

Nome: _____

Matricola: _____

- ☐ Compito totale
- ☐ Compito parziale + tesina

Tutti i fogli sono da riconsegnare al docente, anche in caso di ritiro

1 Esercizio SFC

Una macchina produce laminati di alluminio.

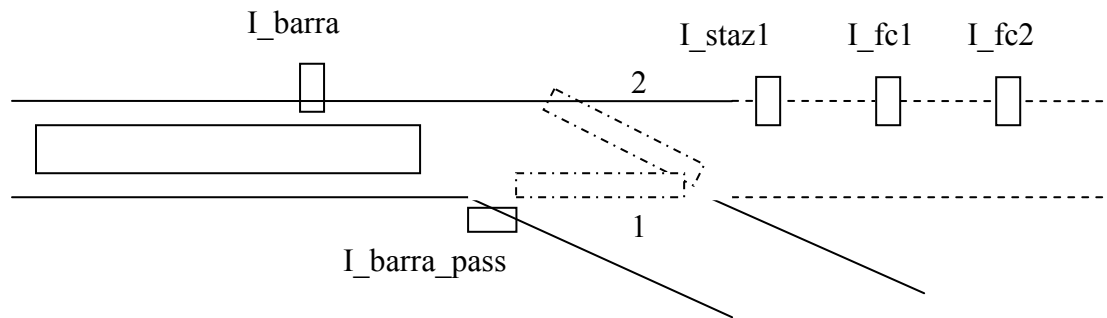
Il suo ciclo produttivo inizia quando l'operatore preme il pulsante I_start.

A quel punto viene messo in funzione il nastro che trasporta le barre di alluminio, comandato dall'uscita O_nastro.

Quando una barra raggiunge la prima postazione, fa scattare con la sua presenza la fotocellula I_barra. In questa posizione si deve controllare il peso al volo (senza fermare il nastro), tramite un dispositivo analogico che fornisce in uscita un'informazione digitale tramite la fotocellula I_peso, che ha valore logico vero quando la barra ha il peso giusto, e falso quando la barra è al di fuori dello standard.

Se la barra è buona, essa proseguirà il suo tragitto sul nastro, se non è del giusto peso, invece, sul nastro si deve attivare uno scambio. Esso si trova normalmente nella posizione 1, ma se si deve scartare una barra esso si deve spostare nella posizione 2. Per farlo si deve attivare l'uscita O_scambio_CW, che deve far ruotare in senso orario la barra dello scambio fino al finecorsa I_scambio_stop2. La barra viene così costretta a deviare dal nastro principale, e, girando a destra, occuperà la fotocellula I_barra_pass, che tornerà a valore logico falso solo quando la barra sarà completamente transitata. A quel punto lo scambio si dovrà riportare nella posizione 1, attivando l'uscita O_scambio_CCW fino al finecorsa I_scambio_stop1.

Procedendo, la barra di dimensioni corrette raggiungerà sul nastro la fotocellula I_staz1. Qui si deve azionare un secondo sistema, gestito da una routine software OBBLIGATORIAMENTE SEPARATA, che ha il compito di fare due buchi sulla barra. Al raggiungimento della seguente fotocellula I_fc1, quindi, il nastro si deve fermare e il secondo sistema aziona la punta del primo trapano, tramite uscita O_scendi_trap1, fino al finecorsa I_fc_giù1. Dopo 3 secondi la punta deve risalire, azionando l'uscita O_Sali_trap1, fino al finecorsa I_fc_su1. A questo punto il nastro deve riprendere ad andare, finché la barra non raggiunge I_fc2. Qui il nastro si ferma di nuovo, e parte a scendere la seconda punta, azionata da O_scendi_trap2, fino al finecorsa I_fc_giù2. L'operazione di foratura deve avvenire per 2 secondi, poi la punta deve risalire (tramite uscita O_Sali_trap2) fino ad un finecorsa intermedio I_fc_s3. Da qui in poi, per essere sicuri che il foro sia fatto correttamente e senza sbavature, la punta deve scendere e salire altre 4 volte (scende sempre fino a I_fc_giù2, attende 2 secondi e risale fino a I_fc_s3, tranne l'ultima volta, che risale fino al finecorsa superiore I_fc_su2). A questo punto il nastro deve ripartire. La barra procederà il suo cammino fino ad occupare la fotocellula I_fc_fine. Quando la disimpegnerà, vorrà dire che la barra avrà lasciato il nastro. Questo si dovrà fermare, e il ciclo dovrà riprendere solo ad un nuovo scattare della fotocellula I_barra.



2 Esercizio LADDER

In una piccola serra vi sono 2 ventole comandate dalle uscite O_fan1 e O_fan2. Entrambe devono essere azionate se il sensore di umidità I_humid è attivo e il sensore di temperatura I_temp è disattivo (segnalando che la temperatura è salita sopra i 27 °C). però la ventola 1, che si trova vicino alla porta, anche con umidità e temperature elevate deve comunque fermarsi se la porta si apre (I_porta_ON=1). Inoltre entrambe le ventole devono essere fermate nel caso in cui si preme il pulsante I_stop.

3 Domande di teoria (saranno valutate la correttezza della risposta e il grado di approfondimento raggiunto)

- 1) Cos'è un PLC? Quali sono le tre operazioni fondamentali che esegue di continuo, in modo ciclico?
- 2) Quali sono i vantaggi e gli svantaggi della programmazione state-driven rispetto a quella condition-driven?
- 3) Elencare e descrivere brevemente tutti i possibili linguaggi ufficiali per PLC messi a disposizione dalla norma 61131
- 4) Scrivere tutto ciò che si sa a proposito dei motori brushless
- 5) Elencare e descrivere brevemente almeno tre tipi di traiettorie

4 Controllo del moto

→ N.B. E' obbligatorio riportare i passaggi. Compiti che riportano solo la soluzione finale senza passaggi saranno valutati con punteggio nullo.

Un sistema di comando di un nastro trasportatore è costituito da due motori, uno master (p(t)) e uno slave (q(t)).

Il motore slave è collegato ad un riduttore (il cui moto circolare è identificato da $q_1(t)$, e che ha rapporto di riduzione pari a 10), e questo a sua volta è collegato ad una puleggia di raggio 30cm.

Tra le accelerazioni di master e slave vi è una relazione cicloidale del tipo:

$$\ddot{q}(p) = \frac{2\pi h}{\Gamma^2} \sin\left(\frac{2\pi p}{\Gamma}\right)$$

Mentre il master va a velocità costante $\omega_0=3^\circ/\text{s}$ tra 0° e 280° , lo slave fa un giro completo.

- 1) Ricordando che Γ è il punto di arrivo del master e che $h = q(\Gamma) - q(0)$, calcolare di quanto si è mosso un oggetto sul nastro quando il master è a metà di un angolo giro.
- 2) Calcolare la coppia efficace del motore slave in 1 minuto di tempo, considerando solo il contributo inerziale del motore, con un'inerzia pari a 0.5 Kg m^2 .

E' obbligatorio esprimere tutti i calcoli in radianti

Si ricorda che :

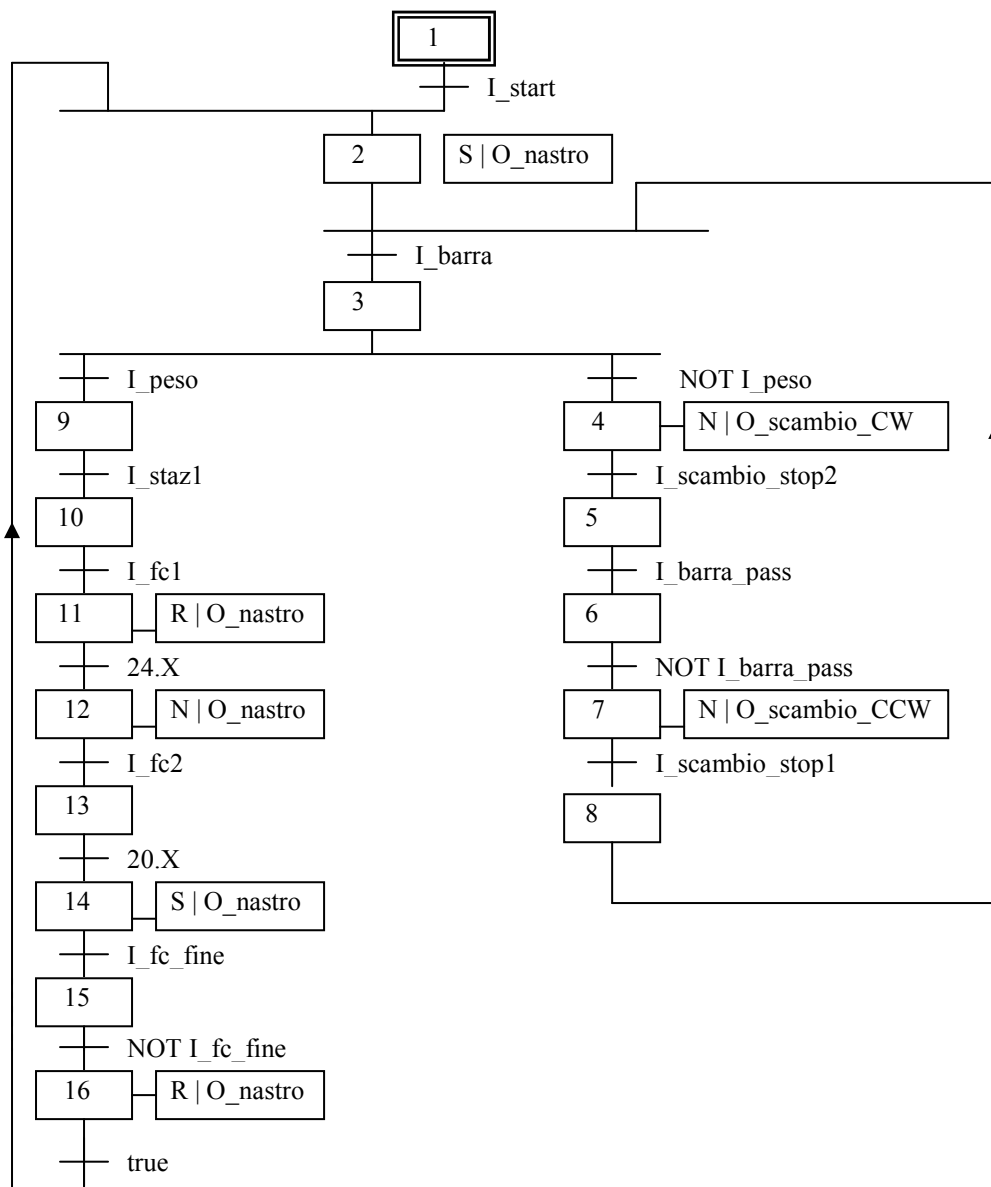
$$\int \sin x \, dx = -\cos x$$

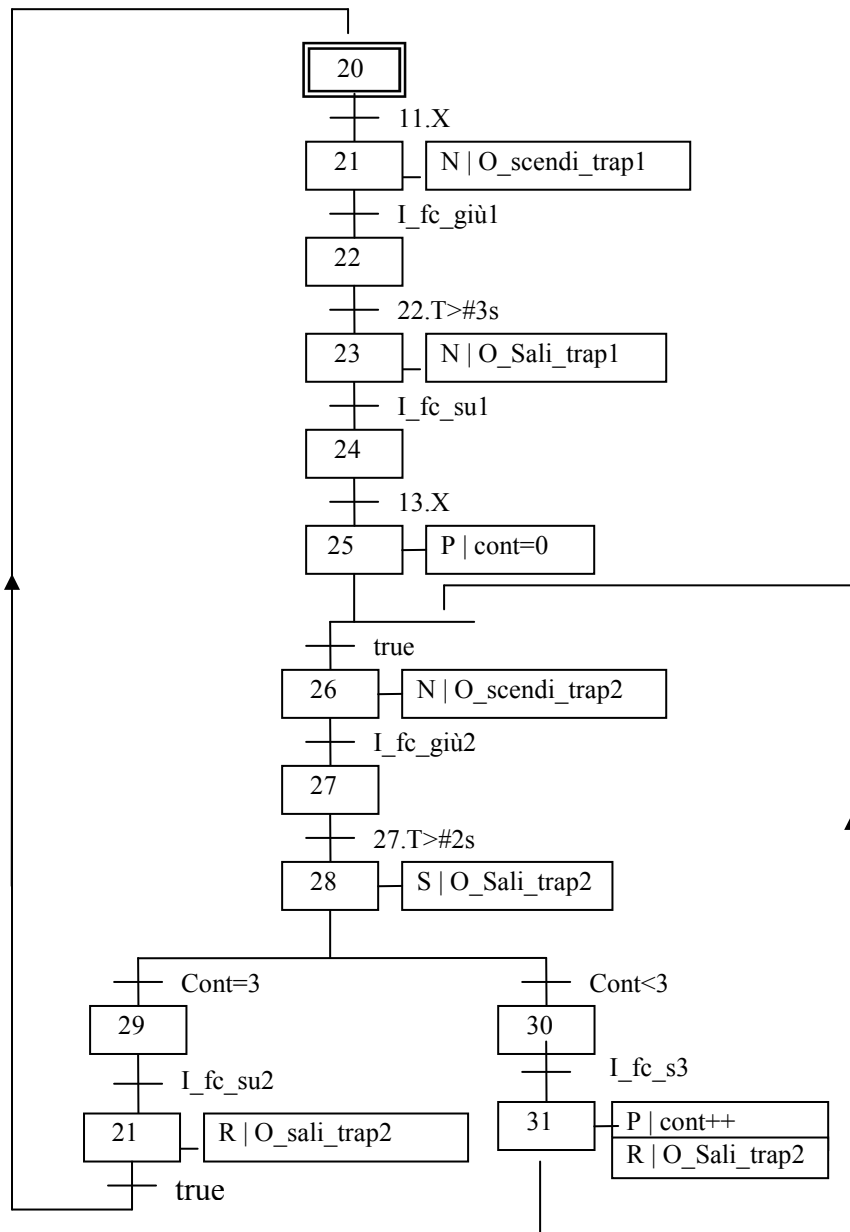
$$\int \cos x \, dx = \sin x$$

$$\int \sin^2 ax \, dx = \frac{x}{2} - \frac{1}{4} \sin 2x = \frac{x}{2} - \frac{1}{2a} \sin ax \cos ax$$

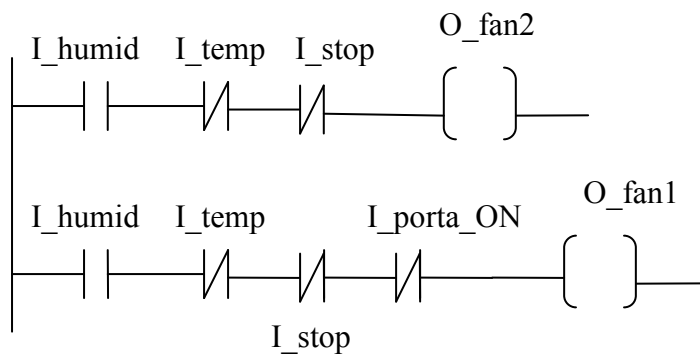
SOLUZIONE

1) SFC: una possibile soluzione è la seguente:





2) Ladder



4) Controllo del moto

Punto 1: data la relazione tra le accelerazioni, per trovare la relazione tra le posizioni mi basterà integrare due volte tra 0 e p.

Quindi a partire da

$$\ddot{q}(p) = \frac{2\pi h}{\Gamma^2} \sin\left(\frac{2\pi p}{\Gamma}\right)$$

posso dire che

$$\dot{q}(p) = \int_0^p \ddot{q}(p) dp = \int_0^p \frac{2\pi h}{\Gamma^2} \sin\left(\frac{2\pi p}{\Gamma}\right) dp = \frac{h}{\Gamma} \left[1 - \cos\left(\frac{2\pi p}{\Gamma}\right)\right]$$

$$q(p) = \int_0^p \dot{q}(p) dp = h \left[\frac{p}{\Gamma} - \frac{1}{2\pi} \sin\left(\frac{2\pi p}{\Gamma}\right) \right]$$

Essendo $h = q(\Gamma) - q(0) \rightarrow$

In gradi $\Gamma = 280 - 0 = 280^\circ \rightarrow h = q(\Gamma) - q(0) = q(280) - q(0) = 360 - 0 = 360^\circ$

Se vogliamo ragionare in radianti, $\Gamma = 280 \cdot 2\pi / 360 = 4.89 \text{ rad} \rightarrow h = 2\pi$

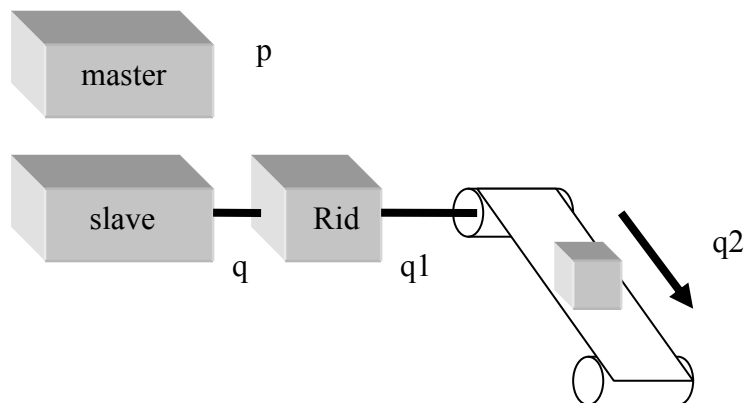
Quando il master è a metà giro, vuol dire che ha compiuto un angolo di 180° ovvero di $\pi \text{ rad}$.

Quindi, ragionando in radianti:

$$q(p) = h \left[\frac{p}{\Gamma} - \frac{1}{2\pi} \sin\left(\frac{2\pi p}{\Gamma}\right) \right] = 2\pi \left[\frac{\pi}{4.89} - \frac{1}{2\pi} \sin\left(\frac{2\pi\pi}{4.89}\right) \right] = 4.82 \text{ rad}$$

Noi però vogliamo sapere di quanto si è mosso l'oggetto sul nastro, alla fine della catena cinematica.

CATENA CINEMATICA



per 1 giro del motore il riduttore fa $1/Kr$ giri.

Per 1 giro del riduttore l'oggetto sul nastro si muove di $2\pi R$

Quindi possiamo scrivere: $2\pi : 2\pi R / kr = q : q_2 \rightarrow q_2 = 2\pi R q / (2\pi kr) \rightarrow q_2 = R q / kr$

Quindi, quando il master è a metà di un angolo giro, ovvero quando lo slave q ha percorso 4,82 radianti, l'oggetto sul nastro si è mosso di: $q_2 = R q / kr = 0.3 \cdot 4.82 / 10 \approx 0.145 \text{ m}$

Punto 2

Genericamente, la coppia si esprime come $C_m = C_1 + C_{att} + C_p$.

Qui non viene dato nessun riferimento né all'attrito né alle perdite, quindi la coppia è solo inerziale

$\rightarrow C_m = C_1$

Sappiamo che la coppia inerziale è $C_1 = J (d\omega/dt)$, con ω = velocità di rotazione del motore.

Quindi nel nostro caso $\omega = dq/dt$, ovvero la velocità di rotazione del motore slave.

Sappiamo che il master va a velocità costante di $\omega_0 = (dp/dt) = 3^\circ/s$. Ragionando in radianti, e considerando che $360 : 2\pi = x (^\circ) : x (\text{rad}) \rightarrow x (\text{rad}) = 2\pi x (^\circ) / 360$

$\rightarrow \omega_0 = (dp/dt) = (2\pi \cdot 3 / 360) \text{ rad/s}$

Integrando la velocità del master otteniamo la sua traiettoria in posizione :

$$\rightarrow p(t) = \int \dot{p} dt = \int \frac{2\pi \cdot 3}{360} dt = \frac{2\pi \cdot 3}{360} t$$

Avendo una traiettoria cicloidale, sappiamo che:

$$\ddot{q}(p) = \frac{d\omega_{slave}}{dt} = \frac{2\pi h}{\Gamma^2} \sin\left(\frac{2\pi p}{\Gamma}\right) = \frac{2\pi h}{\Gamma^2} \sin\left(2\pi \frac{2\pi \cdot 3}{360} t \frac{1}{\Gamma}\right)$$

Sappiamo poi che $C_I = J (d\omega/dt)$, quindi

$$C_I = J \frac{d\omega_{slave}}{dt} = J \frac{2\pi h}{\Gamma^2} \sin\left(2\pi \frac{2\pi \cdot 3}{360} t \frac{1}{\Gamma}\right)$$

Infine, dalla formula della coppia efficace, con il tempo espresso in secondi

$$C_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T C^2 dt}$$

Otteniamo:

$$\begin{aligned} C_{rms} &= \sqrt{\frac{1}{60} \int_0^{60} C^2(t) dt} = \\ &= \sqrt{\frac{1}{60} \int_0^{60} \left(J \frac{2\pi h}{\Gamma^2} \sin\left(2\pi \frac{2\pi \cdot 3}{360} t \frac{1}{\Gamma}\right) \right)^2 dt} = \\ &= \sqrt{\frac{1}{60} \int_0^{60} \left(J \frac{2\pi h}{\Gamma^2} \sin\left(2\pi \frac{2\pi \cdot 3}{360} t \frac{1}{\Gamma}\right) \right)^2 dt} = \\ &= \frac{1}{\sqrt{60}} J \frac{2\pi h}{\Gamma^2} \sqrt{\int_0^{60} \sin^2\left(\frac{4\pi^2 \cdot t}{120 \cdot \Gamma}\right) dt} \end{aligned}$$

Sostituendo la formula dell'integrale di $\sin^2$ data all'inizio, otteniamo alla fine $C_{rms} \approx 0,55 \text{ Nm}$