# Esempio Gettoniera

Progettare, seguendo lo schema formale di sintesi, un sistema a gettoniera che prendendo in ingresso solo monete da 10 e 20 centesimi di Euro possa erogare un prodotto del costo di 40 centesimi. La gettoniera non prevede restituzione del resto: nel caso venga inserita una quantità di denaro superiore al necessario, una volta erogato il prodotto, l'eccedenza rimane disponibile come credito.

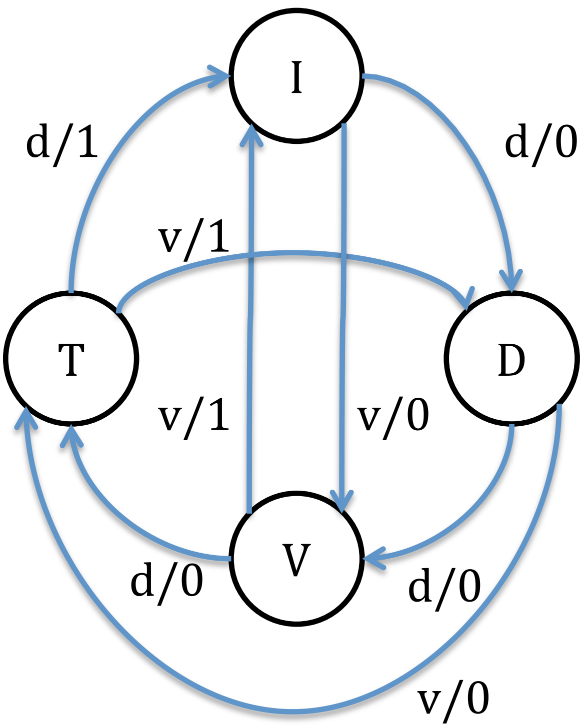
## 1. Realizzazione del diagramma degli stati

Supponiamo di considerare i seguenti stati per il sistema in oggetto:
**I** - Stato iniziale (credito disponibile nel sistema pari a 0 centesimi)
**D** - Credito disponibile nel sistema pari a 10 centesimi
**V** - Credito disponibile nel sistema pari a 20 centesimi
**T** - Credito disponibile nel sistema pari a 30 centesimi

Indichiamo con **d** e con **v** l'inserimento nel sistema di una moneta da 10 e 20 centesimi rispettivamente.

Imponiamo che l'uscita del sistema debba essere settata ad 1 per abilitare l'erogazione del prodotto.

Il diagramma degli stati è pertanto:



## 2. Costruzione della tabella degli stati

| | | **Ingresso** | |
|---|---|---|---|
| | | **d** | **v** |
| **Stato** | **I** | D/0 | V/0 |
| | **D** | V/0 | T/0 |
| | **V** | T/0 | I/1 |
| | **T** | I/1 | D/1 |

## 3. Minimizzazione degli stati

Per procedere alla minimizzazione degli stati è necessario verificare se esistono stati indistinguibili:

Ad una prima iterazione si ha:

| | | | |
|---|---|---|---|
| **D** | DV<br>VT | | |
| **V** | X | X | |
| **T** | X | X | X |
| | **I** | **D** | **V** |

Alla seconda iterazione la matrice triangolare diventa:

| | | | |
|---|---|---|---|
| **D** | X | | |
| **V** | X | X | |
| **T** | X | X | X |
| | **I** | **D** | **V** |

Questo perché le condizioni D~V e V~T che restavano da verificare, non sono vere.

## 4. Codifica degli stati

La codifica degli stati può essere effettuata in diversi modi, scegliamo di adottare una codifica a numero di bit minimo. Per distinguere 4 stati sono necessari 2 bit e di conseguenza serviranno 2 Flip-Flop per la memorizzazione dello stato.

| Stato | Codifica |
|---|---|
| **I** | 00 |
| **D** | 10 |
| **V** | 11 |
| **T** | 10 |

## 5. Costruzione della tabella delle transizioni

Convertiamo la tabella degli stati utilizzando la codifica scelta al punto precedente.

| | | **Ingresso (x)** | |
|---|---|---|---|
| | | **0** | **1** |
| **Stato** | **00** | 01/0 | 11/0 |
| | **01** | 11/0 | 10/0 |
| | **11** | 10/0 | 00/1 |
| | **10** | 00/1 | 01/1 |

## 6. Scelta degli elementi di memoria

Visto che non è specificato nel testo, consideriamo le implementazioni che utilizzano FF di tipo D (nel seguito caso (a)) e T (nel seguito caso (b)).

## FF Tipo D

## 7a. Costruzione della tabella delle eccitazioni

Consideriamo la tabella delle transizioni calcolata al punto 5 e la tabella delle eccitazioni per i Flip-Flop di tipo D

| | | Ingresso (x) | |
|---|---|---|---|
| | | **0** | **1** |
| **Stato** | **00** | 01/0 | 11/0 |
| | **01** | 11/0 | 10/0 |
| | **11** | 10/0 | 00/1 |
| | **10** | 00/1 | 01/1 |

| Q | Q* | D |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 |

Come si può notare dalla tabella delle eccitazioni per i Flip-Flop di tipo D vale l'uguaglianza Q* = D. Questo significa che la tabella delle eccitazioni per il sistema può essere prodotta riportando i valori presenti nella tabella delle transizioni.

| | | Ingresso (x) | |
|---|---|---|---|
| | | **0** | **1** |
| | **Q1Q0** | **D1D0** | **D1D0** |
| **Stato** | **00** | 01 | 11 |
| | **01** | 11 | 10 |
| | **11** | 10 | 00 |
| | **10** | 00 | 01 |

## 8a. Sintesi della rete combinatoria per lo stato prossimo

| | | Ingresso (x) | |
|---|---|---|---|
| | | **0** | **1** |
| | **Q1Q0** | **D1D0** | **D1D0** |
| **Stato** | **00** | 01 | 11 |
| | **01** | 11 | 10 |
| | **11** | 10 | 00 |
| | **10** | 00 | 01 |

➔

| | | Ingresso (x) | |
|---|---|---|---|
| | | **0** | **1** |
| | **Q1Q0** | **D1** | **D1** |
| **Stato** | **00** | 0 | 1 |
| | **01** | 1 | 1 |
| | **11** | 1 | 0 |
| | **10** | 0 | 0 |

δ1(x, Q0, Q1) = $\underline{x}Q0 + x\underline{Q1}$

| | | Ingresso x | |
|---|---|---|---|
| | | 0 | 1 |
| | **Q1Q0** | **D1D0** | **D1D0** |
| **Stato** | **00** | 01 | 11 |
| | **01** | 11 | 10 |
| | **11** | 10 | 00 |
| | **10** | 00 | 01 |

➔

| | | Ingresso x | |
|---|---|---|---|
| | | 0 | 1 |
| | **Q1Q0** | **D0** | **D0** |
| **Stato** | **00** | 1 | 1 |
| | **01** | 1 | 0 |
| | **11** | 0 | 0 |
| | **10** | 0 | 1 |

δ0(x, Q0, Q1) = $\underline{xQ1}$ + x$\underline{Q0}$

## FF Tipo T

## 7b. Costruzione della tabella delle eccitazioni

Consideriamo la tabella delle transizioni calcolata al punto 5 e la tabella delle eccitazioni per i Flip-Flop di tipo T

| | | Ingresso (x) | |
|---|---|---|---|
| | | **0** | **1** |
| **Stato** | **00** | 01/0 | 11/0 |
| | **01** | 11/0 | 10/0 |
| | **11** | 10/0 | 00/1 |
| | **10** | 00/1 | 01/1 |

| Q | Q* | T |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 0 |

La tabella delle eccitazioni per il sistema diventa:

| | | Ingresso (x) | |
|---|---|---|---|
| | | **0** | **1** |
| | **Q1Q0** | **T1T0** | **T1T0** |
| **Stato** | **00** | 01 | 11 |
| | **01** | 10 | 11 |
| | **11** | 01 | 11 |
| | **10** | 10 | 11 |

## 8b. Sintesi della rete combinatoria per lo stato prossimo

| | | Ingresso (x) | |
|---|---|---|---|
| | | 0 | 1 |
| | Q1Q0 | T1T0 | T1T0 |
| Stato | 00 | 01 | 11 |
| | 01 | 10 | 11 |
| | 11 | 01 | 11 |
| | 10 | 10 | 11 |

➔

| | | Ingresso (x) | |
|---|---|---|---|
| | | 0 | 1 |
| | Q1Q0 | T1 | T1 |
| Stato | 00 | 0 | 1 |
| | 01 | 1 | 1 |
| | 11 | 0 | 1 |
| | 10 | 1 | 1 |

$\delta 1(x, Q0, Q1) = x + Q0\underline{Q1} + \underline{Q0}Q1$

| | | Ingresso x | |
|---|---|---|---|
| | | 0 | 1 |
| | Q1Q0 | T1T0 | T1T0 |
| Stato | 00 | 01 | 11 |
| | 01 | 10 | 11 |
| | 11 | 01 | 11 |
| | 10 | 10 | 11 |

➔

| | | Ingresso x | |
|---|---|---|---|
| | | 0 | 1 |
| | Q1Q0 | T0 | T0 |
| Stato | 00 | 1 | 1 |
| | 01 | 0 | 1 |
| | 11 | 1 | 1 |
| | 10 | 0 | 1 |

$\delta 0(x, Q0, Q1) = x + \underline{Q0Q1} + Q0Q1$

## 9. Sintesi della rete combinatoria per la funzione di uscita

La logica di uscita è indipendente dal tipo di elementi utilizzati per la memorizzazione degli stati

Dalla tabella delle transizioni calcolata al punto 5 estraiamo le uscite:

| | | Ingresso | |
|---|---|---|---|
| | | 0 | 1 |
| Stato | 00 | 01/**0** | 11/**0** |
| | 01 | 11/**0** | 10/**0** |
| | 11 | 10/**0** | 00/**1** |
| | 10 | 00/**1** | 01/**1** |

➔

| | Ingresso x | |
|---|---|---|
| Q1Q0 | 0 | 1 |
| 00 | 0 | 0 |
| 01 | 0 | 0 |
| 11 | 0 | 1 |
| 10 | 1 | 1 |

Semplifichiamo con il metodo delle mappe di Karnaugh ottenendo:

$\lambda (x,Q1,Q0) = xQ1 + Q1\underline{Q0}$