diseño de circuitos con puertas NAND

- La ley asociativa puede aplicarse a los términos producto de una suma de productos

$$\bar{A} + BCD$$

$$\bar{A} + B(CD)$$

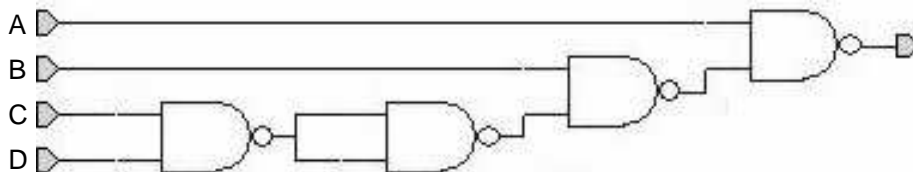
$$\bar{A} + B(\overline{\overline{CD}})$$

$$\bar{A} + \overline{\overline{\overline{\overline{B(CD)}}}}$$

$$\bar{A} + \overline{\overline{\overline{\overline{B(CD)}}}}$$

$$\bar{A}(\overline{\overline{\overline{\overline{B(CD)}}}})$$

$$\overline{\overline{\overline{\overline{A(B(CD))}}}}$$



Diseño de circuitos digitales con puertas NAND o NOR

11

Diseño de circuitos con puertas NAND

- La ley asociativa puede aplicarse a los términos suma de un producto de sumas

$$\bar{A}(B+C+D)$$

$$\bar{A}(B+(C+D))$$

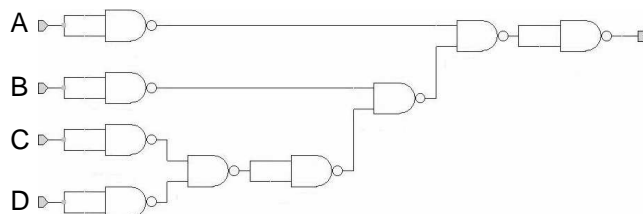
$$\bar{A}(B+(\overline{\overline{C+D}}))$$

$$\bar{A}(B+(\overline{\overline{CD}}))$$

$$\bar{A}(B+(\overline{\overline{CD}}))$$

$$\bar{A}(\overline{\overline{\overline{\overline{B(CD)}}}})$$

$$\overline{\overline{\overline{\overline{A(B(CD))}}}}$$



Diseño de circuitos digitales con puertas NAND o NOR

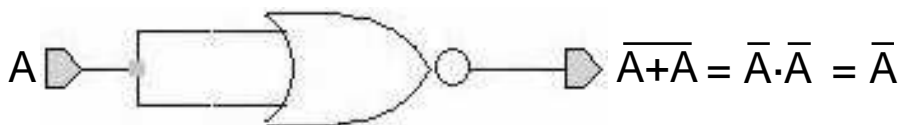
12

Estructura del tema

- Introducción
- Diseño de circuitos con puertas NAND
 - Propiedad universal de las puertas NAND
 - Conversión de funciones lógicas a productos negados
 - Utilización de puertas NAND de dos entradas
- Diseño de circuitos con puertas NOR
 - Propiedad universal de las puertas NOR
 - Conversión de funciones lógicas a sumas negadas
 - Utilización de puertas NOR de dos entradas
- Resumen y bibliografía

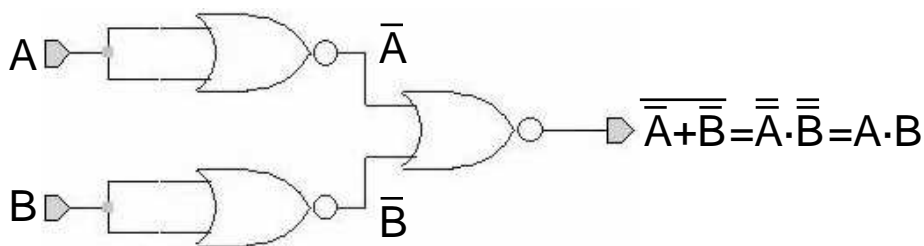
La puerta universal NOR

- La puerta NOR se considera una puerta universal porque puede utilizarse para generar el resto de las operaciones lógicas
- La operación lógica NOT equivale a una puerta NOR con las dos entradas conectadas a un mismo valor



La puerta universal NOR

- ❑ La puerta NOR se considera una puerta universal porque puede utilizarse para generar el resto de las operaciones lógicas
- ❑ La operación lógica AND equivale a una puerta NOR con los valores de las dos entradas negados

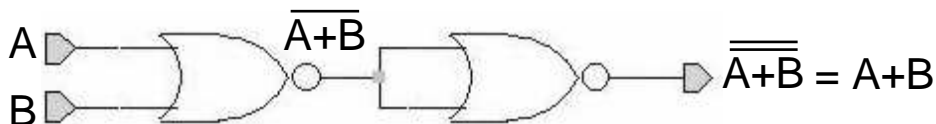


Diseño de circuitos digitales con puertas NAND o NOR

15

La puerta universal NOR

- ❑ La puerta NOR se considera una puerta universal porque puede utilizarse para generar el resto de las operaciones lógicas
- ❑ La operación lógica OR equivale a una puerta NOR con la salida negada



Diseño de circuitos digitales con puertas NAND o NOR

16

Diseño de circuitos con puertas NOR

- ❑ Para convertir un término producto o un término suma en una operación NOR debemos aplicarle al término una doble negación
- ❑ En el caso de un término producto también será necesario aplicarle el primer teorema de DeMorgan

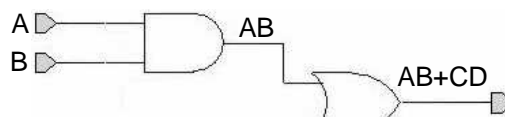
$$A+B = \overline{\overline{A+B}}$$

$$A \cdot B = \overline{\overline{A \cdot B}} = \overline{\overline{A} + \overline{B}}$$

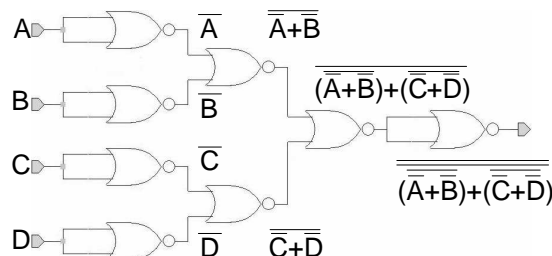
Diseño de circuitos con puertas NOR

- ❑ Es posible implementar una expresión en forma de suma de productos usando únicamente puertas NOR

$$AB + CD$$



$$\overline{\overline{A+B}} + \overline{\overline{C+D}}$$



$$\overline{\overline{\overline{\overline{A+B}}}} + \overline{\overline{\overline{\overline{C+D}}}}$$

$$\overline{\overline{\overline{\overline{\overline{\overline{\overline{A+B}}}}}}} + \overline{\overline{\overline{\overline{\overline{\overline{\overline{C+D}}}}}}}$$

Diseño de circuitos con puertas NOR

- ❑ Es posible implementar una expresión en forma de producto de sumas usando únicamente puertas NOR

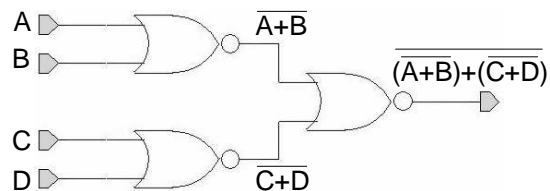
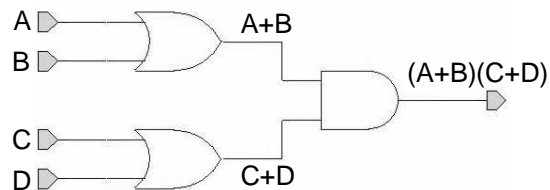
$$(A+B)(C+D)$$

$$\overline{\overline{(A+B)}\overline{(C+D)}}$$

$$\overline{\overline{\overline{(A+B)}\overline{(C+D)}}}$$

$$\overline{\overline{(A+B)}\overline{(C+D)}}$$

$$\overline{\overline{(A+B)}\overline{(C+D)}}$$



Diseño de circuitos con puertas NOR

- ❑ Podría resultar interesante limitar el diseño de un circuito a puertas NOR de dos entradas, dado que son las más simples de implementar
- ❑ En caso de tener un término producto o un término suma con más de tres variables, habrá que hacer uso de la ley asociativa para asegurar que cada operador sólo actúa sobre dos variables
- ❑ Es importante tener en cuenta que la operación NOR no es asociativa, por lo que hay que aplicar la ley asociativa antes de traducir el circuito a puertas NOR

Diseño de circuitos con puertas NOR

- La ley asociativa puede aplicarse a los términos producto de una suma de productos

$$\bar{A}+BCD$$

$$\bar{A}+B(CD)$$

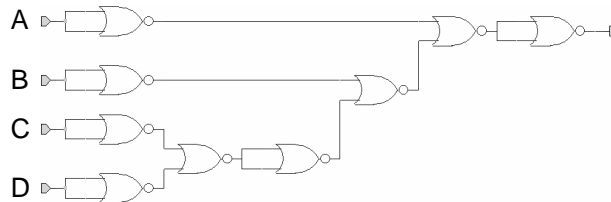
$$\bar{A}+B(\overline{\overline{CD}})$$

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

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

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

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



Diseño de circuitos digitales con puertas NAND o NOR

21

Diseño de circuitos con puertas NOR

- La ley asociativa puede aplicarse a los términos suma de un producto de sumas

$$\bar{A}(B+C+D)$$

$$\bar{A}(B+(C+D))$$

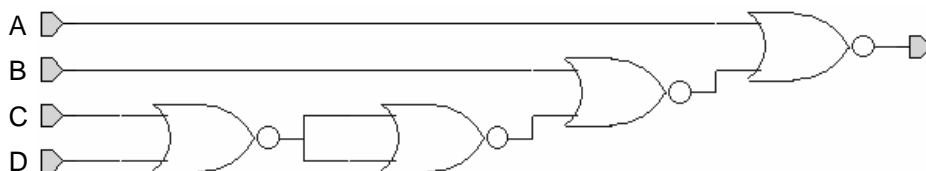
$$\bar{A}(B+(\overline{\overline{C+D}}))$$

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

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

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

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



Diseño de circuitos digitales con puertas NAND o NOR

22

Estructura del tema

- Introducción
- Diseño de circuitos con puertas NAND
 - Propiedad universal de las puertas NAND
 - Conversión de funciones lógicas a productos negados
 - Utilización de puertas NAND de dos entradas
- Diseño de circuitos con puertas NOR
 - Propiedad universal de las puertas NOR
 - Conversión de funciones lógicas a sumas negadas
 - Utilización de puertas NOR de dos entradas
- Resumen y bibliografía

Resumen

- Las puertas NAND y NOR son las más sencillas de construir, lo que significa que a los diseñadores de circuitos les interesa que las ecuaciones que los describan usen sólo una de estas operaciones
- Aplicando el álgebra de Boole, resulta fácil transformar la expresión minimizada de cualquier función lógica en una forma que sólo contenga productos negados (NAND) o sumas negadas (NOR)
- También es posible simplificar la función de forma que sólo use puertas NAND o NOR de dos entradas, que son las más sencillas posibles

Bibliografía

Fundamentos de Sistemas Digitales (7ª edición)

Capítulo 5
Thomas L. Floyd
Prentice Hall, 2000

Principios de Diseño Digital

Capítulo 4
Daniel D. Gajski
Prentice Hall, 1997

Sistemas Electrónicos Digitales

Capítulo 3
Enrique Mandado
Marcombo, 1991