



Manuale su forza e coppia (F/T)

Introduzione

Il presente manuale è una raccolta di diverse sezioni modulari relative a un sistema di sensori F/T. Le sezioni modulari del manuale sono disposte nel seguente ordine e forniscono le seguenti informazioni:

A. Introduzione

Questa sezione include le informazioni di contatto per contattare un rappresentante ATI, le linee guida generali sulla sicurezza e i termini e le condizioni di vendita. Il numero di documento ATI per questa sezione del manuale modulare è: 9620-05-A-Introduzione.

B. Sensore

Questa sezione contiene informazioni sul corpo meccanico del sensore.

I contenuti includono una panoramica del prodotto, le istruzioni di installazione, le informazioni sul funzionamento, le, linee guida per la risoluzione dei problemi e le specifiche tecniche.

Il numero di documento ATI relativo a questa sezione del manuale modulare è: 9620-05-B-XX (XX = nome del modello del sensore).

C. Versione dell'interfaccia di comunicazione

Questa sezione contiene informazioni sulle caratteristiche elettriche e software di una specifica versione dell'interfaccia di comunicazione. Esempi di versioni dell'interfaccia di comunicazione sono EtherCAT, Ethernet e RS422. Questa sezione include anche informazioni sui cavi.

Il numero di documento ATI relativo a questa sezione del manuale modulare è: 9620-05-C-XX (XX = versione dell'interfaccia di comunicazione).

D. Applicazione personalizzata

Questa sezione contiene informazioni aggiuntive necessarie affinché il sistema di sensori funzioni all'interno di un'applicazione personalizzata.

Il numero di documento ATI per questa sezione del manuale modulare è: 9620-D-XX (XX = applicazione personalizzata).

Prodotti ingegnerizzati per la produttività robotica

Pinnacle Park • 1031 Goodworth Drive • Apex, NC 27539 USA • Tel.: +1.919.772.0115 • www.ati.novanta.com

A. Introduzione

Per qualsiasi domanda relativa a un modello specifico, si prega di contattare ATI Industrial Automation.



AVVERTENZA: Utilizzare i prodotti ATI esclusivamente per le applicazioni approvate dal produttore. L'utilizzo dei prodotti ATI in applicazioni diverse da quelle previste dal produttore potrebbe causare danni alle apparecchiature e lesioni al personale.



ATTENZIONE: Il presente manuale descrive il funzionamento, l'applicazione e le precauzioni di sicurezza relative a questo prodotto. È necessario leggere e comprendere il presente manuale prima di procedere all'installazione o all'utilizzo del prodotto; in caso

Le informazioni contenute nel presente documento sono di proprietà di ATI Industrial Automation, Inc. (ATI) e non possono essere riprodotte, in tutto o in parte, senza previa autorizzazione scritta da parte di ATI. Le informazioni qui riportate sono soggette a modifiche senza preavviso. Il presente manuale viene periodicamente aggiornato per riflettere e incorporare le modifiche apportate al prodotto.

Le informazioni qui contenute sono riservate ed esclusivamente destinate ai clienti e agli agenti autorizzati di ATI Industrial Automation e non possono essere divulgate a terzi senza il previo consenso scritto di ATI. Non viene fornita alcuna garanzia, incluse le garanzie implicite, in merito all'accuratezza del presente documento o all'idoneità di questo dispositivo per una particolare applicazione. ATI Industrial Automation non si assume alcuna responsabilità per eventuali errori contenuti nel presente documento né per eventuali danni incidentali o consequenziali da essi causati. ATI Industrial Automation si riserva inoltre il diritto di apportare modifiche al presente manuale in qualsiasi momento senza preavviso.

ATI non si assume alcuna responsabilità per eventuali errori od omissioni presenti in questo documento. Copyright (2022) di ATI Industrial Automation. Tutti i diritti riservati.

Nota:

Si prega di leggere il manuale prima di contattare l'assistenza clienti e di tenere a portata di mano le seguenti informazioni:

1. Numero di serie, ad esempio: FT01234
2. Modello, ad esempio: Axia130-M125
3. Calibrazione, ad esempio: SI-800-50 o SI-2000-125
4. Descrizione accurata e completa della domanda o del problema
5. Informazioni sul computer e sul software, ad esempio: sistema operativo, tipo di PC, driver e software applicativo

Se possibile, si trovi nelle vicinanze del sistema F/T al momento della chiamata.

Se necessario, contattare un rappresentante ATI per ricevere assistenza:

Vendita, assistenza e informazioni sui prodotti ATI:

ATI Industrial Automation

1031 Goodworth Drive

Apex, NC 27539 USA

www.ati-ia.com

Tel.: +1.919.772.0115

Fax: +1.919.772.8259

Ingegneria applicativa

Tel.: +1.919.772.0115, interno 511

Fax: +1.919.772.8259

E-mail: ft.support@novanta.com

1. Sicurezza

La sezione dedicata alla sicurezza descrive le linee guida generali da seguire nell'utilizzo di questo prodotto, le spiegazioni relative alle avvertenze presenti in questo manuale e le precauzioni di sicurezza applicabili al prodotto. Le avvertenze specifiche relative al prodotto sono inserite nelle sezioni di questo manuale (ove applicabili).

1.1 Spiegazione delle avvertenze

Queste avvertenze sono presenti in tutti i manuali ATI e non sono specifiche di questo prodotto. L'utente deve attenersi a tutte le avvertenze fornite dal produttore del robot e/o dai produttori degli altri componenti utilizzati nell'installazione.



PERICOLO: Avviso relativo a informazioni o istruzioni la cui mancata osservanza comporterà la morte o lesioni gravi. L'avviso fornisce informazioni sulla natura della situazione di pericolo, sulle conseguenze della mancata prevenzione del pericolo e sul metodo per evitare la situazione.



AVVISO: Avviso relativo a informazioni o istruzioni che, se non seguite, potrebbero causare la morte o lesioni gravi. L'avviso fornisce informazioni sulla natura della situazione pericolosa, le conseguenze del mancato superamento del pericolo e il metodo per evitare tale situazione.



ATTENZIONE: Avviso relativo a informazioni o istruzioni che, se non seguite, potrebbero causare lesioni moderate o danni all'attrezzatura. L'avviso fornisce informazioni sulla natura della situazione pericolosa, sulle conseguenze del mancato superamento del pericolo e sul metodo per evitare la situazione.

AVVISO: Indicazioni o istruzioni specifiche relative alla manutenzione, al funzionamento, all'installazione o alla configurazione del prodotto; la mancata osservanza di tali indicazioni potrebbe causare danni all'apparecchiatura. L'avviso può sottolineare, a titolo esemplificativo ma non esaustivo: tipi specifici di grasso, migliori pratiche operative e consigli di manutenzione.

1.2 Linee guida generali di sicurezza

Il cliente deve verificare che il sensore selezionato sia omologato per i carichi e le coppie massimi previsti durante il funzionamento. Poiché le forze statiche sono inferiori alle forze dinamiche derivanti dall'accelerazione o dalla decelerazione del robot, prestare attenzione ai carichi dinamici causati dal robot.

2. Termini e condizioni di vendita

I seguenti Termini e Condizioni costituiscono un'integrazione e includono una parte dei Termini e , depositati presso ATI e disponibili su richiesta.

ATI garantisce all'Acquirente che i prodotti relativi al sistema robotizzato di cambio utensili acquistati ai sensi del presente contratto saranno esenti da difetti di materiale e di fabbricazione in condizioni di utilizzo normale per un periodo di tre (3) anni a decorrere dalla data di spedizione. Il periodo di garanzia per le riparazioni effettuate in base a un'autorizzazione alla restituzione della merce (RMA) avrà la durata della garanzia originale oppure novanta (90) giorni dalla data di spedizione del prodotto riparato, a seconda di quale dei due periodi sia più lungo.

ATI non avrà alcuna responsabilità ai sensi della presente garanzia a meno che: (a) non venga inviata ad ATI una comunicazione scritta relativa al difetto contestato e una descrizione dello stesso entro trenta (30) giorni dalla scoperta del difetto da parte dell'Acquirente e, in ogni caso, non oltre l'ultimo giorno del periodo di garanzia; e (b) l'articolo difettoso non venga ricevuto da ATI entro dieci (10) giorni dall'ultimo giorno del periodo di garanzia. L'intera responsabilità di ATI e l'unico rimedio a disposizione dell'Acquirente ai sensi della presente garanzia sono limitati alla riparazione o alla sostituzione, a discrezione di ATI, della parte o dell'articolo difettoso oppure, a discrezione di ATI, al rimborso del prezzo pagato per l'articolo. La presente garanzia non si applica a difetti o malfunzionamenti derivanti da installazione, utilizzo, manutenzione o riparazione impropri effettuati da soggetti diversi da ATI.

ATI non sarà in alcun caso responsabile per danni incidentali, consequenziali o speciali di qualsiasi tipo, anche qualora ATI sia stata informata della possibilità di tali danni. La responsabilità complessiva di ATI non supererà in alcun caso l'importo pagato dall'Acquirente per l'articolo oggetto del reclamo o della controversia. ATI non avrà alcuna responsabilità di alcun tipo per il malfunzionamento di apparecchiature o altri articoli non forniti da ATI.

Nessuna azione legale nei confronti di ATI, indipendentemente dalla forma, derivante da o in qualsiasi modo connessa ai prodotti o servizi forniti ai sensi del presente documento potrà essere intentata oltre un (1) anno dalla data in cui è maturata la causa dell'azione.

Nessuna dichiarazione o accordo che modifichi o estenda le disposizioni in materia di garanzia e limitazione dei rimedi contenute nel presente documento è autorizzato da ATI e non può essere considerato come autorizzato da ATI, a meno che non sia in forma scritta e firmato da un dirigente di ATI.

Salvo diverso accordo scritto da parte di ATI, tutti i progetti, i disegni, i dati, le invenzioni, il software e le altre tecnologie realizzati o sviluppati da ATI nel corso della fornitura dei prodotti e dei servizi previsti dal presente contratto, nonché tutti i diritti su di essi ai sensi di qualsiasi brevetto, diritto d'autore o altra legge a tutela della proprietà intellettuale, sono e rimangono di proprietà di ATI. La vendita di prodotti o servizi ai sensi del presente contratto non comporta alcuna licenza, espressa o implicita, ai sensi di qualsiasi brevetto, diritto d'autore o altro diritto di proprietà intellettuale posseduto o controllato da ATI, sia in relazione ai prodotti venduti che a qualsiasi altra questione, ad eccezione della licenza espressamente concessa di seguito.

Nel corso della fornitura dei prodotti e dei servizi previsti dal presente contratto, ATI potrà fornire o divulgare all'Acquirente informazioni riservate e proprietarie di ATI relative alla progettazione, al funzionamento o ad altri aspetti dei prodotti di ATI. Nei rapporti tra ATI e l'Acquirente, la proprietà di tali informazioni, inclusi, a titolo esemplificativo ma non esaustivo, eventuali software forniti all'Acquirente da ATI, rimarrà di ATI e tali informazioni sono concesse in licenza all'Acquirente esclusivamente per l'utilizzo da parte di quest'ultimo nel funzionamento dei prodotti forniti da ATI ai sensi del presente Contratto nell'ambito delle operazioni aziendali interne dell'Acquirente.

Senza previa autorizzazione scritta da parte di ATI, l'Acquirente non utilizzerà tali informazioni per alcun altro scopo né le fornirà o renderà in altro modo disponibili a terzi. L'Acquirente si impegna ad adottare tutte le precauzioni ragionevoli per impedire qualsiasi uso o divulgazione non autorizzati di tali informazioni.

L'Acquirente non sarà responsabile ai sensi del presente Contratto in relazione alla divulgazione o all'utilizzo di informazioni che: (a) siano di dominio pubblico al momento della ricezione da parte di ATI; (b) siano successivamente pubblicate o entrino in altro modo nel dominio pubblico senza alcuna colpa da parte dell'Acquirente; (c) siano in possesso dell'Acquirente prima della ricezione da parte di ATI; (d) siano state ottenute legalmente dall'Acquirente da una terza parte autorizzata a divulgarle; oppure (f) debbano essere divulgate per ordine giudiziario o da altra autorità governativa, a condizione che, in relazione a tali divulgazioni obbligatorie, l'Acquirente ne dia preavviso ad ATI e utilizzi tutti i mezzi legalmente disponibili per mantenere la riservatezza di tali informazioni.



Sano74

Manuale del sensore F/T



Documento n.: 9620-05-B-Sano74 it

Prodotti ingegnerizzati per la produttività robotica

Pinnacle Park • 1031 Goodworth Drive • Apex, NC 27539 • Tel: +1 919-772-0115 • Fax: +1 919-772-8259 • www.ati-ia.com

Prefazione

Le informazioni contenute nel presente documento sono di proprietà di ATI Industrial Automation, Inc. e non possono essere riprodotte, né integralmente né in parte, senza previa autorizzazione scritta da parte di ATI Industrial Automation, Inc. Le informazioni qui riportate sono soggette a modifiche senza preavviso e non devono essere interpretate come un impegno da parte di ATI Industrial Automation, Inc. Il presente manuale viene periodicamente aggiornato per riflettere e incorporare le modifiche apportate al sistema F/T.

ATI Industrial Automation, Inc. non si assume alcuna responsabilità per eventuali errori od omissioni presenti in questo documento.

Copyright © (2026) di ATI Industrial Automation, Inc., Apex, Carolina del Nord, USA. Tutti i diritti riservati. Pubblicato negli Stati Uniti.

I sistemi di rilevamento ATI F/T sono considerati componenti/semilavorati destinati all'uso in sistemi/dispositivi/prodotti finiti di dimensioni maggiori.

Considerando che i prodotti di ATI Industrial Automation, Inc. (ATI) sono destinati all'uso con macchine robotizzate e/o automatizzate, ATI sconsiglia l'impiego dei propri prodotti in applicazioni in cui il guasto o il malfunzionamento di un componente o sistema ATI possa mettere a rischio la vita o comportare un rischio di lesioni. Chiunque utilizzi o incorpori componenti ATI in qualsiasi sistema potenzialmente pericoloso per la vita deve ottenere il previo consenso di ATI, garantendo ad ATI che un malfunzionamento del componente ATI non comporti una minaccia diretta o indiretta di lesioni o morte e (anche se tale consenso viene concesso) dovrà manlevare ATI da qualsiasi reclamo, perdita, responsabilità e spese correlate derivanti da eventuali lesioni o decessi risultanti dall'uso dei componenti ATI.

Tutti i marchi appartengono ai rispettivi proprietari.

Nota:

Si prega di leggere il manuale prima di contattare il servizio clienti e di tenere a portata di mano le seguenti informazioni:

1. Numero di serie, ad esempio: FT01234.
2. Modello del sensore, ad esempio: Sano74.
3. Calibrazione, ad esempio: SI-130-10.
4. Descrizione accurata e completa della domanda o del problema.
5. Informazioni sul computer e sul software (sistema operativo, tipo di PC, driver, e altre informazioni rilevanti sulla configurazione dell'applicazione).

Se possibile, si raccomanda di trovarsi nelle vicinanze del sistema F/T al momento della chiamata

Se necessario, contattare un rappresentante ATI per ricevere assistenza:

Vendite, assistenza e informazioni sui prodotti ATI:

ATI Industrial Automation, una società del gruppo *Novanta*

1031 Goodworth Drive

Apex, NC 27539 USA

Tel.: +1 919-772-0115 • Fax: +1 919-772-8259 • www.ati-ia.com

Ingegneria applicativa

E-mail: ft.support@novanta.com

Assistenza 24 ore su 24, 7 giorni su 7: +1 855 ATI-IA 00 (+1 855-284-4200)

Indice

Glossario	B-4
1. Sicurezza.....	B-6
1.1 Spiegazione delle notifiche	B-6
1.2 Linee guida generali sulla sicurezza	B-6
1.3 Sicurezza Precauzioni	B-7
2. Panoramica del prodotto	B-8
3. Installazione	B-9
3.1 Interfaccia Piastre	B-10
3.2 Installazione del sensore	B-11
3.3 Verifica della precisione F/T	B-14
3.4 Controllo della precisione dell'IMU	B-15
3.5 Procedura di calibrazione dinamica dell'IMU	B-15
3.5.1 Calibrazione dinamica dell'accelerometro	B-15
3.5.2 Calibrazione dinamica del giroscopio	B-16
3.5.3 Salvataggio di una calibrazione	B-16
3.6 Rilevamento delle variazioni di sensibilità	B-17
4. Funzionamento	B-18
4.1 Ambiente del sensore	B-18
4.2 Polarizzazione	B-18
4.3 Condizioni di monitoraggio	B-18
4.4 Comportamento dei LED	B-18
5. Manutenzione.....	B-19
5.1 Ispezione periodica	B-19
5.2 Calibrazione periodica dei campi di rilevamento F/T.....	B-19
6. Risoluzione dei problemi.....	B-20
6.1 Linee guida di base per la risoluzione dei problemi	B-21
7. Specifiche	B-24
8. Disegni	B-24
9. Termini e condizioni di vendita	B-25

Glossario

Termine	Definizione
Accelerometro	Dispositivo presente nei sensori Sano di ATI che misura l'accelerazione. I sensori Sano di ATI utilizzano un accelerometro MEMS (Micro Electronic Mechanical System).
Polarizzazione	La regolazione del bias è utile per eliminare gli effetti della gravità (peso dell'utensile) o di altre forze in azione. Quando si utilizza la funzione di bias, il software raccoglie i dati relativi alle forze e alle coppie che agiscono in quel momento sul sensore e utilizza tali letture come riferimento per le letture future. Da queste ultime verrà sottratto tale riferimento prima della loro trasmissione. Il bias può anche essere definito come "azzeramento" o "taratura" del sensore.
Calibrazione	Definisce uno specifico intervallo di misura o di rilevamento per un determinato sensore. La calibrazione è anche il processo di misurazione della risposta grezza di un trasduttore ai carichi e di creazione dei dati utilizzati per convertire tale risposta in forze e coppie.
Carico complesso	Qualsiasi carico che non sia puramente su un unico asse.
Versioni dell'interfaccia di comunicazione	Lo standard software utilizzato dal dispositivo del cliente per applicare funzionalità al sensore e consentire al sensore di trasmettere i dati; ad esempio: EtherCAT, RS422 ed Ethernet.
Sistema di coordinate	Vedi Origine del sistema di riferimento di rilevamento.
Metodo del cubo	Metodo di calibrazione dinamica dell'accelerometro in cui l'utente finale orienta un dispositivo in quattro-sei posizioni distinte e lo mantiene in ciascuna posizione per almeno un secondo.
Velocità di trasmissione	Velocità con cui i dati possono essere trasmessi su una rete.
Forza	Una forza è un'azione di spinta o di trazione esercitata su un oggetto a seguito dell'interazione con un altro oggetto. Forza = massa × accelerazione.
FS	Full-Scale (piena scala): si riferisce ai limiti di un determinato intervallo di calibrazione o di rilevamento.
F/T	Forza/Coppia.
F_{xy}	Il vettore risultante della forza composto dalle componenti F_x e F_y .
g	La forza G, o equivalente della forza gravitazionale, è una forza specifica per massa espressa in unità di gravità standard.
Giroscopio	Dispositivo presente nei sensori Sano di ATI che misura l'orientamento e la velocità angolare. I sensori Sano di ATI utilizzano un giroscopio MEMS (Micro Electronic Mechanical System).
Isteresi	Una fonte di errore di misura causata dagli effetti residui dei carichi precedentemente applicati in precedenza.
Piastra di interfaccia	Una piastra separata che consente di fissare il sensore a un'altra superficie. Le piastre di interfaccia vengono spesso utilizzate quando la disposizione dei fori sul sensore non corrisponde a quella presente sul braccio robotico o sull'attrezzatura del cliente. La piastra di interfaccia presenta due disposizioni di fori, una su ciascun lato della piastra. Un lato è destinato al sensore, mentre l'altro è destinato al braccio robotico o all'attrezzatura del cliente.
IMU	L'unità di misura inerziale (IMU) è un dispositivo che rileva l'accelerazione e la velocità angolare (dati giroscopici).
Grado di protezione contro l'ingresso di corpi estranei (IP2X)	Il sensore ha una classificazione IP2X, che impedisce l'ingresso nel dispositivo di oggetti estranei di dimensioni inferiori a 0,49 in o 12,5 mm di entrare nel dispositivo. L'utente finale deve proteggere il sensore dall'ingresso di acqua o altri liquidi.

Dispositivo principale	Un dispositivo fornito dal cliente, come un personal computer, un robot o un controllore logico programmabile (PLC), compatibile con una specifica interfaccia di comunicazione.
------------------------	--

Termine	Definizione
Incertezza di misura	Comunemente indicata come “precisione”, l’“incertezza di misura” è l'errore massimo possibile tra il valore misurato e il carico reale. L'incertezza di misura è specificata come percentuale dell'intervallo di misura a fondo scala per un determinato modello di sensore e un determinato grado di calibrazione. Questo valore tiene conto di molteplici fonti di errore. Il certificato di calibrazione del sensore riporta la percentuale di incertezza di misura. Per ulteriori informazioni, consultare <i>la Sezione 2.2: Incertezza di misura</i> nel documento Domande frequenti (FAQ) disponibile all'indirizzo: https://www.ati-ia.com/library/documents/FT_FAQ.pdf .
Accoppiamento meccanico	Quando un oggetto esterno, come un utensile del cliente o un'attrezzatura ausiliaria, entra in contatto con la superficie del sensore tra il lato di montaggio e il lato dell'utensile.
N/A	Non applicabile
Sovraccarico	Condizione in cui al trasduttore viene applicato un carico superiore a quello che è in grado di misurare. Ciò provoca la saturazione.
Codice articolo	Codice articolo
Ciclo di alimentazione	Quando un utente interrompe e poi ripristina l'alimentazione di un dispositivo.
Risoluzione	La variazione minima di carico che è possibile misurare. La risoluzione è solitamente molto inferiore alla precisione.
Frequenza di campionamento	La velocità con cui i dati analogici del trasduttore vengono convertiti in campioni digitali dall'ADC.
Saturazione	Condizione in cui il trasduttore o l'hardware di acquisizione dati rileva un carico o un segnale al di fuori del proprio intervallo di rilevamento.
Origine del sistema di riferimento di rilevamento	Il punto sul sensore da cui vengono misurati tutti i dati F/T e IMU.
Sensore	Il componente che converte un carico rilevato in segnali elettrici.
Sistema di sensori (o configurazione)	L'intero gruppo, costituito da un corpo sensore e da un'interfaccia di sistema per convertire i segnali di forza e coppia in un'interfaccia/protocollo di comunicazione specifico.
Piastra di adattamento utensile (o TAP)	Il componente superficiale che fissa l'utensile del cliente al lato di montaggio (lato di rilevamento) del sensore.
Coppia	L'applicazione di una forza tramite una leva o un braccio di leva che induce un oggetto a ruotare. Ad esempio, un utente applica una coppia a una vite per farla ruotare. Coppia = forza × lunghezza del braccio di leva.
T_{xy}	Il vettore di coppia risultante composto dalle componenti T_x e T_y .

1. Sicurezza

La sezione dedicata alla sicurezza descrive le linee guida generali di sicurezza da seguire nell'utilizzo di questo prodotto, le spiegazioni relative alle avvertenze presenti in questo manuale e le precauzioni di sicurezza applicabili al prodotto. Le avvertenze specifiche relative al prodotto sono inserite nelle varie sezioni del presente manuale (ove applicabili).

1.1 Spiegazione delle avvertenze

Queste avvertenze sono presenti in tutti i manuali ATI e non sono specifiche di questo prodotto. L'utente deve prestare attenzione a tutte le avvertenze fornite dal produttore del robot e/o dai produttori degli altri componenti utilizzati nell'installazione.



PERICOLO: Avviso relativo a informazioni o istruzioni la cui mancata osservanza comporterà la morte o lesioni gravi. L'avviso fornisce informazioni sulla natura della situazione di pericolo, sulle conseguenze del mancato superamento del pericolo e sul metodo per evitare la situazione.



AVVERTENZA: Avviso relativo a informazioni o istruzioni la cui mancata osservanza potrebbe causare la morte o lesioni gravi. L'avviso fornisce informazioni sulla natura della situazione di pericolo, sulle conseguenze del mancato superamento del pericolo e sul



ATTENZIONE: Avviso relativo a informazioni o istruzioni che, se non seguite, potrebbero causare lesioni moderate o danni alle attrezzature. L'avviso fornisce informazioni sulla natura della situazione di pericolo, sulle conseguenze del mancato superamento del pericolo e sul metodo per evitare la situazione.

AVVISO: Avviso relativo a informazioni o istruzioni specifiche sulla manutenzione, il funzionamento, l'installazione o la configurazione del prodotto che, se non seguite, potrebbero causare danni all'apparecchiatura. L'avviso può sottolineare, a titolo esemplificativo ma non esaustivo: tipi specifici di grasso, migliori pratiche operative e consigli di manutenzione.

1.2 Linee guida generali di sicurezza

Il cliente deve verificare che il sensore sia omologato per il carico massimo e la coppia previsti durante il funzionamento. Poiché le forze statiche sono inferiori alle forze dinamiche derivanti dall'accelerazione o dalla decelerazione del robot, prestare attenzione ai carichi dinamici causati dal robot.

1.3 Precauzioni di sicurezza



ATTENZIONE: La modifica o lo smontaggio del sensore potrebbero causare danni e invalidare la garanzia. Utilizzare gli schemi di foratura forniti sul lato di montaggio e sul lato utensile del sensore per installare il sensore sul robot e l'attrezzatura del cliente sul sensore. Per ulteriori informazioni, consultare i disegni forniti dal cliente.



ATTENZIONE: L'inserimento di oggetti nelle aperture del sensore provoca danni alla strumentazione. Evitare di introdurre oggetti nelle aperture del sensore.



ATTENZIONE: Non sovraccaricare il sensore. Il superamento dei valori di sovraccarico su un singolo asse del sensore provoca danni irreparabili.



ATTENZIONE: Durante il trasporto, il sensore deve essere protetto da urti e carichi d'urto che superino i limiti nominali, poiché tali impatti possono comprometterne le prestazioni. Per ulteriori informazioni sui limiti nominali, consultare [la Sezione 7 — Specifiche](#).

2. Panoramica del prodotto

Il sensore di forza/coppia (F/T) Sano74 è destinato all'uso con la robotica chirurgica ed è ideale per applicazioni ortopediche quali la navigazione robotica guidata manualmente e il taglio o la foratura a controllo di forza. Il Sano74 misura sei componenti di forza e coppia ($F_x \setminus F_y \setminus F_z \setminus T_x \setminus T_y \setminus T_z$). Un'unità di misura inerziale (IMU) integrata fornisce misurazioni triassiali dell'accelerazione e della velocità angolare. Il sensore comunica questi dati a un dispositivo come un personal computer, un robot o un PLC. Per ulteriori informazioni sull'interfaccia di comunicazione, consultare il manuale applicabile riportato *nella Tabella 2.1*. Per le specifiche del prodotto, consultare *la Sezione 7 — Specifiche*.

La piastra di montaggio del sensore (MAP) si fissa a un supporto rigido o a un robot. La piastra di adattamento dell'utensile (TAP) si fissa all'attrezzatura del cliente. Per gli schemi di foratura e le dimensioni specifici delle piastre MAP e TAP, consultare *la Sezione 8 — Disegni*. Se il sensore non presenta lo stesso schema di foratura dei lati di montaggio o dell'utensile, consultare *la Sezione 3.1 — Piastra di interfaccia*.

Prima dell'installazione, gli utenti finali devono rimuovere la piastra di copertura, che protegge la strumentazione interna durante lo stoccaggio e la spedizione. I clienti devono fornire e collegare i cavi ai connettori presenti sulla scheda madre del sensore. Una fessura sul lato dell'alloggiamento consente di vedere i LED di comunicazione e di stato presenti sulla scheda madre. Al centro del sensore è presente un foro da 20 mm per il passaggio dei cavi e per facilitare l'integrazione. Per ulteriori informazioni sui collegamenti e sui LED, consultare il manuale applicabile riportato nella *Tabella 2.1*.

Figura 2.1 — Sensore Sano74 F/T

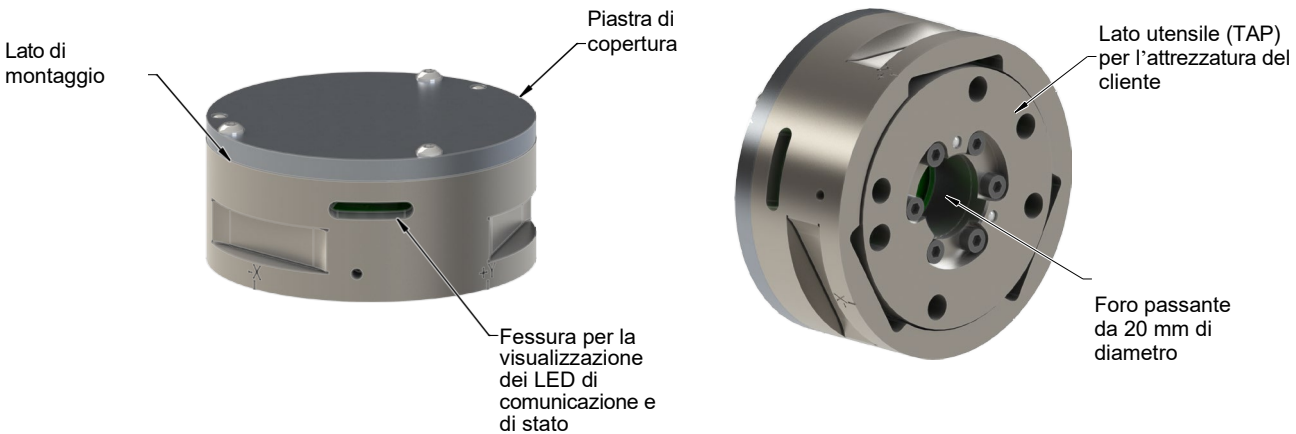


Tabella 2.1 — Manuali di comunicazione Sano		
Modello sensore	Codice articolo	Tipo di comunicazione
9105-ECAT3-SANO74-M12		EtherCAT
		Manuale ATI
		9620-05-C-EtherCAT3 Sano

3. Installazione



AVVERTENZA: l'esecuzione di interventi di manutenzione o riparazione sul sensore quando i circuiti (ad esempio: alimentazione, acqua e aria) sono sotto tensione potrebbe causare la morte o gravi lesioni. Scaricare e verificare che tutti i circuiti sotto tensione siano diseccitati in conformità con le procedure e le politiche di sicurezza del cliente.



ATTENZIONE: Fornire una protezione sufficiente contro le sovratensioni per evitare danni al sensore. Il cliente non deve esporre il sensore a tensioni ESD al di fuori dell'intervallo di ± 8 kV.



ATTENZIONE: Per evitare interferenze elettriche con le applicazioni vicine, ridurre al minimo la distanza dal sensore al sistema host in cui viene effettuato il filtraggio EMC.



ATTENZIONE: Evitare di danneggiare il sensore a causa di scariche elettrostatiche. Assicurarsi di seguire le corrette procedure di messa a terra durante la manipolazione del sensore o dei cavi ad esso collegati. La mancata osservanza delle corrette procedure di



ATTENZIONE: La modifica o lo smontaggio del sensore potrebbero causare danni e invalidare la garanzia. Utilizzare la configurazione dei bulloni di montaggio in dotazione e quella fornita per il lato dell'utensile per montare il sensore sul robot e l'attrezzatura del cliente sul sensore (fare riferimento al [disegno fornito dal cliente](#)).

3.1 Piastre di interfaccia

Il lato di montaggio del sensore si fissa a una superficie come il braccio robotico, mentre la piastra di adattamento utensile (TAP) del sensore si fissa all'attrezzatura del cliente. Se l'utente finale decide di fornire le proprie piastre di interfaccia, fare riferimento alle seguenti linee guida di progettazione e al disegno Sano74 (vedere [la Sezione 8 — Disegni](#)).



ATTENZIONE: Un'installazione errata delle piastre di interfaccia può impedire il corretto funzionamento del sensore F/T.



ATTENZIONE: L'utensile del cliente deve toccare esclusivamente la piastra di interfaccia dell'utensile. Se l'utensile del cliente tocca qualsiasi altra parte del sensore, non rileverà correttamente i carichi.

Se l'utente finale decide di progettare e realizzare una piastra di interfaccia, è necessario tenere conto dei seguenti punti:

- La piastra di interfaccia deve includere fori per i bulloni di fissaggio, nonché un perno di centraggio e un risalto per un posizionamento accurato rispetto al robot.
- Lo spessore della piastra di interfaccia deve garantire un innesto filettato sufficiente per gli elementi di fissaggio.
- Gli elementi di fissaggio non devono interferire con l'elettronica interna del sensore. Per la filettatura Per quanto riguarda la profondità, gli schemi di montaggio e altri dettagli, consultare [la Sezione 8 — Disegni](#)
- Non utilizzare perni di centraggio che superino i requisiti di lunghezza e impediscano alla piastra di interfaccia di accoppiarsi a filo con il robot. Gli elementi di fissaggio che superano i requisiti di lunghezza creano uno spazio tra le superfici di interfaccia e causano danni.
- La piastra di interfaccia deve avere una resistenza pari o superiore a quella del sensore, in modo che i valori massimi di forza e coppia applicati al sensore non la deformino. Per i valori di forza e coppia, fare riferimento alla [Sezione 7 — Specifiche](#).
- La piastra di interfaccia deve fornire una superficie di montaggio piana e parallela per il sensore.

3.2 Installazione del sensore

Materiale necessario:

- Panno pulito
- Frenafiletti Loctite 222®
- Frenafiletti Loctite 242®
- Frenafiletti/primer Loctite 7649® o equivalente
- Chiave dinamometrica

Parti

necessarie:

- (8x) Viti di montaggio, da sensore a robot:
 - Sano74-M12: M3
- (4x) Viti di montaggio, da sensore a attrezzatura
 - Sano74-M12: M6
- (Opzionale) Cavo flessibile piatto a 8 pin. Vedi [Tabella 3.1](#).
- (Opzionale) Cavo flessibile piatto a 6 pin. Vedi [Tabella 3.1](#).
- (Opzionale) Cavo con connettore SM a 8 pin. Vedi [Tabella 3.1](#).

Attrezzi

necessari:

- Chiavi esagonali.
 - Sano74-M12: chiavi esagonali da 2 mm, 2,5 mm e 5 mm
- Chiave dinamometrica



ATTENZIONE: non esercitare una forza eccessiva sul sensore e sul connettore durante l'installazione, altrimenti si verificheranno danni.



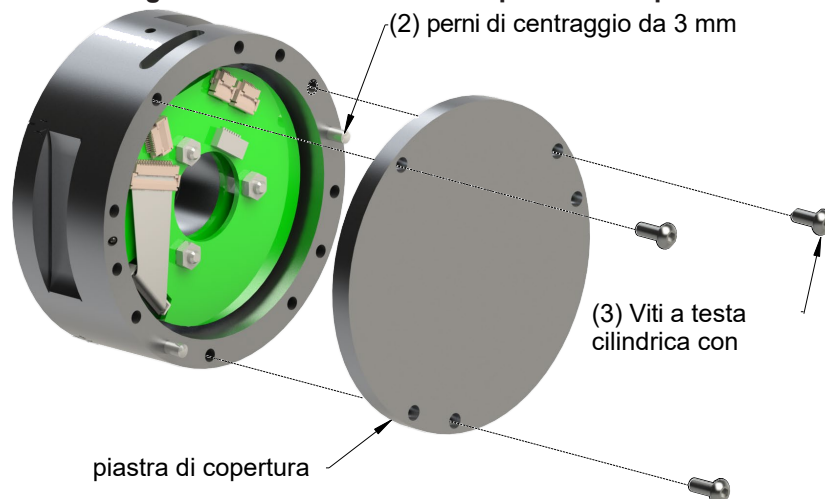
ATTENZIONE: l'uso di elementi di fissaggio che superano la profondità di interfaccia prevista dal cliente comporta la penetrazione nel corpo del sensore, il danneggiamento dei componenti elettronici e l'annullamento della garanzia.



ATTENZIONE: il frenafiletti applicato agli elementi di fissaggio non deve essere riutilizzato più di una volta. Gli elementi di fissaggio potrebbero allentarsi e causare danni all'apparecchiatura. Applicare sempre del frenafiletti nuovo

1. Rimuovere la piastra di copertura:
 - a. Utilizzare una chiave esagonale da 2 mm per rimuovere le (3) viti a testa cilindrica con impronta a bottone M3.
 - b. Sollevare la piastra di copertura dal sensore.

Figura 3.1 — Rimozione della piastra di copertura



2. Collegare i cavi forniti dal cliente ai connettori come indicato nella [Tabella 3.1](#). Fare riferimento [alla Figura 3.2](#) per individuare la posizione dei connettori.

Figura 3.2 — Connettori del sensore Sano74

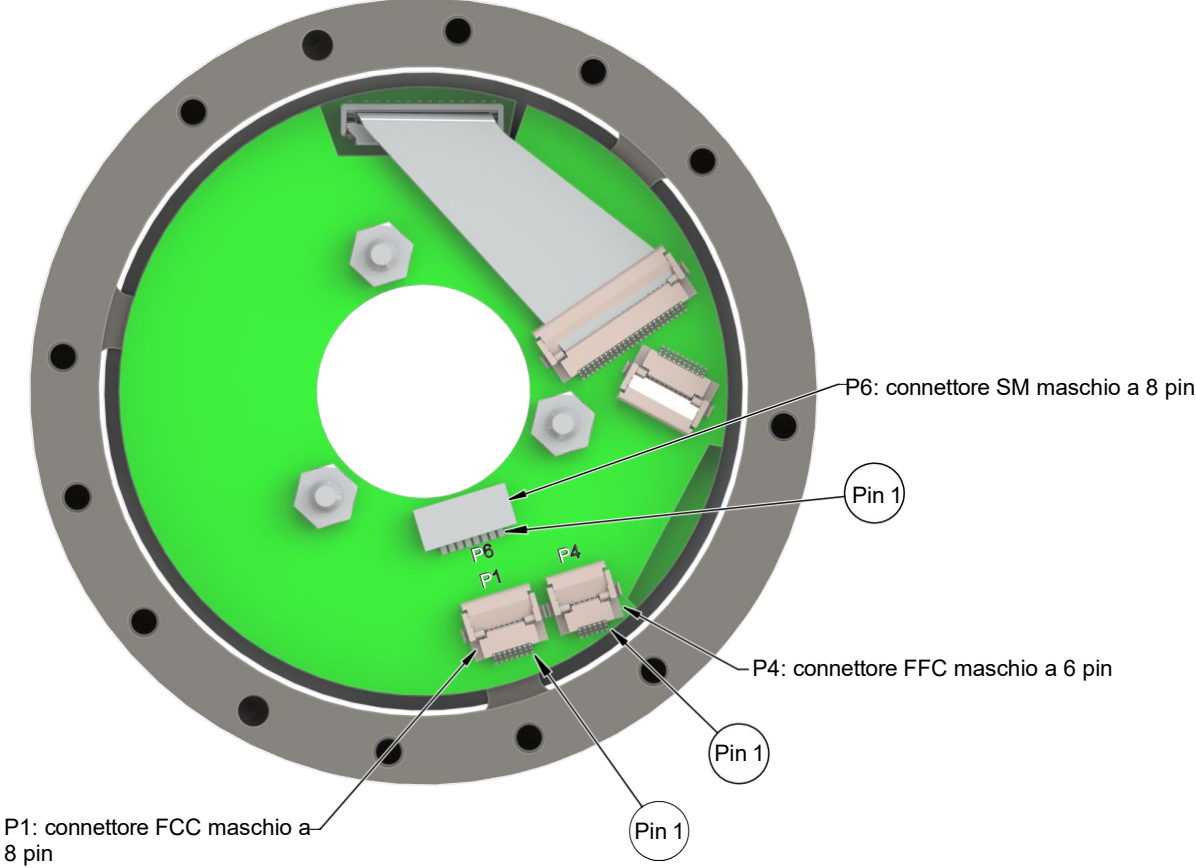


Tabella 3.1 — Pinout e segnali dei connettori

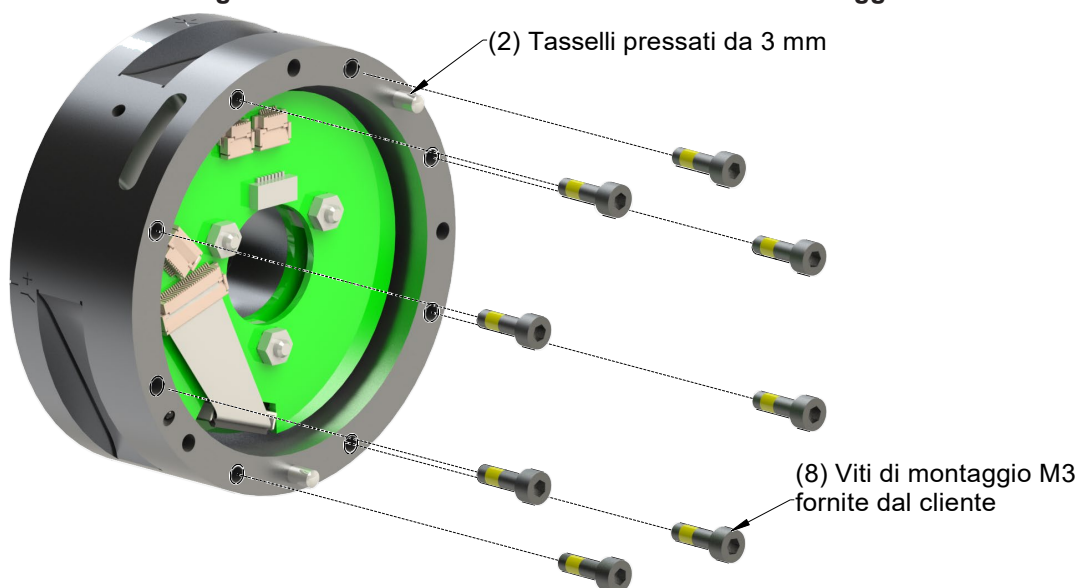
P1: Connettore FFC maschio a 8 pin		P4: connettore FFC maschio a 6 pin		P6: Connettore SM maschio a 8 pin	
Numero pin	Segnale	Numero pin	Segnale	Numero pin	Segnale
1	SL0_VP	1	SL0_VP_Fused	1	SL0_VP
2	RS485 +	2	TX1 +	2	RS485 +
3	RS485 -	3	TX1 -	3	RS485 -
4	TX0 +	4	RX1 +	4	TX0 +
5	TX0 -	5	RX1 -	5	TX0 -
6	RX0 +	6	SL0_Massa	6	RX0 +
7	RX0 -	N/A	N/A	7	RX0 -
8	SL0_Terra	N/A	N/A	8	SL0_Terra

3. Pulire le superfici di montaggio con un panno pulito.

AVVISO: L'interfaccia di montaggio del cliente deve presentare (2) fori da 3 mm per il posizionamento dei perni di centraggio sul lato MAP del sensore.

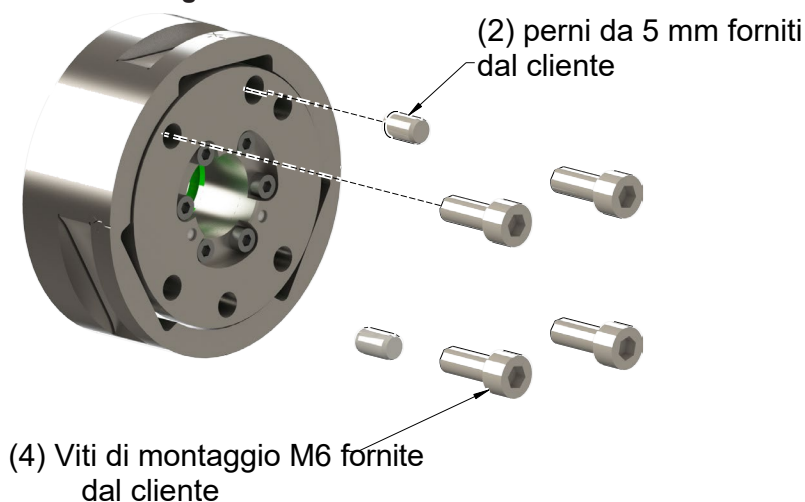
4. Fissare il lato di montaggio del sensore all'interfaccia del cliente. Fare riferimento alla [Figura 3.3](#).
 - a. Allineare il sensore con l'interfaccia del cliente utilizzando (2) perni da 3 mm inseriti a pressione
 - b. Applicare il frenafilietti Loctite 222 e Loctite 7649 (o equivalente) alle filettature delle (8) viti di montaggio, che fissano il sensore al robot.
 - c. Utilizzare una chiave esagonale per serrare i dispositivi di fissaggio a 15 in-lb (1,7 Nm).

Figura 3.3 — Installazione del sensore: lato di montaggio



5. Fissare l'utensile del cliente al TAP del sensore. Fare riferimento alla [Figura 3.4](#).
 - a. Allineare il sensore con l'attrezzo del cliente utilizzando (2) perni da 5 mm forniti dal cliente
 - a. Applicare il frenafilietti Loctite 242 e Loctite 7649 (o equivalente) alle filettature delle (4) viti di montaggio fornite dal cliente, dal sensore all'attrezzatura.
 - b. Utilizzare una chiave esagonale per serrare i dispositivi di fissaggio a 60 in-lb (6,8 Nm).

Figura 3.4 — Installazione del sensore: TAP



6. Configurare il software dell'interfaccia di comunicazione del sensore. Fare riferimento al manuale applicabile riportato nella [Tabella 2.1](#)
7. Eseguire i controlli di precisione descritti nella [Sezione 3.3 — Controllo di precisione F/T](#) e nella [Sezione 3.4 — Controllo di precisione IMU](#)

8. Avviare in sicurezza il funzionamento normale.

3.3 Controllo di precisione F/T

Eeguire le seguenti procedure dopo l'installazione iniziale del sensore sul robot e una volta all'anno a scopo di manutenzione.

AVVISO: La massa sul lato utensile può corrispondere al peso dell'utensile utilizzato

1. Fissare una massa fissa sul lato utensile del sensore F/T:
 - a. Rimuovere i cavi che formano ponti tra il lato di montaggio del sensore e il lato utensile.
2. Accendere il sensore. Attendere 30 minuti per il riscaldamento. Ridurre al minimo le fonti esterne di variazione di temperatura.

NOTA: Per ottenere risultati ottimali, scrivere un programma per il robot in modo da spostare il sensore e la massa in ciascuna delle seguenti posizioni in sequenza. In ogni posizione, il robot dovrebbe fermarsi per registrare l'uscita del sensore. Evitare di muovere il robot a scatti e di

3. Spostare il robot in modo che il sensore si trovi nelle seguenti posizioni:
 - a. Registrare il valore rilevato dal sensore, $F_{x,punto}$ $F_{y,punto}$ $F_{z,punto}$, in ciascun punto senza applicare alcuna polarizzazione.
 - Punto 1: +Z verso l'alto
 - Punto 2: +X verso l'alto
 - Punto 3: +Y verso l'alto
 - Punto 4: -X verso l'alto
 - Punto 5: -Y verso l'alto
 - Punto 6: -Z verso l'alto
4. Calcolare $F_{x, media}$ $F_{y, media}$ $F_{z, media}$:
 - a. Utilizza le seguenti equazioni per completare i calcoli:

$$F_{x,average} = \frac{F_{x,point 1} + F_{x,point 2} + \dots + F_{x,point 6}}{6}$$

$$F_{y,average} = \frac{F_{y,point 1} + F_{y,point 2} + \dots + F_{y,point 6}}{6}$$

$$F_{z,average} = \frac{F_{z,point 1} + F_{z,point 2} + \dots + F_{z,point 6}}{6}$$

5. Per ciascuno dei 6 punti, eseguire il seguente calcolo:

$$F_x = F_{x,point n} - F_{x,average}$$

$$F_y = F_{y,point n} - F_{y,average}$$

$$F_z = F_{z,point n} - F_{z,average}$$

$$\text{Tooling Mass} = \sqrt{F_x^2 + F_y^2 + F_z^2}$$

6. Le masse degli utensili calcolate per tutti i (6) punti dovrebbero presentare una differenza tra loro inferiore al doppio del valore di precisione peggiore del sensore.
 - Ad esempio: la precisione nominale del sensore Sano74 è pari al 2% del campo su tutti gli assi. Per un campo di 130 N F_x e un intervallo di 400 N F_z, gli errori ammissibili per ogni singolo punto dati sarebbero rispettivamente $\pm 2,6$ N F_{xy} e ± 8 N F_z rispettivamente. Poiché F_z presenta la tolleranza maggiore, un punto dati potrebbe essere pari a + 8 N e un altro a - 8 N, per un intervallo totale (max-min) di errore pari a 16 N.
 - Inoltre, la massa dell'attrezzatura dovrebbe discostarsi di non più di 16 N dai risultati di questa prova, quando è stata eseguita con un sensore nuovo.
7. Se questa prova non viene superata, il sensore deve essere restituito ad ATI per la diagnosi o la ricalibrazione.

3.4 Controllo della precisione dell'IMU

L'IMU del sensore è dotata di un sistema di controllo automatico della precisione che monitora l'uscita dell'accelerometro. L'utente finale può leggere i risultati del controllo dal codice di stato del sensore. Per i bit e la descrizione del

Per i risultati riportati, consultare il manuale del protocollo di comunicazione alla [Tabella 2.1](#). Per migliorare il livello di precisione, eseguire una calibrazione dinamica.

3.5 Procedura di calibrazione dinamica dell'IMU

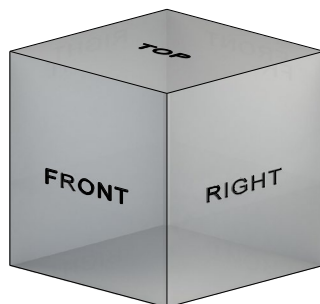
L'hardware dell'IMU del sensore richiede che gli offset di zero per ciascun asse vengano aggiornati periodicamente. L'accelerometro a riposo dovrebbe rilevare solo la gravità; qualsiasi deviazione rappresenta l'offset di zero. Analogamente, a riposo, il giroscopio dovrebbe rilevare solo zero per la velocità angolare su ogni asse. Questi offset di zero dipendono dal tempo e tengono conto delle caratteristiche termiche dell'hardware del sensore, nonché di altri effetti variabili nel tempo. Gli offset di zero possono essere impostati tramite un processo di calibrazione dinamica, che è sempre attivo sul sensore.

3.5.1 Calibrazione dinamica dell'accelerometro

Poiché durante il funzionamento il sensore assume diverse orientazioni, l'accelerometro si calibra automaticamente, in quanto i movimenti lungo ciascun asse del sensore sono almeno parzialmente allineati con il vettore di gravità. Se il sensore rimane più statico durante il funzionamento, l'utente dovrebbe eseguire la seguente calibrazione:

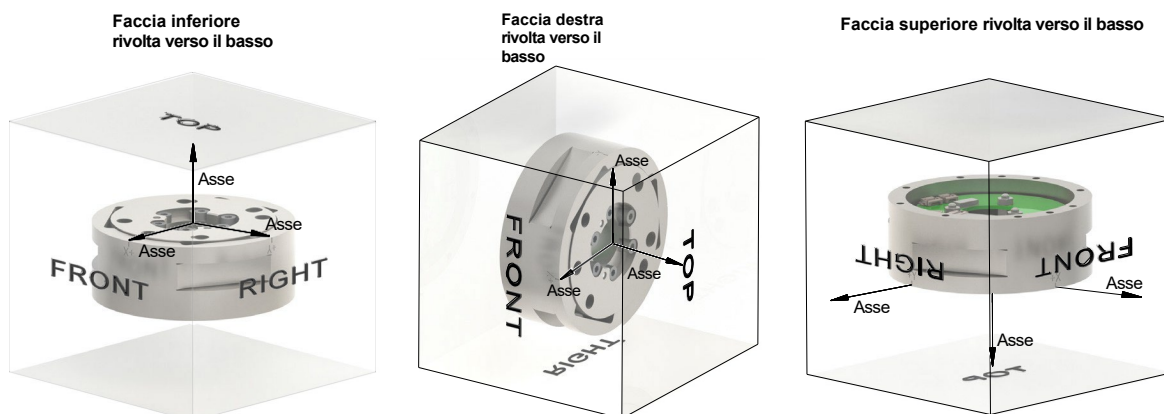
1. Immaginate il sensore come un cubo standard con sei facce: anteriore, posteriore, sinistra, destra, superiore e inferiore.

Figura 3.5 — Metodo del cubo



2. Orientare il sensore in modo che poggi su una faccia del cubo, ad esempio: iniziare con il sensore posizionato con la faccia superiore rivolta verso l'alto e quella inferiore verso il basso.
3. Mantenere il dispositivo stabile in tale orientamento per almeno un secondo.
4. Proseguire con le altre facce del cubo; ad esempio: orientare quindi il sensore in modo che il lato destro del cubo sia rivolto verso il basso.

Figura 3.6 — Esempi di movimenti di calibrazione



5. Verificare lo stato di precisione:
 - a. Monitorare la precisione dell'accelerometro tramite il codice di stato. Fare riferimento al manuale corrispondente riportato nella [Tabella 2.1](#).
 - b. Quando il codice di stato della precisione indica un valore elevato, il processo di calibrazione è completato.
6. Salvare la calibrazione nella memoria del sensore con il comando **IMU Calibrate Save**. Fare riferimento al manuale applicabile riportato nella [Tabella 2.1](#).

AVVISO: Per i movimenti di calibrazione, tenere presenti i seguenti punti:

- Non è necessario utilizzare tutte e sei le facce del cubo. Se uno degli orientamenti è difficile da ottenere, sono sufficienti quattro o cinque orientamenti.
- Non è necessario che gli orientamenti siano perfettamente allineati con le facce del cubo. L'importante è che il sensore sia posizionato in un numero compreso tra quattro e sei orientamenti distinti.

3.5.2 Calibrazione dinamica del giroscopio

Il sensore esegue automaticamente una calibrazione dinamica del giroscopio ogni volta che viene acceso e rimane inattivo per due o tre secondi.

Per controllare gli scostamenti dallo zero, verificare che i valori riportati siano pari a zero quando il sensore non è in movimento.

3.5.3 Salvataggio di una calibrazione

Affinché il sensore non perda le calibrazioni dinamiche in seguito a un ciclo di accensione/spengimento, salvare la calibrazione nella memoria del software. Ulteriori informazioni sono disponibili nel manuale di comunicazione applicabile, il cui link è riportato nella [Tabella 2.1](#).

3.6 Rilevamento delle variazioni di sensibilità

Il controllo della sensibilità del sensore può essere utilizzato anche per valutare lo stato di salute del sensore Sano. Applicare carichi noti al sensore e verificare che l'uscita del sistema corrisponda ai carichi noti. Ad esempio, un sensore montato su un braccio robotico potrebbe avere un effettore terminale collegato ad esso. Utilizzare la seguente procedura per impostare un valore di sensibilità:

1. Se l'effettore terminale presenta parti mobili, queste devono essere posizionate in una posizione nota.
2. Posizionare il braccio del robot in modo tale che il carico gravitazionale proveniente dall'effettore possa esercitare una forza su molti assi di uscita del sensore.
3. Registrare i valori di uscita.
4. Posizionare il braccio del robot in modo da applicare un altro carico, questa volta facendo sì che i valori di uscita si discostino notevolmente da quelli precedenti.
5. Registrare la seconda serie di letture.
6. Calcolare le differenze tra la prima e la seconda serie di letture.
7. Utilizzare le differenze come valore di sensibilità.

Anche se i valori di sensibilità variano da una serie di campioni all'altra, tali valori possono essere utilizzati per individuare errori grossolani. È possibile utilizzare sia i segnali in uscita elaborati sia le tensioni grezze dei sensori (è necessario utilizzare lo stesso tipo di dati per tutte le fasi di questo processo).

4. Funzionamento

Le informazioni generali relative a tutti i sensori Sano74 sono riportate nella sezione seguente. Per informazioni specifiche sul protocollo di comunicazione del sensore, quali la frequenza di campionamento, i LED e i comandi operativi, consultare il manuale corrispondente riportato [nella Tabella 2.1](#).

4.1 Ambiente del sensore

AVVISO: I sensori possono reagire a campi elettromagnetici eccezionalmente intensi e variabili, come quelli generati dalle apparecchiature di risonanza magnetica (RM).

Il sensore ha una classificazione IP2X, che impedisce l'ingresso nel dispositivo di corpi estranei di dimensioni inferiori a 0,49 pollici o 12,5 mm. L'utente finale deve proteggere il sensore dall'ingresso di acqua o altri liquidi. In caso di contatto accidentale, come un leggero spruzzo delle seguenti sostanze chimiche, il sensore Sano74 dovrebbe continuare a funzionare e mantenere la propria precisione di calibrazione:

- Cidex
- Soluzione di ipoclorito
- Soluzione di perossido di idrogeno
- Alcool isopropilico al 70%
- Soluzione Asepti-HB
- Soluzione Enzol

Per altre specifiche ambientali, quali la temperatura di funzionamento e di stoccaggio, consultare [la Sezione 7— Specifiche](#).

4.2 Bias

La funzione di bias è utile per eliminare gli effetti della gravità (peso dello strumento) o di altre forze in azione. Quando si utilizza la funzione di bias, il software raccoglie i dati relativi alle forze e alle coppie che stanno attualmente agendo sul sensore e utilizza queste letture come riferimento per le letture future. Da queste letture future verrà sottratto tale valore di riferimento prima della loro trasmissione. Il bias può anche essere indicato come “azzeramento” o “tara” del sensore. Per informazioni sull'utilizzo di questa funzionalità, consultare il manuale di comunicazione appropriato collegato nella [Tabella 2.1](#).

4.3 Condizioni di monitoraggio

Durante il funzionamento, il firmware monitora l'hardware. Per i codici di stato, le condizioni di monitoraggio e

Per le letture diagnostiche, consultare il manuale di comunicazione corrispondente, il cui link è riportato nella [Tabella 2.1](#).

4.4 Comportamento dei LED

Durante il funzionamento, i LED presenti sulla scheda madre del sensore sono visibili attraverso una fessura nell'alloggiamento del sensore Sano74. Per ulteriori informazioni, consultare il manuale corrispondente collegato nella [Tabella 2.1](#).

5. Manutenzione

5.1 Ispezione periodica

Sebbene il sensore Sano sia classificato IP2X, evitare l'accumulo di detriti e polvere sopra o all'interno del sensore. Pulire la superficie del sensore con alcol isopropilico.

5.2 Calibrazione periodica dei campi di rilevamento F/T

Per garantire la tracciabilità rispetto agli standard nazionali, è necessaria la calibrazione periodica del sensore e dei relativi componenti elettronici. I campi di rilevamento non possono essere calibrati sul campo. Per restituire il sensore ad ATI ai fini della ricalibrazione, contattare un account manager ATI o scrivere all'indirizzoati-rma-admin@novanta.com per richiedere un'autorizzazione alla restituzione del materiale (RMA) per la ricalibrazione. ATI raccomanda di effettuare controlli annuali di precisione (fare riferimento alla [Sezione 3.3 — Controllo di precisione F/T](#)). Se il sensore non soddisfa i requisiti prestazionali dell'applicazione dell'utente e non supera il controllo di precisione, restituirlo ad ATI per la ricalibrazione.

6. Risoluzione dei problemi

Questa sezione include le soluzioni ad alcuni problemi che potrebbero insorgere durante la configurazione e l'utilizzo del sensore. Per domande e assistenza per la risoluzione dei problemi relativi al software, consultare il manuale di comunicazione appropriato collegato nella [Tabella](#)

2.1. Le risposte alle domande più frequenti sono disponibili sul sito web dell'ATI: https://www.ati-ia.com/library/documents/FT_FAQ.pdf.

Le informazioni contenute in questa sezione dovrebbero rispondere a molte delle domande che potrebbero sorgere sul campo. Il servizio clienti è a disposizione degli utenti che abbiano domande o dubbi relativi ai contenuti dei manuali.

Nota

Si prega di leggere il manuale prima di contattare il servizio clienti. Prima di chiamare, tenere a portata di mano le seguenti informazioni:

1. Numero di serie, ad esempio: FT01234.
2. Modello del sensore, ad esempio: Sano74.
3. Calibrazione, ad esempio: SI-130-10.
4. Descrizione accurata e completa della domanda o del problema
5. Informazioni sul computer e sul software (sistema operativo, tipo di PC, driver, software applicativo e altre informazioni rilevanti sulla configurazione dell'applicazione)

Se possibile trovarsi nelle vicinanze del

Per ulteriori informazioni sulla risoluzione dei problemi o per parlare con un addetto al servizio clienti, si prega di contattare ATI:

Vendite, assistenza e informazioni sui prodotti ATI:

ATI Industrial Automation

1031 Goodworth Drive

Apex, NC 27539 USA

Tel.: +1 919-772-0115 • Fax: +1 919-772-8259 • www.ati-ia.com

Ingegneria applicativa

E-mail: ft.support@novanta.com

Assistenza 24 ore su 24, 7 giorni su 7: +1 855 ATI-IA 00 (+1 855-284-4200)

6.1 Linee guida di base per la risoluzione dei problemi

Nella sezione seguente sono elencati i sintomi di base relativi a dati imprecisi ed errori. Per ciascun sintomo, vengono suggerite le cause e le soluzioni appropriate.

Sintomo: Rumore — salti nelle letture della coppia superiori allo 0,05% dei conteggi a fondo scala.

Causa: Il rumore può essere causato da vibrazioni meccaniche e disturbi elettrici, probabilmente dovuti a una messa a terra inadeguata. Le interferenze elettriche possono provenire anche da un dispositivo che genera un elevato livello di rumore, come ad esempio un motore.

Soluzione: assicurarsi che la tensione di alimentazione in corrente continua del sensore Sano presenti un rumore sovrapposto minimo o nullo. Collegare a terra il sensore collegando la schermatura del cavo a terra. Nella maggior parte delle configurazioni, anche 0 V è collegato a terra. Collegare il robot o altro dispositivo alla stessa messa a terra.

Verificare che i cavi del sensore non si incrocino con altri cavi né si trovino in prossimità di altre apparecchiature che potrebbero generare rumore elettrico.

Evitare fonti di rumore meccanico. Se ciò non fosse possibile, applicare un filtro ai dati come descritto nel manuale di comunicazione appropriato collegato nella [Tabella 2.1](#).

Causa: Il rumore può anche indicare un guasto a un componente all'interno del sistema.

Soluzione: Controllare il codice di stato del sensore; fare riferimento al manuale di comunicazione collegato nella [Tabella 2.1](#).

Eseguire un controllo di precisione; fare riferimento alla [Sezione 3.3 — Controllo di precisione F/T](#) oppure alla [Sezione 4.5: Come valutare l'accuratezza dello stato del sensore?](#) nel documento ATI delle Domande Frequenti (FAQ) disponibile all'indirizzo: https://www.ati-ia.com/library/documents/FT_FAQ.pdf.

Per restituire il sensore ad ATI per un'ispezione, contattare ATI per ottenere un'Autorizzazione alla Restituzione del Materiale (RMA); fare riferimento alla [Sezione 5.2 — Calibrazione periodica dei campi di rilevamento F/T](#).

Sintomo: Deriva — quando i dati di forza e coppia continuano ad aumentare o a diminuire dopo la rimozione di un carico.

Causa: una certa deriva dovuta a una variazione di temperatura è normale. La deriva si osserva più facilmente sull'asse Z rispetto agli assi X e Y.

Soluzione: Lasciare che il sensore si riscaldi per circa trenta minuti, finché non raggiunge uno stato stabile con l'aria e gli altri oggetti a contatto con il sensore.

Utilizzare il comando di bias per riportare le letture a zero. Eseguire il bias regolarmente.

Utilizzare un isolante tra il sensore e qualsiasi attrezzatura o dispositivi di fissaggio che si trovino a una temperatura diversa. Evitare di creare un gradiente di temperatura sul sensore. Proteggere il sensore da flussi d'aria eccessivi.

Per ulteriori informazioni su come evitare la deriva dovuta alle variazioni di temperatura, consultare il seguente documento ATI: <https://www.atia.com/Library/Documents/DriftExplanation.pdf>.

Sintomo: Isteresi — quando il sensore viene sottoposto a carico da uno stato azzerato o polarizzato e successivamente il carico viene rimosso, l'uscita del sensore non ritorna immediatamente a zero.	Causa: un accoppiamento meccanico o un guasto interno possono causare un'isteresi che esula dall'intervallo specificato e accettabile di incertezza di misura (errore) del sensore. Soluzione: Verificare che il sensore sia installato correttamente, che i dispositivi di fissaggio siano serrati e che l'attrezzatura del cliente sia installata in modo sicuro secondo quanto indicato nella Sezione 3 — Installazione. Utilizzare il comando "bias" per riportare le letture a zero.
Sintomo: i valori iniziali di F/T F/T iniziali sono diversi da zero e non è applicato alcun carico.	Normale. Applicare una polarizzazione al sensore per riportare tutti i valori F/T a zero.
Sintomo: il sensore non fornisce dati F/T accurati.	Causa: il sensore potrebbe trovarsi in uno stato di errore. Soluzione: Controllare il codice di stato del sensore. Per informazioni su come leggere e interpretare il codice di stato, consultare il manuale di comunicazione appropriato collegato nella Tabella 2.1. Se non ci sono bit di errore attivi, proseguire con la ricerca dei guasti. Causa: il sensore non è installato correttamente o non è montato su una superficie piana e rigida. Soluzione: Verificare che il sensore sia installato correttamente secondo quanto indicato nella Sezione 3 — Installazione. Causa: Gli elementi di fissaggio non sono fissati correttamente. Soluzione: Verificare che gli elementi di fissaggio siano serrati secondo le procedure di installazione descritte nella Sezione 3.2 — Installazione del sensore. Se gli elementi di fissaggio sono forniti dal cliente, non utilizzare elementi troppo lunghi. Per la massima profondità di penetrazione dell'elemento di fissaggio nel sensore, fare riferimento al disegno del sensore. Nella scelta degli elementi di fissaggio: utilizzare viti o bulloni di alta qualità e ad alta resistenza e assicurarsi che il tipo di materiale, la testa e la classe dell'elemento di fissaggio siano adeguati all'applicazione. Causa: Accoppiamento meccanico — un oggetto esterno, come un utensile del cliente o un elemento di servizio, entra in contatto con la superficie del sensore tra il e quello dell'utensile. Soluzione: Rimuovere eventuali detriti tra il lato utensile e la piastra di interfaccia. Gestire correttamente cavi e tubi flessibili; non collegarli in modo troppo stretto tra il lato di

montaggio e il lato utensile del sensore.

Qualsiasi elemento che entri in contatto con superfici quali il foro passante nel sensore o le piastre di interfaccia su entrambi i lati del sensore induce un carico o un movimento che potrebbe causare dati F/T imprecisi.

Sintomo: I valori F/T non corrispondono ai valori previsti; ad esempio: i valori F/T sono variabili ma superiori a un carico applicato noto.

Causa: il sensore potrebbe trovarsi in una modalità in cui vengono riportati i dati di calibrazione anziché dati F/T.

Soluzione: I dati di calibrazione non presentano una correlazione 1:1 con i dati dell'asse F/T. Visualizzare i dati F/T anziché quelli di calibrazione; fare riferimento al manuale di comunicazione appropriato collegato nella [Tabella 2.1](#).

Causa: Il sensore emette dati in conteggi. L'utente deve convertire i conteggi in unità di calibrazione.

Soluzione: I conteggi devono essere divisi per i conteggi per forza (CpF) o per coppia (CpT) per convertirli in unità di calibrazione quali N e Nm.

Oltre a CpF e CpT, a seconda del protocollo di comunicazione, i valori possono essere ulteriormente scalati mediante un fattore di scala a 16 bit. I conteggi a 16 bit devono essere divisi per (CpF o CpT ÷ fattore di scala a 16 bit) per essere convertiti in unità di calibrazione.

Causa: se, una volta convertite in unità di calibrazione, le letture di F/T superano l'intervallo di calibrazione del sensore indicato [nella Sezione 7 — Specifiche](#), i valori riportati risultano imprecisi e il sensore potrebbe essere sovraccarico.

Soluzione: Controllare il codice di stato. Per informazioni su come leggere e interpretare il codice di stato del sensore, consultare il manuale di comunicazione appropriato collegato nella [Tabella 2.1](#).

Smontare il sensore. Metodi di montaggio non corretti possono causare carichi elevati sul sensore.

Se persistono errori quali “F/T fuori intervallo”, “Strumento fuori intervallo” o “Strumento guasto”, è probabile che il sensore sia danneggiato in modo permanente a causa di un sovraccarico

7. Specifiche

Alcuni requisiti e specifiche del sensore Sano74 sono trattati nelle sezioni seguenti. Per ulteriori informazioni, consultare il disegno fornito al cliente.

Tabella 7.1 — Specifiche del Sano74				
Parametro	Valore			
Peso ¹	0,2 kg			
Alimentazione	24 V (nominali) (da 12 V a 30 V)			
Temperatura di stoccaggio	da 0 a +85 °C			
Temperatura di esercizio	da 0 a +70 °C			
Umidità relativa	<95%, senza condensa			
Resistenza alle vibrazioni	Livelli fino a 20 G _{rms} per 20 minuti			
Taratura ²	SI-130-12			
Incertezza di misura	1,5% su qualsiasi asse di forza o coppia			
Vita a fatica (all'interno del campo di rilevamento)	10.000.000 di cicli completamente riservati			
Risoluzione	Fxy	Fz	Txy	Tz
	0,015 N	0,0325 N	0,000715 Nm	0,000525 Nm
Campo di rilevamento ²	130 N	400 N	12 Nm	
Campo esteso ³	130 N	400 N	20 Nm	
Sovraccarico su un singolo asse	1200 N	4100 N	67 Nm	69 Nm
Deriva dell'offset indotta dal calore ⁴	0,2 N/°C	0,6 N/°C	0,015 Nm/°C	
Note:				
1. Questo peso non include la piastra di copertura, che viene fornita montata sul sensore e rimossa prima dell'installazione.				
2. Il sensore F/T deve essere calibrato sui seguenti intervalli di rilevamento secondo la procedura di calibrazione standard di ATI.				
3. Il sensore F/T può funzionare in sicurezza all'interno dell'intervallo di rilevamento esteso per un massimo di 250.000 cicli.				
4. La deriva dell'offset non deve superare tali valori nell'intervallo di temperatura compreso tra +15 °C e +85 °C in caso di variazione della temperatura ambiente pari o superiore a 5 °C.				

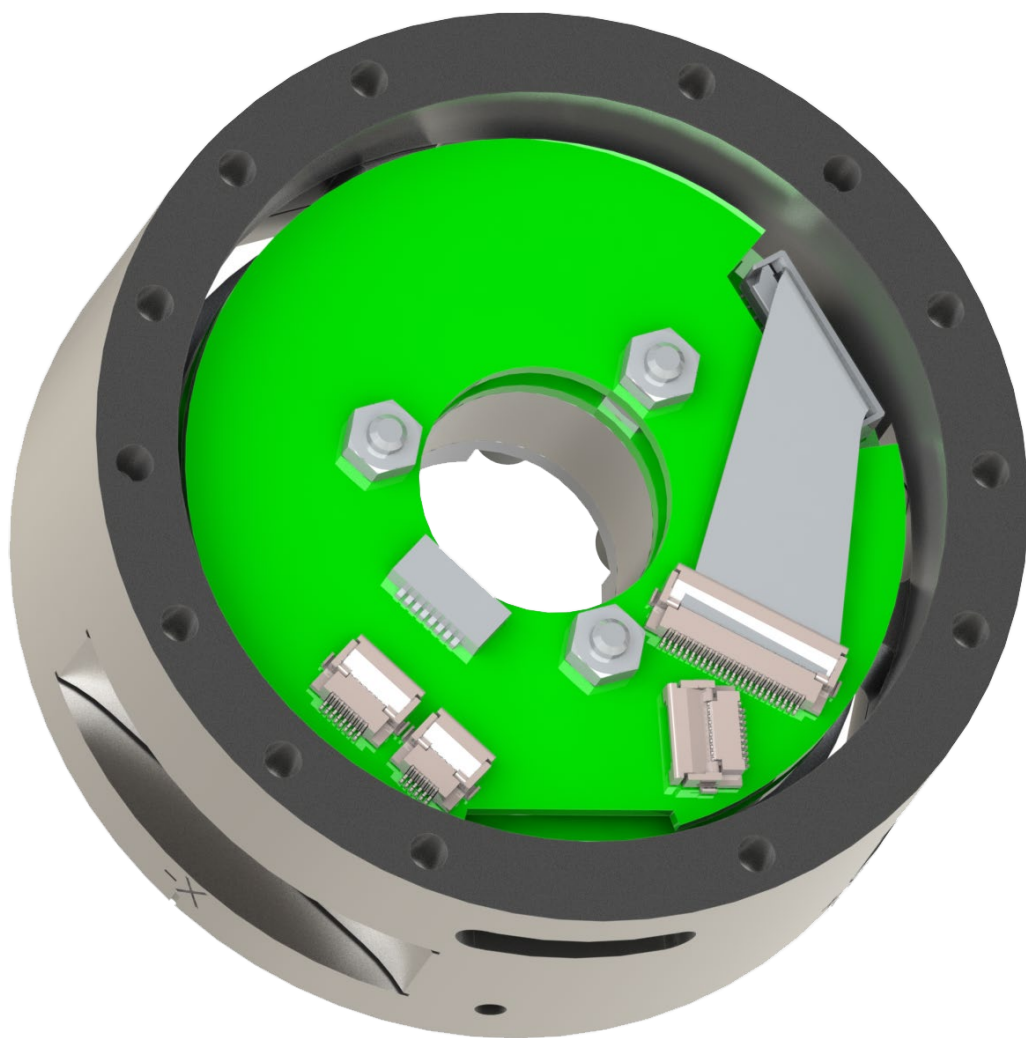
Tabella 7.2 — Specifiche dell'IMU				
Parametro	Valore			
Produttore dell'IMU e codice articolo	CEVA VNO085			
Intervallo dell'accelerometro	$\pm 16 \text{ g}$			
Sensore composito	Calibrazione	Misurazione	Parametro di prestazione	Valore
Vettore di rotazione	Nominale	Dinamico	Errore di rotazione	$3,5^\circ$
		Statico	Errore di rotazione	$2,0^\circ$
Vettore di rotazione di gioco	Nominale	Dinamico	Errore di rotta	$2,5^\circ$
		Statico	Errore di non allineamento	$1,5^\circ$
		Dinamico	Deriva di rotta	$0,5^\circ/\text{min}$
Vettore di rotazione geomagnetica	Nominale	Dinamico	Errore di rotazione	$4,5^\circ$
		Errore di rotazione	Errore di rotazione	$3,0^\circ$
Gravità	Nominale	Statico	Errore angolare	$1,5^\circ$
Accelerazione lineare	Nominale	Dinamica	Precisione	$0,35 \text{ m/s}^2$
Accelerometro	Nominale	Dinamica	Precisione	$0,3 \text{ m/s}^2$
Giroscopio	Nominale	Dinamica	Precisione	$3,1^\circ/\text{s}$
Magnetometro	A scelta	Dinamica	Precisione	$1,4 \text{ uT}$

8. Disegni

I disegni sono disponibili sul [sito web di ATI](#) o contattando un rappresentante ATI.



Manuale del sensore F/T EtherCAT3 Sano



Documento n.: 9620-05-C-EtherCAT3 Sano

Prodotti ingegnerizzati per la produttività robotica

Pinnacle Park • 1031 Goodworth Drive • Apex, NC 27539 USA • +1 919-772-0115 • www.ati.novanta.com

Prefazione

Le informazioni contenute nel presente documento sono di proprietà di ATI Industrial Automation, Inc. e non possono essere riprodotte, in tutto o in parte, senza previa autorizzazione scritta da parte di ATI Industrial Automation, Inc. Le informazioni qui riportate sono soggette a modifiche senza preavviso e non devono essere interpretate come un impegno da parte di ATI Industrial Automation, Inc. Il presente manuale viene periodicamente aggiornato per riflettere e incorporare le modifiche apportate al sistema F/T.

ATI Industrial Automation, Inc. non si assume alcuna responsabilità per eventuali errori o omissioni presenti in questo documento.

Copyright © (2026) di ATI Industrial Automation, Inc., Apex, Carolina del Nord, USA. Tutti i diritti riservati. Pubblicato negli Stati Uniti.

I sistemi di rilevamento della forza e della coppia ATI sono considerati componenti o semilavorati destinati all'uso in sistemi, dispositivi o prodotti finiti di dimensioni maggiori.

Considerando che i prodotti di ATI Industrial Automation, Inc. (ATI) sono destinati all'uso con macchine robotizzate e/o automatizzate, ATI sconsiglia l'uso dei propri prodotti in applicazioni in cui il guasto o il malfunzionamento di un componente o di un sistema ATI possa mettere a rischio la vita o comportare un rischio di lesioni. Chiunque utilizzi o incorpori componenti ATI all'interno di qualsiasi sistema potenzialmente pericoloso per la vita deve ottenere il previo consenso di ATI, previa garanzia fornita ad ATI che un malfunzionamento del componente ATI non costituisca una minaccia diretta o indiretta di lesioni o morte, e (anche qualora tale consenso venga concesso) dovrà manlevare ATI da qualsiasi reclamo, perdita, responsabilità e spese correlate derivanti da eventuali lesioni o decessi risultanti dall'uso dei componenti ATI.

Tutti i marchi appartengono ai rispettivi proprietari. EtherCAT® è un marchio registrato e una tecnologia brevettata, concessa in licenza da Beckhoff Automation GmbH, Germania.

Nota:

Si prega di leggere il manuale prima di contattare l'assistenza clienti e di tenere a portata di mano le seguenti informazioni:

1. Numero di serie, ad esempio: FT01234.
2. Modello, ad esempio: Sano74.
3. Calibrazione, ad esempio: SI-130-10.
4. Descrizione accurata e completa della domanda o del problema.
Per il codice di stato, fare riferimento alla [Sezione 5.2.8 — Oggetto 0x6010: Codice di stato](#).
5. Informazioni sul computer e sul software, ad esempio: sistema operativo, tipo di PC, driver e software applicativo.

Se possibile, trovarsi nelle vicinanze del sistema F/T al momento della chiamata.

Se necessario, contattare un rappresentante ATI per ricevere assistenza:

Vendita, assistenza e informazioni sui prodotti ATI:

ATI Industrial Automation, una società del gruppo [Novanta](#)

1031 Goodworth Drive

Apex, NC 27539 USA

Tel.: +1 919-772-0115 • Fax: +1 919-772-8259 • www.ati-ia.com

Ingegneria applicativa

E-mail: ft.support@novanta.com

Assistenza 24 ore su 24, 7 giorni su 7: +1 855 ATI-IA 00 (+1 855-284-4200)

Indice

Glossario	C-5
1. Sicurezza.....	C-7
1.1 Spiegazione delle notifiche	C-7
1.2 Linee guida generali sulla sicurezza	C-7
1.3 Precauzioni di sicurezza relative a	C-8
2.Panoramica del prodotto.....	C-9
3. Installazione	C-10
3.1 Assegnazione dei pin per il collegamento EtherCAT e di alimentazione	C-10
3.2 Stabilimento della comunicazione con il sensore EtherCAT Sano	C-12
3.3 Configurazione dell'interfaccia di comunicazione RS485	C-12
4. Funzionamento.....	C-15
4.1 Sequenza di autotest dei LED	C-15
4.2 Funzionamento normale dei LED	C-16
4.2.1 LED di stato	C-16
4.2.2 LED di funzionamento	C-16
4.2.3 LED L/A (Link/Activity) di EtherCAT: L/A 0 e L/A 1	C-16
4.3 Frequenza di campionamento F/T	C-17
4.3.1 Frequenza di campionamento rispetto alla velocità di trasmissione dati	C-17
4.4 Filtro passa-basso	C-17
5. Interfaccia bus EtherCAT	C-18
5.1 Interfaccia PDO	C-18
5.2 Oggetti del dizionario EtherCAT (dati SDO), specifici ATI	C-18
5.2.1 Oggetto 0x2020: Trasformazione utensile	C-19
5.2.2 Oggetto 0x2021: Calibrazione	C-19
5.2.3 Oggetto 0x2023: Console su EtherCAT	C-22
5.2.4 Oggetto 0x2060: Condizioni di monitoraggio	C-22
5.2.5 Oggetto 0x2080: Valori diagnostici	C-23
5.2.6 Oggetto 0x2090: Versione	C-24
5.2.7 Oggetto 0x6000: Dati di lettura	C-24
5.2.8 Oggetto 0x6010: Codice di stato	C-24
5.2.9 Oggetto 0x6020: Contatore campioni	C-24

5.2.10	Oggetto 0x6030: Dati del calibro	C-24
5.2.11	Oggetto 0x6050: Dati IMU	C-25
5.2.12	Procedura di verifica della precisione dell'IMU	C-25

5.2.13	Oggetto 0x7010: Codici di controllo	C-26
5.2.13.1	Accelerometro e giroscopio IMU	C-27
5.2.14	Oggetti di comunicazione EtherCAT	C-28
5.2.14.1	Oggetto 0x1000: Tipo di dispositivo	C-28
5.2.14.2	Oggetto 0x1008: Nome del dispositivo	C-28
5.2.14.3	Oggetto 0x1018: Identità	C-29
5.2.14.4	Oggetti EtherCAT non utilizzati	C-30
5.3	Conversione dei dati F/T da conteggi a unità	C-30
6.	Comandi da console tramite porta seriale	C-31
6.1	Riepilogo dei comandi	C-31
6.2	Operandi per il comando Query (C o S)	C-33
6.2.1	Conversione dei conteggi per forza/coppia in valori F/T con unità	C-34
6.3	Comando Set	C-35
6.4	Dati IMU	C-39
6.4.1	Configurazione dell'accelerometro e del giroscopio	C-39
6.4.2	Streaming dei dati IMU	C-39
6.4.3	Procedura di verifica della precisione dell'IMU	C-41
6.5	Intervallo di carico esteso	C-42
7.	Risoluzione dei problemi	C-43
7.1	Errori LED	C-43
7.2	Codice di stato	C-44
7.2.3.1	Codice di stato: Forza/coppia fuori intervallo	C-46
7.3	Linee guida di base per la risoluzione dei problemi	C-47
7.4	Riduzione del rumore	C-51
7.4.1	Vibrazioni meccaniche	C-51
7.4.2	Interferenze elettriche	C-51
8.	Specifiche	C-52
8.1	Specifiche elettriche dell'	C-52
9.	Termini e condizioni di vendita	C-53

Glossario

Termine	Definizione
Accelerometro	Dispositivo presente nei sensori Sano di ATI che misura l'accelerazione. I sensori Sano di ATI utilizzano un accelerometro MEMS (Micro Electronic Mechanical System).
ADC	Convertitore da analogico a digitale.
Bias	Il bias può anche essere definito come "azzeramento" o "tara" del sensore. Il bias è utile per eliminare gli effetti della gravità (peso dell'utensile) o di altre forze in azione. Quando si utilizza la funzione di bias, il software raccoglie i dati relativi alle forze e alle coppie che agiscono attualmente sul sensore e utilizza queste letture come riferimento per le . Da queste letture future verrà sottratto tale valore di riferimento prima della loro trasmissione.
BOOL	Un tipo di dati booleano che può assumere i valori TRUE o FALSE.
Calibrazione	Definisce un intervallo specifico di misurazione o rilevamento per un determinato sensore. La calibrazione è anche il processo di misurazione della risposta grezza di un trasduttore ai carichi e di creazione dei dati utilizzati per convertire tale risposta in forze e coppie.
CoE	CANopen over EtherCAT è il protocollo embedded preferito per la configurazione dei dispositivi EtherCAT. Viene utilizzato all'interno di SDO per codificare i dati di configurazione.
Carico complesso	Qualsiasi carico che non sia puramente su un unico asse. Il carico complesso può ridurre l'intervallo di misura su un determinato asse.
Sistema di coordinate	Vedi Punto di origine.
Velocità di trasmissione	Velocità con cui i dati possono essere trasmessi su una rete. Per ulteriori informazioni, consultare Sezione 4.3.1 — Frequenza di campionamento e velocità di trasmissione dati .
DINT	Intero doppio con segno (32 bit)
DPS	Gradi al secondo. È l'unità di misura utilizzata dal giroscopio dell'IMU.
EEPROM	Memoria di sola lettura programmabile e cancellabile elettricamente: un tipo di memoria non volatile integrata nell'elettronica del sensore.
EtherCAT	Un bus di campo per l'automazione industriale. Talvolta viene abbreviato in ECAT.
EtherCAT3 o ECAT3	Interfaccia di sistema EtherCAT di terza generazione di ATI per forza e coppia.
Forza	Una forza è un'azione di spinta o trazione esercitata su un oggetto causata dall'interazione con un altro oggetto. Forza = massa × accelerazione
FS	"Full-Scale" si riferisce ai limiti di un determinato intervallo di calibrazione o di rilevamento.
F/T	Forza/Coppia.
F_{xy}	Il vettore risultante delle forze composto dalle componenti F_x e F_y .
g	La forza G, o equivalente della forza gravitazionale, è una forza specifica per massa espressa in unità di gravità standard.
Giroscopio	Dispositivo presente nei sensori Sano di ATI che misura l'orientamento e la velocità angolare. I sensori Sano di ATI utilizzano un giroscopio MEMS (Micro Electronic Mechanical System).
Isteresi	Una fonte di errore di misurazione causata dagli effetti residui di carichi applicati in precedenza.
IMU	L'unità di misura inerziale (IMU) è un dispositivo che rileva l'accelerazione e la velocità angolare (dati giroscopici).
INT	Intero con segno (16 bit)

Piastra di interfaccia	Una piastra separata che consente di fissare il sensore a un'altra superficie. Le piastre di interfaccia vengono spesso utilizzate quando la disposizione dei fori sul sensore non corrisponde a quella del braccio robotico o dell'attrezzatura del cliente. La piastra di interfaccia presenta due disposizioni di fori, una su ciascun lato della piastra. Un lato è destinato al sensore, mentre l'altro è destinato al braccio robotico o all'attrezzatura del cliente.
ISR	Routine di servizio di interruzione

Termine	Definizione
Dispositivo master	Un dispositivo fornito dal cliente, come un personal computer, un robot o un (PLC), compatibile con una specifica interfaccia di comunicazione.
Incertezza di misura	Comunemente definita come “precisione”, l’“incertezza di misura” rappresenta l’errore massimo possibile tra il valore misurato e il carico reale. L’incertezza di misura è specificata come percentuale dell’intervallo di misura a fondo scala per un determinato modello di sensore e un determinato grado di calibrazione. Questo valore tiene conto di molteplici fonti di errore. Il certificato di calibrazione del sensore riporta la percentuale di incertezza di misura. Per ulteriori informazioni, consultare <i>la Sezione 2.2: Incertezza di misura</i> nel documento Domande frequenti (FAQ) disponibile all’indirizzo: https://www.ati-ia.com/library/documents/FT_FAQ.pdf .
Accoppiamento meccanico	Quando un oggetto esterno, come un utensile del cliente o un'attrezzatura ausiliaria, entra in contatto con la superficie del sensore tra il lato di montaggio e il lato dell'utensile.
N/A	Non applicabile
Sovraccarico	Condizione in cui al trasduttore viene applicato un carico superiore a quello che è in grado di misurare. Il sovraccarico provoca la saturazione.
PDO	Process Data Object, un protocollo per la lettura e la scrittura ciclica di informazioni di processo in tempo reale.
Codice articolo	Codice articolo
Punto di origine	Il punto sul sensore da cui vengono misurate tutte le forze e le coppie.
Ciclo di accensione	Quando un utente interrompe e poi ripristina l'alimentazione di un dispositivo.
Formato Q (numero)	Un metodo di codifica per i numeri frazionari. Questo formato viene utilizzato per l'output dei dati IMU.
Risoluzione	La variazione minima di carico che è possibile misurare. La risoluzione è solitamente molto inferiore alla precisione.
Frequenza di campionamento	La velocità con cui i dati analogici del trasduttore vengono convertiti in campioni digitali dall'ADC.
Saturazione	Condizione in cui il trasduttore o l'hardware di acquisizione dati rileva un carico o un segnale al di fuori del proprio intervallo di rilevamento.
SDO	Service Data Object, un protocollo per la lettura e la scrittura di informazioni di configurazione in modo aciclico.
Sensore	Componente che converte un carico rilevato in segnali elettrici.
Sistema di sensori (o di configurazione)	L'intero insieme costituito dal corpo del sensore e da un'interfaccia di sistema per convertire segnali di forza e coppia in un'interfaccia/protocollo di comunicazione specifico.
SINT	Intero breve con segno (8 bit)
Bit di stato	Un'unità di dati informatici inviata dal sensore ATI F/T.
STRING n	Stringa di n caratteri, che occupa n byte; ad esempio: String(8) è un tipo di dati costituito da caratteri che occupa 8 byte.
Coppia	L'applicazione di una forza tramite una leva o un braccio di leva che induce un oggetto a ruotare. Ad esempio, un utente applica una coppia a una vite per farla ruotare. Coppia = forza $\times$ lunghezza del braccio di leva
T _{xy}	Il vettore di coppia risultante composto dalle componenti T _x e T _y .
UDINT	Un tipo di dati a (32) bit che rappresenta un numero intero senza segno.
UINT n	Un tipo di dati a (n) bit che rappresenta un numero intero senza segno, dove n è il numero di bit.

USINT	Un tipo di dati a (8) bit che rappresenta un numero intero senza segno.
-------	---

1. Sicurezza

La sezione dedicata alla sicurezza descrive le linee guida generali di sicurezza da seguire con questo prodotto, le spiegazioni delle notifiche presenti in questo manuale e le precauzioni di sicurezza applicabili al prodotto. Le notifiche specifiche del prodotto sono inserite nelle sezioni di questo manuale (ove applicabili).

1.1 Spiegazione delle avvertenze

Queste avvertenze sono presenti in tutti i manuali ATI e non sono specifiche di questo prodotto. L'utente deve prestare attenzione a tutte le avvertenze fornite dal produttore del robot e/o dai produttori di altri componenti utilizzati nell'installazione.



PERICOLO: Avviso contenente informazioni o istruzioni la cui mancata osservanza comporterà la morte o lesioni gravi. L'avviso fornisce informazioni sulla natura della situazione di pericolo, sulle conseguenze della mancata prevenzione del pericolo e sul metodo per evitare la situazione.



AVVISO: Avviso contenente informazioni o istruzioni che, se non seguite, potrebbero causare la morte o lesioni gravi. L'avviso fornisce informazioni sulla natura della situazione di pericolo, sulle conseguenze del mancato superamento del pericolo e sul metodo per evitare la situazione.



ATTENZIONE: Avviso relativo a informazioni o istruzioni che, se non seguite, potrebbero causare lesioni moderate o danni alle attrezzature. L'avviso fornisce informazioni sulla natura della situazione di pericolo, sulle conseguenze del mancato superamento del pericolo e sul metodo per evitare la situazione.

AVVISO: Avviso relativo a informazioni o istruzioni specifiche sulla manutenzione, il funzionamento, l'installazione o la configurazione del prodotto che, se non seguite, potrebbero causare danni alle apparecchiature. L'avviso può sottolineare, a titolo esemplificativo ma non esaustivo: tipi specifici di grasso, migliori pratiche operative e consigli di manutenzione.

1.2 Linee guida generali di sicurezza

Il cliente deve verificare che il sensore selezionato sia omologato per i carichi e le coppie massimi previsti durante il funzionamento. Poiché le forze statiche sono inferiori alle forze dinamiche derivanti dall'accelerazione o dalla decelerazione del robot, prestare attenzione ai carichi dinamici causati dal robot.

1.3 Precauzioni di sicurezza



ATTENZIONE: La modifica o lo smontaggio del sensore potrebbero causare danni e invalidare la garanzia.



ATTENZIONE: L'inserimento di oggetti nelle aperture del sensore provoca danni alla strumentazione. Evitare di introdurre oggetti nelle aperture del sensore.



ATTENZIONE: Non sovraccaricare il sensore. Il superamento dei valori di sovraccarico su un singolo asse del sensore provoca danni irreparabili.



ATTENZIONE: Durante il trasporto, il sensore deve essere protetto da urti e sollecitazioni che superino i limiti nominali, poiché tali impatti possono comprometterne le prestazioni. Per ulteriori informazioni sui limiti nominali, consultare il manuale.

2. Panoramica del prodotto

Il sensore di forza/coppia (F/T) EtherCAT3 Sano è destinato all'uso con la robotica chirurgica ed è ideale per applicazioni ortopediche quali la navigazione robotica guidata manualmente e il taglio o la foratura a controllo di forza. Il sensore Sano misura sei componenti di forza e coppia ($F_x \setminus F_y \setminus F_z \setminus T_x \setminus T_y \setminus T_z$). Un'unità di misura inerziale (IMU) integrata fornisce misurazioni triassiali di accelerazione e velocità angolare. I dispositivi dei clienti possono ricevere i dati F/T e IMU tramite il bus di campo EtherCAT (fare riferimento alla [Sezione 5 — Interfaccia bus EtherCAT](#)). Per utilizzare EtherCAT, l'utente necessita di un'interfaccia software e un dispositivo, come un personal computer, un robot o un PLC, compatibile con EtherCAT. Gratuito,

Per gli utenti che utilizzano il sistema operativo Windows[®] è disponibile online software scaricabile come TwinCAT[®].

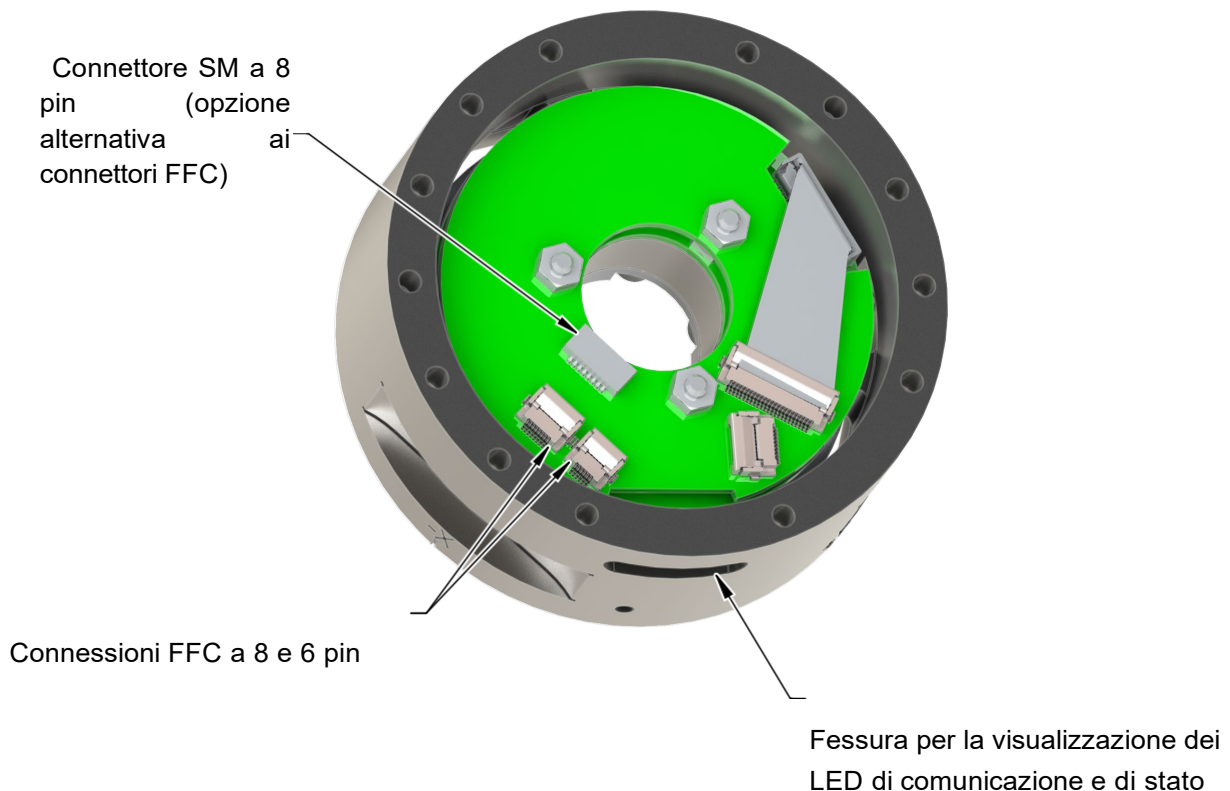
I clienti possono utilizzare i (2) connettori Flat Flex Cable (FFC) oppure il connettore singolo wire-to-wire (SM). Il sensore Sano è dotato di porte di alimentazione passante e EtherCAT, in modo che i dispositivi di rete possano essere configurati in configurazione a catena.

Il presente manuale tratta i seguenti argomenti:

- Specifiche elettriche e informazioni sulla piedinatura dei connettori
- Funzionamento (LED, frequenze di filtraggio e frequenze di campionamento)
- Oggetti del dizionario EtherCAT

Per ulteriori informazioni sui sensori, quali l'installazione su un robot, il funzionamento e la risoluzione generale dei problemi, consultare manuale [9620-05-B-Sano74](#).

Figura 2.1 — Sensore F/T Sano74



3. Installazione

Le istruzioni specifiche per il montaggio del sensore Sano74 nell'applicazione del cliente sono riportate nel manuale [9620-05-B-Sano74](#).



AVVERTENZA: l'esecuzione di interventi di manutenzione o riparazione sul sensore quando i circuiti (ad esempio: alimentazione, acqua e aria) sono sotto tensione potrebbe causare la morte o gravi lesioni. Scaricare e verificare che tutti i circuiti sotto tensione siano diseccitati in conformità con le procedure e le politiche di sicurezza del cliente.



ATTENZIONE: Garantire una protezione sufficiente contro le sovratensioni per evitare danni al sensore. Il cliente non deve esporre il sensore a tensioni ESD al di fuori dell'intervallo di ± 8 kV.



ATTENZIONE: Per evitare interferenze elettriche con le apparecchiature vicine, ridurre al minimo la distanza dal sensore al sistema host in cui viene eseguito il filtraggio EMC.



ATTENZIONE: Evitare di danneggiare il sensore a causa di scariche elettrostatiche. Assicurarsi di seguire le corrette procedure di messa a terra durante la manipolazione del sensore o dei cavi ad esso collegati. La mancata osservanza delle corrette procedure di



ATTENZIONE: La modifica o lo smontaggio del sensore potrebbero causare danni e invalidare la garanzia. Utilizzare la configurazione dei bulloni di montaggio in dotazione e quella fornita con l'utensile per il montaggio laterale per fissare il sensore al robot e l'attrezzatura del cliente al sensore (fare riferimento al disegno del cliente).



ATTENZIONE: Evitare di danneggiare il sensore a causa di scariche elettrostatiche. Assicurarsi di seguire le corrette procedure di messa a terra durante la manipolazione del sensore o dei cavi ad esso collegati. La mancata osservanza delle corrette procedure di

3.1 Assegnazione dei pin per il collegamento EtherCAT e di alimentazione



ATTENZIONE: Assicurarsi che la schermatura del cavo sia correttamente collegata a terra. Una schermatura non corretta dei cavi può causare errori di comunicazione e il malfunzionamento dei sensori

La piedinatura e la descrizione dei collegamenti sono riportate nella sezione seguente. Il sensore richiede la seguente alimentazione:

Tabella 3.1 — Alimentazione ¹			
Fonte di alimentazione	Tensione		
	Minima	Nominale	Massima
Alimentazione CC	12 V	24 V	30 V
Note: 1. L'ingresso dell'alimentatore è protetto contro l'inversione di polarità. Se l'alimentazione e la massa agli ingressi dell'alimentatore vengono collegate al contrario, la protezione contro l'inversione di polarità impedisce che l'ingresso dell'alimentatore collegato in modo errato danneggi o accenda il sensore.			

I clienti possono utilizzare i (2) connettori FFC oppure il singolo connettore SM. I segnali e i corrispondenti numeri dei pin sono elencati nella tabella seguente.

Figura 3.1 — Connettori del sensore Sano74

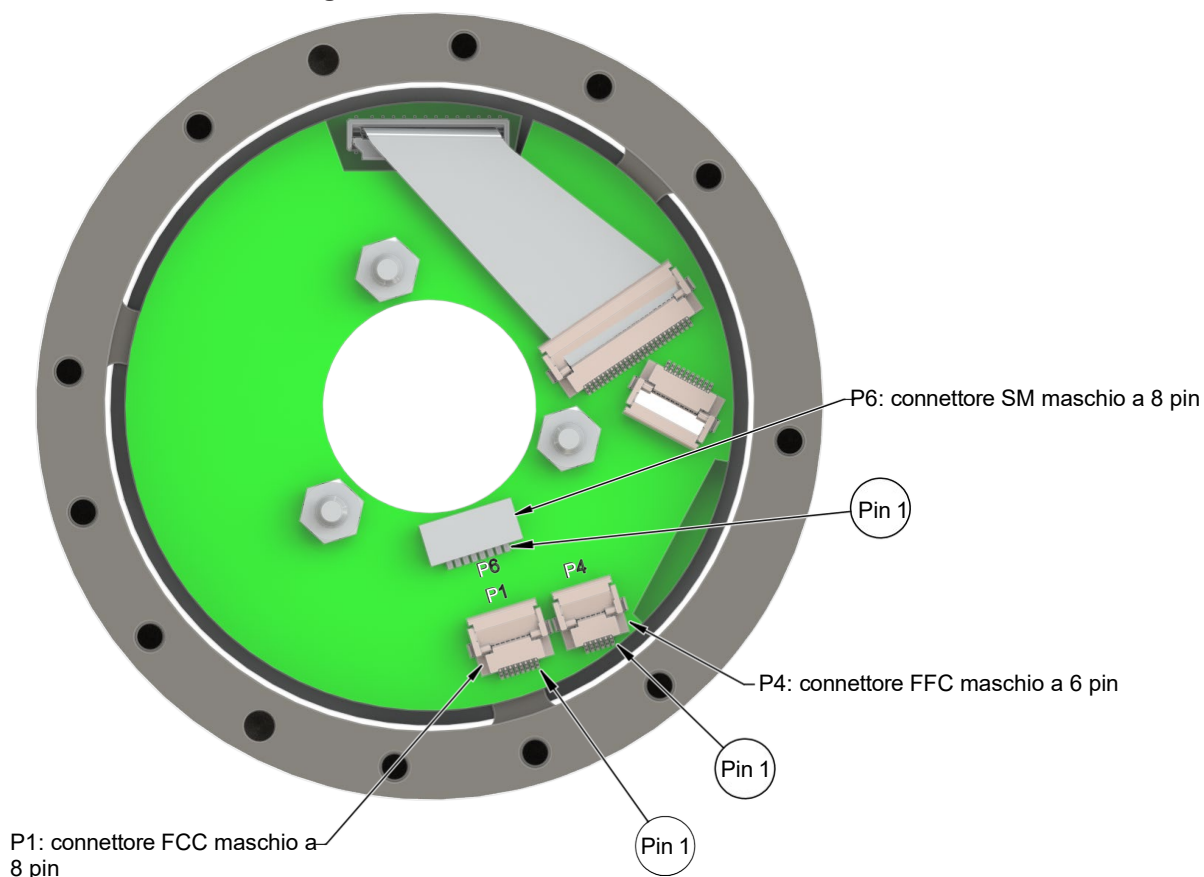


Tabella 3.2 — Configurazione dei pin e segnali dei connettori

P1: connettore FFC maschio a 8 pin		P4: connettore FFC maschio a 6 pin		P6: Connettore SM maschio a 8 pin	
Numero pin	Segnale	Numero pin	Segnale	Codice PIN	Segnale
1	SL0_VP	1	SL0_VP_Fused	1	SL0_VP
2	RS485 +	2	TX1 +	2	RS485 +
3	RS485 -	3	TX1 -	3	RS485 -
4	TX0 +	4	RX1 +	4	TX0 +
5	TX0 -	5	RX1 -	5	TX0 -
6	RX0 +	6	SL0_Massa	6	RX0 +
7	RX0 -	N/A	N/A	7	RX0 -
8	SL0_Terra	N/A	N/A	8	SL0_Massa

3.2 Stabilire la comunicazione con il sensore EtherCAT Sano

I passaggi seguenti guidano l'utente nell'inizializzazione della comunicazione tra il sensore EtherCAT Sano e il dispositivo master EtherCAT del cliente. Fare sempre riferimento al manuale del software del dispositivo master EtherCAT per le istruzioni più adatte all'applicazione. Se si utilizza un PC, assicurarsi che la scheda di rete del PC sia compatibile con la comunicazione EtherCAT tramite il software del master EtherCAT del cliente.

1. Collegare il sensore ai cavi EtherCAT e di alimentazione (fare riferimento alla [Sezione 3.1 — Assegnazione dei pin per il collegamento EtherCAT e di alimentazione](#) e al manuale 9620-05-B-Sano74).
2. Importare il file **ECAT3 Sano ESI (codice ATI 9031-05-1100)** disponibile sul sito web di ATI.
 - Le procedure specifiche per importare il file ESI variano a seconda dei diversi software e hardware master EtherCAT a disposizione del cliente.
3. Configurare il dispositivo master EtherCAT per la comunicazione con il sensore EtherCAT.
4. Nel software del master EtherCAT, leggere i dati di calibrazione all'avvio del sistema utilizzando una lettura SDO dell'oggetto 0x2021, l'oggetto di calibrazione (fare riferimento alla [Sezione 5.2.2 — Oggetto 0x2021: Calibrazione](#)).

3.3 Configurazione dell'interfaccia di comunicazione RS485

Il sensore RS485 Sano è un dispositivo seriale che viene utilizzato a livello di programmazione con l'applicazione dell'utente.

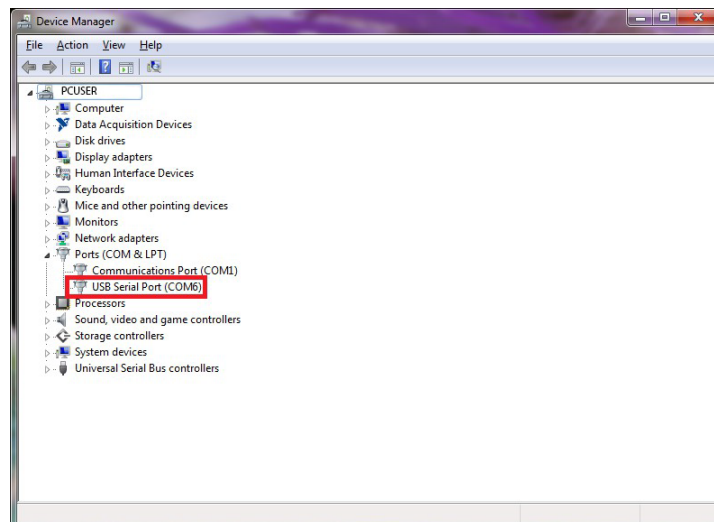
Quando il sensore viene collegato tramite cavo al dispositivo del cliente, ad esempio un personal computer o un robot, il computer assegna al sensore una porta COM. A quel punto, utilizzando una console sul computer, l'utente può comunicare con il sensore. Online sono disponibili software gratuiti per console, come PuTTY. I comandi sono descritti nella [Sezione 5 — Comandi seriali](#).

Per ulteriori istruzioni sulla configurazione di una console come PuTTY, fare riferimento alla seguente procedura:

1. Se il dispositivo dell'utente non dispone di una porta seriale RS485, utilizzare un dispositivo seriale di terze parti per aggiungere la porta.
2. Collegare il cavo RS485 dalla configurazione del sensore alla porta seriale RS485.
3. Individuare la porta COM assegnata al dispositivo sensore Sano. Ciò può essere effettuato tramite Gestione dispositivi.

AVVISO: Il nome del dispositivo può variare a seconda del nome della porta RS485 del PC o del nome del dispositivo RS485 di terze parti.

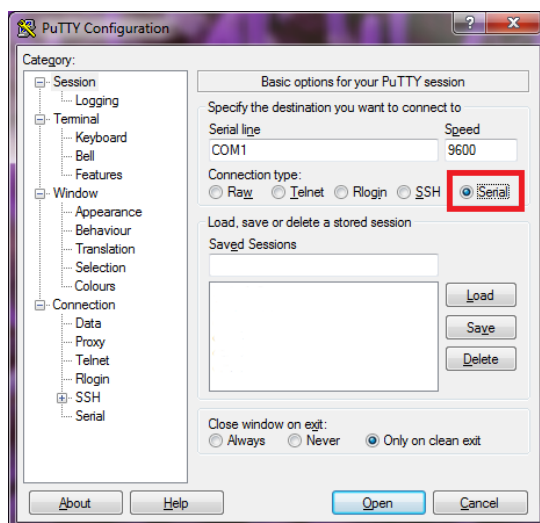
Figura 3.2 — Gestione dispositivi, Assegnazione delle porte



4. Aprire la console, ad esempio: PuTTY. Si aprirà una finestra che consente all'utente di impostare la configurazione per la sessione.

5. Impostare la configurazione:
- Nella sezione "**Tipo di connessione**": selezionare il pulsante di opzione "**Seriale**".

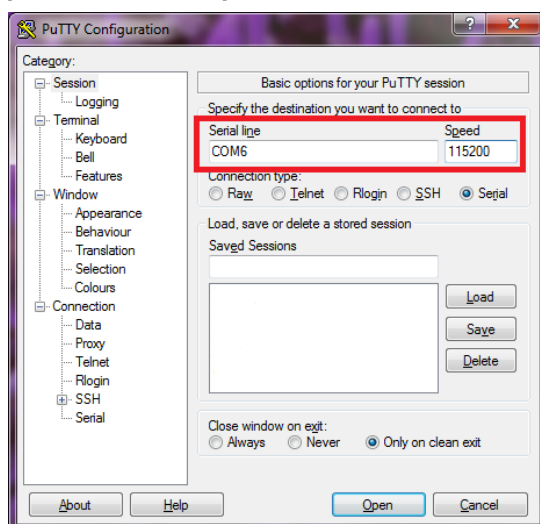
Figura 3.3 — Impostazione del tipo di connessione su "Seriale"



- Nel campo **Linea seriale**, inserire la porta COM assegnata al punto 3.
- Nel campo **Velocità**, inserire la velocità di trasmissione predefinita di 115200 o quella impostata dall'utente sul sensore RS485 Sano: fare riferimento alla [Sezione 5.3 — Operandi CAL o SET](#).

AVVISO: se la velocità di trasmissione impostata nella configurazione della console non corrisponde a quella impostata sul sensore RS485 Sano, la finestra del terminale della console si aprirà ma non sarà possibile inviare comandi. La velocità di

Figura 3.4 — Impostazione della porta COM e della velocità di trasmissione

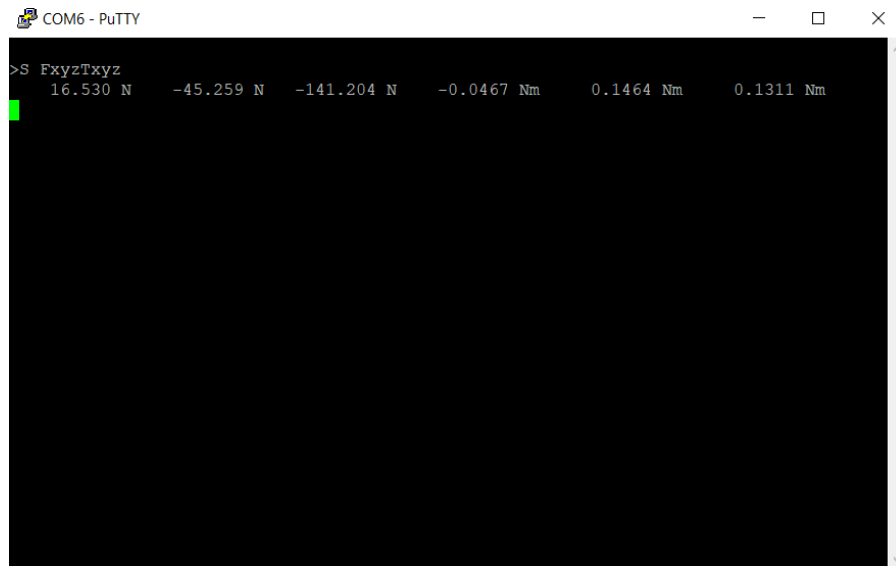


- Selezionare **Apri**.

- e. Una volta aperta la finestra del terminale, l'utente può iniziare a digitare i comandi.
- f. Dopo aver digitato un comando seriale nella console, premere il tasto (Invio) per inviare il comando.

NOTA: I comandi immessi non distinguono tra maiuscole e minuscole.

Figura 3.5 — Finestra del terminale PuTTY



4. Funzionamento

Per informazioni generali sul funzionamento del sensore, consultare anche il manuale [9620-05-B-Sano74](#).

4.1 Sequenza di autotest dei LED

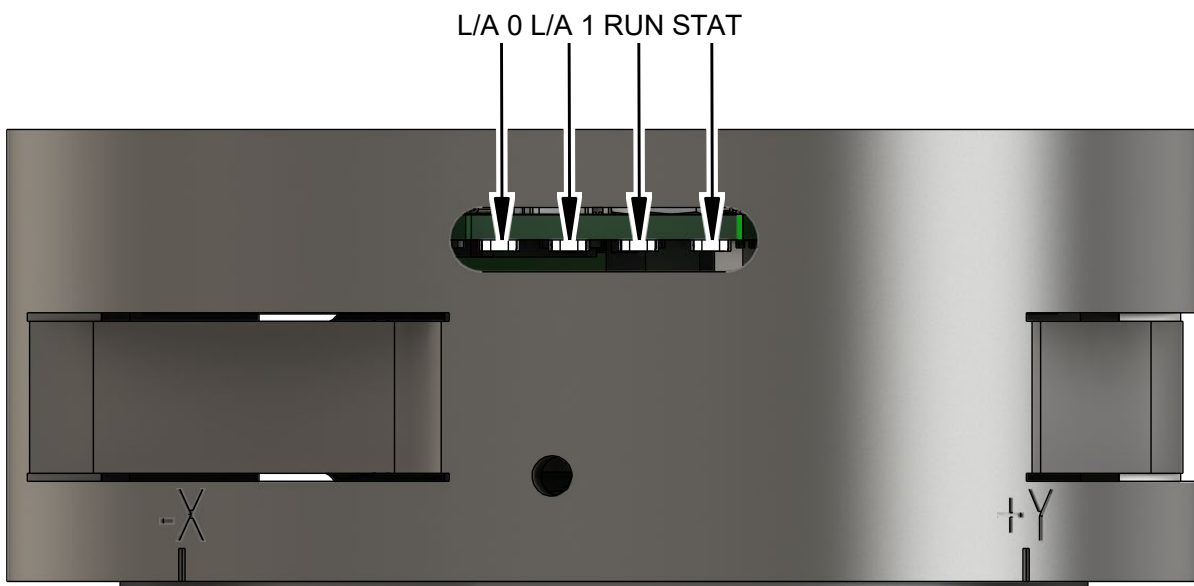
Il sensore EtherCAT Sano dispone di quattro LED:

- (2) Collegamento/Attività EtherCAT (L/A): L/A 0 e L/A 1
- (1) Funzionamento
- (1) Stato

Quando l'utente applica l'alimentazione, il sensore esegue un autotest, durante il quale i LED, sotto il controllo del firmware si accendono uno alla volta.

Tabella 4.1 — Sequenza di autotest dei LED			
Ordine della sequenza	LED	Colore	Durata
0	Tutto	All'accensione, è possibile che si verifichi un'attività transitoria della durata di pochi millisecondi.	
1	Tutto	Spento	Per ogni fase della sequenza, il colore del LED rimane visibile per circa un secondo.
2	L/A 0	Verde	
3	L/A 1	Verde	
4	Corsa	Rosso	
5	Stato	Rosso	
6	Stato	Verde	
7	Stato	Blu	
8	Tutti	Spento	

Figura 4.1 — LED sul sensore



4.2 LED Funzionamento normale

4.2.1 LED di stato

Un LED segnala lo stato di integrità del sensore come segue:

Tabella 4.2 — LED di stato		
Colore del LED	Stato	Descrizione
Spento	Nessuna alimentazione	Il sensore non è alimentato.
Verde	Funzionamento normale	L'elettronica del sensore è in funzione e comunica correttamente.
Arancione ¹	F/T fuori intervallo	Le forze e le coppie applicate al sensore superano i valori indicati nel manuale del modello 9620-05-B-Sano74 .
Rosso lampeggiante veloce	Errore di comunicazione	Il sensore non è in grado di trasmettere dati tramite il protocollo di comunicazione.
Lampeggiante rosso lento	Errore di calibrazione	La calibrazione non è stata salvata nella EEPROM.
Rosso fisso	Errore codice di stato	Per ulteriori informazioni sulla serie di errori, consultare la Tabella 7.2 .
Nota:		
1. L'arancione si accende quando sono accesi sia il LED verde che quello rosso.		

4.2.2 LED di funzionamento

Un LED indica lo stato di funzionamento di EtherCAT come segue:

Tabella 4.3 — LED di funzionamento		
Colore del LED	Stato	Descrizione
Spento	Assenza di alimentazione	Il sensore non è alimentato oppure è in modalità solo seriale.
Verde lampeggiante	Pre-operativo	Definito nello standard di comunicazione/protocollo stabilito da EtherCAT®Technology Group.
Lampeggio singolo o verde	Operativo in sicurezza	
Verde acceso	Operativo	
Rosso	Errore	Indica la presenza di un errore segnalato dal sensore. Rimane rosso per cinque secondi dopo ogni errore.

4.2.3 LED EtherCAT L/A (Link/Attività): L/A 0 e L/A 1

Due LED indicano lo stato di comunicazione di ciascuna porta EtherCAT come segue:

Tabella 4.4 — L/A 0 e L/A 1	
-----------------------------	--

Colore del LED	Stato	Descrizione
Spento	Assenza di alimentazione o di attività di collegamento	Non si è verificata alcuna attività di collegamento negli ultimi 5 secondi oppure il sensore non è alimentato.
Verde	Attività di collegamento	Rimane verde per cinque secondi dopo l'attività di collegamento. LA0 si illumina in presenza di qualsiasi attività sul collegamento ECAT 0 o di qualsiasi attività della console in modalità solo seriale. LA1 si illumina in presenza di qualsiasi attività sul collegamento ECAT 1.

4.3 Frequenza di campionamento F/T

L'utente può impostare la frequenza di campionamento per controllare la velocità con cui l'ADC campiona i dati del trasduttore all'interno del sensore.

Le frequenze di campionamento arrotondate ed esatte sono riportate nella tabella seguente.

Tabella 4.5 — Frequenza di campionamento					
Frequenza di campionamento arrotondata	0,5 kHz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz
Frequenza di campionamento esatta	488 Hz	976 Hz	1953 Hz	3906 Hz	7812 Hz

4.3.1 Frequenza di campionamento e velocità di trasmissione dati

La frequenza di campionamento indica la velocità con cui i dati analogici dei sensori vengono convertiti in campioni digitali dall'ADC. Analogamente, la velocità di trasmissione dati indica la velocità con cui i dati F/T e IMU possono essere trasmessi sulla rete.

A volte la velocità di trasmissione dei dati può essere definita come velocità di comunicazione o velocità di comunicazione dati di rete; ad esempio, TwinCAT la indica come tempo di ciclo.

AVVISO: I dati dell'IMU possono essere trasmessi a una velocità massima di 400 Hz. Se la velocità di trasmissione complessiva dei dati è superiore a 400 Hz, il sensore riporta lo stesso campione IMU per diversi pacchetti di dati consecutivi.

Se la velocità di trasmissione dati è superiore alla frequenza di campionamento, il cliente vedrà campioni duplicati in uscita sulla rete fino a quando non verrà letto internamente il campione successivo. Una velocità di trasmissione dati più elevata potrebbe essere utile affinché il sensore invii i dati alla stessa frequenza con cui gli altri dispositivi nel sistema del cliente stanno trasmettendo i propri dati. Ad esempio: se un dispositivo I/O discreto sulla stessa rete del sensore Sano sta trasmettendo dati a 7.000 Hz, il cliente potrebbe volere che anche il sensore Sano trasmetta dati alla rete a 7.000 Hz, anche se il sensore non sta necessariamente campionando internamente a quella frequenza.

Se la frequenza di campionamento è superiore alla velocità di trasmissione dei dati, il cliente non riceve i dati relativi a ogni singolo campionamento interno attraverso la rete. Tuttavia, eventuali filtri abilitati funzionano in base alla frequenza di campionamento interna più elevata; pertanto, il sensore filtra le fonti di rumore a frequenze più alte rispetto a quanto avverrebbe se il filtro operasse a una velocità di trasmissione dei dati inferiore.

4.4 Filtro passa-basso

All'accensione, l'impostazione predefinita è "nessun filtraggio". Gli utenti possono configurare le impostazioni del filtro per ridurre il rumore del segnale. Nella tabella seguente è riportata una frequenza di taglio normalizzata (a una frequenza di campionamento di 1 Hz) per un coefficiente di filtro. Il tempo di salita indica il tempo impiegato dal sistema, a un dato coefficiente di filtro, per emettere il 90% del campione finale.

Tabella 4.6 — Filtraggio passa-basso		
Coefficiente di filtro	Frequenza di taglio (percentuale della frequenza di campionamento dell'ADC)	Tempo di salita (campioni)
0	nessuno	1
1	11,97%	3
2	4,66%	8
3	2,17%	16

4	1,04%	34
5	0,51%	69
6	0,26%	140
7	0,12%	280
8	0,07%	561

5. Interfaccia bus EtherCAT

L'interfaccia bus EtherCAT consente agli utenti di eseguire le seguenti operazioni:

- Leggere le informazioni di calibrazione attive e il numero di serie
- Leggere la versione del firmware
- Leggere i dati F/T e IMU
- Leggere i dati degli estensimetri e le informazioni di stato
- Impostare la frequenza di taglio del filtro passa-basso
- Applicare la polarizzazione al sensore
- Modificare la frequenza di campionamento
- Monitorare lo stato di salute del sensore

5.1 Interfaccia PDO

L'interfaccia PDO scambia dati in tempo reale con il sensore F/T.

- a. Mappa TxPDO / Dati di uscita
Il TxPDO combina *l'oggetto 0x6000: Lettura dati*, *l'oggetto 0x6010: Codice di stato*, *l'oggetto 0x6020: Contatore campioni* e *l'oggetto 0x6050: Dati IMU*.
- b. Mappa RxPDO / Dati in ingresso
La mappa RxPDO è costituita *dall'oggetto 0x7010: Codici di controllo*.

5.2 Oggetti del dizionario EtherCAT (dati SDO), specifici per ATI

I dati SDO configurano il sensore e leggono i dati di produzione e calibrazione. Questa sezione elenca gli oggetti del dizionario specifici per il sensore EtherCAT F/T e alcuni oggetti che costituiscono una parte obbligatoria dello standard definito dall'EtherCAT®Technology Group. Gli oggetti del dizionario (trattati in questa sezione) sono disponibili nel file ECAT Sano ESI (codice ATI 9031-05-1100), scaricabile dalla pagina web di ATI: https://www.ati-ia.com/Products/ft/software/Sano74_software.aspx.

Durante l'utilizzo di alcuni oggetti dizionario, l'utente potrebbe dover convertire un codice da esadecimale a binario (vedere *la Sezione 5.2.14 — Come interpretare l'output esadecimale*).

5.2.1 Oggetto 0x2020: Trasformazione degli strumenti

Questo oggetto scrivibile contiene i seguenti campi interi a 32 bit con segno:

Tabella 5.1 — Indice oggetto (esadecimale) 0x2020: Trasformazione strumento					
Sottoindic e	Nome	Tipo	Descrizione		
0x01	Dx	STRINGA(16)	Lo spostamento lungo l'asse x, in unità di 0,01 unità di lunghezza di calibrazione. Ad esempio, se la componente di distanza della coppia è espressa in metri, un valore Dx pari a 100 corrisponde a 1 metro.		
0x02	Dy		Lo spostamento lungo l'asse y, in unità di 0,01 unità di lunghezza di calibrazione.		
0x03	Dz		Lo spostamento lungo l'asse z, in unità di 0,01 unità di lunghezza di calibrazione.		
0x04	Rx		La rotazione attorno all'asse X, in unità di 0,1 gradi; ad esempio, un valore Rx pari a 900 corrisponde a 90 gradi.		
0x05	Ry		La rotazione attorno all'asse Y, in unità di 0,1 gradi.		
0x06	Rz		La rotazione attorno all'asse Z, in unità di 0,1 gradi.		
0x07	ttDistUnits	USINT	Valore	Unità	
			0	in	
			1	ft	
			2	mm	
			3	cm	
			4	m	
0x08	ttAngUnits		Valore	Unità	
			0	gradi	
			1	radianti	
0x09	Conferma			Da utilizzare per inviare il comando.	

5.2.2 Oggetto 0x2021: Calibrazione

Questo oggetto di sola lettura contiene informazioni sulla calibrazione attualmente attiva selezionata dal campo “Selezione calibrazione” nella [Sezione 5.2.13 — Oggetto 0x7010: Codici di controllo](#). Questo oggetto contiene i seguenti campi:

Tabella 5.2 — Indice oggetto (esadecimale) 0x2021: Calibrazione				
Sottoindice	Nome	Tipo	Descrizione	
1.	01	FT Seriale	STRING(8)	Il numero di serie F/T, ad es. “FT01234”. ¹

Note:

1. Questo campo identifica un singolo sensore. Un sensore può avere più di un numero di serie di calibrazione FTxxxxx; ogni numero di serie di calibrazione F/T identifica una calibrazione distinta. Non esistono due sensori con lo stesso numero di serie di calibrazione F/T.
2. Questo campo identifica la calibrazione. Per gli intervalli di rilevamento, fare riferimento al manuale [9620-05-B-Sano74](#).
3. All'accensione, il sensore registra i valori di picco rilevati su ogni singolo asse. Se il sensore rileva valori di picco massimi superiori ai valori predefiniti di fabbrica ATI, significa che il sensore è stato sottoposto a un carico superiore all'intervallo di rilevamento calibrato previsto.

Tabella 5.2 — Indice oggetto (esadecimale) 0x2021: Calibrazione					
Sottoindice		Nome	Tipo	Descrizione	
2.	02	Codice articolo di calibrazione	STRING(30)	Il codice articolo di calibrazione ad es. "SI-130-13.4". ²	
3.	03	Famiglia di calibrazione	STRING(8)	Visualizza sempre "ECAT".	
4.	04	Tempo di calibrazione	STRING(30)	La data in cui il sensore è stato calibrato.	
Da 5 a 40.	da 05 a 28	Riservato	Riservato		
41	29	Unità delle forze armate	USINT	Valore	Unità
				0	Lbf
				1	N
				2	Klbf
				3	kN
				4	kg
42.	2A	Unità di coppia	USINT	Valore	Unità
				0	lbf-in
				1	lbf-ft
				2	Nm
				3	Nmm
				4	kgf-cm
				5	kNm
43.	2B	Numero massimo di Fx	DINT	Il valore nominale massimo per questo asse, espresso in conteggi.	
44.	2C	Conteggi massimi Fy			
45.	2D	Numero massimo di Fz			
46.	2E	Numero massimo di trasmissioni			
47.	2F	Numero massimo di tipi			
48.	30	Numero massimo di Tz			
49.	31	Conteggi per forza	DINT	I conteggi di calibrazione per unità di forza.	
50.	32	Conteggi per coppia	DINT	La calibrazione si esprime in conteggi per unità di coppia.	
51. a 66.	da 33 a 42	Riservato	Riservato		
Note:					
1. Questo campo identifica un singolo sensore. Un sensore può avere più di un numero di serie di calibrazione FTxxxxx; ogni numero di serie di calibrazione F/T identifica una calibrazione distinta. Non esistono due sensori che condividano lo stesso numero di serie di calibrazione F/T.					
2. Questo campo identifica la calibrazione. Per i campi di rilevamento, consultare il manuale 9620-05-B-Sano74 .					
3. All'accensione, il sensore registra i valori di picco rilevati su ogni singolo asse. Se il sensore rileva valori di picco massimi superiori ai valori predefiniti di fabbrica ATI, significa che il sensore è stato caricato oltre il campo di rilevamento calibrato previsto.					

Tabella 5.2— Indice oggetto (esadecimale) 0x2021: Sottindice di calibrazione				
Sottoindice		Nome	Tipo	Descrizione
67.	43	PeakLoadsPosFx ³	DINT	Carichi di picco ³ Positivi. Numero di picchi di carico F/T positivi di tutti i tempi.
68.	44	Carichi di picco positivi ³		
69.	45	Carichi di picco PosFz ³		
70.	46	Carichi di picco PosTx ³		
71.	47	Carichi di picco PosTy ³		
72.	48	Carichi di picco PosTz ³		
73.	49	Carichi di picco con effetto negativo ³	DINT	Carichi di picco ³ Negativi. Carichi di picco negativi F/T di tutti i tempi, in numero.
74.	4A	Carichi di picco negativi Fy ³		
75.	4B	Carichi di picco NegFz ³		
76.	4C	Carichi di picco negativi Tx ³		
77.	4D	Carichi di picco NegTy ³		
78.	4E	Carichi di picco negativi Tz ³		
da 79 a 106.	da 4F a 6A	Riservato		
107	6B	Numero massimo di Fx ER	UINT32	Valore a intervallo esteso per Fx in conteggi FT
108	6C	Conteggi massimi di Fy ER		Valore dell'intervallo esteso per Fy in conteggi FT
109	6D	Valore di intervallo esteso per Fz in conteggi FT		Valore a intervallo esteso per Fz in conteggi FT
110	6E	Conteggi massimi di Tx ER		Valore di intervallo esteso per Tx in conteggi FT
111	6F	Numero massimo di Ty ER		Valore di intervallo esteso per Ty in conteggi FT
112	70	Valore massimo di Tz in ER		Valore a intervallo esteso per Tz in conteggi FT
113	71	ftOorCountMr		Numero di volte in cui l'unità ha superato il normale campo di rilevamento.
114	72	ftOorCountEr		Numero di volte in cui l'unità ha superato il campo di rilevamento esteso.

Note:

1. Questo campo identifica un singolo sensore. Un sensore può avere più di un numero di serie di calibrazione FTxxxxx; ogni numero di serie di calibrazione F/T identifica una calibrazione separata. Non esistono due sensori che condividano lo stesso numero di serie di calibrazione F/T.
2. Questo campo identifica la calibrazione. Per i campi di rilevamento, fare riferimento al manuale [9620-05-B-Sano74](#).
3. All'accensione, il sensore registra i valori di picco rilevati su un singolo asse. Se il sensore rileva valori di picco massimi superiori ai valori predefiniti di fabbrica ATI, significa che il sensore è stato caricato oltre il campo di rilevamento calibrato previsto.

5.2.3 Oggetto 0x2023: Console su EtherCAT

Questo oggetto consente al sistema di comunicare con una console tramite interfaccia seriale. Per i comandi della console seriale, consultare la [Sezione 6 — Comandi della console tramite porta seriale](#).

Tabella 5.3 — Indice degli oggetti (esadecimale) 0x2080: Letture diagnostiche			
Sottoindice	Nome	Tipo	Descrizione
0x01	Comando	STRINGA(100)	Viene inviato un comando alla console.
0x02	Risposta	STRING(100)	Viene visualizzata una risposta sulla console.
0x03	Conferma	UNIT16	Digitare “1” per attivare il comando.

5.2.4 Oggetto 0x2060: Condizioni di monitoraggio

Questo oggetto di lettura e scrittura configura un asse, un valore di soglia e una direzione da valutare continuamente rispetto ai dati F/T correnti. Abilitare e ripristinare la condizione di monitoraggio [nell'oggetto 0x7010: Codici di controllo](#). Se si verifica una condizione di monitoraggio, viene impostato il bit di stato 16 ([Sezione 5.2.8 — Oggetto 0x6010: Codice di stato](#)). In questo oggetto sono disponibili i seguenti campi:

Tabella 5.4 — Indice oggetto (esadecimale) 0x2080: Letture diagnostiche				
Sottoindice	Nome	Tipo	Descrizione	
0x01	Valore di soglia	DINT	Il valore di soglia F/T con cui effettuare il confronto, espresso in conteggi.	
0x02	Asse	USINT	Valore	Asse
			0	Fx
			1	Fy
			2	Fz
			3	Tx
			4	Ty
			5	Tz
0x03	ConfrontaMaggioreDi	BOOL	Se TRUE, la condizione di monitoraggio è vera quando l'asse selezionato è maggiore del valore di soglia selezionato. Se FALSE, la condizione di monitoraggio è vera quando l'asse selezionato è minore del valore di soglia selezionato.	
0x04	Conferma	UNIT16	Digitare “123” qui per salvare le modifiche	

5.2.5 Oggetto 0x2080: Letture diagnostiche

Questo oggetto di sola lettura fornisce informazioni diagnostiche. In questo oggetto sono disponibili i seguenti campi:

Tabella 5.5 — Indice oggetto (esadecimale) 0x2080: Letture diagnostiche			
Sottoindice	Nome	Tipo	Descrizione
0x01	Tensione di alimentazione	UINT16	La tensione dell'alimentatore esterno moltiplicata per 10.
0x02	Temperatura del PCB	INT16	Temperatura della scheda sensori in °C moltiplicata per 10.
0x03	Messaggio di stato	STRING(40)	Messaggio di errore con codice di stato prioritario (fare riferimento alla Tabella 5.6)
0x04	Temperatura TAP	INT16	La temperatura del TAP in °C moltiplicata per 10.
0x05	Temperatura sul lato di montaggio	INT16	La temperatura sul lato di montaggio in °C x 10.

Se si verifica un errore, viene visualizzato un messaggio di testo nel sottoindice 0x03 di SDO-0x2080. Se più di uno

Se si verifica un errore, viene visualizzato il messaggio di testo relativo all'errore con la priorità più alta tra quelli riportati nella tabella seguente.

Tabella 5.6 — Errori nei messaggi di stato delle letture diagnostiche	
Priorità	Messaggi di errore testuali
1	Tensione di alimentazione fuori intervallo
2	Temperatura del sensore fuori intervallo
3	Errore nel checksum di calibrazione
4	Sensore/i scollegato/i: <elenco>
5	Sensore/i fuori intervallo: <elenco>
6	F/T fuori intervallo
7	Errore hardware o di stack
8	Errore simulato
9	Condizione del monitor 0
10	Errore (non specificato)
11	Nessun errore codice di stato

5.2.6 Oggetto 0x2090: Versione

Questo oggetto di sola lettura fornisce informazioni sulla versione del firmware. In questo oggetto sono disponibili i seguenti campi:

Tabella 5.7 — Indice oggetto (esadecimale) 0x2090: Versione			
Sottoindice	Nome	Tipo	Descrizione
0x01	Indice principale	UINT16	Versione principale
0x02	Versione secondaria	UINT16	Versione secondaria
0x03	Revisione	UINT16	Revisione
0x04	Versione del boot loader	UINT32	Versione del boot loader
0x05	sensorHwVer	UINT16	Versione hardware del sensore
0x06	sensorInstrument	UINT16	Dati interni di produzione

5.2.7 Oggetto 0x6000: Lettura dei dati

Questo oggetto di sola lettura rappresenta i dati correnti relativi a forza e coppia ed è mappato nei dati di ingresso TxPDO. In questo oggetto sono presenti i seguenti campi:

Tabella 5.8 — Indice oggetto (esadecimale) 0x6000: Dati di lettura			
Sottoindice	Nome	Tipo	Descrizione
0x01	Fx	DINT	Questi campi contengono i dati risolti F/T a 32 bit , espressi in conteggi. Affinché i dati relativi alla forza siano espressi in unità, dividere i valori dei conteggi di forza per i conteggi per campo di forza ricavati dall'oggetto di calibrazione. Per ottenere i dati di coppia espressi in unità, dividere i valori di conteggio della coppia per il numero di conteggi per campo di coppia ricavato dall'oggetto di calibrazione.
0x02	Fy		
0x03	Fz		
0x04	Tx		
0x05	Ty		
0x06	Tz		

5.2.8 Oggetto 0x6010: Codice di stato

Questo oggetto contiene un singolo valore DINT (al sottoindice 0). Fare riferimento alla [Sezione 7.2 — Codice di stato](#).

5.2.9 Oggetto 0x6020: Contatore di campioni

Questo oggetto contiene un singolo intero senza segno a 32 bit (UDINT) al sottoindice 0, che aumenta di uno ogni volta che viene letta una serie completa di dati di calibrazione. Questo numero passa da 4 294 967 295 ($2^{32} - 1$) a 0 senza segnalare alcun errore. Il contatore di campioni viene azzerato all'accensione.

5.2.10 Oggetto 0x6030: Dati del sensore

Questo oggetto di sola lettura consente di leggere i dati grezzi più recenti del sensore.

Tabella 5.9 — Indice oggetto (esadecimale) 0x6030: Dati grezzi non corretti del calibro			
Sottoindice	Nome	Tipo	Descrizione
0x01	Calibro 0		
0x02	Calibro 1		

0x03	Sensore 2	DINT	Questi campi contengono i dati di calibrazione a 32 bit.
0x04	Calibro 3		
0x05	Calibro 4		
0x06	Calibro 5		
0x07	Calibro 6		
0x08	Calibro 7		

5.2.11 Oggetto 0x6050: Dati IMU

Questo oggetto di sola lettura contiene sei interi con segno a 16 bit che riportano i dati più recenti dell'accelerometro e giroscopici.

I dati risolti possono essere ricavati dai conteggi utilizzando la formula:

$$\text{Resolved data} = \text{counts} \times 2^{-q}$$

dove q è il Qpoint di quei dati.

Tabella 5.10 — Oggetto Indice (esadecimale) 0x6030: Dati grezzi non corretti del sensore			
Sottoindice	Nome	Tipo	Descrizione
0x01	CalAccelX	INT16	Questi campi contengono i dati grezzi a 16 bit dell'accelerometro in conteggi. Qpoint = 8, valore normalizzato in m/s ² .
0x02	CalAccelY		
0x03	CalAccelZ		
0x04	CalGyroX	INT16	Questi campi contengono i dati grezzi del giroscopio a 16 bit espressi in conteggi. Qpoint = 9, valore normalizzato in rad/s.
0x05	CalGyroY		
0x06	CalGyroZ		

5.2.12 Procedura di verifica della precisione dell'IMU

L'IMU dispone di una funzione di autoverifica della precisione, che monitora l'uscita dell'accelerometro e del giroscopio. I segnali corrispondenti sono descritti nella [Tabella 5.11](#).

Tabella 5.11 — Assegnazione dei bit di precisione dell'IMU	
Descrizione	Bit
Livello di precisione dell'accelerazione lineare	76
Livello di precisione dell'accelerometro	54
Livello di precisione del giroscopio	32

La precisione dei dati dell'IMU viene comunicata all'utente finale con le seguenti definizioni:

Tabella 5.12 — Maschera dei livelli di precisione dell'IMU		
Descrizione	Valore binario	Valore decimale
Inaffidabile	00	0
Precisione bassa	01	1
Precisione media	10	2
Precisione: alta	11	3

Sebbene spetti all'utente finale decidere l'esatto livello di precisione richiesto per una determinata applicazione, le specifiche riportate nella scheda tecnica corrispondono al funzionamento del sensore in condizioni di elevata precisione. Se l'attuale livello di precisione rilevato è inferiore a quello desiderato dall'utente finale, è possibile eseguire una procedura di calibrazione come descritto nel manuale [9620-05-B-Sano74](#).

Facendo riferimento [alla Tabella 5.11](#) e [alla Tabella 5.12](#), l'utente può associare l'uscita binaria a un livello di precisione. Ad esempio, se l'uscita binaria fosse 0010 0100, ciò indicherebbe che l'accelerometro lineare (00) è inaffidabile, l'accelerometro (10) ha una precisione media e il giroscopio (01) ha una precisione bassa.

5.2.13 Oggetto 0x7010: Codici di controllo

Questo oggetto è mappato nell'RxPDO per il controllo in tempo reale del sistema F/T.

Tabella 5.13 — Indice oggetto (esadecimale) 0x7010: Codici di controllo				
Sottoindic e	Nome	Tipo	Descrizione	
			Bit	Funzione
0x01	Controllo 1	DINT	0	1 = Imposta il bias (tara) in base al carico attuale 0 = Lascia la taratura invariata ¹
			1	Cancella la condizione di monitoraggio 0: 1 = Cancella 0 = Lascia com'è
			2	1 = Cancella la polarizzazione 0 = Lascia la distorsione invariata
			3	1 = Invia i valori di calibrazione da 0 a 5 su PDO 0 = Uscita F/T su PDO
			4-7	Selezione del filtro. Fare riferimento alla Sezione 4.4 — Filtro passa-basso passa.
			8-11	Calibrazione attiva: 0 = Utilizza la calibrazione nello slot 0 1 = Utilizza la calibrazione nello slot 1 2 = Utilizzare la calibrazione nello slot 2 Tutti gli altri valori sono riservati.
			12-15	Frequenza di campionamento: 0 = 500 Hz 1 = 1000 Hz 2 = 2000 Hz 3 = 4000 Hz 4 = 8000 Hz Tutti gli altri valori sono riservati.
			manuale 16	Funzione di salvataggio della calibrazione dell'IMU: Una volta completata la procedura di calibrazione come descritto nella <i>Sezione 3.5— Procedura di calibrazione dinamica dell'IMU</i> del manuale 9620-05-B-Sano74 , le devono essere salvate in memoria per essere mantenuto anche dopo lo spegnimento e la riaccensione. Il comando viene inviato all'IMU ad ogni fronte di salita di questo bit.
			17-19	Riservato
				Selezione del guadagno dell'accelerometro dell'IMU. Fare riferimento alla Sezione 5.2.13.1 — Accelerometro e giroscopio
			Valore	Guadagno

			20-23	0	Ultimo valore di guadagno impostato ¹
				1	2 g
				2	4 g
				3	8 g
				4	16 g

Tabella 5.13 — Indice oggetto (esadecimale) 0x7010: Codici di controllo					
Sottoindice	Nome	Tipo	Descrizione		
0x01	Controllo 1	DINT	24-27	Selezione del guadagno del giroscopio IMU. Questo valore rimarrà pari a 5, poiché 2000 gradi al secondo (DPS) è l'unica selezione di guadagno consentita per il giroscopio. Fare riferimento alla Sezione 5.2.13.1 — Accelerometro e giroscopio IMU	
				Valore	Guadagno
				5	2000 DPS
			28-31	Riservato	
			Bit	Funzione	
0x02	Controllo 2	DINT	0	Abilita il controllo della condizione 0 del monitor	
			1-30	Riservato	
			31	Controllo degli errori simulati	

Note:

1.

Lo 0 rappresenta un valore predefinito, che viene azzerato ogni volta che viene impostato un nuovo guadagno. Ad esempio, se l'utente imposta il guadagno dell'accelerometro a 2g, lo 0 rappresenterà quindi 2g fino a quando il guadagno non verrà modificato nuovamente.

5.2.13.1 Accelerometro e giroscopio dell'IMU

AVVISO: Prima di trasmettere o configurare i dati dell'IMU, l'utente deve completare una calibrazione dell'IMU come descritto nella [Sezione 3.5 — Procedura di calibrazione dinamica dell'IMU](#) del manuale

L'accelerometro e il giroscopio dell'IMU Sano74 possono essere configurati tramite i bit 20-27. Sono disponibili per l'utente le quattro combinazioni riportate nella [Tabella 5.14](#). Qualsiasi altra combinazione di impostazioni di guadagno dell'accelerometro e del giroscopio causerà un errore.

Tabella 5.14 — Configurazioni IMU consentite	
Guadagno dell'accelerometro	Guadagno del giroscopio
2 g	2000 DPS
4 g	2000 DPS
8 g	2000 DPS
16 g	2000 DPS

Per lo streaming dei dati IMU, fare riferimento [alla Sezione 5.2.11 — Oggetto 0x6050: Dati IMU](#).

5.2.14 Oggetti di comunicazione EtherCAT

La struttura di questi oggetti 0x1000 è definita dall'EtherCAT Technology Group. ATI non utilizza tutti i campi.

5.2.14.1 Oggetto 0x1000: Tipo di dispositivo

Questo oggetto di sola lettura descrive il tipo di dispositivo EtherCAT.

Tabella 5.15 — Indice oggetto (esadecimale) 0x1000: Tipo di dispositivo			
Tipo	Descrizione	Valore predefinito (esadecimale)	Valore predefinito (decimale)
UDINT	La categoria di dispositivo EtherCAT in cui è classificato l'ATI EtherCAT Sano.	0x00000192	402

5.2.14.2 Oggetto 0x1008: Nome del dispositivo

Questo oggetto di sola lettura descrive il nome del dispositivo. L'EtherCAT®Technology Group definisce la struttura di questo oggetto, ma lo lascia facoltativo. ATI imposta un nome predefinito, che può variare. ATI può fornire assistenza agli utenti che desiderano modificare questo campo. Talvolta gli utenti potrebbero voler modificare questo campo per poter personalizzare il sensore ATI come parte del proprio sistema.

Tabella 5.16 — Indice oggetto (esadecimale) 0x1008: Nome del dispositivo		
Tipo	Descrizione	Valore predefinito (stringa)
STRING	Il nome del dispositivo come stringa non terminata da zero. Non utilizzare per l'identificazione del prodotto. ¹	"ATI Sano74 F/T Sensor"
Nota: 1. Poiché questo campo può variare, non utilizzarlo per l'identificazione del prodotto. Per i campi che possono essere utilizzati per l'identificazione del prodotto, fare riferimento alla Sezione 5.2.14.3 — Oggetto 0x1018: Identità .		

5.2.14.3 Oggetto 0x1018: Identità

Questo oggetto di sola lettura contiene informazioni sul dispositivo EtherCAT collegato (in questo caso, il sensore ATI EtherCAT Sano). L'EtherCAT®Technology Group definisce la struttura di questo oggetto, mentre ATI definisce i valori per ciascun prodotto ATI. ATI può fornire assistenza agli utenti che desiderano modificare questo campo. A volte gli utenti potrebbero voler modificare questo campo per poter personalizzare il sensore ATI con il proprio marchio come parte del proprio sistema.

Tabella 5.17 — Indice oggetto (esadecimale) 0x1018: Oggetto Identità					
Sottoindice (esadecimale)	Nome	Funzionalità	Tipo	Valore predefinito (esadecimale)	Valore predefinito (decimale)
0x01	ID fornitore	Questo numero di ID fornitore è assegnato in modo univoco ad ATI dal Gruppo Tecnologico EtherCAT®. ¹	UDINT	0x00000732	1842
0x02	Codice prodotto	Questo codice prodotto viene assegnato in modo univoco da ATI ai sensori EtherCAT Sano. ²	UDINT	0x26483053	642265171
0x03	Numero di revisione	Questo campo è soggetto a modifiche e non deve essere utilizzato a fini identificativi. ³	UDINT	N/A	
0x04	Numero di serie	Questo campo è soggetto a modifiche e non deve essere utilizzato a fini identificativi. ⁴			

Nota:

- Poiché questo campo non varia tra i prodotti ATI, utilizzare l'ID fornitore per l'identificazione del prodotto.
- Per i sensori EtherCAT Sano, questo campo non cambia e può essere utilizzato per l'identificazione del prodotto.
- Per identificare il modello di un sensore e il codice di calibrazione, fare riferimento [alla Sezione 5.2.2 — Oggetto 0x2021: Calibrazione](#), sottoindice 0x02 (codice di calibrazione).
- Per identificare un singolo sensore, consultare la [Sezione 5.2.2 — Oggetto 0x2021: Calibrazione](#), sottoindice 0x01 (F/T seriale).

5.2.14.4 Oggetti EtherCAT non utilizzati

L'EtherCAT®Technology Group definisce la struttura di questi oggetti ma li lascia come opzionali. Attualmente, ATI non utilizza questi campi. Le informazioni sono invece incluse nella [Sezione 5.2 — Oggetti del dizionario EtherCAT \(dati SDO\), specifici di ATI](#). Per sapere a quali oggetti ATI fare riferimento, consultare la tabella seguente:

Tabella 5.18 — Oggetti EtherCAT non utilizzati					
Indice oggetto (esadecimale)	Nome oggetto	Tipo	Riferimento incrociato agli oggetti dell'area specifica ATI	Valore predefinito (esadecimale)	Valore predefinito (decimale)
0x1001	Registro errori	USINT	Per monitorare il codice di stato del sensore F/T, fare riferimento alla Sezione 5.2.8 — Oggetto 0x6010: Codice di stato .	0x00	0
0x1009	Versione hardware	STRING	Per visualizzare la versione hardware del sensore F/T, fare riferimento alla Sezione 5.2.6 — Oggetto 0x2090: Versione .	N/A	
0x100A	Versione software	STRING	Per visualizzare la versione del software del sensore, consultare la Sezione 5.2.6 — Oggetto 0x2090: Versione .		

5.3 Conversione dei dati F/T da conteggi a unità

Alla ricezione di ciascun campione PDO in tempo reale, dividere i valori dei conteggi di forza e coppia per i valori di conteggi per forza e conteggi per coppia riportati [nella Sezione 5.2.2 — Oggetto 0x2021: Calibrazione](#), per calcolare i valori delle unità F/T.

Note importanti sulle unità:

- Gli utenti finali possono selezionare e impostare le unità di misura F/T nell'oggetto di calibrazione.
- Per unità diverse, il software del dispositivo master EtherCAT può regolare i valori di conteggi per forza e conteggi per coppia in modo che le unità risultanti corrispondano a quelle desiderate dall'utente finale.

Ad esempio, la calibrazione fornisce un output di 1.000.000 di conteggi per Newton (N). Per convertire l'output in per calcolare i conteggi per libbra-forza (lbf), procedere come segue:

$$\frac{1,000,000 \text{ counts}}{1 \text{ N}} \times \frac{4.4482222 \text{ N}}{1 \text{ lbf}} = 4,448,222 \text{ counts/lbf}$$

6. Comandi da console tramite seriale

Questi comandi da console possono essere utilizzati per visualizzare lo stato, i parametri e regolare le impostazioni del sensore. Per configurare una console seriale, fare riferimento [alla Sezione 3.2 — Configurazione dell'interfaccia di comunicazione RS485](#).

6.1 Riepilogo dei comandi

Tabella 6.1 — Comandi da console			
Comando	Operandi	Descrizione	Lettura / scrittura utente
HELP	(nessuno)	Questo comando visualizza un elenco dei comandi principali e della versione del software.	Lettura
H			
MAN			
?			
BIAS	(nessuno)	Stampa lo stato attuale del bias del sensore.	Lettura
	su	Attiva la funzione di polarizzazione e imposta l'uscita F/T su 0.	Scrittura
	disattiva	Disattiva la funzione di bias e azzerà il bit di bias.	
	Valori	Attiva la funzione di bias con i valori definiti dall'utente.	
PEAK	(nessuno)	Stampa i valori F/T più alti e più bassi, espressi in unità, registrati durante un periodo di funzionamento e in assoluto dall'invio dell'ultimo comando di azzeramento del picco.	Lettura
	C	Visualizza i valori F/T massimi e minimi in conteggi registrati durante un periodo di funzionamento e in assoluto dall'invio dell'ultimo comando di azzeramento del picco.	Lettura
	RESET	Ripristina i valori F/T correnti ai valori predefiniti.	Scrittura
C	(nessuno)	Un comando di interrogazione avvia la trasmissione ad alta velocità dei dati F/T. Questo comando visualizza in sequenza continua le righe di dati F/T per unità fino a quando l'utente finale non preme un altro tasto, ad esempio Invio. I dati vengono riportati alla velocità specificata in rdtRate.	Lettura
	Sezione 6.2 — Operandi per il comando di interrogazione (C o S)	Stampa i dati del calibro, F/T o IMU specificati dall'utente in modalità continua.	Lettura
S	(nessuno)	Un comando di interrogazione avvia la trasmissione ad alta velocità dei dati F/T. Questo comando stampa una singola riga di dati F/T in unità.	Lettura
	Sezione 6.2 — Operandi per il comando di interrogazione (C o S)	Stampa i dati del calibro, F/T o IMU specificati dall'utente in una singola riga.	Leggi

SET	(nessuno)	Stampa tutte le impostazioni o i valori. Vedi la Sezione 6.3 — Comando Set	Leggi
	[nome campo]	Visualizza il valore impostato dall'utente per un campo specifico.	Leggi
	[nome campo] [valore]	Imposta il campo specifico con il valore inserito.	Scrittura

Tabella 6.1 — Comandi da console			
Comando	Operandi	Descrizione	Letture / scrittura utente
SIMERR	(nessuno)	Indica se la funzionalità di errore simulato è abilitata o disabilitata. Questo comando si riferisce al bit 28 della Tabella 7.2 . Il comando di errore simulato è utile per i clienti che devono testare le proprie routine di gestione degli errori. Quando si verifica un errore simulato, il LED di stato "rosso" si accende; fare riferimento alla Sezione 4.2.1 — LED di stato .	Letture
	ON	Attiva la funzionalità di errore simulato.	Scrittura
	OFF	Disattiva la funzionalità di errore simulato.	Scrittura
RESET	(nessuno)	Imposta il processore o l'MCU del sensore. Stampa un rapporto sullo stato del processore.	Letture / Scrittura
SAVEALL	(nessuno)	Questo comando salva tutti i parametri e i valori nella memoria del sensore (NVM).	Scrive
STATUS	(nessuno)	Questo comando genera un rapporto sullo stato attuale dell'hardware del sensore. Se all'interno del sensore è presente un problema di fondo all'interno del sensore, l'utente finale può inoltrare queste informazioni ad ATI per la risoluzione del problema.	Legge
VISUALIZZA	(nessuno)	Il comando di visualizzazione della calibrazione visualizza tutte le proprietà del sensore: intervallo di calibrazione, unità di misura, data e famiglia.	Letture
	0	Visualizza le proprietà relative alla calibrazione 0.	
	1	Visualizza le proprietà della calibrazione 1.	
	2	Stampa le proprietà della calibrazione 2	
	A	Stampa le proprietà della calibrazione attiva.	
DIAG	(nessuna)	Stampa un rapporto diagnostico che include le letture F/T in unità, le letture del manometro, il codice di stato, la temperatura, le informazioni sulla calibrazione attiva, la velocità di trasmissione corrente, il filtro corrente, la frequenza di campionamento corrente e i dati di picco persistenti.	Legge
SYSVER	(nessuno)	Stampa la versione del firmware.	Letture
WHOAMI	(nessuno)	Visualizza la sorgente di input della console.	Letture
IMUSave	(nessuno)	Salva i dati di calibrazione dell'IMU seguendo la procedura descritta nel manuale 9620-05-B-Sano74	Scrittura
ACCLCAL	2g	Imposta l'intervallo di rilevamento dell'accelerometro dell'IMU tra +/- 2g e quello del giroscopio a 2000 DPS. Fare riferimento alla Sezione 6.4 — Dati IMU	Scrittura
	4g	Imposta l'intervallo di rilevamento dell'accelerometro dell'IMU tra +/- 4g e quello del giroscopio a 2000 DPS	

	8g	Imposta l'intervallo di rilevamento dell'accelerometro dell'IMU tra +/- 8 g e quello del giroscopio a 2000 DPS	
	16 g	Imposta l'intervallo di rilevamento dell'accelerometro dell'IMU tra +/- 16 g e quello del giroscopio a 2000 DPS	
MC	(nessuno)	Visualizza tutte le condizioni di monitoraggio.	Lettura

6.2 Operandi per il comando di interrogazione (C o S)

Il tipo di dati restituiti dal comando di query può essere modificato utilizzando gli operandi. Questa funzione è utile per gli utenti che desiderano sviluppare un proprio programma per salvare i dati in un file esterno o visualizzarli sotto forma di grafici. La tabella seguente riporta un elenco degli operandi.

Se viene emesso un comando di query senza operandi, nell'output dei dati vengono utilizzati gli operandi del comando di query precedente. Il specificatore predefinito all'accensione è il seguente: FXYZTXYZ.

Tabella 6.2 — Operandi per i comandi di query		
Categoria	Operando	Note
Numero/i di calibro	0	I valori dei calibri vengono riportati solo in conteggi. È possibile segnalare tutti i numeri di calibro o anche un solo numero.
	1	
	2	
	3	
	4	
	5	
	6	
	7	
Asse	x	L'utente può scegliere di visualizzare i dati relativi alla forza e alla coppia sugli assi x, y e z. Il valore di output può essere visualizzato in conteggi F/T o in unità tecniche. I conteggi vengono convertiti in unità tramite scalatura o dividendo il valore del conteggio per i campi <i>cpf</i> o <i>cpt</i> riportati nella Tabella 5.3 — Comandi di impostazione .
	y	
	z	
Forza e/o coppia	f	Vengono visualizzati i dati relativi alla forza XYZM.
	t	Vengono visualizzati i dati relativi alla coppia XYZM.
Temperatura	i	Indica la temperatura sul lato di montaggio del sensore. Viene visualizzata in gradi C.
	j	Indica la temperatura sul lato utensile del sensore. Viene visualizzata in gradi C.
Grandezza	m	I dati relativi alla forza o alla coppia vengono visualizzati come grandezza delle componenti vettoriali sugli assi x, y e z. Il valore di output può essere visualizzato in conteggi F/T o in unità tecniche. I conteggi vengono convertiti in unità tramite scalatura o dividendo il valore del conteggio per i campi <i>cpf</i> o <i>cpt</i> riportati nella Tabella 5.3 — Comandi di impostazione .
Conteggi o unità	c	I dati XYZM vengono visualizzati in conteggi.
	u	I dati XYZM vengono visualizzati con le unità utente selezionate, ad esempio: N o Nm. Le unità sono l'impostazione predefinita.
Sistema numerico	h	I dati vengono visualizzati come numeri esadecimali. Per impostazione predefinita, tutti i dati espressi in unità di misura vengono sempre visualizzati come numeri decimali.
	d	I dati vengono visualizzati come numero decimale.
Formato	>	I dati vengono visualizzati in un formato leggibile, ad esempio: colonne allineate. > è l'impostazione predefinita.
	<	I dati vengono visualizzati in un formato compresso privo di zeri iniziali, zeri finali o spazi non necessari. Questo formato è destinato ad applicazioni ad alta velocità utilizzate in contesti automatizzati.
Input aggiuntivi a supporto	s	Questo parametro specifica un CRC.
	#	Questo parametro specifica un contatore di campioni che viene incrementato ogni volta che viene stampata una riga C o S.

dello sviluppo di un programma	@	Questo parametro specifica un contatore di letture dell'ADC che viene incrementato ogni volta che viene effettuata una lettura dell'ADC.
	\$	\$ è un tag specificatore di tipo long che indica lo specificatore IMU. Fare riferimento alla Sezione 6.4 — Dati IMU
Risoluzione dei problemi	!	Questo comando specifica il codice di stato a 32 bit. Fare riferimento alla Tabella 7.2

Di seguito sono riportati alcuni esempi di comandi C o S con specificatori:

1. C XTY viene interpretato come:

utente: c xty
risposta: 0,001 N 0,0009 Nm

- a. Il comando C serve a riportare righe continue di dati.
- b. La X indica la stampa di F_x , poiché "force" è l'impostazione predefinita.
- c. La T specifica la stampa delle coppie ogni volta che d'ora in poi viene rilevato un valore x, y, z o m (in questa riga).
- d. La Y specifica la stampa di T_y .

2. C TXY viene interpretato come:

utente: c txy
risposta: 0,0009 Nm 0,0009 Nm

- a. La C è un comando per riportare righe continue di dati.
- b. La T specifica la stampa delle coppie ogni volta che d'ora in poi viene rilevata una x, y, z o m (su questa riga).
- c. La X specifica la stampa di T_x .
- d. La Y specifica la stampa di T_y .

3. S D0123 viene interpretato come:

utente: s d01234567
risposta: 246123 245592 246707 246029

- a. Il comando S serve a riportare una singola riga di dati.
- b. La lettera D specifica la stampa dei valori ADC grezzi in conteggi decimali.
- c. Un numero compreso tra 0 e 7 indica di stampare i dati relativi al numero di sensore corrispondente. Ad esempio, lo 0 indica di stampare i dati relativi al sensore 0, mentre il 3 indica di stampare i dati relativi al sensore 3.

4. S CDFXYZTXYZ viene interpretato come:

utente: s cdfxyztxyz
risposta: 961 959 963 960 966 965

- a. Il comando S serve a riportare una singola riga di dati.
- b. I comandi C e D specificano la stampa dei dati x, y, z o m in formato decimale.
- c. La F specifica la stampa delle coppie ogni volta che d'ora in poi viene rilevata una X, Y, Z o M (in questa riga).
- d. La T specifica la stampa delle coppie ogni volta che d'ora in poi viene rilevato un X, Y, Z o M (in questa riga).

6.2.1 Conversione dei conteggi per forza/coppia in valori F/T con unità

Per ottenere i valori reali di forza e coppia, ogni valore di forza deve essere diviso per il fattore "counts per force" (cpf), mentre ogni valore di coppia deve essere diviso per il fattore "counts per torque" (cpt). I fattori cpf e cpt possono essere ottenuti utilizzando il comando SET ("[Tabella 6.3 — Comandi SET](#)").

Ad esempio: se una calibrazione riporta 1.000.000 di conteggi per N e F_z riporta 4.500.000 di conteggi, allora la forza applicata sull'asse Z è pari a 4,5 N.

6.3 Comando SET

Il comando di impostazione consente agli utenti di visualizzare o impostare configurazioni specifiche, descritte nella [Tabella 6.3 — Comandi di impostazione](#). Di seguito sono riportati alcuni esempi di comandi di impostazione con specificatori:

1. Esempio: set baud

user: set baud

response: baud

115200

- Digitando il comando set con l'operando "baud", il sensore visualizzerà la velocità di trasmissione corrente

utente: set baud 1000000

risposta: la velocità di trasmissione era 115200, ora è 1000000

utente: salva tutto

*risposta: Parametri salvati nel banco
NVM 0 Parametri salvati nel
banco NVM 1*

- Inserendo un valore dopo il comando di impostazione della velocità di trasmissione, l'utente può impostare una nuova velocità di trasmissione.
- Ricordarsi di inviare un comando "saveall" per assicurarsi che tutte le modifiche vengano salvate nella memoria non volatile.

2. Esempio:

impostazione *utente*

ttdx: risposta ttdx:

Campo	Valore
-----	-----
ttdx	0

- Immediando il comando set con l'operando "ttdx", il sensore visualizzerà la distanza di trasformazione dell'utensile corrente sull'asse X.

utente: set ttdx 1

*risposta: set ttdx 1
ttdx era "0", ora è "1"*

utente: salva tutto

*Risposta: Parametri salvati nel banco
NVM 0 Parametri salvati nel
banco NVM 1*

- Per impostazione predefinita, le unità di trasformazione degli strumenti sono i millimetri per la distanza e i radianti per l'angolo. Queste unità possono essere modificate utilizzando i comandi ttdx (unità di distanza) e ttau (unità di angolo). Vedi [la Tabella 6.3](#).
- Ricordarsi di inviare il comando saveall per assicurarsi che tutte le modifiche vengano salvate nella memoria non volatile.

Tabella 6.3 — Comandi di impostazione

Campo	Lettura/Mo difica	Esempio	Tipo di dati	Descrizione
Numero seriale	Lettura	FT00123	STRINGA(8)	Numero di serie calibrato F/T
partNum	Leggi	Num-4	STRING(30)	Codice articolo di calibrazione
calFamily	Leggi	ENET	STRING(8)	Visualizza sempre "ENET"
CalTime	Lettura	1970-01-01 00:00	STRING(30)	Il sensore di data e ora è stato calibrato
max0				V I i d l l f

max1	Leggi	2147483647	intero a 32 bit senza segno	nominale in conteggi per quell'asse.
max2				Valore nominale massimo della coppia in conteggi per quell'asse.
max3				
max4				
max5				

Tabella 6.3 — Comandi di impostazione				
Campo	Lettura/Mo difica	Esempio	Tipo di dati	Descrizione
maxer0	Lettura	2147483647	Intero senza segno a 32 bit	Esteso Valore nominale massimo della forza per quell'asse, espresso in conteggi. Questo valore è limitato a un numero limitato di cicli. Fare riferimento alla Sezione 6.5 — Intervallo di carico esteso
maxer1				
maxer2				
maxer3				
maxer4				
maxer5				Valore nominale esteso della coppia massima in conteggi per quell'asse. Questo valore è limitato a un numero limitato di cicli. Fare riferimento alla Sezione 6.5 — Intervallo di carico esteso
forceUnits	Lettura	1	Intero a 8 bit senza segno	Unità di misura della forza. 0=Lbf, 1=N, 2=Klbf, 3=kN, 4=Kg
torqueUnits		2		Unità di coppia. 0=Lbf-in, 1=Lbf-ft, 2=Nm, 3=Nmm, 4=Kg-cm, 5=kN-m
cpf	Leggi	100000	Intero a 32 bit senza segno	Conteggi di calibrazione per unità di forza.
cpt		100000		Conteggi di calibrazione per unità di coppia.
peakPos0	Lettura	2395927	Intero a 32 bit senza segno	Carichi di picco positivi. Carichi di forza e coppia positivi di picco di tutti i tempi in conteggi F/T
peakPos1		624576		
peakPos2		35521		
peakPos3		721632		
posizione picco 4		159210		
posizione picco 5		74910		
PicoNeg0	Lettura	-988570	Intero a 32 bit senza segno	Carichi di picco negativi. Valori di picco storici dei carichi di forza e coppia negativi in F/T
PeakNeg1		-2008525		
PeakNeg2		-9148784		
PiccoNeg3		-46851		
PeakNeg4		-12383		
PeakNeg5		0		
versione hardware del sensore	Lettura	0	Intero a 16 bit senza segno	Versione attiva dell'hardware del sensore
sensorInstr		1		Dati interni di produzione

paramWrites	4	Numero di volte in cui il sensore ha scritto i parametri nella memoria NVM
-------------	---	--

Tabella 6.3 — Comandi di impostazione					
Campo	Lettura/Modifica	Esempio	Tipo di dati	Descrizione	
adcRate	Lettura e modifica	1000 (impostazione predefinita)	Intero senza segno a 16 bit	Frequenza di campionamento ADC in Hz: 1000, 2000, 4000, 8000, 16000.	
rdtRate		40		Frequenza di trasmissione RDT in Hz. Questo valore può variare da 1 fino alla frequenza di campionamento dell'ADC.	
filTc		0 (impostazione predefinita)		Codice del filtro (IIR) Questa impostazione modifica il parametro che determina il filtraggio dei dati.	
calib		1	intero a 8 bit senza segno	Tre calibrazioni da utilizzare. 0, 1 o 2.	
posizione			Banco di prova	STRING(40)	Indica la posizione fisica.
hwRev	Lettura	04	intero a 16 bit senza segno	Numero di revisione hardware	
ttdu	Lettura e modifica	2	Intero senza segno a 8 bit	Unità di misura della distanza di trasformazione dello strumento:	
				Valore	Unità
				0	in
				1	piedi
				2	mm
				3	cm
ttau		1	intero a 8 bit senza segno	Unità di misura dell'angolo di trasformazione dello strumento:	
				Valore	Unità
				0	gradi
				1	radianti
ttdx	Leggi e modifica	0 (impostazione predefinita)	float	Distanza di trasformazione degli strumenti	
ttdy		0 (impostazione predefinita)			
ttdz		0 (impostazione predefinita)			
ttrx		0 (impostazione predefinita)		Angoli di rotazione della trasformazione degli strumenti	
ttry		0 (impostazione predefinita)			
ttrz		0 (impostazione predefinita)			

baud	Lettura e modifica	115200 (impostazione predefinita)	Intero a 32 bit senza segno	Velocità di trasmissione UART. Deve essere compresa tra 300 e 3M. Tutte le velocità di trasmissione sono temporanee fino all'invio del comando saveall.
msg		1	Intero senza segno a 8 bit	0=stampa solo i messaggi richiesti 1=stampa tutti i messaggi
seriale	Lettura	0		0= Ethernet e seriale 1=Solo seriale.

Tabella 6.3 — Comandi di impostazione				
Campo	Lettura/Modifica	Esempio	Tipo di dati	Descrizione
mcEnabled	Lettura e modifica	1	Intero senza segno a 8 bit	1 = abilitato, 0 = disabilitato. Condizioni del monitor globale abilitate o disabilitate.
mcOutMomen		1		0: condizioni di monitoraggio momentanee. Il codice di uscita valido sarà attivo solo finché viene soddisfatta la soglia. Se le condizioni cambiano e la soglia non viene più soddisfatta, il codice di uscita non verrà più visualizzato. 1: Latching: il codice di uscita valido rimarrà attivo dopo che la soglia è stata raggiunta, anche se le condizioni cambiano e la soglia è stata raggiunta solo per un breve periodo.
mcOutDelay		20		Ritardo globale delle condizioni di monitoraggio momentaneo. Per quanto tempo la condizione di monitoraggio rimarrà bloccata dopo l'attivazione. Questo valore è espresso in decimi di secondo.
mcAndCodes		1		0: Utilizza l'operatore AND a livello di bit. Se tutte le condizioni di soglia impostate sono soddisfatte, la condizione di monitoraggio si attiverà. 1: Utilizza l'operatore OR a livello di bit. Se viene soddisfatta una qualsiasi delle condizioni di soglia impostate, la condizione di monitoraggio si attiverà.

6.4 Dati IMU

AVVISO: Prima di trasmettere o configurare i dati IMU, l'utente deve eseguire la calibrazione dell'IMU come descritto nel manuale [9620-05-B-Sano74](#)

6.4.1 Configurazione dell'accelerometro e del giroscopio

L'accelerometro e il giroscopio dell'IMU Sano74 possono essere configurati utilizzando il comando `acclcal` (vedere [la Tabella 6.1](#)). Sono disponibili le seguenti quattro combinazioni:

- `acclcal 2g`: imposta l'intervallo di rilevamento dell'accelerometro a +/- 2g e quello del giroscopio a 2000 DPS
- `acclcal 4g`: imposta l'intervallo di rilevamento dell'accelerometro a +/- 4g e quello del giroscopio a 2000 DPS
- `acclcal 8g`: imposta l'intervallo di rilevamento dell'accelerometro a +/- 8g e quello del giroscopio a 2000 DPS
- `acclcal 16g`: imposta l'intervallo di rilevamento dell'accelerometro a +/- 16g e quello del giroscopio a 2000 DPS

6.4.2 Trasmissione in streaming dei dati IMU

I dati IMU dell'accelerometro e del giroscopio vengono trasmessi in streaming tramite comandi C/S utilizzando specificatori lunghi. Dopo un tag specificatore \$ della [Tabella 6.2](#), gli specificatori lunghi definiscono i dati IMU in streaming. È possibile utilizzare modificatori aggiuntivi per controllare il tipo di dati. Fare riferimento [alla Tabella 6.5 — Specificatori IMU](#) per le opzioni di streaming dei dati IMU.

Tabella 6.4 — Specificatori IMU					
Specificatore	Nome	Modificatori ¹	Unità	Tipo	Assi
\$A	Accelerometro	C	conteggi	16 bit	XYZ
		U	m/s ²		
\$G	Giroscopio	C	conta		
		U	radiante/s		
\$LA	Accelerazione lineare	C	conta		
		U	m/s ²		
\$GV	Vettore di gravità	C	conta		
		U	m/s ²		
\$AV	Velocità angolare	C	conta		
		U	radianti/s		
\$ACL	Livello di precisione dell'accelerazione lineare ²	Bit 76	0: inaffidabile 1: Bassa precisione 2: Precisione media 3: Alta precisione	8 bit	N/A
	Livello di precisione dell'accelerometro ²	Bit 54			
	Livello di precisione del giroscopio ²	Bit 32			
\$US	Contatore di microsecondi (us)	Nessuno	conteggi	32 bit	N/A
\$HDR	Invia 0x1234 per la sincronizzazione dei pacchetti	Nessuno	N/A	16 bit	N/A
\$TW	Abilita la comunicazione bidirezionale in modalità continua	N/A: Nessun dato restituito			

Note:

1. Modificatori

C: Stampa i dati grezzi dell'IMU.

U: Visualizza i dati IMU calibrati. Se un campo ammette modificatori ma non ne è presente alcuno, i dati IMU calibrati

.

2. Fare riferimento alla [Sezione 6.4.3 — Procedura di verifica della precisione dell'IMU](#).

Esempi:

1. Accelerometro

utente: *s \$axyz*

risposta: *s \$axyz*
-0,527 0,488 -9,965

- Digitando il comando *s* con l'operando *\$axyz*, il sensore visualizzerà i dati di accelerazione lungo assi X, Y e Z.
- Per impostazione predefinita, i valori verranno visualizzati come dati IMU calibrati.

2. Giroscopio

utente: *s \$gxyz*

risposta: *s \$gxyz*
-0,004 -0,111 -0,045

- Inserendo il comando *s* con l'operando *\$gxyz*, il sensore visualizzerà i dati del giroscopio sugli assi X, Y e Z.
- Per impostazione predefinita, i valori verranno riportati nei dati IMU calibrati.

6.4.3 Procedura di verifica della precisione dell'IMU

L'IMU è dotata di una funzione di autocontrollo della precisione, che monitora l'uscita dell'accelerometro e del giroscopio. La precisione dei dati dell'IMU viene comunicata all'utente finale con le seguenti definizioni:

Tabella 6.5 — Maschera dei livelli di precisione dell'IMU		
Descrizione	Valore binario	Valore decimale
Inaffidabile	00	0
Precisione bassa	01	1
Precisione media	10	2
Precisione: alta	11	3

Sebbene spetti all'utente finale decidere l'esatto livello di precisione richiesto per una determinata applicazione, le specifiche riportate nella scheda tecnica corrispondono al funzionamento del sensore in condizioni di elevata precisione. Se l'attuale livello di precisione rilevato è inferiore a quello desiderato dall'utente finale, è possibile eseguire una procedura di calibrazione come descritto nella "Procedura di calibrazione dinamica dell'IMU" riportata nel manuale [9620-05-B-Sano74](#).

Per leggere correttamente il valore del livello di precisione, l'utente dovrà convertire il valore esadecimale in binario.

1. Esempio: Livelli di precisione

utente: `s $acl`

risposta: `s $acl`
`24`

- Immediando il comando `s` con l'operando `$acl`, il sensore visualizzerà i livelli di precisione dell'accelerometro e del giroscopio.
- I dati vengono visualizzati in formato esadecimale. L'utente dovrà convertire il valore esadecimale in binario per determinare il livello di precisione. In questo esempio, il valore 24 corrisponderebbe a 0010 0100 in binario.
- Facendo riferimento [alla Tabella 6.5](#), l'utente può associare l'output binario a un livello di precisione. In questo esempio, 0010 0100 indicherebbe che l'accelerometro lineare (00) è inaffidabile, l'accelerometro (10) ha una precisione media e il giroscopio (01) ha una precisione bassa.

6.5 Intervallo di carico esteso

I sensori Sano di ATI sono dotati di una funzionalità di intervallo di carico esteso, che consente all'utente di superare il valore di carico calibrato del sensore per un massimo di 250.000 cicli entro l'intervallo di carico esteso specificato.

L'intervallo esteso specifico è riportato nella tabella seguente.

Tabella 6.6 — Calibrazione e intervallo di rilevamento esteso		
Asse	Intervallo di calibrazione	Intervallo esteso
F_x	130 N	130 N
F_y	130 N	130 N
F_z	400 N	400 N
T_x	12 Nm	20 Nm
T_y	12 Nm	20 Nm
T_z	12 Nm	20 Nm

È disponibile un contatore che tiene traccia del numero di cicli in cui il sensore ha funzionato all'interno di questo intervallo di carico esteso. Il contatore registra ogni volta che l'unità supera il normale intervallo di calibrazione e ogni volta che supera l'intervallo di rilevamento esteso.

Questo contatore è denominato FtOorCountMr per il normale intervallo di misurazione di calibrazione e FtOorCountEr per

il campo esteso. L'esecuzione del comando `set ft` riporterà il conteggio totale per ciascun campo. Ad esempio:

utente: `set ft`

risposta:

Campo	Valor
-----	e
ftOorCountMr	-----
	5910
ftOorCountEr	0

Gli stessi campi, e i valori corrispondenti, sono presenti nella risposta al comando di stato. Per gli utenti EtherCAT, questi contatori sono disponibili nell'oggetto 0x2021. Fare riferimento [alla Sezione 5.2.2 — Oggetto 0x2021: Calibrazione](#).

Sebbene l'intervallo di carico esteso offra flessibilità all'applicazione dell'utente, non è garantito che i dati trasmessi mentre il sensore opera all'interno di tale intervallo soddisfino le specifiche di precisione.

7. Risoluzione dei problemi

Questa sezione include le soluzioni ad alcuni problemi che potrebbero insorgere durante la configurazione e l'utilizzo del sensore. Per ulteriori indicazioni sulla risoluzione dei problemi, consultare il manuale [9620-05-B-Sano74](#).

Nota:

Si prega di leggere il manuale prima di contattare il servizio clienti. Prima di chiamare, tenere a portata di mano le seguenti informazioni:

1. Numero di serie, ad esempio: FT01234
2. Modello del sensore, ad esempio: Sano74
3. Calibrazione, ad esempio: SI-130-10
4. Descrizione accurata e completa della domanda o del problema.
Per il codice di stato, fare riferimento alla [Sezione 5.2.8 — Oggetto 0x6010: Codice di stato](#).
5. Informazioni sul computer e sul software, ad esempio: sistema operativo, tipo di PC, driver e software applicativo.

Se possibile, trovarsi nelle vicinanze del sistema F/T al momento della chiamata.

Se necessario, contattare un rappresentante ATI per ricevere assistenza:

ATI Industrial Automation

1031 Goodworth Drive

Apex, NC 27539 USA

Tel: +1 919-772-0115 • Fax: +1 919-772-8259 • www.ati-ia.com

Ingegneria applicativa

E-mail: ft.support@novanta.com

Assistenza 24 ore su 24, 7 giorni su 7: +1 855 ATI-IA 00 (+1 855-284-4200)

7.1 Errori LED

Tabella 7.1 — Errori dei LED	
Sintomo	Risoluzione
Il LED di stato rimane rosso dopo la fase di accensione di (20) secondi.	Controllare i collegamenti del cavo del sensore. Verificare che il cavo del sensore non sia danneggiato. Potrebbe esserci un errore interno nel sensore. Controllare il codice di stato, fare riferimento alla Tabella 7.2
Il LED di stato rimane rosso per i primi (20) secondi dopo l'accensione, per poi diventare verde.	Normale.
I LED EtherCAT Link/Activity non sono verdi né lampeggiano di verde.	Controllare i collegamenti del sensore e dei cavi EtherCAT. Verificare che il dispositivo master EtherCAT disponga del file file ECAT ESI corretto.
I LED di collegamento/attività EtherCAT non sono accesi (nessuna attività e il sensore non è alimentato).	Verificare che la porta corretta (sul master EtherCAT o sul nodo di giunzione) sia attiva e consenta la comunicazione.

7.2 Codice di stato

Tabella 7.2 — Indice oggetto (esadecimale) 0x6010: Codice di stato							
N. bit	Configurazione dei bit	Stato	Descrizione				Errore?
0	00000001	Temperatura del sensore fuori intervallo	Questo bit è attivo (alto) se la temperatura è al di fuori dell'intervallo da -5 a 70 °C.				Sì
1	00000002	Tensione di alimentazione fuori intervallo	Questo bit è attivo (alto) se la tensione di ingresso è al di fuori dell'intervallo compreso tra 12 V e 30 V.				Sì
2	00000004	Sensore guasto	Questo bit è attivo (alto) quando un indicatore segna il fondo scala positivo, il che indica che il collegamento elettrico con un indicatore è interrotto o scollegato. ¹				Sì
3	00000008	Occupato	Il sensore sta eseguendo una (1) o più delle seguenti attività che potrebbero influenzare temporaneamente i dati F/T: • Applicazione di una modifica all'oggetto 0x2021: Calibrazione • Modifica della costante di tempo del filtro • Modifica della calibrazione in uso • Modifica della frequenza di campionamento dell'ADC • Scrittura nella memoria flash • Qualsiasi overflow dell'ISR dell'ADC				Sì
4	00000010	Riservato					No
5	00000020	Errore comune	Il microcontrollore del sensore ha rilevato un errore a livello di sistema. L'errore dovrebbe risolversi dopo aver spento e riacceso l'apparecchio. Se il problema persiste, contattare ATI per assistenza.				Sì
6-14	00007FC0	Riservato					No
15	00008000	F/T fuori intervallo - Valori nominali estesi	Valore esteso per forza/coppia fuori intervallo. Questo bit viene impostato ogni volta che un campione di forza/coppia è fuori dall'intervallo di carico esteso, in base a SET MAXER0 - MAXER5.				Sì
16	00010000	Uscita condizione e di monitoraggio 0	I dati del campione non corrispondono alla condizione impostata in Sezione 5.2.4 — Oggetto 0x2060: Condizioni di monitoraggio .				Sì
17-18	00060000	IMU Precisione dell'accelerometro	Bit di stato 18	Bit di stato 17	Valore decimale	Descrizione	Sì
			0	0	0	Inaffidabile	
			0	1	1	Precisione e bassa	
			1	0	2	Precisione e media	
			1	1	3	Precisione: alta	
19	00080000	IMU non presente	L'IMU non è presente oppure l'affidabilità dell'accelerometro dell'IMU non è almeno media				Sì
20-25	07FE0000	Riservato					No

26	04000000	Avviso di fuori intervallo del sensore	Questo bit è attivo se durante l'ultimo tempo di mantenimento, che normalmente è di 32 campioni, è stato superato un intervallo di avviso del sensore di deformazione (da gageMinRangeWarn a gageMaxRangeWarn).	Sì
Nota: 1. Per ulteriori informazioni sulla risoluzione degli errori, consultare la Sezione 7 — Risoluzione dei problemi. 2. Dopo 32 periodi di campionamento, questo bit si azzerà una volta che la condizione di errore si è risolta e i dati si sono normalizzati. 3. Il messaggio "Forza/Coppia fuori intervallo" è paragonabile a ciò che nei precedenti manuali dei sensori F/T veniva definito "saturazione".				

Tabella 7.2 — Indice oggetto (esadecimale) 0x6010: Codice di stato

N. bit	Configurazione dei bit	Stato	Descrizione	Errore?
27	08000000	Sensore fuori range	Il bit è attivo se in uno qualsiasi degli ultimi 32 campioni è stato superato il campo di funzionamento dell'uscita del estensimetro.	Sì
28	10000000	Errore simulato	Questo bit rispecchia il bit "Controllo errore simulato" nella Sezione 5.2.13 — Oggetto 0x7010: Codici di controllo . Può essere utilizzato per testare la gestione degli errori da parte dell'utente.	Sì
29	20000000	Errore nel checksum di calibrazione	Questo bit viene impostato se la calibrazione attiva presenta un checksum non valido.	Sì
30	40000000	Uscita forza/coppia del campo ²	Questo bit viene impostato ogni volta che un campione di forza/coppia supera l'intervallo calibrato o è matematicamente saturo. Questo controllo avviene prima del il filtraggio digitale. ¹	Sì
31	80000000	Errore	Questo bit viene impostato ogni volta che viene impostato un bit del codice di stato che indica un errore.	Sì

Nota:

1. Per ulteriori informazioni sulla risoluzione degli errori, consultare la [Sezione 7 — Risoluzione dei problemi](#).
2. Dopo 32 periodi di campionamento, questo bit viene azzerato una volta che la condizione di errore si è risolta e i dati si sono normalizzati.
3. Il messaggio "Forza/Coppia fuori intervallo" è paragonabile a ciò che i precedenti manuali dei sensori F/T identificavano come saturazione.

La configurazione dei bit può variare se è presente più di un errore. Ad esempio, se il codice di stato è 80000005, l'utente deve convertire il numero esadecimale in un numero binario.

Utilizzando un calcolatore online gratuito, convertire il numero esadecimale in un numero binario:

Esadecimale	8	0	0	0	0	0	0	5
Binario	1000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0101

Il numero binario ha un totale di 32 bit. Il bit meno significativo si trova all'estrema destra della tabella seguente. "1" indica che il bit è attivo. "0" indica che il bit è inattivo.

Numero binario	1	0	0	0	0	0	00 0000 000	0	0000 0000 00	0	0	0	1	0	1
Posizione del bit	31	30	29	28	27	26	da 25 a 17	16	da 15 a 6	5	4	3	2	1	0

Quindi, in questo esempio, i bit numero 0, 2 e 31 sono attivi. Secondo la tabella precedente, il sensore ha un Codici di stato "temperatura", "errore sensore guasto" e "qualsiasi errore" (vedere la [Tabella 7.2](#)).

7.2.3.1 Codice di stato “ ”: forza/coppia fuori intervallo

Il bit 30 nella [Tabella 7.2](#) viene impostato quando un carico di forza/coppia è al di fuori della capacità di rilevamento accurato del sensore (vedere la Tabella 9.1 - Incertezza di misura).

Il bit 15 nella [Tabella 7.2](#) viene impostato quando un carico di forza/coppia è al di fuori dell'intervallo esteso del sensore. Si tratta di un intervallo di forze e coppie elevate che consente all'utente di superare momentaneamente l'intervallo di rilevamento per operazioni specializzate e non frequenti.

Il bit 30 viene impostato quando la seguente condizione è VERA:

La percentuale totale dell'intervallo calibrato utilizzata dagli assi F/T è superiore al 105%. Fare riferimento alla seguente equazione.

$$\frac{\sqrt{F_x^2 + F_y^2}}{F_{xy} \text{Calibrated Range}} + \frac{\sqrt{T_z^2}}{T_z \text{Calibrated Range}} \geq 105\% \text{ or } \frac{\sqrt{F_z^2}}{F_z \text{Calibrated Range}} + \frac{\sqrt{T_x^2 + T_y^2}}{T_{xy} \text{Calibrated Range}} \geq 105\%$$

Il bit 15 viene impostato quando la seguente condizione è VERA:

La percentuale totale dell'intervallo esteso utilizzato dagli assi F/T è superiore al 105%. Fare riferimento alla seguente equazione.

$$\frac{\sqrt{F_x^2 + F_y^2}}{F_{xy} \text{Extended Range}} + \frac{\sqrt{T_z^2}}{T_z \text{Extended Range}} \geq 105\% \text{ or } \frac{\sqrt{F_z^2}}{F_z \text{Extended Range}} + \frac{\sqrt{T_x^2 + T_y^2}}{T_{xy} \text{Extended Range}} \geq 105\%$$

Ad esempio, se i seguenti carichi vengono applicati a un sensore Sano74, che presenta il seguente :

Tabella 7.3 — Esempio di F/T fuori intervallo			
Asse	Carico applicato	Intervallo di calibrazione	Intervallo esteso
F _x	30 N	130 N	130 N
F _y	-25 N	130 N	130 N
F _z	40 N	400 N	400 N
T _x	0,6 Nm	12 Nm	20 Nm
T _y	1,3 Nm	12 Nm	20 Nm
T _z	-6,2 Nm	12 Nm	20 Nm

Esempio:

$$\frac{\sqrt{(30 \text{ N})^2 + (-25 \text{ N})^2}}{100} + \frac{\sqrt{(-6.2 \text{ Nm})^2}}{8} \geq 105\%$$

$$39\% + 78\% \geq 105\%$$

$$117\% \geq 105\%$$

TRUE

Questo valore TRUE indica che il carico F/T è al di fuori dell'intervallo di rilevamento del sensore. Pertanto, il bit 30 [della Tabella 7.2](#) viene impostato e segnala un errore.

7.3 Linee guida di base per la risoluzione dei problemi

Nella sezione seguente sono elencati i sintomi principali relativi a dati inesatti ed errori di sistema. Per ciascun sintomo, vengono suggerite le cause e le soluzioni appropriate.

Sintomo: Rumore — sbalzi nelle letture F/T superiori allo 0,05% del conteggi a fondo scala.

Causa: Il rumore può essere causato da vibrazioni meccaniche e disturbi elettrici, probabilmente dovuti a una messa a terra inadeguata. Le interferenze elettriche possono anche provenire da un dispositivo ad alto rumore, come un motore.

Soluzione: Assicurarsi che la tensione di alimentazione in corrente continua del sensore Sano presenti un rumore sovrapposto minimo o nullo. Mettere a terra il sensore collegando la schermatura del cavo a terra. Nella maggior parte delle configurazioni, Anche 0 V è collegato a terra. Collegare il robot o altre apparecchiature alla stessa massa.

Verificare che i cavi dei sensori non si incrocino con altri cavi. Verificare che i cavi dei sensori non si trovino in prossimità di altre apparecchiature che potrebbero generare rumore elettrico.

Evitare fonti di rumore meccanico. Se ciò non fosse possibile, applicare un filtro ai dati come descritto nella [Sezione 4.4 — Filtro passa-basso](#). Per ulteriori informazioni sul rumore, consultare [la Sezione 7.4 — Riduzione del rumore](#).

Causa: Il rumore può anche indicare un guasto di un componente all'interno del sistema.

Soluzione: Controllare il codice di stato del sensore; fare riferimento alla [Sezione 5.2.8 — Oggetto 0x6010: Codice di stato](#).

Eseguire un controllo di precisione come descritto nel manuale [9620-05-B-Sano74](#) o nella [Sezione 4.5: "Come si valuta la precisione e lo stato di funzionamento del sensore?"](#) del documento "Domande frequenti (FAQ)" di ATI all'indirizzo: https://www.ati-ia.com/library/documents/FT_FAQ.pdf.

Se il sensore non supera il controllo di precisione, restituirlo ad ATI per un'ispezione. Contattare ATI all'indirizzo ati-rma-admin@novanta.com per ottenere un'autorizzazione alla restituzione del materiale (RMA).

Sintomo: Deriva — quando i dati F/T continuano ad aumentare o a diminuire dopo la rimozione di un carico.

Causa: una certa deriva dovuta a una variazione di temperatura è normale. La deriva si osserva più facilmente sull'asse Z rispetto agli assi X e Y.

Soluzione: Lasciare che il sensore si riscaldi per circa trenta minuti fino a raggiungere uno stato stazionario con l'aria e gli altri oggetti a contatto con il sensore. Utilizzare il comando di bias per riportare le letture a zero. Eseguire il bias regolarmente.

Utilizzare un isolante tra il sensore e qualsiasi utensile o dispositivo di fissaggio che si trovi a una temperatura diversa. Evitare di creare un gradiente di temperatura sul sensore. Proteggere il sensore da flussi d'aria eccessivi.

Per ulteriori informazioni su come evitare la deriva dovuta alle variazioni di temperatura, consultare il seguente documento ATI: <https://www.ati-ia.com/Library/Documents/DriftExplanation.pdf>.

Sintomo: Isteresi — quando il sensore viene caricato da uno stato azzerato o polarizzato e successivamente carico viene rimosso, l'uscita del sensore non ritorna immediatamente a zero.	Causa: un accoppiamento meccanico o un guasto interno possono causare un'isteresi che esula dall'intervallo specificato e accettabile di incertezza di misura (errore) del sensore. Soluzione: Verificare che il sensore sia installato correttamente, che i dispositivi di fissaggio siano serrati e che l'attrezzatura del cliente sia installata in modo sicuro; fare riferimento alla <i>sezione "Installazione"</i> nel manuale 9620-05-B-Sano74 . Utilizzare il comando di polarizzazione per riportare le letture a zero.
Sintomo: Oggetto 0x6010: Codice di stato; Bit 1 - La tensione di alimentazione è fuori intervallo.	Causa: se la tensione di alimentazione è fuori intervallo, il bit è attivo, il che indica un potenziale guasto o malfunzionamento del sistema. Soluzione: Spegnere e riaccendere il sistema. Verificare che l'alimentazione rientri nei valori indicati nella Sezione 8—Specifiche .
Sintomo: Oggetto 0x6010: Codice di stato; Bit 3 - Bit di occupato	Causa: mentre il sensore è occupato, il bit di occupato sarà attivo = 1. Il sensore è occupato nell'applicare una modifica, come una variazione della frequenza dell'ADC, un filtro o una calibrazione attiva. Soluzione: Dopo aver applicato le modifiche, attendere che il bit di occupato sia disattivato (OFF) = 0. A quel punto leggere i dati o apportare eventuali altre modifiche.
Sintomo: Oggetto 0x6010: Codice di stato; bit 2, 26, 27 o 30 - Fuori intervallo	Causa: il sensore Sano potrebbe essere stato sovraccaricato e ora i misuratori si trovano in uno stato di saturazione. Soluzione: Rimuovere i carichi applicati. Se gli errori persistono, proseguire con la ricerca dei guasti. Smontare il sensore. Metodi di montaggio non corretti possono causare carichi elevati sul sensore. Se persistono errori quali "F/T fuori intervallo", "Trasduttore fuori intervallo" o "Trasduttore guasto", è probabile che il sensore sia danneggiato in modo permanente a causa del sovraccarico. Eseguire un controllo di precisione (fare riferimento al 9620-05-B-Sano74) oppure consultare la <i>Sezione 4.5: Come si valuta la precisione e lo stato di salute del sensore?</i> nel documento delle Domande Frequenti (FAQ) ATI all'indirizzo: https://www.ati-ia.com/library/documents/FT_FAQ.pdf . Se il sensore non supera il controllo di precisione, restituirlo ad ATI per un'ispezione. Contattare ATI all'indirizzo ati-rma-admin@novanta.com per ottenere un'autorizzazione alla restituzione del materiale (RMA).

Sintomo: <i>Oggetto</i> <i>0x6010: Codice di stato; bit 17 o 18—</i> La precisione dell'IMU non è elevata.	Causa: gli offset di zero dell'hardware dell'IMU non sono correttamente regolati. Soluzione: Eseguire la procedura di calibrazione dinamica dell'IMU descritta nel manuale <i>9620-05-B-Sano74</i> .
--	---

Sintomo: Il sensore e/o programma EtherCAT non rispondono.	Causa: L'alimentazione del sensore è insufficiente. Soluzione: Verificare che l'alimentazione soddisfi i requisiti elencati nella Sezione 8 — Specifiche. Verificare che i cavi non siano danneggiati e che siano posati correttamente secondo quanto indicato nella Sezione Installazione del manuale 9620-05-B-Sano74. Causa: il file ESI del software non è installato correttamente o non è aggiornato. Soluzione: ATI offre diversi prodotti EtherCAT che utilizzano file ESI diversi. Scaricare l'ultimo file ESI di EtherCAT Sano dal sito web di ATI. Caricare questo file ESI nel master EtherCAT. La procedura di download del file dipende dal master. I file ESI sono indicati anche come file .XML o file di descrizione del dispositivo. Per ulteriori informazioni, consultare la Sezione 5.3 — Conversione dei dati F/T da conteggi a unità. Causa: L'hardware di terze parti non è compatibile con EtherCAT. Soluzione: Verificare che il robot/PLC/PC funga da master EtherCAT. Utilizzare i junction EtherCAT per dividere i segnali, poiché gli switch Ethernet standard non funzionano con EtherCAT. Se il dispositivo master dispone di più porte, verificare che il sensore sia collegato alla porta corretta. Alcuni PC Master EtherCAT richiedono l'installazione di driver specifici sulla porta corretta affinché il sistema possa funzionare correttamente con EtherCAT. Causa: il sensore presenta un guasto hardware o software. Soluzione: Osservare i LED del sensore Sano; fare riferimento alla Sezione 4.2 — Funzionamento normale dei LED.
Sintomo: Il sensore è collegato ma non trasmette dati	Causa: I dispositivi dell'utente non sono compatibili con la EtherCAT in tempo reale. Soluzione: Verificare che il sistema di sensori sia compatibile con la EtherCAT in tempo reale. Causa: la connessione tra il dispositivo dell'utente e il sensore è interrotta. Soluzione: Provare a effettuare una connessione diretta dal dispositivo EtherCAT dell'utente al sensore Sano. Gli switch di rete Ethernet standard non possono essere utilizzati nei sistemi EtherCAT. Se necessario, utilizzare un dispositivo di giunzione EtherCAT al posto degli switch Ethernet. Causa: il sensore ha subito un guasto hardware o software. Soluzione: Osservare i LED del sensore Sano; fare riferimento alla Sezione 4.2 — Funzionamento normale dei LED.

**Sintomo: il sensore
non fornisce dati F/T
accurati.**

Causa: il sensore potrebbe essere stato sovraccaricato oltre i limiti di calibrazione.

Per i limiti di calibrazione, consultare il manuale [9620-05-B-Sano74](#).

Soluzione: Controllare il codice di stato. I bit di errore relativi al sovraccarico sono:

2, 26, 27 e 30. Vedere la soluzione per [il sintomo — Oggetto 0x6010: Codice di stato; bit 2, 26, 27 o 30 - Fuori intervallo](#).

Causa: La configurazione del sistema del sensore non è impostata correttamente.

Soluzione: Verificare che l'installazione sia corretta; fare riferimento alla [Sezione 3 — Installazione](#) oppure contattare ATI per assistenza.

Causa: il sensore non è installato correttamente; ad esempio: sono stati utilizzati elementi di fissaggio non adeguati, oppure il sensore non è montato su una superficie piana e rigida.

Soluzione: Verificare che il sensore sia installato correttamente; fare riferimento alle sezioni *"Installazione"* e *"Risoluzione dei problemi"* nel manuale [9620-05-B-Sano74](#).

Causa: Accoppiamento meccanico — un oggetto esterno, come un utensile del cliente o un'attrezzatura ausiliaria, entra in contatto con la superficie del sensore tra il lato di montaggio e il lato dell'utensile.

Soluzione: Rimuovere eventuali detriti tra il lato utensile e la piastra di interfaccia. Gestire correttamente cavi e tubi flessibili; non collegarli in modo troppo stretto tra il lato di montaggio e il lato utensile del sensore.

Qualsiasi elemento che entri in contatto con superfici quali il foro passante nel sensore o le piastre di copertura su entrambi i lati del sensore induce un carico o un movimento che potrebbe causare dati F/T imprecisi.

Sintomo: I valori non corrispondono a quelli previsti; ad esempio: i valori F/T sono fluttuanti ma sono superiori a un carico applicato noto.

Causa: l'utente potrebbe visualizzare i dati degli estensimetri anziché i dati F/T.

Soluzione: *L'oggetto 0x6030: Dati del trasduttore* riporta i dati del trasduttore di deformazione. I dati del trasduttore non presentano una correlazione 1:1 con i dati degli assi F/T. Per visualizzare i dati F/T, fare riferimento *all'oggetto 0x6000: Dati di lettura*.

Causa: il sensore fornisce dati in conteggi. I conteggi devono essere divisi per i "Conteggi per forza" (CpF) o i "Conteggi per coppia" (CpT) per convertirli in unità di calibrazione (come N e Nm).

Soluzione: Verificare se l'utente o il software dell'utente sta ridimensionando i valori di forza e coppia per convertirli in unità. Utilizzare i valori CpF e CpT per convertire i valori grezzi di forza e coppia in unità. Per i valori CpF e CpT, fare riferimento alla *Sezione 5.2.2 — Oggetto 0x2021: Calibrazione*.

Causa: Se i valori F/T grezzi sono già convertiti in unità e i valori risultano elevati o privi di senso, verificare che il sensore non si trovi in una delle seguenti condizioni: saturazione, sensore fuori range o F/T fuori range.

Controllare il codice di stato del sensore; fare riferimento alla *Sezione 5.2.8 — Oggetto 0x6010: Codice di stato*.

Soluzione: Se i valori superano l'intervallo di calibrazione del sensore ATI specificato nel manuale *9620-05-B-Sano74*, i valori riportati non sono corretti. Per ulteriori informazioni, consultare la *Sezione 2.1: Intervallo di misurazione e limiti di sovraccarico* nel documento ATI delle Domande frequenti (FAQ) disponibile all'indirizzo: https://www.ati-ia.com/library/documents/FT_FAQ.pdf.

Sintomo: I valori iniziali di F/T iniziali sono diversi da zero e non è applicato alcun carico.

Normale. Applicare una polarizzazione al sensore per riportare tutti i valori F/T a zero.

7.4 Riduzione del rumore

7.4.1 Vibrazioni meccaniche

In molti casi, il rumore percepito è in realtà una fluttuazione effettiva della forza e/o della coppia, causata dalle vibrazioni dell'attrezzatura o del braccio del robot. Il sensore Sano offre filtri passa-basso digitali in grado di smorzare le frequenze al di sopra di una certa soglia. Se i filtri passa-basso digitali non sono sufficienti, è possibile aggiungere un filtro digitale al software applicativo.

7.4.2 Interferenze elettriche

Per ridurre gli effetti del rumore elettrico sul sensore, procedere come segue:

- Se si osservano interferenze provenienti da motori o altre apparecchiature che generano rumore, controllare i collegamenti di terra del sensore.
- Se non è possibile garantire una messa a terra adeguata o se questa non riduce il rumore, valutare l'utilizzo dei filtri passa-basso digitali del sensore.
- Verificare che l'alimentatore sia di Classe 1 e che disponga di un collegamento a terra.

8. Specifiche

I requisiti relativi all'interfaccia del sensore EtherCAT sono descritti nelle sezioni seguenti. Per le specifiche relative ai modelli di sensori F/T ATI, consultare il manuale [9620-05-B-Sano74](#).

8.1 Specifiche elettriche

Tabella 8.1 — Alimentazione ¹			
Fonte di alimentazione	Tensione		
	Minima	Nominale	Massima
Alimentazione CC	12 V	24 V	30 V
Note: 1. L'ingresso dell'alimentatore è protetto contro l'inversione di polarità. Se l'alimentazione e la massa agli ingressi dell'alimentatore vengono collegate al contrario, la protezione contro l'inversione di polarità impedisce che l'ingresso dell'alimentatore collegato in modo errato danneggi o accenda il sensore.			