

**IL SISTEMA DI MOVIMENTAZIONE IN ASSE X DEL RICEVITORE 86  
GHZ IN DOTAZIONE AL RADIOTELESCOPIO DI NOTO.**

**Francesco Schillirò, Carlo Nocita, Corrado Contavalle**

**RAPPORTO TECNICO IRA 378/06**

## INDICE

Introduzione .....	pag. 1
1. Descrizione generale .....	pag. 2
2. Descrizione circuitale .....	pag. 3
2.1 Alimentazione .....	pag. 4
2.2 Potenza assorbita dall'attuatore. ....	pag. 4
2.3 Collegamenti seriali ed I/O digitali .....	pag. 4
2.4 Motore passo passo .....	pag. 5
3. Configurazione dei parametri per il movimento .....	pag. 5
4. Procedure di calibrazione e controllo .....	pag. 6
4.1. Procedura di ricerca dello zero .....	pag. 6
4.2. Procedura verifica corsa .....	pag. 8
5.1 Descrizione del software di controllo .....	pag 10
5.2 Caratteristiche del sostare .....	pag 12

## INTRODUZIONE

L'installazione del nuovo ricevitore 86 GHz nel fuoco primario del radiotelescopio di Noto segna una tappa importante nella direzione che porta il radiotelescopio stesso a lavorare in condizioni di alta frequenza.

Lungi dall'affrontare problematiche di altra natura, questo lavoro descrive la realizzazione del sistema di controllo, calibrazione e movimentazione in asse X del supporto contenente il ricevitore; lungo gli altri due assi tale supporto sarà pilotato dal sistema di controllo del subreflector che funziona già a Noto con ottimi risultati.

La natura del problema richiede la necessità di progettare un sistema di movimentazione la cui risoluzione sia ben al di sotto della lunghezza d'onda della banda in questione (circa 3 mm); è ragionevole quindi ritenere accettabile una risoluzione del decimo di millimetro allo scopo di individuare sia la posizione ottimale nella fase di ricerca del fuoco, sia la correzione di eventuali deviazioni per effetto della gravità, anche se in linea di principio lungo l'asse X di queste deviazioni non se ne dovrebbero registrare.

Per ottenere tali risoluzioni è stato utilizzato un attuatore solidale con l'asse X del ricevitore, uguale in tutto e per tutto a quelli progettati ed assemblati dal gruppo della Stazione Radioastronomia di Medicina ed utilizzati per la realizzazione della superficie attiva di Noto

Per maggiori informazioni sulle caratteristiche tecniche e circuitali dell'attuatore si rimanda ai rapporti scritti del suddetto gruppo di Medicina; in questa ambito si darà maggiore spazio alla descrizione della struttura e delle funzionalità del software di controllo e di pilotaggio per questo attuatore non tralasciando, tuttavia, di dare una descrizione di quest'ultimo.

### ***1. Descrizione generale***

L'attuatore è un martinetto elettromeccanico con corsa lineare completamente indipendente dotato di motore, alimentatore e di una elettronica intelligente per la gestione del posizionamento. Necessita per il funzionamento di una tensione di alimentazione a 48AC ed è comandato tramite un'interfaccia seriale indirizzabile secondo lo standard RS485.

Per la comunicazione con il PC di controllo che utilizza lo standard RS232, occorre tuttavia utilizzare un dispositivo di traduzione RS232-RS485 e viceversa.

Le principali caratteristiche dell'attuatore sono:

Peso		8kg
Dimensioni	Base	275x184
	Altezza	208mm
Corsa lineare		13mm
Precisione di posizionamento		0.03mm
Carico nominale		250kg
Carico di sopravvivenza		500kg
Velocità		0.36mm/sec
Alimentazione		48VAC
Comunicazione		RS485
Temperatura di funzionamento		-10° ÷ 50° C
Potenza assorbita	movimento	16/23VA
	Stby	4VA

La figura 1 mostra l'attuatore nella sua complessità, esso è formato da due parti principali:

- Sulla destra il martinetto meccanico vero e proprio.
- Sulla sinistra una scatola contenente il motore, il trasformatore di alimentazione e l'elettronica di pilotaggio e controllo.



Fig. 1 Vista dell'attuatore

La scatola metallica è divisa in due parti; la prima fissata al martinetto dove sono montati il motore passo passo e il trasformatore, la seconda che funge da coperchio e alloggia l'intera elettronica di controllo.( fig.2)

Il collegamento tra motore passo passo, trasformatore e scheda di controllo nonché il suo schema elettrico è riportato in [1]. Sul coperchio della scatola vi sono due connettori militari J3 e J1 collegati in parallelo; J3 è il connettore di ingresso, mentre J1 è quello di uscita per poter collegare l'attuatore successivo di una eventuale catena di attuatori; alimentazione e controllo vengono fornite attraverso un unico cavo "misto" collegato a J3.

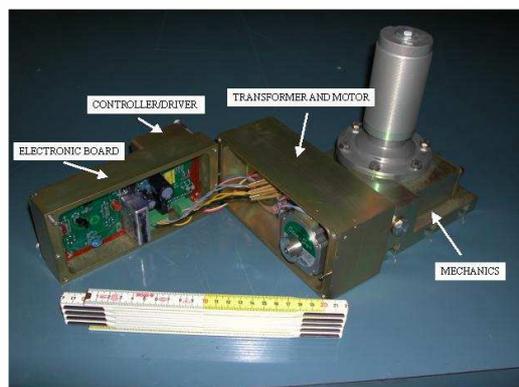


Fig. 2 Parti componenti l'attuatore

Di seguito è possibile individuare lo schema dei connettori J1 e J3 usati per la connessione e l'alimentazione dell'attuatore.

CONNETTORE ITS 3102Y14S 6SB1 J1	FUNZIONE Connettore di uscita Alimentazione e controllo
A	RS 485 +
B	RS 485 -
C	48VAC
D	N.C.
E	48VAC
F	RTN

## 2. Descrizione circuitale

L'elettronica di controllo dell'attuatore si basa, come mostrato nello schema a blocchi di figura 3, sull'azionamento USD60362 della LAM technologies, un modulo ibrido intelligente che racchiude in se tutte le funzioni di pilotaggio e di controllo in posizione di piccoli motori passo passo bipolari.

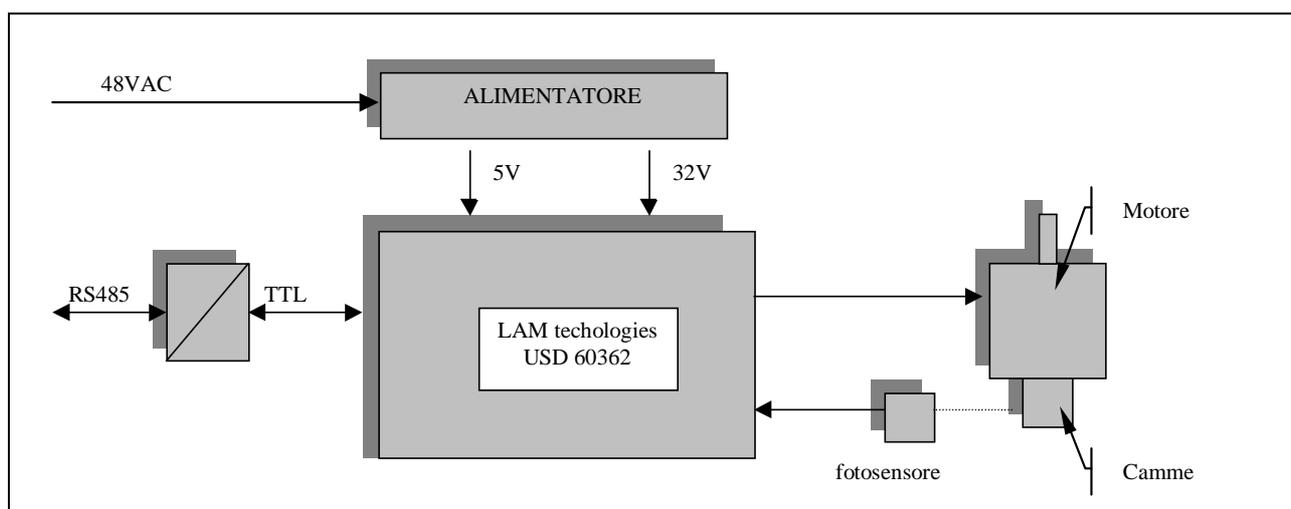


Fig.3 Schema a blocchi elettromeccanica di controllo dell'attuatore; sono identificati i blocchi principali, la sezione alimentatore, l'azionamento USD 60362, il driver seriale RS485/TTL, il motore passo passo e il fotosensore abbinato alla camme.

L'azionamento, ricevuta la posizione finale nella quale deve essere posizionato il motore, provvede, in completa autonomia, ad eseguire il corretto posizionamento rispettando i parametri di movimento precedentemente impostati: essi sono il tempo di accelerazione e decelerazione, la velocità massima e minima di rotazione, il movimento a passo intero o mezzo passo.

L'azionamento necessita per il funzionamento di due tensioni di alimentazione una 5V per la logica di controllo e una 32V per i circuiti di potenza, è completamente controllabile tramite interfaccia seriale ed è dotato di tre I/O digitali di uso generale di cui uno è collegato ad un fotosensore che insieme ad una camme calettata sull'albero posteriore del motore funge da riferimento di posizione e controllo del movimento.

## 2.1 Alimentazione

La scheda di controllo motore necessita di due tensioni di alimentazione:

- 5Vdc 150mA stabilizzata per la logica di controllo.
- 32Vdc 0.8A non regolata per il pilotaggio del motore.

Le tensioni di alimentazioni vengono ottenute tramite un unico trasformatore ingresso a 48V a due uscite; una a 8V, 5VA per la 5V stabilizzata e un'uscita a 24V, 25VA per la 32V non regolata.

Il trasformatore toroidale è fissato al corpo della scatola per avere un buon scambio termico ed è collegato alla scheda di controllo tramite il connettore J4.

## 2.2 Potenza assorbita dall'attuatore

L'assorbimento dell'attuatore dipende dalle condizioni operative e più precisamente dalla temperatura, dal carico e dalla velocità di movimento. Nella tabella sottostante sono riportati gli assorbimenti misurati a tre diverse temperature (-5°C, 20°C, e 50°C) sempre con un carico positivo o negativo di 400Kg e ad una velocità di rotazione del motore di 150rpm (500pps) pari a una velocità lineare di 0.36mm/sec.

Una variazione della velocità di +/-100 pps corrisponde ad una variazione dell'assorbimento in corrente di +/-0.03 Amp.

<b>Corrente e potenza assorbita dall'attuatore (misurati sulla 48VAC)</b>						
Corrente di fase motore (Amp.)	Spinta attuatore 400 Kg		Spinta attuatore-400 Kg		STBY 25%	
	(Amp)	(VA)	(Amp)	(VA)	(Amp)	(VA)
1.400 @ 50°C	0.425	20.4	0.340	16.32	0.070	3.36
1.700 @ 20°C	0.455	21.84	0.370	17.76	0.075	3.6
2.000 @ -5°C	0.470	22.56	0.400	19.2	0.080	3.84

Tab. 1 I valori di corrente riportati in tabella sono RMS.

## 2.3 Collegamento seriale e I/O digitali.

L'azionamento può essere comandato, interrogato e configurato esclusivamente tramite comandi seriali.

La comunicazione seriale secondo lo standard RS485 è ottenuta tramite un opportuno driver collegato direttamente alle porte RX TX e TXon

L'azionamento dispone di tre linee di I/O per uso generale I/O0, I/O1, I/O2, che possono essere configurate indipendentemente una dall'altra in ingresso o in uscita. Nella tabella sottostante vengono riportate le configurazioni utilizzate ed una descrizione della funzione abbinata ad ogni linea.

Linea di I/O	configurazione	Funzione
0	Input	<p>SW ZERO: Tramite questo ingresso è possibile visualizzare lo stato del fotosensore U1 che viene utilizzato per due funzioni:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Procedura di zero: permette di azzerare il contatore in una posizione meccanica ben definita rendendo il posizionamento assoluto.</li> <li>• Verifica della perdita del passo: permette di verificare se per un qualsiasi motivo il motore non si è mosso correttamente e la posizione riportata dall'azionamento non corrisponde alla posizione reale.</li> </ul> <p>Stato logico alto    camma sul fotosensore  Stato logico basso    camma fuori dal fotosensore</p> <p>L'isteresi del sensore è corrispondente a circa 0,9° di rotazione del motore (mezzo passo).</p>
1	output	<p>ENABLE: Tramite questa uscita, collegata direttamente all'ingresso enable dell'azionamento stesso, è possibile disabilitare il chopper dello stadio di potenza con conseguente annullamento della corrente e della coppia del motore passo passo. Utile in caso di interferenze causate dalla frequenza di chopper.</p> <p>Stato logico alto    Chopper abilitato  Stato logico basso    Chopper disabilitato</p>
2	Input	<p>Fault: Questo ingresso è collegato direttamente all'uscita Fault dell'azionamento stesso e ne permette la visualizzazione remota. L'uscita Fault si attiva ogni qualvolta è rilevato un cortocircuito tra le fasi di uscita e se la tensione VP scende al di sotto di 12V</p> <p>Stato logico alto    funzionamento normale  Stato logico basso    condizione di Fault</p>

Tab. 2 . Configurazione degli I/O digitali

#### 2.4 Motore passo passo

Il motore passo passo utilizzato è il Sanyo Denki mod. 103-H7123-710 con collegamento degli avvolgimenti serie. Il motore è fissato al corpo della scatola, l'albero frontale è accoppiato tramite giunto alla vite senza fine del martinetto, sull'albero posteriore è invece montato una camma che ad ogni giro del motore transita sul fotosensore U1. Tale camma viene utilizzata per verificare il corretto posizionamento del motore e nella procedura "ricerca di zero"

Il motore è collegato alla scheda di controllo tramite il connettore J2

### 3. Configurazione dei parametri per il movimento

L'attuatore è stato preconfigurato con i seguenti parametri di movimento allo scopo di pilotare il carico fornito dal case del ricevitore 86 GHz:

Parametro	codice software	Valore impostato	note
Velocità Massima		500 pps 150 rpm 0.36 mm/sec	È la massima velocità che garantisce la spinta specificata di 3000 N a qualsiasi temperatura. Velocità superiori sono possibili con un decremento della spinta.
Velocità minima		100 pps 30 rpm 0.072 mm/sec	È la velocità minima di partenza del motore. Velocità inferiori a 100pps non devono essere utilizzate a causa di fenomeni di risonanza nel motore passo passo. Con valori superiori a 300 pps il motore non parte
Tempo di acc. e dec.		0.5 sec	
Modalità di movimento		automatico	Provvede il cambio al volo tra passo intero e mezzo passo
Riduzione corrente a motore fermo		25%	Riduce al 25% la corrente di fase del motore. Tale corrente è più che sufficiente per mantenere bloccato il motore in qualsiasi condizione di carico.
Velocità di comunicazione		19200 KBaud	Velocità di dialogo tra master computer e dispositivo
Ritardo alla risposta		1 msec	Ritardo impostato tra la ricezione dei dati e la risposta.
I/O 0		input	SW zero:
I/O 1		output	Chopper Enable
I/O 2		input	Driver Fault

Tab. 4. Parametri di movimento preimpostati sull'attuatore

#### 4. Procedure di calibrazione

Le procedure descritte successivamente “procedura di zero”, “verifica della corsa” e “controllo della rotazione” non sono funzioni implementate all’interno dell’azionamento e quindi eseguibili con un semplice comando, ma sono implementate come funzioni ad hoc per la gestione del sistema. L’azionamento utilizzato USD60362 non ha la possibilità di caricare ed effettuare funzioni custom.

##### 4.1 Procedura di ricerca dello zero

La “procedura di zero” serve a rendere assoluto il posizionamento dell’attuatore che, basandosi esclusivamente sul conteggio degli impulsi inviati al motore passo passo dall’azionamento, è incrementale.

Per rendere assoluto il posizionamento è necessario azzerare il contatore dell’azionamento in una posizione meccanica ben definita e ripetibile. Questa posizione è ottenuta combinando una battuta

meccanica, quella superiore, e un fotosensore attraversato da una camma montata sull'albero posteriore del motore passo passo. Come mostrato nella figura sottostante, il fotosensore fornisce un impulso ogni volta che la camma lo attraversa e quindi ad ogni giro.

Il riferimento assoluto, dove il contatore deve essere azzerato, è il primo impulso dopo la battuta meccanica superiore. Per comodità tale posizione diverrà il limite di corsa superiore (+ 6.2857mm ) pari a 1126400 ustep o 220 mstep.

L'attuatore ha una corsa di +/-6,2857mm.

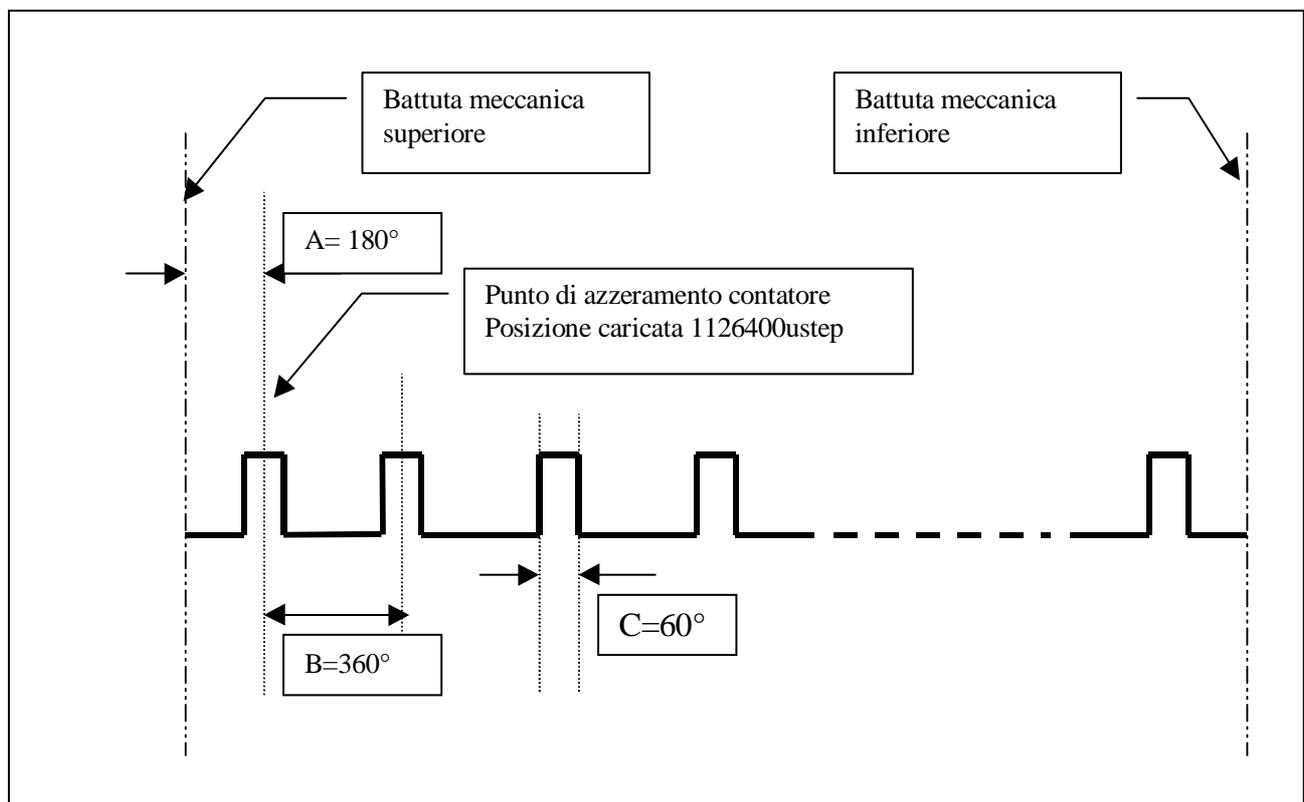


Fig. 4 Schematizzazione della “ procedura di zero”

La procedura effettua la seguente sequenza:

- Porta l'attuatore contro la battuta meccanica superiore, imponendo all'azionamento un movimento in senso CCW ad alta velocità. Il movimento imposto è superiore al movimento possibile così da forzare il raggiungimento della battuta meccanica indipendentemente dalla posizione dell'attuatore. ( Velocità superiori ai 150rpm possono provocare errori di posizionamento ).
- Inverte il senso di rotazione del motore (CW) e a bassa velocità fino ad incontrare il fronte di salita dell'impulso generato dal fotosensore. (procedura automatica dell'azionamento) Si legge la posizione del motore in impulsi.
- Prosegue la rotazione del motore sempre in senso orario fino a quando non si incontra il fronte di discesa dell'impulso generato dal fotosensore (procedura automatica dell'azionamento ). Si legge la posizione del motore in impulsi.
- Si posiziona il motore al centro della camme (valore medio dei due valori precedentemente determinati) e viene caricato sul contatore il valore numerico di impulsi 1126400 ustep pari alla massima corsa positiva 6.2857mm

Come descritto precedentemente il sistema di azzeramento utilizza, come riferimento, il centro della camma e non la sola battuta meccanica, così facendo piccole variazioni della battuta meccanica non si ripercuotono sulla ripetibilità dell' azzeramento. La procedura ha ripetibilità inferiore al centesimo di mm.

Un errore di tale procedura si verifica quando, per qualsiasi causa, la posizione meccanica si sposta di grandi quantità e quindi ci si azzerava su un impulso diverso. In questi casi si possono commettere errori di posizionamento molto elevati, che possono essere controllati con la procedura "verifica della corsa" descritta successivamente.

Per garantire la massima affidabilità della procedura viene controllata:

- La larghezza della camma C deve essere di  $60^\circ \pm 10^\circ$  (la larghezza della camma dipende esclusivamente dalla propria dimensione meccanica e non può variare)
- La posizione del centro della camma rispetto alla battuta meccanica A deve essere  $180^\circ \pm 60^\circ$ . ( tale posizione è stata regolata in fase di collaudo a  $180^\circ \pm 10^\circ$  ma è soggetta a variazioni a causa della temperatura e dell'usura della vite a ricircolo di sfere). Una variazione superiore ai  $\pm 60^\circ$  viene considerato errore dal software di controllo.

#### 4.2 Procedura di "verifica della corsa"

La procedura ha lo scopo di verificare, con ottime probabilità, che la "procedura di zero" sia stata effettuata in prossimità della battuta meccanica superiore e che l'attuatore effettua l'intera corsa senza che il motore perda il passo.

Questa verifica si basa sul fatto che l'attuatore ha una corsa meccanica di 12.7mm ( $\pm 6.35$ mm) se, dopo aver calibrato l'attuatore, viene effettuata una corsa di 12.57mm ( $\pm 6.29$ mm) senza che il motore abbia perso il passo e quindi senza essere andati contro la battuta inferiore significa che la calibrazione è avvenuta nel punto giusto.

Se infatti la calibrazione avviene in un punto diverso, ad esempio, un giro del motore prima della battuta meccanica superiore, lo zero dell'attuatore non sarà più centrato rispetto alle battute meccaniche superiori ed inferiori che ora si troveranno rispettivamente a +6.5mm e -6.2mm dal centro, per cui se si effettua uno spostamento di -6.3mm si ha la perdita del passo perché abbiamo sbattuto contro la battuta meccanica inferiore.

La procedura quindi effettua il seguente ciclo:

- Posiziona l'attuatore mezzo giro del motore prima della battuta meccanica superiore +6.2857mm (1126400 ustep)
- Controlla che il l'uscita del fotosensore sia alta.(camme contro al sensore)
- Posiziona l'attuatore all'estremo opposto della corsa -6.2857mm (-1126400ustep)
- Controlla che l'uscita del fotosensore sia alta (camme contro al sensore)
- Effettua mezzo giro del motore posizione attuatore -6.214mm (1113600ustep)
- Controlla che l'uscita del fotosensore sia bassa (camme opposta al sensore).
- Si posiziona al centro della corsa 0mm (0ustep)

Nota:

Questa procedura non garantisce completamente che la calibrazione dell'attuatore sia effettivamente realizzata senza errore infatti, se a causa delle tolleranze di realizzazione la corsa dell'attuatore è leggermente superiore alla corsa nominale la procedura non è in grado di accorgersene.

È altresì vero che è praticamente impossibile che la procedura di zero venga effettuata rispettando contemporaneamente i limiti di posizione e larghezza della camme descritti prima nella procedura "ricerca dello zero" e che superi questa verifica della corsa. È inoltre vero che la tolleranza di realizzazione dell'attuatore sono molto strette e tali che la corsa non può superare di più di qualche decimo di mm il valore nominale.

Nota:

Esistono due condizioni in cui il sistema sopra descritto non è in grado di accorgersi della perdita di passo , queste sono:

- La perdita di un numero molto basso di passi (da 1 a 7); ma in tale caso il corrispondente errore di posizione lineare dell'attuatore è inferiore al centesimo di millimetro e quindi assolutamente trascurabile.
- La perdita completa di un giro o di un multiplo di giro del motore; questa condizione è assai improbabile, infatti è impossibile che il motore si blocchi e riparti perfettamente dopo un giro o un suo multiplo, inoltre il motore passo passo quando va in stallo si blocca e non può riavviarsi se non con un nuovo comando.

## 5.1 Descrizione del software di controllo

Le funzionalità del software di controllo e pilotaggio dell'attuatore che comanda la movimentazione dell'asse X del ricevitore 86 GHz sono tali da permettere la correzione di errori di posizionamento dovuto ad effetti disparati; si è già detto che la risoluzione richiesta è del decimo di millimetro, misura che è ampiamente alla portata del sistema in funzione. Data anche la posizione in fuoco primario del ricevitore e la conseguente difficoltà di intervento in caso di malfunzionamento, il software deve anche permettere funzionalità minime di diagnostica e controllo errore. In generale quindi, è possibile implementare le seguenti funzionalità:

- Controllo e diagnostica della comunicazione seriale;
- Movimentazione relativa ad una posizione fissa, cosa particolarmente utile quando si vuole cercare in maniera fine una posizione ottimale;
- Movimentazione assoluta rispetto alla posizione di zero;
- Lettura di posizione e visualizzazione grafica;
- Selezione unità di misura di lavoro;
- Procedura di verifica di perdita di passo;
- Procedura di ricerca dello zero;
- Controllo di errore e di malfunzionamenti.

Il programma è strutturato in diverse finestre di dialogo, ciascuna che implementa alcune funzionalità.

- Finestra di Apertura del programma: è la prima finestra del programma e permette di scegliere la porta seriale di comunicazione e l'indirizzo da 1 a 7 dell'attuatore che si vuole comandare.

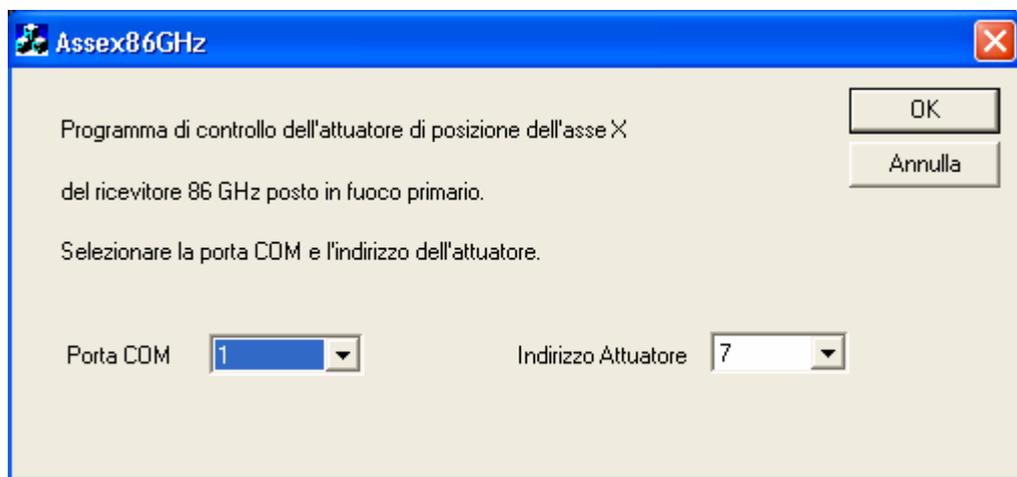


Fig. 5 Finestra di apertura.

Prevede un controllo della comunicazione seriale ed un messaggio di errore nel momento in cui non è possibile inoltrare la comunicazione stessa.

- Finestra di Controllo principale: è la finestra principale che permette di attivare tutte le funzionalità di cui sopra. In particolare si possono individuare :
  - 1) Casella di lettura posizione ed controllo grafico di livello sia della posizione assoluta nell'attuatore, sia del numero di giri e della posizione all'interno di ogni giro. Esistono anche dei pulsanti di opzione di lettura in millimetri oppure in step o ancora in microstep;

- 2) Casella di impostazione della posizione assoluta, in modo da permettere un posizionamento assoluto. Anche qui è possibile selezionare le unità di misura come la lettura. La funzione permette la successiva riletura.
- 3) Pulsanti di posizionamento Top e Bottom rispetto ad una posizione relativa; questa funzione può essere realizzata con risoluzioni variabili (sia in multipli di microstep, sia in frazioni di millimetro) e serve per realizzare posizionamenti sensibili per trovare ad esempio condizioni di ottimo; anche qui si prevede una riletura in modo da avere sempre la posizione attuale visibile nella casella di lettura.

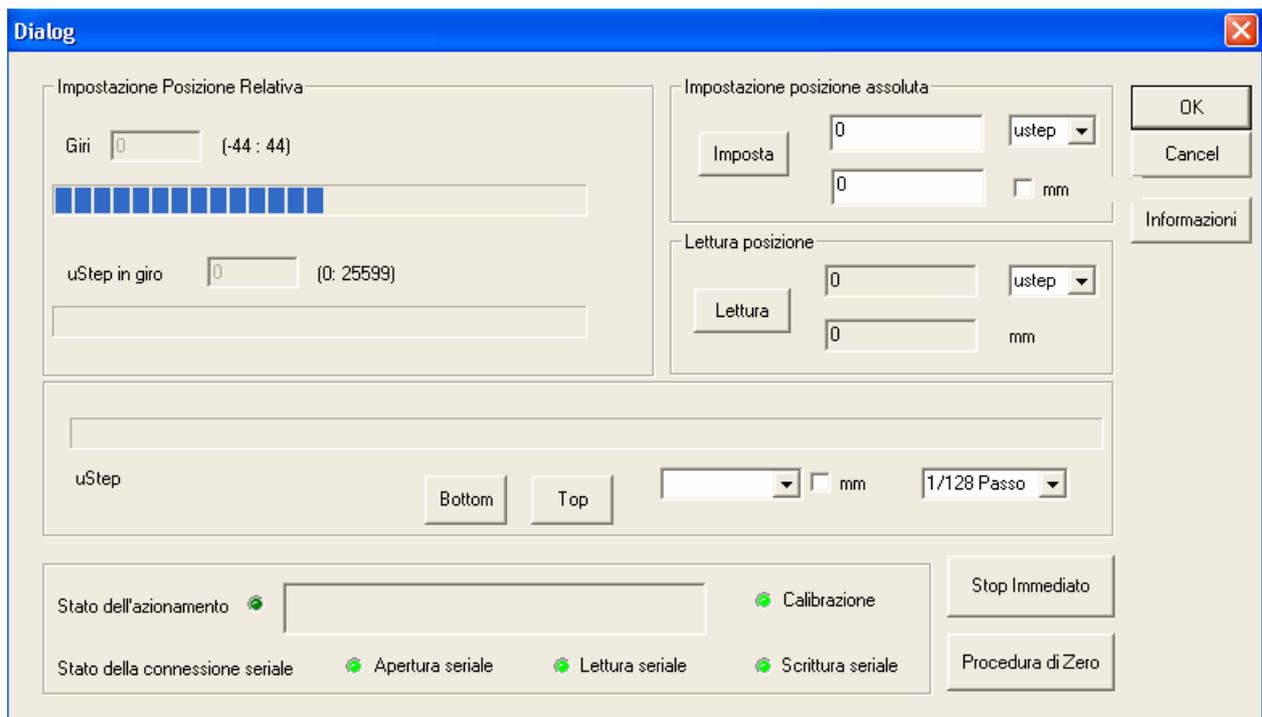


Fig. 6 Finestra di gestione principale.

- 4) Leds di controllo della comunicazione seriale; i leds si accendono rosso quando la comunicazione per qualche motivo non funziona bene; ciò succede ogni qual volta viene richiesta una fase di apertura della connessione, di lettura e di scrittura nella porta seriale selezionata.
  - 5) Pulsante di procedura di azzeramento; il pulsante abilita una nuova finestra di dialogo che permette di realizzare la funzione di calibrazione e di azzeramento della posizione.
  - 6) Pulsante di richiesta informazioni: abilita una finestra di dialogo con le informazioni circa la versione del software, quella dell'attuatore e del suo protocollo di comunicazione.
- Finestra di dialogo della Procedura di zero: permette di calibrare l'attuatore che può perdere la posizione di zero per diversi motivi, in particolare la perdita di alimentazione del controllo; l'uscita "fuori corsa" vicino alle battute superiore o inferiore è un evento che viene controllato ed accuratamente evitato a livello software, quindi è giudicato un evento altamente improbabile. Un altro motivo può essere la perdita di passo che esiste in questi tipi di attuatori; tuttavia è improbabile una perdita di passo tale da portare l'attuatore fuori calibrazione.

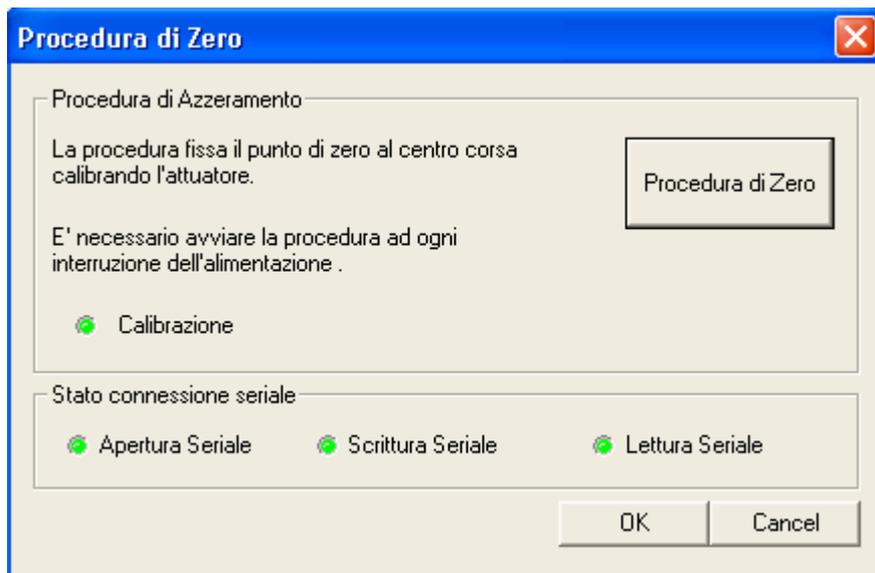


Fig. 7 Finestra di azzeramento dell'attuatore

### 5.1 Caratteristiche del software di controllo

Il software è stato scritto in Visual C++ utilizzando le funzioni in dotazione all'attuatore fornite dalla LAM Technologies ed integrate nel programma di gestione mediante delle classi Visual C++ scritte ad hoc. Il resto delle funzioni come il controllo errori, la gestione della comunicazione seriale e la logica con cui funziona il programma è stato sviluppato con classi Visual C++.

Grande attenzione è stata dedicata alla affidabilità del sistema, intesa come la possibilità di effettuare una diagnostica di errore che permette di intervenire in modo sicuro ed efficiente per gestire diversi tipi di eccezioni, soprattutto quelle relative alle connessioni seriali RS232 ed RS485; l'affidabilità in questione è una specifica determinante, visto che le connessioni seriali ed i controlli della LAM Technologies sono sprovvisti di funzioni di gestione dell'errore, ed inoltre gli interventi e le manutenzioni sul sistema devono essere ridotti al minimo, vista la posizione del ricevitore stesso in fuoco primario.

### Bibliografia

- [1] LAM Tech - Protocollo di comunicazione per USD50xxx e USD60xxx ver. 1.2