
Esercizi

1. Algebra booleana

Esercizio 1.1

Data la forma logica

$$F = (z(xy')' + x + yz')' + x'y'$$

Svolgere i seguenti punti:

- Applicare le regole dell'algebra per semplificare la forma riducendo il numero dei prodotti ed il numero dei letterali.
- Applicare all'espressione algebrica di partenza l'espansione di Shannon rispetto alla variabile z .

Esercizio 1.2

Data la forma logica

$$F = x'(y+z)' + z$$

$$G = (z' + x'(yz')')'$$

Svolgere i seguenti punti:

- Applicare le regole dell'algebra per semplificare le forme riducendo il numero dei prodotti ed il numero dei letterali.
- Ricavare le espressioni ridotte delle forme $F+G$ ed FG .
- Applicare all'espressione ridotta della forma algebrica G l'espansione di Shannon rispetto a tutte le variabili.

Esercizio 1.3

Data la forma logica

$$F = x'(xy + y'z)' + z'$$

Svolgere i seguenti punti:

- Applicare le regole dell'algebra in modo da ridurre l'espressione alla forma minima su due livelli.
- Trasformare il risultato ottenuto al punto precedente in modo da ottenere una espressione equivalente realizzabile unicamente mediante porte NAND a 2 ingressi.

Esercizio 1.4

Data le forme logiche

$$F = x'(x + yz')' + x$$

$$G = z + x(yz' + xy)'$$

Svolgere i seguenti punti:

- Applicare le regole dell'algebra per semplificare date.
- Ricavare le espressioni ridotte delle forme $F+G$ ed FG .
- Applicare all'espressione ridotta della forma algebrica $F+G$ l'espansione di Shannon rispetto alla variabile z .

2. Mappe di Karnaugh

Esercizio 2.1

Utilizzando il metodo delle mappe di Karnaugh sintetizzare la seguente funzione completamente specificata.

$\begin{matrix} cd \\ ab \end{matrix}$	00	01	11	10
00	1	0	0	1
01	1	0	1	0
11	0	0	1	0
10	1	0	0	1

Esercizio 2.2

Utilizzando il metodo delle mappe di Karnaugh sintetizzare la seguente funzione completamente specificata.

$\begin{matrix} cd \\ ab \end{matrix}$	00	01	11	10
00	0	0	0	1
01	1	0	0	1
11	1	1	1	1
10	0	0	0	0

Esercizio 2.3

Utilizzando il metodo delle mappe di Karnaugh sintetizzare la seguente funzione non completamente specificata.

$\begin{matrix} cd \\ ab \end{matrix}$	00	01	11	10
00	0	0	1	0
01	-	0	1	0
11	1	-	-	1
10	0	0	-	0

Esercizio 2.4

Utilizzando il metodo delle mappe di Karnaugh sintetizzare la seguente funzione non completamente specificata.

$\begin{matrix} cd \\ ab \end{matrix}$	00	01	11	10
00	-	0	0	0
01	0	0	-	1
11	1	-	-	1
10	1	0	0	0

Esercizio 2.5

Utilizzando il metodo delle mappe di Karnaugh sintetizzare le due funzioni seguenti condividendo eventuali implicanti comuni. Esprimere il costo in termini di implicanti, di letterali, di porte logiche generiche e di porte logiche a due ingressi.

	F1				F2				
$\begin{matrix} cd \\ ab \end{matrix}$	00	01	11	10	$\begin{matrix} cd \\ ab \end{matrix}$	00	01	11	10
00	0	1	0	1	00	0	0	0	1
01	1	0	0	0	01	0	0	0	0
11	1	0	0	0	11	1	1	0	0
10	0	1	1	0	10	0	1	1	0

Esercizio 2.6

Utilizzando il metodo delle mappe di Karnaugh sintetizzare le due funzioni seguenti condividendo eventuali implicanti comuni.

F1					F2				
cd \ ab	00	01	11	10	cd \ ab	00	01	11	10
00	0	0	0	0	00	1	0	1	0
01	1	1	1	1	01	1	1	1	0
11	0	1	1	0	11	1	0	0	0
10	0	0	0	0	10	1	0	0	0

Esercizio 2.7

Utilizzando il metodo delle mappe di Karnaugh sintetizzare le tre funzioni seguenti condividendo eventuali implicanti comuni.

F1					F2					F3				
cd \ ab	00	01	11	10	cd \ ab	00	01	11	10	cd \ ab	00	01	11	10
00	1	0	0	1	00	1	0	0	0	00	0	0	0	1
01	1	1	1	1	01	1	1	1	0	01	0	0	0	1
11	0	0	0	0	11	0	0	1	1	11	0	0	1	1
10	0	0	0	0	10	0	0	1	1	10	0	0	1	1

Esercizio 2.8

Data la seguente funzione ad una uscita, non completamente specificata:

$$f(a, b, c, d) = \Sigma(0, 2, 4, 5, 7, 10) + \Delta(1, 13, 14, 15)$$

Svolgere i seguenti punti:

- Sulla mappa di Karnaugh individuare gli implicanti primi riportandone la forma algebrica e separando gli implicanti primi da quelli primi ed essenziali.
- Ricavare la forma minima scegliendo un'opportuna copertura della funzione.
- Indicare il costo della forma ottenuta in termini di cardinalità dell'insieme degli implicanti e numero di letterali.

Esercizio 2.9

Data la seguente funzione ad una uscita, non completamente specificata:

$$f(a, b, c, d) = \Sigma(0, 2, 4, 5, 6, 8, 15) \Delta(7, 12, 14)$$

Svolgere i seguenti punti:

- Sulla mappa di Karnaugh individuare gli implicanti primi riportandone la forma algebrica e separando gli implicanti primi da quelli primi ed essenziali.
- Ricavare la forma minima scegliendo un'opportuna copertura della funzione.
- Indicare il costo in termini di numero di porte logiche generiche e numero di porte logiche a 2 ingressi.

Esercizio 2.10

Data la seguente funzione ad una uscita, non completamente specificata:

$$F(a, b, c, d) = \Phi(0, 2, 8, 10, 11, 14, 15) + \Delta(1, 9, 12)$$

Ricordando che Φ indica l'off-set, svolgere i seguenti punti:

- Sulla mappa di Karnaugh individuare gli implicati primi riportandone la forma algebrica e separando chiaramente gli implicati primi da quelli primi ed essenziali.
- Ricavare la forma minima come prodotto di somme scegliendo un'opportuna copertura della funzione.

3. Metodo di Quine-McCluskey

Esercizio 3.1

Sintetizzare la funzione $f()$ utilizzando il metodo di Quine-McCluskey, calcolando il costo in termini di letterali, di porte logiche generiche e di porte logiche a 2 ingressi.

$$f(a, b, c, d) = \Sigma(1, 3, 8, 9, 11, 14) + \Delta(0, 6, 10)$$

Esercizio 3.2

Utilizzando il metodo di Quine McCluskey realizzare la sintesi minima della funzione $f()$, calcolando il costo in termini di letterali, di porte logiche generiche e di porte logiche a 2 ingressi.

$$f(a, b, c, d) = \Sigma(0, 5, 6, 9, 10, 13, 15) + \Delta(2, 4, 8, 11)$$

Esercizio 3.3

Sintetizzare la forma minima della funzione $f()$ utilizzando il metodo di Quine-McCluskey, calcolando il costo in termini di letterali, di porte logiche generiche e di porte logiche a 2 ingressi.

$$f(a, b, c, d, e) = \Sigma(7, 8, 12, 13, 15, 18, 19, 22, 31) + \Delta(14, 23, 27)$$

Esercizio 3.4

Sintetizzare la funzione $f()$ utilizzando il metodo di Quine-McCluskey.

$$f(a, b, c, d) = \Sigma(1, 2, 10, 11, 13, 14) + \Delta(0, 6, 8)$$

Esercizio 3.5

Utilizzando il metodo di Quine McCluskey realizzare la sintesi minima della funzione $f()$, calcolando il costo in termini di letterali, di porte logiche generiche e di porte logiche a 2 ingressi.

$$f(a, b, c, d) = \Sigma(3, 5, 10, 11, 12, 14, 15) + \Delta(1, 2, 9)$$

Esercizio 3.6

Utilizzando il metodo di Quine McCluskey realizzare la sintesi minima della funzione $f()$.

$$f(a, b, c, d) = \Sigma(5, 6, 8, 9, 13, 14, 15) + \Delta(0, 3, 7)$$

Esercizio 3.7

Sintetizzare la seguente funzione logica utilizzando il metodo di Quine-McCluskey.

$$f(a, b, c, d) = \Sigma(0, 4, 7, 13, 15) + \Delta(2, 3, 8, 10, 12)$$

Esercizio 3.8

Sintetizzare la funzione $f()$ utilizzando il metodo di Quine-McCluskey.

$$f(a, b, c, d) = \Sigma(2, 3, 4, 5, 11, 12) + \Delta(0, 7, 8, 13)$$

Esercizio 3.9

Sintetizzare la funzione $f()$ utilizzando il metodo di Quine-McCluskey e commentarne l'unicità della soluzione.

$$F(a, b, c, d) = \Sigma(1, 5, 8, 12, 14, 15) + \Delta(2, 7, 13)$$

Esercizio 3.10

Data la seguente funzione ad una uscita non completamente specificata:

$$f(x, y, z, v) = \Sigma(0, 2, 4, 5, 8, 9, 14, 15) \Delta(6, 10, 13)$$

Ricavare la forma minima mediante il metodo di Quine-McCluskey, giustificando brevemente tutti i passi svolti.

Esercizio 3.11

Data la seguente funzione ad una uscita non completamente specificata:

$$f(a, b, c, d) = \Sigma(0, 2, 8, 10, 11, 14, 15) \Delta(1, 9, 12)$$

Ricavare la forma minima mediante il metodo di Quine-McCluskey, giustificando brevemente tutti i passi svolti ed in particolare il procedimento seguito per la fase di copertura.

Esercizio 3.12

Data la seguente funzione ad una uscita non completamente specificata:

$$f(a, b, c, d) = \Sigma(0, 1, 7, 8, 9, 10, 13) + \Delta(3, 5, 11)$$

Ricavare la forma minima mediante il metodo di Quine-McCluskey, giustificando brevemente tutti i passi svolti ed in particolare il procedimento seguito per la fase di copertura.

Esercizio 3.13

Data la seguente funzione a più uscite:

$$f(a, b, c, d) = |f_1; f_2| = \Sigma_1(0, 8, 14, 15) + \Delta_1(1, 3, 10, 11); \\ \Sigma_2(0, 3, 4, 7, 14, 15) + \Delta_2(1, 6, 13)$$

Svolgere i seguenti punti:

- Ricavare la forma minima applicando il metodo di Quine-McCluskey per funzioni a più uscite.
- Giustificare tutti i passi.
- Riportare la forma algebrica della funzione ottenuta e la rappresentazione circuitale.
- Calcolare il costo complessivo come numero di letterali e come numero di porte logiche a due ingressi.

Esercizio 3.14

Data la seguente funzione a più uscite:

$$F(a, b, c, d) = |f_1; f_2| = \Sigma_1(6, 7, 8, 10) + \Delta_1(9, 11, 14, 15); \\ \Sigma_2(0, 3, 6, 7, 8, 11) + \Delta_2(2, 5, 9)$$

Svolgere i seguenti punti:

- Ricavare la forma minima applicando il metodo di Quine-McCluskey per funzioni a più uscite. Giustificare tutti i passi e le scelte effettuate in fase di copertura.
- Riportare la forma algebrica minima delle funzioni ottenute.
- Calcolare il costo complessivo, espresso come numero di letterali e come numero di implicant.

Esercizio 3.15

Data la seguente funzione a più uscite:

$$F(a, b, c, d) = |f_1; f_2| = \Sigma_1(1, 2, 5, 10) + \Delta_1(3, 6, 7, 14); \\ \Sigma_2(1, 4, 5, 6, 8, 10) + \Delta_2(0, 13, 14)$$

Svolgere i seguenti punti:

- Ricavare la forma minima applicando il metodo di Quine-McCluskey per funzioni a più uscite. Giustificare tutti i passi e le scelte effettuate in fase di copertura.
- Riportare la forma algebrica minima delle funzioni ottenute.
- Calcolare il costo complessivo, espresso come numero di letterali e come numero di implicant.

Soluzioni

1. Algebra booleana

Esercizio 1.1

$$\begin{aligned} F &= (z(xy')' + x + yz')' + x'y' \\ &= (z(x'+y) + x + yz')' + x'y' \\ &= (zx' + zy + x + yz)' + x'y' \\ &= (x + y + z)' + x'y' \\ &= x'y'z' + x'y' \\ &= x'y' \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F(0) &= (0(xy')' + x + y1)' + x'y' \\ &= (x + y)' + x'y' \\ &= x'y' + x'y' \\ &= x'y' \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F(1) &= (1(xy')' + x + y0)' + x'y' \\ &= (x' + y + x)' + x'y' \\ &= (1)' + x'y' \\ &= x'y' \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F &= z'F(0) + zF(1) \\ &= z'x'y' + zx'y' \end{aligned}$$

Esercizio 1.2

$$\begin{aligned} F &= x'(y+z)' + z \\ &= x'y'z' + z \\ &= x'y' + z \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} G &= (z' + x'(yz'))' \\ &= (z' + x'(y' + z))' \\ &= (z' + x'y' + x'z)' \\ &= (z' + x'y' + x')' \\ &= (z' + x')' \\ &= zx \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F+G &= x'y' + z + zx \\ &= x'y' + z \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} FG &= (x'y' + z)zx \\ &= zx \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F(000) &= 0 \\ F(001) &= 0 \\ F(010) &= 0 \\ F(011) &= 0 \\ F(100) &= 0 \\ F(101) &= 1 \\ F(110) &= 0 \\ F(111) &= 1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F &= x'y'z'F(000) + \dots + xyzF(111) \\ &= xy'zF(101) + xyzF(111) \\ &= xy'z + xyz \end{aligned}$$

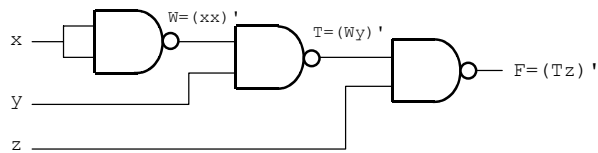
Esercizio 1.3

$$\begin{aligned} F &= x' (xy + y'z)' + z' \\ &= x' ((xy)' (y'z)') + z' \\ &= x' (x' + y') (y + z') + z' \\ &= x' (x'y + x'z' + y'z') + z' \\ &= x'y + x'z' + x'y'z' + z' \\ &= x'y + z' \end{aligned}$$

$$F = ((x'y)'z)' = (Tz)'$$

$$T = (x'y)' = (\overline{W}y)'$$

$$\overline{W} = x' = (\overline{xx})'$$



Esercizio 1.4

$$\begin{aligned} F &= x' (x + yz')' + x \\ &= x' (x' (yz')') + x \\ &= x' (x' (y' + z)) + x \\ &= x'y' + x'z + x \\ &= y' + z + x \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} G &= z + x(yz' + xy)' \\ &= z + x(yz')' (xy)' \\ &= z + x(y' + z)(x' + y')' \\ &= z + x(y'x' + y' + zx' + zy') \\ &= z + xy' + xzy' \\ &= z + xy' \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F + G &= (y' + z + x) + (z + xy') \\ &= y' + z + x \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} FG &= (y' + z + x)(z + xy') \\ &= y'z + xy' + z + zxy' + xz + xy' \\ &= xy' + z \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F(0) &= y' + 0 + x \\ &= y' + x \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F(1) &= y' + 1 + x \\ &= 1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F &= z'F(0) + zF(1) \\ &= z'(y' + x) + z \end{aligned}$$

2. Mappe di Karnaugh

Esercizio 2.1

Implicanti e copertura:

cd ab	00	01	11	10
00	1	0	0	1
01	1	0	1	0
11	0	0	1	0
10	1	0	0	1

Forma algebrica:

$$f = b'd' + bdc + a'c'd'$$

Esercizio 2.2

Implicanti e copertura:

cd ab	00	01	11	10
00	0	0	0	1
01	1	0	0	1
11	1	1	1	1
10	0	0	0	0

Forma algebrica:

$$f = ab + bc'd' + a'cd'$$

Esercizio 2.3

Implicanti e copertura:

cd ab	00	01	11	10
00	0	0	1	0
01	-	0	1	0
11	1	-	-	1
10	0	0	-	0

Forma algebrica:

$$f = ab + cd$$

Esercizio 2.4

Implicanti e copertura:

cd ab	00	01	11	10
00	-	0	0	0
01	0	0	-	1
11	1	-	-	1
10	1	0	0	0

Forma algebrica:

$$f = bc + ac'd'$$

Esercizio 2.5

Funzione prodotto F1 and F2:

cd ab	00	01	11	10
00	0	0	0	1
01	0	0	0	0
11	0	0	0	0
10	0	1	1	0

Implicanti:

$$g = ab'd$$

$$h = a'b'cd'$$

$$w = g + h = ab'd + a'b'cd'$$

Copertura:

F1					F2				
cd ab	00	01	11	10	cd ab	00	01	11	10
00	0	1	0		00	0	0	0	
01	1	0	0	0	01	0	0	0	0
11	1	0	0	0	11	1	1	0	0
10	0			0	10	0			0

Forma algebrica (2 livelli):

$$F1 = b'c'd + bc'd' + g + h$$

$$F2 = abc' + g + h$$

Oppure, forma algebrica (più livelli):

$$F1 = b'c'd + bc'd' + w$$

$$F2 = abc' + w$$

Esercizio 2.6

Funzione prodotto F1 and F2:

cd ab	00	01	11	10
00	0	0	0	0
01	1	1	1	0
11	0	0	0	0
10	0	0	0	0

Implicanti:

$$g = a'bd$$

$$h = a'bc$$

$$w = g + h = a'bd + a'bc$$

Copertura:

F1					F2				
cd ab	00	01	11	10	cd ab	00	01	11	10
00	0	0	0	0	00	1	0	1	0
01	1	1	1	1	01	1			0
11	0	1	1	0	11	1	0	0	0
10	0	0	0	0	10	1	0	0	0

Forma algebrica (2 livelli):

$$F1 = a'b + bd$$

$$F2 = c'd' + a'cd + g$$

Esercizio 2.7

Funzione prodotto F1 and F2:

cd ab	00	01	11	10
00		0	0	0
01				0
11	0	0	0	0
10	0	0	0	0

Implicanti:

$$g = a'c'd'$$

$$h = a'bd$$

Funzione prodotto F1 and F3:

cd ab	00	01	11	10
00	0	0	0	
01	0	0	0	
11	0	0	0	0
10	0	0	0	0

Implicanti:

$$i = a'cd'$$

Funzione prodotto F2 and F3:

cd ab	00	01	11	10
00	0	0	0	0
01	0	0	0	0
11	0	0	1	1
10	0	0	1	1

Implicanti:

$$m = ac$$

Copertura

		F1			
cd ab		00	01	11	10
00		0	0	0	0
01		0	1	1	0
11		0	0	0	0
10		0	0	0	0

		F2			
cd ab		00	01	11	10
00		0	0	0	0
01		0	0	0	0
11		0	0	1	1
10		0	0	1	1

Funzione prodotto F1 and F2 and F3:

cd ab	00	01	11	10
00	0	0	0	0
01	0	0	0	0
11	0	0	0	0
10	0	0	0	0

Implicanti:

Nessuno

		F3			
cd ab		00	01	11	10
00		0	0	0	0
01		0	0	0	0
11		0	0	1	1
10		0	0	1	1

Forma algebrica (2 livelli):

$$F1 = a'b + g + i$$

$$F2 = g + h + m$$

$$F3 = i + m$$

Esercizio 2.8

Mappa di karnaugh:

cd ab	00	01	11	10
00	1	-	0	1
01	1	1	1	0
11	0	-	-	-
10	0	0	0	1

Implicanti primi (bordo sottile):

$$P1 = a'b'd'$$

$$P2 = acd'$$

$$P3 = b'cd'$$

Implicanti primi essenziali (bordo spesso):

$$P4 = a'b'$$

$$P5 = bd$$

Copertura:

$$F = P4 + P5 + P3 = a'b' + bd + b'cd'$$

Costi:

$$\text{Letterali} = 7$$

$$\text{Implicanti} = 3$$

Esercizio 2.9

Mappa di karnaugh:

cd ab	00	01	11	10
00	1	0	0	1
01	1	1	-	1
11	-	0	1	-
10	1	0	0	0

Si hanno tutti implicanti primi essenziali:

$$P1 = a'd'$$

$$P2 = bc$$

$$P3 = c'd'$$

$$P4 = a'b$$

Copertura:

$$F = P1+P2+P3+P4 = a'd'+bc+c'd'+a'b$$

Costi:

$$\text{Porte generiche} = 4 \text{ AND} + 1 \text{ OR}$$

$$\text{Porte a 2 ingressi} = 4 \text{ AND} + 3 \text{ OR}$$

Esercizio 2.10

Mappa di karnaugh:

cd ab	00	01	11	10
00	0	-	1	0
01	1	1	1	1
11	-	1	0	0
10	0	-	0	0

Implicati primi (brdo sottile):

$$S1 = b+c$$

$$S2 = a'+d$$

$$S3 = a'+b$$

Implicati primi essenziali (brdo spesso):

$$S4 = b+d$$

$$S5 = a'+c'$$

Copertura:

$$F = S4S5 = (b+d)(a'+c')$$

3. Metodo di Quine-McCluskey

Esercizio 3.1

Codifica:

Decimale	Binaria
1	0001
3	0011
8	1000
9	1001
11	1011
14	1110
0	0000
6	0110
10	1010

Lista iniziale:

```

-----
0000  v
-----
0001  v
1000  v
-----
0011  v
1001  v
0110  v
1010  v
-----
1011  v
1110  v
-----

```

Lista 1:

```

-----
000-  v
-000  v
-----
00-1  v
-001  v
-----
100-  v
10-0  v
-----
-011  v
10-1  v
-110
101-  v
1-10
-----

```

Lista 2:

```

-----
-00-
-----
-0-1
10--
-----

```

Implicanti:

$$P00 = -110 = bcd'$$

$$P01 = 1-10 = acd'$$

$$P02 = -00- = b'c'$$

$$P03 = -0-1 = b'd$$

$$P04 = 10-- = ab'$$

Tabella di copertura:

	1	3	8	9	11	14
P00						X
P01						X
P02	X		X	X		
P03	X	X		X	X	
P04			X	X	X	

P3 essenziale per 3.

Copertura = {P03}

	1	3	8	9	11	14
P00						X
P01						X
P02	X		X	X		
P03	X	X		X	X	
P04			X	X	X	

Nuova tabella di copertura:

	8	14
P00		X
P01		X
P02	X	
P04	X	

Non si ha essenzialità né dominanza.

Per coprire 8 si può scegliere P00 o P01

Per coprire 14 si può scegliere P02 o P04

Si hanno quattro soluzioni:

$C1 = \{P03, P00, P02\}$

$C2 = \{P03, P01, P02\}$

$C3 = \{P03, P00, P04\}$

$C4 = \{P03, P01, P04\}$

Per tutte le funzioni si hanno i seguenti costi:

Implicanti = 3

Letterali = 7

Porte generiche = 3 AND + 1 OR

Porte a 2 ingressi = 4 AND + 2 OR

Esercizio 3.2

Implicanti:

$P00 = 010- = A'BC'$

$P01 = -101 = BC'D$

$P02 = 0--0 = A'D'$

$P03 = -0-0 = B'D'$

$P04 = 10-- = AB'$

$P05 = 1--1 = AD$

Matrice di copertura:

	0	5	6	9	10	13	15
P00		X					
P01		X				X	
P02	X		X				
P03	X				X		
P04				X	X		
P05				X		X	X

Copertura: P02, P05

	5	9	10	13
P00	X			
P01	X			X
P03			X	
P04		X	X	

Copertura: P02, P05, P01, P04

Esercizio 3.3

Implicanti

$$P00 = 01-00 = A'BD'E'$$

$$P01 = 011-- = A'BC$$

$$P02 = 10-1- = AB'D$$

$$P03 = --111 = CDE$$

$$P04 = 1--11 = ADE$$

Matrice di copertura:

	7	8	12	13	15	18	19	22	31
P00		X	X						
P01			X	X	X				
P02						X	X	X	
P03	X				X				X
P04							X		X

Copertura: P00, P01, P02 P03

Esercizio 3.4

Implicanti:

$$P00 = 1101 = ABC'D$$

$$P01 = 000- = A'B'C'$$

$$P02 = 101- = AB'C$$

$$P03 = -0-0 = B'D'$$

$$P04 = --10 = CD'$$

Matrice di copertura:

	1	2	10	11	13	14
P00					X	
P01	X					
P02			X	X		
P03		X	X			
P04		X	X			X

Copertura: P00, P01, P02, P04

Esercizio 3.5

Implicanti:

$$P00 = 0-01 = A'C'D$$

$$P01 = 11-0 = ABD'$$

$$P02 = -0-1 = B'D$$

$$P03 = -01- = B'C$$

$$P04 = 1-1- = AC$$

Matrice di copertura:

	3	5	10	11	12	14	15
P00		X					
P01					X	X	
P02	X			X			
P03	X		X	X			
P04			X	X		X	X

Copertura: P00, P01, P04

	3
P02	X
P03	X

Coperture equivalenti:

$C1 = P00, P01, P04, P02$

$C1 = P00, P01, P04, P03$

Esercizio 3.6

Implicanti:

$P00 = -000 = B'C'D'$

$P01 = 100- = AB'C'$

$P02 = 1-01 = AC'D$

$P03 = 0-11 = A'CD$

$P04 = -1-1 = BD$

$P05 = -11- = BC$

Matrice di copertura:

	5	6	8	9	13	14	15
P00			X				
P01			X	X			
P02				X	X		
P03							
P04	X				X		X
P05		X				X	X

Copertura: P04, P05

	8	9
P00	X	
P01	X	X
P02		X
P03		

Copertura: P04, P05

	8	9
P01	X	X

Copertura: P04, P05, P01

Esercizio 3.7

Implicanti:

$P00 = 001- = A'B'C$

$P01 = 0-11 = A'CD$

$P02 = 110- = ABC'$

$P03 = -111 = BCD$

$P04 = 11-1 = ABD$

$P05 = --00 = C'D'$

$P06 = -0-0 = B'D'$

Matrice di copertura:

	0	4	7	13	15
P00					
P01			X		
P02				X	
P03			X		X
P04				X	X
P05	X	X			
P06	X				

Copertura: P05

	7	13	15
P01	X		
P02		X	
P03	X		X
P04		X	X

Copertura: P05

	7	13	15
P03	X		X
P04		X	X

Copertura: P05

	7	13
P03	X	
P04		X

Copertura: P05, P03, P04

Esercizio 3.8

Implicanti:

$$P00 = 00-0 = A'B'D'$$

$$P01 = 001- = A'B'C$$

$$P02 = -011 = B'CD$$

$$P03 = 0-11 = A'CD$$

$$P04 = 01-1 = A'BD$$

$$P05 = --00 = C'D'$$

$$P06 = -10- = BC'$$

Matrice di copertura:

	2	3	4	5	11	12
P00	X					
P01	X	X				
P02		X			X	
P03		X				
P04				X		
P05			X			X
P06			X	X		X

Copertura: P02

	2	4	5	12
P00	X			
P01	X			
P04			X	
P05		X		X
P06		X	X	X

Copertura: P02

	2	4	5	12
P00	X			
P01	X			
P06		X	X	X

Copertura: P02, P06

	2
P00	X
P01	X

Due coperture equivalenti:

$$C1 = P02, P06, P00$$

$$C1 = P02, P06, P01$$

Esercizio 3.9

Implicanti:

$$P00 = 0010 = A'B'CD'$$

$$P01 = 0-01 = A'C'D$$

$$P02 = 1-00 = AC'D'$$

$$P03 = -1-1 = BD$$

$$P04 = 11-- = AB$$

Matrice di copertura:

	1	5	8	12	14	15
P00						
P01	X	X				
P02			X	X		
P03		X				X
P04				X	X	X

Copertura: P01, P02, P04

Esercizio 3.10

Implicanti:

$$P00 = 010- = A'BC'$$

$$P01 = 100- = AB'C'$$

$$P02 = -101 = BC'D$$

$$P03 = 1-01 = AC'D$$

$$P04 = 111- = ABC$$

$$P05 = 11-1 = ABD$$

$$P06 = 0--0 = A'D'$$

$$P07 = -0-0 = B'D'$$

$$P08 = --10 = CD'$$

Matrice di copertura:

	0	2	4	5	8	9	14	15
P00			X	X				
P01					X	X		
P02				X				
P03						X		
P04							X	X
P05								X
P06	X	X	X					
P07	X	X			X			
P08		X					X	

Copertura: {}

	0	2	4	5	8	9	14	15
P00			X	X				
P01					X	X		
P04							X	X
P06	X	X	X					
P07	X	X			X			
P08		X					X	

Copertura: {}

	0	5	9	15
P00		X		
P01			X	
P04				X
P06	X			
P07	X			

Copertura: P00, P01, P04

	0
P06	X
P07	X

Due coperture equivalenti:

$$C1 = P00, P01, P04, P06$$

$$C1 = P00, P01, P04, P07$$

Esercizio 3.11

Implicanti:

$$P00 = -0-0 = B'D'$$

$$P01 = -00- = B'C'$$

$$P02 = 10-- = AB'$$

$$P03 = 1--0 = AD'$$

$$P04 = 1-1- = AC$$

Matrice di copertura:

	0	2	8	10	11	14	15
P00	X	X	X	X			
P01	X		X				
P02			X	X	X		
P03			X	X		X	
P04				X	X	X	X

Copertura: P00, P04

Esercizio 3.12

Implicanti:

$$P00 = -00- = B'C'$$

$$P01 = -0-1 = B'D$$

$$P02 = --01 = C'D$$

$$P03 = 0--1 = A'D$$

$$P04 = 10-- = AB'$$

Matrice di copertura:

	0	1	7	8	9	10	13
P00	X	X		X	X		
P01		X			X		
P02		X			X		X
P03		X	X				
P04				X	X	X	

Copertura: P00, P02, P03, P04

Esercizio 3.13

Implicanti:

$$P00 [01] = -000 = B'C'D'$$

$$P01 [11] = 000- = A'B'C'$$

$$P02 [10] = 0-00 = A'C'D'$$

$$P03 [01] = 10-0 = AB'D'$$

$$P04 [11] = 00-1 = A'B'D$$

$$P05 [10] = 01-0 = A'BD'$$

$$P06 [01] = -011 = B'CD$$

$$P07 [10] = 0-11 = A'CD$$

$$P08 [11] = 111- = ABC$$

$$P09 [10] = 11-1 = ABD$$

$$P10 [01] = 1-1- = AC$$

$$P11 [10] = -11- = BC$$

Le parentesi quadre indicano l'appartenenza alle funzioni:

[01]: solo F1

[10]: solo F2

[11]: F1 e F2

Matrice di copertura:

	F1				F2					
	0	8	14	15	0	3	4	7	14	15
P00	X	X								
P01	X				X					
P02					X		X			
P03		X								
P04						X				
P05							X			
P06										
P07						X		X		
P08			X	X					X	X
P09										X
P10			X	X						
P11								X	X	X

Copertura:

F1 = {}

F2 = {}

	F1				F2					
	0	8	14	15	0	3	4	7	14	15
P00	X	X								
P01	X				X					
P02					X		X			
P06										
P07						X		X		
P08			X	X					X	X
P11								X	X	X

Copertura:

F1 = P00

F2 = {}

	F1		F2					
	14	15	0	3	4	7	14	15
P01			X					
P02			X		X			
P06								
P07				X		X		
P08	X	X					X	X
P11						X	X	X

Copertura:

F1 = P00, P08

F2 = P08

	F2			
	0	3	4	7
P01	X			
P02	X		X	
P06				
P07		X		X
P11				X

Copertura:

$$F1 = P00, P08$$

$$F2 = P08$$

	F2			
	0	3	4	7
P02	X		X	
P07		X		X

Copertura:

$$F1 = P00, P08$$

$$F2 = P08, P02, P07$$

Esercizio 3.14

Implicanti

$$P00 [10] = -000 = B'C'D'$$

$$P01 [10] = 00-0 = A'B'D'$$

$$P02 [11] = 100- = AB'C'$$

$$P03 [11] = 011- = A'BC$$

$$P04 [11] = 10-1 = AB'D$$

$$P05 [10] = -011 = B'CD$$

$$P06 [10] = 01-1 = A'BD$$

$$P07 [01] = 10-- = AB'$$

$$P08 [10] = 0-1- = A'C$$

$$P09 [01] = -11- = BC$$

$$P10 [01] = 1-1- = AC$$

Matrice di copertura:

	F1				F2					
	6	7	8	10	0	3	6	7	8	11
P00					X				X	
P01					X					
P02			X						X	
P03	X	X					X	X		
P04										X
P05						X				X
P06								X		
P07			X	X						
P08						X	X	X		
P09	X	X								
P10				X						

Copertura:

$$F1 = \{\}$$

$$F2 = \{\}$$

	F1				F2					
	6	7	8	10	0	3	6	7	8	11
P00					X				X	
P02			X						X	
P03	X	X					X	X		
P05						X				X
P07			X	X						
P08						X	X	X		

Copertura:

F1 = P03

F2 = P03

	F1		F2			
	8	10	0	3	8	11
P00			X		X	
P02	X				X	
P05				X		X
P07	X	X				
P08				X		

Copertura:

F1 = P03

F2 = P03

	F1		F2			
	8	10	0	3	8	11
P00			X		X	
P02	X				X	
P05				X		X
P07	X	X				

Copertura:

F1 = P03

F2 = P03, P00

	F1		F2	
	8	10	3	11
P02	X			
P05			X	X
P07	X	X		

Copertura:

F1 = P03

F2 = P03, P00

	F1		F2	
	8	10	3	11
P05			X	X
P07	X	X		

Copertura:

F1 = P03

F2 = P03, P00, P05

	F1	
	8	10
P07	X	X

Copertura:

F1 = P03, P07

F2 = P03, P00, P05

Esercizio 3.15

Implicanti

- P00 [10] = -000 = B'C'D'
- P01 [11] = 0-01 = A'C'D
- P02 [10] = 01-0 = A'BD'
- P03 [10] = 10-0 = AB'D'
- P04 [10] = -101 = BC'D
- P05 [11] = 1-10 = ACD'
- P06 [11] = -110 = BCD'
- P07 [10] = 0-0- = A'C'
- P08 [01] = 0--1 = A'D
- P09 [01] = --10 = CD'
- P10 [01] = 0-1- = A'C

Matrice di copertura:

	F1				F2					
	1	2	5	10	1	4	5	6	8	10
P00									X	
P01	X		X		X		X			
P02						X		X		
P03									X	X
P04							X			
P05				X						X
P06								X		
P07					X	X	X			
P08	X		X							
P09		X		X						
P10		X								

Copertura:

F1 = {}

F2 = {}

	F1				F2					
	1	2	5	10	1	4	5	6	8	10
P01	X		X		X		X			
P02						X		X		
P03									X	X
P05				X						X
P07					X	X	X			
P09		X		X						

Copertura:

F1 = P01

F2 = P01

	F1		F2			
	2	10	4	6	8	10
P02			X	X		
P03					X	X
P05		X				X
P09	X	X				

Copertura:

F1 = P01

F2 = P01

	F1		F2			
	2	10	4	6	8	10
P02			X	X		
P03					X	X
P05		X				X
P09	X	X				

Copertura:

F1 = P01

F2 = P01, P02

	F1		F2	
	2	10	8	10
P03			X	X
P05		X		X
P09	X	X		

Copertura:

F1 = P01

F2 = P01, P02, P03

	F1	
	2	10
P05		X
P09	X	X

Copertura:

F1 = P01

F2 = P01, P02, P03

	F1	
	2	10
P09	X	X

Copertura:

F1 = P01, P09

F2 = P01, P02, P03