Sessione ordinaria 2011 Seconda prova scritta

M048 - ESAME DI STATO DI ISTITUTO PROFESSIONALE

CORSO DI ORDINAMENTO

Indirizzo: TECNICO DELLE INDUSTRIE ELETTRICHE

Tema di: SISTEMI, AUTOMAZIONE E ORGANIZZAZIONE DELLA PRODUZIONE

Si desidera automatizzare il ciclo di trattamento e stoccaggio di alimenti. I prodotti scorrono su un nastro trasportatore che si deve prima fermare sotto la stazione di lavaggio per un tempo T1, per poi ripartire e rifermarsi sotto la seconda stazione per la fase di asciugatura di durata T2. Dopo l'asciugatura, il nastro si rimette in moto per trasportare il prodotto sotto un pistone che lo spinge dentro una scatola per l'imballaggio. Una volta riempita la scatola con N prodotti, questa viene portata via da un secondo nastro trasportatore.
Il motore del primo nastro è inserito in un sistema di controllo della velocità ad anello chiuso. Le funzioni di trasferimento del motore e del sistema di comando valgono rispettivamente:

$$G_{mot}(s) = \frac{0{,}8}{(1+\frac{s}{50})(1+\frac{s}{500})} \qquad G_c(s) = 62{,}5$$

La funzione di trasferimento della catena di reazione presenta un guadagno pari a 0,0625 V s/rad e un polo con costante di tempo $\tau = 0{,}2 \cdot 10^{-4} s$.
Il candidato fatte eventuali ipotesi aggiuntive,

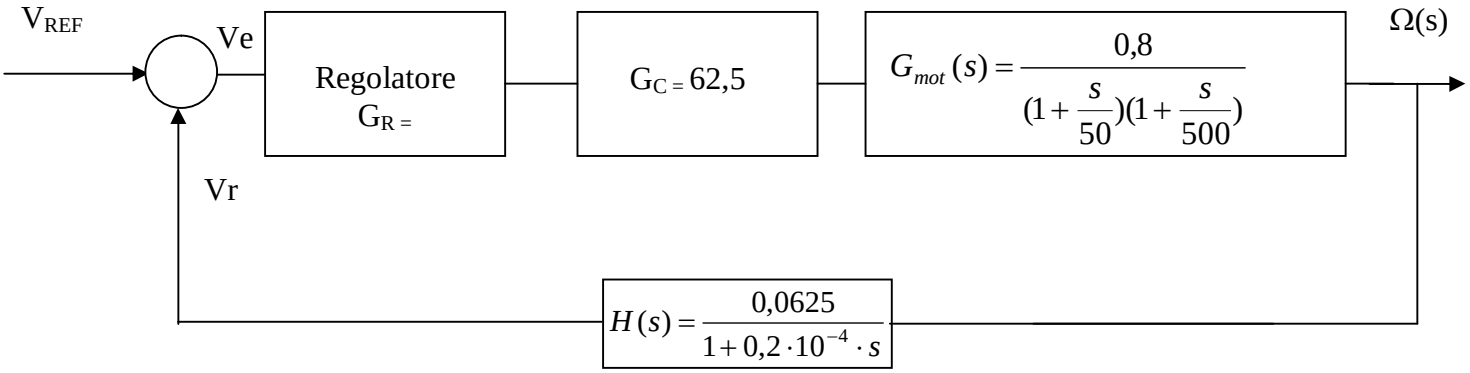
- Descriva il sistema di controllo tramite uno schema a blocchi inserendo un regolatore proporzionale Kp =3,2 e calcoli la funzione di trasferimento totale;
- Verifichi la stabilità del sistema di controllo ad anello chiuso ricavando i margini di ampiezza e di fase;
- Calcoli la velocità di rotazione del motore sapendo che la tensione di riferimento V_R relativa alla velocità desiderata vale 5V;
- Illustri gli effetti sulla precisione, la velocità e la stabilità del sistema di controllo se la costante del regolatore viene incrementata fino a avere Kp=8;
- Descriva una possibile configurazione del sistema automatico di trattamento e stoccaggio, indicando di conseguenza i dispositivi necessari, integrandolo eventualmente con altre funzionalità e illustri una soluzione dell'automatismo usando un linguaggio di sua scelta.

Durata massima della prova: 6 ore. E' consentito soltanto l'uso di manuali tecnici e di calcolatrici tascabili non programmabili. Non è consentito lasciare l'Istituto prima che siano trascorse 3 ore dalla dettatura del tema.

Prof. Antonio Messina

Soluzione PARTE SISTEMI

In figura è rappresentato lo schema a blocchi del sistema



La parte di sistema indicata come blocco di reazione deve avere guadagno statico K = 0,0625 e costante di tempo $\tau_A = 0{,}2 \cdot 10^{-4} s$ Pertanto è un sistema del primo ordine con F.d.T. :

$$H(s) = \frac{0{,}0625}{1 + 0{,}2 \cdot 10^{-4} \cdot s}$$

Ipotizziamo prima il valore del regolatore pari a 3,2.

La funzione di trasferimento della *catena di andata* vale:

$$G_A = G_R \cdot G_C \cdot G_M = 3{,}2 \cdot 62{,}5 \cdot \frac{0{,}8}{(1 + s \cdot 0{,}02) \cdot (1 + s \cdot 0{,}002)} =$$

$$G_A = \frac{160}{(1 + s \cdot 0{,}02) \cdot (1 + s \cdot 0{,}002)}$$

La funzione di trasferimento ad *anello aperto* vale :

$$G_{AP} = G_R \cdot G_C \cdot G_M \cdot H = 3{,}2 \cdot 62{,}5 \cdot \frac{0{,}8}{(1 + s \cdot 0{,}02) \cdot (1 + s \cdot 0{,}002)} \cdot \frac{0{,}0625}{(1 + 0{,}2 \cdot 10^{-4} \cdot s)}$$

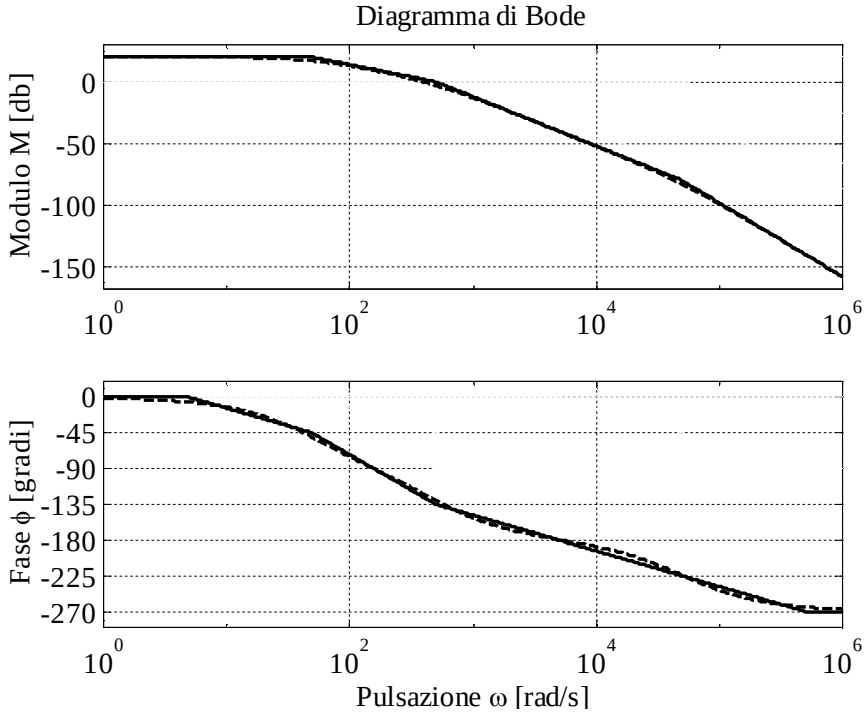
$$G_{AP} = \frac{10}{(1 + s \cdot 0{,}02) \cdot (1 + s \cdot 0{,}002) \cdot (1 + 0{,}2 \cdot 10^{-4} \cdot s)}$$

Mentre la funzione di trasferimento a *catena chiusa* vale:

$$G_{CH}(s)=\frac{G_{Andata}(s)}{1+G_{Andata}(s)\cdot H(s)}=\frac{\dfrac{160}{(1+s\cdot 0{,}02)\cdot(1+s\cdot 0{,}002)}}{1+\dfrac{160}{(1+s\cdot 0{,}02)\cdot(1+s\cdot 0{,}002)}\cdot\dfrac{0{,}0625}{1+0{,}2\cdot 10^{-4}\cdot s}}=$$

$$\boxed{G_{CH}(s)=\frac{160\cdot(1+0{,}2\cdot 10^{-4}\cdot s)}{(1+s\cdot 0{,}02)\cdot(1+s\cdot 0{,}002)\cdot(1+0{,}2\cdot 10^{-4}\cdot s)+10}}$$

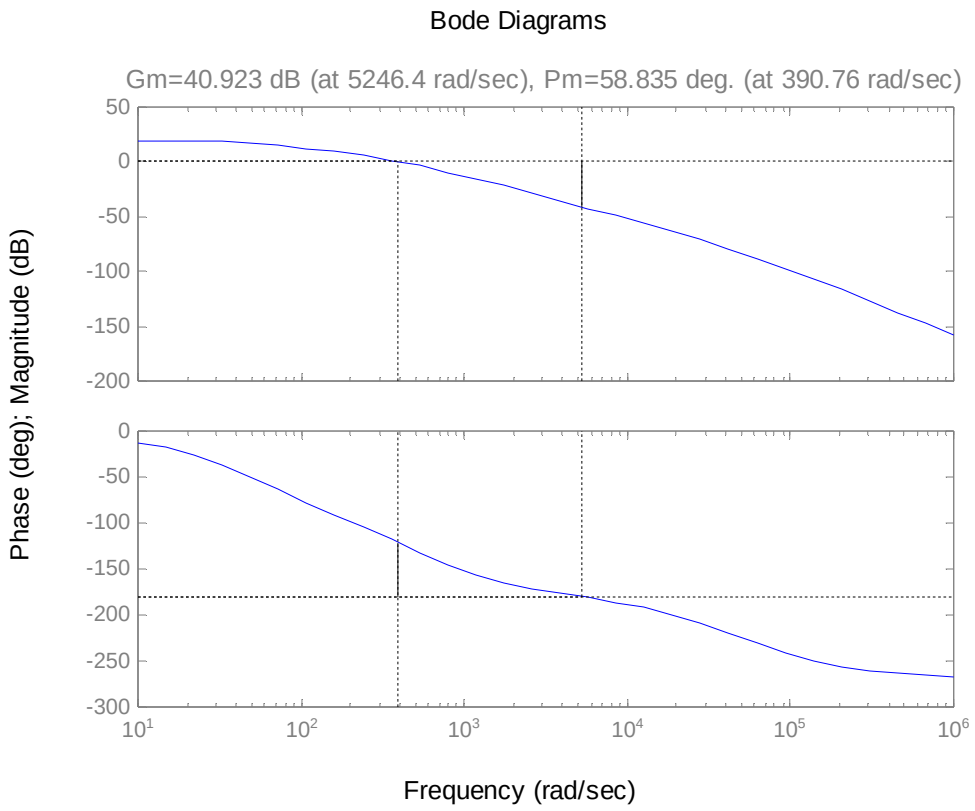
Per valutare la stabilità tracciamo i diagrammi di Bode della F.d.T. a catena aperta .



Guadagno di Bode: **K** = 10, K_db = **20**

Polo reale: p = -50000. tau = 0.0000
Polo reale: p = -500. tau = 0.0020
Polo reale: p = -50. tau = 0.0200

Valutiamo ora i margini fase e di guadagno con il diagramma successivo



Si nota che i margini sono ampiamente positivi, (Mg=40.93 ed Mf≅58.835) **il sistema è stabile in modo robusto** essendo Mg>15 ed Mf>45.

Per il calcolo della velocità di rotazione del motore posto:

$V_R = 5V \longrightarrow V_R(s) = \frac{5}{s}$

Si ottiene:

$$\Omega(s) = V_R(s) \cdot G_{CH}(s) = \frac{5}{s} \cdot \frac{160 \cdot (1 + s \cdot 0{,}2 \cdot 10^{-4})}{(1 + s \cdot 0{,}02) \cdot (1 + s \cdot 0{,}002) \cdot (1 + s \cdot 0{,}2 \cdot 10^{-4}) + 10}$$

Applicando il teorema del valore finale ricaviamo la velocità di rotazione del motore:

$$\boxed{\Omega(\infty) = \lim_{s \to 0} s \cdot \Omega(s) = s \cdot \frac{5}{s} \cdot \frac{160}{11} = 72{,}72 rad/s}$$

Ipotizziamo ora il valore del regolatore pari a 8.

La funzione di trasferimento della *catena di andata* vale ora:

$$G_A = G_R \cdot G_C \cdot G_M = 8 \cdot 62{,}5 \cdot \frac{0{,}8}{(1 + s \cdot 0{,}02) \cdot (1 + s \cdot 0{,}002)} =$$

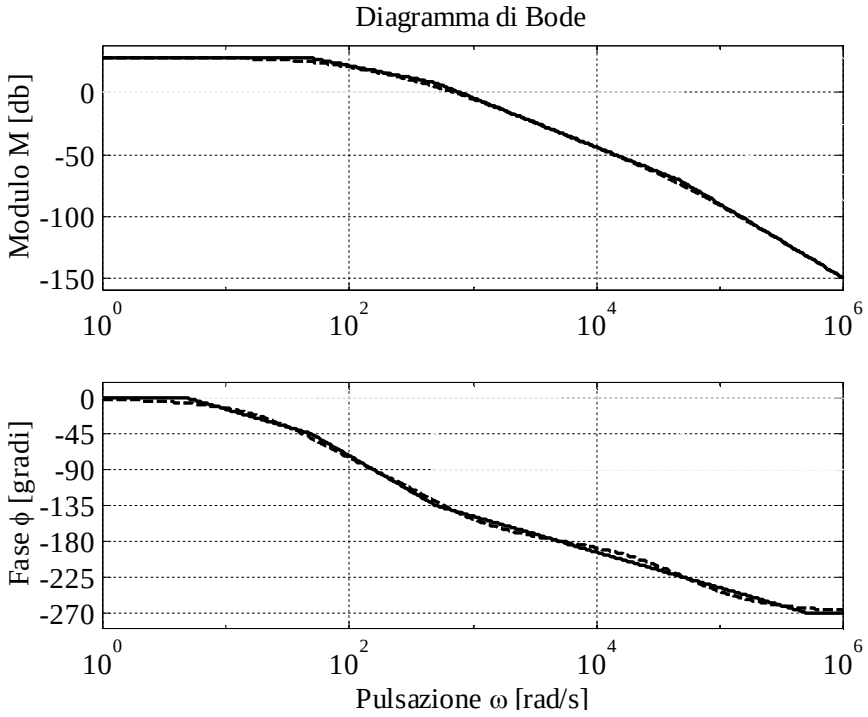
$$\boxed{G_A = \frac{400}{(1 + s \cdot 0{,}02) \cdot (1 + s \cdot 0{,}002)}}$$

La funzione di trasferimento ad *anello aperto* vale :

$$G_{AP} = G_R \cdot G_C \cdot G_M \cdot H = 8 \cdot 62{,}5 \cdot \frac{0{,}8}{(1 + s \cdot 0{,}02) \cdot (1 + s \cdot 0{,}002)} \cdot \frac{0{,}0625}{(1 + 0{,}2 \cdot 10^{-4} \cdot s)}$$

$$\boxed{G_{AP} = \frac{25}{(1 + s \cdot 0{,}02) \cdot (1 + s \cdot 0{,}002) \cdot (1 + 0{,}2 \cdot 10^{-4} \cdot s)}}$$

Per valutare la stabilità tracciamo i diagrammi di Bode della nuova F.d.T. a catena aperta .

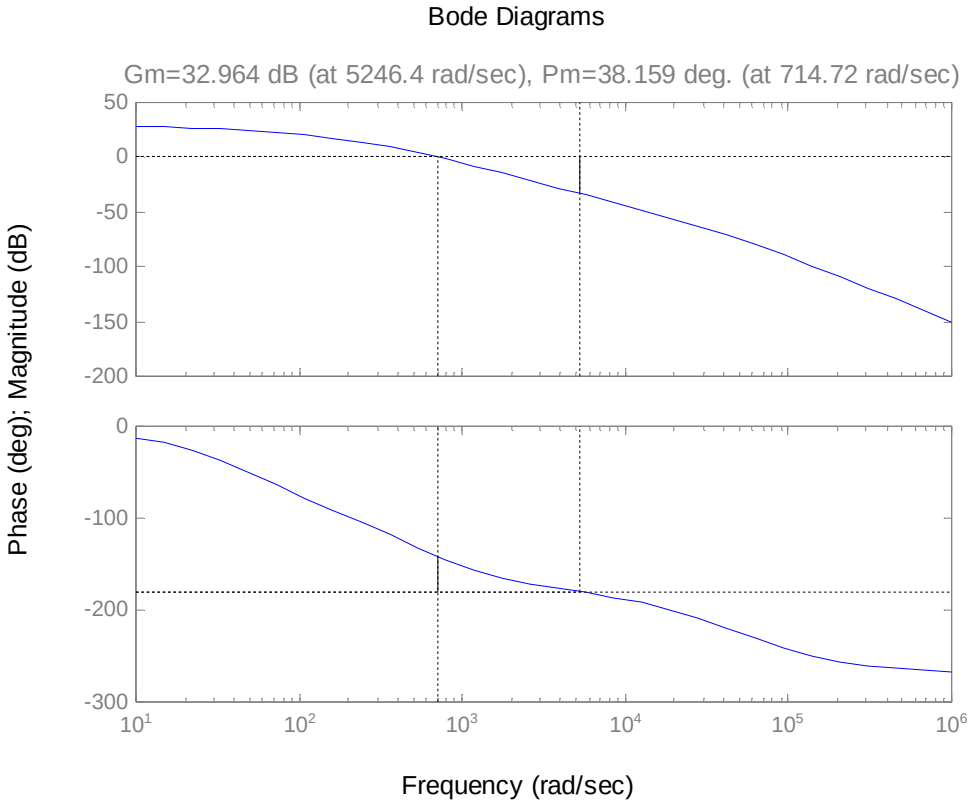


Il nuovo valore del guadagno è:

Guadagno di Bode: **K** = 25, K_db = **28**

Polo reale: p = -50000. tau = 0.0000
Polo reale: p = -500. tau = 0.0020
Polo reale: p = -50. tau = 0.0200

Valutiamo ora i nuovi margini fase e di guadagno con il diagramma successivo



Si può notare che sia i margini di guadagno che di fase si riducono.
Il sistema non risulta più stabile in modo robusto, la sua stabilità si è ridotta ed è quindi più incerta. Il sistema rimane comunque stabile.

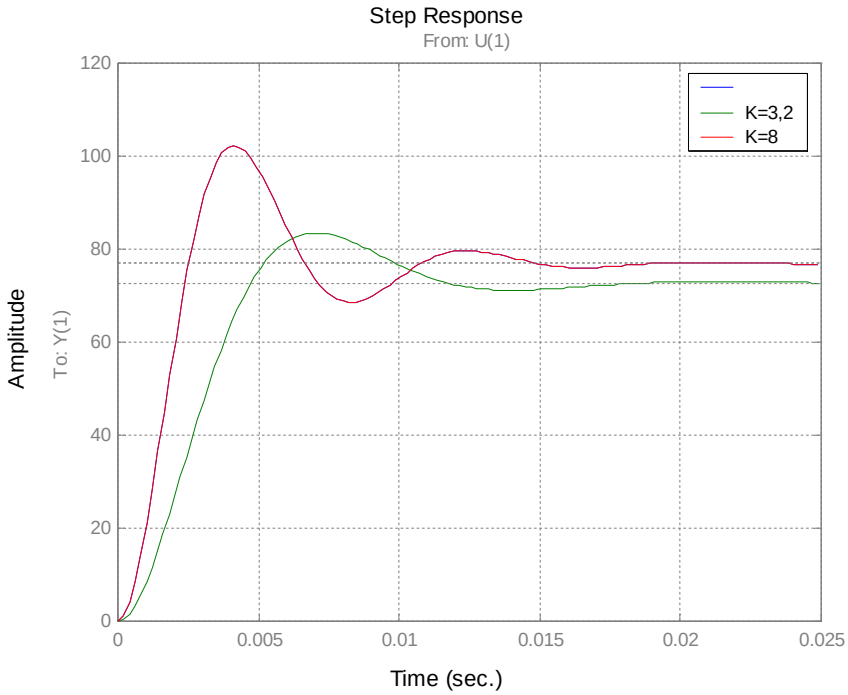
Inoltre aumentando il valore del K del regolatore il sistema risulta più veloce, l'errore a regime si riduce ma si ottiene una sovraelongazione maggiore che mette a rischio la stabilità.

Si possono confrontare le due risposte del sistema considerando i due valori di K del regolatore che ci mostrano quanto appena affermato.

Con K =3,2 $$\boxed{G_{CH}(s)=\frac{160\cdot(1+0{,}2\cdot10^{-4}\cdot s)}{(1+s\cdot0{,}02)\cdot(1+s\cdot0{,}002)\cdot(1+0{,}2\cdot10^{-4}\cdot s)+10}}$$

$$G_{CH}(s)=\frac{G_{Andata}(s)}{1+G_{Andata}(s)\cdot H(s)}=\frac{\dfrac{400}{(1+s\cdot0{,}02)\cdot(1+s\cdot0{,}002)}}{1+\dfrac{400}{(1+s\cdot0{,}02)\cdot(1+s\cdot0{,}002)}\cdot\dfrac{0{,}0625}{(1+0{,}2\cdot10^{-4}\cdot s)}}=$$

Con K =8 $$\boxed{G_{CH}(s)=\frac{400\cdot(1+0{,}2\cdot10^{-4}\cdot s)}{(1+s\cdot0{,}02)\cdot(1+s\cdot0{,}002)\cdot(1+0{,}2\cdot10^{-4})+25}}$$



L'automatismo richiesto può essere presentato nel modo che segue:

Attraverso il pulsante di marcia PM si avvia il nastro M1 che trasporta i prodotti. Quando il prodotto viene rilevato dal sensore LAV il nastro si ferma e si avvia una pompa, per la fase di lavaggio, per un tempo T1. Al termine di questa fase il nastro riparte.
Quando il prodotto trasportato sarà rilevato dal sensore ASC il nastro si ferma e si avvia una ventola, per l'asciugatura, per un tempo T2. Al termine di questa fase il nastro riparte.
Quando il prodotto sarà rilevato dal sensore SPI un pistone lo spingerà dentro una scatola per l'imballaggio e rientrerà automaticamente quando uscirà dalla zona del sensore. Il sensore FC di finecorsa del pistone incrementerà un contatore e quando saranno stati contati N prodotti, partirà un secondo nastro M2 che porterà via la scatola ormai piena. Quando la scotola incontra il sensore FCI il nastro M2 si ferma. Si prevede un pulsante di stop ciclo in qualsiasi istante.

Ipotizzando di usare il PLC si può effettuare la programmazione con il linguaggio KOP o AWL oppure si può realizzare uno schema a contatti.

Dopo aver predisposto la tabella delle assegnazioni.

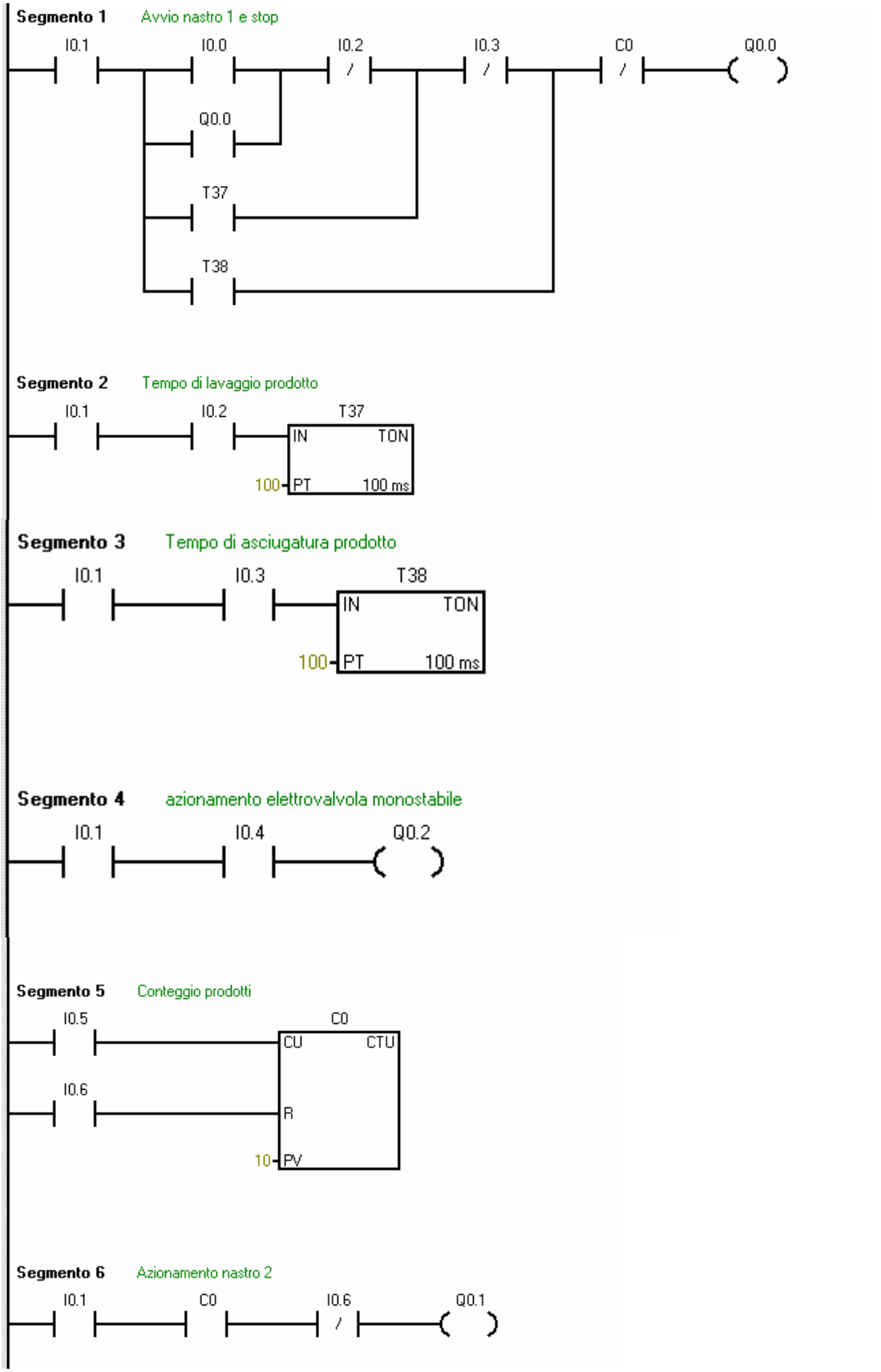
TABELLA DELLE ASSEGNAZIONI

INGRESSI		
FUNZIONE	STATO LOGICO	INDIRIZZO
PM Avvio	N.O. - 0	I0.0
PS Stop	N.C. - 1	I0.1
LAV. È il sensore posto sotto la stazione di lavaggio	N.O. - 0	I0.2
ASC. È il sensore posto sotto la stazione di asciugatura	N.O. - 0	I0.3
SPI. È il sensore posto sotto il pistone di espulsione	N.O. - 0	I0.4
FC. È il sensore di finecorsa dello stello del cilindro	N.O. - 0	I0.5
FCI. È il sensore che arresta il motore del nastro 2.	N.O. - 0	I0.6

USCITE	
FUNZIONE	INDIRIZZO
M1 Nastro 1	Q0.0
M2 Nastro 2	Q0.1
Y Elettrovalvola Monostabile	Q0.2

Si può eseguire la programmazione in KOP e AWL

KOP



AWL

Segmento 1
Avvio nastro 1 e stop

```
LD    I0.1
LD    I0.0
O     Q0.0
AN    I0.2
O     T37
AN    I0.3
O     T38
ALD
AN    C0
=     Q0.0
```

Segmento 2
Tempo di lavaggio prodotto

```
LD    I0.1
A     I0.2
TON   T37, 100
```

Segmento 3
Tempo di asciugatura prodotto

```
LD    I0.1
A     I0.3
TON   T38, 100
```

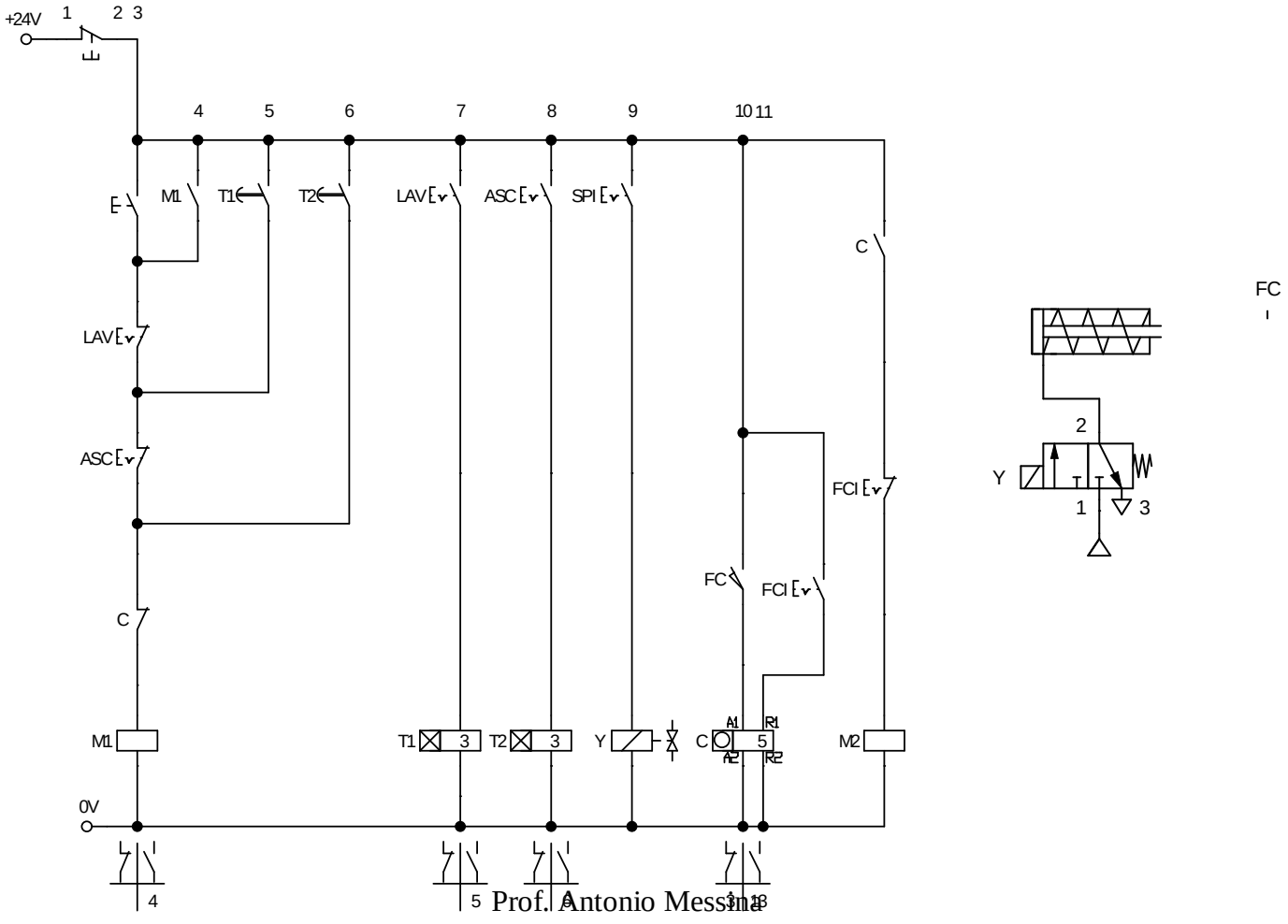
Segmento 4
azionamento elettrovalvola monostabile

```
LD    I0.1
A     I0.4
=     Q0.2
```

Segmento 5
Conteggio prodotti

```
LD    I0.5
LD    I0.6
CTU   C0, 10
```

Segmento 6
Azionamento nastro 2

```
LD    I0.1
A     C0
AN    I0.6
=     Q0.1
```

CONTATTI