

## **Relazione Elaborato SIS**

Candidati:

**Marco Strambini**

Matricola VRstoCazzo

**Andrea Olivieri**

Matricola VRsisisisi



# 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 . . . . .	11
4.1.1	velox.blif . . . . .	11
4.1.2	signal.blif . . . . .	11
4.1.3	ruota_principale.blif . . . . .	12
4.1.4	ruota.blif . . . . .	12
4.1.5	diff.blif . . . . .	12
4.1.6	or3.blif . . . . .	12
<b>5</b>	<b>Ottimizzazioni</b>	<b>15</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**.

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, ROTSXF, ROTDXR, ROTSXR) 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.





# 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;

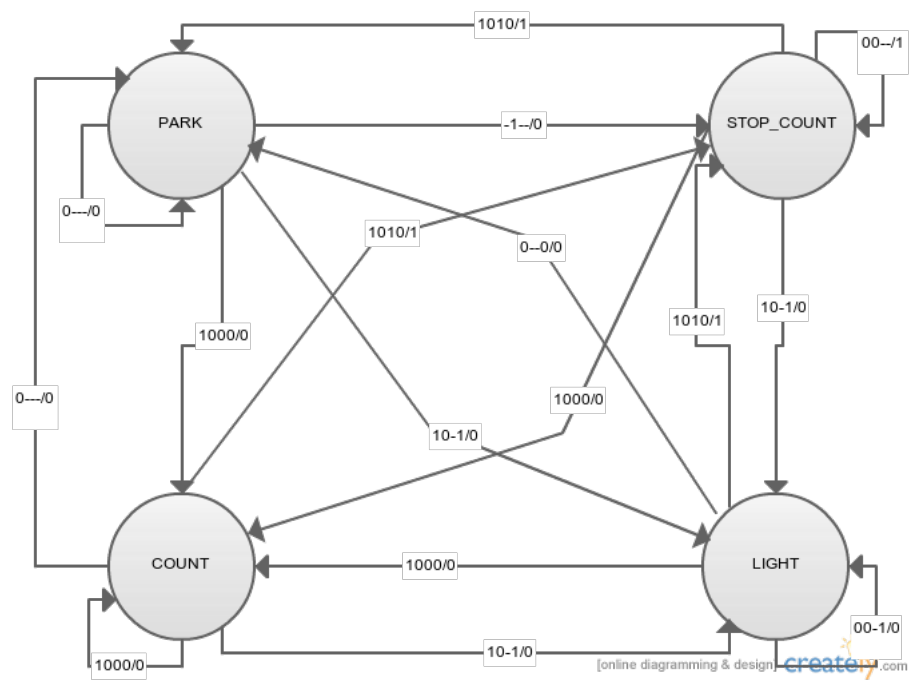
Ora si possono considerare gli stati di questa FSM: sono 4 stati che rappresentano 4 situazioni differenti del sistema di controllo.

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.



# 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.

### 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.

#### 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.

### 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.

### 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%.

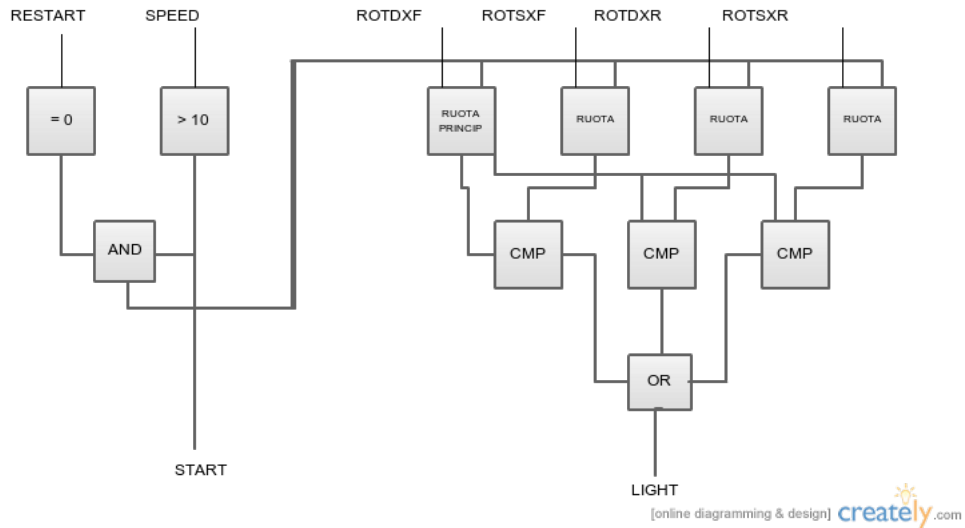
### 4.1.5 diff.blif

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%. differenza.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 differenza.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.





## Capitolo 5

# Ottimizzazioni

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.