

# RAPPORTI TECNICI INGV

Controllo remoto di un sistema  
per l'acquisizione di dati sismici  
in Alta Affidabilità



ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

454



## **Direttore Responsabile**

Valeria DE PAOLA

## **Editorial Board**

Luigi CUCCI - Editor in Chief (luigi.cucci@ingv.it)  
Raffaele AZZARO (raffaele.azzaro@ingv.it)  
Christian BIGNAMI (christian.bignami@ingv.it)  
Viviana CASTELLI (viviana.castelli@ingv.it)  
Rosa Anna CORSARO (rosanna.corsaro@ingv.it)  
Domenico DI MAURO (domenico.dimauro@ingv.it)  
Mauro DI VITO (mauro.divito@ingv.it)  
Marcello LIOTTA (marcello.liotta@ingv.it)  
Mario MATTIA (mario.mattia@ingv.it)  
Milena MORETTI (milena.moretti@ingv.it)  
Nicola PAGLIUCA (nicola.pagliuca@ingv.it)  
Umberto SCIACCA (umberto.sciacca@ingv.it)  
Alessandro SETTIMI (alessandro.settimi1@istruzione.it)  
Andrea TERTULLIANI (andrea.tertulliani@ingv.it)

## **Segreteria di Redazione**

Francesca DI STEFANO - Coordinatore  
Rossella CELI  
Robert MIGLIAZZA  
Barbara ANGIONI  
Massimiliano CASCONI  
Patrizia PANTANI  
Tel. +39 06 51860068  
redazione@ingv.it

**REGISTRAZIONE AL TRIBUNALE DI ROMA N.174 | 2014, 23 LUGLIO**

© 2014 INGV Istituto Nazionale  
di Geofisica e Vulcanologia  
Rappresentante legale: Carlo DOGLIONI  
Sede: Via di Vigna Murata, 605 | Roma



**ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA**

# RAPPORTI TECNICI INGV

Controllo remoto di un sistema  
per l'acquisizione di dati sismici  
in Alta Affidabilità

*Remote Control of an High Availability cluster  
for seismic data acquisition*

Alessandro Di Filippo, Francesco Liguoro, Aldo Benincasa, Rosario Peluso

INGV | Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Napoli - Osservatorio Vesuviano

Accettato 31 marzo 2022 | Accepted 31 March 2022

Come citare | How to cite Di Filippo A., Liguoro F., Benincasa A., Peluso R., (2022). Controllo remoto di un sistema per l'acquisizione di dati sismici in Alta Affidabilità. Rapp. Tec. INGV, 454: 1-20, <https://doi.org/10.13127/rpt/454>

In copertina Render del circuito elettronico | Cover Rendering of electronic board

454



# INDICE

<b>Riassunto</b>	<b>7</b>
<i>Abstract</i>	<b>7</b>
<b>Introduzione</b>	<b>7</b>
<b>1. Alta Affidabilità</b>	<b>8</b>
<b>2. Contesto operativo</b>	<b>9</b>
<b>3. Acquisizione dei dati sismici</b>	<b>9</b>
<b>4. Architettura e scelte tecnologiche</b>	<b>10</b>
4.1 Heartbeat	10
4.2 Corosync	10
4.3 Pacemaker	11
<b>5. Implementazione</b>	<b>11</b>
5.1 Integrazione di DRBD e Pacemaker/Corosync/Heartbeat	11
5.2 Configurazione hardware	12
5.3 Controllo remoto: il Remote Communication and Start/Stop System	13
5.3.1 Principio di funzionamento	15
5.3.2 Schema elettrico	15
5.4 Configurazione software	16
<b>6. Conclusioni e sviluppi futuri</b>	<b>16</b>
<b>Bibliografia</b>	<b>17</b>



## Riassunto

Nel contesto della rete di sorveglianza sismica permanente gestita dall'Osservatorio Vesuviano, è stato realizzato un sistema di controllo remoto associato ai *microcluster* in Alta Affidabilità (High-Availability, HA). Esso permette di soddisfare l'esigenza operativa di ridurre il tempo di inattività dei sistemi di acquisizione dati in caso di malfunzionamento del cluster HA, riducendo drasticamente la necessità di avere un operatore sul campo per la risoluzione. Il presente lavoro, quindi, si pone l'obiettivo di fornire una descrizione tecnica del sistema in Alta Affidabilità in esercizio presso la stazione sismica di Forio Punta Imperatore nell'isola di Ischia (codice identificativo: IFOR) e del relativo sistema di controllo remoto che è stato realizzato: il *Remote Communication and Start/Stop System (RC3S)*.

## Abstract

*In the context of the permanent seismic surveillance network managed by the Vesuvius Observatory, a remote control system associated with High-Availability (HA) microclusters has been implemented. It satisfies the operational need to reduce the downtime of data acquisition systems in case of malfunctioning of the HA cluster, drastically reducing the need to have an on field operator for resolution.*

*The present work, therefore, aims at providing a technical description of the High-Availability (HA) system in use at the seismic station of Forio Punta Imperatore in the island of Ischia (identification code: IFOR) and of the related remote control system that has been implemented, named Remote Communication and Start/Stop System (RC3S).*

Keywords Alta Affidabilità; Controllo remoto; Dati sismici | High Availability; Remote control; Seismic data

---

## Introduzione

L'Alta Affidabilità coinvolge tecniche volte ad assicurare un elevato grado di continuità di funzionamento di un sistema informatico.

In ambito sismologico, è fortemente sentita la necessità di garantire la continuità nel tempo dell'acquisizione dei dati sismici (ed anche multi-parametrici) provenienti dalla sensoristica specifica installata presso i siti che compongono i nodi della rete di monitoraggio. Un coerente flusso di dati verso le "sale operative" è alla base di uno dei compiti istituzionali più delicati ed importanti che sono a carico dell'Osservatorio Vesuviano, sezione di Napoli dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia: la sorveglianza dei vulcani Vesuvio, Campi Flegrei, Ischia e Stromboli.

Nel presente lavoro verranno descritte le componenti *hardware* utilizzate per l'archiviazione e il controllo da remoto e quelle *software* per gestire il *failover*, ovvero la commutazione automatica del sistema verso uno analogo in caso di malfunzionamento. Sarà dettagliato e descritto, nelle sue componenti hardware e software, il sistema realizzato per permettere il controllo remoto delle funzionalità di base del cluster.

# 1. Alta Affidabilità

Con Alta Affidabilità, o *High Availability* (HA), si intende la caratteristica principale di un sistema informatico, connesso in rete, capace di fornire il massimo del potenziale *uptime* e dell'accessibilità ai dati stessi elaborati e/o contenuti nel sistema.

Anche se, ad oggi, con il progredire della tecnologia e dei processi produttivi, un sistema tradizionale è chiaramente in grado di servire quantità di utenti elevate, potrebbe presentare ciò che in letteratura viene comunemente chiamato *single point of failure*: un componente del sistema stesso il cui malfunzionamento può compromettere l'intera infrastruttura, fino a causare una completa interruzione di servizio per un tempo indefinito.

I sistemi ad Alta Affidabilità sono progettati proprio per mitigare questo problema eliminando i *single point of failure* ed evitando quindi che un malfunzionamento localizzato possa compromettere il funzionamento dell'intero sistema.

Affinché un sistema possa definirsi ad Alta Affidabilità, deve implementare le caratteristiche di ridondanza, monitoraggio e *failover*.

La ridondanza da sola non può garantire l'Alta Affidabilità. Un sistema ha anche bisogno di meccanismi di rilevabilità dei guasti. L'abilità di condurre test di Alta Affidabilità e la capacità di intraprendere azioni correttive ogni volta che uno dei componenti dello *stack* diventa non disponibile sono essenziali. La ridondanza è un approccio basato sull'*hardware*. D'altra parte, l'implementazione di strategie di Alta Affidabilità coinvolge quasi sempre il *software*.

L'Alta Affidabilità e la tolleranza ai guasti si riferiscono entrambe a tecniche per fornire alti livelli di *uptime*. Tuttavia, le strategie di tolleranza ai guasti e di Alta Affidabilità raggiungono questo obiettivo in modo diverso.

La tolleranza ai guasti richiede una completa ridondanza nell'*hardware*. Più sistemi operano in sinergia per raggiungere tale permissività, effettuando un *mirroring* completo delle applicazioni ed eseguendo le istruzioni contemporaneamente. Quando il sistema principale si guasta, un altro sistema dovrebbe subentrare senza perdita di tempo di attività. Questo tipo di sistema conserva la memoria e i dati dei suoi programmi, tuttavia, può richiedere più tempo per adattarsi ai guasti per reti e sistemi più complessi. Inoltre, i problemi di *software* che causano il malfunzionamento dei sistemi possono a volte far fallire allo stesso modo quelli ridondanti che operano in tandem, causando il fermo complessivo dell'intero sistema. Al contrario, una soluzione ad Alta Affidabilità adotta un approccio basato sul *software* invece che sull'*hardware* per ridurre i tempi di inattività dei servizi. Invece di usare *hardware* fisico per raggiungere la ridondanza totale, un *cluster* ad Alta Affidabilità è un gruppo di server che supportano software ridondante che gestisce, in caso di guasto di un componente di una macchina, la migrazione del servizio erogato su altre macchine. Tali server possiedono capacità di *failover* e si monitorano a vicenda. Se il server primario ha dei problemi, uno di quelli di *backup* deve essere capace di rilevarli ed intervenire riavviando l'applicazione che ha causato il malfunzionamento.

Per ridurre le interruzioni e i tempi di inattività è essenziale essere pronti per gli eventi imprevisti che possono comportare un "fermo macchina". Può capitare che in particolari condizioni di funzionamento ed emergenza anche il *software* e i sistemi più robusti ed affidabili vengano sottoposti ad un periodo di tempo (programmato o meno) di *downtime*<sup>1</sup>. I sistemi ad Alta Affidabilità minimizzano l'impatto di questi eventi e spesso possono riprendersi automaticamente da guasti di componenti o anche di interi server.

Questo significa che nella maggior parte dei settori verticali, specialmente nei servizi basati sul *software*, un'architettura ad Alta Affidabilità ha molto senso. È molto conveniente rispetto

---

<sup>1</sup> Tempo di fermo macchina, ovvero tempo in cui lo specifico servizio esposto da un particolare sistema it non viene erogato.

a una soluzione *fault tolerant*, che non può gestire i problemi del software allo stesso modo. Riassumendo, è possibile affermare che:

- i *cluster* ad Alta Affidabilità sono *computer cluster*<sup>2</sup> che supportano applicazioni complesse e/o critiche, lavorando in sinergia in modo affidabile per ridurre al minimo i tempi di inattività del sistema complessivo;
- un *failover cluster* è un sistema ridondante attivato quando il sistema principale incontra problemi di prestazioni, che rappresenta, quindi, una strategia per raggiungere il risultato dell'Alta Affidabilità.

## 2. Contesto operativo

La stazione sismica con identificativo IFOR della rete permanente di monitoraggio gestita dall'Osservatorio Vesuviano, si trova nel territorio comunale di Forio, nella parte terminale di Punta Imperatore, nell'isola di Ischia (NA). Essa si trova ad una quota di 234 m sul livello del mare e le coordinate nel sistema di riferimento WGS84 sono Lat 40.7115°N e Lon 13.8551°E [Bellucci Sessa et al., 2022].

La stazione sismica è equipaggiata con un sismometro Guralp CMG-40T Broad-Band 60s-50Hz, un sensore infrasonico Chaparral Physics mod.25 e con il digitalizzatore a 24bit GILDA realizzato presso l'Osservatorio Vesuviano [Orazi et al., 2008].

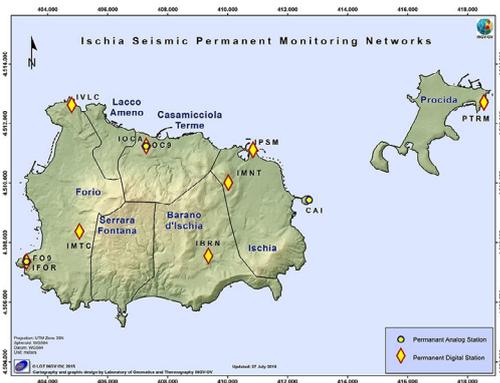


Figura 1 Isola di Ischia con le posizioni delle stazioni sismiche permanenti e mobili.

Figure 1 Ischia Island with locations of seismic stations, both permanent and mobile ones.

Nel 2015 è stata installata nell'area occidentale del Monte Epomeo, nell'area di Monte Corvo, una stazione digitale denominata IMTC (lat 40.720887°N – lon 13.875813°E) [Bellucci Sessa et al., 2022] anch'essa equipaggiata con sismometro CMG-40T e digitalizzatore GILDA che trasmette utilizzando un link Hyperlan [ETSI RES, 1997] digitale su IFOR che la riceve e la ritrasmette.

## 3. Acquisizione dei dati sismici

L'acquisizione dei segnali sismici generati dai sensori descritti nella sezione precedente, tramite i digitalizzatori GILDA, è realizzata utilizzando il noto modulo software Earthworm<sup>3</sup>, sviluppato dallo United States Geological Survey (USGS)<sup>4</sup>.

Il software Earthworm consiste in un insieme di moduli indipendenti, ognuno specializzato in

<sup>2</sup> Insieme di computer connessi tra loro tramite una rete telematica. Scopo di un cluster è distribuire un'elaborazione molto complessa tra i vari computer, aumentando la potenza di calcolo del sistema e/o garantendo una maggiore disponibilità di servizio.

<sup>3</sup> <http://www.earthwormcentral.org>

<sup>4</sup> <https://www.usgs.gov>

un compito ben preciso (acquisizione di dati, il prelievo di fase, etc.), orchestrati per comunicare tra loro trasmettendo e ricevendo vari messaggi tramite uno o più buffer di memoria condivisa chiamato ring [Orazi et al., 2006], [Peluso, De Cesare, 2006].

L'eventuale assenza di questo software correttamente funzionante pregiudicherebbe quindi l'acquisizione stessa dei dati, la loro conservazione e successiva ritrasmissione verso il Centro Elaborazione Dati (CED) della sede dell'Osservatorio Vesuviano.

Appare quindi evidente che esso rappresenta la risorsa software da rendere sempre disponibile riducendo al minimo l'eventualità di sospensione di servizio o di malfunzionamento, utilizzando allo scopo l'approccio dell'Alta Affidabilità.

Il sistema di acquisizione dati, in esercizio a IFOR, presenta quindi una configurazione in HA realizzata seguendo le *best practice* maturate nel tempo presso l'Osservatorio Vesuviano ed applicate a numerosi siti di acquisizione della rete sismica di competenza [Peluso, De Cesare, 2006; Peluso et al., 2009; Margheriti et al., 2021; Tramelli et al., 2022].

## 4. Architettura e scelte tecnologiche

Avendo come obiettivo la realizzazione di un sistema affidabile capace di convergere velocemente verso uno stato stabile in caso di malfunzionamento, le caratteristiche principali da implementare sono fondamentalmente due:

- continuità di esercizio in acquisizione
- integrità dei dati acquisiti

I sistemi operativi basati sul *kernel* Linux offrono potenti soluzioni *open source* in grado di garantire questi due aspetti. La scelta è ricaduta sugli strumenti conosciuti come Heartbeat, Pacemaker/Corosync e Distributed Replicated Block Device (DRBD), sia per il consolidato impiego in scenari *mission critical*, sia per il notevole supporto fornito dalle rispettive comunità di sviluppatori.

### 4.1 Heartbeat

Heartbeat è composto da alcuni *daemon* Unix ed un insieme di programmi e script di supporto che permettono a due (o più) calcolatori di scambiarsi informazioni sul proprio stato e di prendere opportune contromisure nel caso in cui uno di essi smetta di funzionare correttamente. La forma più utilizzata di sistema Heartbeat è quella in cui un calcolatore *master* è sempre attivo ed un calcolatore *slave* è nella condizione di poter intervenire quando necessario.

Due sono le tipologie di evento che possono far intervenire il calcolatore *slave*:

- malfunzionamento improvviso ed imprevedibile del *master*: assenza di alimentazione, rottura improvvisa di componenti hardware fondamentali, etc.;
- notifica inviata dal *master* che, a causa di qualche problema rilevato, non è più in grado di garantire il proprio funzionamento.

### 4.2 Corosync

Corosync è un *cluster engine* (un sistema di comunicazione di gruppo con funzionalità aggiuntive ad elevata affidabilità) *open source* che fornisce l'appartenenza al *cluster* e le funzionalità di messaggistica, spesso denominate "livello di messaggistica", ai *server client*.

Corosync fornisce quattro funzionalità principali:

- modello di comunicazione a gruppi di processi chiusi con garanzie di sincronia virtuale estesa per la creazione di macchine a stati replicate;
- semplice gestore della disponibilità che riavvia il processo dell'applicazione quando fallisce;
- database in memoria che fornisce la possibilità di impostare, recuperare e ricevere notifiche di modifica delle informazioni;
- sistema di quorum che notifica alle applicazioni quando viene raggiunto o perso il quorum.

### 4.3 Pacemaker

Pacemaker è un *cluster resource manager* (CRM) *open source*, un sistema che coordina risorse e servizi gestiti e resi altamente disponibili da un *cluster*. In sostanza, Corosync consente ai *server* di comunicare come un *cluster*, mentre Pacemaker offre la possibilità di controllare come si comporta il *cluster*. Per impostazione predefinita, Corosync e Pacemaker non vengono avviati automaticamente come parte della sequenza di avvio e se la macchina si arresta in modo anomalo e si riavvia. Il *cluster* HA gestisce uno o più indirizzi comuni che in caso di *failover* consentono la continuazione dei servizi forniti anche senza conoscere quale dei due calcolatori sia attivo in quel momento [Peluso, De Cesare, 2006].

## 5. Implementazione

In questa sezione vengono presentate le caratteristiche generali dell'implementazione che realizza l'Alta Affidabilità e quelle specifiche del sistema per il controllo remoto del cluster in esercizio ad IFOR.

### 5.1 Integrazione di DRBD e Pacemaker/Corosync/Heartbeat

Pacemaker raggiunge la massima disponibilità per i servizi cluster (risorse) rilevando e ripristinando i nodi e gli errori a livello di risorsa utilizzando le funzionalità di messaggistica e appartenenza fornite dall'infrastruttura cluster preferita (Corosync o Heartbeat).

Heartbeat è un demone che fornisce servizi di infrastruttura cluster (comunicazione e appartenenza) ai propri client. Ciò consente ai client di conoscere la presenza (o la scomparsa) di processi peer su altre macchine e di scambiare facilmente messaggi con loro.

Per essere utile agli utenti, il demone Heartbeat deve essere abbinato ad un CRM, che ha il compito di avviare e fermare i servizi (indirizzi IP, web server, ecc.) rendendo i cluster altamente disponibili. Pacemaker è il gestore di risorse cluster preferito per i cluster basati su Heartbeat. L'interazione tra pacemaker e DRBD avviene creando una partizione DRBD per ogni cluster (nel caso trattato dal presente lavoro, 2 partizioni) le cui configurazioni vengono dettagliate nei file "*home.res*" e "*data.res*", mentre nel file "*global\_common.conf*" viene specificato il protocollo utilizzato (Protocol B).

Il cluster fornisce dei servizi in alta disponibilità chiamati *resource*: le risorse più semplici sono denominate *primitive* ed hanno un *Resource Agent* che ne controlla il funzionamento. *Pacemaker* supporta svariate classi, tra cui OCF (Open Cluster Framework) che rappresenta lo standard più utilizzato e più flessibile che la realizzazione degli Agenti, mediante la configurazione:

```
crm configure primitive "#Resource" ocf:heartbeat:#ResourceName
```

Le risorse utilizzate sono raggruppate in un “Resource Group” e sono:

- **IPaddr:** gestisce gli IPv4 virtuali
- **Filesystem:** gestisce i montaggi del file system
- **anything:** gestisce un servizio arbitrario

Il sistema così configurato fa sì che il monitoraggio sia sempre “attivo” e senza perdite di informazioni, facendo lavorare senza interruzioni il software Earthworm che, come accennato nel capitolo 3, è dedicato all’acquisizione dei dati sismici.

## 5.2 Configurazione hardware

I calcolatori utilizzati per la realizzazione del cluster di acquisizione in HA sono stati configurati con le seguenti caratteristiche di base:

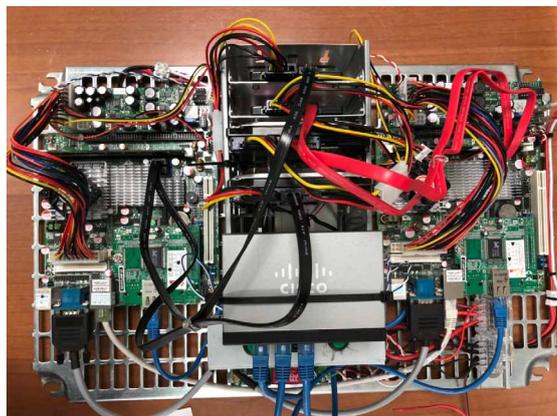
- scheda madre formato ITX Jetway J7F2 con chipset VIA CN700 + VT8237RP
- microprocessore integrato VIA C7 2GHz
- memoria RAM single channel DDR2 533 1Gb

mentre lo storage è stato affidato a due unità per calcolatore:

- un disco SSD da 250GB
- un disco HDD da 1TB

**Figura 2** I due calcolatori del cluster installati bare metal su griglia Telequick.

*Figure 2 The cluster bare metal machines onto telequick grid.*



Sul disco a stato solido è installato il sistema operativo, mentre su quello meccanico i software per il cluster e l’acquisizione dei dati.

Come si vede in Figura 2, il sistema è stato implementato senza utilizzare dei *case* miniITX dedicati per la scheda madre selezionata ma montando l’elettronica direttamente su una griglia *Telequick* da montare in una cassa “sarel” normalmente utilizzata per contenere l’elettronica. Questa scelta ha vari vantaggi: la possibilità di inserire una maggiore quantità di schede nella cassa (sfruttando lo spazio risparmiato dai *case*), realizzare un migliore raffreddamento dell’elettronica e la possibilità di organizzare le posizioni relative delle varie componenti in modo ottimale.

Il sistema per il controllo remoto del cluster utilizza un altro componente fondamentale: il WiPort Lantronix<sup>5</sup>. Esso è in grado di fornire specifiche funzionalità di *networking* fornendo una soluzione totalmente integrata per svolgere agevolmente numerose applicazioni come *remote sensing*, *data*

<sup>5</sup> <https://www.lantronix.com/products/wiport/>

*collection*, *security alarm* e *time clock*, grazie ad un *hardware* particolarmente versatile. Nell'uso specifico, è utilizzato per stabilire una comunicazione bilaterale TCP/UDP verso una periferica connessa in seriale per rendere possibile l'uso della *console Linux* dei due PC in HA da remoto. È anche in grado di generare in output dei segnali in tensione LVTTTL (3.3 Volt) oppure rilevare segnali di input su 11 GPIO (*General Purpose Input/Output*) configurabili ed è utilizzato per l'accensione, lo spegnimento e il riavvio da remoto dei due calcolatori del cluster in modo sincrono o totalmente asincrono tra loro.



Figura 3 Il WiPort Lantronix.

Figure 3 The Lantronix WiPort.

### 5.3 Controllo remoto: il Remote Communication and Start/Stop System

Il *Remote Communication and Start/Stop System (RC3S)* è un sistema progettato e realizzato *in house* dal laboratorio di elettronica dell'Osservatorio Vesuviano con lo scopo di soddisfare un'esigenza operativa che, in questo contesto, si traduce nel ridurre il tempo di inattività del *cluster* in caso di *fault software*, riducendo potenzialmente i tempi di intervento qualora sia necessaria la presenza di un operatore sul campo per la risoluzione.

Il sistema *RC3S* fa parte della famiglia di circuiti detti *glue-logic*, ovvero un circuito in grado di porsi tra sistemi più o meno complessi mettendoli in relazione tra loro. Nello specifico caso mette in relazione le funzionalità di rete del Lantronix Wiport con le *console* seriali e l'hardware di accensione/spegnimento dei due PC che compongono il *cluster*.

Nel dettaglio, il *R3CS* permette di stabilire una connessione diretta ed affidabile alle console Linux dei due PC tramite porta seriale via TCP/IP qualora questi, per motivi di *fault* dei servizi *software*, si rendano indisponibili, impedendo di fatto il controllo remoto mediante SSH (*Secure SHell*). Inoltre, qualora uno o entrambi gli elementi del *cluster* risultassero inattivi e totalmente indisponibili, mediante uno script PERL è possibile effettuare un *hard-reset*, eseguendo uno spegnimento forzato con successiva riaccensione di uno od entrambe le macchine del *cluster*. Come si può intuire, data la sua versatilità e scalabilità, è un approccio che può essere applicato, nel suo complesso, a diversi contesti e scenari operativi che necessitano di una comunicazione seriale EIA RS-232 e di un segnale "attuatore" di un ulteriore generico sistema.

Come si vede dallo schema di Figura 4, il sistema *RC3S* è dotato di un WiPort Lantronix: il protocollo proprietario per la gestione dei pin GPIO è estremamente semplice e funzionale, la configurazione avviene attraverso la trasmissione di un pacchetto di nove byte mediante protocollo TCP oppure UDP.



### 5.3.1 Principio di funzionamento

Il circuito del R3S realizza un driver con determinate specifiche di resilienza costruttiva e isolamento elettrico. Seguendo queste specifiche è stato realizzato il circuito basandosi principalmente su due fotoaccoppiatori, che oltre a svolgere bene la loro importante funzione attuativa, garantisce che il sistema elettronico di supervisione (il WiPort, in questo specifico caso) sia galvanicamente isolato dal sistema da supervisionare. Inoltre, ha come intrinseco vantaggio che non vi sono parti meccaniche soggette ad usura e deterioramento rendendolo decisamente più affidabile di un analogo sistema basato su Relay (considerate le potenze in gioco).

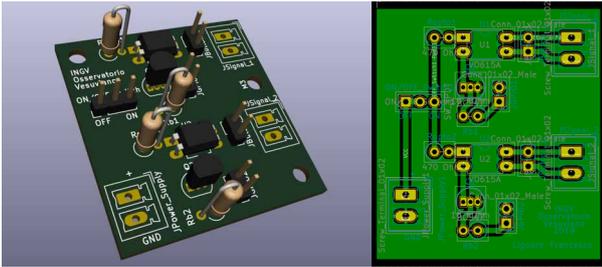


Figura 8 Render e layout del circuito elettronico.

Figure 8 Rendering and layout of electronic board.

Il suo funzionamento è alquanto semplice quanto efficace: mediante i segnali prodotti in uscita da due GPIO del WiPort, questi eccitano dei transistor che pilotano il diodo emettitore dei fotoaccoppiatori. Tale diodo mette in conduzione (o meno) il fototransistor contenuto nel fotoaccoppiatore, permettendo l'apertura (o la chiusura) di un circuito a valle.

### 5.3.2 Schema elettrico

Nello schema elettrico rappresentato in Figura 9 ai capi dei morsetti JGPIO1 e JGPIO2 vi è un segnale LVTTTL (0 : 3.3V) che pilotano le basi dei transistor Q1 e Q2. I due transistor messi in conduzione dai segnali, pilotano l'ingresso dei fotoaccoppiatori U1 e U2, fornendo la corrente necessaria ai diodi emettitore IRED affinché questi eccitano il corrispondente fototransistor posto in uscita, permettendo la loro commutazione.

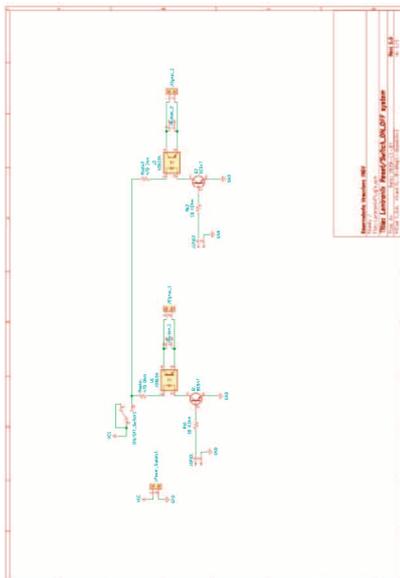


Figura 9 Schema elettrico.

Figure 9 Electrical schema.

## 5.4 Configurazione software

In aggiunta al sistema RC3S, che adatta e mette in relazione i segnali in uscita dai GPIO del WiPort Lantronix con l'attivazione o la disattivazione delle PSU dei PC del sistema ad Alta Affidabilità, è stato realizzato uno script in linguaggio Perl. Questo script genera i pacchetti TCP *custom* utili ad implementare le funzioni di accensione, spegnimento (*soft* e *hard*) e riavvio.

Lo script viene eseguito con tre parametri in ingresso:

- l'indirizzo IP dei dispositivi di acquisizione
- il pin GPIO
- un parametro opzionale "brute"

Quest'ultimo, se specificato, permette allo script di mantenere per cinque secondi il valore di tensione "alto" simulando una pressione continua del pulsante fisico di on/off. Lo script pilota le 11 GPIO del Lantronix WiPort inviando quattro sequenze di 9 byte controllando che ogni sequenza sia composta dal primo byte di "tipo comando" e i restanti 8 di "tipo parametro" seguendo l'ordine dei byte *Little Endian*.

Ogni sequenza assolve ad un compito preciso:

- la prima sequenza setta GPIO 1 o 0 "attivo alto"
- la seconda sequenza setta il GPIO 1 come "output"
- la terza sequenza setta GPIO 1 o 0 "attivo"
- la quarta sequenza setta il GPIO 0 o 1 "non attivo"

Con questo script, quindi, si è realizzato il pieno controllo del dispositivo RC3S raggiungendo così l'obiettivo prefissato del comando a distanza delle funzionalità basilari di esercizio del cluster in Alta Affidabilità: accensione, spegnimento e riavvio di uno o di entrambi i calcolatori senza la necessità di recarsi sul posto.

Figura 10 Dettaglio delle sequenze di byte così come definite nello script Perl.

Figure 10 Details of bytes strings as defined in the Perl script.

```
#!/usr/bin/perl
use Data::Dumper;
use IO::Socket::INET;

my %Commands = (
'keeper' => (
["1A0100000000000000", # Set GPIO 0 high active
"190100000001000000", # Set GPIO 0 as output
"1B0100000001000000", # GPIO 0 active
"1B0100000000000000", # GPIO 0 non active
],
'guardian' => (
["1A0200000000000000", # Set GPIO 1 high active
"190200000002000000", # Set GPIO 1 as output
"1B0200000002000000", # GPIO 1 active
"1B0200000000000000", # GPIO 1 non active
],
'both' => (
["1A0300000000000000", # Set GPIO 1 high active
"190300000003000000", # Set GPIO 1 as output
"1B0300000003000000", # GPIO 1 active
"1B0300000000000000", # GPIO 1 non active
]
);
);
```

## 6. Conclusioni e sviluppi futuri

Il sistema così configurato permette di utilizzare tecniche di alta disponibilità anche con hardware poco prestazionale. L'accoppiata con il sistema R3CS permette di avere un controllo completo sulle macchine di acquisizione: il Lantronix permette infatti sia il controllo remoto delle *console* sulla porta seriale delle macchine sia l'accensione e spegnimento remoto dei calcolatori quando necessario.

Accoppiato ai consolidati sistemi di Alta Affidabilità esso si è dimostrato particolarmente robusto. Nel caso in cui, ad esempio, si verifici un malfunzionamento distruttivo di uno dei dischi di un calcolatore, tramite R3CS è possibile effettuare uno spegnimento da remoto e, grazie alla ridondanza assicurata dal cluster, l'acquisizione dei dati può continuare senza problemi. Successivamente, appena le condizioni permettano di raggiungere il sito, sarà poi

possibile intervenire per sostituire il componente danneggiato e ripristinare la completa funzionalità del *cluster*.

Il costo per la realizzazione del dispositivo hardware si è mantenuto nell'ordine di una decina di euro, rendendo di fatto conveniente ed a basso impatto economico la sua introduzione. R3CS è entrato in servizio nel mese di luglio del 2019.

Tra i possibili sviluppi futuri si sta pensando alla possibilità di sviluppare una risorsa STONITH<sup>6</sup> (Shoot The Other Node In The Head) per dare la possibilità, in caso di guasti, al nodo superstite di spegnere quello in fault in modo completamente automatico.

## Bibliografia

- Bellucci Sessa Eliana, Borriello Giuseppe, & Cirillo Francesca. (2022). *NAPLES (moNitoring mAps of camPania volCanoES)* (1.0) [Data set]. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.5886962>
- Corosync Cluster Engine: <https://corosync.github.io/corosync/> (visitato il 12/2021)
- Distributed Replicated Storage System: <https://linbit.com/drbd> (visitato il 12/2021)
- European Telecommunications Standards Institute, Radio Equipment and Systems (RES), (1997). *High Performance Radio Local Area Networks (HIPERLAN), Requirements and architectures for Wireless ATM Access and Interconnection*, Technical Report TR 101 031 V1.1.1 (1997-07).
- Heartbeat: <http://www.linux-ha.org/wiki/Heartbeat> (visitato il 12/2021)
- Margheriti L. et. al., (2021). *Seismic Surveillance and Earthquake Monitoring in Italy*, Seismological Research Letters 92 (3): 1659–1671. <https://doi.org/10.1785/0220200380>
- Orazi M., Martini M., Peluso R., (2006). *Data acquisition for volcano monitoring*. Eos, Transactions American Geophysical Union, 87(38), 385-392.
- Orazi M., Peluso R., Caputo A., Capello M., Buonocunto C. and Martini M., (2008). *A multiparametric low power digitizer: project and results*. In: Marzocchi W. and Zollo A. (eds.), *Conception, verification and application of innovative techniques to study active volcanoes*, Roma, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, 435460. ISBN:9788889972090.
- Pacemaker cluster resource manager: <https://clusterlabs.org/pacemaker/> (visitato il 12/2021)
- Peluso R., Buonocunto C., Caputo A., De Cesare W., Orazi M., Scarpato G., (2009). *Tecniche di Alta Disponibilità per l'acquisizione di dati sismici in ambiente GNU/Linux: un'applicazione alla rete sismica di Stromboli*, Quaderni di Geofisica, n. 74, ISSN 1590-2595.
- Peluso R., De Cesare W., (2006). *Acquisizione dati da stazioni sismiche digitali tramite earthworm in ambiente gnu/linux*. Technical Report 8, INGV Osservatorio Vesuviano, Napoli.
- Tramelli A. et. al., (2022). *The seismic network of Ischia island from 1993 to 2021. Volcanic Island: from Hazard Assessment to Risk Mitigation*. Geological Society Special Publications (accettato per la pubblicazione).

<sup>6</sup> <http://www.linux-ha.org/wiki/STONITH>

# QUADERNI di GEOFISICA

ISSN 1590-2595

<http://istituto.ingv.it/it/le-collane-editoriali-ingv/quaderni-di-geofisica.html/>

I QUADERNI DI GEOFISICA (QUAD. GEOFIS.) accolgono lavori, sia in italiano che in inglese, che diano particolare risalto alla pubblicazione di dati, misure, osservazioni e loro elaborazioni anche preliminari che necessitano di rapida diffusione nella comunità scientifica nazionale ed internazionale. Per questo scopo la pubblicazione on-line è particolarmente utile e fornisce accesso immediato a tutti i possibili utenti. Un Editorial Board multidisciplinare ed un accurato processo di peer-review garantiscono i requisiti di qualità per la pubblicazione dei contributi. I QUADERNI DI GEOFISICA sono presenti in "Emerging Sources Citation Index" di Clarivate Analytics, e in "Open Access Journals" di Scopus.

QUADERNI DI GEOFISICA (QUAD. GEOFIS.) welcome contributions, in Italian and/or in English, with special emphasis on preliminary elaborations of data, measures, and observations that need rapid and widespread diffusion in the scientific community. The on-line publication is particularly useful for this purpose, and a multidisciplinary Editorial Board with an accurate peer-review process provides the quality standard for the publication of the manuscripts. QUADERNI DI GEOFISICA are present in "Emerging Sources Citation Index" of Clarivate Analytics, and in "Open Access Journals" of Scopus.

# RAPPORTI TECNICI INGV

ISSN 2039-7941

<http://istituto.ingv.it/it/le-collane-editoriali-ingv/rapporti-tecnici-ingv.html/>

I RAPPORTI TECNICI INGV (RAPP. TEC. INGV) pubblicano contributi, sia in italiano che in inglese, di tipo tecnologico come manuali, software, applicazioni ed innovazioni di strumentazioni, tecniche di raccolta dati di rilevante interesse tecnico-scientifico. I RAPPORTI TECNICI INGV sono pubblicati esclusivamente on-line per garantire agli autori rapidità di diffusione e agli utenti accesso immediato ai dati pubblicati. Un Editorial Board multidisciplinare ed un accurato processo di peer-review garantiscono i requisiti di qualità per la pubblicazione dei contributi.

RAPPORTI TECNICI INGV (RAPP. TEC. INGV) publish technological contributions (in Italian and/or in English) such as manuals, software, applications and implementations of instruments, and techniques of data collection. RAPPORTI TECNICI INGV are published online to guarantee celerity of diffusion and a prompt access to published data. A multidisciplinary Editorial Board and an accurate peer-review process provide the quality standard for the publication of the contributions.

# MISCELLANEA INGV

ISSN 2039-6651

[http://istituto.ingv.it/it/le-collane-editoriali-ingv/miscellanea-ingv.html](http://istituto.ingv.it/it/le-collane-editoriali-ingv/miscellanea-ingv.html/)

MISCELLANEA INGV (MISC. INGV) favorisce la pubblicazione di contributi scientifici riguardanti le attività svolte dall'INGV. In particolare, MISCELLANEA INGV raccoglie reports di progetti scientifici, proceedings di convegni, manuali, monografie di rilevante interesse, raccolte di articoli, ecc. La pubblicazione è esclusivamente on-line, completamente gratuita e garantisce tempi rapidi e grande diffusione sul web. L'Editorial Board INGV, grazie al suo carattere multidisciplinare, assicura i requisiti di qualità per la pubblicazione dei contributi sottomessi.

MISCELLANEA INGV (MISC. INGV) favours the publication of scientific contributions regarding the main activities carried out at INGV. In particular, MISCELLANEA INGV gathers reports of scientific projects, proceedings of meetings, manuals, relevant monographs, collections of articles etc. The journal is published online to guarantee celerity of diffusion on the internet. A multidisciplinary Editorial Board and an accurate peer-review process provide the quality standard for the publication of the contributions.

**Coordinamento editoriale**

Francesca DI STEFANO  
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

**Progetto grafico**

Barbara ANGIONI  
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

**Impaginazione**

Barbara ANGIONI  
Patrizia PANTANI  
Massimiliano CASCONI  
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

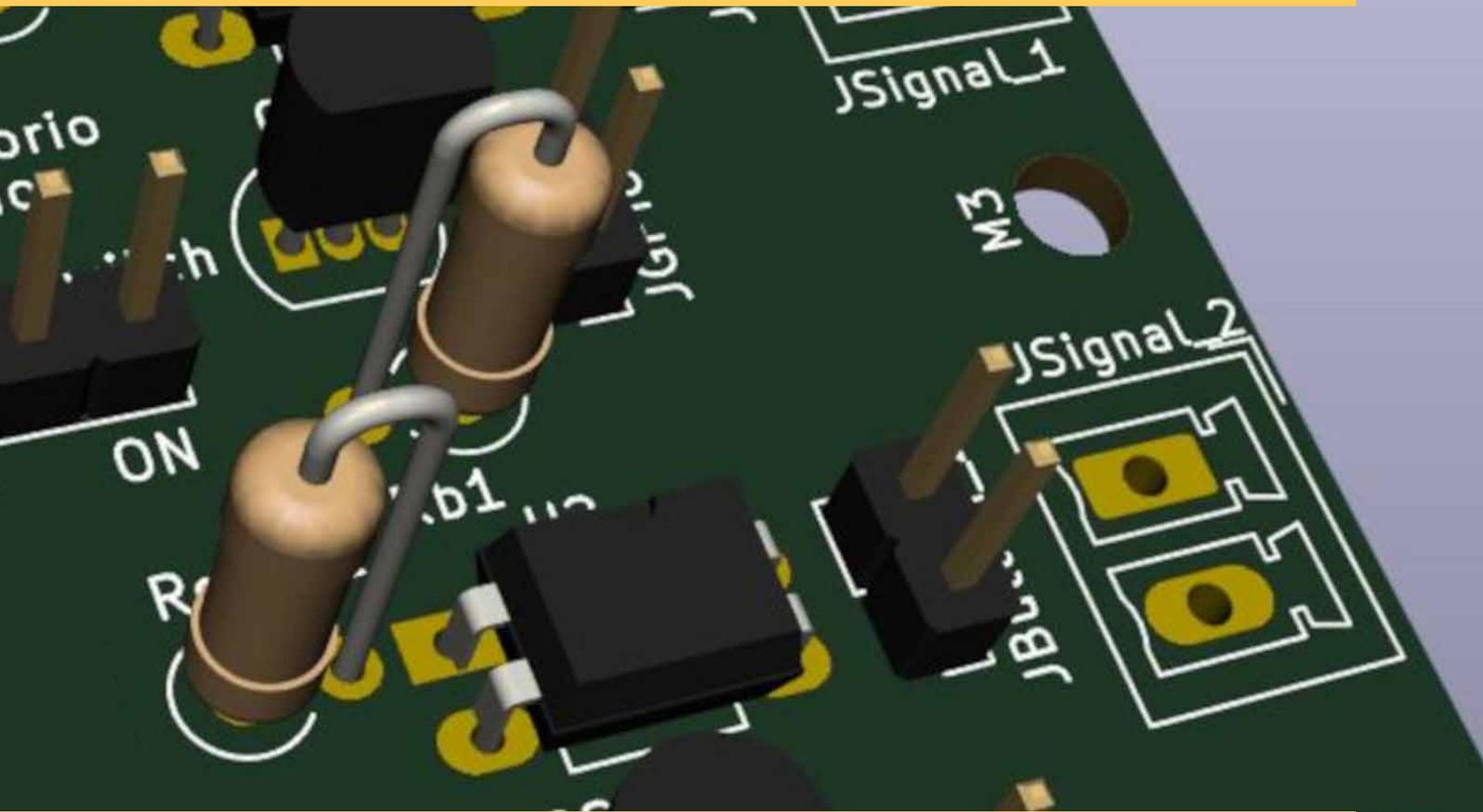
©2022

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia  
Via di Vigna Murata, 605  
00143 Roma  
tel. +39 06518601

[www.ingv.it](http://www.ingv.it)



Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)



ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

