

## **Avviso di consultazione del mercato per confermare i presupposti al ricorso di una procedura negoziata senza previa pubblicazione di bando di gara per l'acquisizione di equipaggiamenti didattici per esperimenti di automazione e controllo a livello universitario, per il Laboratorio didattico di Automazione del Dipartimento di Elettronica, Informazione e Bioingegneria del Politecnico di Milano**

### 1. PREMESSA

Il presente Avviso persegue le finalità di cui all'art. 66, comma 1, del decreto legislativo n. 50/2016 (Codice degli appalti) ed è volto – sulla base delle indicazioni fornite dall'Autorità nazionale anticorruzione (ANAC) – a confermare l'esistenza dei presupposti che consentono, ai sensi dell'art. 63 del Codice degli appalti, il ricorso alla procedura negoziata in oggetto, ovvero ad individuare l'esistenza di soluzioni per l'acquisizione di equipaggiamenti didattici per esperimenti di automazione e controllo a livello universitario, per il Laboratorio didattico di Automazione del Dipartimento di Elettronica, Informazione e Bioingegneria . **CIG : 7461439E3C**

### 2. OGGETTO DELLA FORNITURA

Il Politecnico di Milano intende acquisire degli equipaggiamenti didattici da banco che andranno ad integrare quelli già presenti nel Laboratorio di Automazione. Ciò si rende necessario dato l'incremento del numero di studenti tale da richiedere un adeguamento delle postazioni già esistenti. Durante il corso gli studenti lavoreranno all'analisi dinamica di un sistema fisico e al progetto e realizzazione del sistema di controllo, con test sperimentali.

Nello specifico vengono richiesti i seguenti componenti con relativi accessori, nelle quantità indicate :

- n.2 Qube Servo 2 with USB panel
- n.5 Rotary Servo Base Unit
- n.5 Q2-USB 2 channel USB Data Acquisition
- n.5 VoltPAQ-X1 1 Channel Power Amplifier
- n.7 QUARC Real-Time Control Software
- n.1 Rotary Inverted Pendulum Module
- n.1 Ball and Beam Module
- n.1 Rotary Flexible Joint Module
- n.1 Rotary Flexible Link Module
- n.1 Torsion Module
- n.1 2 DOF Robot Module

- n.1 2 DOF Ball Balancer Module
- n.2 VoltPAQ-X2 2 Channel Power Amplifier

I prodotti sopra elencati sono prodotti dall'azienda Quanser. Nel capitolo seguente verranno riportate le specifiche tecniche di ogni singolo componente. Ai fornitori, che intenderanno partecipare fornendo prodotti ritenuti equivalenti o superiori, verrà richiesto, in sede di eventuale procedura selettiva, di allegare una scheda tecnica dettagliata per ogni singolo componente, evidenziandone tutte le caratteristiche.

### 3. REQUISITI MINIMI INDEROGABILI

#### 3.1. Descrizione componenti e requisiti tecnici minimi inderogabili

Per ognuno dei componenti richiesti, viene riportata descrizione con relativi requisiti tecnici minimi inderogabili.

##### **QUBE-Servo 2**

Il QUBE-Servo 2 è un servo-meccanismo rotativo compatto che può essere impiegato per diversi esperimenti. Può essere configurato con le interfacce "embedded QFLEX 2 USB" o "QFLEX 2 Embedded interface module". La QFLEX 2 USB consente di controllare il dispositivo da computer mediante connessione USB. Il sistema QFLEX 2, invece, consiste di controllare il dispositivo con un micro-controllore esterno come ad esempio Arduino mediante interfaccia SPI a 4 fili. In entrambe le configurazioni, il sistema viene pilotato da un motore brushed DC direct-drive a 18V, alimentato da un amplificatore PWM con sensing di corrente integrato. Il sistema ha due moduli aggiuntivi: un disco inerziale e un pendolo rotativo. Tali sistemi possono essere alternativamente applicati in modo semplice alla base del QUBE Servo mediante magneti montati sul sistema di connettori. Encoder rotativi single-ended sono usati per misurare la posizione angolare del motore DC (che può anche essere misurato con un tachimetro integrato SW) e del pendolo.

Le specifiche tecniche principali del sistema sono:

- Dimensioni (W x H x D): 102 mm x 102 mm x 117 mm
- Peso: 1.2 kg
- Lunghezza del pendolo: 9.5 cm
- Risoluzione dell'encoder del servo-motore: 512 impulsi/giro
- Risoluzione dell'encoder del pendolo inverso: 512 impulsi/giro
- Tensione nominale motore DC: 18 V
- Corrente nominale motore DC: 0.54 A
- Velocità nominale motore DC (a vuoto): 4050 RPM
- Interfaccia: QFLEX 2 USB 2.0

##### **Rotary Servo Base Unit**

Il sistema SRV02 consiste di un motore DC inserito all'interno di un frame di alluminio ed equipaggiato con un riduttore epicicloidale (planetary gearbox). Il motore ha un suo riduttore interno che pilota le ghiera esterne. Vi sono 3 sensori: un potenziometro, un encoder e un tachimetro. I primi due pilotano la posizione angolare del carico, mentre il tachimetro serve a misurarne la velocità. Il sistema SRV02

può essere usato solo per vari esperimenti, ma può anche essere impiegato come componente base su cui innestare altri moduli come “add-on”.

Le specifiche tecniche principali del sistema sono:

- Dimensioni: (L x W x H): 15 x 15 x 18 cm
- Peso: 1.2 kg
- Tensione nominale: 6 V
- Massima corrente continua del motore suggerita: 1 A
- Massima velocità del motore: 6000 RPM
- Risoluzione dell'encoder: 4096 impulsi/giro

### **Inverted Pendulum Module for Rotary Servo Base Unit**

Il pendolo inverso consiste di un braccio piatto che ad una estremità presenta un perno ed all'altra è dotato di un albero metallico. L'estremità con il perno può essere montata sulla parte superiore del sistema SRV02, a cui può essere fissato mediante viti. Il link del pendolo viene fissato sull'albero metallico che a sua volta è strumentato con un sensore che ne misura la posizione angolare. Ne risulta un sistema complessivo con un braccio rotante in direzione orizzontale che ha un pendolo all'estremità.

Le specifiche tecniche principali del sistema sono:

- Lunghezza del braccio: 21.6 cm
- Massa del braccio: 0.257 kg
- Lunghezza del link del pendolo: 33.7 cm
- Massa del link del pendolo: 0.127 kg
- Risoluzione dell'encoder: 4096 impulsi/giro

### **Flexible Link Module for Rotary Servo Base Unit**

Il Rotary Flexible Link consiste di una strain gage che è fissata all'estremità di un link flessibile molto sottile di acciaio inossidabile. Il motore DC alloggiato sulla Rotary Servo Base Unit di cui sopra è utilizzato per far ruotare il link nel piano orizzontale. L'estremità del link connessa al motore è strumentata con una strain gage che misura la deflessione della punta del link. La strain gage fornisce in uscita un segnale analogico proporzionale alla deflessione del link.

Le specifiche tecniche principali del sistema sono:

- Dimensioni del modulo (L x H): 48 x 2 cm
- Lunghezza del braccio principale: 41.9 cm
- Range di misura della Strain Gage:  $\pm 5$  V
- Massa del link flessibile: 0.065 kg

### **Flexible Joint Module for Rotary Servo Base Unit**

Il Rotary Flexible Joint module consiste di una trave rigida montata su un link flessibile. Il motore DC alloggiato sulla Rotary Servo Base Unit di cui sopra è utilizzato per far ruotare la trave montata sul giunto flessibile. Un opportuno sensore, il cui albero è allineato con quello del motore, misura la deflessione del giunto. Una estremità di un link rigido è montata sull'albero del motore, e la rotazione del link è contrastata da due molle ancorate al sistema fisso. I punti di ancoraggio delle molle sono variabili, e possono essere posti in tre posizioni diverse, dando così luogo a diverse costanti elastiche

equivalenti. Il sistema ha in dotazione tre diversi tipi di molle, dando così origine a 9 configurazioni complessive possibili in termini di valori di rigidità del sistema. Anche la lunghezza del link è variabile, permettendo così di variare anche l'inerzia del sistema.

Le specifiche tecniche principali del sistema sono:

- Dimensioni (L x W x H): 10 x 8 x 5 cm
- Lunghezza del braccio principale: 30 cm
- Lunghezza del braccio di carico: 15.6 cm
- Massa del corpo del modulo: 0.3 kg
- Massa del braccio principale: 0.064 kg
- Massa del braccio di carico: 0.03 kg
- Risoluzione dell'Encoder: 4096 impulsi/giro.
- Rigidità della molla # 1: 187 N/m
- Rigidità della molla # 2: 313 N/m
- Rigidità della molla # 3: 565 N/m

### **Ball and Beam Module for Rotary Servo Base Unit**

Il sistema Ball and Beam module consiste in un binario sul quale la sfera metallica rotola liberamente. Tale binario è strumentato con un trasduttore lineare per misurare la posizione della sfera, fornendo in uscita un segnale proporzionale alla posizione della sfera stessa. Un lato della trave di supporto è attaccato al braccio di una leva che può essere accoppiato al carico della Rotary Servo Base Unit di cui sopra. Controllando la posizione del servo, si può regolare l'angolo della trave in modo tale da bilanciare la sfera facendola fermare in una posizione desiderata.

Le specifiche tecniche principali del sistema sono:

- Dimensioni della base (L x W): 50 x 22.5 cm
- Lunghezza della trave: 42.5 cm
- Lunghezza del braccio della leva: 12 cm
- Lunghezza del braccio di supporto: 16 cm
- Range di misura del sensore della posizione angolare della trave:  $\pm 5$  V
- Range di misura del sensore della posizione lineare della sfera:  $\pm 5$  V
- Massa del sistema "Ball and Beam": 0.65 kg
- Massa della sfera: 0.064 kg

### **Torsion Module for Rotary Servo Base Unit**

Il sistema Torsion Module è un modulo torsionale rotante che consiste di un cuscinetto strumentato, montato in un frame cubico di alluminio. Un albero ruota liberamente nel cuscinetto e la sua posizione angolare è misurata con un encoder. L'albero può essere fermato o con un carico torsionale o con un accoppiamento flessibile. Il sistema composto da un Torsion Module connesso ad una Rotary Servo Base Unit costituisce un sistema rotante torsionale ad 1 grado di libertà. La Rotary Servo Base Unit giace su un lato in modo tale che il motore DC e l'albero di uscita siano orizzontali e che possano far ruotare un accoppiamento flessibile fissato a carico rotazionale. Il carico torsionale consiste in due masse inerziali discoidali, che possono essere posizionate in diversi punti di ancoraggio lungo la barra di supporto.

Le specifiche tecniche principali del sistema sono:

- Dimensioni complessive del modulo (L x W x H): 21 x 13 x 13 cm
- Massa totale del modulo: 1.2 kg

### **DOF Robot Module for Rotary Servo Base Unit**

Il Sistema 2 DOF Robot è connesso a due sistemi Rotary Servo Base Unit descritti in precedenza, montati ad una distanza fissata, e controlla un sistema di link a 4 punti. Due bracci alimentati sono accoppiati con due bracci non alimentati. Il sistema complessivo è planare e ha due giunti rotazionali attuati e due non attuati.

Le specifiche tecniche principali del sistema sono:

- Massa del modulo con fissaggio a 4-barre: 0.335 kg
- Massa del singolo link: 0.065 kg
- Lunghezza del link: 0.127 m
- Dimensioni complessive del Sistema "2 DOF Robot"(L x W x H): 40 x 30 x 20 cm
- Massa totale del sistema "2 DOF Robot": 4.0 kg

### **DOF Ball Balancer Module for Rotary Servo Base Unit**

Il sistema "Ball Balancer a 2 gradi di libertà" consiste in un piatto sul quale si può porre una sfera libera di muoversi. Ai lati del piatto vengono connesse due Rotary Servo Base Unit con due sistemi cardanici a 2 gradi di libertà. Il piatto può ruotare in ogni direzione, facendo perno sulle Rotary Servo Base Unit. Controllando la posizione degli ingranaggi del carico è possibile regolare l'inclinazione del piatto per bilanciare la sfera in una posizione planare desiderata. La telecamera digitale montata sopra il sistema è in grado di acquisire immagini bidimensionali del piatto, e può tracciare in tempo reale la variazione delle coordinate della sfera in movimento. Le immagini vengono trasferite in modo molto rapido al PC mediante connessione FireWire.

Le specifiche tecniche principali del sistema sono:

- Dimensioni della base (W x D): 41.75 x 41.75 cm
- Altezza di supporto della telecamera: 69.5 cm
- Dimensioni del tavolo ( L x W): 27.5 x 27.5 cm
- Lunghezza del braccio della leva: 9.7 cm
- Lunghezza del braccio di supporto: 14.6 cm
- Specifiche della telecamera: IIDC 1394-based Digital Camera v 1.31
- Risoluzione standard della telecamera: 640 x 480
- Frame rate della telecamera (a massima risoluzione, formato Y8): 30 FPS
- Formato dei pixel della telecamera: Y8 in formato BGR

Tutti i sistemi sopra descritti si interfacciano con un PC mediante opportuni dispositivi di I/O. In particolare, lo sviluppo dei sistemi di controllo viene svolto mediante l'impiego dell'ambiente Matlab/Simulink. A tal fine, il software QUARC Real-Time Control Software consente di estendere le librerie di Matlab/Simulink per rendere più immediato l'utilizzo dei dispositivi. QUARC genera codice real-time direttamente dagli schemi Simulink e lo esegue in real-time sul target Windows (senza che sia necessario fare ulteriore processing dei segnali e senza dover scrivere codice aggiuntivo) Il QUARC Real-Time Control Software è il primo software real-time che consente di eseguire codice generato da Simulink su un PC.

I sistemi di interfaccia I/O necessari per il collegamento degli apparati sperimentali sopra descritti ai calcolatori che saranno a disposizione degli studenti sono i seguenti.

## USB data acquisition board Q2-USB

Il sistema Quanser Q2-USB è un sistema di acquisizione portatile per applicazioni di Automazione e Controllo. Tale sistema fornisce prestazioni real-time attraverso una comune interfaccia USB. Garantisce, inoltre, tempi di conversione I/O ridotti, connettività immediata e di facile realizzazione, che la rendono ideale per applicazioni di prototipazione rapida e sviluppo Hardware-In-The-Loop per sistemi molto eterogenei, grazie alla gestione I/O di una ampia gamma di sensori.

Le specifiche tecniche principali del sistema sono:

- Dimensioni della board (L x W x H): 8.5 cm x 10.2 cm x 1.8 cm
- Ingressi analogici
  - o Numero di canali: 2
  - o Risoluzione: 12-bit
  - o Range di ingresso:  $\pm 10$  V
- Uscite analogiche
  - o Numero di canali: 2
  - o Risoluzione: 12-bit
  - o Range di uscita:  $\pm 10$  V
- Ingressi digitali
  - o Numero di linee I/O digitali: 8
  - o Tensione bassa/alta di ingresso: 0.66 V / 2.31 V
- Uscite digitali
  - o Numero di linee I/O digitali: 8
  - o Tensione bassa/alta di uscita: 0.4 V / 2.40 V
  - o Massima corrente di pilotaggio:  $\pm 4$  mA
- Ingressi Encoder
  - o Numero di ingressi encoder: 2
  - o Tensione bassa/alta di ingresso: 0.66 V / 2.31 V
  - o Massima frequenza A e B in quadratura: 6 MHz
  - o Massima frequenza di conteggio in quadrature 4x: 10 MHz
- Uscite PWM
  - o Numero di uscite PWM: 2<sup>2</sup>
  - o Tensione di uscita bassa (massima) / alta (minima): 0.40 V / 2.40 V
  - o Frequenza minima: 2.385 Hz
  - o Frequenza massima: 40 MHz
  - o Risoluzione in bit: 16 bit

## Power Amplifier VoltPAQ-X1 and VoltPAQ-X2

Per la gestione I/O dei vari dispositivi occorre disporre di opportuni sistemi di amplificazione e condizionamento. I modelli considerati sono VoltPAQ-X1 (amplificatore a singolo canale) e VoltPAQ-X2 (amplificatore a doppio canale).

Le specifiche tecniche principali dei due sistemi sono riportate nella tabella sottostante.

	Volt PAQ-X1	Volt PAQ-X2
Size (LxWxH)	0,25 x 0,18 x 0,1	0,39 x 0,33 x 0,1 m
Mass	1,92Kg	4,42Kg
Amplifier Voltage Gain	1 or 3 V/V	3 V/V
Amplifier Type	Linear	Linear

Number of outputs	1	2
Amplifier Maximum Continuous Voltage	24V	24V
Amplifier Maximum Continuous DC Current	4,16 A	4,16 A per channel
Supply AC Voltage	100-127 or 220-240	100-127 or 220-240
Continuous Output Power	100W	200W
Output impedance	0,5 – 1,6 $\Omega$	0,5 – 1,6 $\Omega$ per channel
Number of analog input	4	0
Analog Input Range	$\pm 10V$	$\pm 10V$ per channel (using the analog signal adapter)

#### 4. IMPORTO

Il valore inizialmente stimato per la fornitura è pari ad € 85.500,00 + iva.

#### 5. SOGGETTI AMMESSI

Sono ammessi a partecipare alla presente manifestazione d'interesse gli Operatori Economici di cui all'art. 45 del D. Lgs 50/2016.

#### 6. REQUISITI GENERALI E DI IDONEITA' PROFESSIONALE

- a. Assenza dei motivi di esclusione di cui all'art. 80 del D.Lgs. 50/2016;
- b. Requisiti di idoneità professionale di cui all'art. 83, comma 1 lett. a) del d.lgs. 50/2016: Iscrizione nel registro delle imprese della C.C.I.A.A. o nell'apposito registro se cooperativa, dalla quale risulti che l'impresa svolge attività nel settore della presente manifestazione d'interesse.

Per tali requisiti occorre compilare il DGUE.

#### 7. CRITERI SELETTIVI DI CAPACITA' TECNICO PROFESSIONALE

Esperienza documentata e maturata di almeno n. 2 contratti di fornitura per equipaggiamenti didattici dedicati all'analisi dinamica di sistemi fisici e al progetto e realizzazione di sistemi di controllo, con test sperimentali, con requisiti minimi o superiori a quelli fissati al punto 3 del presente avviso.

Deve essere indicato il riferimento del cliente che ha acquisito le macchine citate e l'indicazione del valore del contratto.

## 8. MODALITA' DI PRESENTAZIONE DELLA CANDIDATURA

I soggetti in grado di soddisfare i requisiti minimi inderogabili richiesti e che dispongono delle capacità tecnico professionali come delineate nel testo del contratto possono presentare la propria candidatura presentando:

1. DGUE
2. DOCUMENTAZIONE ILLUSTRATIVA
3. DI DISPORRE DEI REQUISITI DI CUI AL SUMMENZIONATO PUNTO 7.

La documentazione deve essere fornita esclusivamente in formato elettronico e potrà essere inviata tramite Posta Elettronica Certificata all'indirizzo pecdeib@cert.polimi.it

Il messaggio deve avere per oggetto: **"Candidatura fornitura equipaggiamenti per laboratorio di automazione"**

Si ricorda che il servizio di PEC ha validità legale solo se entrambe le e-mail, quella da cui si invia e quella in cui si riceve il messaggio, sono e-mail di posta certificata. Eventuali messaggi spediti da caselle non certificate o con oggetto diverso da quanto sopra indicato NON saranno presi in considerazione.

**Gli operatori economici interessati devono presentare candidatura allegando obbligatoriamente la documentazione e il DGUE.**

**La documentazione dovrà pervenire entro le ore 12.00 del giorno 14/05/2018**

**Eventuali documentazioni pervenute oltre tale termine non saranno prese in considerazione.**

## 9. ULTERIORI INFORMAZIONI

La presente consultazione è volta a conoscere l'assetto del mercato, i potenziali concorrenti, gli operatori interessati, le relative caratteristiche soggettive, le soluzioni tecniche disponibili, le condizioni economiche praticate, le clausole contrattuali generalmente accettate, al fine di verificarne la rispondenza alle reali esigenze della stazione appaltante.

Gli operatori economici che presenteranno candidatura potranno essere contattati dal RUP al fine di approfondire le soluzioni tecniche disponibili per la realizzazione dell'apparecchiatura in oggetto e le relative condizioni.

Il presente Avviso non costituisce proposta contrattuale e non vincola in alcun modo l'Ente.

L'Ente si riserva di interrompere in qualsiasi momento, per ragioni di sua esclusiva competenza, il procedimento avviato, senza che i soggetti richiedenti possano vantare alcuna pretesa.

L'Ente, a seguito delle domande pervenute e della relativa documentazione analizzata, si riserva di invitare alla successiva procedura negoziata, tutti gli operatori economici, rispondenti nei termini ed in possesso dei requisiti e dei criteri richiesti rispettivamente ai punti 5, 6 e 7 come dichiarati nella candidatura.

Eventuali richieste di chiarimento possono essere indirizzate :

al RUP Prof. Paolo Rocco - mail [paolo.rocco@polimi.it](mailto:paolo.rocco@polimi.it)

alla Prof.ssa Mara Tanelli – mail [mara.tanelli@polimi.it](mailto:mara.tanelli@polimi.it)

all'ufficio acquisti del Dipartimento – mail [ufficioacquisti-deib@polimi.it](mailto:ufficioacquisti-deib@polimi.it)

Milano, 20/04/2018

Il RUP

Prof. Paolo Rocco

*Firmata digitalmente ai sensi della normativa vigente*