



Problemas Hoja 3:

Implementación de sistemas combinatoriales

Fernando Castro Rodríguez

*Dpto. Arquitectura de Computadores y Automática
Universidad Complutense de Madrid*





Ejercicio 1 Implementar, con el menor nº de puertas NAND, un mecanismo de una máquina de cambio de monedas



I: tipo de moneda introducida: 0.20, 0.50, 1 y 2 €
 T: tipo de moneda que se desea obtener: 0.05, 0.10, 0.20 y 0.50 €
 E: error, la operación no se puede hacer
 N: nº de monedas que debe entregar la máquina

Nº de monedas que es posible entregar como cambio

- De 0.05 €: 4, 10, 20, 40
 - De 0.10 €: 2, 5, 10, 20
 - De 0.20 €: 5, 10
 - De 0.50 €: 2, 4
- ➔ 6 valores posibles distintos:
 2, 4, 5, 10, 20 y 40
 ➔ 3 bits necesita la señal N

Codificación señal I

	I1	I0
0.20	0	0
0.50	0	1
1	1	0
2	1	1

Codificación señal T

	T1	T0
0.05	0	0
0.10	0	1
0.20	1	0
0.50	1	1

Codificación señal N

	N2	N1	N0
2	0	0	0
4	0	0	1
5	0	1	0
10	0	1	1
20	1	0	0
40	1	0	1

I1	I0	T1	T0	E	N2	N1	N0
0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	1	0	0	0	0
0	0	1	0	1	-	-	-
0	0	1	1	1	-	-	-
0	1	0	0	0	0	1	1
0	1	0	1	0	0	1	0
0	1	1	0	1	-	-	-
0	1	1	1	1	-	-	-
1	0	0	0	0	1	0	0
1	0	0	1	0	0	1	1
1	0	1	0	0	0	1	0
1	0	1	1	0	0	0	0
1	1	0	0	0	1	0	1
1	1	0	1	0	1	0	0
1	1	1	0	0	0	1	1
1	1	1	1	0	0	0	1

Introduzco 0.20, quiero de 0.05 → salen 4 monedas

Introduzco 0.20, quiero de 0.10 → salen 2 monedas

Introduzco 0.20, quiero de 0.20 → ERROR

Introduzco 0.20, quiero de 0.50 → ERROR

Introduzco 0.50, quiero de 0.05 → salen 10 monedas

Introduzco 0.50, quiero de 0.10 → salen 5 monedas

Introduzco 0.50, quiero de 0.20 → ERROR

Introduzco 0.50, quiero de 0.50 → ERROR

Introduzco 1, quiero de 0.05 → salen 20 monedas

Introduzco 1, quiero de 0.10 → salen 10 monedas

Introduzco 1, quiero de 0.20 → salen 5 monedas

Introduzco 1, quiero de 0.50 → salen 2 monedas

Introduzco 2, quiero de 0.05 → salen 40 monedas

Introduzco 2, quiero de 0.10 → salen 20 monedas

Introduzco 2, quiero de 0.20 → salen 10 monedas

Introduzco 2, quiero de 0.50 → salen 4 monedas

	I1	I0
0.20	0	0
0.50	0	1
1	1	0
2	1	1

	T1	T0
0.05	0	0
0.10	0	1
0.20	1	0
0.50	1	1

	N2	N1	N0
2	0	0	0
4	0	0	1
5	0	1	0
10	0	1	1
20	1	0	0
40	1	0	1





E

		T1 T0			
		00	01	11	10
11	10			X	X
	00			X	X
	01				
	11				
	10				

$E = \overline{I1}T1$

N2

		T1 T0			
		00	01	11	10
11	10			--	--
	00			--	--
	01				
	11	X	X		
	10	X			

$N2 = I1I0\overline{T1} + I1\overline{T1}T0$

N1

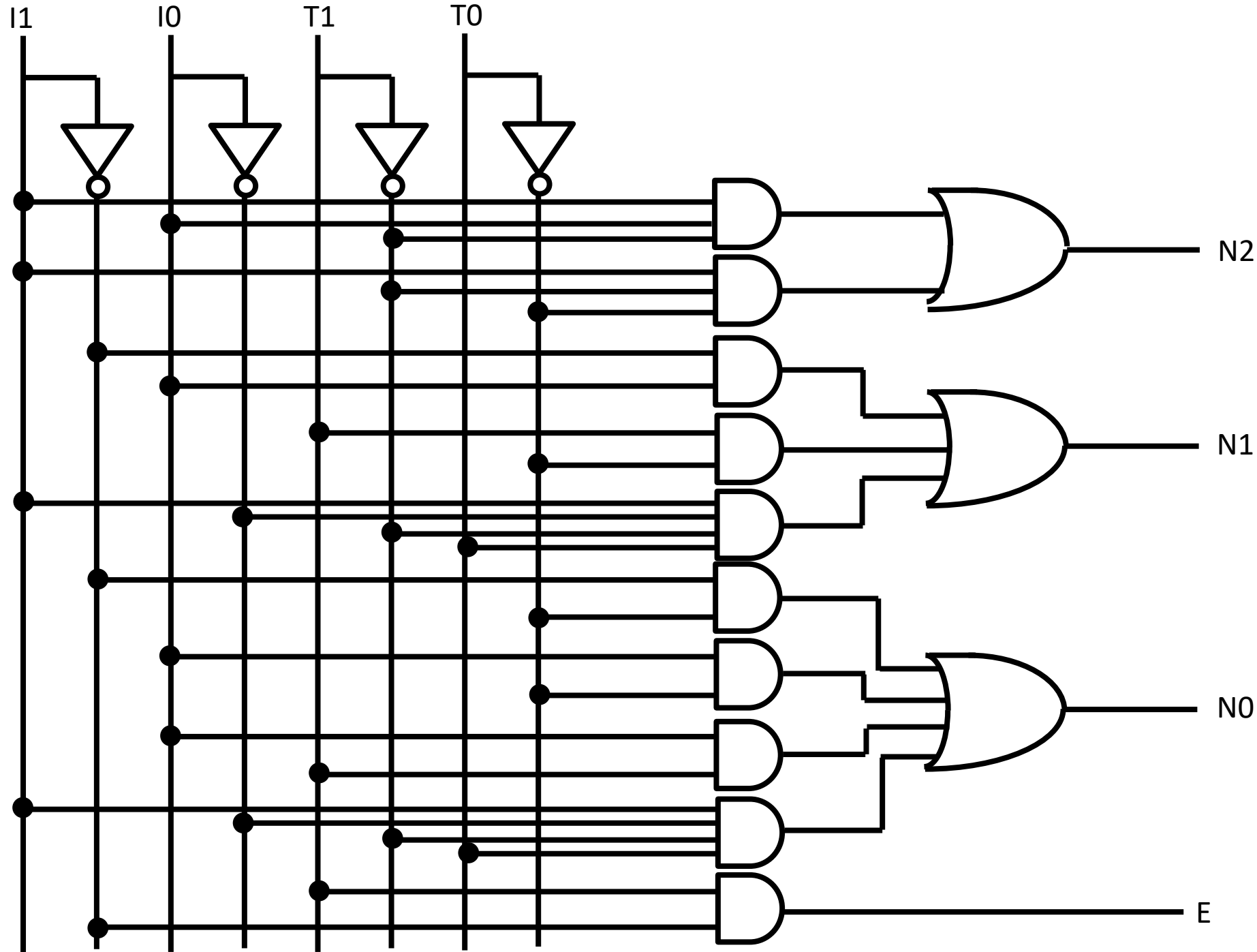
		T1 T0			
		00	01	11	10
11	10			--	--
	00			--	--
	01	X	X	--	--
	11				X
	10		X		X

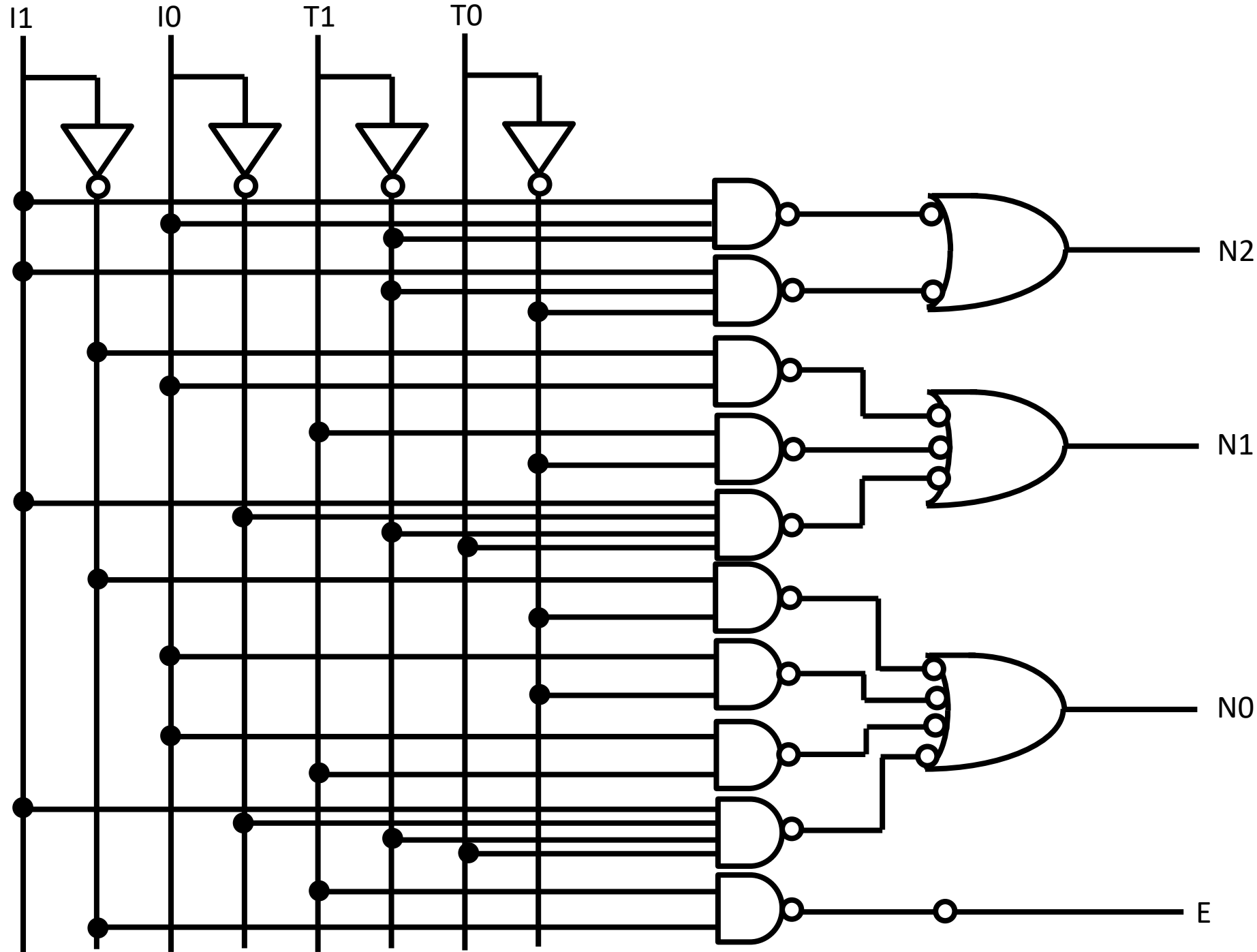
$N1 = \overline{I1}I0 + T1\overline{T0} + I1I0\overline{T1}T0$

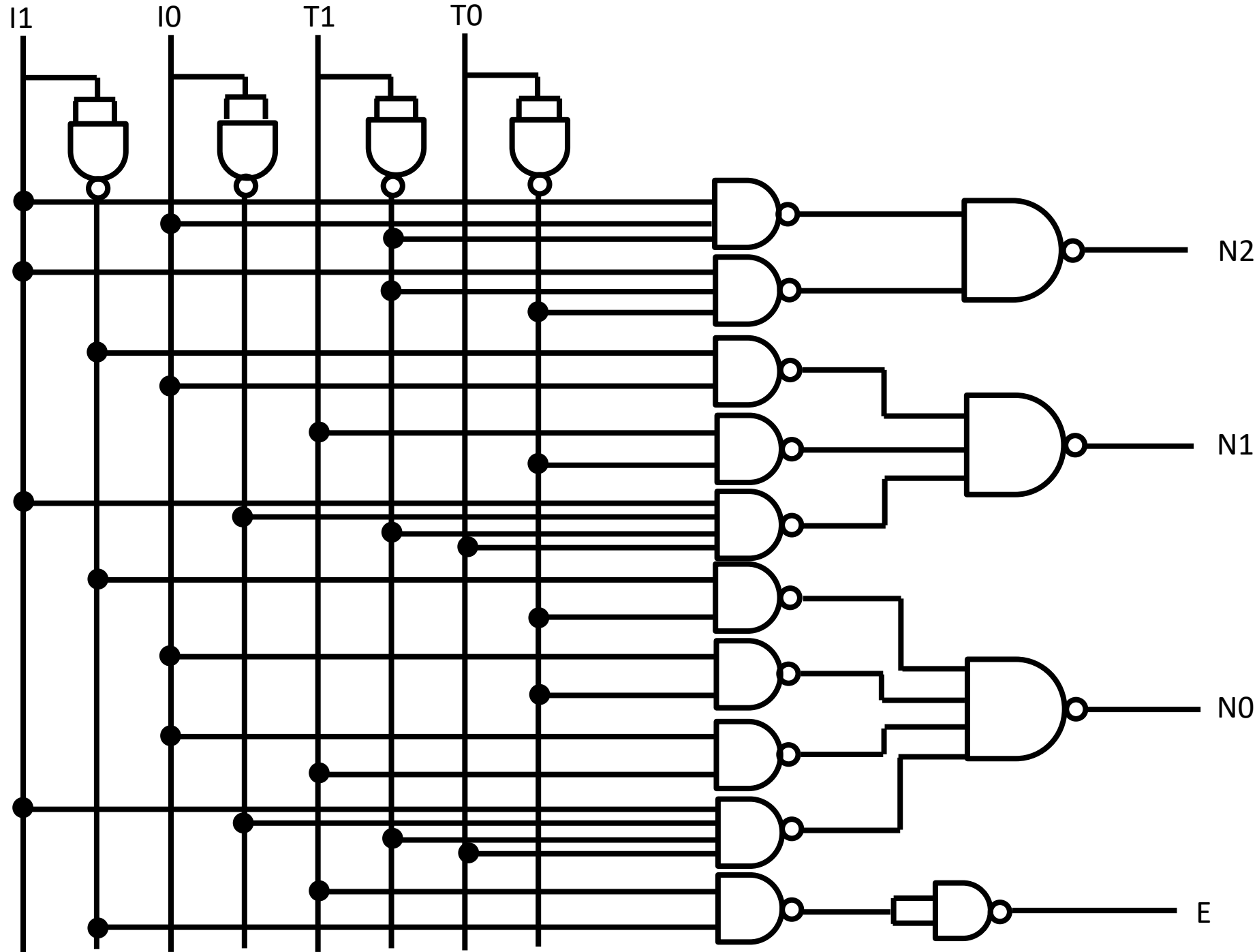
N0

		T1 T0			
		00	01	11	10
11	10	X		--	--
	00	X		--	--
	01	X		--	--
	11	X		X	X
	10		X		

$N0 = \overline{I1}T0 + I0\overline{T0} + I0T1 + I1I0\overline{T1}T0$

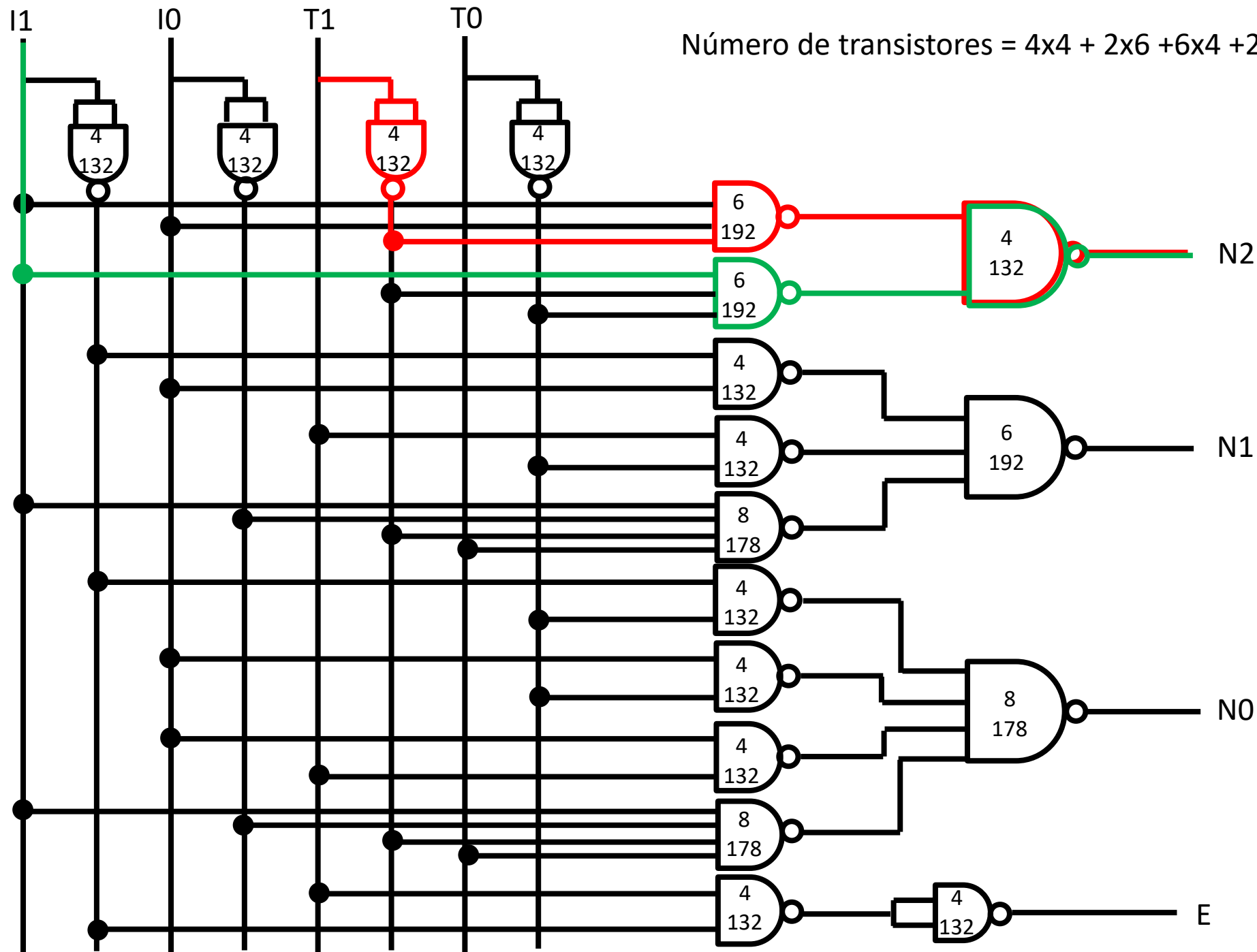








$$\text{Número de transistores} = 4 \times 4 + 2 \times 6 + 6 \times 4 + 2 \times 8 + 2 \times 4 + 6 + 8 = 90$$

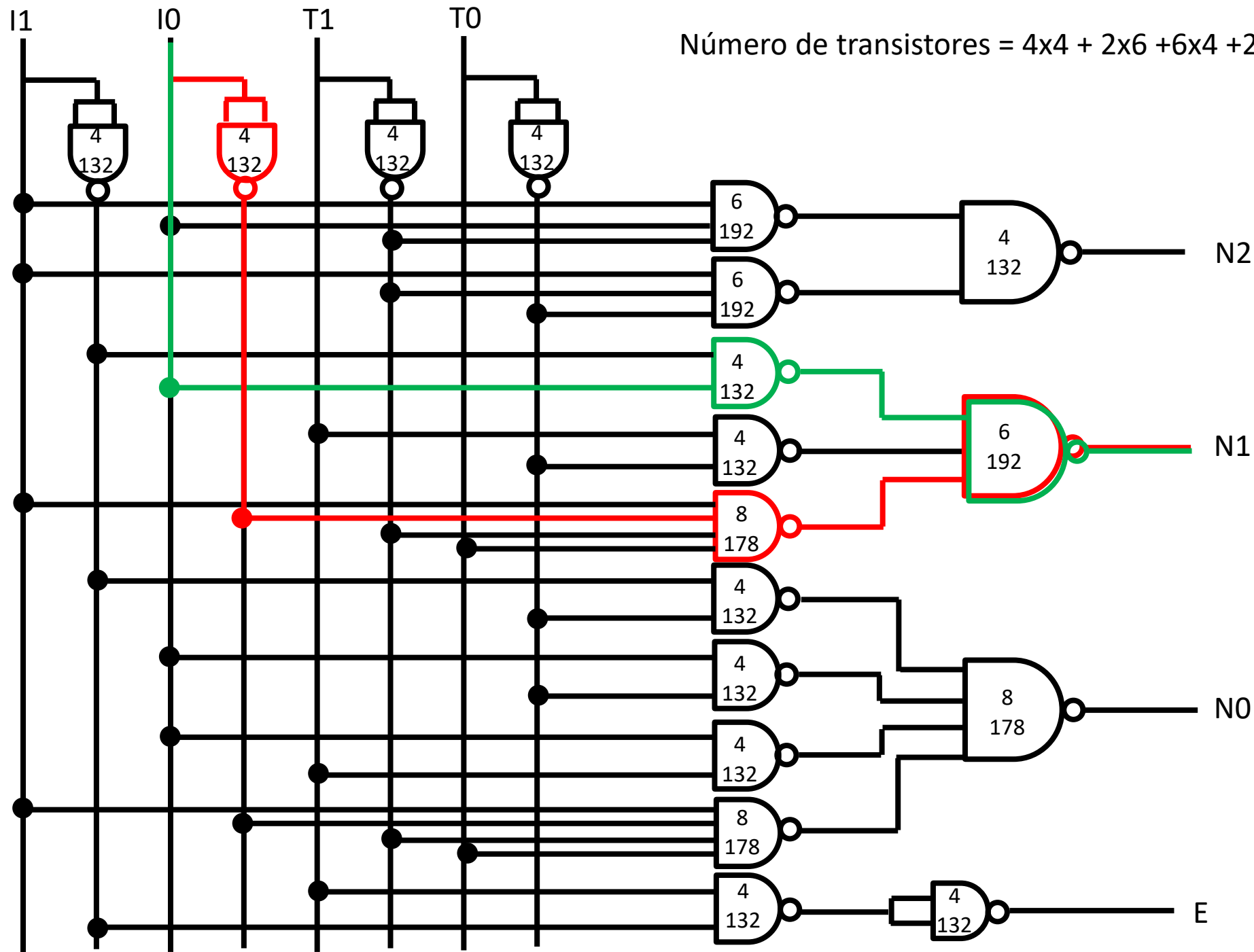


$$T_d = 132 + 192 + 132 = 456$$

$$T_c = 192 + 132 = 324$$



$$\text{Número de transistores} = 4 \times 4 + 2 \times 6 + 6 \times 4 + 2 \times 8 + 2 \times 4 + 6 + 8 = 90$$



$$T_d = 132 + 192 + 132 = 456$$

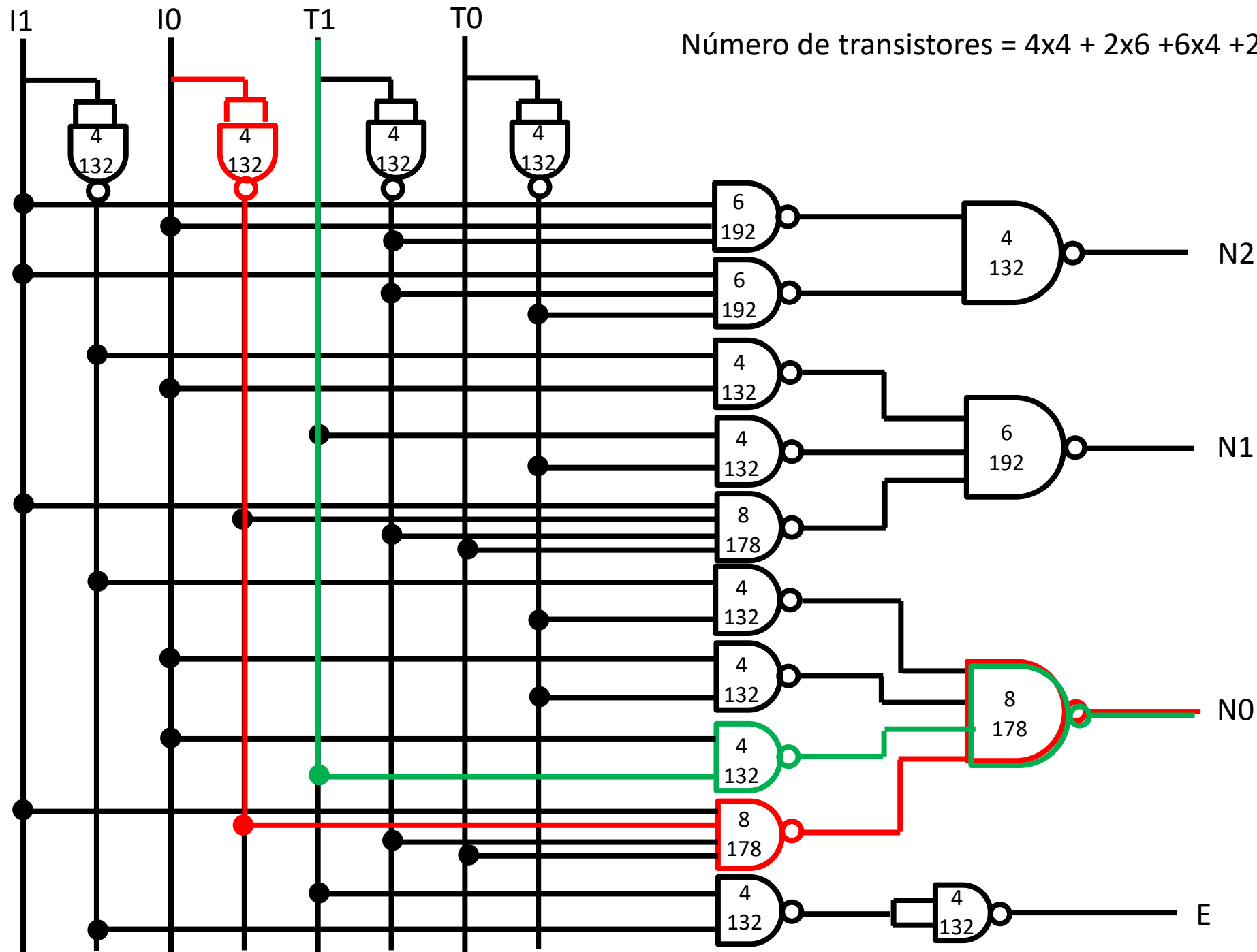
$$T_c = 192 + 132 = 324$$

$$T_d = 132 + 178 + 192 = 502$$

$$T_c = 132 + 192 = 324$$

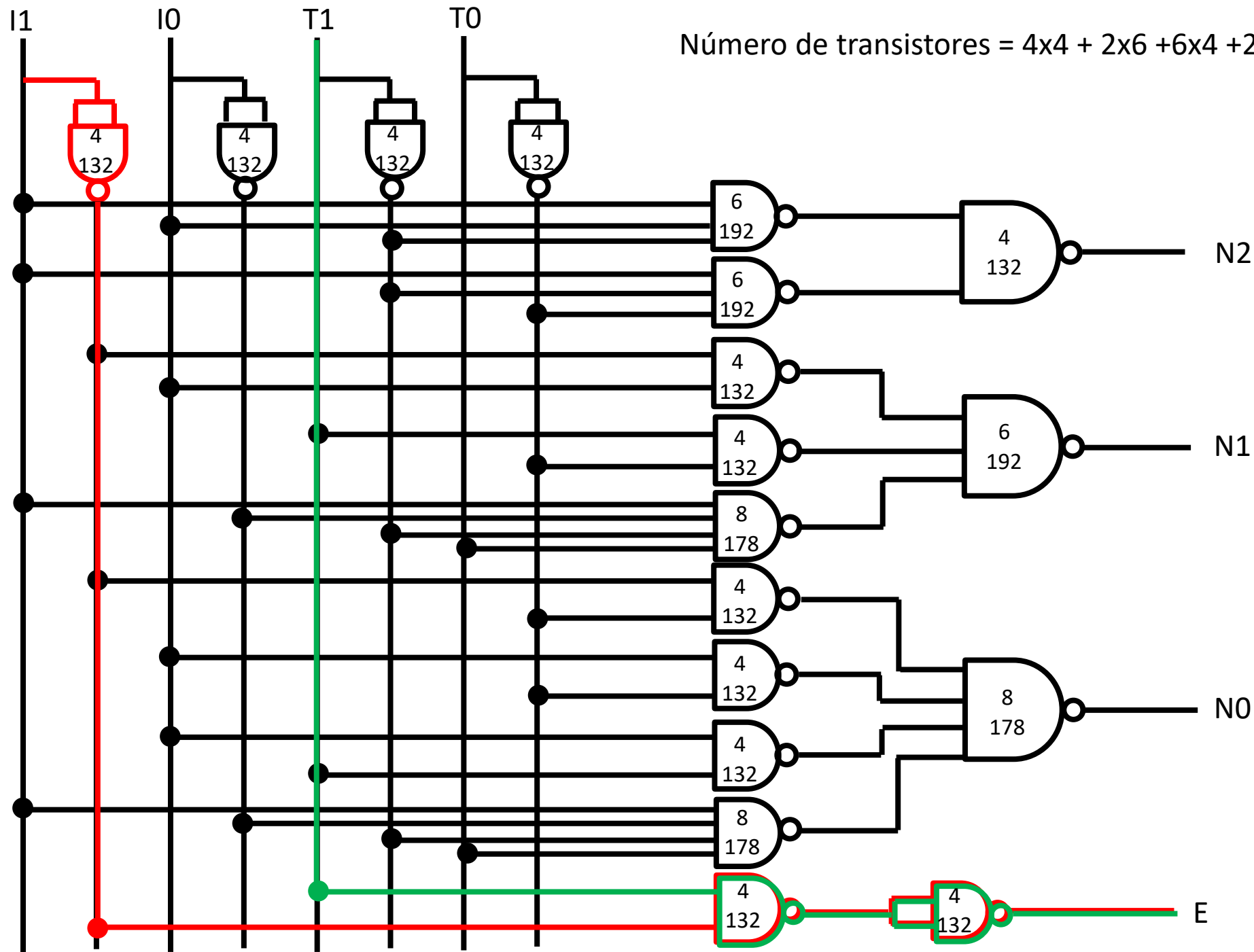


Número de transistores = $4 \times 4 + 2 \times 6 + 6 \times 4 + 2 \times 8 + 2 \times 4 + 6 + 8 = 90$





Número de transistores = $4 \times 4 + 2 \times 6 + 6 \times 4 + 2 \times 8 + 2 \times 4 + 6 + 8 = 90$



$T_d = 132 + 192 + 132 = 456$

$T_c = 192 + 132 = 324$

$T_d = 132 + 178 + 192 = 502$

$T_c = 132 + 192 = 324$

$T_d = 132 + 178 + 178 = 488$

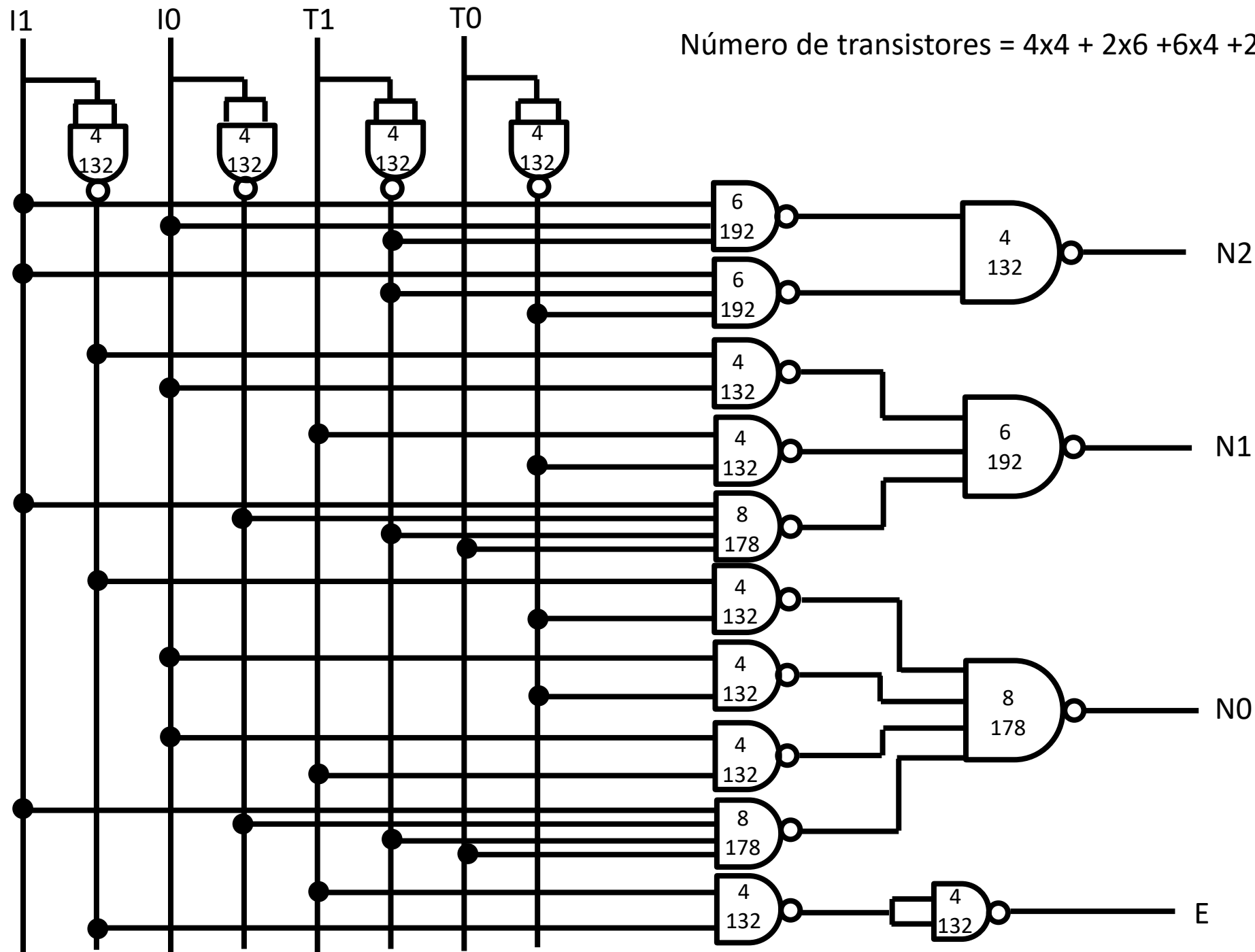
$T_c = 132 + 178 = 310$

$T_d = 132 + 132 + 132 = 396$

$T_c = 132 + 132 = 264$



Número de transistores = $4 \times 4 + 2 \times 6 + 6 \times 4 + 2 \times 8 + 2 \times 4 + 6 + 8 = 90$



$T_d = 132 + 192 + 132 = 456$

$T_c = 192 + 132 = 324$

$T_d = 132 + 178 + 192 = 502$

$T_c = 132 + 192 = 324$

$T_d = 132 + 178 + 178 = 488$

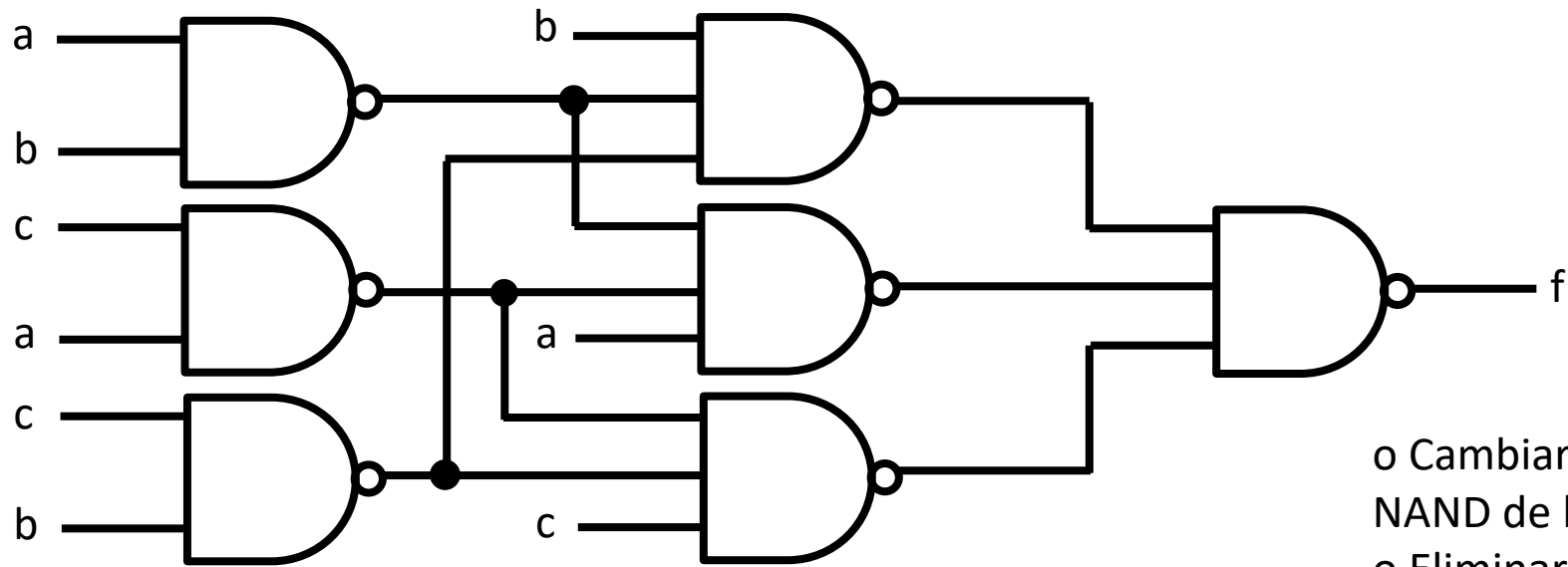
$T_c = 132 + 178 = 310$

$T_d = 132 + 132 + 132 = 396$

$T_c = 132 + 132 = 264$

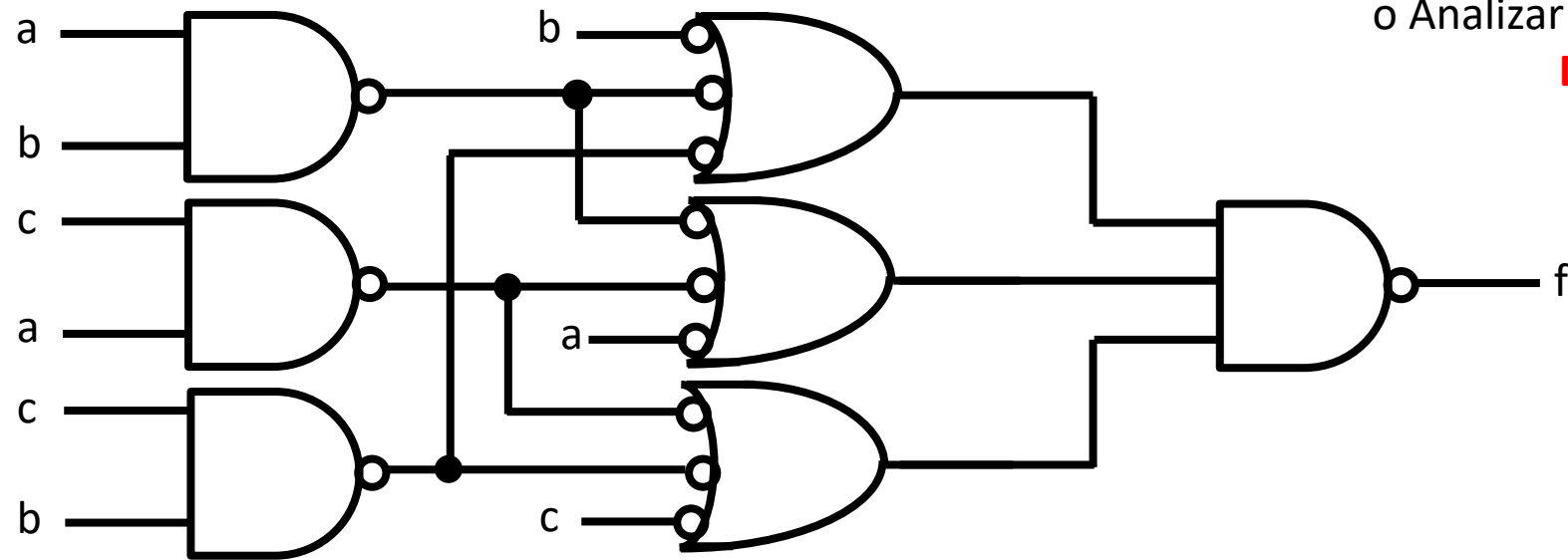


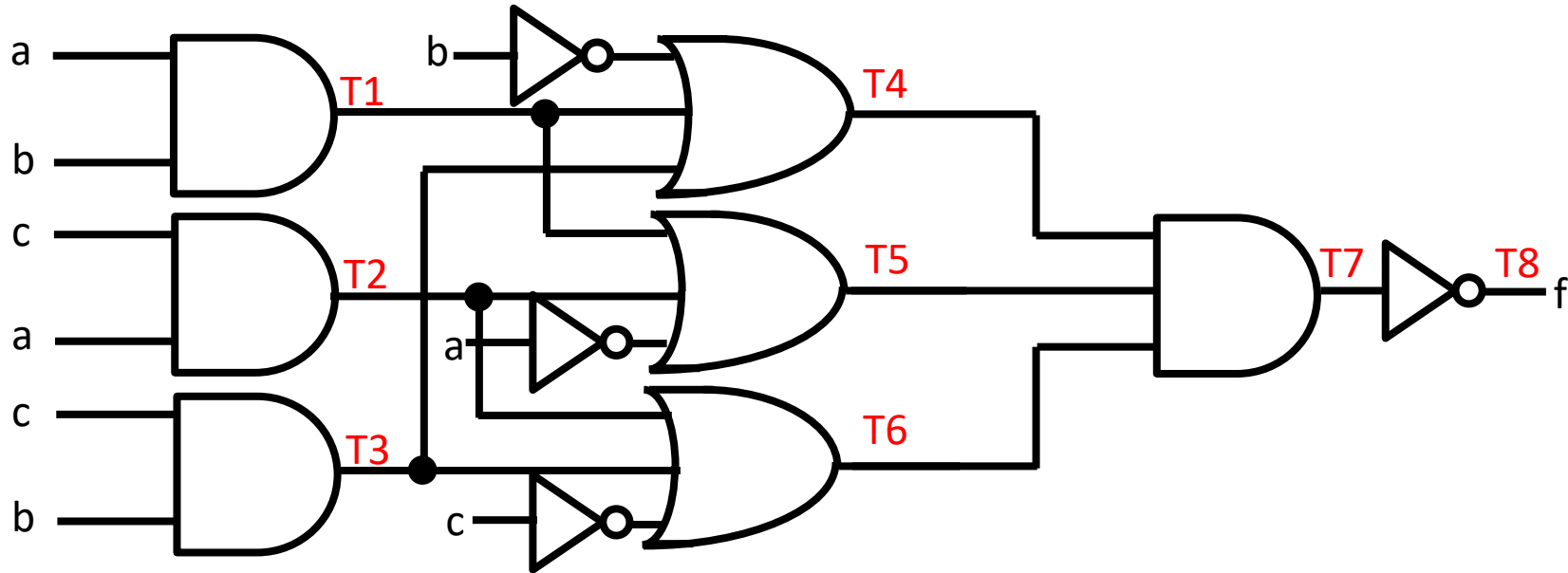
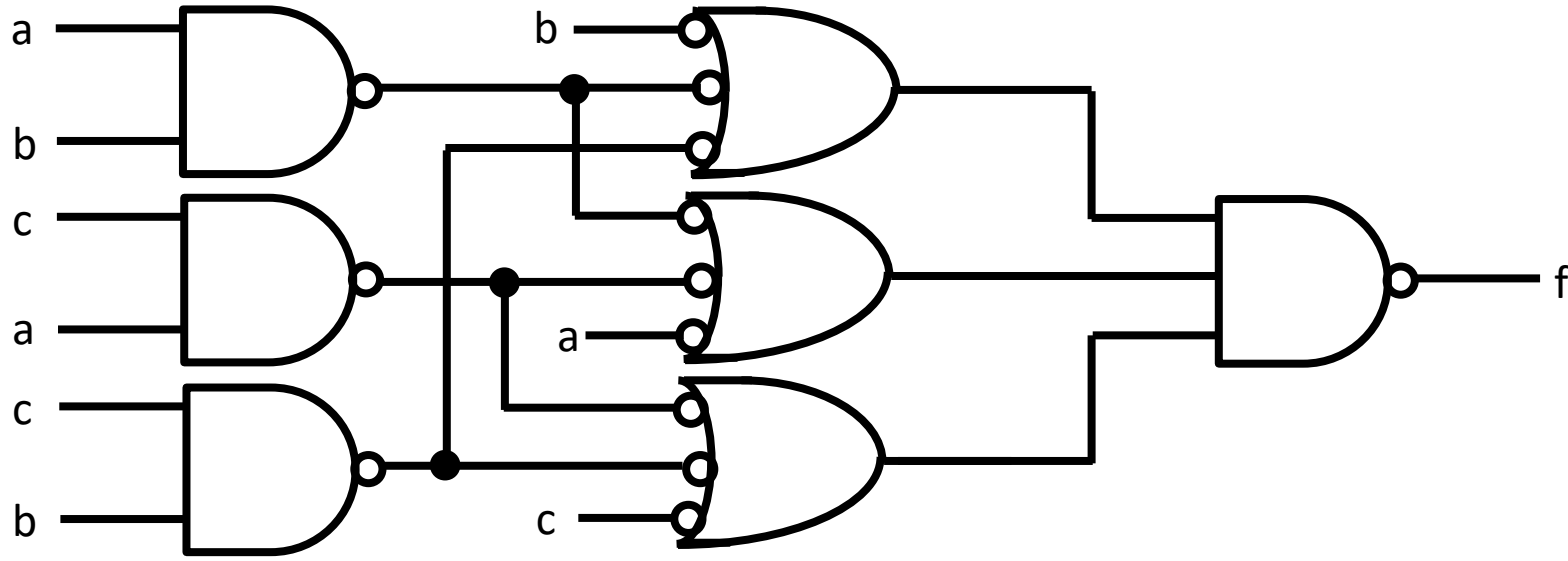
Ejercicio 2 Analizar el circuito y dar una descripción de alto nivel de la función que realiza



- o Cambiar al símbolo alternativo las puertas NAND de los niveles pares de la red.
- o Eliminar dobles inversores donde sea posible.
- o Analizar la red AND-OR normalmente.

Diapositiva 66 tema 3





$$T1 = ab$$

$$T2 = ca$$

$$T3 = cb$$

$$T4 = \bar{b} + T1 + T3$$

$$T5 = T1 + T2 + \bar{a}$$

$$T6 = T2 + T3 + \bar{c}$$

$$T7 = T4T5T6$$

$$T8 = \bar{T7}$$



$$\begin{array}{llllll}
 T1= ab & T4= \bar{b} + T1 + T3 & T7= T4T5T6 & T4= \bar{b} + ab + cb & T5= ab + ca + \bar{a} & T6= ca + cb + \bar{c} \\
 T2= ca & T5= T1 + T2 + \bar{a} & T8= \bar{T7} & & & \\
 T3= cb & T6= T2 + T3 + \bar{c} & & & &
 \end{array}$$

$$\begin{aligned}
 T7 &= T4T5T6 = (\bar{b} + ab + cb) (ab + ca + \bar{a}) (ca + cb + \bar{c}) = (\bar{b}ab + \bar{b}ca + \bar{b}\bar{a} + abab + abca + ab\bar{a} + cbab + cbca + cb\bar{a}) (ca + cb + \bar{c}) \\
 &= (\bar{b}ca + \bar{b}\bar{a} + ab + abc + abc + abc + cb\bar{a}) (ca + cb + \bar{c}) = (\bar{b}ca + \bar{b}\bar{a} + ab + abc + cb\bar{a}) (ca + cb + \bar{c}) = \\
 &= \bar{b}caca + \bar{b}cacb + \bar{b}ca\bar{c} + \bar{b}\bar{a}ca + \bar{b}\bar{a}cb + \bar{b}\bar{a}\bar{c} + abca + abcb + ab\bar{c} + abcca + abccb + abcc\bar{c} + cb\bar{a}ca + cb\bar{a}cb + cb\bar{a}\bar{c} = \\
 &= \bar{a}bc + \bar{a}b\bar{c} + abc + abc + ab\bar{c} + abc + abc + \bar{a}bc = \bar{a}bc + \bar{a}b\bar{c} + abc + ab\bar{c} + \bar{a}bc \quad T8 = \bar{T7}
 \end{aligned}$$

a	b	c	T7	T8
0	0	0	1	0
0	0	1	0	1
0	1	0	0	1
0	1	1	1	0
1	0	0	0	1
1	0	1	1	0
1	1	0	1	0
1	1	1	1	0

a \ bc	00	01	11	10
0		X		X
1	X			

$$T8 = \bar{a}b\bar{c} + \bar{a}\bar{b}c + \bar{a}b\bar{c}$$

La salida es 1 cuando en la entrada hay una única señal activa

Ejercicio 17 (Febrero 2013) Se desea realizar un circuito combinacional que permita clasificar, según su forma, las piezas que se sitúan en un receptáculo.

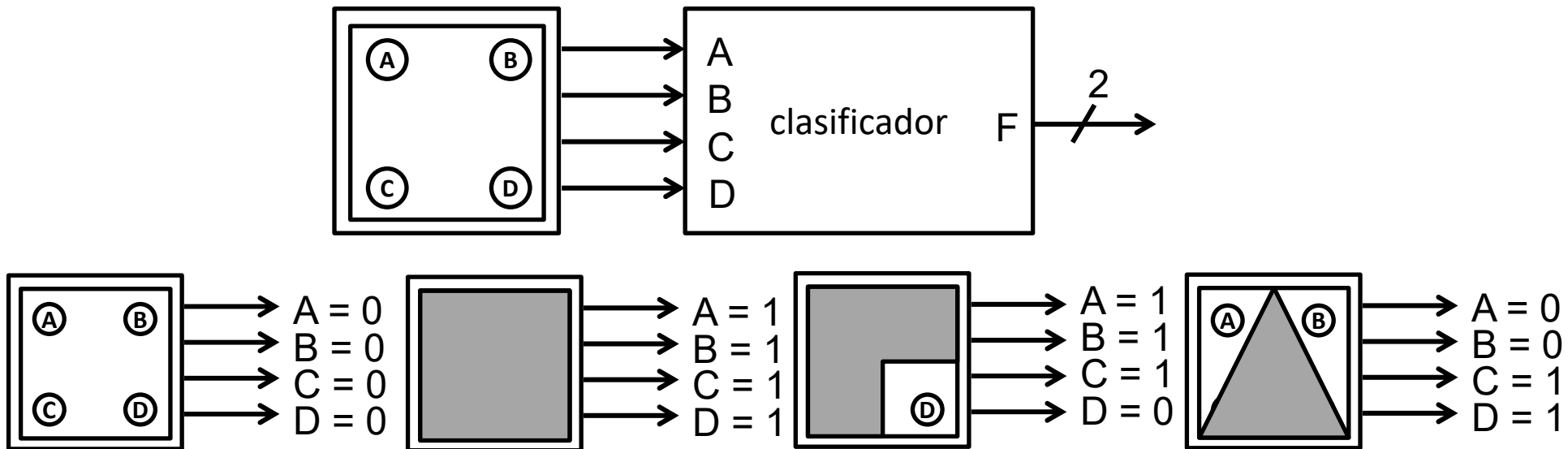
Para ello, las entradas del sistema están conectadas a una matriz de 4 células fotoeléctricas dispuestas como se muestra en la figura.

- Cuando no hay pieza en el receptáculo, todas las células generan valor '0'.
- Cuando la hay, unas células generan valor '0' y otras '1' según la forma de la pieza (véanse algunos ejemplos en la figura).

El sistema generará un vector de 2 bits indicando si la pieza es cuadrada (00), triangular (01), en forma de L (10) o defectuosa (11), es decir, no es una de las anteriores. Considérese que todas las piezas encajan en el receptáculo pero que podrán estar rotadas 90° , 180° ó 270° .

Se pide:

- Indicar la tabla de verdad del sistema.
- Diseñarlo utilizando el menor número de puertas NAND e inversores



A	B	C	D	F1	F0
0	0	0	0	1	1
0	0	0	1	0	0
0	0	1	0	0	0
0	0	1	1	0	1
0	1	0	0	0	0
0	1	0	1	0	1
0	1	1	0	1	1
0	1	1	1	1	0
1	0	0	0	0	0
1	0	0	1	1	1
1	0	1	0	0	1
1	0	1	1	1	0
1	1	0	0	0	1
1	1	0	1	1	0
1	1	1	0	1	0
1	1	1	1	0	0

F1

CD \ AB	00	01	11	10
00	X			
01			X	X
11		X		X
10		X	X	

F0

CD \ AB	00	01	11	10
00	X		X	
01		X		X
11	X			
10		X		X





Acerca de *Creative Commons*

- Licencia CC ([Creative Commons](#))



- Ofrece algunos derechos a terceras personas bajo ciertas condiciones. Este documento tiene establecidas las siguientes:



- Reconocimiento** (*Attribution*):

En cualquier explotación de la obra autorizada por la licencia hará falta reconocer la autoría.



- No comercial** (*Non commercial*):

La explotación de la obra queda limitada a usos no comerciales.



- Compartir igual** (*Share alike*):

La explotación autorizada incluye la creación de obras derivadas siempre que mantengan la misma licencia al ser divulgadas.

Más información: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>