

**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA**  
**DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA DELL'INFORMAZIONE**  
**CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA INFORMATICA**



**Sviluppo di un sistema di acquisizione e archiviazione dei dati  
basato su LabVIEW e MDSplus per le misure termiche di RFX**

**Development of a data acquisition and storage system based on  
LabVIEW and MDSplus for the thermal measurements of RFX**

Laureando: Diego Ravarotto

Relatore: Prof. Adriano Luchetta

Referente aziendale: Ing. Gabriele Manduchi

Anno accademico 2012/2013

## Sommario

L'obiettivo del tirocinio, e conseguentemente di questa tesi, è la realizzazione del nuovo sistema di misure termiche di RFX<sup>i</sup>, quale naturale prosecuzione del lavoro del dott. Enrico De Marchi "Sviluppo di una nuova interfaccia LabVIEW<sup>ii</sup> per il sistema di acquisizione dati MDSplus" mediante integrazione e modifica dell'esistente sistema di misure termiche di RFX.

Il progetto nasce dalla necessità di migliorare l'affidabilità del sistema esistente. A seguito della valutazione delle varie soluzioni possibili, il sistema descritto in questa tesi è stata ritenuto essere il migliore, poiché consente l'immediato test del lavoro sulla nuova interfaccia. Il sistema permette, inoltre, di acquisire conoscenza da parte dello scrivente sull'ambiente MDSplus<sup>iii</sup>, un pacchetto software utilizzato estensivamente in RFX.

---

<sup>i</sup>RFX (Reversed Field eXperiment) è il dispositivo sperimentale per la produzione di plasmi in operazione presso l'Istituto Gas Ionizzati.

<sup>ii</sup>LabVIEW (Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench) è l'ambiente di sviluppo integrato per il linguaggio di programmazione grafica di National Instruments.

<sup>iii</sup><http://www.mdsplus.org>

# Indice

<b>1</b>	<b>Introduzione</b>	<b>5</b>
1.1	Premessa	5
1.2	Ambiente di lavoro	5
1.2.1	Istituto Gas Ionizzati e il Consorzio RFX	5
1.2.2	National Instruments	6
1.3	Organizzazione del lavoro	6
1.4	Situazione precedente	6
1.5	Obiettivi	6
1.6	Pianificazione del lavoro	7
1.7	Struttura della tesi	7
1.8	Prerequisiti	7
<b>2</b>	<b>Il Sistema di Misure Termiche di RFX</b>	<b>7</b>
2.1	Introduzione	7
2.2	Illustrazione generale	8
2.3	Catena delle misure termiche	9
2.4	Catena delle misure meccaniche	11
<b>3</b>	<b>Il Software</b>	<b>12</b>
3.1	Considerazioni generali	12
3.2	Software Real-Time su PXI	12
3.2.1	Thread di acquisizione dei dati	13
3.2.2	Thread di comunicazione	14
3.2	Software di interfaccia con MDSplus	14
3.3	jScope	18
<b>4</b>	<b>Proposte per sviluppi futuri</b>	<b>23</b>
4.1	Estensione al Sistema di Misure Meccaniche	23
4.2	Correlazione con un DBMS	23
<b>5</b>	<b>Ringraziamenti</b>	<b>24</b>

## Lista delle Figure

Figura 1 - Schema a blocchi delle misure termiche e meccaniche di RFX .....	8
Figura 2 - modulo di isolamento e trattamento del segnale Analog Device 5B.....	9
Figura 3 - Basetta di supporto per moduli di isolamento e trattamento dei segnali Analog device 5B .....	9
Figura 4 - Particolare del cestello PXI per l'acquisizione delle misure termiche di RFX. ...	10
Figura 5 - Particolare del quadro elettrico che ospita i moduli di isolamento e trattamento dei segnali delle misure termiche di RFX. ....	11
Figura 6 - Programmazione grafica LabView: Thread concorrenti per l'acquisizione e la memorizzazione dei dati sorvegliati da un semaforo per l'accesso ai file condivisi.....	13
Figura 7 - Programmazione LabView: Vista d'insieme del software di interfaccia con MDSplus.....	15
Figura 8 - Creazione della coda e del canale di comunicazione.....	15
Figura 9 - Reperimento nel registry di informazioni sull'installazione locale. ....	15
Figura 10 - Ricezione dei dati ed inserimento in coda. ....	16
Figura 11 - Estrazione dei dati dalla coda e successivo inserimento nel database MDSplus.....	17
Figura 12 - Un esempio di una giornata sperimentale con impulsi .....	19
Figura 13 - Un altro esempio di una giornata sperimentale con impulsi .....	19
Figura 14 - Altro esempio di giornata sperimentale con impulsi .....	20
Figura 15 - Altro esempio di giornata sperimentale con impulsi .....	20
Figura 16 - Primo giorno di baking : Salita in temperatura.....	21
Figura 17 - Secondo giorno di baking: raggiungimento e mantenimento della temperatura. ....	21
Figura 18 - Terzo giorno di baking : Mantenimento della temperatura, spegnimento in serata. ....	22
Figura 19 - Primo giorno dopo il baking : caduta libera delle temperature.....	22

# 1 Introduzione

## 1.1 Premessa

MDSplus è il sistema più utilizzato per l'acquisizione e la gestione dei dati sperimentali nell'ambito della ricerca sulla fusione termonucleare controllata. Sviluppato congiuntamente da Massachusetts Institute of Technology, Istituto Gas Ionizzati<sup>1</sup> – CNR<sup>2</sup> (IGI) e Los Alamos National Laboratory, è attualmente installato in oltre 30 siti sperimentali dislocati in quattro continenti. MDSplus rende possibile il salvataggio dei dati sperimentali in un'unica e intuitiva struttura dati organizzata gerarchicamente e permette all'utente di costruire basi di dati sperimentali complete e coerenti. Recentemente è stata sviluppata una versione del sistema orientata agli oggetti e sono state aggiunte numerose funzionalità, tra cui alcuni metodi che rendono possibile l'acquisizione segmentata dei segnali, per garantire la riuscita del processo di salvataggio dei dati anche in impulsi sperimentali di durata considerevole (ore).

Un'interfaccia LabVIEW per la versione precedente del sistema era già disponibile, ma la nuova versione di MDSplus l'ha resa obsoleta. Da più parti è quindi giunta la richiesta di una nuova interfaccia, che il gruppo di sviluppo di MDSplus, in particolare l'Istituto Gas Ionizzati e National Instruments Italy, che fornisce l'hardware di acquisizione all'IGI e ad altri grandi centri di ricerca in Europa, hanno deciso congiuntamente di soddisfare promuovendone lo sviluppo attraverso questa tesi.

## 1.2 Ambiente di lavoro

L'attività di progettazione e sviluppo è stata svolta presso l'Istituto Gas Ionizzati del CNR, situato nell'Area della Ricerca di Padova. Il Coordinatore del progetto per il CNR è stato l'ing. Gabriele Manduchi, che ha contribuito in modo sostanziale alla realizzazione di MDSplus e ha sviluppato la più recente versione del sistema, basata su un'architettura orientata agli oggetti.

### 1.2.1 Istituto Gas Ionizzati e il Consorzio RFX

L'Istituto Gas Ionizzati costituisce l'asse portante del Consorzio RFX (CNR, ENEA<sup>3</sup>, Università degli Studi di Padova, Acciaierie Venete S.p.A.<sup>4</sup> e INFN<sup>5</sup>) fondato a Padova nel 1996 per rendere più efficace e stabile la collaborazione tra i vari enti e imprese nell'ambito dell'associazione con Euratom<sup>6</sup>.

Scopo dell'iniziativa è incrementare studi e ricerche di ingegneria e fisica sulla fusione termonucleare controllata sviluppando conoscenze sui plasmi con regimi di densità, corrente e fluttuazioni attualmente inesplorati e contribuire al progetto ITER<sup>7</sup>, realizzando dispositivi complessi per il riscaldamento addizionale del plasma. L'Istituto è accorpato nel Consorzio, che ne garantisce la dimensione critica, mentre l'associazione con Euratom assicura la base del collegamento internazionale, nonché la collaborazione e l'integrazione programmatica con gli altri istituti di ricerca italiani operanti nello stesso settore. In totale RFX conta su un team di oltre 140 persone. Il Consorzio opera negli edifici sede dell'IGI, presso l'Area della Ricerca del CNR di Padova.

### **1.2.2 National Instruments**

National Instruments Corporation<sup>8</sup> è una società statunitense con oltre 5000 dipendenti in più di 40 paesi. Con sede ad Austin, Texas, produce soluzioni innovative per la progettazione, la realizzazione di prototipi e il rilascio di sistemi di test e controllo.

Tra i principali prodotti software vi sono LabVIEW e LabWindows/CVI, tra i principali prodotti hardware si annoverano i moduli VXI , i moduli PXI , le interfacce per GPIB, per I2C e altri standard per l'automazione industriale.

Le principali applicazioni includono l'acquisizione dati, il controllo degli strumenti e la visione artificiale.

National Instruments Italy S.r.l. ha sede a Milano e collabora con diverse aziende partner dislocate su tutto il territorio nazionale.

### **1.3 Organizzazione del lavoro**

Dopo una definizione iniziale degli obiettivi da raggiungere, degli strumenti da utilizzare e dei vincoli progettuali da rispettare, il lavoro è stato svolto in autonomia ed è stato intervallato da incontri con l'ing. Manduchi, finalizzati a fare il punto della situazione in merito ai risultati intermedi ottenuti e alle eventuali problematiche incontrate, concordando i conseguenti cambi di direzione da effettuare.

### **1.4 Situazione precedente**

Il sistema di acquisizione delle misure termiche di RFX, fondamentale per il controllo in controreazione nei trattamenti termici della macchina, è stato completamente ricostruito nell'anno 2001, realizzandolo con hardware di isolamento e condizionamento dei segnali Analog Devices (moduli 5B), hardware di acquisizione (cestelli, schede di acquisizione e controllori PXI) National Instruments, gestiti da software scritto in LabVIEW.

Insieme al sistema di misure termiche è stato realizzato un sistema di misure meccaniche che si occupa di misurare gli sforzi sui puntoni della macchina (tramite degli strain-gauges), le temperature sulla superficie dei tegoli interni di grafite e le dilatazioni termiche sulla struttura meccanica (tramite potenziometri). Questo sistema "gemello" differisce da quello per le misure termiche solo nel software e nei moduli di condizionamento del segnale (che sono comunque della stessa serie 5B).

Nel 2008 il sistema ha subito un aggiornamento, che ha visto l'aggiornamento dei controllori PXI su cui esegue LabVIEW Real Time.

I dati prodotti vengono trasmessi via rete dai controllori PXI a due server di elaborazione, i quali sempre via rete depositano i dati elaborati su un terzo server di distribuzione e visualizzazione locale.

### **1.5 Obiettivi**

Lo scopo del presente lavoro è di migliorare l'affidabilità dell'attuale sistema, che nel tempo si è dimostrata non sufficiente. Infatti, per motivi ancora oggi poco chiari, è capitato che l'intero sistema andasse in crash e si rifiutasse di ripartire. L'ipotesi maggiormente

avallata è che i problemi fossero generati da un lento degrado delle prestazioni del sistema operativo. A tal riguardo si tenga presente che il sistema funzionava h/24, e che i crash si manifestavano a svariati mesi di distanza l'uno dall'altro.

### **1.6 Pianificazione del lavoro**

La parte di acquisizione codificata nel software scritto in Labview RealTime sarà modificata solo marginalmente, mentre la memorizzazione dei dati sarà completamente riscritta e realizzata tramite l'ambiente software MDSplus. Per la visualizzazione si utilizzerà poi l'applicazione jScope che è il più diffuso strumento di visualizzazione dei dati nell'ambiente MDSplus realizzato in Java. Al momento questa parte sarà eseguita sotto Windows, con l'idea di portare prossimamente l'applicazione sotto Linux. Attualmente non è però possibile percorrere questa strada dal momento che alcune funzioni svolte dal software LabVIEW, come ad esempio lo scambio di dati con un server OPC , non sono disponibili nel sistema operativo Linux.

### **1.7 Struttura della tesi**

In questo capitolo, il primo, viene brevemente riassunto l'ambito di lavoro, la storia che ha portato alla presente situazione e gli obiettivi che si desiderano raggiungere.

Nel secondo capitolo verrà descritto in dettaglio il sistema su cui si è operato.

Nel terzo capitolo saranno presentate le modifiche software in ambiente Real Time, si analizzerà l'immissione dei dati in MDSplus e si esporranno i risultati ottenuti.

Nel quarto capitolo si proporranno degli sviluppi possibili per il futuro.

### **1.8 Prerequisiti**

Per quanto l'idea iniziale fosse quella di scrivere una tesi leggibile da chiunque, ci si è dovuti arrendere ben presto all'uso disinvolto di alcuni termini tecnici.

Per la comprensione dell'elaborato è quindi necessario conoscere alcuni concetti di base di LabVIEW, quali la rappresentazione delle variabili, delle costanti e dei tipi di dati, la conversione fra tipi di dati diversi, il funzionamento dei cicli e il meccanismo di passaggio dei parametri.

Risulta altresì vivamente consigliata la conoscenza base di MDSplus, o almeno dei concetti base di memorizzazione dei dati e della loro correlazione nell'ambiente MDSplus.

Infine, un po' di teoria dei database è sicuramente utile.

## **2 Il Sistema di Misure Termiche di RFX**

### **2.1 Introduzione**

Nella presente capitolo, verranno illustrati sinteticamente i sistemi delle misure termiche e delle misure meccaniche di RFX.

Questo capitolo non contiene lavoro originale sviluppato nel tirocinio, ma risulta necessario per inquadrare l'attività svolta.

## 2.2 Illustrazione generale

La Figura 1 illustra lo schema di principio dell'attuale sistema di misure termiche, del sistema di misure meccaniche e dei server di elaborazione e visualizzazione dei dati.

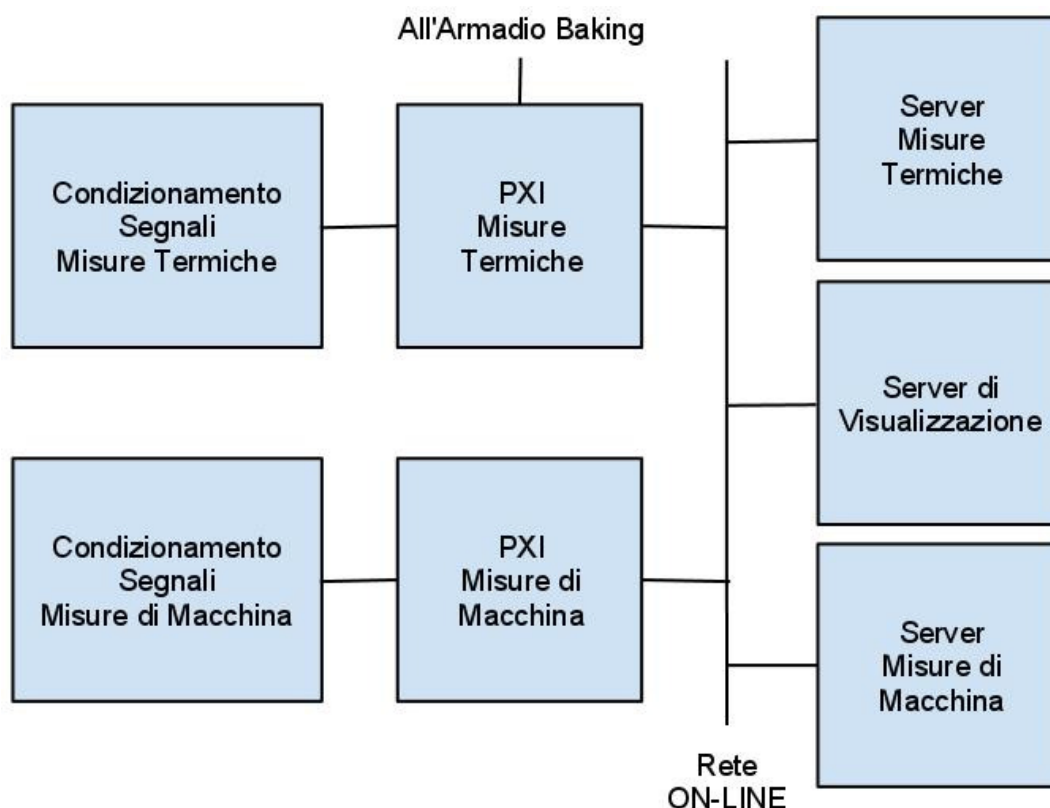


Figura 1- Schema a blocchi delle misure termiche e meccaniche di RFX

I segnali raccolti dal campo vengono isolati e trasformati (“condizionati”) in segnali elettrici in tensione di livello +/- 10 Vdc e successivamente campionati dalle schede PXI che trasmettono i dati acquisiti ai rispettivi server di acquisizione tramite rete (ethernet 100 Mbit/s). I server delle misure termiche e meccaniche elaborano i dati in forma grafica e li depositano nel server di visualizzazione, che rende disponibili le informazioni su quattro monitor locali e in intranet tramite un server web.

Il PXI delle Misure Termiche produce anche un segnale (indicato “all’armadio baking”) in tensione (0/10Vdc) proporzionale alla media dei segnali di una selezione di termocoppie.



### 2.3 Catena delle misure termiche.

I segnali raccolti dal campo vengono isolati e trasformati (“condizionati”) in segnali elettrici in tensione(+/- 10Vdc).

Questo avviene utilizzando per ciascun segnale proveniente dal campo di misura (su RFX) un modulo Analog device 5B (un esempio in Figura 2).



Figura 2 - modulo di isolamento e trattamento del segnale Analog Device 5B

In RFX sono usate termocoppie di tipo E, la cui caratteristica saliente è l'amagnetività dei metalli componenti (rame e nichel). Vengono utilizzati per i segnali delle termocoppie dei moduli 5B37-E-04 che forniscono in uscita un segnale da 0V a 5V (dc) in corrispondenza di temperature rilevate dalla termocoppia connessa da 0 a 900 °C.

I moduli 5B sono alloggiati su delle basette (backplane) 5B01 visibili in Figura 3. Ciascuna basetta ospita fino a 16 moduli 5B.

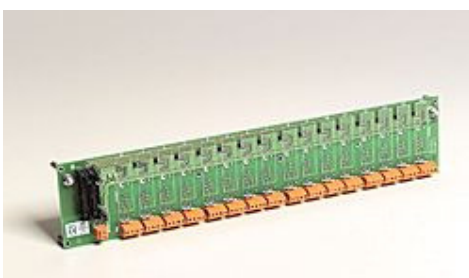


Figura 3 - Basetta di supporto per moduli di isolamento e trattamento dei segnali Analog device 5B

Nel cestello PXI dedicato alle misure termiche (Figura 4), oltre al controller PXI-8106, sono presenti 5 schede di acquisizione a 64 canali PXI-6071E, ciascuna delle quali raccoglie e

campiona i segnali di 4 basette 5B01, tranne la quinta alla quale ne sono collegate solo 3, per un totale di 19 backplane, a cui sono collegate 303 termocoppie.

In Figura 5 si può vedere il dorso dell'armadio che ospita il sistema misure termiche, con parte dei moduli 5B montati sui rispettivi backplane. Come si può facilmente osservare, sono visibili circa la metà dei moduli dell'intero sistema.

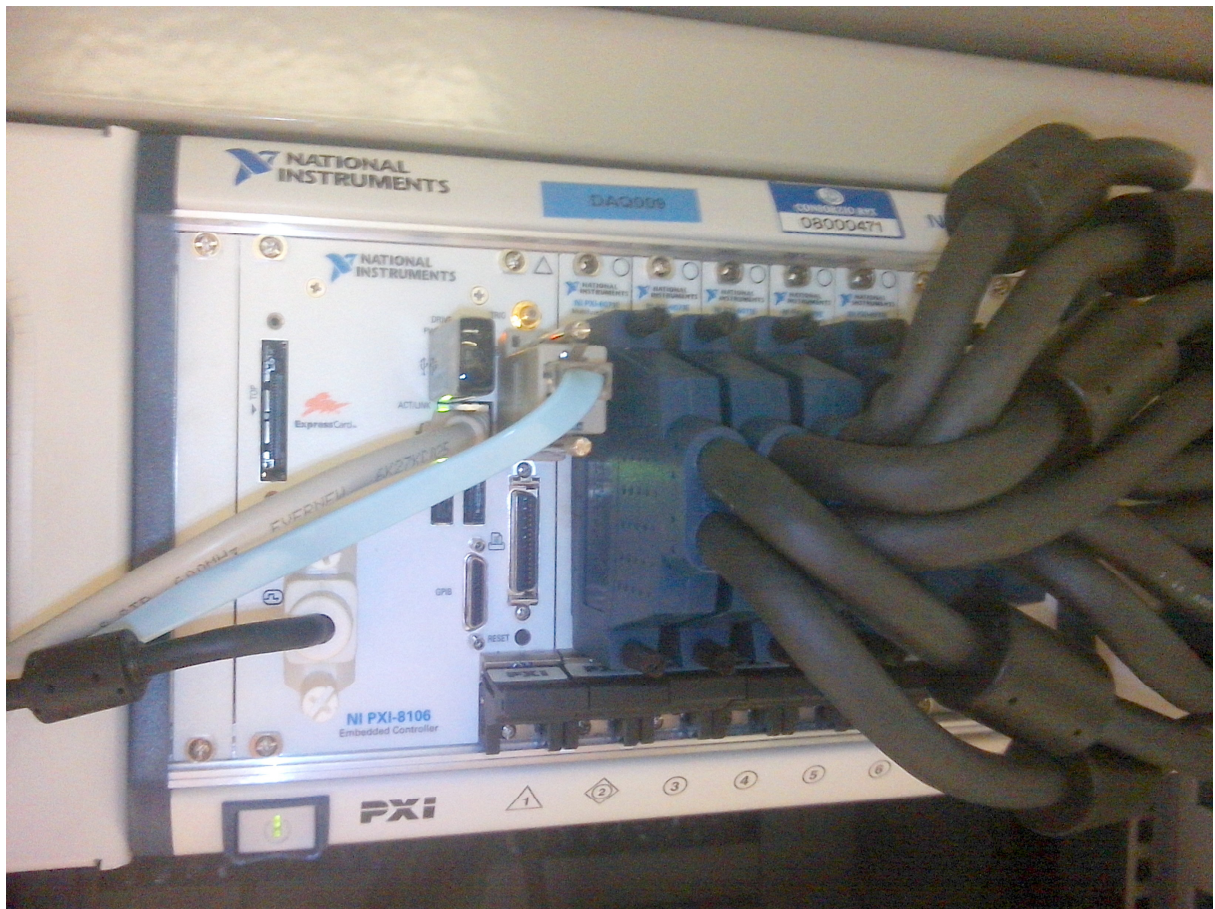


Figura 4 - Particolare del cestello PXI per l'acquisizione delle misure termiche di RFX.



Figura 5 - Particolare del quadro elettrico che ospita i moduli di isolamento e trattamento dei segnali delle misure termiche di RFX.

#### 2.4 Catena delle misure meccaniche.

Nel cestello PXI dedicato alle misure meccaniche è presente un controllore identico e due sole schede di acquisizione, uguali alle precedenti.

In questo sistema sono utilizzati diversi moduli 5B, che si occupano di trattamenti specifici del segnale:

- 8 moduli 5B37 per segnali da termocoppie (dette termocoppie di ISIS<sup>9</sup>)
- 9 moduli 5B41 per segnali da potenziometri orizzontali (8 segnali + 1 riferimento di alimentazione), per misurare la posizione di RFX sul piano orizzontale
- 9 moduli 5B41 per segnali da potenziometri verticali (8 segnali + 1 riferimento di alimentazione), per misurare la posizione verticale di RFX
- 24 moduli 5B38 per l'alimentazione e la misura dei segnali degli strain gauges sui puntoni di RFX
- 28 moduli 5B38 per l'alimentazione e la misura dei segnali degli strain gauges sulle fasce di RFX

## 3 Il Software

### 3.1 Considerazioni generali

Durante lo sviluppo del sistema, si sono dovute fare ovviamente molte scelte.

Per permettere al lettore di meglio comprenderle, si è cercato in queste di ottenere la massima affidabilità possibile, dovendo necessariamente rispettare la compatibilità con i sistemi preesistenti.

Le scelte fatte saranno illustrate nel seguito.

### 3.2 Software Real-Time su PXI

Il software real-time esegue su sistemi National Instruments PXI, su cui è montato il sistema operativo Phar Lap ETS<sup>10</sup>. L'esigenza di affidabilità di questo sistema è molto alta, in quanto durante un ciclo di baking<sup>11</sup> un guasto del sistema potrebbe portare all'interruzione del ciclo stesso (con le conseguenti ricadute sia di tipo economico che di programmazione temporale), o peggio, qualora la temperatura misurata non fosse affidabile, al danneggiamento di RFX stesso. Alcuni materiali della macchina, infatti, (ad esempio un sottoinsieme di isolanti termici) non possono resistere oltre la soglia di 210°C. Si tenga presente a riguardo che la temperatura media a cui viene portata la camera da vuoto di RFX in tali cicli è di 200°C, e in certi punti arriva a 205°C. L'applicativo è stato sviluppato in LabVIEW Real-Time esegue due thread concorrenti, che eseguono l'acquisizione e la comunicazione dei dati, usando un semaforo per l'accesso ai file condivisi,

Entrambi questi thread vengono sorvegliati da un watchdog che ne verifica il funzionamento e resetta il sistema in caso di mancato clear entro un tempo prestabilito pari a 64 secondi.

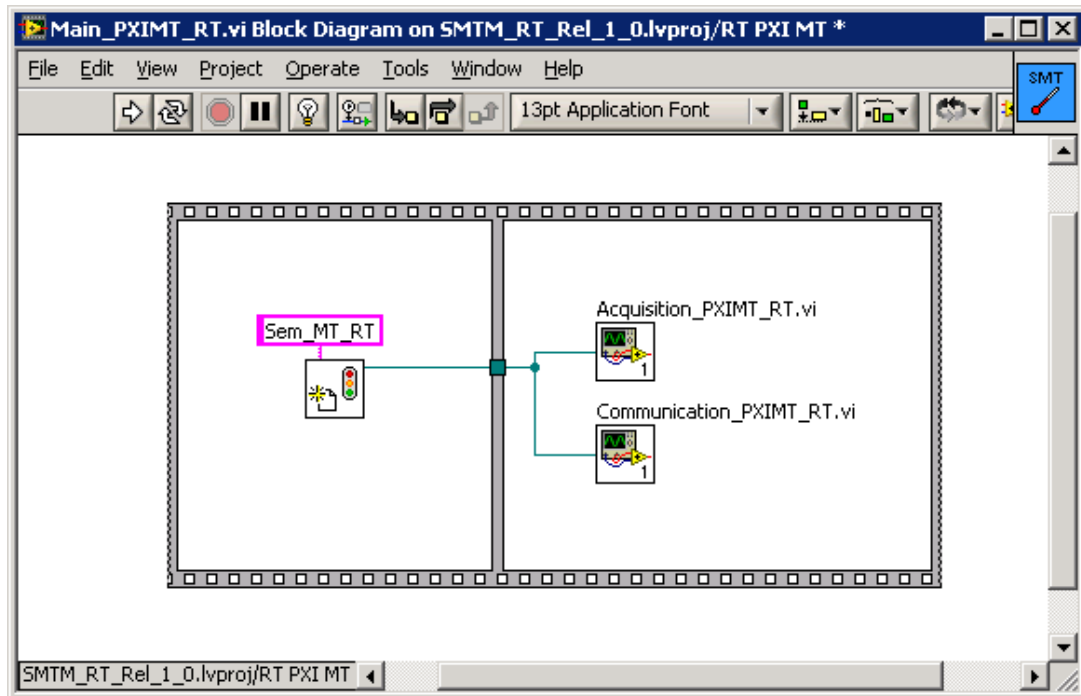


Figura 6 - Programmazione grafica LabView: Thread concorrenti per l'acquisizione e la memorizzazione dei dati sorvegliati da un semaforo per l'accesso ai file condivisi.

### 3.2.1 Thread di acquisizione dei dati

Il thread "Acquisition" si occupa di acquisire i dati ed effettuare controlli di soglia, verificando ad esempio che le temperature non superino gli 899°C (una termocoppia che diventi un circuito aperto porta i moduli di trattamento del segnale a valutare la temperatura come fondo scala positivo, quindi di circa 900°C), scarta eventualmente i dati inattendibili, e media una parte selezionata a priori tra dati utili (essenzialmente quelli relativi a parti meccaniche critiche).

Ottenuta la media, la trasforma in segnale analogico e la invia all'armadio di baking che, tramite un processo PID controlla il riscaldamento della camera da vuoto agendo sulla potenza elettrica trasferita.

Questo thread si occupa anche di spedire, tramite messaggi UDP, i dati acquisiti a un server di memorizzazione dei dati (RO-server) che si occupa di correlarli agli impulsi sperimentali (durante le campagne sperimentali).

A questo thread è stato aggiunto l'invio di altri messaggi UDP verso un server apposito dove esegue il software di memorizzazione MDSplus oggetto della presente tesi.

Questi messaggi UDP sono l'esatta copia di quelli diretti a RO-server ma i primi vengono registrati solamente durante la campagna sperimentale e vengono associati ai singoli impulsi, mentre i secondi vengono registrati ininterrottamente.

Si è scelto di utilizzare un protocollo di comunicazione connectionless (UDP) in quanto eventuali ritardi del sistema a valle avrebbero potuto compromettere l'esecuzione in tempo reale del thread real-time in discussione. Si è preferito quindi privilegiare il controllo in controeazione di temperatura alla visualizzazione e comunicazione esterna dello stato corrente.

Il thread "Acquisizione" si occupa anche di sincronizzare l'orologio interno con quello dell'RO-server, per avere congruenza di dati - i dati infatti vengono memorizzati insieme agli istanti temporali in cui sono campionati (timestamp) - a segnalare eventuali problemi di sovratemperature al sistema di protezione SGPR<sup>12</sup>, di visualizzare su un monitor locale la media che viene trasmessa al sistema di baking e i timestamp "on process".

### **3.2.2 Thread di comunicazione**

Il thread "Communication", con priorità inferiore al precedente, si occupa di comunicare al vecchio sistema di visualizzazione i dati disponibili, prelevandoli dal (o dai) file temporaneo (i). In condizioni normali, il file è mantenuto vuoto o quasi, ma qualora il server misure termiche non dovesse essere in grado di ricevere i dati, il sistema è capace di memorizzare oltre tre mesi di dati (che si organizzano automaticamente in più file). Tre mesi è ritenuto un tempo sufficiente per sostituire il server, nel caso sia necessario acquistarne uno nuovo.

## **3.2 Software di interfaccia con MDSplus**

In Figura 7 è possibile vedere lo schema di massima del software, che sarà dettagliato in seguito.

In centro è possibile notare i due grandi cicli concorrenti che si occupano di ricevere e memorizzare i dati: il ciclo superiore inserisce i dati ricevuti in una coda in memoria, quello inferiore si occupa di inserire nel database i dati estratti dalla coda.

Alla loro sinistra una prima fase di inizializzazione delle code e di reperimento nel registry di alcuni valori di riferimento. A destra l'eliminazione delle code al termine dell'esecuzione del software.

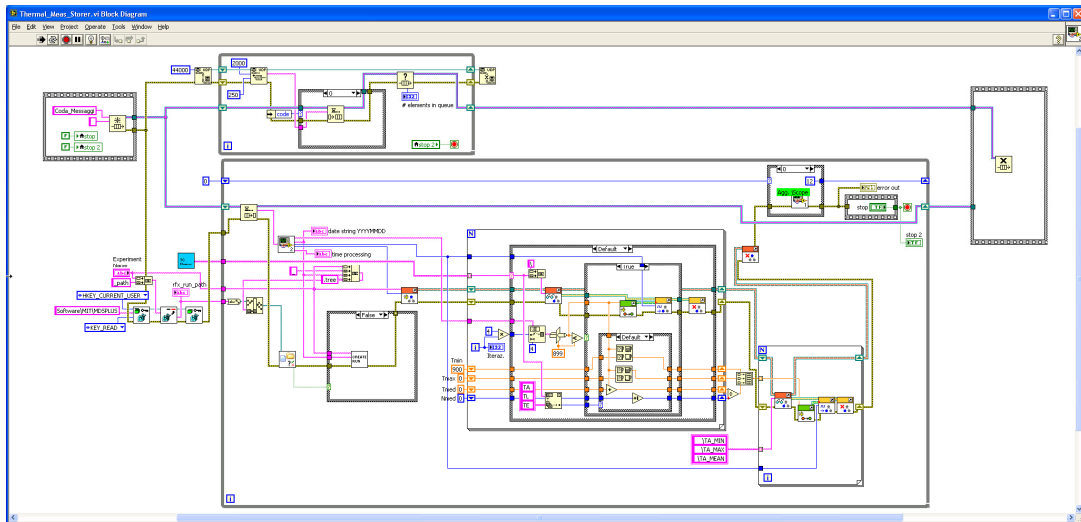


Figura 7 - Programmazione LabView: Vista d'insieme del software di interfaccia con MDSplus.

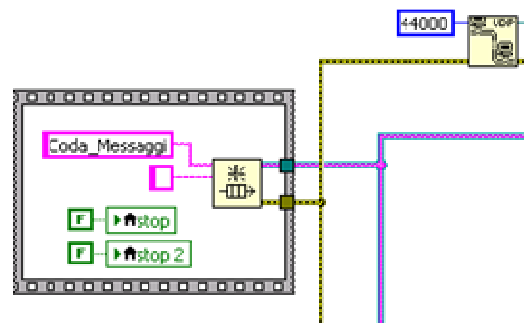


Figura 8 - Creazione della coda e del canale di comunicazione-

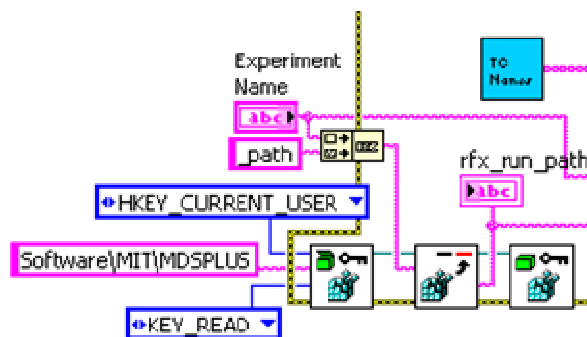


Figura 9 - Reperimento nel registry di informazioni sull'installazione locale.

In Figura 8 è possibile vedere più nel dettaglio la creazione della coda e l'assegnazione della porta UDP (socket) per la comunicazione con il software real-time che gira sul PXI.

In Figura 9 invece è possibile osservare il reperimento nel registry del path dove si trova il database locale.

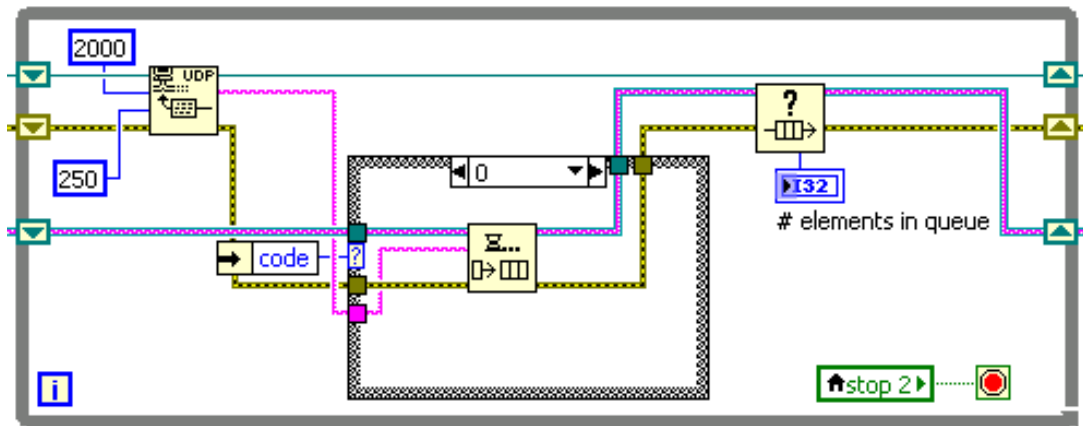


Figura 10 - Ricezione dei dati ed inserimento in coda.

In Figura 10 è possibile vedere come i dati ricevuti sul socket UDP, vengano immediatamente inseriti nella coda appositamente create in precedenza. Una volta inserito il dato, viene visualizzata la lunghezza della coda.



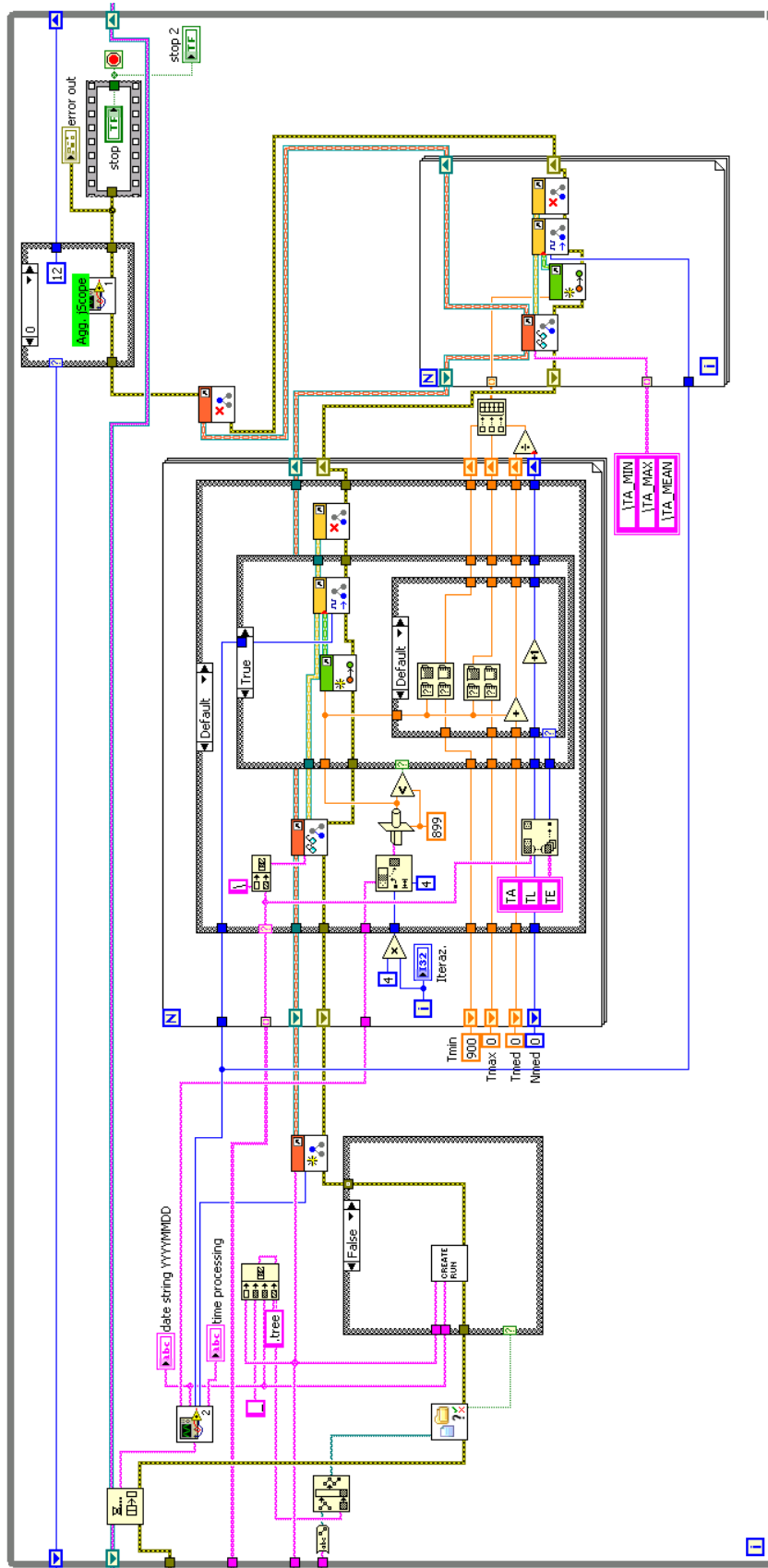


Figura 11 - Estrazione dei dati dalla coda e successivo inserimento nel database MDSplus.

Un piccolo inciso: quando si è impostato il modello dei dati di RFX, si è scelto di associare, per questo tipo di misure acquisite continuamente durante il giorno (h24) un “run” ad ogni giorno, dividendo così di fatto i dati dei vari giorni in file diversi. File e database sono, in questo, sinonimi, almeno in prima approssimazione. Possiamo quindi dire che viene creato un database per ogni giorno.

In Figura 11 è possibile vedere nel dettaglio il vero cuore dell’interfaccia oggetto di questa tesi. Dopo l’estrazione di un dato dalla coda, tramite il suo timestamp si ricavano le informazioni relative a data e ora. Quest’ultima viene immediatamente visualizzata per dare all’operatore un segnale visivo dell’allineamento del sistema con l’ora corrente.

La data invece viene utilizzata per verificare se il file / database di quel giorno è già esistente, e qualora non lo fosse si provvede a crearlo.

Viene quindi ottenuto il riferimento all’albero del run in cui si desidera operare e si entra nel ciclo for.

Nel ciclo viene verificato se i valori ricevuti sono sensati (inferiori a 899°C), e qualora lo siano, vengono inseriti nel database MDSplus.

Per inserire ciascun dato, si procede creando prima un riferimento al dato (icona verde) e poi inserendo detto riferimento nell’albero (icona gialla).

Si approfitta anche di avere i dati disponibili per confrontarli tra loro a ogni ciclo e determinare la temperatura massima, media e minima, delle termocoppie in cui nomi che iniziano per TA, TL e TE si riferiscono rispettivamente agli anelli, alle lamiere e delle fasce.

Non si esegue invece nessun inserimento, né alcuna comparazione, quando il dato di temperatura appare fuori soglia (maggiore o uguale a 899°C).

Al termine del ciclo principale viene eseguito un ciclo che inserisce le temperature massima, media e minima appena calcolate, riferite ovviamente allo stesso istante temporale.

Ogni 13 cicli viene infine generato un evento che fa aggiornare la visualizzazione del jScope (che vedremo in seguito).

Si tenga presente che MDSplus funziona con riferimenti ai dati e non direttamente con i dati. Tutti i riferimenti devono quindi essere distrutti dopo l’uso, non essendo previsto un processo di “garbage collection” nell’ambiente di esecuzione C (MDSplus e le routine utilizzate per questa interfaccia sono infatti scritti in C), incombenza di cui si occupano i sub-vi mostrati da icone con le X rosse, ciascuna delle quali serve a eliminare il riferimento creato dal sub-vi di colore corrispondente.

Si suppone superfluo descrivere le chiusure delle code e dei socket di rete.

### 3.3 jScope

I dati immagazzinati nel database di MDSplus sono facilmente visualizzabili con un jScope, uno strumento apposito che permette di correlare temporalmente i dati acquisiti.

Di seguito vengono mostrati alcuni scope relativi a diverse giornate sperimentali con impulsi (Figura 12, Figura 13, Figura 14e Figura 15). Queste giornate sperimentali sono state selezionate per mostrare come diverse campagne sperimentali possano differire tra loro.



Figura 12 - Un esempio di una giornata sperimentale con impulsi

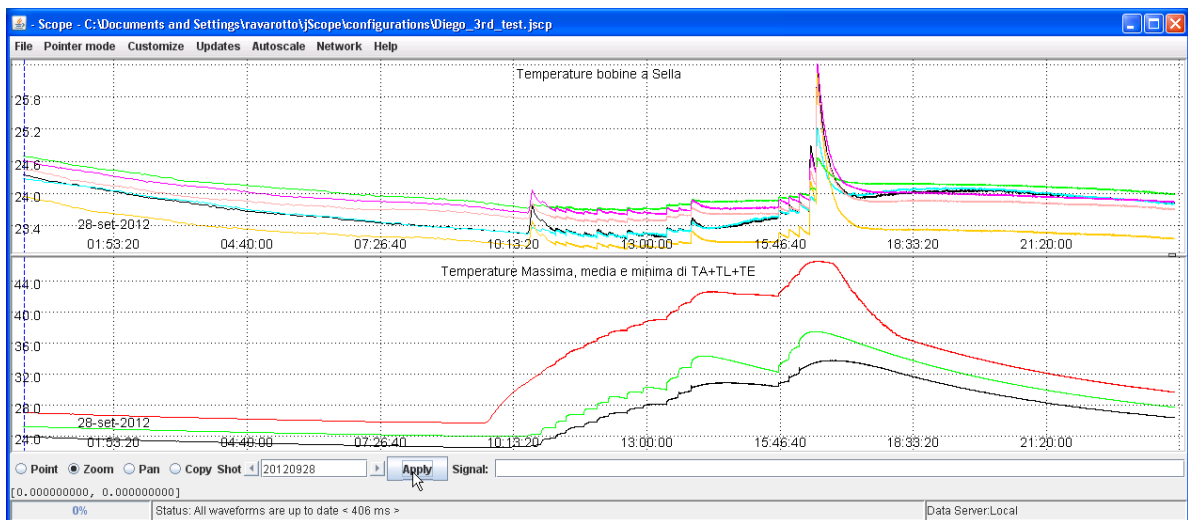


Figura 13 - Un altro esempio di una giornata sperimentale con impulsi

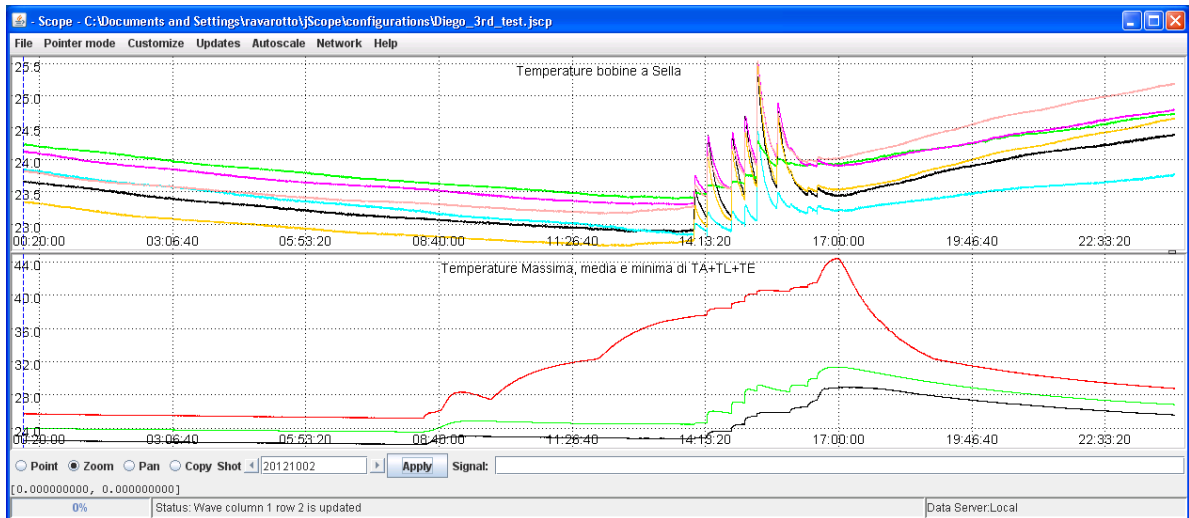


Figura 14 - Altro esempio di giornata sperimentale con impulsi

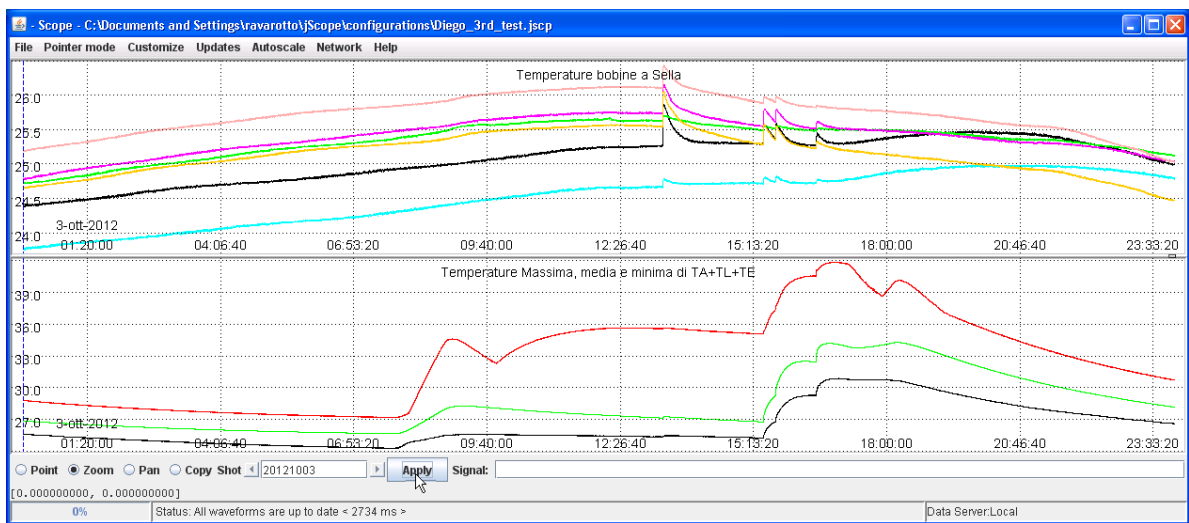


Figura 15 - Altro esempio di giornata sperimentale con impulsi

Successivamente vengono mostrati alcuni scope di esempio relativi ad un ciclo di Baking (Figura 16, Figura 17, Figura 18e Figura 19), l'unico eseguito ad oggi con questo sistema. In questi esempi è possibile osservare come la curva nera indicante il volere minimo tra le termocoppie rappresentate, abbia un evidente problema, di cui sarà necessaria capire la provenienza.

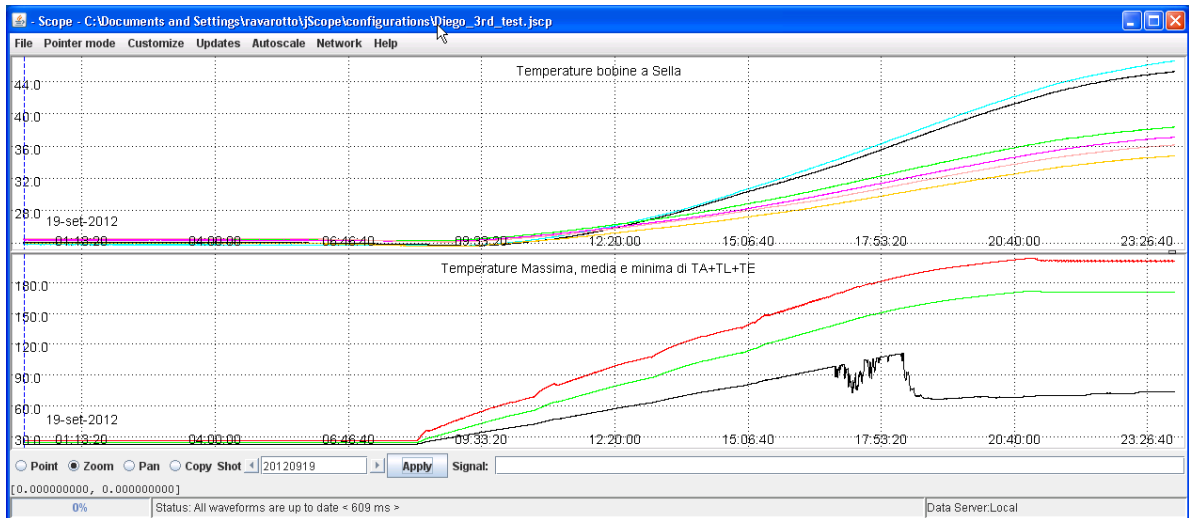


Figura 16 - Primo giorno di baking : Salita in temperatura.

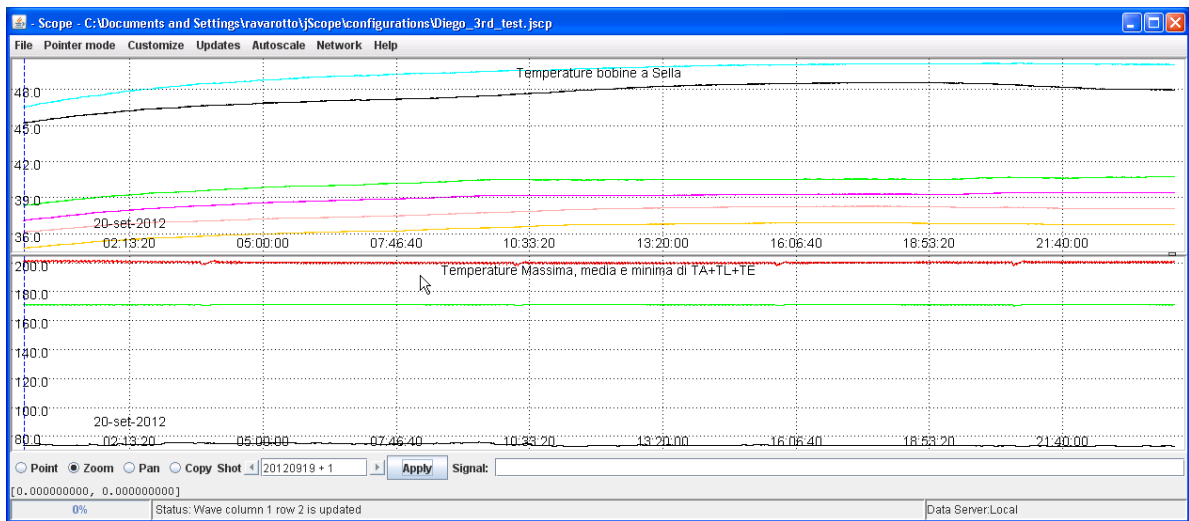


Figura 17 - Secondo giorno di baking: raggiungimento e mantenimento della temperatura.

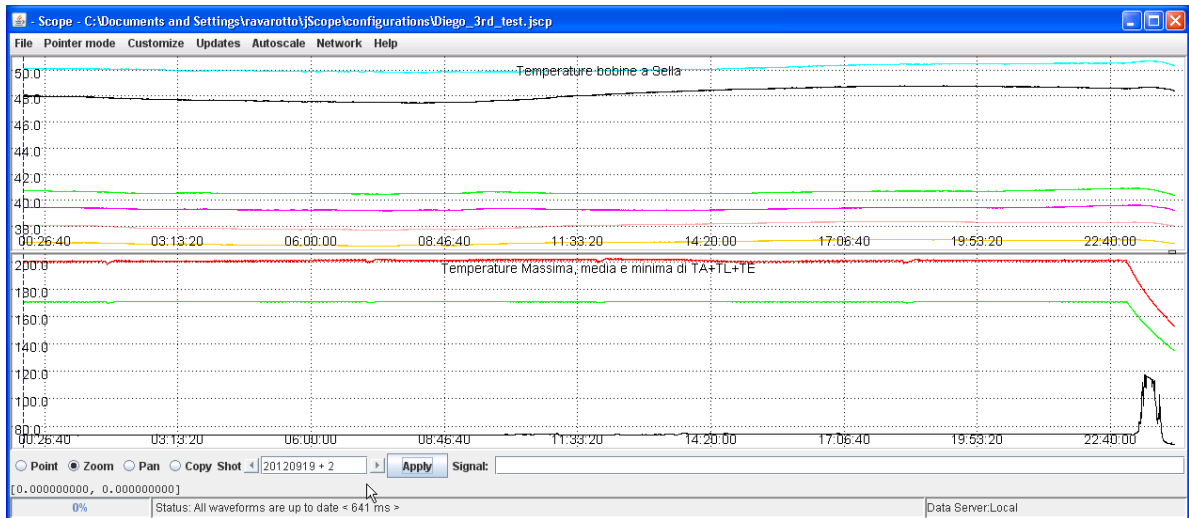


Figura 18 - Terzo giorno di baking : Mantenimento della temperatura, spegnimento in serata.

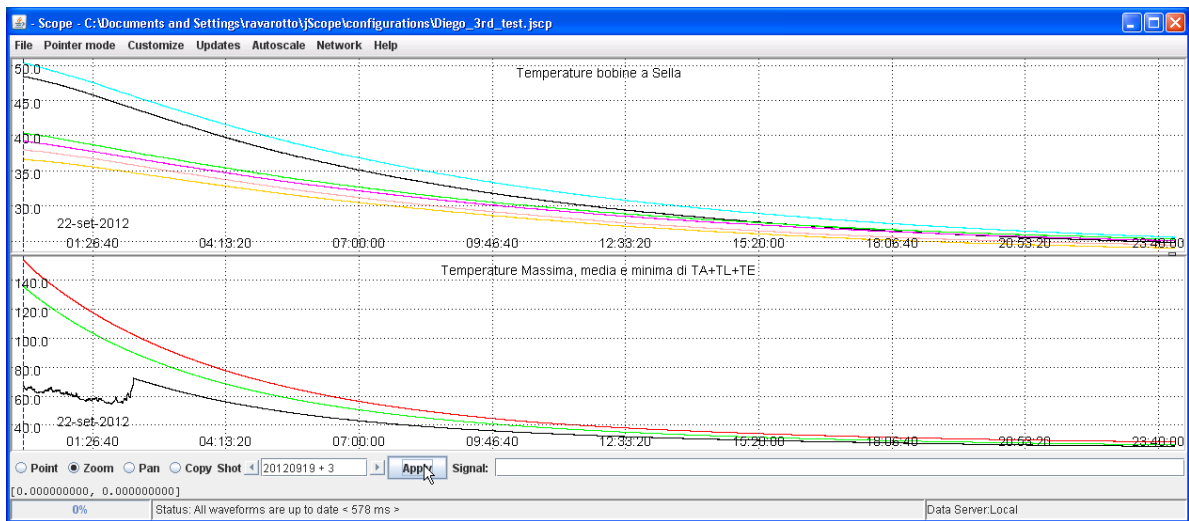


Figura 19 - Primo giorno dopo il baking : caduta libera delle temperature.

## **4 Proposte per sviluppi futuri**

### **4.1 Estensione al Sistema di Misure Meccaniche**

Visti gli ottimi risultati ottenuti con il nuovo sistema di archiviazione e correlazione dei dati, si propone di espandere questo approccio anche al sistema di misure meccaniche di RFX, soprattutto perché il nuovo sistema si è dimostrato molto affidabile; alla data di redazione della presente, il sistema non ha mai evidenziato problemi intrinseci di alcun genere, se non quelli inevitabilmente legati al mondo esterno (buchi nella tensione di alimentazione), ed è stato spento solo in occasione di manutenzioni programmate.

### **4.2 Correlazione con un DBMS**

L'unico limite evidenziato negli ultimi mesi di utilizzo di questo nuovo sistema è che il database non è, volutamente, relazionale. Questo per aumentare le prestazioni del sistema nell'utilizzo quotidiano.

A volte però, come nel caso della necessità di diagnosticare un qualche problema all'hardware di acquisizione del sistema, sarebbe più semplice fare delle interrogazioni mirate dei dati. Si ritiene quindi che il poter inserire i dati trattati in un dbms relazionale, come ad esempio mysql, potrebbe offrire vantaggi sotto il punto di vista del problem solving. Si ritiene che a tal proposito, si possano perseguire principalmente due strade.

La prima consisterebbe nell'archiviare costantemente in un dbms relazionale tutti i dati, magari cancellando periodicamente lo storico precedente a qualche settimana. Questo richiederebbe sicuramente un maggiore, anche se limitato, dispendio di risorse, ma consentirebbe di avere i dati disponibili in ogni istante.

La seconda invece, consiste nell'approntare uno strumento che, alla bisogna, legga i dati desiderati da MDSplus e li riversi nel dbms. Questo richiederebbe sicuramente minori risorse, ma costringerebbe a dei tempi di trasferimento dei dati in caso di bisogno che si potrebbe voler evitare.

## Ringraziamenti

Al termine di questo elaborato, mi sai consentito qualche ringraziamento.

Desidero ringraziare il Prof. Adriano Luchetta, per l'interesse, la pazienza e la disponibilità dimostrata durante questa recente fase della mia vita accademica.

Ringrazio l'ing. Gabriele Manduchi, responsabile del progetto per il Consorzio RFX, per la competenza, disponibilità e pazienza dimostrate, oltre che per avermi proposto questo lavoro di tirocinio.

Ringrazio l'Ing. Cesare Taliercio, per la costante presenza e disponibilità in tutte le fasi di questo progetto.

Grazie all'Ing. Mauro Dalla Palma, responsabile del sistema misure termiche e meccaniche di RFX-mod per il supporto e il dialogo, per la capacità di organizzazione, e soprattutto per la spesso provata pazienza.

Un ringraziamento va anche all'ing. Enrico De Marchi, autore della tesi di laurea a partire dalla quale ho potuto sviluppare questo lavoro, per la sua pazienza, e per la sua disponibilità alle correzioni dei piccoli problemi che inevitabilmente emergono in un prodotto così giovane.

Un ringraziamento va certamente alla Dott.ssa Alessandra Canton, mia responsabile di ufficio, per avermi sempre supportato in questa avventura, ed insieme a lei a tutti i miei colleghi d'ufficio, per avermi sopportato e spesso incoraggiato.

Ringrazio infine la mia famiglia, Cecilia, Tertulliano, Nicola e Nadia, per avermi portato ed accompagnato in qualche modo, a volte anche inconsapevolmente, a questo traguardo.

E concludo dicendo Grazie, a tutti quelli che ho incontrato e che hanno creduto in me, perché grazie a loro il cammino è stato più facile. E a tutti quelli che mi hanno ostacolato, perché le sfide si affrontano, sempre.



## Riferimenti bibliografici

---

<sup>1</sup> Istituto Gas Ionizzati del CNR <http://www.igi.cnr.it>

<sup>2</sup> Consiglio Nazionale delle Ricerche <http://www.cnr.it>

<sup>3</sup> Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile, ex Ente Nazionale per l'Energia nucleare e Alternativa <http://www.enea.it>

<sup>4</sup> The European Atomic Energy Community <http://www.euratom.org>

<sup>5</sup> <http://www acciaierievenete.com/>

<sup>6</sup> Istituto Nazionale di Fisica Nucleare <http://www.infn.it>

<sup>7</sup> International Thermonuclear Experimental Reactor <http://www.iter.org>

<sup>8</sup> <http://www.ni.com>

<sup>9</sup> G. Serianni, T. Bolzonella, R. Cavazzana, G. Marchiori, N. Pomaro, L. Lotto, M. Monari, and C. Taliercio "Development, tests, and data acquisition of the integrated system of internal sensors for RFX", Review of Scientific Instruments, Vol. 75, N. 10, October. 2004

<sup>10</sup> [www.vci.com](http://www.vci.com) – white paper: <http://www.infoteam.de/downloads/open/public/ETSWhitePaper.pdf>

<sup>11</sup> Un trattamento della camera di RFX ad alta temperatura della durata ininterrotta di alcuni giorni, spesso accoppiato a trattamenti chimico-fisici della prima parete della stessa, quali (solitamente) la boronizzazione o la litizzazione:

S. Dal Bello, A. Masiello, F. Milani, "Design of an induction heating system for the reassembly of the RFX machine", Conference Proceedings of the 20th IEEE/NPSS Symposium on Fusion Engineering (SOFE), San Diego (CA), October 2003

S. Munaretto, S. Dal Bello, P. Innocente, M. Agostini, F. Auriemma, S. Barison, A. Canton, L. Carraro, G. De Masi, S. Fiamenti, P. Scarin, D. Terranova "RFX-mod wall conditioning by lithium pellet injection", Nucl. Fusion 52, 2,(2012)

<sup>12</sup> Sistema Generale di Protezione Rapida - F. Milani, S. Peruzzo, G. Chitarin, E. Gaio, L. Grando, N. Pomaro, V. Toigo "Upgrade of the RFX fast protection system in view of the new operating scenarios and machine modifications" - Fusion Engineering and Design 66-68 (2003) 1069-1073