

Instituto Tecnológico de Buenos Aires

22.13 ELECTRÓNICA III

Trabajo práctico N°1

Grupo 3

| | |
|------------------------------------|-------|
| MECHOULAM, Alan | 58438 |
| LAMBERTUCCI, Guido Enrique | 58009 |
| MARTORELL, Ariel | 56209 |
| LONDERO BONAPARTE, Tomás Guillermo | 58150 |

Profesor

DEWALD, Kevin

Presentado: /19

Introducción

Desarrollo de la experiencia

Ejercicio 1

Introducción

Se realizó un programa que calcula el rango y resolución de una convención dada de punto fijo. Se le debe pasar a este tres parámetros:

- Un 1 si se considera al número signado o un 0 si se lo considera no signado.
- Cantidad de bits de la parte entera.
- Cantidad de bits de la parte fraccionaria.

En aquel respectivo orden. Ante cualquier entrada que sea considerada como un error, se imprime un mensaje de “ERROR” por consola. Ante una entrada válida, imprime el rango y resolución calculado.

Consideraciones

A continuación se detallan las consideraciones tomadas junto al análisis realizado de cada caso:

- **Argumento faltante:** Se consideró como un error la falta de un argumento por más que se pueda optar por igualar al faltante a cero, ya que las instrucciones dentro del archivo son claras.
- **Argumento adicional:** No se puede realizar nada con un argumento adicional por lo que se lo considero como un error.
- **Limitaciones al primer argumento:** El primer argumento adjudica si el programa considerará la convención signada o no signada, por esta razón puede tomar solamente dos valores, 1 o 0. Cualquier otro valor será un error.
- **Límite inferior de argumento:** Se consideró por fijar un límite inferior a los argumentos igual a 0, ya que valores negativos carecían de sentido.
- **Límite superior de argumento:** Por más que incluyendo ciertos paquetes de python al script, la posibilidad de tener números muy pequeños o muy grandes está limitado por la cantidad de memoria disponible, se optó por fijar un límite superior ya que el exponente del número normalizado más grande (o más pequeño, siendo el exponente negativo) es de 308. Por esta razón se eligió un límite superior de 1023 ya que $2^{1023} \approx 9e + 307$.
- **Argumento no numérico:** No se realizará ningún tipo de conversión de letra a número, por lo que se considerará error cualquier entrada no numérica.

Ejercicio 2

Dadas las siguientes expresiones:

$$f(e, d, c, b, a) = \sum m(0, 2, 4, 7, 8, 10, 12, 16, 18, 20, 23, 24, 25, 26, 27, 28) \quad (1)$$

$$f(d, c, b, a) = \prod (M_0, M_2, M_4, M_7, M_8, M_{10}, M_{12}) \quad (2)$$

se procede a hallar la mínima expresión posible para ambas, usando tanto álgebra booleana, como mapas de Karnaugh. Escribiendo la expresión (1) en forma de minterminos se obtiene:

$$f(e, d, c, b, a) = \bar{e}\bar{d}\bar{c}\bar{b}\bar{a} + \bar{e}\bar{d}\bar{c}b\bar{a} + \bar{e}\bar{d}\bar{c}b\bar{a} + \bar{e}\bar{d}\bar{c}ba + \bar{e}d\bar{c}\bar{b}\bar{a} + \bar{e}d\bar{c}b\bar{a} + \bar{e}d\bar{c}b\bar{a} + \bar{e}d\bar{c}ba + \bar{e}d\bar{c}b\bar{a} + \bar{e}d\bar{c}ba + \bar{e}d\bar{c}ba + \bar{e}d\bar{c}ba + \bar{e}d\bar{c}ba + \bar{e}d\bar{c}ba + \bar{e}d\bar{c}ba$$

Su desarrollo utilizando álgebra booleana es el siguiente:

$$\begin{aligned} f(e, d, c, b, a) &= \underbrace{\bar{e}\bar{d}\bar{c}\bar{b}\bar{a} + \bar{e}\bar{d}\bar{c}b\bar{a}}_{\bar{e}\bar{d}\bar{c}\bar{a}} + \underbrace{\bar{e}\bar{d}\bar{c}b\bar{a} + \bar{e}\bar{d}\bar{c}ba}_{\bar{e}\bar{d}\bar{b}\bar{a}} + \underbrace{\bar{e}d\bar{c}\bar{b}\bar{a} + \bar{e}d\bar{c}b\bar{a}}_{\bar{e}d\bar{c}\bar{a}} + \underbrace{\bar{e}d\bar{c}b\bar{a} + \bar{e}d\bar{c}ba}_{\bar{e}d\bar{c}b} + \\ &\quad \underbrace{\bar{e}d\bar{c}\bar{b}\bar{a} + \bar{e}d\bar{c}b\bar{a}}_{\bar{e}d\bar{c}\bar{a}} + \underbrace{\bar{e}d\bar{c}b\bar{a} + \bar{e}d\bar{c}ba}_{\bar{e}d\bar{b}\bar{a}} + \underbrace{\bar{e}d\bar{c}b\bar{a} + \bar{e}d\bar{c}ba}_{\bar{e}d\bar{c}b} + \underbrace{\bar{e}d\bar{c}b\bar{a} + \bar{e}d\bar{c}ba}_{\bar{e}d\bar{c}b} + \\ &\quad \underbrace{\bar{e}d\bar{c}\bar{b}\bar{a} + \bar{e}d\bar{c}b\bar{a}}_{\bar{e}d\bar{c}\bar{a}} + \underbrace{\bar{e}d\bar{c}b\bar{a} + \bar{e}d\bar{c}ba}_{\bar{e}d\bar{c}b} + \underbrace{\bar{e}d\bar{c}b\bar{a} + \bar{e}d\bar{c}ba}_{\bar{e}d\bar{c}b} + \underbrace{\bar{e}d\bar{c}b\bar{a} + \bar{e}d\bar{c}ba}_{\bar{e}d\bar{c}b} = \\ &\quad \underbrace{\bar{e}d\bar{c}\bar{b}\bar{a} + \bar{e}d\bar{c}b\bar{a}}_{\bar{e}d\bar{c}\bar{a}} + \underbrace{\bar{e}d\bar{c}b\bar{a} + \bar{e}d\bar{c}ba}_{\bar{e}d\bar{c}b} + \underbrace{\bar{e}d\bar{c}b\bar{a} + \bar{e}d\bar{c}ba}_{\bar{e}d\bar{c}b} + \underbrace{\bar{e}d\bar{c}b\bar{a} + \bar{e}d\bar{c}ba}_{\bar{e}d\bar{c}b} = \end{aligned}$$

De la anterior expresión, reordenando se consigue:

$$\begin{aligned} f(e, d, c, b, a) &= \underbrace{\bar{e}\bar{d}\bar{c}\bar{b}\bar{a} + \bar{e}\bar{d}\bar{c}\bar{a}}_{\bar{e}\bar{d}\bar{c}\bar{a}} + \underbrace{\bar{e}\bar{d}\bar{b}\bar{a} + \bar{e}\bar{d}b\bar{a}}_{\bar{e}\bar{d}b\bar{a}} + \bar{d}c\bar{b}\bar{a} + \bar{e}d\bar{c}\bar{b} + \underbrace{\bar{d}\bar{c}b\bar{a} + d\bar{c}b\bar{a}}_{\bar{c}b\bar{a}} + \\ &\quad \underbrace{\bar{e}d\bar{c}\bar{a} + \bar{e}d\bar{c}a}_{\bar{e}d\bar{c}} + \underbrace{\bar{e}d\bar{c}\bar{a} + \bar{e}d\bar{c}a}_{\bar{e}d\bar{c}} \\ f(e, d, c, b, a) &= \underbrace{\bar{d}\bar{c}\bar{a} + d\bar{c}\bar{a}}_{\bar{c}\bar{a}} + \underbrace{\bar{e}d\bar{c} + \bar{e}d\bar{c}b}_{\bar{e}d\bar{c}} + \bar{d}c\bar{b}\bar{a} + \bar{e}\bar{b}\bar{a} + \bar{c}b\bar{a} \end{aligned}$$

teniendo en cuenta que

$$\bar{c}\bar{b}\bar{a} = \bar{e}\bar{c}\bar{b}\bar{a} + \bar{e}\bar{c}b\bar{a} + \bar{e}\bar{c}b\bar{a}$$

$$\bar{e}\bar{b}\bar{a} = \bar{e}\bar{c}\bar{b}\bar{a} + \bar{e}\bar{c}b\bar{a} + \bar{e}\bar{c}b\bar{a}$$

$$\underbrace{\bar{e}\bar{b}\bar{a} + \bar{e}\bar{c}b\bar{a}}_{\bar{b}\bar{a}} \quad \underbrace{\bar{c}\bar{b}\bar{a} + \bar{e}\bar{c}b\bar{a}}_{\bar{b}\bar{a}} \\ \underbrace{\qquad\qquad\qquad}_{\bar{b}\bar{a}}$$

se llega a la expresión

$$f(e, d, c, b, a) = \bar{b}ac\bar{d} + \bar{e}d\bar{c} + \bar{c}\bar{a} + \bar{b}\bar{a} \quad (3)$$

Por otro lado, utilizando mapas de Karnaugh se consigue el siguiente gráfico:

| | | | | | |
|----|----|----|----|----|----|
| | | ba | | | |
| | | 00 | 01 | 11 | 10 |
| dc | 00 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| | 01 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| | 11 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| | 10 | 1 | 0 | 0 | 1 |

$$e = 0$$

| | | | | | |
|----|----|----|----|----|----|
| | | ba | | | |
| | | 00 | 01 | 11 | 10 |
| dc | 00 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| | 01 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| | 11 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| | 10 | 1 | 1 | 1 | 1 |

$$e = 1$$

Tabla 1: Mapa de Karnaugh de la expresión (1).

En este se pueden observar 4 grupos distintos:

1. Compuesto por los casilleros 0, 4, 8, 12, 16, 20, 24 y 28, obteniéndose la expresión $ba\bar{d}c$;
2. Compuesto por los casilleros 7 y 23, obteniéndose la expresión $ed\bar{c}$;
3. Compuesto por los casilleros 0, 2, 8, 10, 16, 18, 24 y 26, obteniéndose la expresión $\bar{c}\bar{a}$;
4. Compuesto por los casilleros 24, 25, 26 y 27, obteniéndose la expresión $\bar{b}\bar{a}$

de esta forma se llega a la expresión:

$$f(e, d, c, b, a) = ba\bar{d}c + ed\bar{c} + \bar{c}\bar{a} + \bar{b}\bar{a}$$

la cual coincide con la ecuación (3). De esta forma se representa, mediante un circuito de compuertas lógicas, la formula hallada.

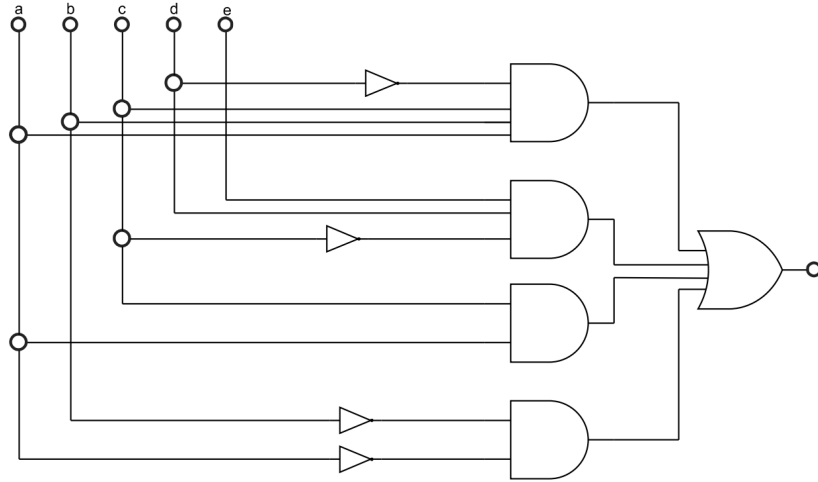


Figura 1: Circuito resultante de simplificar la expresión (1).

Luego se dedujo una expresión para escribirlo con compuertas **NOR**.

$$f(e, d, c, b, a) = \overline{\overline{b} \overline{a} d c} + \overline{\overline{e} d \overline{c}} + \overline{\overline{c} \overline{a}} + \overline{\overline{b} \overline{a}}$$

$$f(e, d, c, b, a) = \overline{\overline{\overline{b} + \overline{a} + d + \overline{c} + \overline{e} + \overline{d} + c + \overline{c} + \overline{a} + \overline{b} + a}}$$

Al desarrollo anterior le corresponde el siguiente circuito:

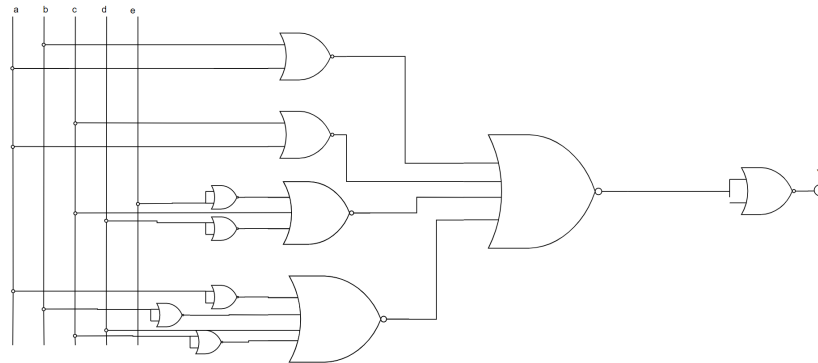


Figura 2: Circuito unicamente con NOR.

Por otro lado, la expresión (2) se escribe en forma de maxterminos:

$$f(d, c, b, a) = (a + b + c + d) \cdot (a + \overline{b} + c + d) \cdot (a + b + \overline{c} + d) \cdot (\overline{a} + \overline{b} + \overline{c} + d) \cdot (a + b + c + \overline{d}) \cdot (a + \overline{b} + c + \overline{d}) \cdot (a + b + \overline{c} + \overline{d})$$

A su vez, esta puede ser expresada como

$$f(d, c, b, a) = \overline{a} \overline{b} \overline{c} \overline{d} + \overline{a} \overline{b} c \overline{d} + \overline{a} b \overline{c} \overline{d} + \overline{a} b c \overline{d} + a \overline{b} \overline{c} \overline{d} + a \overline{b} c \overline{d} + a b \overline{c} \overline{d} + a b c \overline{d}$$

Su desarrollo utilizando álgebra booleana es el siguiente:

$$f(d, c, b, a) = \underbrace{a\bar{b}\bar{c}\bar{d} + ab\bar{c}\bar{d}}_{a\bar{c}\bar{d}} + \underbrace{a\bar{b}c\bar{d} + abcd}_{a\bar{b}c} + \underbrace{a\bar{b}\bar{c}d + ab\bar{c}d}_{a\bar{c}d} + \underbrace{a\bar{b}cd + abcd}_{a\bar{b}c}$$

$$f(d, c, b, a) = \bar{a}bc + \underbrace{a\bar{c}\bar{d} + a\bar{c}d}_{a\bar{c}} + \bar{a}bc + \underbrace{abcd + ab\bar{c}d}_{abd} + \underbrace{a\bar{b}\bar{c}\bar{d} + a\bar{b}\bar{c}d}_{a\bar{b}\bar{c}}$$

$$f(d, c, b, a) = a\bar{c} + \bar{a}bc + abd + \underbrace{a\bar{b}\bar{c} + a\bar{b}c}_{a\bar{b}}$$

$$f(d, c, b, a) = a\bar{c} + \bar{a}bc + abd + a\bar{b} = a\bar{c} + \bar{a}bc + a(\bar{b} + bd) = a\bar{c} + \bar{a}bc + a(\bar{b} + d)$$

Luego,

$$f(d, c, b, a) = a\bar{c} + \bar{a}bc + a\bar{b} + ad \quad (4)$$

Luego, usando mapas de Karnaugh, se obtiene lo siguiente:

| | | | | |
|---------|----|----|----|----|
| ba \ dc | 00 | 01 | 11 | 10 |
| | 00 | 0 | 1 | 1 |
| | 01 | 0 | 1 | 0 |
| | 11 | 0 | 1 | 1 |
| | 10 | 0 | 1 | 1 |

Tabla 2: Mapa de Karnaugh de la expresión (2).

En esta se pueden observar 3 grupos:

1. Compuesto por los casilleros 6 y 14, obteniéndose la expresión $\bar{a}bc$;
2. Compuesto por los casilleros 9, 11, 13 y 15, obteniéndose la expresión ad ;
3. Compuesto por los casilleros 1, 3, 9 y 11, obteniéndose la expresión $a\bar{c}$;
4. Compuesto por los casilleros 1, 5, 9 y 13, obteniéndose la expresión $a\bar{b}$

obteniendo finalmente la expresión:

$$f(d, c, b, a) = \bar{a}bc + ad + a\bar{c} + a\bar{b} \quad (5)$$

coincidente con la ecuación (4). Por último, se utiliza dicha formula dicha para elaborar un circuito de compuertas lógicas que la represente.

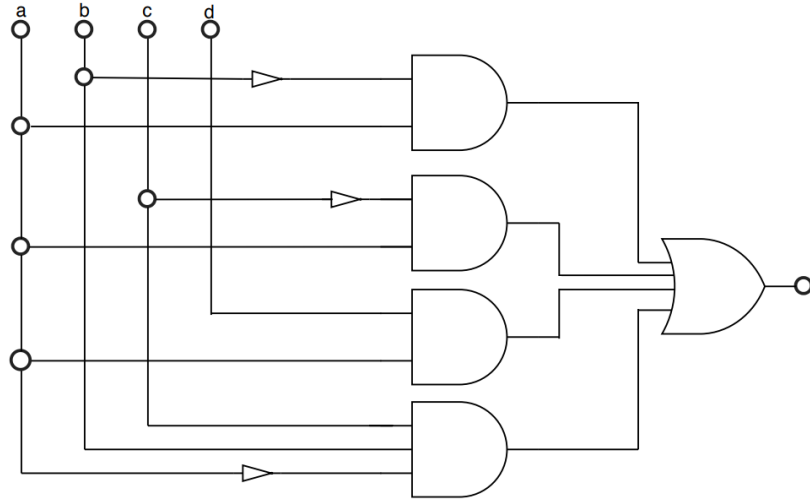


Figura 3: Circuito resultante de simplificar la expresión (2).

Luego se dedujo una expresión para escribirlo con compuertas **NOR**

$$f(d, c, b, a) = \overline{\overline{a}bc} + \overline{a\overline{d}} + \overline{a\overline{c}} + \overline{a\overline{b}}$$

$$f(d, c, b, a) = \overline{(\overline{a} + c)} + \overline{(a + \overline{b} + \overline{c})} + \overline{(\overline{a} + b)} + \overline{(\overline{a} + d)}$$

a la cual le corresponde el siguiente circuito.

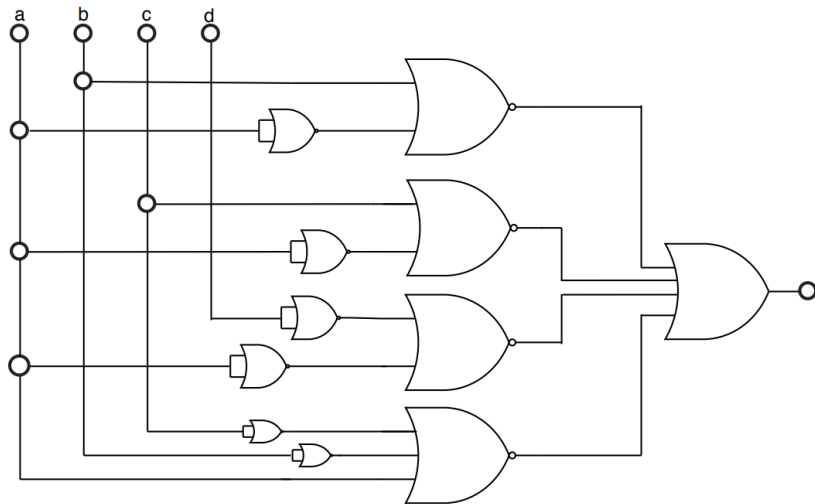


Figura 4: Circuito únicamente con compuertas NOR.

Ejercicio 3**Ejercicio 4**

En este punto se pidió armar un circuito que dados 4 bits de entrada en binario lo transforme a código de Gray se armo la tabla de verdad

| d | c | b | a | m_{ij} | y_4 | y_3 | y_2 | y_1 |
|-----|-----|-----|-----|----------|-------|-------|-------|-------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | m_{i0} | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | m_{i1} | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | m_{i2} | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | m_{i3} | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | m_{i4} | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | m_{i5} | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | m_{i6} | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | m_{i7} | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | m_{i8} | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | m_{i9} | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 0 | m_{iA} | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | m_{iB} | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | m_{iC} | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 1 | m_{iD} | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 0 | m_{iE} | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | m_{iF} | 1 | 0 | 0 | 0 |

Se procede a escribir cada bit de salida en función de los minterminos:

$$y_4 = \sum_{j=8}^F m_{4j} ; y_3 = \sum_{j=4}^B m_{3j} ; y_2 = \sum_{j=2}^5 m_{2j} + \sum_{j=A}^D m_{2j} ;$$

$$y_1 = m_{11} + m_{12} + m_{15} + m_{16} + m_{19} + m_{1A} + m_{1D} + m_{1E}$$

luego para llegar a la forma simplificada se hizo el mapa de Karnaugh de cada salida:

| | | | | | |
|----|----|----|----|----|----|
| | | ba | | | |
| | | 00 | 01 | 11 | 10 |
| dc | 00 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 01 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 11 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | 10 | 1 | 1 | 1 | 1 |

Tabla 3: Mapa de Karnaugh del bit y_4 de salida.

Se puede ver que $y_4 = d$ del segundo bit:

| dc \ ba | ba | | | |
|---------|----|----|----|----|
| | 00 | 01 | 11 | 10 |
| 00 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 01 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 11 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | 1 | 1 | 1 | 1 |

Tabla 4: Mapa de Karnaugh del bit y3 de salida.

De aqui

$$y_3 = \bar{d}c + d\bar{c}$$

continuando para la siguiente salida:

| dc \ ba | ba | | | |
|---------|----|----|----|----|
| | 00 | 01 | 11 | 10 |
| 00 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 01 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 11 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 10 | 0 | 0 | 1 | 1 |

Tabla 5: Mapa de Karnaugh del bit y2 de salida.

De aqui

$$y_2 = \bar{c}b + c\bar{b}$$

continuando para la ultima salida:

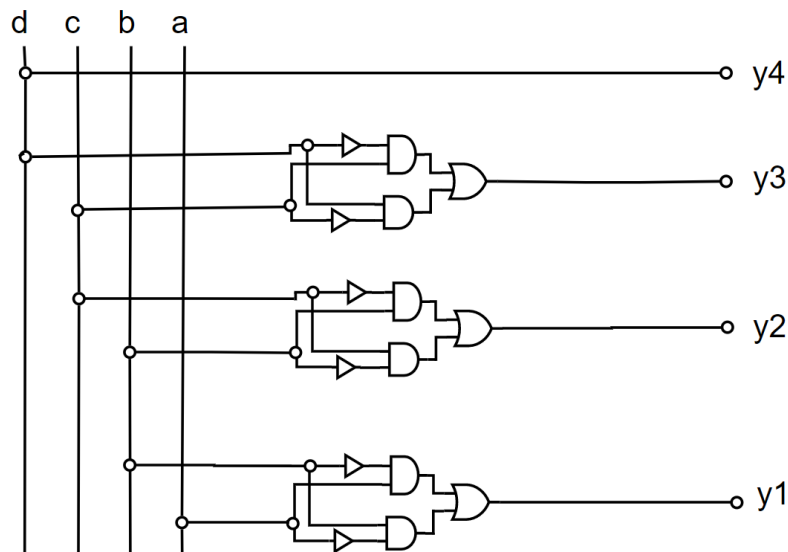
| | | ba | | | |
|----|----|----|----|----|----|
| | | 00 | 01 | 11 | 10 |
| dc | 00 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| | 01 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| | 11 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| | 10 | 0 | 1 | 0 | 1 |

Tabla 6: Mapa de Karnaugh del bit y1 de salida.

Finalmente se obtiene:

$$y_1 = \bar{b}a + \bar{a}b$$

Luego se armó el circuito únicamente utilizando compuertas **OR**, **AND** y **NOT**



Finalmente se implementó en verilog un módulo que realiza la conversión de binario a código de gray utilizando la configuración de compuertas de la y una test bench que prueba todos los casos posibles.

Ejercicio 5

En este punto se implementa un módulo en verilog, que reciba dos números en formato **BCD** y devuelva su producto como dos números en el mismo formato. A lo largo de la implementación, se presentaron diversas complicaciones, como por ejemplo, determinar el scope que poseen las variables, que bloques dentro de un módulo pueden tomar un set de líneas de manera procedural y

como relacionar un modulo con otro. Luego de haber implementado el código, se procedió a realizar un test-bench, el cual prueba todos los casos posibles que puedan ser recibidos como input por el modulo.

SUPONGO QUE HABRÁ QUE ESCRIBIR MEJOR ESTO