



Specifiche del controller e dei moduli input/output per lo sviluppo del sistema di controllo dell'impianto sperimentale **AGATUR**

C. Stringola, G. Messina, E. Giulietti, A. Assettati

Report RdS/PTR2019/196

Specifiche del controller e dei moduli input/output per lo sviluppo del sistema di controllo dell'impianto sperimentale AGATUR

C. Stringola, G. Messina, E. Giulietti, A. Assettati

Dicembre 2020

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico - ENEA

Piano Triennale di Realizzazione 2019-2021 - II annualità

Work package WP3: "Power to Gas" (P2G)

Linea di attività LA3.25: Integrazione P2G/sistemi generazione elettrica innovativi: fuel-flexibility – sviluppo sezione H2-AGATUR e sistemi monitoraggio combustione

Responsabile del Progetto: Giulia Monteleone - ENEA

Responsabile del Work Package: Eugenio Giacomazzi – ENEA

Indice

SOMMARIO	4
1 INTRODUZIONE	5
2 CONTROLLER COMPACT RIO NI-9035.....	6
2.1 CHASSIS ESTERNO DI ESPANSIONE NI-9147.....	7
3 MODULI INSTALLATI SUL CRIO NI-9035.....	7
3.1 MODULO NI-9485.....	8
3.2 MODULO NI-9375.....	8
3.2.1 <i>Gestione degli switch delle valvole di alimentazione combustibile della micro-turbina</i>	10
3.2.2 <i>Protezione delle uscite digitali dalle tensioni riflesse (flyback).</i>	10
3.3 MODULI NI-9266.....	11
3.4 MODULI NI-9213.....	11
3.5 MODULI NI-9208.....	12
4 MODULI INSTALLATI SULLO CHASSIS DI ESPANSIONE NI-9147.....	14
4.1 MODULO NI-9482.....	15
4.2 ULTERIORI MODULI CONFIGURABILI	16
5 STIMA DELLE POTENZE PER L'ALIMENTAZIONE DEL CRIO NI-9035 E DELL'ESPANSIONE NI-9147	16
6 CONFIGURAZIONE SOFTWARE.....	19
7 CONCLUSIONI.....	22
8 ABBREVIAZIONI ED ACRONIMI.....	23
9 ALLEGATO A.....	24
10 ALLEGATO B.....	27

Sommario

L'impianto AGATUR (*Advanced Gas Turbine Rising*) nasce con l'obiettivo di testare sperimentalmente configurazioni avanzate di cicli di potenza basati sulla turbina a gas. Per svolgere questo ruolo, al sottosistema principale, una micro-turbina a gas Turbec T100 da 100 kW elettrici, si affiancano tre sottosistemi ausiliari denominati VSL (vessel), RH2 (sistema di accumulo e alimentazione idrogeno) e RGN (rampa gas naturale). Il sistema di controllo ha la funzione eseguire le sequenze di attuazioni che consentono ai sottosistemi di interagire e di automatizzarle quando, a valle della sperimentazione, possono definirsi consolidate qualitativamente e quantitativamente. Il documento fornisce le caratteristiche e le linee guida per l'acquisizione dell'hardware e la realizzazione del software di controllo basato sul Controller Compact RIO NI-9035.

1 Introduzione

L'impianto AGATUR (Advanced Gas Turbine Rising) nasce con l'obiettivo di testare sperimentalmente configurazioni avanzate di cicli di potenza basati sulla turbina a gas. Per svolgere questo ruolo, al sottosistema principale, una micro-turbina a gas Turbec T100 da 100 kW elettrici, si affiancano tre sottosistemi ausiliari denominati VSL (vessel), RH2 (sistema di accumulo e alimentazione idrogeno) e RGN (rampa gas naturale). Tutti i sottosistemi ausiliari sono connessi dal punto di vista fluidodinamico alla micro-turbina e interagiscono con essa per riprodurre le condizioni del test sperimentale. L'interazione può definirsi "passiva" se la risposta del sottosistema nel suo normale funzionamento non modifica la performance della micro-turbina, come nel caso del sottosistema RGN, finalizzato a erogare la portata di gas naturale richiesta dalla micro-turbina ove è essa stessa a effettuare la regolazione della portata; può definirsi "attiva" quando il sottosistema influenza la performance della micro-turbina, come nel caso dei sottosistemi VSL e RH2 che modificano rispettivamente la composizione e la temperatura del fluido di lavoro aspirato dalla micro-turbina e la composizione del combustibile iniettato nel combustore. Il sistema di controllo ha la funzione eseguire le sequenze di attuazioni che consentono ai sottosistemi di interagire e di automatizzarle quando, a valle della sperimentazione, possono definirsi consolidate qualitativamente e quantitativamente. La filosofia di sviluppo del software prevede che il sistema di controllo questo possa autosostenersi, incrementando progressivamente l'automazione e riducendo al minimo l'intervento dell'operatore o, in altri termini, con una filosofia di sviluppo che consenta di gestire e colmare il salto concettuale tra il sistema di controllo distribuito (DCS), tipico degli impianti, e la Engine Control Unit (ECU) tipica dei motori. Ciò implica la necessità di un hardware versatile e compatto in grado di interfacciarsi con un linguaggio di programmazione adatto all'implementazione di algoritmi di controllo più complessi. A ciò si aggiunge la necessità di dover dialogare efficacemente con il sistema di controllo a bordo della turbina a gas, che dovrà essere "stimolato" per ottenere reazioni coerenti con i diversi assetti operativi oggetto della sperimentazione.

La velocità di elaborazione e controllo del DCS industriale già presente sull'impianto AGATUR non è sufficiente a garantire sequenze di elaborazione e attuazione con tempi inferiori ai 5 ms. Performance così spinte diventano indispensabili, quando il sistema di controllo si configura come supervisore, ovvero invia istruzioni che si sovrappongono o si innestano nella catena di controllo locale di un sottosistema. Sull'impianto AGATUR questa specifica situazione si verifica nella sequenza di *switch* del sistema di alimentazione del combustibile della turbina a gas, dove il segnale che normalmente il PLC della macchina invia alle valvole di regolazione del combustibile, viene intercettato, elaborato, duplicato e inviato ricondizionato a due distinti sistemi di valvole che lavorano simultaneamente. Di fatto, si tratta in questo caso di una strategia di supervisione tanto efficace quanto invasiva, perché il sistema di supervisione, oltre a modificare il segnale originariamente emesso dal PLC della turbina, ritarda la chiusura del *loop* di controllo originario. In questa specifica situazione, è stato dimostrato nelle attività svolte dagli stessi autori nel piano triennale precedente che task di supervisione superiori ai 5 ms rendono instabile la turbina a gas con conseguenze che possono spaziare tra la mancata accensione, la mancata presa di carico e lo spegnimento. Lo scopo di questo documento è la definizione delle specifiche tecniche per la progettazione e la realizzazione dell'hardware del sistema di controllo dell'impianto AGATUR. Vengono trattate nel dettaglio le caratteristiche del controller Compact RIO (cRIO) e dei relativi moduli I/O (Input/Output), acquisiti per lo sviluppo del prototipo del supervisore che integrerà le automazioni dei sottosistemi dell'impianto AGATUR.

2 Controller Compact RIO NI-9035

Il sistema CompactRIO (cRIO) è un controller PLC/PAC industriale Real-Time con un processore e un FPGA (Field Programmable Gate Array) programmabile dall'utente che può essere configurato inserendo uno o più moduli di I/O. I PLC (Programmable Logic Controller) ed i PAC (Programmable Automation Control) svolgono fondamentalmente la stessa funzione e vengono adattati per essere utilizzati nell'industria con l'obiettivo di monitorare e controllare le strumentazioni di automazione. I PAC sono sistemi di ultima generazione con una struttura più complessa e quindi capaci di svolgere operazioni più articolate. La differenza principale tra PLC e PAC riguarda la programmazione. I PLC si basano su un linguaggio di programmazione che utilizza simboli che rappresentano uno schema elettrico di relay, una forma di programmazione sequenziale che risulta meno flessibile. I PAC invece sono programmati con linguaggi evoluti quindi risultano più adattabili a diverse situazioni, necessità e condizioni di lavoro. I PAC assicurano una programmazione più flessibile e adattabile a situazioni contingenti, e sono più performanti rispetto ai PLC poiché possono svolgere più azioni contemporaneamente senza incidere sulle prestazioni e sull'affidabilità. I sistemi cRIO forniscono funzionalità di elaborazione avanzate, I/O specifici per i sensori e software integrato, e sono ideali per le applicazioni di controllo e di monitoraggio. I moduli I/O forniscono connettività diretta ai vari sensori e trasduttori. Per quanto riguarda il controller si è individuato il seguente prodotto:

➤ cRIO-9035 (Figura 1)

- Controller Compact RIO (cRIO) a 8 slot
- 4 GB di memoria
- Kintex-7 70T FPGA
- 1.33 GHz di CPU dual-core
- 1 GB di DRAM
- due porte Gigabit Ethernet
- due porte USB host
- una USB device
- due seriali connettore RJ45, di cui una RS485 MODBUS
- una Mini Display Port



Figura 1. Controller cRIO-9035. A sinistra schema del pannello frontale, porte e connettori. A destra vista d'insieme.

cRIO-9035 è un controller embedded Real-Time ideale per applicazioni di controllo e monitoraggio. Include un FPGA (*Field Programmable Gate Array*) e un processore Real-Time con sistema operativo NI Linux Real-Time che offre un vasto ecosistema software.

2.1 Chassis esterno di espansione NI-9147

Il cRIO-9035 può alloggiare 8 moduli I/O C Series che, tuttavia, sono risultati insufficienti a gestire il numero di canali previsti dal sistema di controllo. È stato pertanto acquisito uno chassis esterno di espansione **NI-9147** (Figura 2) successivamente installato all'interno dello stesso quadro di alloggiamento del cRIO, che consente l'installazione di ulteriori 4 moduli I/O.



Figura 2. Chassis Ethernet di espansione NI-9147. A sinistra schema del pannello frontale, porte e connettori. A destra vista d'insieme.

3 Moduli installati sul cRIO NI-9035

Gli alloggiamenti del cRIO (NI 9035) prevedono l'alloggiamento di moduli plug-in I/O della Serie C, progettati come moduli di misura autonomi. Il cRIO installato sull'impianto AGATUR è stato configurato come illustrato in **Figura 3**, mentre in **Tabella 1** vengono riportate nel dettaglio le caratteristiche dei moduli installati.

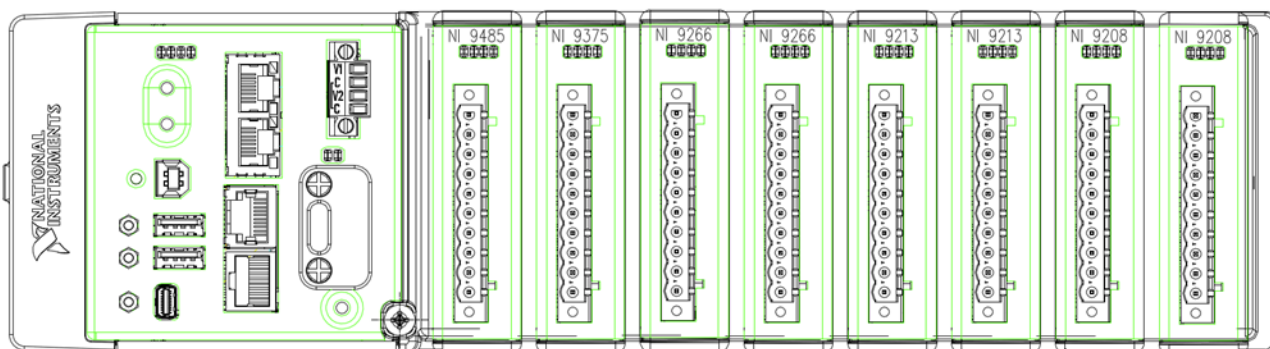


Figura 3. Schema del cRIO-9035 con indicazione dei moduli I/O selezionati e dei rispettivi alloggiamenti.

Tabella 1. Moduli installati sul cRIO NI-9035.

Quantità	Cod. prodotto	Modello	Tipi di I/O	Note
1	779600-01	NI-9485	8 Solid State Rly	Max 60VDC/30Vrms 0.75 A/Ch su 8Ch 1.2 A/Ch su 4 Ch
1	785192-01	NI-9375	16DI + 16DO	Logic Level at 24 VDC OFF state ≤ 5 V ON state ≥ 10 V Max 330 μ A/Ch
2	785046-01	NI-9266	8 AO 0-20mA	Open-loop detection Vsup 9 V DC to 30 V DC Vsup to COM all Chs o Ch to COM Compliance Voltage ¹ 12V Max load = 600 Ω
2	785185-01	NI-9213	16 TC	ThermoCouple types: J, K, T, E, N, B, R, S 50 nA/Ch
2	785041-01	NI-9208	16 AI ± 20 mA	Vsup pins for external power routing (2 A/30 V max) Aix to COM for Loop-NonPowered Current Trasducer Aix to Vsup for Loop-Powered Current Trasducer Max 22mA

3.1 Modulo NI-9485

Il modulo relè NI-9485 (**Figura 4**) ad 8 canali², permette di gestire le attuazioni ON/OFF per le seguenti valvole dell'impianto AGATUR: XV171, XV107, XV152, XV127, XV126 e XV045. Di seguito la sintesi delle caratteristiche del modulo:

- **NI-9485** (codice prodotto: **779600-01**)
 - 8 canali, relay SSR (solid state relay)
 - segnali di tensione fino a 60 VDC/30 Vrms
 - corrente di switch fino a 750mA per canale
 - isolamento canale-canale
 - range operativo -40 °C to 70 °C, 5 g vibrazione, e 50 g shock
 - connessione diretta ad un'ampia gamma di dispositivi industriali come motori, attuatori e dispositivi DC.

Ad seguito di un controllo effettuato con la società fornitrice delle valvole ON/OFF, per la XV107 risultano assorbimenti di potenza compresi tra 8W ed 12W. Considerata la tensione di alimentazione pari a 24V, la corrispondente intensità di corrente è normalmente pari a circa 350 mA, con valore massimo pari a circa 500mA. Tali valori sono quindi coerenti con il modulo scelto, che consente di erogare 750 mA per canale su tutti gli 8 canali simultaneamente.

3.2 Modulo NI-9375

Il modulo NI-9375 (**Figura 5**) è stato configurato per la gestione dei fine-corsa (DI) ZSH103, ZSH171, ZSL171, ZSL107OF, ZSL107R, ZSL152, ZSH152, ZSL127, ZSH127, ZSL126, ZSH126 e dell'allarme (DO) XA50. Di seguito la sintesi delle caratteristiche del modulo:

- **NI-9375** (codice prodotto: **785192-01**)
 - 16 canali DI (ingresso sinking)

¹ La tensione massima che la sorgente di corrente (AO) può fornire al carico (600 Ω x 20mA = 12V).

² Non è dotato di led di stato come l'equivalente modulo a 4 canali.

- ogni linea di ingresso digitale (DI) è compatibile con livelli logici a 24 V
- collegamento diretto a un'ampia gamma di switch industriali, trasduttori e altri dispositivi.

Il modulo NI-9375 fornisce isolamento tra i banchi di ingresso e uscita da canale a terra. I canali DI hanno una elevata impedenza di ingresso, pertanto il loro assorbimento è trascurabile.

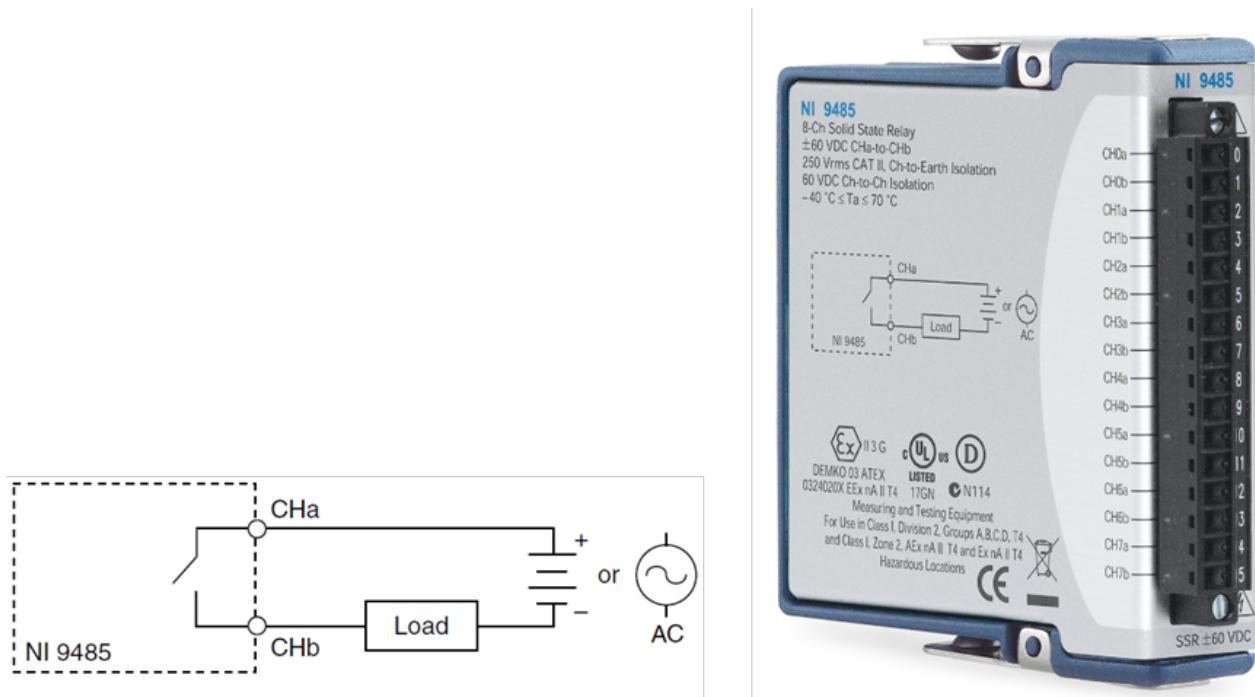


Figura 4. Modulo NI-9485 a 8 canali. A sinistra schema collegamenti. A destra vista d'insieme.

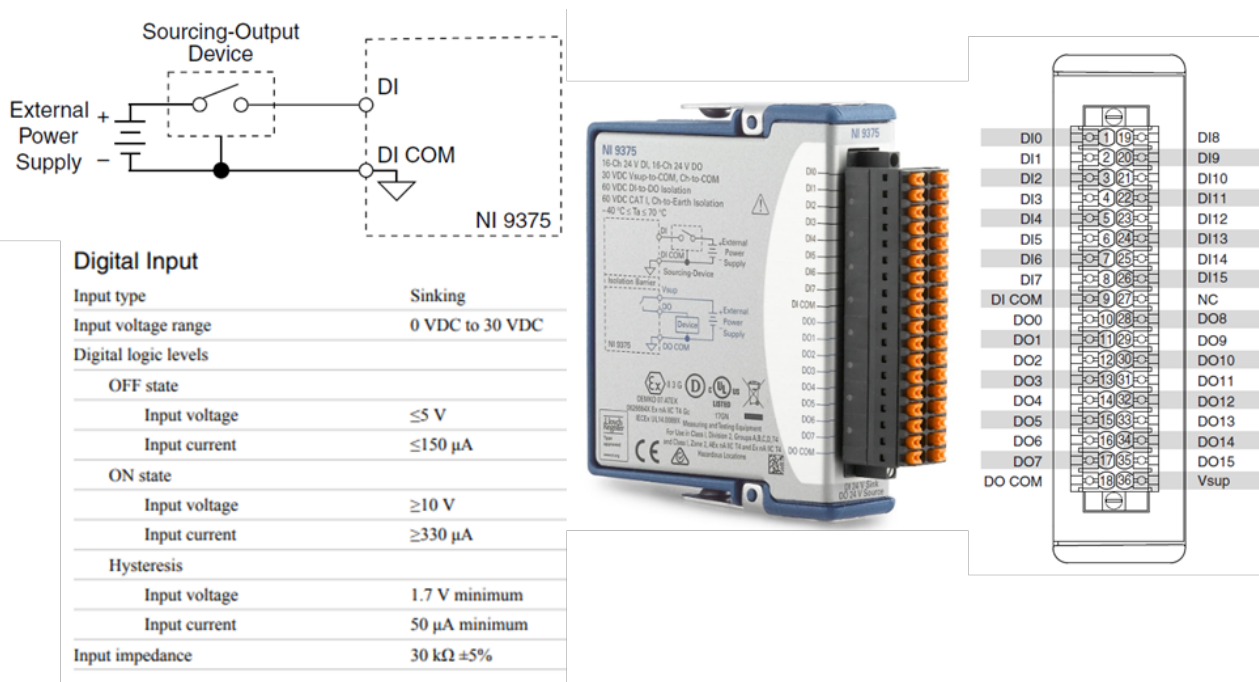


Figura 5. Modulo NI-9375 a 16 canali DI e 16 canali DO. In alto a sinistra schema collegamenti. In basso a sinistra schema riassuntivo delle caratteristiche. Al centro vista d'insieme. A destra schema morsetti.

3.2.1 Gestione degli switch delle valvole di alimentazione combustibile della micro-turbina

L’assetto fuel-flexibility della micro-turbina a gas dell’impianto AGATUR è controllato mediante una coppia di segnali DO verso gli switch asserviti alle valvole di alimentazione CH4, *main* e *pilot*, e H2 *main* (**Figura 6**). Nello specifico, vengono impiegati 2 segnali DO che tramite opportuni relè esterni deviano 3 coppie di collegamenti (Main CH4, Pilot CH4, ed H2). Anche per i canali DO si può utilizzare la tensione a 24V per l’apertura/chiusura contatti sui DO. La coppia di segnali DO non richiede correnti eccessive, dato che i relay dello *switch* vengono eccitati con tensione a 24V e corrente $I_{max} < 125\text{mA}$.

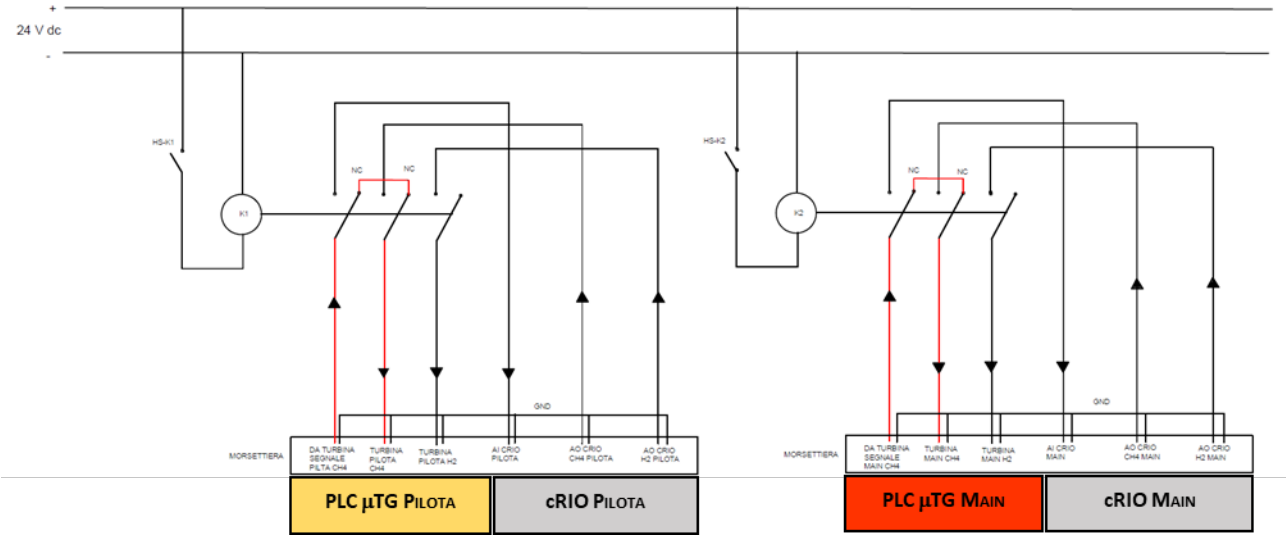
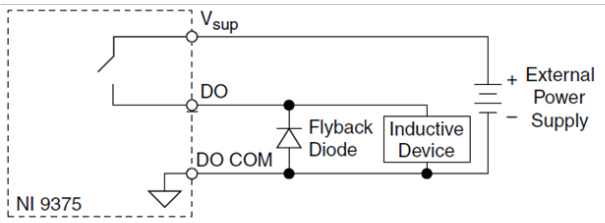


Figura 6. Schema della gestione dello switch dalla condizione operativa standard (NC, relay normalmente chiuso) all’assetto fuel-flexibility, sia per la linea Pilot (morsettiera a sinistra) che per la linea Main (morsettiera a destra) della micro-turbina a gas.

3.2.2 Protezione delle uscite digitali dalle tensioni riflesse (flyback).

Se il canale sta commutando un dispositivo induttivo o di immagazzinamento dell’energia come un solenoide, un motore o un relè e il dispositivo non ha protezione flyback, è opportuno installare un diodo flyback esterno.



Digital Output

Output type	Sourcing
Power-on output state	Channels off
External power supply voltage range (Vsup)	6 VDC to 30 VDC
Continuous output current (I _O)	
NI 9375 with spring terminal	
All channels on	125 mA maximum (per channel)
One channel on	500 mA maximum
Per module	0.25 A ²
NI 9375 with DSUB	
All channels on	100 mA maximum (per channel)
One channel on	400 mA maximum
Per module	0.16 A ² maximum
Output impedance (R _O)	0.3 Ω maximum
Output voltage (V _O)	Vsup - (I _O R _O)
Reversed-voltage protection	None
Current limiting	None
Vsup current consumption	18 mA

Figura 7. A sinistra, schema per il collegamento del diodo flyback. A destra, schema riassuntivo delle caratteristiche dei DO del modulo NI-9375.

3.3 Moduli NI-9266

I due moduli AO NI-9266 sono stati configurati per la regolazione 0/4 - 20mA degli attuatori FY103, FY107, SV201CR, SV202CR, SV203CR, SV204CR, FCV045, FCV046, PCV073. Di seguito la sintesi delle caratteristiche dei moduli:

➤ **NI-9266** (codice prodotto: **785046-01**)

- 8 canali AO in corrente nel range 0-20mA
- rilevamento loop aperto incorporato e output zeroing per consentire una maggiore protezione e per evitare l'attivazione degli attuatori all'accensione del sistema
- barriera a isolamento a terra (da canale a terra) per la sicurezza e per l'isolamento dal rumore.

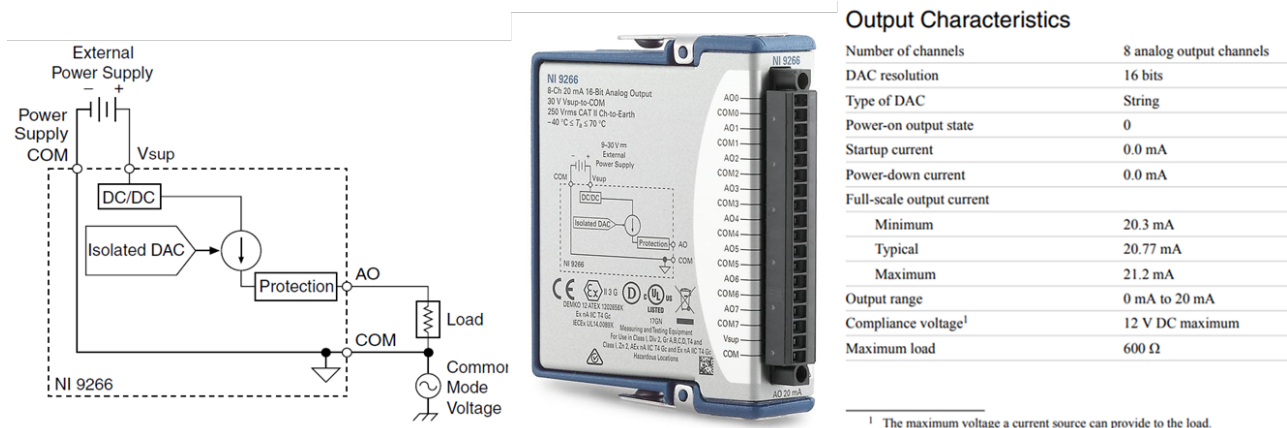


Figura 8. Modulo NI-9266 a 8 canali AO. A sinistra schema dei collegamenti. Al centro vista d'insieme. A destra schema riassuntivo delle caratteristiche degli AO.

3.4 Moduli NI-9213

I due moduli NI-9213 sono configurati per la lettura diretta delle termocoppie. Ciascun modulo è dotato di 16 ingressi, quindi per la lettura delle 25 termocoppie installate sul combustore *dual-fuel*, sono stati installati due moduli identici. NI-9213 è un modulo di ingresso termocoppia a densità elevata progettato per sistemi con elevato numero di canali; include calibrazione tracciabile NIST e una barriera a doppio isolamento a terra



Figura 9. Modulo NI-9213 a 16 ingressi TC. A sinistra schema dei collegamenti. Al centro vista d'insieme. A destra schema della morsettiera.

(da canale a terra) per la sicurezza, l'isolamento dal rumore e intervalli elevati di tensione di modalità comune. Il collegamento delle termocoppie è stato realizzato con collegamento diretto senza passaggio dalla morsetteria del quadro elettrico di alloggiamento. Di seguito la sintesi delle caratteristiche dei moduli:

- **NI-9213** (codice prodotto: **785185-01**)
 - 16 canali input di temperatura
 - 75 S/s aggregato, $\pm 78 \text{ mV C}$
 - filtri anti-aliasing
 - rilevamento termocoppia aperta
 - compensazione del giunto freddo per misure di termocoppia ad accuratezza elevata.

Temperature Measurement Accuracy

Measurement sensitivity ³	
High-resolution mode	
Types J, K, T, E, N	$<0.02 \text{ }^{\circ}\text{C}$
Types B, R, S	$<0.15 \text{ }^{\circ}\text{C}$
High-speed mode	
Types J, K, T, E	$<0.25 \text{ }^{\circ}\text{C}$
Type N	$<0.35 \text{ }^{\circ}\text{C}$
Type B	$<1.2 \text{ }^{\circ}\text{C}$
Types R, S	$<2.8 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Voltage measurement range	$\pm 78.125 \text{ mV}$
Temperature measurement ranges	Works over temperature ranges defined by NIST (J, K, T, E, N, B, R, S thermocouple types)

Figura 10. Modulo NI-9213 a 16 ingressi TC. Schema riassuntivo delle caratteristiche delle termocoppie collegabili.

3.5 Moduli NI-9208

I due moduli NI-9208 sono configurati per la lettura in formato 4-20 mA di 7 termocoppie condizionate con moduli DAT2015 e di ulteriori 14 segnali AI relativi ad altrettanti punti di misura di portata e pressione. NI-9208 è progettato secondo le specifiche dei sistemi industriali. Include un elevato numero di canali che permette di ridurre il numero di moduli, lasciando slot liberi per altri tipi di misura con notevole riduzione in termini di costi e dimensioni di sistema. I due moduli utilizzati sono provvisti di 16 canali AI ($\pm 20 \text{ mA}$) ciascuno.

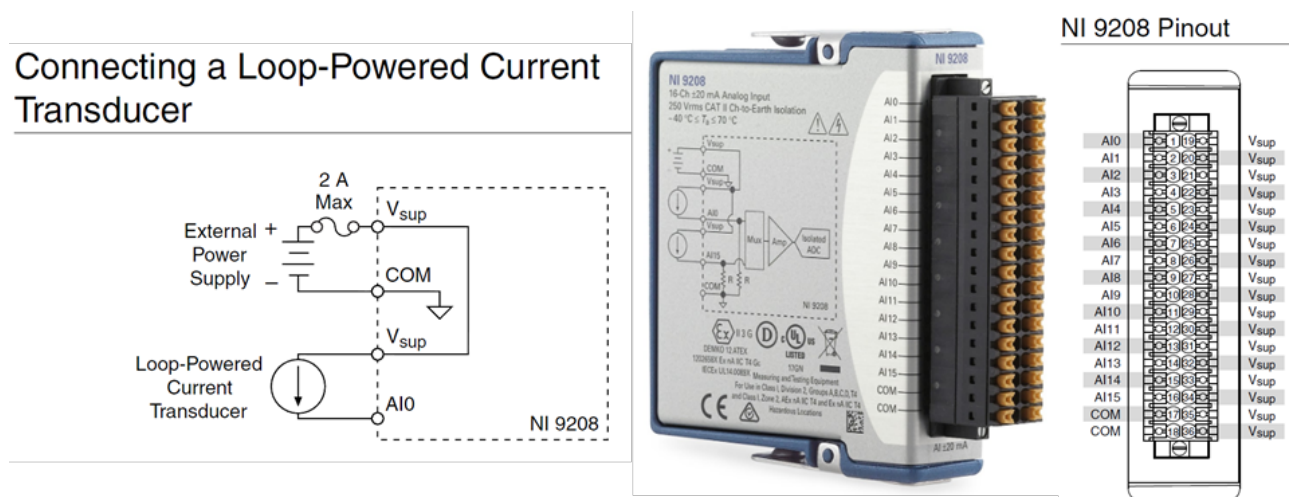


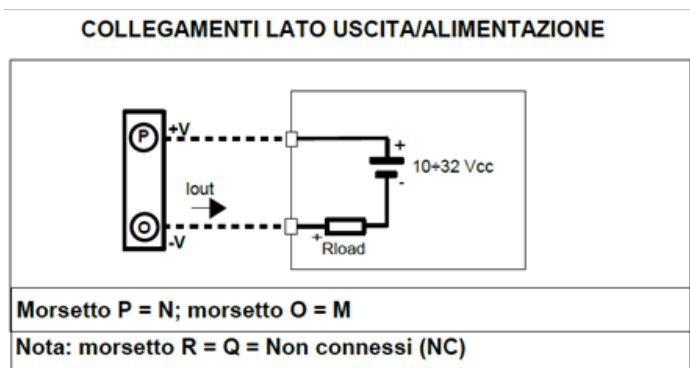
Figura 11. Modulo NI-9208 a 16 ingressi AI $\pm 20 \text{ mA}$. A sinistra schema dei collegamenti. Al centro vista d'insieme. A destra schema della morsetteria.

I due moduli possono essere impiegati con "collegamento a due fili" a loop alimentato (segnale $\pm 20 \text{ mA}$ in ingresso ed alimentazione 24V), e possono gestire anche segnali AI non alimentati effettuando adeguato collegamento. È comunque buona norma distinguere il loop alimentati da quelli non alimentati impiegando moduli distinti. I sensori che devono essere alimentati con *loop a 2 fili* devono essere collegati tra i pin AIx e V_{sup} , mentre i sensori che sono alimentati con *loop a 4 fili* (perché hanno una alimentazione separata) vanno collegati tra i pin AIx e COM. Nello schema viene indicata anche l'opportunità di inserire un fusibile in serie

all'alimentazione esterna (External Power Supply) di 2 A Max; ciò significa che su 1 singolo dei 16 canali la corrente non può superare $2A/16Ch = 125 \text{ mA/Ch}$. Di seguito la sintesi delle caratteristiche dei moduli:

- **NI-9208** (codice prodotto: **785041-01**)
 - 16 canali input in corrente $\pm 21.5 \text{ mA}$
 - 500 S/s da dividere sul numero di canali
 - 24-Bit di risoluzione
 - reiezione 50/60 Hz per rimuovere i rumori a bassa frequenza.

È stato necessario utilizzare la tecnica a 2 fili (segnale in ingresso, alimentazione 24V in uscita) per le 7 termocoppie condizionate da Junction Box (JB), a causa dell'alimentazione da fornire ai condizionatori DAT 2015 che richiedono una potenza di circa 1 Wmax/Ch ($P = V^2/R_{load} = 24^2/700 = 0.82 \text{ W}$, $I = V/R_{load} = 24/700 = 34 \text{ mA/Ch}$). (**Figura 12**).



Alimentazione

Tensione di alimentazione 10 .. 32 Vcc
Protezione invers. polarità 60 Vcc max

Caratteristica di carico - Rload (carico in serie al loop di ingresso in funzione della tensione di alimentazione del loop stesso)

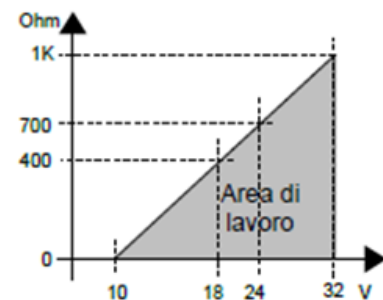


Figura 12. Caratteristica di carico in funzione dell'alimentazione del trasmettitore DAT2015.

Il circuito di ingresso dell'NI 9208 (**Figura 13**) mostra un valore dell'impedenza di ingresso pari ad 85Ω , a cui si deve sommare l'impedenza della linea di misura, e comunque ampiamente al di sotto del valore massimo supportato dal DAT2015.

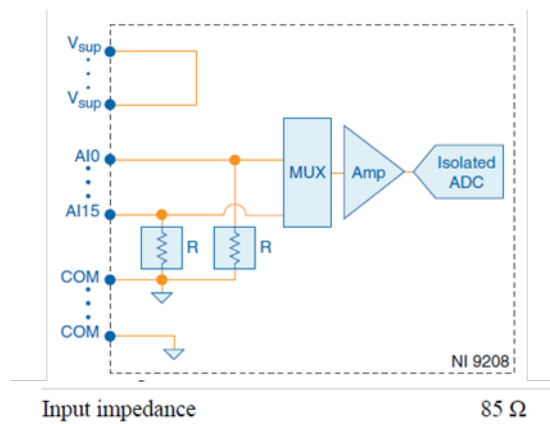


Figura 13. Impedenza di ingresso - Rload - per il DAT2015 dei canali AI del modulo NI 9208.

È possibile, inoltre, effettuare un collegamento per trasduttori in corrente a 3 fili con alimentazione, come riportato nella figura successiva (**Figura 14**). Riassumendo, in un singolo modulo AI possono coesistere tre modalità di collegamento, di cui 2 con V_{sup} (2 o 3 fili) o ed una senza V_{sup} da fornire ad un trasduttore.

Connecting a Three-Wire Current Transducer

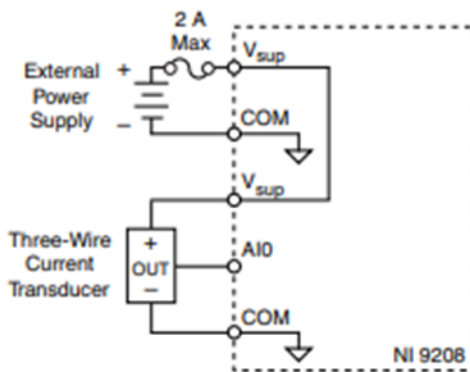


Figura 14. Schema elettrico per collegamento a 3 fili alimentato dal modulo NI-9208 per 16 AI ± 20 mA.

Di seguito si riporta la Tabella 2 riassuntiva dei canali presenti in ogni modulo installato sul cRIO, dalla quale si evince:

- Canali I/O totali: 122
- Canali I/O utilizzati: 88
- Canali I/O da predisporre su morsettiera³: 97 (122 – 25 TC collegate direttamente al cRIO)
- Canali liberi: 34.

Tabella 2. Sintesi delle alimentazioni e dei canali attivi sul cRIO NI-9035.

Modulo	NI 9485	NI 9375	NI 9266	NI 9213	NI 9208
Quantità	1	1	2	2	2
Canali	8 Rly	16 DI + 16 DO	2 x 8 AO	2 x 16 TC	2 x 16 AI
Segnali	Contatto relay	24 V	mA	TC diretta	mA
Alimentazione	V_{sup} 24 V	V_{sup} 24 V	V_{sup} 24 V	-	V_{sup} 2A/30 V
Corrente	500 mA per Ch	DO 125 mA DI $\approx$ 0 mA	22 mA per Ch	$\approx$ 0 mA	22 mA per Ch
Canali utilizzati	5	15 DI + 4 DO	10	25	29
Canali liberi	3	1 DI + 12 DO	6	7	3

4 Moduli installati sullo Chassis di espansione NI-9147

Gli alloggiamenti dello chassis di espansione (NI-9147) prevedono l'alloggiamento di moduli plug-in I/O della Serie C, progettati come moduli di misura autonomi. Lo chassis di espansione installato sull'impianto AGATUR è stato configurato come illustrato in **Figura 15**, mentre in **Tabella 3** vengono riportate nel dettaglio le caratteristiche dei moduli installati.

³ Per quanto riguarda i canali AI e AO va fatta una distinzione nel collegamento dalla morsettiera ai canali del modulo cRIO in funzione della condizione che questi richiedano alimentazione o meno.

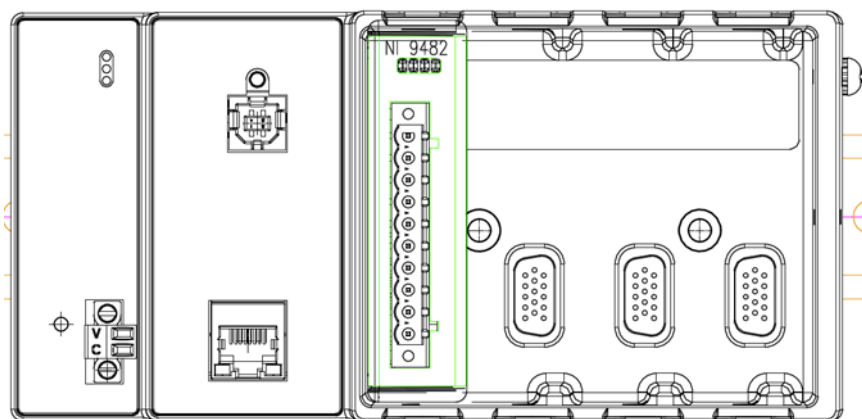


Figura 15. Schema dello Chassis di espansione NI-9147 con indicazione dei moduli I/O selezionati e dei rispettivi alloggiamenti.

Tabella 3. Moduli installati sullo Chassis di espansione NI-9147

Quantità	Cod. prodotto	Modello	Tipi di I/O	Note
1	783906-01	NI-9482	4 Solid State Rly	Max 60VDC/250Vrms 1.5 A/Ch su 4Ch 2.5 A/Ch su 1 Ch
1	785192-01	Modulo NI-9375	16DI + 16DO	Logic Level at 24 VDC OFF state ≤ 5 V ON state ≥ 10 V Max 330 μ A/Ch

4.1 Modulo NI-9482

Il modulo relè NI-9485 (**Figura 16**) a 4 canali è configurato per gestire le attuazioni ON/OFF per le seguenti valvole dell'impianto AGATUR: FV02, FV03 ed FV04. Di seguito la sintesi delle caratteristiche del modulo:

- **NI-9482** (codice prodotto: **779600-01**)
 - 4 canali, relay SSR (solid state relay)
 - segnali di tensione fino a 60 VDC (1 A) / 250 Vrms (1.5 A)
 - corrente di switch fino a 1A per canale
 - isolamento canale-canale
 - range operativo -40 °C to 70 °C, 5 g vibrazione, e 50 g shock
 - connessione diretta ad un'ampia gamma di dispositivi industriali come motori, attuatori e dispositivi DC.

Tabella 4. Sintesi delle alimentazioni e dei canali attivi sullo Chassis di Espansione NI-9147.

Modulo	NI 9482	NI 9375
Quantità	1	1
Canali	4 Rly	16 DI + 16 DO
Segnali	Contatto relay	24 V
Alimentazione	Vsup 24 V	Vsup 24 V
Corrente	500 mA per Ch	DO 125 mA DI ≈ 0 mA
Canali utilizzati	3	8 + 0
Canali liberi	1	8 DI + 16 DO

Nella **Tabella 6** sopra riportata si riassumono i canali presenti in ogni modulo installato sullo chassis di espansione:

- Canali I/O totali: 36
- Canali I/O utilizzati: 11
- Canali liberi: 25.

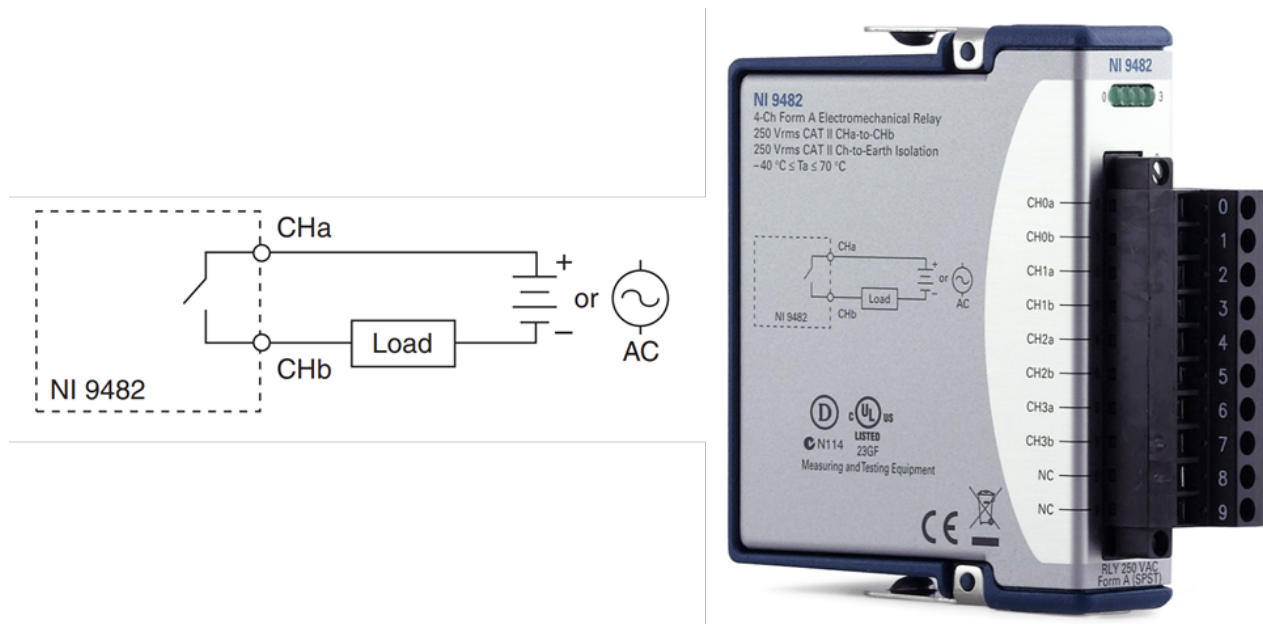


Figura 16. Modulo NI-9482 a 4 canali. A sinistra schema collegamenti. A destra vista d'insieme.

4.2 Ulteriori moduli configurabili

Future esigenze di espansione nell'acquisizione di ulteriori segnali nell'intervallo 2-10 V e segnali da RTD (*Resistance Temperature Detector*) possono essere soddisfatte senza necessariamente impegnare gli slot liberi dello chassis di espansione, avvalendosi di trasmettitori/condizionatori universali il cui ingresso sarà programmato rispettivamente in Volt ed in RTD e la cui uscita sarà programmata in 0/4-20 mA. I tal modo si utilizzeranno i canali disponibili dei **Moduli NI-9208** (AI mA) evitando sovraccaricare ulteriormente lo chassis di espansione. A titolo indicativo si riportano le caratteristiche del "Trasmettitore universale configurabile da PC DAT2015" (**Allegato B**).

5 Stima delle potenze per l'alimentazione del cRIO NI-9035 e dell'espansione NI-9147

Di seguito vengono riportate le stime degli assorbimenti massimi (**Tabella 5**) e attesi dei vari componenti del sistema, utili per il dimensionamento dell'alimentatore asservito al **Controller Compact RIO NI-9035**. L'assorbimento massimo dello chassis del cRIO con tutti gli 8 slot occupati e I/O "a riposo", ovvero il solo assorbimento dovuto alla semplice alimentazione dei moduli, è di 46 W. Con l'ausilio della **Tabella 5** si verifica che:

$$2 + 1.95 + 3.46 + 2.66 + 3.144 = 13.214 \text{ W} < 46 \text{ W}.$$

Con riferimento alla condizione peggiore, ossia tutti gli I/O attivi al massimo assorbimento richiesto all'alimentatore, con l'ausilio della **Tabella 5** si ottiene:

$$46 + 144 + 0.13 + 48 + 3.84 + 0 + 96 \cong 338 \text{ W}.$$

Una condizione più realistica è riassunta nei seguenti punti:

- l'assorbimento reale delle valvole ON/OFF presenti sull'impianto, risulta al massimo di 500 mA mentre quello tipico è pari a 350 mA. Questo fa sì che la potenza richiesta agli 8 Relays (assorbita dagli attuatori delle valvole ON/OFF) del **Modulo NI-9485** sia al massimo: $24V \times 0.5A \times 8ch = 96\text{ W}$; sarebbe buona norma non caricare tutti gli 8 canali con questi assorbimenti, ma eventualmente utilizzarli per attivare altri Relays di potenza esterni;
- i DO utilizzati nel **Modulo NI-9375** sono attualmente circa la metà, pertanto l'assorbimento richiesto da tale modulo sarà di circa 24 W;
- per gli "AI mA (Vsup)" presenti sul **Moduli NI-9208**, se l'assorbimento fosse analogo per tutti i canali alimentati (Vsup) e fosse dell'ordine di circa 1 W come per i "DAT 2015" l'assorbimento da 96 W si ridurrebbe a circa 20 W.

Tabella 5. Valori massimi delle potenze richieste per l'alimentazione dei componenti del cRIO NI-9035

Quantità	Modello	Note	Assorbimento alimentatore	Assorbimento canali
1	Controller Compact RIO NI-9035	Maximum power consumption	46 W	0 W
1	Modulo NI-9485	Power consumption from chassis 500 mW maximum (active mode). Thermal dissipation (at 70 °C) 1.5 W maximum (active mode). 8 channels, 24 V and 0.75A per channel.	2 W	144 W
1	Modulo NI-9375	Power consumption from chassis 450 mW maximum (active mode). Thermal dissipation (at 70 °C) 1.5 W maximum (active mode). 16 DI channels, 24 V and 0.33 µA per channel. 16 DO channels, 24 V and 125 mA per channel.	1.95 W	48.13 W
2	Moduli NI-9266	Power consumption from chassis 230 mW maximum (active mode). Thermal dissipation (at 70 °C) 1.5 W maximum (active mode). 8 channels, 600 Ω and 0.02 mA per channel.	3.46 W	3.84 W
2	Moduli NI-9213	Power consumption from chassis 490 mW maximum (active mode). Thermal dissipation (at 70 °C) 840 mW maximum (active mode).	2.66 W	0 W
2	Moduli NI-9208	Power consumption from chassis 282 mW maximum (active mode). Thermal dissipation (at 70 °C) 1.29 W maximum (active mode). 24 V and 2 A.	3.144 W	96 W

Il calcolo di un consumo verosimile (con tutti i canali configurati attivi) porta al seguente risultato:

$$46 + 96 + 0.13 + 24 + 3.84 + 0 + 20 \cong 190\text{ W}.$$

Pertanto, con riferimento al cRIO NI-9035 comprensivo dei moduli scelti, è stato individuato il seguente alimentatore:

- **NI PS-16** (codice prodotto: **781094-01**); tensione in ingresso 240 VAC; tensione di uscita 24 VDC e 10 A; potenza fornita 240 W (> 190 W).

Di seguito vengono riportate le stime degli assorbimenti massimi (**Tabella 6**) e attesi dei vari componenti del sistema, utili per il dimensionamento dell'alimentatore asservito allo **Chassis esterno di espansione NI-9147**:

$$2.08 + 1.95 = 4.03 \text{ W} < 11 \text{ W}.$$

Per quanto riguarda la condizione peggiore degli assorbimenti, ossia tutti gli I/O attivi al massimo assorbimento richiesto all'alimentatore, si ottiene:

$$11 + 72 + 0.13 + 48 \cong 131 \text{ W}$$

Una condizione più realistica è riassunta nei seguenti punti:

- l'assorbimento reale delle valvole ON/OFF presenti sull'impianto, risulta al massimo di 500 mA e quello tipico di 350 mA. Questo fa sì che la potenza richiesta ai 3 Relays (assorbita dagli attuatori delle valvole ON/OFF) del **Modulo NI-9482** sia al massimo: $24\text{V} \times 0.5\text{A} \times 3\text{ch} = 36 \text{ W}$;
- ulteriori DO non sono ancora previsti, quindi si possono non includere i relativi 48 W di assorbimento massimo;

Il calcolo di un consumo verosimile (con tutti i canali configurati attivi) porta al seguente conteggio:

$$11 + 36 + 0.13 \cong 47 \text{ W}$$

Quindi, per quanto riguarda lo **Chassis esterno di espansione NI-9147** comprensivo dei Moduli scelti, è stato individuato il seguente alimentatore:

- **NI PS-15** (codice prodotto: **781093-01**); tensione in ingresso 240 VAC; tensione di uscita 24 VDC e 5 A; potenza fornita = 120 W (> 47 W).

Tabella 6. Valori massimi delle potenze richieste per l'alimentazione dei componenti dello Chassis NI-9147

Quantità	Modello	Note	Assorbimento alimentatore	Assorbimento canali
1	Chassis esterno di espansione NI-9147	Maximum power input	11 W	0 W
1	Modulo NI- 9482	Power consumption from chassis 580 mW maximum (active mode). Thermal dissipation (at 70 °C) 1.5 W maximum (active mode). 4 channels, 24 V and 0.75 A per channel.	2.08 W	72 W
1	Modulo NI- 9375	Power consumption from chassis 450 mW maximum (active mode). Thermal dissipation (at 70 °C) 1.5 W maximum (active mode). 16 DI channels, 24 V and 0.33 µA per channel. 16 DO channels, 24 V and 125 mA per channel.	1.95 W	48.13 W

6 Configurazione Software

Attualmente è stata installata la versione 2018 SP1 di LabVIEW Professional (**Figura 17**), tuttavia si prevede a breve un aggiornamento ad una più recente. Oltre a LabVIEW sono stati utilizzati i seguenti add-on:

- **Datalogging and Supervisory Control (DSC) Module**
DSC Module permette di sviluppare un sistema di controllo e di monitoraggio distribuito con migliaia di tag. Include strumenti per il data logging su un database cronologico in rete, per tracciare andamenti storici e in tempo reale (**Figura 18**), gestire allarmi ed eventi, connettere in rete target LabVIEW Real-Time e dispositivi OPC in un unico sistema.
- **Real-Time (RT) Module**
RT Module permette lo sviluppo e l'implementazione di applicazioni real-time distribuite per applicazioni di test, monitoraggio e controllo. Il sistema operativo real-time offre affidabilità e temporizzazione precisa per i sistemi stand-alone.
- **Field Programmable Gate Array (FPGA) Module**
FPGA Module consente di sviluppare e eseguire il debug della logica hardware personalizzata che è possibile compilare e distribuire su hardware FPGA NI.
- **NI Device Drivers**
NI Device Drivers è un pacchetto che include la maggior parte dei driver degli strumenti NI, inclusi i sistemi RT cRIO.

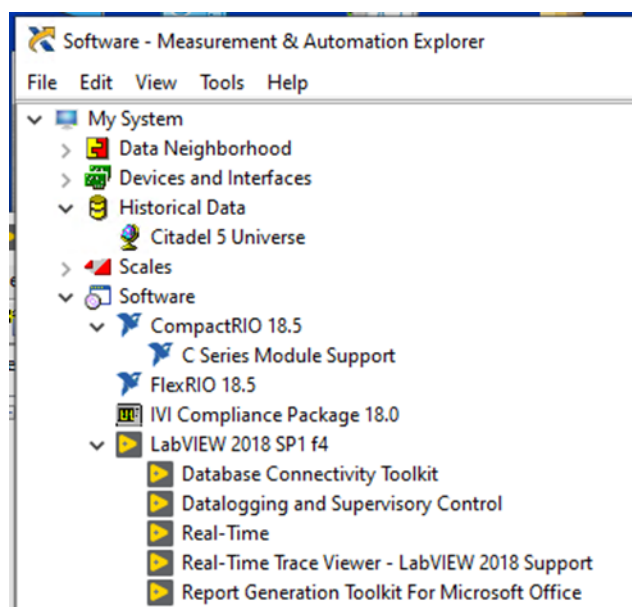


Figura 17. Particolare del tool per la verifica del software installato.

Di seguito una breve descrizione della configurazione Software. Una volta inserito nel progetto LabVIEW il cRIO 9035, configurandone opportunamente l'indirizzo IP, su di esso deve essere eseguito il download della versione raccomandata del Software Real-Time; in questo caso si è installata la versione 18.5 di "NI CompactRIO" (**Figura 19**).

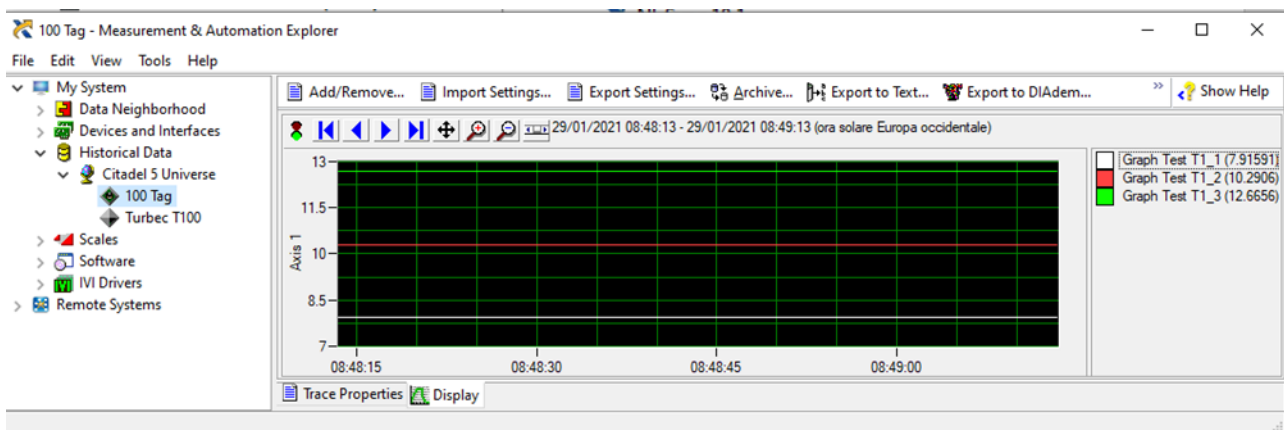


Figura 18. Particolare dell'interfaccia per l'accesso al database online/storico dei Tag di Impianto.

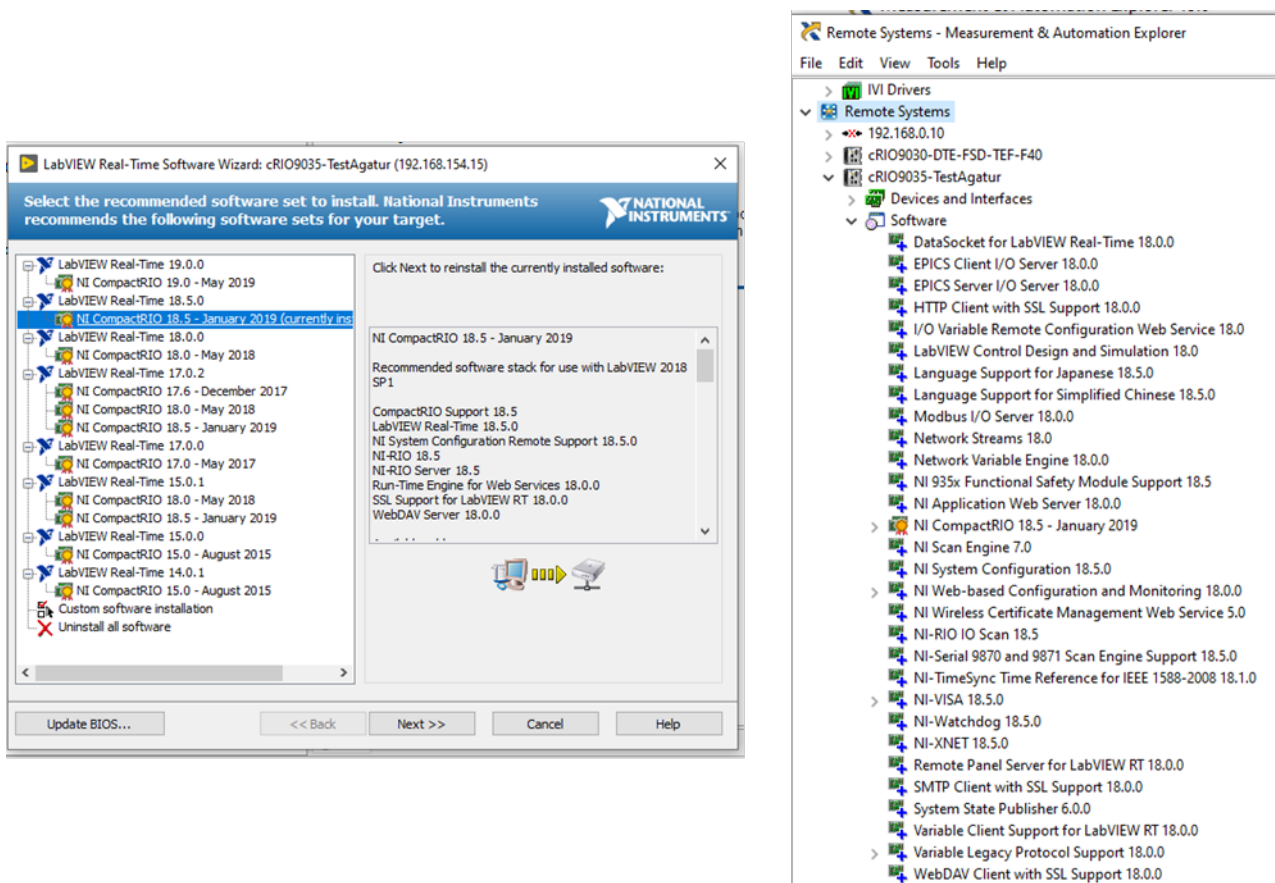


Figura 19. A sinistra Wizard per l'installazione del software. A destra verifica online su cRIO.

È stato predisposto un progetto di massima (Figura 20), in cui sono stati configurati:

- una serie di cartelle per la suddivisione della documentazione, dei VI (Virtual Instruments) di singoli moduli software e VI di Test;
- una serie di librerie (estensione dei file .lvlib), in cui sono raggruppate le variabili di impianto;
- i moduli di I/O sullo Chassis cRIO-9035;
- la gestione via Modbus della microTurbina Turbec T100.

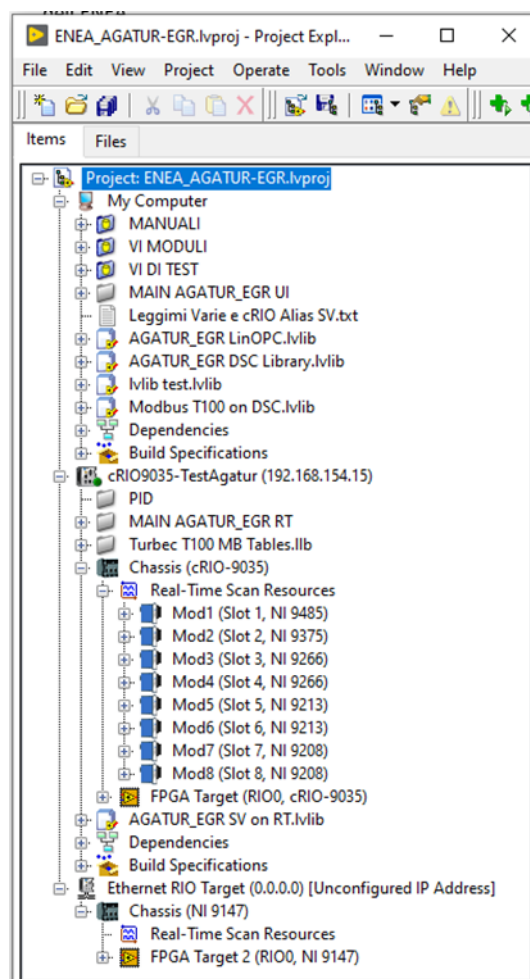


Figura 20. Struttura del progetto ENEA_AGATUR-EGR.

Si possono individuare tre rami principali:

- un computer di sviluppo e di supervisione (My Computer);
- un Real Time target device (cRIO 9035);
- un Ethernet RIO target device (NI 9147) per quanto riguarda lo Chassis aggiuntivo.

Inoltre b) e c) sono ancora suddivisibili in:

- Real Time Scan Resource;
- FPGA Target.

L'attuale impostazione del progetto prevede l'utilizzo dei moduli nelle modalità "Real Time Scan resource", mentre la modalità FPGA (più perforante in termini di velocità di controllo, ma meno flessibile i termini di sviluppo) per il momento è solo predisposta.

7 Conclusioni

Il documento fornisce le caratteristiche e le linee guida per la progettazione del sistema di controllo basato sul **Controller Compact RIO NI-9035** necessario a implementare le sequenze di attuazioni per l'integrazione dei sottosistemi dell'impianto AGATUR e la loro gestione a livello di sistema.

L'attività descritta nel presente documento, svolta durante questa seconda annualità del Piano Triennale di Realizzazione 2019-2021 si è concretizzata nell'emissione delle specifiche per l'approvvigionamento, nell'acquisizione, nell'installazione e nel primo avviamento del **Controller Compact RIO NI-9035**, dello **Chassis esterno di espansione NI-9147** e dei relativi moduli di I/O.

8 Abbreviazioni ed acronimi

cRIO	compact Reconfigurable Input Output
DCS	Distributed Control System
DI	Digital Input
DO	Digital Output
DSC	Datalogging and Supervisory Control
EB	Expansion Box
EGR	Exhaust Gas Recirculation
FPGA	Field Programmable Gate Array
I/O	Input/Output
JB	junction box
LabVIEW	Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench
MTG	Micro Turbina a Gas
NG	Natural Gas
PAC	Programmable Automation Controller
PLC	Programmable Logic Controller
RGN	Rampa gas naturale
RH2	Rampa idrogeno
RIO	Reconfigurable I/O
Rly	relay
RTD	Resistance Temperature Detector
SSR	Solid State Relay
VI	Virtual Instruments (un programma in LabVIEW è un Virtual Instruments)
VSL	Vessel
Vsup	V supply

9 Allegato A

ITEM	Descrizione	TAG	IN/OUT	UI	Range	Segnale	Alim/Liv logico	Sottosistema	Modulo cRIO	Canale	JB pin morsettiera	NOTE
1	VSL - XV171 Comando valvola	HS171	Rly	ON/OFF	0-1	0-24V	24V	Vessel	08AM1 NI-9485	CH0a/CH0b	jbox006 33/34	
2	VSL - XV107 Comando Valvola	HS107	Rly	ON/OFF	0-1	0-24V	24V	Vessel	08AM1 NI-9485	CH1a/CH1b	jbox006 41/42	
3	RGN - XV152 Comando valvola Radice CH4 Turbina	HS152	Rly	ON/OFF	0-1	0-24V	24V	Rampa CH4	08AM1 NI-9485	CH2a/CH2b	jbox003 33/34	
4	RGN - XV127 Comando CH4 Vent	HS127	Rly	ON/OFF	0-1	0-24V	24V	Rampa CH4	08AM1 NI-9485	CH3a/CH3b	jbox003 25/26	
5	RGN - XV126 Comando CH4 Turbina	HS126	Rly	ON/OFF	0-1	0-24V	24V	Rampa CH4	08AM1 NI-9485	CH4a/CH4b	jbox003 17/18	
6	RH2 - Alimentazione fungo SV01 - Sicurezza	SV01		ON/OFF	0-1	0-24V	24V	Rampa H2			jbox H2	Alimentatore dedicato
7	RH2 - FV01 Fine corsa open - Sicurezza	ZSH01	DI	Open/Close	0-1	Cont. Pulito	24V	Rampa H2	EBM2 NI-9375	D10/DI COM	jbox H2	Aggiungere EXPANSION BOX
8	RH2 - FV01 Fine corsa close - Sicurezza	ZSL01	DI	Open/Close	0-1	Cont. Pulito	24V	Rampa H2	EBM2 NI-9375	D11/DI COM	jbox H2	Aggiungere EXPANSION BOX
9	RH2 - FV02 Comando Valvola On/Off H2 - HP (alta)	FV02	Rly	ON/OFF	0-1	0-24V	24V	Rampa H2	EBM1 NI-9482	CH0a/CH0b	jbox H2	Aggiungere EXPANSION BOX
10	RH2 - FV03 Comando Valvola On/Off H2 - LP (bassa)	FV03	Rly	ON/OFF	0-2	0-24V	24V	Rampa H2	EBM1 NI-9482	CH1a/CH1b	jbox H2	Aggiungere EXPANSION BOX
11	RH2 - FV04 Comando Valvola On/Off H2 - VENT	FV04	Rly	ON/OFF	0-3	0-24V	24V	Rampa H2	EBM1 NI-9482	CH2a/CH2b	jbox H2	Aggiungere EXPANSION BOX
12	RH2 - FV03 Fine corsa open - H2 - LP (bassa)	ZSH03	DI	Open/Close	0-1	Cont. Pulito	24V	Rampa H2	EBM2 NI-9375	D12/DI COM	jbox H2	Aggiungere EXPANSION BOX
13	RH2 - FV03 Fine corsa close - H2 - LP (bassa)	ZSL03	DI	Open/Close	0-1	Cont. Pulito	24V	Rampa H2	EBM2 NI-9375	D13/DI COM	jbox H2	Aggiungere EXPANSION BOX
14	RH2 - FV04 Fine corsa open - VENT	ZSH04	DI	Open/Close	0-1	Cont. Pulito	24V	Rampa H2	EBM2 NI-9375	D14/DI COM	jbox H2	Aggiungere EXPANSION BOX
15	RH2 - FV04 Fine corsa close - VENT	ZSL04	DI	Open/Close	0-1	Cont. Pulito	24V	Rampa H2	EBM2 NI-9375	D15/DI COM	jbox H2	Aggiungere EXPANSION BOX
16	MGT - FV103 Fine corsa open	ZSH103	DI	Open/Close	0-1	Cont. Pulito	24V	MicroTurbina	08AM2 NI-9375	D113/DI COM	jbox002 27/28	
17	MGT - FV103 Fine corsa close	ZSL103	DI	Open/Close	0-1	Cont. Pulito	24V	MicroTurbina	08AM2 NI-9375	D10/DI COM	jbox002 29/30	
18	VSL - XV171 - Fine corsa open	ZSH171	DI	Open/Close	0-1	Cont. Pulito	24V	Vessel	08AM2 NI-9375	D11/DI COM	jbox006 29/30	
19	VSL - XV171 - Fine corsa close	ZSL171	DI	Open/Close	0-1	Cont. Pulito	24V	Vessel	08AM2 NI-9375	D12/DI COM	jbox006 31/32	
20	VSL - XV107 - Fine corsa open - ON/OFF	ZSH107OF	DI	Open/Close	0-1	Cont. Pulito	24V	Vessel	08AM2 NI-9375	D13/DI COM	jbox006 37/38	
21	VSL - XV107 - Fine corsa close - ON/OFF	ZSL107OF	DI	Open/Close	0-1	Cont. Pulito	24V	Vessel	08AM2 NI-9375	D14/DI COM	jbox006 39/40	
22	VSL - FV107 - Fine corsa alto (tutta aperta) - Regolazione	ZSH107R	DI	Open/Close	0-1	Cont. Pulito	24V	Vessel	08AM2 NI-9375	D15/DI COM	jbox006 81/82	
23	VSL - FV107 - Fine corsa basso (tutta chiusa) - Regolazione	ZSL107R	DI	Open/Close	0-1	Cont. Pulito	24V	Vessel	08AM2 NI-9375	D16/DI COM	jbox006 83/84	
24	RGN - XV152 Fine corsa open	ZSH152	DI	Open/Close	0-1	Cont. Pulito	24V	Rampa CH4	08AM2 NI-9375	D17/DI COM	jbox003 29/30	
25	RGN - XV152 Fine corsa close	ZSL152	DI	Open/Close	0-1	Cont. Pulito	24V	Rampa CH4	08AM2 NI-9375	D18/DI COM	jbox003 31/32	
26	RGN - XV127 Fine corsa open	ZSH127	DI	Open/Close	0-1	Cont. Pulito	24V	Rampa CH4	08AM2 NI-9375	D19/DI COM	jbox003 21/22	
27	RGN - XV127 Fine corsa close	ZSL127	DI	Open/Close	0-1	Cont. Pulito	24V	Rampa CH4	08AM2 NI-9375	D110/DI COM	jbox003 23/24	
28	RGN - XV126 Fine corsa open	ZSH126	DI	Open/Close	0-1	Cont. Pulito	24V	Rampa CH4	08AM2 NI-9375	D111/DI COM	jbox003 13/14	
29	Cumulativo Funghi Emergenza	AL_EMER	DI	Allarme	0-1	Cont. Pulito	(NON va alimentato!)	Quadro Eurotherm	08AM2 NI-9375	D112/DI COM	Eurotherm PLC? M? Ch?	DI contatto pulito no 24V
30	RH2 - FV02 Fine corsa open - H2 - HP (alta)	ZSH02	DI	Open/Close	0-1	Cont. Pulito	24V	Rampa H2	EBM2 NI-9375	D16/DI COM	jbox H2	Aggiungere EXPANSION BOX
31	RH2 - FV02 Fine corsa close - H2 - HP (alta)	ZSL02	DI	Open/Close	0-1	Cont. Pulito	24V	Rampa H2	EBM2 NI-9375	D17/DI COM	jbox H2	Aggiungere EXPANSION BOX
32	RGN - XV126 Fine corsa close	ZSL126	DI	Open/Close	0-1	Cont. Pulito	24V	Rampa CH4	08AM2 NI-9375	D115/DI COM	jbox003 15/16	
33	RLY - Comando switch Pilot CH4	HS_205	DO	ON/OFF	0-1	0-24V	24V	MicroTurbina	08AM2 NI-9375	DO0/DO COM		
34	RLY - Comando switch Main CH4	HS_206	DO	ON/OFF	0-1	0-24V	24V	MicroTurbina	08AM2 NI-9375	DO1/DO COM		
35	RLY - Comando relay spare	HA_300	DO	ON/OFF	0-1	0-24V	24V	SPARE	08AM2 NI-9375	DO2/DO COM		
36	RLY - Comando relay spare	HA_301	DO	ON/OFF	0-1	0-24V	24V	SPARE	08AM2 NI-9375	DO3/DO COM		
37	MGT - Regolazione portata outlet compressore	FY103	AO mA	%	0-100	4-20mA	24V	MicroTurbina	08AM3 NI-9266	AO0/COM	jbox002 25/26	
38	VSL - Regolazione portata gas outlet vent 107	FY107	AO mA	%	0-100	4-20mA	24V	Vessel	08AM3 NI-9266	AO1/COM	jbox006 79/80	
39	RH2 - CAVO Alimentazione Gruppo Misura PTC03						24V	Rampa H2			jbox H2	Alimentatore dedicato
40	RH2 - CAVO Alimentazione Gruppo Misura FTC02						24V	Rampa H2			jbox H2	Alimentatore dedicato
41	RH2 - CAVO Alimentazione Gruppo Misura FTC01						24V	Rampa H2			jbox H2	Alimentatore dedicato

Figura 21. Lista dei segnali del quadro elettrico collegati ai moduli installati su Controller Compact RIO NI-9035 e Chassis esterno di espansione NI-9147 (1 di 3).

ITEM	Descrizione	TAG	IN/OUT	UI	Range	Segnale	Alim/Liv logico	Sottosistema	Modulo cRIO	Canale	JB pin morsettiera	NOTE
42	MGT - 201 segnale cRIO Turbina CH4 pilot valve	SV201CR	AO mA	%	0-100	0-20mA	24V (esterna)	MicroTurbina	08AM4 NI-9266	AO0/COM	Morsettiera Turbec	
43	MGT - 202 segnale cRIO Turbina CH4 main valve	SV202CR	AO mA	%	0-100	0-20mA	24V (esterna)	MicroTurbina	08AM4 NI-9266	AO1/COM	Morsettiera Turbec	
44	MGT - 203 segnale cRIO Turbina H2 pilot valve	SV203CR	AO mA	%	0-100	0-20mA	24V (esterna)	MicroTurbina	08AM4 NI-9266	AO2/COM	Morsettiera Turbec	
45	MGT - 204 segnale cRIO Turbina H2 main valve	SV204CR	AO mA	%	0-100	0-20mA	24V (esterna)	MicroTurbina	08AM4 NI-9266	AO3/COM	Morsettiera Turbec	
46	RH2 - Regolazione FTC02 - Portata H2 Turbina	FYC02	AO mA	Nm3/h	0 - 8	4-20mA	24V (esterna)	Rampa H2	08AM4 NI-9266	AO4/COM	jbox H2	
47	RH2 - Regolazione FTC01 - Portata H2 Turbina	FYC01	AO mA	Nm3/h	0-120	4-20mA	24V (esterna)	Rampa H2	08AM4 NI-9266	AO5/COM	jbox H2	
48	RH2 - Regolazione PTC03	PYC03	AO mA	bara	7-20	4-20mA	24V (esterna)	Rampa H2	08AM4 NI-9266	AO6/COM	jbox H2	
49	MGT - Comando serranda Aria	FY_200	AO mA	%	0/100%	4-20mA	24V (esterna)	MicroTurbina	08AM4 NI-9266	AO7/COM	jbox006	ENEA: R da 500 Ω → 2-10V
50	MGT - Termocoppia CC dual fuel gruppo FL 0°-1	TTFL1	AI TC	°C	0-1200	mV TC K	/	MicroTurbina	08AM5 NI-9213	TC0+/TC0-	CAMERA Comb. Turbec	
51	MGT - Termocoppia CC dual fuel gruppo FL 0°-2	TTFL2	AI TC	°C	0-1200	mV TC K	/	MicroTurbina	08AM5 NI-9213	TC1+/TC1-	CAMERA Comb. Turbec	
52	MGT - Termocoppia CC dual fuel gruppo FH 180°	TTA1	AI TC	°C	0-1200	mV TC K	/	MicroTurbina	08AM5 NI-9213	TC2+/TC2-	CAMERA Comb. Turbec	
53	MGT - Termocoppia CC dual fuel gruppo FH 0°	TTA2	AI TC	°C	0-1200	mV TC K	/	MicroTurbina	08AM5 NI-9213	TC3+/TC3-	CAMERA Comb. Turbec	
54	MGT - Termocoppia CC dual fuel gruppo B 0°	TTB1	AI TC	°C	0-1200	mV TC K	/	MicroTurbina	08AM5 NI-9213	TC4+/TC4-	CAMERA Comb. Turbec	
55	MGT - Termocoppia CC dual fuel gruppo B 90°	TTB2	AI TC	°C	0-1200	mV TC K	/	MicroTurbina	08AM5 NI-9213	TC5+/TC5-	CAMERA Comb. Turbec	
56	MGT - Termocoppia CC dual fuel gruppo B 180°	TTB3	AI TC	°C	0-1200	mV TC K	/	MicroTurbina	08AM5 NI-9213	TC6+/TC6-	CAMERA Comb. Turbec	
57	MGT - Termocoppia CC dual fuel gruppo B 270°	TTB4	AI TC	°C	0-1200	mV TC K	/	MicroTurbina	08AM5 NI-9213	TC7+/TC7-	CAMERA Comb. Turbec	
58	MGT - Termocoppia CC dual fuel gruppo C 0°	TTT1	AI TC	°C	0-1200	mV TC K	/	MicroTurbina	08AM5 NI-9213	TC8+/TC8-	CAMERA Comb. Turbec	
59	MGT - Termocoppia CC dual fuel gruppo C 90°	TTT2	AI TC	°C	0-1200	mV TC K	/	MicroTurbina	08AM5 NI-9213	TC9+/TC9-	CAMERA Comb. Turbec	
60	MGT - Termocoppia CC dual fuel gruppo C 180°	TTT3	AI TC	°C	0-1200	mV TC K	/	MicroTurbina	08AM5 NI-9213	TC10+/TC10-	CAMERA Comb. Turbec	
61	MGT - Termocoppia CC dual fuel gruppo C 270°	TTT4	AI TC	°C	0-1200	mV TC K	/	MicroTurbina	08AM5 NI-9213	TC11+/TC11-	CAMERA Comb. Turbec	
62	MGT - Termocoppia CC dual fuel gruppo D 0°	TTD1	AI TC	°C	0-1200	mV TC K	/	MicroTurbina	08AM5 NI-9213	TC12+/TC12-	CAMERA Comb. Turbec	
63	MGT - Termocoppia CC dual fuel gruppo D 90°	TTD2	AI TC	°C	0-1200	mV TC K	/	MicroTurbina	08AM5 NI-9213	TC13+/TC13-	CAMERA Comb. Turbec	
64	MGT - Termocoppia CC dual fuel gruppo D 180°	TTD3	AI TC	°C	0-1200	mV TC K	/	MicroTurbina	08AM5 NI-9213	TC14+/TC14-	CAMERA Comb. Turbec	
65	MGT - Termocoppia CC dual fuel gruppo D 270°	TTD4	AI TC	°C	0-1200	mV TC K	/	MicroTurbina	08AM5 NI-9213	TC15+/TC15-	CAMERA Comb. Turbec	
66	MGT - Termocoppia CC dual fuel gruppo E 0°	TTE1	AI TC	°C	0-1200	mV TC K	/	MicroTurbina	08AM6 NI-9213	TC0+/TC0-	CAMERA Comb. Turbec	
67	MGT - Termocoppia CC dual fuel gruppo E 90°	TTE2	AI TC	°C	0-1200	mV TC K	/	MicroTurbina	08AM6 NI-9213	TC1+/TC1-	CAMERA Comb. Turbec	
68	MGT - Termocoppia CC dual fuel gruppo E 180°	TTE3	AI TC	°C	0-1200	mV TC K	/	MicroTurbina	08AM6 NI-9213	TC2+/TC2-	CAMERA Comb. Turbec	
69	MGT - Termocoppia CC dual fuel gruppo E 270°	TTE4	AI TC	°C	0-1200	mV TC K	/	MicroTurbina	08AM6 NI-9213	TC3+/TC3-	CAMERA Comb. Turbec	
70	MGT - Termocoppia CC dual fuel gruppo F 0°	TTF1	AI TC	°C	0-1200	mV TC K	/	MicroTurbina	08AM6 NI-9213	TC4+/TC4-	CAMERA Comb. Turbec	
71	MGT - Termocoppia CC dual fuel gruppo F 90°	TTF2	AI TC	°C	0-1200	mV TC K	/	MicroTurbina	08AM6 NI-9213	TC5+/TC5-	CAMERA Comb. Turbec	
72	MGT - Termocoppia CC dual fuel gruppo F 180°	TTF3	AI TC	°C	0-1200	mV TC K	/	MicroTurbina	08AM6 NI-9213	TC6+/TC6-	CAMERA Comb. Turbec	
73	MGT - Termocoppia CC dual fuel gruppo F 270°	TTF4	AI TC	°C	0-1200	mV TC K	/	MicroTurbina	08AM6 NI-9213	TC7+/TC7-	CAMERA Comb. Turbec	
74	MGT - Termocoppia CC dual fuel gruppo AP 0°	TTX	AI TC	°C	0-1200	mV TC K	/	MicroTurbina	08AM6 NI-9213	TC8+/TC8-	CAMERA Comb. Turbec	
75	MGT - Temperatura aria inlet compressore	TT135	AI mA (Vsup)	°C	0-100	4-20mA	24V	MicroTurbina	08AM7 NI-9208	AI0/Vsup	jbox002 39/40	
76	MGT - Pressione outlet compressore	PT108A	AI mA (Vsup)	barg	0-5	4-20mA	24V	MicroTurbina	08AM7 NI-9208	AI1/Vsup	jbox002 55/56	
77	MGT - Temperatura outlet compressore	MTG TT120	AI mA (Vsup)	°C	0-800	4-20mA	24V	MicroTurbina	08AM7 NI-9208	AI2/Vsup	Morsettiera Turbec	
78	MGT - Pressione outlet recuperatore hot side	PT142	AI mA (Vsup)	barg	0-1.5	4-20mA	24V	MicroTurbina	08AM7 NI-9208	AI3/Vsup	jbox002 57/58	
79	MGT - Temperatura outlet recuperatore hot side	TT134	AI mA (Vsup)	°C	0-800	4-20mA	24V	MicroTurbina	08AM7 NI-9208	AI4/Vsup	jbox002 37/38	(TC su jbox002C)
80	VSL - Temperatura inlet FE101	TT102	AI mA (Vsup)	°C	0-800	4-20mA	24V	Vessel	08AM7 NI-9208	AI5/Vsup	jbox006 3/4	(TC su jbox006C)
81	VSL - Pressione inlet FE101	PT101	AI mA (Vsup)	barg	0-7	4-20mA	24V	Vessel	08AM7 NI-9208	AI6/Vsup	jbox006 15/16	

Figura 22. Lista dei segnali del quadro elettrico collegati ai moduli installati su Controller Compact RIO NI-9035 e Chassis esterno di espansione NI-9147 (2 di 3).

ACCORDO DI PROGRAMMA MISE-ENEA

81	VSL - Pressione inlet FE101	PT101	AI mA (Vsup)	barg	0-7	4-20mA	24V	Vessel	08AM7 NI-9208	AI6/Vsup	jbox006 15/16	
82	MGT - Segnale Ritorno di apertura Serranda Aria	PVT200	AI mA	%	0/100%	4-20mA	24V (esterna)	Vessel	08AM7 NI-9208	AI7/COM	jbox006	2-10 Volt da convertire in mA**
83	MTG - Cavo alimentazione attuatore Serranda Aria							Vessel			Mors 24V su Q cRIO	Alimentatore dedicato
84	VSL - Portata spillamento outlet compressore	FT101	AI mA (Vsup)	kg/h	0-3000	4-20mA	24V	Vessel	08AM7 NI-9208	AI8/Vsup	jbox006 69/70	
85	MGT - Perdita di carico recuperatore cold side	PDT141	AI mA (Vsup)	mbar	0-200	4-20mA	24V	MicroTurbina	08AM7 NI-9208	AI9/Vsup	jbox002 49/50	
86	MGT - Perdita di carico recuperatore hot side	PDT142	AI mA (Vsup)	mbar	0-50	4-20mA	24V	MicroTurbina	08AM7 NI-9208	AI10/Vsup	jbox002 51/52	
87	MGT - Perdita di carico cold gas path	PDT143	AI mA (Vsup)	mbar	0-500	4-20mA	24V	MicroTurbina	08AM7 NI-9208	AI11/Vsup	jbox002 53/54	
88	MGT - Temperatura outlet recuperatore cold side	TT133	AI mA (Vsup)	°C	0-800	4-20mA	24V	MicroTurbina	08AM7 NI-9208	AI12/Vsup	jbox002 33/34	
89	MGT - Temperatura working fluid ingresso CC	TT199	AI mA (Vsup)	°C	0-800	4-20mA	24V	MicroTurbina	08AM7 NI-9208	AI13/Vsup	jbox002 31/32	(TC su jbox002C)
90	MGT - 201A segnale PLC Turbina pilot(?) valve	SV201A	AI mA	%	0-100	0-20mA	24V (esterna)	MicroTurbina	08AM7 NI-9208	AI14/COM	Morsettiera Turbec	
91	MGT - 201B segnale PLC Turbina main(?) valve	SV201B	AI mA	%	0-100	0-20mA	24V (esterna)	MicroTurbina	08AM7 NI-9208	AI15/COM	Morsettiera Turbec	
92	RGN - Portata CH4 Turbina	FT124L	AI mA	kg/h	0-40	4-20mA	24V (esterna)	Rampa CH4	08AM8 NI-9208	AI0/COM	jbox003 3/4 - AI04 5/6 *	
93	RH2 - Pressione bombole H2 - PT01	PT01	AI mA (Vsup)	barg	0-250	4-20mA	24V	Rampa H2	08AM8 NI-9208	AI1/Vsup	jbox H2	
94	RH2 - Pressione bombole H2 - PT02	PT02	AI mA (Vsup)	barg	0-250	4-20mA	24V	Rampa H2	08AM8 NI-9208	AI2/Vsup	jbox H2	
95	RH2 - Pressione H2 PT04 a Turbina	PT04	AI mA (Vsup)	barg	0-10?	4-20mA	24V	Rampa H2	08AM8 NI-9208	AI3/Vsup	jbox H2	
96	RH2 - Portata Dinamica H2	FTC02	AI mA	Nm3/h	0.16 - 8	4-20mA	24V (esterna)	Rampa H2	08AM8 NI-9208	AI4/COM	jbox H2	
97	RH2 - Portata Statica H2	FTC01	AI mA	Nm3/h	2.4 - 120	4-20mA	24V (esterna)	Rampa H2	08AM8 NI-9208	AI5/COM		
98	RH2 - Pressione H2 PTC03	PT03	AI mA	bara	7-20	4-20mA	24V (esterna)	Rampa H2	08AM8 NI-9208	AI6/COM	jbox H2	
99	RH2 - Sensore temperatura H2	TT01	AI mA (???)	°C	???	4-20mA	/	Rampa H2	08AM8 NI-9208	AI7/Vsup	jbox H2	Trasduttore da confermare
100	MGT - Perdita di carico prefiltra	PDT110	AI mA (Vsup)	mbar	0-5	4-20mA	24V	Vessel	08AM8 NI-9208	AI8/Vsup	jbox006	
101	MGT - Perdita di carico filtro	PDT112	AI mA (Vsup)	mbar	0-10	4-20mA	24V	Vessel	08AM8 NI-9208	AI9/Vsup	jbox006	
102	MGT - Portata CH4 Main	FT1124H	AI mA	kg/h	0-27	4-20mA	24V (esterna)	MicroTurbina	08AM8 NI-9208	AI10/COM	Morsettiera Turbec	
103	MGT - Portata CH4 Pilot	FT1124L	AI mA	kg/h	0-9	4-20mA	24V (esterna)	MicroTurbina	08AM8 NI-9208	AI11/COM	Morsettiera Turbec	
104	MGT - MTG TT120 Outlet compressore	MTG TT120	AI mA (Vsup)	°C	0-1200°C	4-20mA	24V	MicroTurbina	08AM8 NI-9208	AI12/Vsup	Morsettiera Turbec	

Figura 23. Lista dei segnali del quadro elettrico collegati ai moduli installati su Controller Compact RIO NI-9035 e Chassis esterno di espansione NI-9147 (3 di 3) .

10 Allegato B



Via monte Nero, 40/B - 21049 TRADATE (VA) ITALY
Tel: +39 (0)331841070 Fax: +39 (0)331841950 - e-mail: datexel@datexel.it - www.datexel.it



**Trasmettitore universale
configurabile da P.C.**

DAT 2015



CARATTERISTICHE

- Ingresso configurabile per RTD, TC, mV, V, mA, Resistenza e Potenzimetro
- Uscita configurabile in Corrente da 4 a 20 mA
- Configurabile da Personal Computer
- Elevata precisione
- Riconfigurabile in campo
- EMC conforme - Marchio CE
- Adatto al montaggio su binario DIN conforme a EN-50022 ed EN-50035

DESCRIZIONE GENERALE

Il trasmettitore DAT 2015 è in grado di svolgere svariate funzioni quali: misura e linearizzazione della caratteristica di temperatura con sonde a RTD, conversione di una variazione lineare di resistenza, conversione di un segnale in corrente attivo standard, conversione di un segnale di tensione, anche proveniente da un potenziometro connesso al suo ingresso; il DAT 2015 è inoltre in grado di misurare e linearizzare le termocoppie standard effettuando al proprio interno la compensazione del giunto freddo. I valori misurati vengono trasmessi sul loop di corrente 4-20 mA. Il dispositivo garantisce una elevata precisione ed una misura molto stabile sia nel tempo che in temperatura.

La programmazione avviene tramite Personal Computer attraverso il programma di configurazione PROSOFT, sviluppato da DATEXEL ed operante su sistema operativo Windows™; è possibile configurare il trasmettitore in modo da poterlo interfacciare con i sensori più usati.

Nel caso in cui si presenti la necessità di utilizzare un sensore con una caratteristica di uscita non standard è possibile eseguire, via software, una linearizzazione "Custom" (per punti) in modo da ottenere in uscita un segnale linearizzato.

Per le sonde RTD e Resistenza è possibile effettuare la compensazione del cavo con connessione a tre o quattro fili, mentre per le sonde a Termocoppia si ha la possibilità di impostare la compensazione del giunto freddo (CJC) come interna od esterna.

E' possibile impostare i valori di inizio e fondo scala delle misure di ingresso ed uscita in qualsiasi punto della scala. E' inoltre disponibile l'opzione di allarme sensore interrotto con impostazione del valore di uscita come fuori scala alto o fuori scala basso.

Il DAT 2015 è conforme alla direttiva 2004/108/CE sulla compatibilità elettromagnetica.

Esso è alloggiato in un contenitore plastico di 12,5 mm di spessore adatto al montaggio su binario DIN conforme agli standard EN-50022 ed EN-50035.

ISTRUZIONI DI IMPIEGO

Il trasmettitore DAT2015 deve essere alimentato con una tensione continua compresa tra i valori di 10 e 32 V che deve essere applicata tra i morsetti P(+V) ed O (-V) o alternativamente tra i morsetti N(+V) ed M (-V).

Il segnale di uscita 4-20 mA è misurabile in serie al loop di alimentazione come illustrato nella sezione "Collegamenti lato uscita/alimentazione"; il carico Rload rappresenta la strumentazione posta in serie al loop di corrente; per una corretta misura si raccomanda che il massimo valore di Rload sia calcolato in funzione del valore della tensione applicata (vedasi sezione "Specifiche Tecniche - Caratteristica di carico").

Le connessioni di ingresso devono essere effettuate in base a quanto indicato nella sezione "Collegamenti lato ingresso".

Per la fase di configurazione, calibrazione e le modalità di installazione del trasmettitore fare riferimento alle sezioni "Configurazione e calibrazione DAT2015" e "Istruzioni per l'installazione".

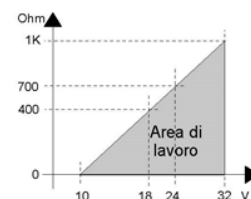
SPECIFICHE TECNICHE (Tipiche a 25 °C e nelle condizioni nominali)

Tipo ingressi	Min	Max	Span min	Calibrazione ingressi (1)	Calibrazione uscita	Impedenza di ingresso	Linearità (1)	Influenza della R di linea (1)	Corrente di eccitazione RTD	Comp. CJC	Deriva termica (1)	Valori di fuori scala
TC(*) CJC int./est.				RTD il maggiore di $\pm 0,1\%$ f.s. e $\pm 0,2^\circ\text{C}$	Corrente $\pm 7\text{ uA}$	TC, mV $\geq 10\text{ M}\Omega$	TC $\pm 0,2\%$ f.s. RTD $\pm 0,1\%$ f.s.	TC, mV/V $\leq 0,4\text{ uV}/\Omega\text{m}$	Tipico 0,350 mA	$\pm 0,5^\circ\text{C}$	Fondo Scala $\pm 0,01\%$ / $^\circ\text{C}$ CJC $\pm 0,01\%$ / $^\circ\text{C}$	Valore max. uscita 22,5 mA circa Valore min. uscita 3,6 mA circa
J K S R B E T N	-200°C -200°C -50°C -50°C 400°C -200°C -200°C -200°C	1200°C 1370°C 1760°C 1760°C 1820°C 1000°C 400°C 1300°C	2 mV 2 mV 2 mV 2 mV 2 mV 2 mV 2 mV 2 mV	Res. Basso il maggiore di $\pm 0,1\%$ f.s. e $\pm 0,15\Omega$ Res. Alto il maggiore di $\pm 0,2\%$ f.s. e $\pm 1\Omega$ mV, TC il maggiore di $\pm 0,1\%$ f.s. e $\pm 18\text{ uV}$ Volt il maggiore di $\pm 0,1\%$ f.s. e $\pm 2\text{ mV}$ mA il maggiore di $\pm 0,1\%$ f.s. e $\pm 6\text{ uA}$		Corrente $\sim 50\Omega$		RTD 3 fili 0,05%/Ω (50 Ω max bilanciati) RTD 4 fili 0,005%/Ω (100 Ω max bilanciati)				
RTD(*) 2,3,4 fili												
Pt100 Pt1000 Ni100 Ni1000	-200°C -200°C -60°C -60°C	850°C 200°C 180°C 150°C	50°C 50°C 50°C 50°C									
Tensione												
mV mV Volt	-400 mV -100 mV -10 V	+400 mV +700 mV +10 V	2 mV 2 mV 500 mV									
Potenzimetro (valore nominale)												
0 Ω 200 Ω 0,5 KΩ	0 Ω 200 Ω 50 KΩ	10%	10%									
RES. 2,3,4 fili												
Basso Alto	0 Ω 0 Ω	300 Ω 2000 Ω	10 Ω 200 Ω									
Corrente												
mA	-10 mA	+24 mA	2 mA									
Tipo uscita												
Corrente diretta Corrente inversa	4 mA 20 mA	20 mA 4 mA	4 mA 4 mA									

Tempo di risposta (10+ 90%) 400 ms circa

Alimentazione
Tensione di alimentazione 10 .. 32 Vcc
Protezione invers. polarità 60 Vcc max

Caratteristica di carico - Rload (carico in serie al loop di ingresso in funzione della tensione di alimentazione del loop stesso)



Temperatura e Umidità
Temperatura operativa -20°C .. +70°C
Temp. di immagazzinaggio -40°C .. +85°C
Umidità (senza condensa) 0 .. 90 %

Contenitore
Materiale Plastica auto-estinguente
Montaggio su binario DIN conforme a EN-50022 ed EN-50035
Peso 90 g. circa

EMC (per gli ambienti industriali)
Immunità EN 61000-6-2
Emissione EN 61000-6-4

(*) Per i sensori di temperatura è possibile impostare la scala di misura anche in $^\circ\text{F}$; per eseguire la conversione utilizzare la seguente formula: $^\circ\text{F} = (^\circ\text{C} \times 9/5) + 32$

Figura 24. Datasheet del trasmettitore universale DAT 2015 (1 di 2).

CONFIGURAZIONE E CALIBRAZIONE DAT 2015

Attenzione: durante queste fasi il dispositivo deve sempre essere alimentato.

- CONFIGURAZIONE

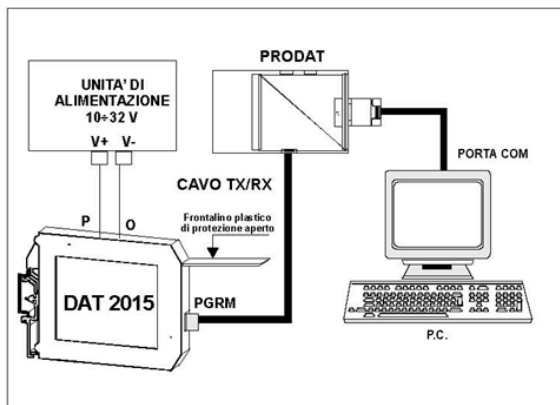
- 1) Alimentare il DAT2015 con un alimentatore con valore di uscita 10 ± 32 V oppure (solo per la fase di configurazione) con una batteria da 9 V.
- 2) Aprire il frontalino plastico di protezione sul lato frontale del DAT 2015.
- 3) Collegare l' interfaccia PRODAT al Personal Computer ed al dispositivo sul connettore PGRM (vedasi sezione PROGRAMMAZIONE DAT2015).
- 4) Aprire il programma di configurazione PROSOFT.
- 5) Impostare i dati di programmazione.
- 6) Inviare i dati di programmazione al dispositivo.

- CONTROLLO DELLA CALIBRAZIONE

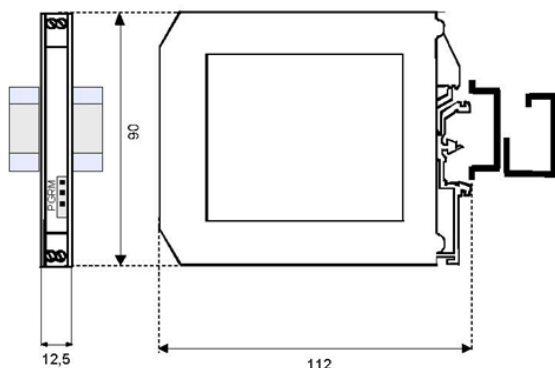
Con programma PROSOFT in esecuzione:

- 1) Collegare in ingresso un simulatore impostato con i valori di inizio e fondo scala relativi alla grandezza elettrica oppure al sensore di temperatura da misurare.
- 2) Portare il simulatore al valore di inizio scala.
- 3) Verificare che il DAT2015 fornisca il valore minimo di uscita impostato.
- 4) Portare il simulatore al valore di fondo scala.
- 5) Verificare che il DAT2015 fornisca il valore massimo di uscita impostato.
- 6) Nel caso in cui sia necessario regolare i valori descritti nei punti 3 e 5, agire sui regolatori ZERO e SPAN presenti nel programma PROSOFT. La variazione da introdurre deve essere calcolata come percentuale del campo scala di ingresso.
- 7) Programmare il dispositivo con i nuovi parametri di regolazione inseriti.

PROGRAMMAZIONE DAT2015



DIMENSIONI (mm) & CONNETTORE PGRM



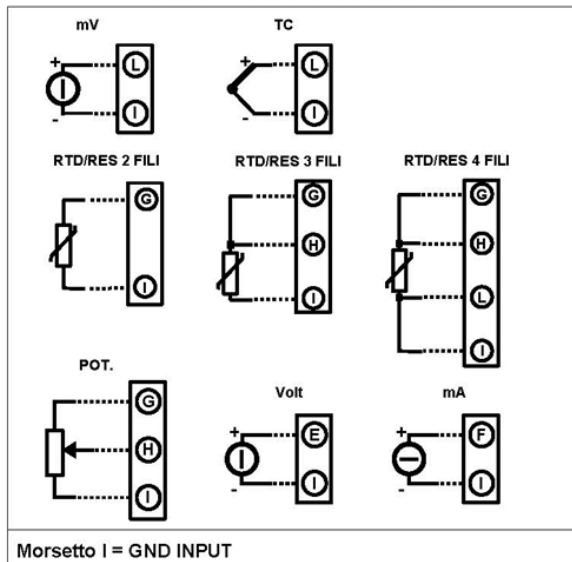
ISTRUZIONI PER L'INSTALLAZIONE

Il dispositivo DAT2015 è adatto al montaggio su binario DIN in posizione verticale. Occorre installare il dispositivo in un luogo non sottoposto a vibrazioni.

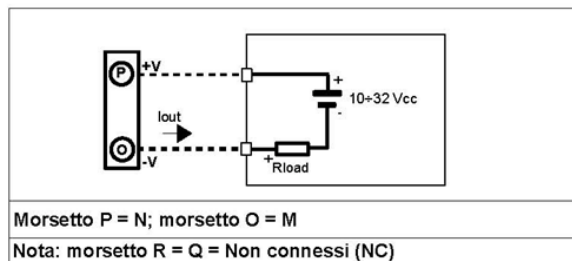
Si raccomanda inoltre di non far passare il cablaggio in prossimità di cavi per segnali di potenza.

COLLEGAMENTI DAT2015

COLLEGAMENTI LATO INGRESSO



COLLEGAMENTI LATO USCITA/ALIMENTAZIONE



COME ORDINARE

Il dispositivo viene fornito nella configurazione richiesta dal cliente in fase di ordine. Nel caso in cui la configurazione del dispositivo non sia specificata, i parametri di funzionamento saranno da impostare a cura dell' utilizzatore. Fare riferimento alla sezione "Specifiche Tecniche" per i campi scala di ingresso ed uscita.

ESEMPIO DI CODICE D' ORDINE:

DAT 2015 /	Pt100 /	3 fili /	0 + 200 °C /	L.S. /	4 + 20 mA /	Fuori scala Alto
Tipo di sensore						Impostazione fuori scala Alto o Basso
Opzioni sensore						Campo scala uscita
RTD/RES: 2,3,4 fili						
TC: CJC int. o est.						
Campo scala ingresso						

(*) Opzioni di linearizzazione:
L.S.: linearizzazione standard.
N.L.: nessuna linearizzazione.
L.C.: linearizzazione per punti (Custom):
specificare curva di ingresso

Figura 25. Datasheet del trasmettitore universale DAT 2015 (2 di 2).