

## Relazione Elaborato SIS

Candidati:

**Marco Strambini**

Matricola VRstoCazzo

**Andrea Olivieri**

Matricola VR353886



# Indice

<b>1</b>	<b>Introduzione</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>FSMD</b>	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>FSM</b>	<b>9</b>
<b>4</b>	<b>Datapath</b>	<b>11</b>
4.1	Composizione . . . . .	12
4.1.1	velox.blif . . . . .	12
4.1.2	signal.blif . . . . .	12
4.1.3	ruota_principale.blif . . . . .	12
4.1.4	ruota.blif . . . . .	13
4.1.5	diff.blif . . . . .	14
4.1.6	or3.blif . . . . .	14
<b>5</b>	<b>Mapping e ottimizzazione</b>	<b>17</b>



# Capitolo 1

## Introduzione

Il progetto è incentrato sulla realizzazione di un circuito che verrà utilizzato in un sistema automobilistico in cui verrà utilizzato come dispositivo per la rilevazione di foratura di pneumatici. È stato realizzato in SIS, partendo da una rappresentazione concettuale grafica, indipendente dall'architettura finale, per poi mappare il prodotto finale in una libreria di componenti chiamata **synch.genlib**.

Di notevole importanza è stata la realizzazione del progetto in high synthesis level: è stato creato un programma in Excel che simulasse il comportamento del circuito in modo da capire, oltre al funzionamento, la divisione del lavoro tra datapath e fsm.

Si è partiti da una due progetti distinti, creando la parte FSM e la parte Datapath, allacciando poi le due parti per creare la FSMD.



## Capitolo 2

# FSMD

La FSMD è composta da 14 input (STEERING, RESET, SPEED a 8 bit, ROTDXF, ROTDXR, ROT SXF, ROT SXR) e da 1 output (LIGHT). Quando avviene un malfunzionamento (ossia la foratura di una gomma), monitorato dalla campionatura della velocità e delle rotazioni della ruota anteriore destra, l'output vale 1 e quindi viene segnalato un guasto.

Questo componente contiene due sottocomponenti, la FSM che si occupa di tener traccia dello stato attuale del controllo, e del Datapath, che si deve occupare dell'esecuzione dei calcoli e quindi dei confronti della velocità e delle rotazioni.

Il Datapath ha un output direzionato verso la FSM, per generare il segnale di START, mentre la FSM ha un output verso il Datapath per generare il segnale di RESTART; entrambi servono alla campionatura dei controlli.

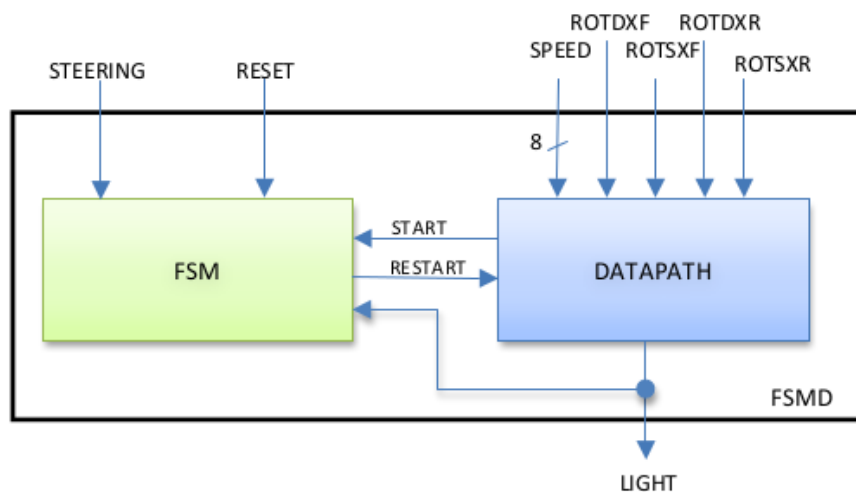


Figura 2.1: FSMD





## Capitolo 3

# FSM

Per capire il funzionamento, bisogna prima analizzare gli inputs e gli outputs:

- START è un output del DATAPATH: vale 1 se la velocità rilevata è maggiore di  $10 \frac{Km}{h}$ ;
- RESET rappresenta un ingresso che serve per resettare il dispositivo: il bit di reset blocca il conteggio dei giri dei pneumatici senza azzerare il numero di giri già calcolato;
- STEERING rappresenta la fase di sterzo: vale 1 se l'automobile sta sterzando;
- LIGHT è un output del DATAPATH e vale 1 se almeno uno pneumatico è forato (in base al calcolo del datapath).

- RESTART è l'output della FSM e un input del DATAPATH, vale 1 se, con una velocità maggiore di 10 Km/h, l'automobile è in fase di sterzo;

Ora si possono considerare gli stati di questa FSM: sono 4 stati che rappresentano 4 situazioni differenti del sistema di controllo.

PARK è lo stato iniziale della FSM. L'automobile si trova in questo stato quando la sua velocità è inferiore a 10 Km/h o quando riceve il segnale di reset. In questo stato non viene incrementato il numero di giri dei pneumatici in quanto la velocità dell'automobile è troppo bassa (come da specifiche).

COUNT è lo stato in cui si avviano i conteggi del numero di giri di ogni pneumatico. Questo stato si può raggiungere quando START vale 1 e gli altri ingressi sono posti a 0.

STOP\_COUNT è lo stato in cui si interrompe il conteggio dei giri di ogni pneumatico in quanto l'automobile è in fase di sterzo. Questo stato è raggiungibile da tutti gli altri stati se e solo se START e STEERING valgono 1, mentre gli altri ingressi sono posti a 0. In questo caso l'automobile ha una velocità maggiore di 10 Km/h ed è in fase di sterzo.

LIGHT è lo stato in cui si accende la spia che indica la foratura di uno pneumatico. Questo stato è raggiungibile dagli altri se e solo se START e LIGHT valgono 1 e RESET vale 0.

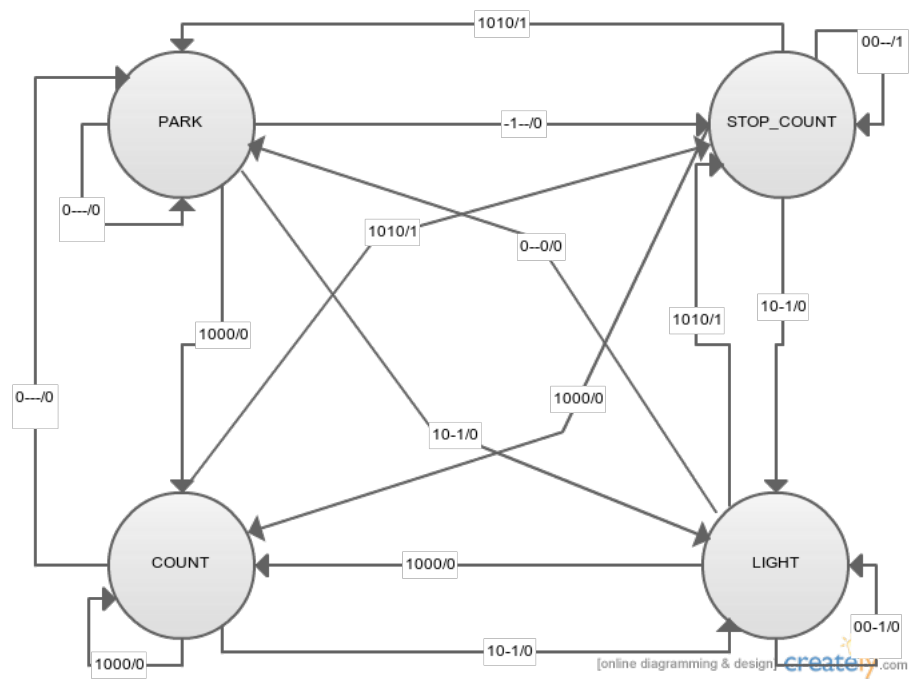


Figura 3.1: FSM

## Capitolo 4

# Datapath

Per capire il funzionamento, bisogna prima analizzare gli inputs e gli outputs:

- RESTART è l'output della FSM: vale 1 se, con una velocità maggiore di 10 Km/h, l'automobile è in fase di sterzo;
- SPEED rappresenta la velocità dell'automobile: è espressa in modulo a 8 bit e può assumere valori da 0 a 255;
- ROTDXF rappresenta la ruota anteriore destra: vale 1 se la ruota fa un giro completo;
- ROT SXF rappresenta la ruota anteriore sinistra: vale 1 se la ruota fa un giro completo;
- ROTDXR rappresenta la ruota posteriore destra: vale 1 se la ruota fa un giro completo;
- ROT SXR rappresenta la ruota posteriore sinistra: vale 1 se la ruota fa un giro completo.
- START è un output del DATAPATH e un input della FSM: vale 1 se la velocità dell'automobile risulta maggiore di 10 Km/h;
- LIGHT è un output del DATAPATH e un input della FSM, è anche l'output del circuito sequenziale; vale 1 se è stato riscontrato che almeno uno pneumatico ha effettuato un numero di giri troppo basso per poter sembrare non forato.

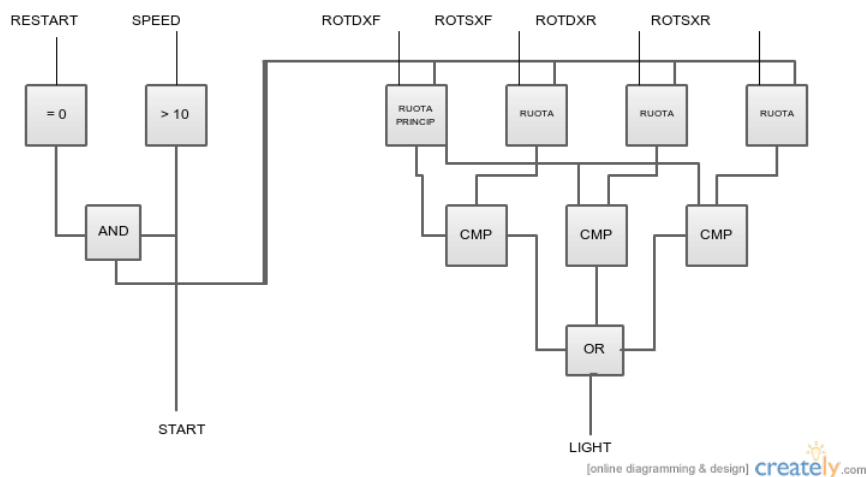


Figura 4.1: Datapath

## 4.1 Composizione

Il DATAPATH è costituito dai seguenti file con estensione .blif: velox.blif signal.blif ruota\_principale.blif ruota.blif diff.blif or3.blif

### 4.1.1 velox.blif

Restituisce 1 se e solo se gli 8 bit di input rappresentano un valore maggiore di 10. In questo caso l'output di velocita.blif costituisce l'output START del DATAPATH. Esso indica che la velocità dell'automobile è superiore a 10 Km/h.

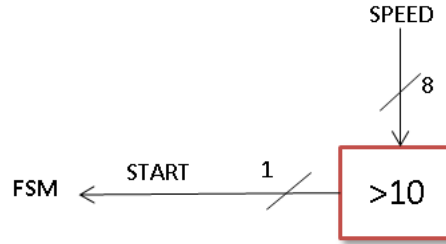


Figura 4.2: Velox

### 4.1.2 signal.blif

Riceve come input i valori di RESTART (1 bit) e SPEED (8 bit). Se il bit di RESTART vale 0 e la velocità è superiore a 10 km/h, allora restituisce 1, altrimenti restituisce 0.

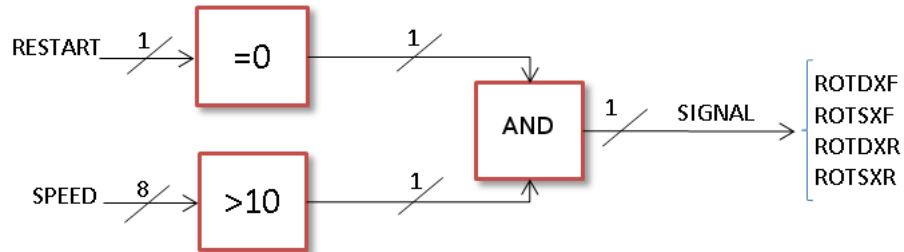


Figura 4.3: Signal

### 4.1.3 ruota\_principale.blif

Riceve in input il bit restituito dal file segnale.blif SIGNAL e ROTDXF. Se SIGNAL vale 0, il multiplexer seleziona la costante 0. Questo caso si verifica quando l'automobile si trova in fase di sterzo oppure ha una velocità troppo bassa. In queste due condizioni il dispositivo non incrementa il numero di giri del pneumatico, ma continua a sommare 0 al numero che rappresenta i giri del pneumatico, il quale rimane invariato. Altrimenti, se SIGNAL vale 1, il multiplexer seleziona il valore della ruota, che potrebbe essere 0, se la ruota non ha effettuato un giro completo, oppure 1, se la ruota ha effettuato un giro completo. Il registro, inizializzato a 0, memorizza un numero a 6 bit che rappresenta il numero di giri completi effettuati dalla ruota. Il contatore prende in input il valore contenuto dal registro e la costante appena selezionata dal multiplexer, sommando al primo la costante e restituendo un numero che potrebbe essere invariato, se è stato sommato 0, oppure

incrementato di 1, se è stato sommato 1. A questo punto il multiplexer deve selezionare quale valore salvare nel registro: il numero restituito dal contatore oppure una costante 0 a 6 bit, la quale serve per azzerare il contenuto del registro. Nel frattempo un altro componente controlla se il numero appena restituito dal contatore sia uguale a 50. In questo caso il multiplexer seleziona la costante 0 a 6 bit e la restituisce come output, permettendo al registro di salvarla al suo interno e azzerarsi. Altrimenti, se il numero è minore di 50, il multiplexer seleziona il numero restituito dal contatore, il quale si salverà nel registro. `ruota_princ.blif` restituisce in output un bit, il quale vale 0 se il numero di giri del pneumatico è inferiore a 50, altrimenti vale 1 se il pneumatico ha effettuato 50 giri.

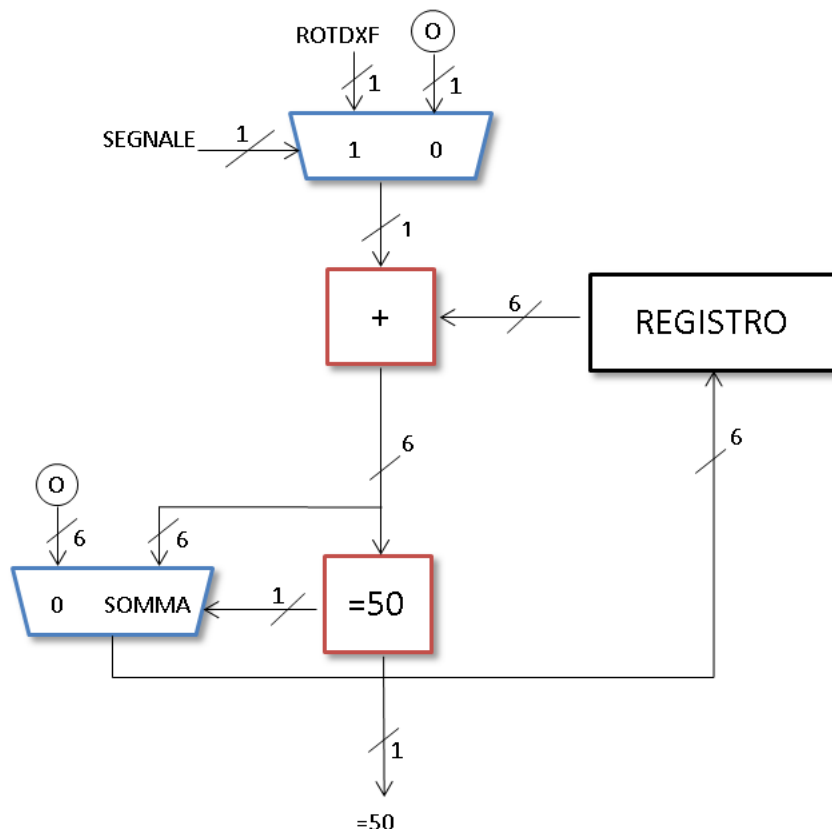


Figura 4.4: Ruota principale

#### 4.1.4 ruota.blif

La struttura di questo file è analoga a quella di `ruota_princ.blif`, ma presenta qualche lieve differenza. Anzitutto presenta un input in più, cioè un segnale **UG50** che corrisponde all'output della ruota anteriore destra e vale 1 se quest'ultima ha raggiunto i 50 giri, altrimenti vale 0. Il multiplexer dovrà leggere ogni volta il valore di questo bit per decidere quale valore restituire al registro perché quest'ultimo possa memorizzarlo al suo interno. Inoltre `ruota.blif` restituisce come output il valore del registro appena incrementato dal contatore. Infine, il contatore utilizzato in questo caso è implementato in `contatore6bis.blif`. Esso realizza un contatore analogo a `contatore6.blif` ma conta fino a 60, azzerandosi successivamente. Questo permette di continuare a contare i giri delle ruote anteriore sinistra e posteriore destra e sinistra anche quando la ruota di riferimento per qualche motivo gira più lentamente senza essere bucata. I confronti sui giri dei pneumatici si avviano quando la ruota di riferimento arriva a 50 giri. Per cui se il pneumatico di riferimento effettua in 100 metri 45 giri, mentre gli altri ne effettuano 50, il confronto avverrà quando il primo sarà arrivato a

50 giri e gli altri a 55 giri, supponendo che abbiano girato sempre correttamente. La differenza tra 55 e 50 è infatti minore del 20%.

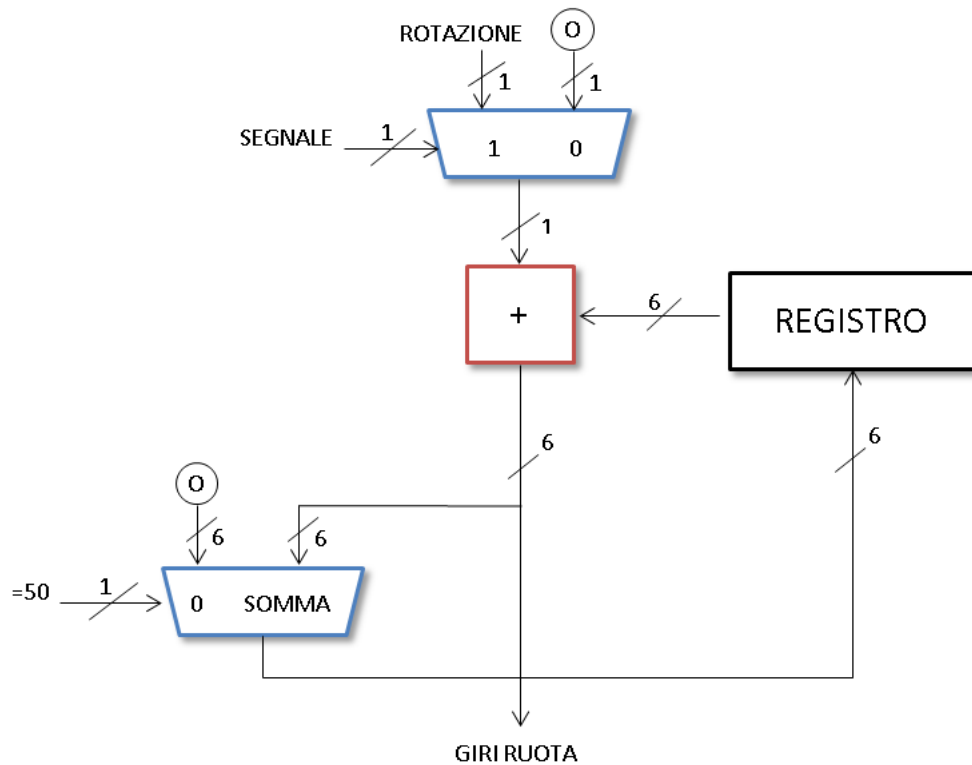


Figura 4.5: Ruota

#### 4.1.5 diff.blif

Questo file di occupa di controllare che la differenza tra il numero di giri della ruota di riferimento, cioè quella anteriore destra, e ognuna delle altre tre ruote sia inferiore al 20%. `diffenza.blif` riceve in input un segnale `S`, che indica se la ruota anteriore destra ha effettuato 50 giri, e un numero a 6 bit, che rappresenta il numero di giri effettuato dalla ruota che deve essere confrontata con quella di riferimento. Il confronto ha senso solo se il segnale `S` vale 1. Quindi, se la differenza tra 50, cioè il numero di giri del pneumatico anteriore destro, e il numero di giri del pneumatico da confrontare è inferiore al 20%, allora l'uscita di `diffenza.blif` vale 0. In caso contrario, per cui di differenza superiore al 20%, l'uscita vale 1.

#### 4.1.6 or3.blif

Rappresenta un componente or a 3 bit. Questo ha uscita zero se e solo se tutti e 3 i bit in entrata valgono 0. `or3.blif` riceve in input 3 bit, ognuno dei quali rappresenta l'esito di un confronto sul numero di giri tra la ruota "principale" e ciascuna delle altre 3 ruote. Se tutte le ruote, compresa quella di riferimento, hanno girato correttamente, gli input di `OR3` saranno 3 zeri e l'uscita avrà valore 0. Altrimenti, se almeno una ruota non ha girato correttamente, almeno un input di `OR3` sarà 1 e quindi anche la sua uscita avrà valore 1. L'output di `OR3` è `LIGHT`. Questo è un output del DATAPATH e anche l'unico della FSMD. Esso costituisce inoltre un input per la FSM. Se `LIGHT` vale 1, significa che il dispositivo ha rilevato un problema sul numero di giri dei pneumatici su una distanza pari a 100 metri.

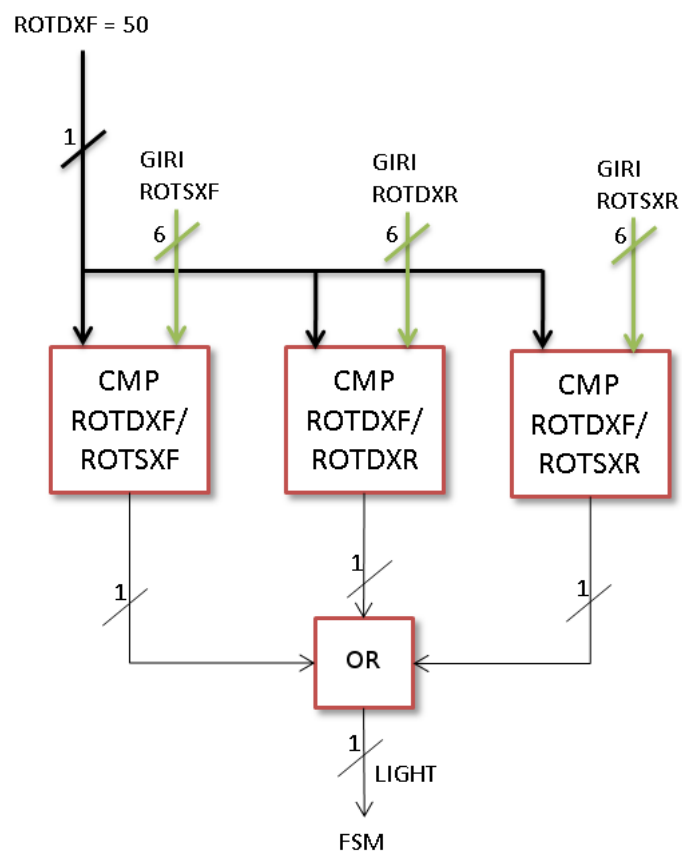


Figura 4.6: Diff e or3





## Capitolo 5

# Mapping e ottimizzazione

È stato deciso di ottimizzare il circuito finale (FSMD.blif) in modo da poter lavorare su un unico file ed eseguire uno script che potesse minimizzare il numero di letterali il più possibile. Lo script ha il seguente path: *FSMD/script\_ottimizzazione.script*

La situazione iniziale era questa:

```
1 sis> read_blif FSMD.blif
2 Warning: network 'FSMD', node "STEERING" does not fanout
3 Warning: network 'FSMD', node "RESET" does not fanout
4 Warning: network 'FSMD', node "START" does not fanout
5 sis> print_stats
6 FSMD          pi=14    po= 1    nodes= 91    latches=24
7 lits(sop)=9471
8 sis>
```

Dopo aver eseguito lo script che genera la FSMD mappata (gen\_fsmd.script) è stato ottenuto questo:

```
1 sis> source gen_fsmd.script
2 Warning: network 'FSMD', node "STEERING" does not fanout
3 Warning: network 'FSMD', node "RESET" does not fanout
4 Warning: network 'FSMD', node "START" does not fanout
5 FSMD          pi=14    po= 1    nodes= 59    latches=24
6 lits(sop)= 413
7 WARNING: uses as primary input drive the value (0.20,0.20)
8 WARNING: uses as primary input arrival the value (0.00,0.00)
9 WARNING: uses as primary input max load limit the value (999.00)
10 WARNING: uses as primary output required the value (0.00,0.00)
11 WARNING: uses as primary output load the value 1.00
12 Total Area    = 6504.00
13 Gate Count    = 170
14 Buffer Count  = 5
15 Inverter Count = 32
16 Most Negative Slack = -27.00
17 Sum of Negative Slacks = -588.00
18 Number of Critical PO = 25
19 [1837]        or2_comb      32.00
20 [1304]        aoi12_comb     32.00
21 [1389]        invand_comb    32.00
22 [2241]        or4_comb      48.00
23 [720]         aoi12_comb     32.00
24 [1848]        nand3_comb     32.00
25 [1765]        invand_comb    32.00
26 [1842]        nand2_comb     24.00
```

27	[1846]	or3_comb	40.00
28	[1380]	nor2_comb	24.00
29	[1850]	oai12_comb	32.00
30	[1851]	invor_comb	32.00
31	[1273]	invand_comb	32.00
32	[1379]	nor2_comb	24.00
33	[1272]	aoi12_comb	32.00
34	[2020]	oai22_comb	40.00
35	[1839]	inv_comb	16.00
36	[1844]	inv_comb	16.00
37	[1853]	or3_comb	40.00
38	[1841]	inv_comb	16.00
39	[1843]	inv_comb	16.00
40	[1387]	nor3_comb	32.00
41	[2576]	oai12_comb	32.00
42	[1270]	nor2_comb	24.00
43	[1855]	oai12_comb	32.00
44	[1383]	nor3_comb	32.00
45	[1783]	nor2_comb	24.00
46	[1773]	aoi12_comb	32.00
47	[2014]	inv_comb	16.00
48	[2017]	oai12_comb	32.00
49	[1860]	nand3_comb	32.00
50	ROT1_05MUX6	dff_reset_re	104.00
51	[2019]	inv_comb	16.00
52	ROT1_04MUX6	dff_reset_re	104.00
53	[1375]	nor2_comb	24.00
54	[1292]	aoi12_comb	32.00
55	ROT1_03MUX6	dff_reset_re	104.00
56	[2436]	oai12_comb	32.00
57	[2698]	and3_comb	40.00
58	ROT1_02MUX6	dff_re	88.00
59	[2021]	inv_comb	16.00
60	ROT1_01MUX6	dff_reset_re	104.00
61	[2700]	inv_comb	16.00
62	[2231]	dff_re	88.00
63	[1698]	aoi12_comb	32.00
64	[1863]	inv_comb	16.00
65	[2355]	nand3_comb	32.00
66	[1869]	nand3_comb	32.00
67	[1870]	invor_comb	32.00
68	[1875]	nand3_comb	32.00
69	[1369]	nor3_comb	32.00
70	[1695]	aoi12_comb	32.00
71	[1295]	and2_comb	32.00
72	05MUX6	dff_reset_re	104.00
73	[1873]	inv_comb	16.00
74	[1871]	inv_comb	16.00
75	[1862]	inv_comb	16.00
76	[2546]	oai12_comb	32.00
77	[1276]	and2_comb	32.00
78	[1879]	oai22_comb	40.00
79	[2540]	oai12_comb	32.00
80	[1878]	nand2_comb	24.00
81	[1880]	oai12_comb	32.00
82	[1361]	nor2_comb	24.00
83	[2532]	oai12_comb	32.00
84	[2072]	inv_comb	16.00
85	[1881]	oai12_comb	32.00

86	[2064]	inv_comb	16.00
87	04MUX6	dff_reset_re	104.00
88	[2067]	inv_comb	16.00
89	03MUX6	dff_reset_re	104.00
90	02MUX6	dff_reset_re	104.00
91	[2329]	inv_comb	16.00
92	[1647]	aoi12_comb	32.00
93	[1883]	oai12_comb	32.00
94	01MUX6	dff_reset_re	104.00
95	[1884]	nand2_comb	24.00
96	[1297]	aoi12_comb	32.00
97	[1296]	nor2_comb	24.00
98	[2706]	nor3_comb	32.00
99	00MUX6	dff_re	88.00
100	[1608]	aoi12_comb	32.00
101	[1887]	inv_comb	16.00
102	[2349]	nand3_comb	32.00
103	[1893]	nand3_comb	32.00
104	[1894]	invor_comb	32.00
105	[1899]	nand3_comb	32.00
106	[1354]	nor3_comb	32.00
107	[1605]	aoi12_comb	32.00
108	[1298]	and2_comb	32.00
109	[461]	dff_reset_re	104.00
110	[1897]	inv_comb	16.00
111	[1895]	inv_comb	16.00
112	[1886]	inv_comb	16.00
113	[2524]	oai12_comb	32.00
114	[1282]	and2_comb	32.00
115	[1903]	oai22_comb	40.00
116	[2518]	oai12_comb	32.00
117	[1902]	nand2_comb	24.00
118	[1904]	oai12_comb	32.00
119	[1346]	nor2_comb	24.00
120	[2510]	oai12_comb	32.00
121	[2129]	inv_comb	16.00
122	[1905]	oai12_comb	32.00
123	[2121]	inv_comb	16.00
124	[462]	dff_reset_re	104.00
125	[2124]	inv_comb	16.00
126	[463]	dff_reset_re	104.00
127	[464]	dff_reset_re	104.00
128	[2337]	inv_comb	16.00
129	[1557]	aoi12_comb	32.00
130	[1907]	oai12_comb	32.00
131	[465]	dff_reset_re	104.00
132	[1908]	nand2_comb	24.00
133	[1300]	aoi12_comb	32.00
134	[1299]	nor2_comb	24.00
135	[2712]	nor3_comb	32.00
136	[466]	dff_re	88.00
137	[1518]	aoi12_comb	32.00
138	[1911]	inv_comb	16.00
139	[2352]	nand3_comb	32.00
140	[1917]	nand3_comb	32.00
141	[1918]	invor_comb	32.00
142	[1923]	nand3_comb	32.00
143	[1339]	nor3_comb	32.00
144	[1515]	aoi12_comb	32.00

```

145 [1301]    and2_comb      32.00
146 [487]    dff_reset_re  104.00
147 [1921]   inv_comb      16.00
148 [1919]   inv_comb      16.00
149 [1910]   inv_comb      16.00
150 [2502]   oai12_comb    32.00
151 [1288]   and2_comb      32.00
152 [1927]   oai22_comb    40.00
153 [2496]   oai12_comb    32.00
154 [1926]   nand2_comb    24.00
155 [1928]   oai12_comb    32.00
156 [1331]   nor2_comb      24.00
157 [2488]   oai12_comb    32.00
158 [2186]   inv_comb      16.00
159 [1929]   oai12_comb    32.00
160 [2178]   inv_comb      16.00
161 [488]    dff_reset_re  104.00
162 [2181]   inv_comb      16.00
163 [489]    dff_reset_re  104.00
164 [490]    dff_reset_re  104.00
165 [2321]   inv_comb      16.00
166 [1467]   aoi12_comb    32.00
167 [1931]   oai12_comb    32.00
168 [491]    dff_reset_re  104.00
169 [1932]   nand2_comb    24.00
170 [1303]   aoi12_comb    32.00
171 [1302]   nor2_comb      24.00
172 [2718]   nor3_comb      32.00
173 [492]    dff_re        88.00
174 [1940]   nand3_comb    32.00
175 [1269]   and2_comb      32.00
176 [2382]   oai12_comb    32.00
177 [2482]   nand3_comb    32.00
178 [1311]   aoi12_comb    32.00
179 [1267]   and2_comb      32.00
180 [2378]   oai12_comb    32.00
181 [2474]   nand3_comb    32.00
182 [1309]   aoi12_comb    32.00
183 [1268]   and2_comb      32.00
184 [2380]   oai12_comb    32.00
185 [2478]   nand3_comb    32.00
186 [1310]   aoi12_comb    32.00
187 [1260]   nor4_comb      40.00
188 {LIGHT}  nor2_comb      24.00
189 sis>

```

Quindi è stato ottimizzato tantissimo il numero di letterali (da 9471 a 413) e quindi mappando ed ottimizzando per area (map -m 0) è stato generato un circuito sicuramente più piccolo di quello che sarebbe stato generato senza lo script di ottimizzazione.

Lo script di ottimizzazione è il seguente:

```

1 sweep          #Esegue l'operazione di sweep;
2 eliminate 20   #Esegue l'operazione di eliminazione
3               #rimuovendo i nodi tali che la loro
4               #rimozione non aumenti il numero di
5               #letterali di una quantita' superiore
6               #a 'n'
7
8 fx            #Esegue l'operazione di estrazione;

```

```
9 full_simplify          #Esegue l'operazione di semplificazione su ogni
10                        #nodo della rete;
11
12 eliminate 1
13 resub                  #Esegue l'operazione di scomposizione dei nodi
14                        #indicati nella lista. Se la lista non viene
15                        #specificata, la sostituzione viene eseguita
16                        #per tutti i nodi della rete.
17
18 resub
19 eliminate 2
20 full_simplify
21 fx
22 fx
23 fx
24 sweep
25 resub
26 resub
27 full_simplify
28 eliminate 1
29 eliminate 2
30 full_simplify
31
32 print_stats            #stampa le statistiche del risultato
```