

# Progetto - Fondamenti di informatica

Francesco Andreuzzi  
IN0500630

Anno 2018-2019

## 1 Calcolo della funzione

Ricavo la funzione dal resto della divisione del numero di matricola per  $2^{16}$ :

$$\begin{aligned} (500630 \bmod 65536) &= 41878 \\ 41878_{10} &= 1010001110010110_2 \end{aligned} \quad \longrightarrow$$

x	y	z	k	f(x,y,z,k)
0	0	0	0	1
0	0	0	1	0
0	0	1	0	1
0	0	1	1	0
0	1	0	0	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	1
0	1	1	1	1
1	0	0	0	1
1	0	0	1	0
1	0	1	0	0
1	0	1	1	1
1	1	0	0	0
1	1	0	1	1
1	1	1	0	1
1	1	1	1	0

## Minterm

Riscrivo le combinazioni  $(x, y, z, k)$  in cui la funzione assume valore 1:

x	y	z	k	f(x,y,z,k)
0	0	0	0	1
0	0	1	0	1
0	1	1	0	1
0	1	1	1	1
1	0	0	0	1
1	0	1	1	1
1	1	0	1	1
1	1	1	0	1

La funzione  $f(x, y, z, k)$  quindi si può esprimere nel seguente modo:

$$f(x, y, z, k) = (\bar{x} \cdot \bar{y} \cdot \bar{z} \cdot \bar{k}) + (\bar{x} \cdot \bar{y} \cdot z \cdot \bar{k}) + (\bar{x} \cdot y \cdot z \cdot \bar{k}) + (\bar{x} \cdot y \cdot z \cdot k) + (x \cdot \bar{y} \cdot \bar{z} \cdot \bar{k}) + (x \cdot \bar{y} \cdot z \cdot k) + (x \cdot y \cdot \bar{z} \cdot k) + (x \cdot y \cdot z \cdot \bar{k})$$

## Maxterm

Riscrivo le combinazioni  $(x, y, z, k)$  in cui la funzione assume valore 0:

x	y	z	k	f(x,y,z,k)
0	0	0	1	0
0	0	1	1	0
0	1	0	0	0
0	1	0	1	0
1	0	0	1	0
1	0	1	0	0
1	1	0	0	0
1	1	1	1	0

La funzione  $f(x, y, z, k)$  quindi si può esprimere nel seguente modo:

$$f(x, y, z, k) = (x + y + z + \bar{k}) \cdot (x + y + \bar{z} + \bar{k}) \cdot (x + \bar{y} + z + k) \cdot (x + \bar{y} + z + \bar{k}) \cdot (\bar{x} + y + z + \bar{k}) \cdot (\bar{x} + y + \bar{z} + k) \cdot (\bar{x} + \bar{y} + z + k) \cdot (\bar{x} + \bar{y} + \bar{z} + \bar{k})$$

## 2 Semplificazione

### Semplificazione algebrica

#### Minterm

$$\begin{aligned}
f(x, y, z, k) &= \underline{(\bar{x} \cdot \bar{y} \cdot \bar{z} \cdot \bar{k})} + (\bar{x} \cdot \bar{y} \cdot z \cdot \bar{k}) + (\bar{x} \cdot y \cdot z \cdot \bar{k}) + (\bar{x} \cdot y \cdot z \cdot k) + \underline{(x \cdot \bar{y} \cdot \bar{z} \cdot \bar{k})} + (x \cdot \bar{y} \cdot z \cdot k) + \\
&\quad + (x \cdot y \cdot \bar{z} \cdot k) + (x \cdot y \cdot z \cdot \bar{k}) \\
&\stackrel{T9}{=} (\underline{\bar{y} \cdot \bar{z} \cdot \bar{k}}) + (\bar{x} \cdot \bar{y} \cdot z \cdot \bar{k}) + (\bar{x} \cdot y \cdot z \cdot \bar{k}) + (\bar{x} \cdot y \cdot z \cdot k) + (x \cdot \bar{y} \cdot z \cdot k) + (x \cdot y \cdot \bar{z} \cdot k) \\
&\quad + (x \cdot y \cdot z \cdot \bar{k}) \\
&\stackrel{T1}{=} (\underline{\bar{y} \cdot \bar{z} \cdot \bar{k}}) + (\underline{\bar{x} \cdot \bar{y} \cdot z \cdot \bar{k}}) + (\underline{\bar{x} \cdot y \cdot z \cdot \bar{k}}) + (\underline{\bar{x} \cdot y \cdot z \cdot k}) + (\underline{\bar{x} \cdot y \cdot z \cdot k}) + (\bar{x} \cdot y \cdot z \cdot k) + \\
&\quad + (x \cdot \bar{y} \cdot z \cdot k) + (x \cdot y \cdot \bar{z} \cdot k) + (x \cdot y \cdot z \cdot \bar{k}) \\
&\stackrel{T9}{=} (\underline{\bar{y} \cdot \bar{z} \cdot \bar{k}}) + (\underline{\bar{x} \cdot z \cdot \bar{k}}) + (\underline{\bar{x} \cdot y \cdot z \cdot \bar{k}}) + (\bar{x} \cdot y \cdot z \cdot \bar{k}) + (\underline{\bar{x} \cdot y \cdot z \cdot k}) + (x \cdot \bar{y} \cdot z \cdot k) + \\
&\quad + (x \cdot y \cdot \bar{z} \cdot k) + (x \cdot y \cdot z \cdot \bar{k}) \\
&\stackrel{T9}{=} (\underline{\bar{y} \cdot \bar{z} \cdot \bar{k}}) + (\bar{x} \cdot z \cdot \bar{k}) + (\underline{\bar{x} \cdot y \cdot z}) + (\underline{\bar{x} \cdot y \cdot z \cdot \bar{k}}) + (x \cdot \bar{y} \cdot z \cdot k) + (x \cdot y \cdot \bar{z} \cdot k) + \\
&\quad + (\underline{x \cdot y \cdot z \cdot \bar{k}}) \\
&\stackrel{T9}{=} (\underline{\bar{y} \cdot \bar{z} \cdot \bar{k}}) + (\bar{x} \cdot z \cdot \bar{k}) + (\bar{x} \cdot y \cdot z) + (\underline{y \cdot z \cdot \bar{k}}) + (x \cdot \bar{y} \cdot z \cdot k) + (x \cdot y \cdot \bar{z} \cdot k)
\end{aligned}$$

#### Maxterm

$$\begin{aligned}
f(x, y, z, k) &= (x + y + z + \bar{k}) \cdot (x + y + \bar{z} + \bar{k}) \cdot (x + \bar{y} + z + k) \cdot (x + \bar{y} + z + \bar{k}) \cdot (\bar{x} + y + z + \bar{k}) \cdot \\
&\quad \cdot (\bar{x} + y + \bar{z} + k) \cdot (\bar{x} + \bar{y} + z + k) \cdot (\bar{x} + \bar{y} + \bar{z} + \bar{k}) \\
&\stackrel{T1}{=} \underline{(x + y + z + \bar{k})} \cdot (x + y + z + \bar{k}) \cdot (x + y + z + \bar{k}) \cdot (x + y + \bar{z} + \bar{k}) \cdot (x + \bar{y} + z + k) \cdot \\
&\quad \cdot (x + \bar{y} + z + \bar{k}) \cdot (\bar{x} + y + z + \bar{k}) \cdot (\bar{x} + y + \bar{z} + k) \cdot (\bar{x} + \bar{y} + z + k) \cdot (\bar{x} + \bar{y} + \bar{z} + \bar{k}) \\
&\stackrel{T9}{=} (x + y + \bar{k}) \cdot \underline{(x + y + z + \bar{k})} \cdot (x + y + z + \bar{k}) \cdot (x + \bar{y} + z + k) \cdot \underline{(x + \bar{y} + z + \bar{k})} \cdot \\
&\quad \cdot (\bar{x} + y + z + \bar{k}) \cdot (\bar{x} + y + \bar{z} + k) \cdot (\bar{x} + \bar{y} + z + k) \cdot (\bar{x} + \bar{y} + \bar{z} + \bar{k}) \\
&\stackrel{T9}{=} (x + y + \bar{k}) \cdot (\underline{x + z + \bar{k}}) \cdot \underline{(x + y + z + \bar{k})} \cdot (x + \bar{y} + z + k) \cdot \underline{(\bar{x} + y + z + \bar{k})} \cdot \\
&\quad \cdot (\bar{x} + y + \bar{z} + k) \cdot (\bar{x} + \bar{y} + z + k) \cdot (\bar{x} + \bar{y} + \bar{z} + \bar{k}) \\
&\stackrel{T9}{=} (x + y + \bar{k}) \cdot (x + z + \bar{k}) \cdot (\underline{y + z + \bar{k}}) \cdot \underline{(x + \bar{y} + z + k)} \cdot (\bar{x} + y + \bar{z} + k) \cdot \underline{(\bar{x} + \bar{y} + z + k)} \cdot \\
&\quad \cdot (\bar{x} + \bar{y} + \bar{z} + \bar{k}) \\
&\stackrel{T9}{=} \underline{(x + y + \bar{k})} \cdot \underline{(x + z + \bar{k})} \cdot (y + z + \bar{k}) \cdot (\underline{\bar{y} + z + k}) \cdot (\bar{x} + y + \bar{z} + k) \cdot (\bar{x} + \bar{y} + \bar{z} + \bar{k}) \\
&\stackrel{A6}{=} \underline{[x \cdot (x + z + \bar{k}) + y \cdot (x + z + \bar{k}) + \bar{k} \cdot (x + z + \bar{k})]} \cdot (y + z + \bar{k}) \cdot (\bar{y} + z + k) \cdot \\
&\quad \cdot (\bar{x} + y + \bar{z} + k) \cdot (\bar{x} + \bar{y} + \bar{z} + \bar{k})
\end{aligned}$$

$$f(x, y, z, k) = \dots$$

$$\begin{aligned}
&\stackrel{T8}{=} [\underline{x + y \cdot (x + z + \bar{k}) + \bar{k}}] \cdot (y + z + \bar{k}) \cdot (\bar{y} + z + k) \cdot (\bar{x} + y + \bar{z} + k) \cdot (\bar{x} + \bar{y} + \bar{z} + \bar{k}) \\
&\stackrel{A6}{=} [x + \underline{x \cdot y + y \cdot z + y \cdot \bar{k} + \bar{k}}] \cdot (y + z + \bar{k}) \cdot (\bar{y} + z + k) \cdot (\bar{x} + y + \bar{z} + k) \cdot (\bar{x} + \bar{y} + \bar{z} + \bar{k}) \\
&\stackrel{T4}{=} (x + y \cdot z + \bar{k}) \cdot (\underline{y + z + \bar{k}}) \cdot (\underline{\bar{y} + z + k}) \cdot (\bar{x} + y + \bar{z} + k) \cdot (\bar{x} + \bar{y} + \bar{z} + \bar{k}) \\
&\stackrel{A6}{=} (x + y \cdot z + \bar{k}) \cdot [y \cdot (\bar{y} + z + k) + \underline{z \cdot (\bar{y} + z + k)} + \bar{k} \cdot (\bar{y} + z + k)] \cdot (\bar{x} + y + \bar{z} + k) \cdot (\bar{x} + \bar{y} + \bar{z} + \bar{k}) \\
&\stackrel{T8}{=} (x + y \cdot z + \bar{k}) \cdot [\underline{y \cdot (\bar{y} + z + k)} + \underline{z + \bar{k} \cdot (\bar{y} + z + k)}] \cdot (\bar{x} + y + \bar{z} + k) \cdot (\bar{x} + \bar{y} + \bar{z} + \bar{k}) \\
&\stackrel{A6}{=} (x + y \cdot z + \bar{k}) \cdot [\underline{y \cdot \bar{y} + y \cdot z + y \cdot k + z + \bar{y} \cdot \bar{k} + z \cdot \bar{k} + \bar{k} \cdot k}] \cdot (\bar{x} + y + \bar{z} + k) \cdot (\bar{x} + \bar{y} + \bar{z} + \bar{k}) \\
&\stackrel{A7}{=} (x + y \cdot z + \bar{k}) \cdot [\underline{0 + z + y \cdot z + z \cdot \bar{k} + y \cdot k + \bar{y} \cdot \bar{k} + 0}] \cdot (\bar{x} + y + \bar{z} + k) \cdot (\bar{x} + \bar{y} + \bar{z} + \bar{k}) \\
&\stackrel{T4}{=} (x + y \cdot z + \bar{k}) \cdot (\underline{y \cdot k + z + \bar{y} \cdot \bar{k}}) \cdot (\bar{x} + y + \bar{z} + k) \cdot (\bar{x} + \bar{y} + \bar{z} + \bar{k}) \\
&\stackrel{A6}{=} [\underline{x \cdot (y \cdot k + z + \bar{y} \cdot \bar{k}) + (y \cdot z) \cdot (y \cdot k + z + \bar{y} \cdot \bar{k}) + \bar{k} \cdot (y \cdot k + z + \bar{y} \cdot \bar{k})}] \cdot (\bar{x} + y + \bar{z} + k) \cdot (\bar{x} + \bar{y} + \bar{z} + \bar{k}) \\
&\stackrel{A6}{=} (x \cdot y \cdot k + x \cdot z + x \cdot \bar{y} \cdot \bar{k} + y \cdot z \cdot k + y \cdot z + \underline{y \cdot z \cdot \bar{y} \cdot \bar{k}} + \underline{y \cdot \bar{k} \cdot k} + z \cdot \bar{k} + \bar{y} \cdot \bar{k}) \cdot (\bar{x} + y + \bar{z} + k) \cdot (\bar{x} + \bar{y} + \bar{z} + \bar{k}) \\
&\stackrel{A7}{=} (x \cdot y \cdot k + x \cdot z + x \cdot \bar{y} \cdot \bar{k} + \underline{y \cdot z \cdot k + y \cdot z} + \underline{0 + 0} + z \cdot \bar{k} + \bar{y} \cdot \bar{k}) \cdot (\bar{x} + y + \bar{z} + k) \cdot (\bar{x} + \bar{y} + \bar{z} + \bar{k}) \\
&\stackrel{T4}{=} (x \cdot y \cdot k + x \cdot z + x \cdot \bar{y} \cdot \bar{k} + \underline{y \cdot z + z \cdot \bar{k} + \bar{y} \cdot \bar{k}}) \cdot (\bar{x} + y + \bar{z} + k) \cdot (\bar{x} + \bar{y} + \bar{z} + \bar{k}) \\
&\stackrel{A6}{=} [\underline{x \cdot y \cdot k \cdot (\bar{x} + y + \bar{z} + k)} + \underline{x \cdot z \cdot (\bar{x} + y + \bar{z} + k)} + \underline{x \cdot \bar{y} \cdot \bar{k} \cdot (\bar{x} + y + \bar{z} + k)} + \underline{y \cdot z \cdot (\bar{x} + y + \bar{z} + k)} + \underline{z \cdot \bar{k} \cdot (\bar{x} + y + \bar{z} + k)} + \underline{\bar{y} \cdot \bar{k} \cdot (\bar{x} + y + \bar{z} + k)}] \cdot (\bar{x} + \bar{y} + \bar{z} + \bar{k}) \\
&\stackrel{A6}{=} [x \cdot y \cdot k + x \cdot y \cdot \bar{z} \cdot k + x \cdot y \cdot k + x \cdot y \cdot z + x \cdot z \cdot k + x \cdot \bar{y} \cdot \bar{z} \cdot \bar{k} + \bar{x} \cdot y \cdot z + y \cdot z + y \cdot z \cdot k + \bar{x} \cdot z \cdot \bar{k} + y \cdot z \cdot \bar{k} + \bar{x} \cdot \bar{y} \cdot \bar{k} + \bar{y} \cdot \bar{z} \cdot \bar{k}] \cdot (\bar{x} + \bar{y} + \bar{z} + \bar{k}) \\
&\stackrel{A4}{=} [\underline{x \cdot y \cdot k + x \cdot y \cdot \bar{z} \cdot k + x \cdot y \cdot k + x \cdot z \cdot k + y \cdot z + x \cdot y \cdot z + y \cdot z \cdot k + \bar{x} \cdot y \cdot z + y \cdot z \cdot \bar{k} + \bar{y} \cdot \bar{z} \cdot \bar{k} + x \cdot \bar{y} \cdot \bar{z} \cdot \bar{k} + \bar{x} \cdot z \cdot \bar{k} + \bar{x} \cdot \bar{y} \cdot \bar{k}}] \cdot (\bar{x} + \bar{y} + \bar{z} + \bar{k}) \\
&\stackrel{T4}{=} (\underline{x \cdot y \cdot k + x \cdot z \cdot k + y \cdot z + \bar{x} \cdot z \cdot \bar{k} + \bar{x} \cdot \bar{y} \cdot \bar{k} + \bar{y} \cdot \bar{z} \cdot \bar{k}}) \cdot (\bar{x} + \bar{y} + \bar{z} + \bar{k}) \\
&\stackrel{A6}{=} [x \cdot y \cdot k \cdot (\bar{x} + \bar{y} + \bar{z} + \bar{k}) + x \cdot z \cdot k \cdot (\bar{x} + \bar{y} + \bar{z} + \bar{k}) + y \cdot z \cdot (\bar{x} + \bar{y} + \bar{z} + \bar{k}) + \bar{x} \cdot z \cdot \bar{k} \cdot (\bar{x} + \bar{y} + \bar{z} + \bar{k}) + \bar{x} \cdot \bar{y} \cdot \bar{k} \cdot (\bar{x} + \bar{y} + \bar{z} + \bar{k}) + \bar{y} \cdot \bar{z} \cdot \bar{k} \cdot (\bar{x} + \bar{y} + \bar{z} + \bar{k})]
\end{aligned}$$

$$f(x, y, z, k) = \dots$$

$$\begin{aligned}
&\stackrel{A6}{=} (x \cdot y \cdot \bar{z} \cdot k + x \cdot \bar{y} \cdot z \cdot k + \bar{x} \cdot y \cdot z + y \cdot z \cdot \bar{k} + \bar{x} \cdot z \cdot \bar{k} + \bar{x} \cdot \bar{y} \cdot z \cdot \bar{k} + \bar{x} \cdot z \cdot \bar{k} + \\
&\quad + \bar{x} \cdot \bar{y} \cdot \bar{k} + \bar{x} \cdot \bar{y} \cdot \bar{k} + \bar{x} \cdot \bar{y} \cdot z \cdot \bar{k} + \bar{x} \cdot \bar{y} \cdot \bar{k} + \bar{x} \cdot \bar{y} \cdot z \cdot \bar{k} + \bar{y} \cdot z \cdot \bar{k} + \\
&\quad + \bar{y} \cdot z \cdot \bar{k} + \bar{y} \cdot z \cdot \bar{k}) \\
&\stackrel{T4}{=} (x \cdot y \cdot \bar{z} \cdot k + x \cdot \bar{y} \cdot z \cdot k + \bar{x} \cdot y \cdot z + y \cdot z \cdot \bar{k} + \bar{x} \cdot z \cdot \bar{k} + \bar{x} \cdot \bar{y} \cdot \bar{k} + \bar{y} \cdot z \cdot \bar{k}) \\
&\stackrel{T9}{=} (x \cdot y \cdot \bar{z} \cdot k + x \cdot \bar{y} \cdot z \cdot k + \bar{x} \cdot y \cdot z \cdot k + \bar{x} \cdot y \cdot z \cdot \bar{k} + x \cdot y \cdot z \cdot \bar{k} + \bar{x} \cdot y \cdot z \cdot \bar{k} + \bar{x} \cdot \bar{y} \cdot z \cdot \bar{k} + \\
&\quad + \bar{x} \cdot \bar{y} \cdot z \cdot \bar{k} + x \cdot \bar{y} \cdot z \cdot \bar{k} + \bar{x} \cdot \bar{y} \cdot z \cdot \bar{k}) \\
&\stackrel{A7}{=} (x \cdot y \cdot \bar{z} \cdot k + x \cdot \bar{y} \cdot z \cdot k + \bar{x} \cdot y \cdot z \cdot k + \bar{x} \cdot y \cdot z \cdot \bar{k} + x \cdot y \cdot z \cdot \bar{k} + \bar{x} \cdot \bar{y} \cdot z \cdot \bar{k} + \bar{x} \cdot \bar{y} \cdot z \cdot \bar{k} + \\
&\quad + x \cdot \bar{y} \cdot z \cdot \bar{k}) \\
&\stackrel{A4}{=} (\bar{x} \cdot \bar{y} \cdot z \cdot \bar{k} + \bar{x} \cdot \bar{y} \cdot z \cdot \bar{k} + \bar{x} \cdot y \cdot z \cdot \bar{k} + \bar{x} \cdot y \cdot z \cdot k + x \cdot \bar{y} \cdot z \cdot \bar{k} + x \cdot \bar{y} \cdot z \cdot k + x \cdot y \cdot z \cdot k + \\
&\quad + x \cdot y \cdot z \cdot \bar{k})
\end{aligned}$$

Mi sono ricondotto all'espressione dei minterm non semplificata. La semplificazione può procedere come si è già mostrato sopra.

## Mappa di Karnaugh

		x y			
		00	01	11	10
z k	00	1	0	0	1
	01	0	0	1	0
	11	0	1	0	1
	10	1	1	1	0

La funzione ottenuta è la seguente:

$$f(x, y, z, k) = (\bar{y} \cdot \bar{z} \cdot \bar{k}) + (x \cdot y \cdot \bar{z} \cdot k) + (x \cdot \bar{y} \cdot z \cdot k) + (\bar{x} \cdot y \cdot z) + (\bar{x} \cdot z \cdot \bar{k}) + (y \cdot z \cdot \bar{k})$$

## Metodo tabellare di Quine - Mc Cluskey

Costruisco la tabella (ordinata secondo il numero di 1 all'interno del termine):

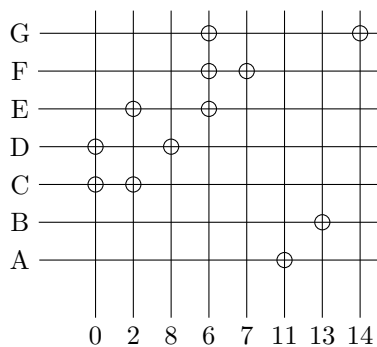
	Livello	Numero	Termine
✓	0	0	0000
✓	1	2	0010
✓	1	8	1000
✓	2	6	0110
✓	3	7	0111
A	3	11	1011
B	3	13	1101
✓	3	14	1110

Effettuate le semplificazioni, ottengo la seguente tabella.

	Livelli	Implicanti	Termine
C	0,1	0,2	00-0
D	0,1	0,8	-000
E	1,2	2,6	0-10
F	2,3	6,7	011-
G	2,3	6,14	-110

Non è possibile operare alcuna semplificazione.

Costruisco il reticolo, in modo da poter valutare quali sono gli implicanti essenziali:



Per coprire il termine 2 posso scegliere l'implicante C oppure l'implicante E. Scegliendo l'implicante E mi riconduco all'espressione della funzione trovata con la mappa di Karnaugh.

Implicante	Termini implicati	Espressione
A	11	$x \cdot \bar{y} \cdot z \cdot k$
B	13	$x \cdot y \cdot \bar{z} \cdot k$
G	6,14	$y \cdot z \cdot \bar{k}$
F	6,7	$\bar{x} \cdot y \cdot z$
D	0,8	$\bar{y} \cdot \bar{z} \cdot \bar{k}$
E	0,2	$\bar{x} \cdot z \cdot \bar{k}$

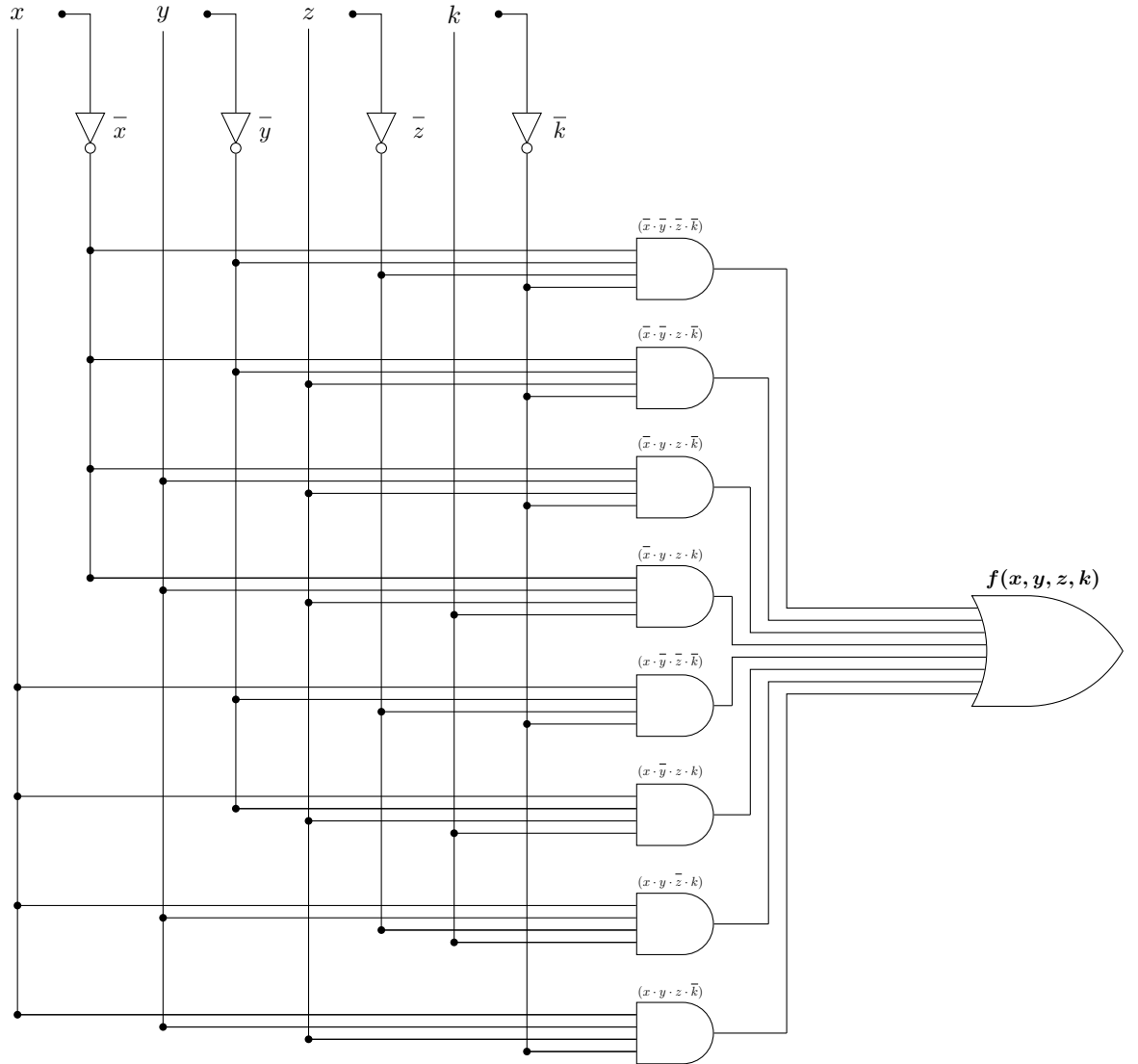
La funzione ottenuta è la seguente:

$$f(x, y, z, k) = \underbrace{(\bar{y} \cdot \bar{z} \cdot \bar{k})}_D + \underbrace{(x \cdot y \cdot \bar{z} \cdot k)}_B + \underbrace{(x \cdot \bar{y} \cdot z \cdot k)}_A + \underbrace{(\bar{x} \cdot y \cdot z)}_F + \underbrace{(\bar{x} \cdot z \cdot \bar{k})}_E + \underbrace{(y \cdot z \cdot \bar{k})}_G$$

### 3 Schema logico

Minterm:

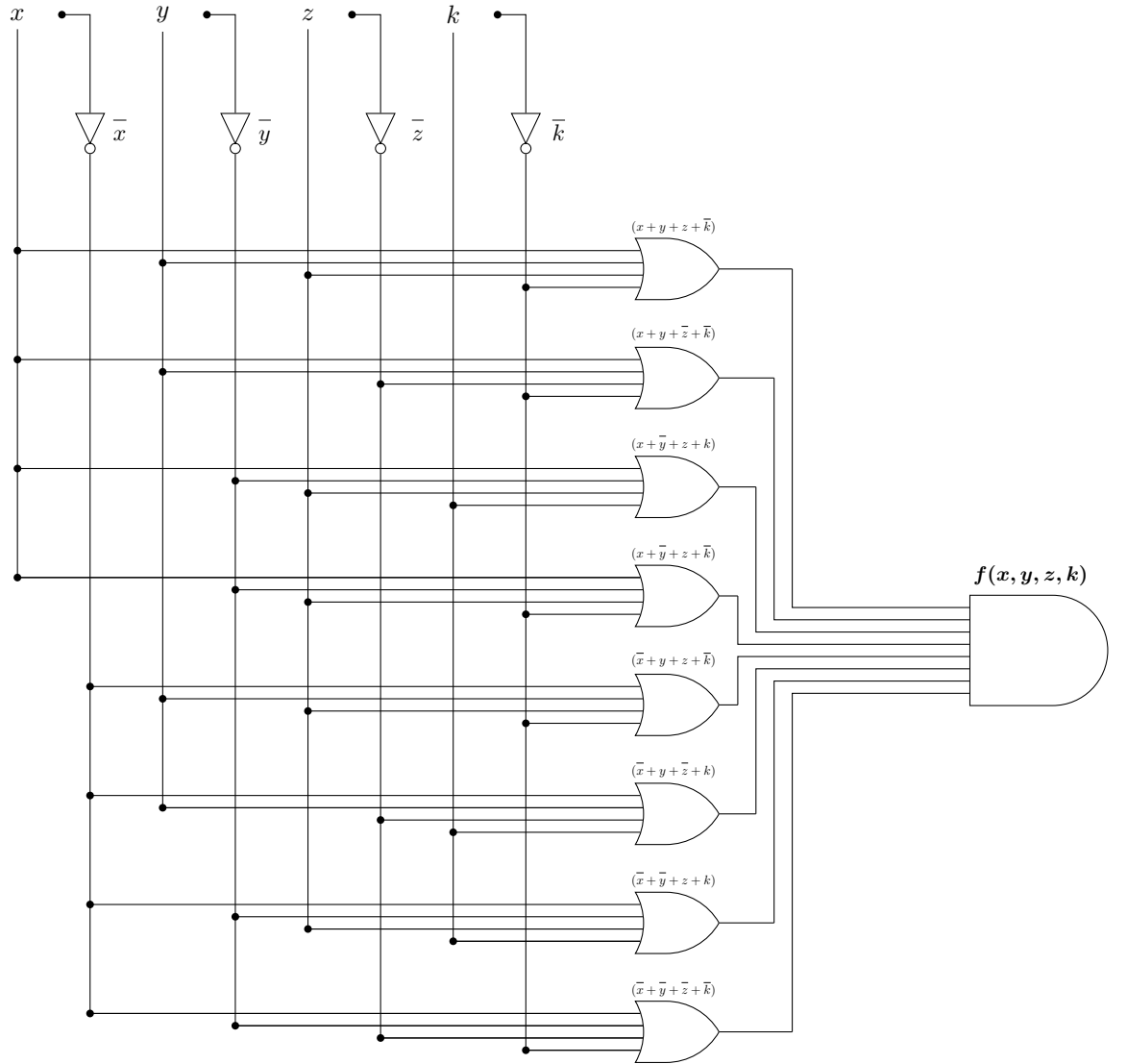
$$f(x, y, z, k) = (\bar{x} \cdot \bar{y} \cdot \bar{z} \cdot \bar{k}) + (\bar{x} \cdot \bar{y} \cdot z \cdot \bar{k}) + (\bar{x} \cdot y \cdot z \cdot \bar{k}) + (\bar{x} \cdot y \cdot z \cdot k) + (x \cdot \bar{y} \cdot \bar{z} \cdot \bar{k}) + (x \cdot \bar{y} \cdot z \cdot k) + (x \cdot y \cdot \bar{z} \cdot k) + (x \cdot y \cdot z \cdot \bar{k})$$





**Maxterm:**

$$f(x, y, z, k) = (x + y + z + \bar{k}) \cdot (x + y + \bar{z} + \bar{k}) \cdot (x + \bar{y} + z + k) \cdot (x + \bar{y} + z + \bar{k}) \cdot (\bar{x} + y + z + \bar{k}) \cdot (\bar{x} + y + \bar{z} + k) \cdot (\bar{x} + \bar{y} + z + k) \cdot (\bar{x} + \bar{y} + \bar{z} + \bar{k})$$



**Funzione semplificata:**

$$f(x, y, z, k) = (\bar{y} \cdot \bar{z} \cdot \bar{k}) + (x \cdot y \cdot \bar{z} \cdot k) + (x \cdot \bar{y} \cdot z \cdot k) + (\bar{x} \cdot y \cdot z) + (\bar{x} \cdot z \cdot \bar{k}) + (y \cdot z \cdot \bar{k})$$

