

LIBRERIA **IMAGINGLAB** PER ROBOTICA DENSO

Con la Libreria ImagingLab per robotica Denso, potete rendere più intelligente il vostro sistema robotizzato senza dover possedere un'esperienza di programmazione di robot complessi

Carlton Heard

Le odierne macchine di produzione a basso volume e mix elevato richiedono robot più intelligenti, che siano in grado di interagire con il loro ambiente attraverso misure e visione. LabVIEW rende possibili nuove applicazioni per i robot industriali integrando misure, visione, controllo del robot e HMI in un unico ambiente di semplice uso. La Libreria ImagingLab per robotica Denso vi permette di rendere più intelligente il vostro sistema robotizzato anche se non possedete un'esperienza di programmazione di robot complessi. Oltre alla produzione flessibile, con la libreria potete integrare robot Denso in nuovi tipi di sistemi e applicazioni per test automatizzato, automazione di laboratorio e produzione di precisione.

INTRODUZIONE

Questo articolo introduce i concetti fondamentali della Libreria ImagingLab per robotica Denso con esempi che possono servire come punto di partenza per programmare il vostro sistema robotizzato e guidato da visione Denso. Apprenderete come usare la Libreria ImagingLab per robotica Denso ed esplorerete applicazioni di movimento punto a punto, di movimento continuo e guidato dalla visione. Il robot Denso dovrebbe essere operativo con il pannello pensile, per ottenere il massimo dal codice esemplificativo. Notate che l'articolo è un esempio configurabile – non un'applicazione 'chiavi in mano'

– e non introduce ogni aspetto della Libreria ImagingLab per robotica Denso o dei robot Denso. Se state sviluppando un sistema robotizzato complesso, considerate la consultazione di un Alliance Partner National Instruments.

CONFIGURAZIONE DEL VOSTRO SISTEMA

Robslave

Per portare il robot in uno stato slave che potete controllare con il software LabVIEW, dovete caricare e avviare un programma Denso denominato robslave.pac, che viene fornito insieme al software b-CAP Denso sul controllore del robot. Usate il software Denso per scaricare il robslave.pac sul controllore. Dopo esservi collegati al controllore, usate il VI Denso-Robslave per avviare il programma e interrompere il programma quando uscite dall'applicazione LabVIEW.

ABILITAZIONE DEL CONTROLLO ETHERNET

Tutti i comandi del robot da LabVIEW sono inviati attraverso un collegamento Ethernet al controllore del robot. Il controllore del robot permette il controllo da un solo indirizzo IP, che dovete aggiungere al controllore come client valido. Per farlo sul pannello pensile, navigate a **Settings»Communications Setting»Client**. Con questo menu, potete cambiare l'indirizzo IP in modo che corrisponda all'indirizzo IP del PC o dispo-

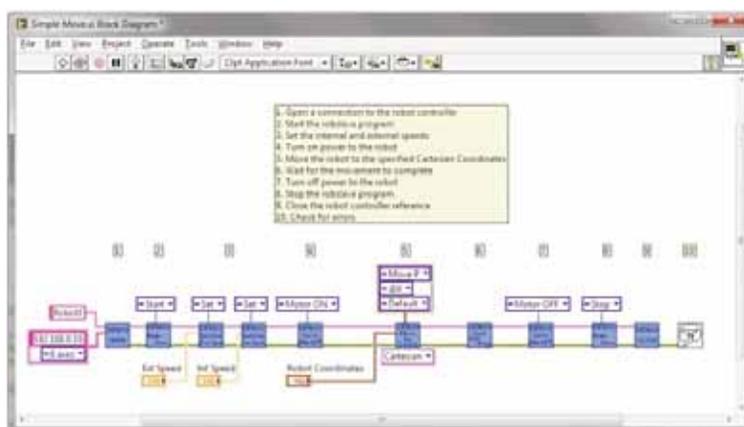


Fig 1 – Inizializzazione: impostazione di parametri, velocità e posizione del controllore del robot

sitivo real-time che state collegando al robot. Dovete inoltre impostare il robot in modo che possa ricevere comandi attraverso Ethernet. Navigate a **Settings»Communications Setting»Ext Run** sul pannello pensile e selezionate Ethernet come porta di comunicazione da cui eseguire i programmi. La porta Ethernet deve anche avere permessi di Lettura/Scrittura, che sono impostati in **Settings»Communications Setting»Permit**.

CABLAGGIO

Per controllare il robot Denso con LabVIEW, dovete ruotare la chiave del pannello pensile su Auto e attivare le linee Enable Auto sulla porta Safety I/O. Inoltre, dovete collegare l'ingresso Stop all Steps della connessione min-I/O sul controllore Denso, o linea step-stop, a un'alimentazione a 24 V. Questa può essere un'alimentazione a 24 V esterna, oppure potete modificare i ponticelli all'interno del controllore in modo che i 24 V vengano erogati internamente. Per maggiori informazioni consultate il manuale Denso.

INIZIALIZZAZIONE

Collegamento del controllore del robot

Il primo passo nell'applicazione di programmazione di un robot Denso è l'inizializzazione del robot e dei suoi parametri. Aprite una connessione al controllore del robot usando il VI Denso-Open e specificando l'indirizzo del controllore e il numero di assi del robot. Per trovare l'indirizzo IP del controllore del robot, navigate a **Settings»Communications Settings»Address** sul pannello pensile Denso. Notate che dovete aggiungere l'indirizzo IP del PC o target real-time che si collega al controllore del robot come client valido nel menu di impostazione delle comunicazioni del robot come descritto sopra. Le opzioni dei VI Denso-Open per il numero di assi sono 6, 5, 4 e Undefined. Non è necessario differenziare fra modelli differenti di ogni robot che hanno lo stesso numero di assi. Per esempio, potete eseguire programmi scritti per un robot a sei assi serie VS usando un robot a sei assi serie VP senza alcun cambiamento di codice LabVIEW.

IMPOSTAZIONE DELLE VELOCITÀ

In LabVIEW potete impostare due tipi differenti di velocità del robot: esterna e interna. La velocità esterna è usata nella maggior parte dei casi per controllare le variazioni fra i movimenti dopo l'implementazione. Per esempio, potrebbe essere necessario muovere il robot ad una velocità più bassa durante l'assemblaggio di una parte, ma muoverlo a una velocità più elevata quando ritorna a prelevare un'altra parte. Quando il robot ha posizionato la parte o prima che prelevi una parte, richiamate semplicemente il VI della velocità esterna per impostare la velocità corrente desiderata. La velocità interna è usata normalmente per scopi di test. Se è necessario eseguire un test a una velocità del 25 per cento, potete impostare la velocità

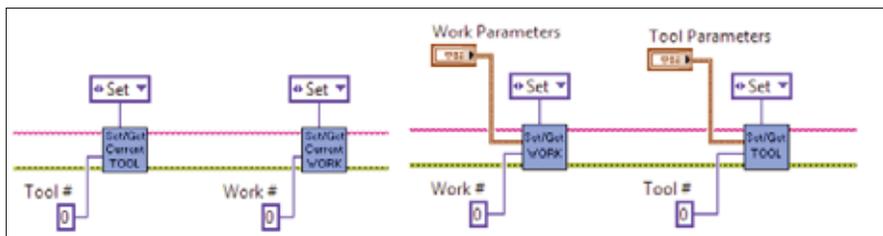


Fig 2 – Work e Tool: impostazione dell'utensile e dell'area di lavoro correnti

interna a 25 e tutte le velocità dei movimenti del robot saranno scalate al 25 per cento del loro valore. In caso contrario, dovrete entrare nel codice e impostare ogni velocità al 25 per cento del suo valore originale. Ciò può essere laborioso, perché alcune applicazioni richiedono una grande varietà di velocità per i vari movimenti. Per sicurezza, impostate le velocità interna ed esterna dopo avere avviato robslave.pac per essere certi che il robot si muova alla velocità corretta ogni volta che eseguite il programma.

ACCENSIONE/SPEGNIMENTO

Dopo avere aperto un collegamento con il controllore del robot, al robot non viene fornita alimentazione finché non richiamate il VI Denso – Servo – Set ON-OFF. Richiamate questo VI con l'ingresso dello stato del motore impostato a Motor On prima di inviare qualsiasi comando di movimento e cambiate l'ingresso dello stato del motore a Motor Off quando tutti i movimenti sono terminati.

WORK E TOOL

Con i robot Denso, l'utente può impostare l'utensile o end-effector corrente, fissato all'estremità del robot. Con questa funzionalità, il cambiamento dell'end-effector non richiede un cambiamento completo nelle posizioni programmate. Al contrario, questa caratteristica applica automaticamente un offset dei movimenti per raggiungere la stessa posizione target in base ai parametri dell'end-effector utilizzato. Il sistema di coordinate, o area di lavoro, definisce le posizioni assolute quando si comanda il robot usando coordinate cartesiane e trans. La Libreria ImagingLab per robotica Denso permette all'utente di impostare ed editare l'utensile e l'area di lavoro correnti, nonché di aggiungere nuovi utensili e aree di lavoro usando i VI illustrati nella fig 2. La figura indica come impostare l'utensile e l'area di lavoro correnti e nuovi valori per un utensile/area di lavoro lavoro specifici, ma potete cambiare l'ingresso da Set a Get per ottenere i valori e le impostazioni correnti.

MOVIMENTO PUNTO A PUNTO DEL ROBOT

Movimento mediante coordinate

Potete comandare il movimento del robot con tre metodi: coordinate, posizione e Denso Drive. Quando muovete il robot mediante coordinate, usate il VI Move by Coordinates per selezionare il tipo di coordinate (cartesiane, congiunte o trans) e immettete quindi il gruppo di coordinate nel VI. Le transvariabili sono variabili di posizione nella matrice di trasformazione

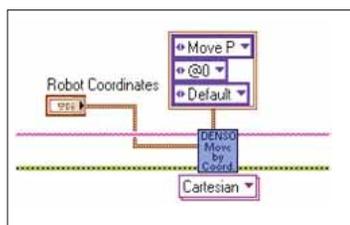


Fig 3 – Comando del movimento del robot mediante coordinate

omogenea, spiegata più in dettaglio nel manuale del robot Denso. Quando usate coordinate cartesiane, notate che fanno riferimento al sistema di coordinate o numero di lavoro corrente. Per esempio, se l'utente esegue un movimento cartesiano mentre usa il sistema di coordinate base e quindi cambia il sistema di coordinate a Work 2, è

possibile che lo stesso movimento cartesiano possa comandare il movimento del robot in una posizione differente rispetto a prima. L'uso dei sistemi di coordinate è discusso con maggiori dettagli nel paragrafo della guida mediante visione.

MOVIMENTO MEDIANTE POSIZIONE

Quando muovete il robot mediante posizione, instruite il robot a muoversi in un punto prememorizzato. Tale punto può essere una variabile di posizione, congiunta o trans. Potete memorizzare le tre variabili usando il pannello pensile Denso o LabVIEW. Il VI Move by Position, illustrato nella figura 4, richiede un ingresso per selezionare il tipo di variabile e il numero della variabile.

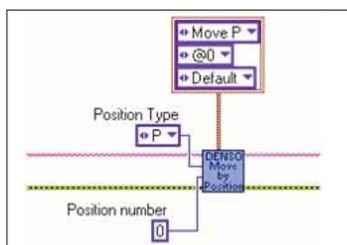


Fig 4 – Comando del movimento del robot mediante posizione

DENSO DRIVE

Il terzo metodo per muovere il robot è il VI Denso-Drive, che permette all'utente di eseguire un movimento relativo o assoluto su assi specifici. L'utente specifica la Move Option e il Pass Motion, discussi più avanti in questo articolo e il tipo del movimento: relativo o assoluto. La caratteristica Drive Parameters è

un array di cluster d'ingresso che contiene l'asse target e la coordinata dell'asse. Per esempio, se volete che il quarto asse si muova di 16 mm, selezionate semplicemente Relative dal selettore polimorfico del VI, scegliete Axis 4 sotto Drive Parameters e impostate la coordinata a 16. Poiché l'ingresso Drive Parameters è un array, potete comandare più movimenti su vari assi; tuttavia, essi devono essere tutti relativi o assoluti e avere gli stessi Move Option e Pass Motion.

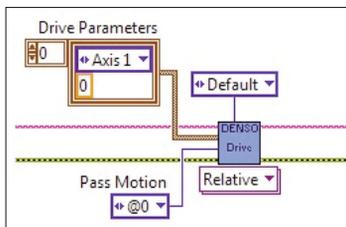


Fig 5 – Comando del movimento del robot mediante Denso Drive

un array di cluster d'ingresso che contiene l'asse target e la coordinata dell'asse. Per esempio, se volete che il quarto asse si muova di 16 mm, selezionate semplicemente Relative dal selettore polimorfico del VI, scegliete Axis 4 sotto Drive Parameters e impostate la coordinata a 16. Poiché l'ingresso Drive Parameters è un array, potete comandare più movimenti su vari assi; tuttavia, essi devono essere tutti relativi o assoluti e avere gli stessi Move Option e Pass Motion.

ATTESA CHE TERMINI IL MOVIMENTO

I VI di movimento del robot non sono bloccanti: ciò significa che quando avete inviato un comando di movimento al con-

trollore del robot, il programma prosegue fino al prossimo VI senza attendere che il movimento sia completato. Il prossimo paragrafo sui movimenti a punti multipli esamina come potete usare questa caratteristica per accodare i comandi e rendere continui i movimenti. Dopo il richiamo del VI finale di movimento del robot, è normale spegnere il robot. Poiché l'esecuzione del VI prosegue immediatamente dopo l'invio del comando di movimento finale al robot, il VI Power Off interrompe il robot e distacca l'alimentazione prima che il movimento finale sia stato completato. Per bloccare l'esecuzione del codice LabVIEW finché i movimenti sono stati completati, usate il VI Wait Arm Stop. Vi è tuttavia uno scenario nel quale i VI di movimento del robot possono essere bloccanti. Come accennato in precedenza, i VI di movimento del robot possono accodarsi sul controllore del robot se vengono inviati più comandi di movimento prima che il primo movimento sia stato completato. Tale coda può contenere fino a tre comandi di movimento e, quando la coda è piena, ulteriori comandi di movimento vengono rifiutati, facendo sì che il VI di attesa del movimento del robot blocchi finché un registro della coda non è libero.

MOVIMENTI DEL ROBOT A PUNTI MULTIPLI

Movimenti a punti multipli

L'esecuzione in serie di più comandi di movimento del robot accoda i movimenti sul controllore del robot e permette di unire fra loro i movimenti in modo da produrre un percorso continuo fra le posizioni. Questo tipo di unione è particolarmente utile nelle applicazioni pick and place, che muovono il robot in un punto per prelevare una parte e poi in un altro punto per depositare la parte in un assemblato o in altra destinazione.

PICK AND PLACE

Nelle tipiche applicazioni pick and place, il robot non si muove direttamente nel punto di pick o place, ma si muove invece da qualche posizione di offset al di sopra della parte. Ciò evita che l'end-effector urti le parti o le danneggi mentre si muove in posizione e permette il posizionamento della parte all'interno di

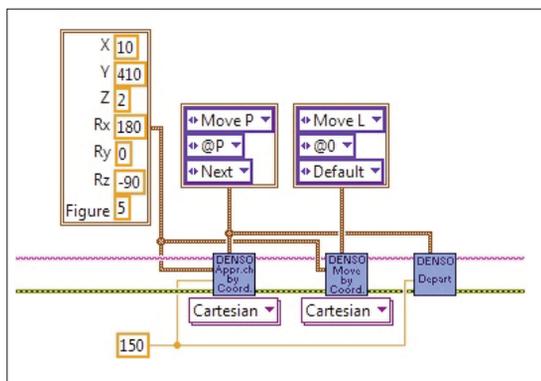


Fig 6 – Approach e Move: uso del VI Approach per portare il robot in una posizione di offset al di sopra della parte e quindi del VI Move per muovere il robot nell'esatta posizione target

qualche posizione protetta da pareti. Per eseguire questi tipi di movimenti, usate i VI Approach, Move e Depart. I VI Approach e Move usano la stessa posizione target, ma Approach ha un ingresso per la distanza di approccio, o offset dalla parte. Raggiunta tale posizione di approccio, viene richiamato il VI Move per il movimento nell'esatta posizione target e, dopo l'uso dell'end-affecter, viene usato il VI Depart per ritornare nella posizione di offset prima di procedere nel punto successivo.

PARAMETRI DI MOVIMENTO

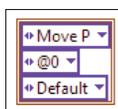


Fig 7 – Il cluster dei parametri di moto

Interpolazione

Un ingresso richiesto per ogni VI di movimento è il cluster dei parametri di moto. Le voci in tale cluster specificano interpolazione, pass motion e move option. L'interpolazione ha effetto sul percorso seguito fra due posizioni. Move P è il tipo di interpolazione di default e, quando è selezionato, il robot segue il percorso più efficiente verso il prossimo punto. Move L richiede che l'end-affecter si muova secondo un percorso lineare fino al prossimo punto. Ciò è utile per i casi in cui la parte da manipolare debba essere sollevata verticalmente o debba passare attraverso un canale lungo il percorso verso la prossima posizione. È importante notare, tuttavia, che quando si usa l'interpolazione lineare, il percorso fra i due punti deve essere uno spazio valido per il movimento del robot. Per esempio, non potete eseguire un movimento lineare da un lato all'altro del robot, perché ciò richiede che il robot si muova attraverso sé stesso.

Pass Motion

La seconda voce nel cluster specifica il moto di passaggio da usare con il movimento. Un moto di passaggio determina il moto per arrivare nella posizione finale. @0, noto come valore di default, arresta il robot quando il valore del comando del servosistema corrisponde alla posizione di destinazione. Potete usare il moto di passaggio non solo per movimenti ad una posizione finale, ma anche per il passaggio attraverso una posizione che deve essere raggiunta entro una certa deviazione. Un altro metodo per passare attraverso una posizione è un moto di passaggio di @P, che potete usare per collegare il movimento corrente con il movimento successivo. L'uso di @P fa sì che il movimento corrente finisca a una certa distanza dalla posizione target, in modo che si possa passare attraverso tale posizione sul percorso verso la posizione successiva. Analogamente all'uso del valore di default di @0, l'uso di @E arresta il movimento nella posizione target, ma @E usa il valore dell'encoder per arrestare il moto quando il motore raggiunge la posizione di destinazione al suo valore di encoder

corrispondente. Questo è il metodo migliore da implementare per arrivare esattamente alla posizione target.

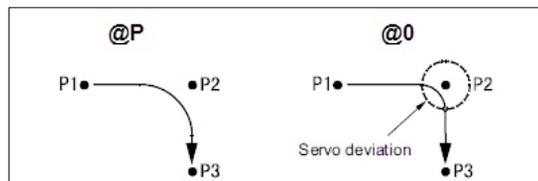


Fig 8 – I diversi comportamenti specificati dall'ingresso pass motion

Move Option

L'ultimo parametro è Move Option, che ha i valori Default e Next. Quando selezionate Default, il movimento corrente che il robot sta eseguendo deve raggiungere completamente la sua posizione finale prima che il robot proceda con il prossimo movimento. Quando selezionate Next, il robot procede alla successiva istruzione di movimento senza attendere che il movimento sia stato totalmente completato. Ciò crea un effetto di continuità fra i due movimenti. I movimenti Approach e Depart vengono normalmente eseguiti con Next come Move Option perché le posizioni di offset spesso non sono il movimento finale e non è essenziale che tali movimenti siano stati totalmente completati o che il robot venga portato ad un arresto prima di procedere.

ROBOTICA GUIDATA DALLA VISIONE

Calibrazione

Il ponte fra il sistema di visione e il robot è un sistema di coordinate condiviso. Il sistema di visione trova una parte e ne riporta la posizione ma, per instruire il robot a muoversi in quella posizione, il sistema deve convertire le coordinate in unità accettate dal robot. La calibrazione permette al sistema di visione di riportare le posizioni in unità reali come i millimetri, che sono utilizzati con le coordinate cartesiane del robot. Un metodo comune di calibrazione è usare una griglia di punti. Per informazioni più approfondite sulla calibrazione delle immagini, consultate l'NI Vision Concepts Manual. Potete usare la griglia di punti per calibrare il sistema di visione e anche per calibrare il robot con il sistema di visione. Quando calibrate il sistema di visione, dovete selezionare un'origine per definire il piano x-y. Normalmente si seleziona uno dei punti d'angolo come origine e si definisce una riga o una colonna come asse x.

Il metodo usato dal robot per creare un sistema di coordinate è simile, quindi potete usare lo stesso punto sulla griglia di calibrazione che selezionate come origine del sistema di visione anche come origine del robot. Muovete semplicemente il robot in quel punto, memorizzate il punto come variabile di posizione sul controllore del robot, muovete il robot lungo gli assi x e y e memorizzate quei punti come variabili di posizione. Potete memorizzare le variabili di posizione usando

LabVIEW o il pannello pensile Denso. Dopo avere completato questa operazione, potete usare il pannello pensile Denso per autocalcolare un sistema di coordinate o un'area di lavoro sulla base delle tre posizioni memorizzate. Per usare il tool di autocalcolo sul pannello pensile Denso, navigate dallo schermo base ad **Arm»Auxiliary Functions»Work»Auto Calculate**. Quando siete nel menu di autocalcolo dell'area di lavoro, selezionate semplicemente le variabili di posizione che corrispondono alle variabili di posizione dell'origine, dell'asse x e del piano x-y memorizzate come spiegato in precedenza. Potete immettere direttamente le posizioni del sistema di visione calibrato nei VI di movimento cartesiano del robot quando l'autocalcolo è terminato e l'area di lavoro recentemente creata è impostata come area di lavoro corrente utilizzata. Osservate la figura 9 per un semplice esempio di passaggio delle coordinate. Questi risultati che vengono passati direttamente ai VI di movimento del robot includono anche l'angolo di corrispondenza, che è un'uscita dei risultati di riconoscimento del pattern geometrico del sistema di visione. Un altro metodo di calibrazione è l'immissione diretta dei parametri del sistema di coordinate anziché utilizzare l'autocalcolo incorporato sul pannello pensile. Potete farlo con il pannello pensile Denso o LabVIEW. Consultate il manuale Denso per maggiori informazioni sui metodi di calibrazione del robot.

MOVIMENTI RELATIVI E ASSOLUTI

Nella maggior parte dei casi, una telecamera ha una posizione fissa relativamente al robot. Quindi, quando avete portato a termine una calibrazione del robot e del sistema di visione, potete immettere direttamente l'uscita di posizione calibrata dal codice di visione nei VI di movimento del robot. Ciò significa usare dei movimenti assoluti. In altri casi, potete fissare la telecamera all'end-effector o ad altri dispositivi in movimento. Poiché la vista della telecamera cambia, dovete aggiornare la calibrazione con la vista o fornire movimenti relativi. Quando si usano movimenti relativi, la posizione target viene fornita come offset relativo dalla posizione corrente, ad esempio quando la telecamera richiede che il target sia al centro del frame ad ogni acquisizione. Quando il target è fuori centro, i risultati dell'immagine comandano il robot a muoversi di una quantità relativa finché il target è ricentrato. Potete anche

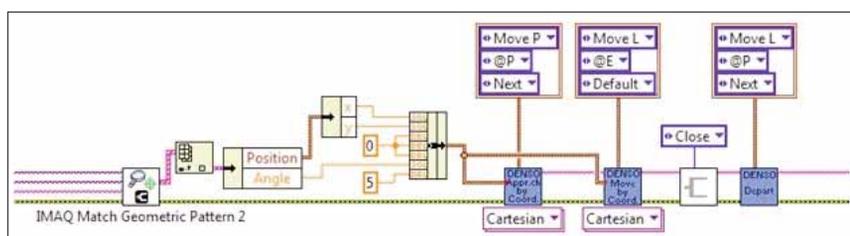


Fig 9 – Calibrazione del robot passando le coordinate usate per calibrare il sistema di visione

usare un sistema ibrido in situazioni in cui la telecamera fissa fornisce movimenti assoluti per prelevare parti e muovere il robot nell'area di assemblaggio. Potete usare una seconda telecamera per la guida precisa nella posizione finale.

PARALLEL PROCESSING

La Libreria ImagingLab per robotica Denso ha un'API sequenziale in cui i comandi vengono eseguiti nell'ordine in cui sono stati programmati, ma in molte applicazioni il codice di controllo del robot potrebbe non essere l'unico codice da esegui-

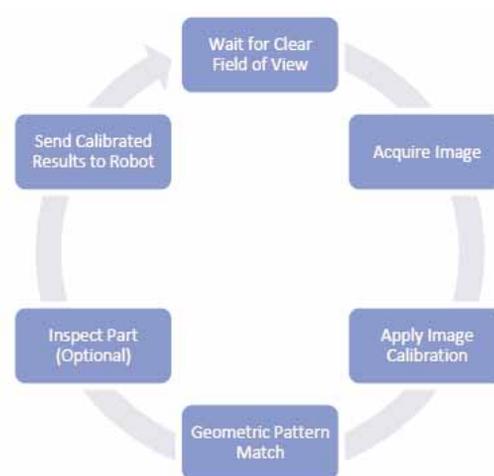


Fig 10 – Esempio di flowchart per il codice di visione eseguito in parallelo con i VI del robot

re. Acquisizione ed elaborazione tramite visione, HMI e interfacce utente, gestione degli allarmi, controllo di dispositivi di alimentazione e altri processi di comunicazione sono tutti task che possono essere eseguiti in parallelo al controllo del robot. LabVIEW offre molte architetture, come l'architettura Master-Slave o Producer-Consumer, che sono in grado di gestire vari task, e potete selezionare un'architettura in base alla vostra specifica applicazione. L'acquisizione ed elaborazione di immagini non deve essere necessariamente in linea con i comandi del robot quando si implementano applicazioni robotiche guidate dalla visione, quindi l'uso di un'architettura di parallel processing permette a queste funzioni di svolgersi contemporaneamente ai comandi del robot e ad altri processi di controllo. Ciò mantiene il robot in moto continuo, perché esso non deve aspettare che il codice di visione termini prima di muoversi. Quando il robot ha lasciato l'area di osservazione, potete acquisire una nuova immagine e implementare il riconoscimento e l'ispezione di pattern geometrici mentre la parte precedente è assemblata o spostata nella sua posizione di piazzamento. Quindi, quando la parte precedente è stata piazzata, la posizione della parte successiva è pronta per essere inviata ai VI di movimento del robot.