

2007

Installazione di una telecamera termica permanente al cratere "La Fossa" di Vulcano

E. Pecora, E. Biale, B. Saraceno, A. Curcuruto,
D. Reitano, L. Lodato, L. Spampinato,
A.J.L. Harris, J. Dehn

n.50

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Via di Vigna Murata 605 - 00143 Roma

tel 06518601 • fax 065041181

www.ingv.it



Installazione di una telecamera termica permanente al cratere “La Fossa” di Vulcano

E. Pecora¹, E. Biale¹, B. Saraceno¹, A. Curcuruto², D. Reitano¹,
L. Lodato¹, L. Spampinato¹, A.J.L. Harris³, J. Dehn⁴

1. *Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia Sezione di Catania*
2. *Università di Catania, Facoltà di Ingegneria Elettronica*
3. *SOEST University of Hawaii USA*
4. *University of Fairbanks Alaska USA*

Indice

Introduzione	5
1. Installazione della stazione	7
1.1. Sistema di alimentazione	8
1.2. Sistema di misura e di trasmissione	9
2. Installazione della stazione meteo	11
2.1. Stazione meteorologica Lacrosse WS 2305	11
3. Scheda di controllo e comunicazione	12
3.1. Microcontrollore Microchip Pic 18F258	12
3.2. Funzionamento del sistema di controllo	12
3.3. Protocollo di lettura	13
3.4. Implementazione hardware del sistema	14
3.5. Implementazione software	15
4. Sviluppi futuri	16
Ringraziamenti	16
Bibliografia	16

Introduzione

Dalla fine degli anni novanta ad oggi l'isola di Vulcano è monitorata in continuo mediante l'utilizzo di una telecamera, operante nel visibile, installata all'Osservatorio della Marina di Lipari [Pecora e Biale, 2006] (Figura 1).

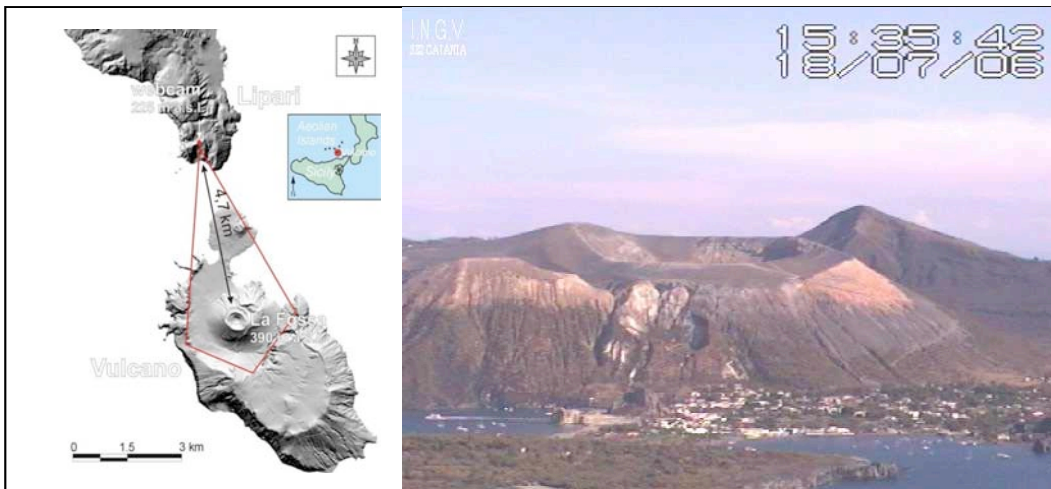


Fig. 1. A sinistra Digital Elevation Model (DEM) dell'isola di Vulcano con la posizione ed il campo di vista della telecamera installata a Lipari che guarda l'isola di Vulcano, a destra immagine ripresa dalla stessa.

La telecamera è remotabile dalle sedi I.N.G.V. di Catania e le immagini sono archiviate su supporto ottico, pubblicate nelle pagine Intranet ed Internet e visualizzate, mediante streaming video, nella sala operativa della sezione di Catania.

Nel luglio 2005, nell'ambito del progetto DPC_INGV: V4 – “*Conception, verification, and application of innovative techniques to study active volcanoes*”, è stata eseguita una campagna di misure termiche condotta, all'interno del cratere di Vulcano, da alcuni ricercatori della sezione di Catania ed esteri (Lodato, Spampinato, Harris e Dehn). Gli obiettivi di tale campagna erano quelli di continuare le misure di temperatura al campo fumarolico interno al suddetto cratere, che dal 1994 il Dott. Harris effettua con termocoppie e termometri all'infrarosso portatili [Harris e Stevenson, 1997; Harris e Maciejewski, 2000] e di ripetere le misure utilizzando telecamere termiche della FLIR Systems per testare le loro potenzialità per il monitoraggio delle fumarole.

Durante le misure effettuate nel Luglio del 2005 [Harris et al., sottomesso nel 2007] sono state utilizzate quattro telecamere FLIR allineate lungo il fianco interno del cratere opposto al campo fumarolico (Figura 2).

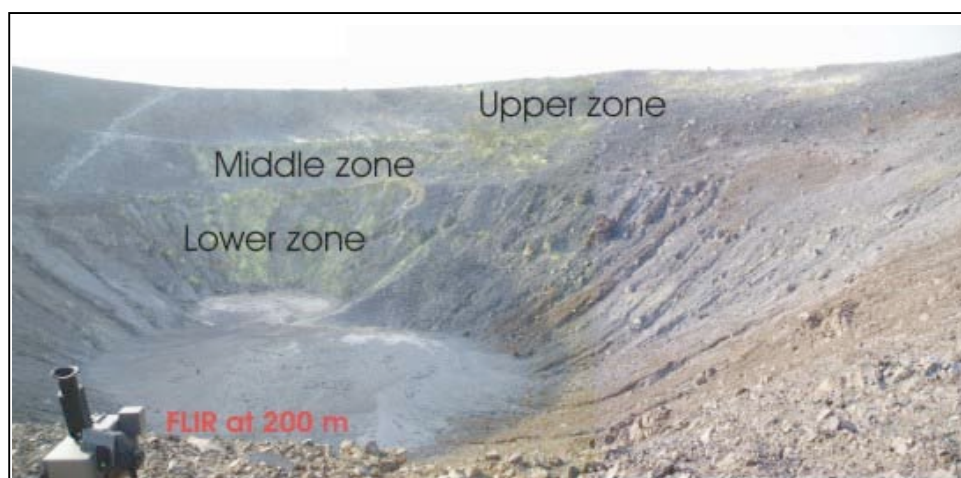


Fig. 2. Foto del campo fumarolico all'interno del cratere “La Fossa” di Vulcano scattata dal versante sud. Nella foto sono distinte le tre zone fumaroliche denominate Lower, Middle and Upper zone, secondo la nomenclatura di Harris and Maciejewski (2000).

Durante la campagna di misure, grazie alla presenza dell'ing. Biale, è stata utilizzata una quinta telecamera termica, la FLIR A 40 M, già testata con successo per le stazioni video fisse installate sull'Etna [Neri et al., 2006; Pecora et al., 2006] ed a Stromboli.

Alla luce dei risultati ottenuti e dell'ottima risposta degli strumenti è stato deciso di progettare, realizzare ed installare, all'interno del cratere "La Fossa" di Vulcano, una stazione permanente dotata di telecamera termica FLIR A 40 M per permettere l'acquisizione real time ed in continuo di immagini radiometriche geometricamente identiche e quindi confrontabili.

La telecamera termica è stata installata sul fianco meridionale del cratere, ad una distanza di circa 400 m dalla Lower Zone (Figura 2). Tale posizione della stazione permette d'inquadrare rispettivamente la Lower, Middle e Upper Zones e parte delle fumarole del Rim.

Conoscendo il campo di vista della telecamera ed effettuando semplici calcoli trigonometrici, a questa distanza, le dimensioni di un pixel sono state calcolate in circa 50 x 50 cm.

La telecamera termica ha iniziato la sua acquisizione alla fine di settembre 2006 con frequenza di campionamento di un frame ogni 30 minuti. Sulla telecamera è stato impostato un range per temperature comprese tra 0 e 500 °C ed un valore d'emissività di $\epsilon = 1$.

Poiché le telecamere termiche FLIR operano nella banda spettrale compresa tra 7.5 e 13 μm , in cui l'assorbimento della radiazione termica da parte del vapore acqueo è predominante, esse sono molto sensibili alle variazioni dell'umidità relativa.

All'interno del cratere "La Fossa" di Vulcano la concentrazione di vapore acqueo supera di gran lunga le altre specie gassose, pertanto per poter correggere la temperatura dell'intera immagine radiometrica dagli effetti dell'attenuazione atmosferica, dopo aver inserito di default il path length (400 m) nel software interno della telecamera, è sorta l'esigenza di impostare sullo stesso strumento, periodicamente ed in automatico, anche i parametri atmosferici.

Ciò è stato effettuato con l'installazione di una stazione meteo capace d'interfacciarsi in automatico ed in real time con la telecamera mediante una scheda dedicata appositamente realizzata.

Un sistema di trasmissione dati dedicato, appositamente realizzato, ha permesso il controllo remoto dello strumento dalle sedi INGV di Catania e l'interazione diretta con il sensore di misura per ottimizzarne la configurazione.

I dati radiometrici e meteorologici arrivano a Lipari e da lì sono ritrasmessi alla sede di Catania mediante rete Grr a 2 Mbps e archiviati ed analizzati in tempo reale da personal computer e software dedicati.

L'intero sistema comprende pertanto i seguenti componenti (Figura 3):

- Una termocamera FLIR A 40 M.
- Una stazione meteo.
- Una scheda di interfacciamento tra la telecamera termica e la stazione meteo.
- Un sistema completo di trasmissione wi-fi tra la stazione di Vulcano e l'Osservatorio della Marina di Lipari.
- Un sistema di acquisizione ed elaborazione dati.

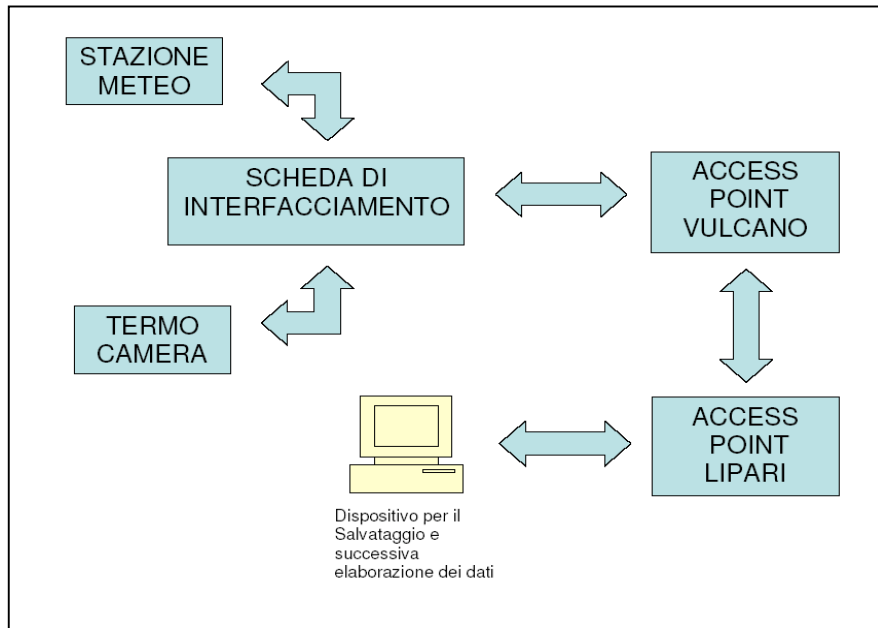


Fig. 3. Schema a blocchi del sistema progettato.

1. Installazione della stazione

Nel 2006, il sistema di monitoraggio dell'isola di Vulcano è stato potenziato con l'installazione di una telecamera termica posta sul versante meridionale interno del cratere.

Per la scelta del luogo è stato scelto un sito, distante qualche decina di metri dal sentiero che costeggia l'orlo del cratere, coincidente pressappoco con una delle postazioni dalla quale erano state effettuate le misure termiche nel Luglio 2005 [Harris et al., sottomesso nel 2007].

Tale scelta soddisfa attualmente i requisiti di funzionalità e di visibilità richiesti. I requisiti di funzionalità richiedono l'utilizzo dell'alimentazione fotovoltaica ottenuta mediante l'installazione di pannelli solari in prossimità del sito scelto, mentre i requisiti di visibilità richiedono una visione completa sia della parte interna del versante nord, sia della sede I.N.G.V. di Lipari ubicata all'Osservatorio della Marina.

Durante la prima fase dei lavori effettuata nel giugno 2006, mediante il supporto dell'elicottero del Dipartimento di Protezione Civile Nazionale, è stata installata l'alimentazione fotovoltaica, la stazione video dotata di telecamera termica FLIR A 40 M ed un sistema wi-fi per la trasmissione dei dati radiometrici.

Nei mesi successivi è stata installata una stazione meteorologica che invia, tramite scheda elettronica dedicata, i dati ambientali alla telecamera termica per le opportune correzioni e calibrazioni.

Dall'esperienza acquisita nelle installazioni delle stazioni video e termiche prossimali in cima al vulcano Stromboli [Falsaperla et al. 2006], si è cercato di utilizzare anche per Vulcano parti in acciaio inox, custodie dedicate realizzate in policarbonato ed acciaio inox e cassonetti in resina della Gewiss (Figura 4).



Fig. 4. Particolare della custodia stagna contenente la telecamera FLIR A 40 M installata al cratere "La Fossa" di Vulcano.

1.1. Sistema di alimentazione

Due pannelli fotovoltaici Kyocera sono stati installati su una struttura in acciaio inox appositamente realizzata (Figura 5 e Tabella 1) e collegati al regolatore di carica mediante venti metri circa di cavo elettrico 2x6 mm opportunamente interrato.

Per il dimensionamento dell'energia elettrica necessaria è stata calcolata la potenza P da installare ipotizzando:

- 1) il funzionamento delle stazioni ventiquattro ore al giorno;
- 2) tre ore di luce solare al giorno tra inverno ed estate;
- 3) due giorni circa di autonomia;
- 4) 550 W/giorno di consumo medio degli attuatori.

La potenza P da installare è data da:

$$P = (\text{carico giornaliero} / \text{ore di illuminazione equivalenti}) \times (1 / \rho) \approx 230 \text{ W} \quad \text{dove } \rho = 0,8$$

Considerato che i pannelli Kyocera (Figura 6) forniscono 120 W cadauno, il numero di pannelli necessari è stato di: $n = 230/120 \quad n \approx 2$.

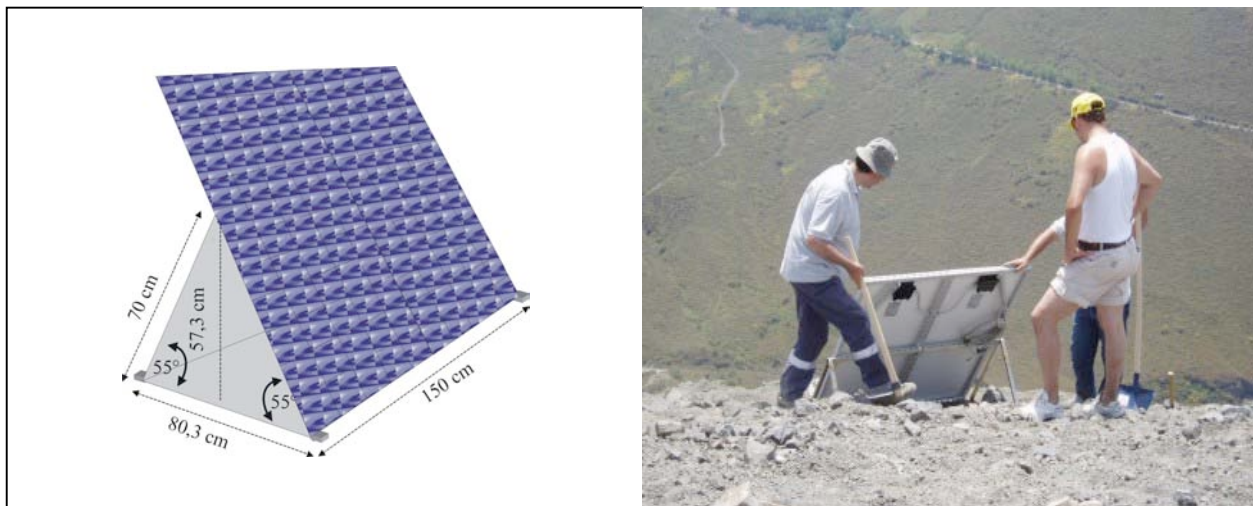


Fig. 5. Schema del telaio portapanelli e immagine e dei due moduli fotovoltaici Kyocera.

Dati Tecnici Del Pannello Fotovoltaico Kyocera Modello KC 120-1	
Potenza di Picco	Pmax Wp 120
Tolleranza rispetto alla Pmax %	+/- 5
Tensione nel punto di max. Potenza	V 16,9
Corrente nel punto di max. Potenza	A 7,10
Tensione di circuito aperto	V 21,5
Corrente di corto circuito	A 7,45
Lunghezza	mm 1425
Larghezza	mm 652
Spessore (sola cornice)	mm 36
Spessore (inclusando la Junction box)	mm 52
Peso	Kg 11,9

Tabella. 1. Specifiche dei pannelli fotovoltaici Kyocera.

Per il calcolo del numero di batterie necessarie si è proceduto nel seguente modo:

$$c = (c.e.g. / \eta) \times (n.g.a.r.)$$

con *c.e.g.* = carico elettrico giornaliero, *n.g.a.r.* = numero di giorni di autonomia richiesti e $\eta = 0.65$

Quindi la capacità di accumulo è: $c \approx 1700 \text{ W/h}$

Esprimendo tale quantità in Ah avremo: $c = 1700 / 12 \approx 145 \text{ Ah}$

Considerato che le batterie utilizzate sono da 150 Ah il numero di batterie necessarie è stato di:

$$b = 145 / 150 \approx 1.$$

La batteria, i due pannelli fotovoltaici ed il carico sono stati collegati tra loro mediante un regolatore di carica della DEA, il “Theta 30 Ah” posto all’interno di un cassetto stagno della Gewiss.

1.2. Sistema di misura e di trasmissione

La telecamera installata all’interno della custodia dedicata è una telecamera termica FLIR A 40 M ethernet dotata di un sensore focal plane array microbolometrico non raffreddato da 320 x 240 pixel, con range spettrale tra 7.5 a 13 micrometri (Figura 6). Essa utilizza un’ottica standard da 24° con risoluzione spaziale (IFOV) di 1.3 mrad, campo di vista orizzontale di 24° e campo di vista verticale di 18°. La telecamera è stata dotata anche di un filtro opzionale per temperature fino a 1500°C con la possibilità di settare diversi range di misura.

Le uscite possono essere anche in formato video composito e video digitale a 16 bit.



Fig. 6. La telecamera termica FLIR A 40 M ethernet utilizzata a Vulcano.

La telecamera termica è in grado di registrare e trasferire in tempo reale via wi-fi frame radiometrici in formato JPG (Figura 7) correlati ad alcuni parametri ambientali, come ad esempio la temperatura esterna, l’umidità relativa dell’aria e l’emissività. e permette la visione dell’attività vulcanica sia di giorno sia di notte con uguale risoluzione.

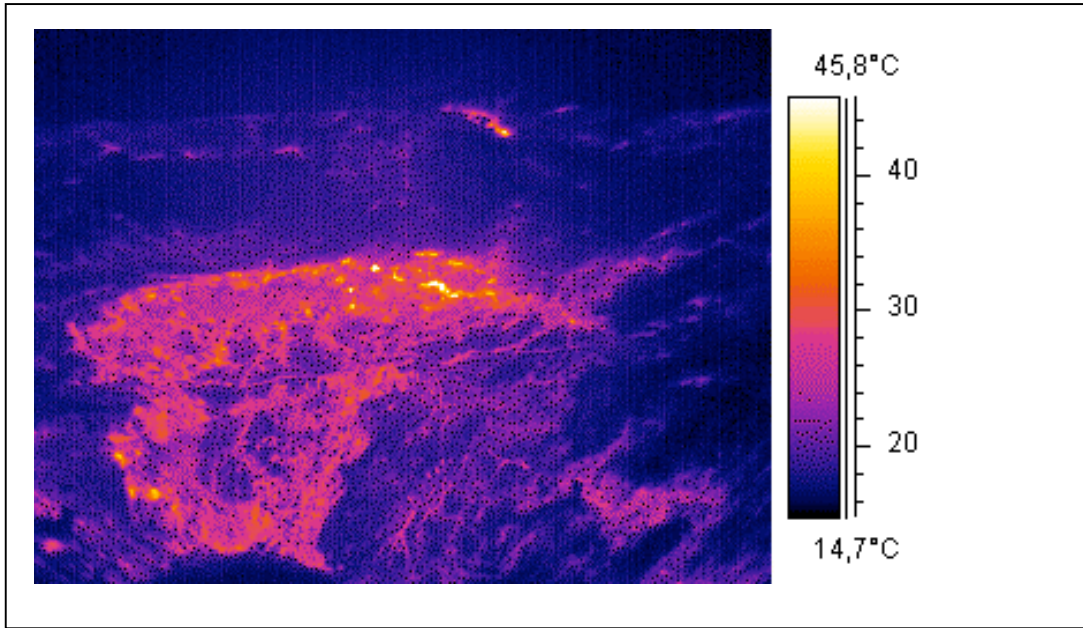


Fig. 7. Frame radiometrico registrato dalla telecamera termica FLIR A 40 M ethernet.

Per consentire un corretto utilizzo della termocamera, la custodia di protezione è stata dotata di vetro al germanio e all'interno di essa è stato posizionato un cronotermistato che interrompe l'alimentazione della telecamera in caso di temperature elevate.

Il trasferimento dei frame radiometrici ed il controllo remoto della telecamera avvengono mediante un access point a basso consumo dotato sia di porta seriale, sia di porta ethernet. La porta seriale è dedicata alla comunicazione con la stazione meteo, mentre la porta ethernet comunica con la telecamera termica. L'access point è posizionato all'interno della custodia stagna Gewiss e comunica con il sistema di Lipari mediante un antenna direttiva (Figura 8).

Il collegamento wi-fi bidirezionale tra Lipari e la stazione di Vulcano avviene mediante un altro access point dell'Alvarion installato l'Osservatorio della Marina di Lipari e collegato alla rete informatica dell'I.N.G.V..

I frame radiometrici provenienti dalla telecamera sono archiviati ed elaborati a Catania mediante un personal computer e un software dedicato.



Fig. 8. Antenna direttiva installata a Vulcano per la trasmissione wi-fi con Lipari.

2. Installazione della stazione meteo

Per ottimizzare e correggere in real-time i dati radiometrici registrati dalla telecamera termica di Vulcano, nel gennaio 2007, è stata installata nello stesso sito anche una stazione meteo.

L'interfaccia tra la stazione meteo e la telecamera per il controllo e l'acquisizione dei dati meteo è stata effettuata mediante la realizzazione di una scheda elettronica dedicata.

Prima dell'installazione, tutto il sistema comprendente la scheda elettronica, la stazione meteo, e la telecamera termica è stato testato in laboratorio con esito positivo.

La scheda elettronica, installata anch'essa dentro il contenitore della Gewiss, codifica i dati provenienti dalla stazione meteo e li invia in automatico, come set di comandi, alla telecamera termica, la quale può pertanto ricalibrarsi con i parametri aggiornati e corretti.

Tale scheda è anche in grado di controllare e gestire altre funzioni della telecamera termica quali ad esempio il suo reboot.

2.1. Stazione meteorologica Lacrosse WS 2305

La Lacrosse WS 2305 (Figura 9) è una stazione meteorologica provvista d'igrometro, anemometro, pluviometro e sensore di temperatura.

L'utilizzo della stazione meteorologica all'interno del sistema dà la possibilità di ottenere i valori nel tempo delle varie grandezze misurate (pressione atmosferica, umidità, direzione e intensità del vento, quantità di pioggia caduta e misure di temperatura).



Fig. 9. La stazione meteo Lacrosse WS 2305 installata a Vulcano.

Il pluviometro e l'anemometro sono collegati mediante cavo all'igrometro che contiene al suo interno anche il sensore di temperatura. L'idrometro a sua volta è collegato al display lcd che è il dispositivo dotato di memoria capace di immagazzinare i valori letti dai sensori e ne consente la visualizzazione nonché la trasmissione mediante uscita seriale. Il collegamento dell'igrometro con il display avviene:

- i) mediante cavo, in questo caso il periodo di campionamento dei valori misurati è $T_c=8$ sec,
- ii) wireless che consente un periodo di campionamento di $T_c=32$ sec .

La porta d'uscita del display ha attivi solo quattro dei nove pin che prevede il protocollo di comunicazione seriale standard RS232. I pin attivi sono: RX, TX, RTS e DTR. Per il corretto funzionamento del sistema, i pin RTS e DTR devono essere mantenuti a un potenziale costante di -10V e +10V rispettivamente.

3. Scheda di controllo e comunicazione

3.1. Microcontrollore Microchip Pic 18F258

Il microcontrollore usato per interfacciare tutti gli elementi del sistema, è il Microchip Pic 18F258.

L'acronimo Pic (Peripheral Interface Controller) indica una famiglia di circuiti integrati a semiconduttori della Microchip con funzioni di microcontrollore. Il microcontrollore contiene al suo interno oltre alla classica architettura del microprocessore anche delle periferiche (praticamente assenti nei microprocessori) come: TIMER, ADCONVERTER, INTERRUPT, PWM e interfacce di I/O sia seriali che parallele.

La scelta del modello è stata dettata dalle seguenti necessità:

- Disporre di almeno tre porte seriali per interfacciare la stazione meteorologica, la termocamera e l'access point. Il microcontrollore usato ha a disposizione un'interfaccia USART (Universal Synchronous- Asynchronous Receiver/Transmitter) hardware e la possibilità di crearne, in questo caso due, via software.
- Avere a disposizione una memoria dati di tipo EEPROM in modo da poter conservare particolari dati in maniera permanente anche in assenza di alimentazione.
- Avere a disposizione una memoria programma di tipo FLASH che consente un numero quasi illimitato di riprogrammazioni.
- Tipo di programmazione in linguaggio C.

Di seguito sono illustrate le principali caratteristiche hardware del microcontrollore usato:

- Architettura a 8 bit HARWARD cioè con memoria e bus, sia dati sia programma, separati.
- Set istruzioni di tipo RISC (Reduced Instruction Set computing) pari a un numero di 75. L'architettura RISC si differenzia da quella CISC (Complex Instructions Set Computing) per il numero limitato di istruzioni scelte fra quelle maggiormente usate.
- Program Flash Memory 32 Kbyte.
- Data RAM Memory 1536 byte.
- Data EEPROM Memory 256byte.

3.2. Funzionamento del sistema di controllo

Il microcontrollore presente sulla scheda d'interfacciamento ha il compito di leggere, tramite un opportuno protocollo di lettura, i dati meteorologici memorizzati nel display della stazione e mandarli all'ingresso dell'access point. Inoltre, deve inviare periodicamente alla termocamera i valori di temperatura e umidità relativa acquisiti dai sensori meteorologici. La comunicazione fra i dispositivi avviene attraverso il protocollo di comunicazione seriale standard RS232.

Un pin d'uscita del microcontrollore è settato opportunamente per comandare un relé con il quale è possibile spegnere o accendere la termocamera (operazione che è fatta da un operatore tramite il collegamento wireless offerto dall'access point).

3.3. Protocollo di lettura

La comunicazione con la stazione meteorologica è fatta ad un livello molto primitivo. Le uniche operazioni possibili sono quelle di lettura e scrittura delle celle di memoria contenute nel display.

La memoria, che ha la capacità di 5 kbyte, è progettata in modo da memorizzare sia i dati attuali rilevati dai sensori, sia la storia di un massimo di n° 175 set di valori (ogni set comprende: data, ora, valori di umidità, pressione, direzione e intensità del vento, quantità di pioggia e temperatura).

In particolare i dati attuali vengono memorizzati dall'indirizzo 0x0200 a 0x06C5 e i 175 set di valori dall'indirizzo 0x06C6 a 0x13B0. Il resto della memoria è destinato a contenere dati relativi al funzionamento della stazione stessa o usato per il settaggio di eventuali allarmi.

Il protocollo di lettura comprende i seguenti passi:

1. Inizializzazione
2. Indirizzamento
3. Lettura
4. Ritorno al punto 2

Di seguito verranno spiegati nel dettaglio tutti i passi sopra elencati.

- **Inizializzazione**

La procedura di inizializzazione serve a stabilire la comunicazione con il display della stazione meteorologica. Il microcontrollore invia il codice esadecimale 0x06 fin quando la stazione risponde con 0x02 e solo a quel punto è possibile continuare a seguire i passi del protocollo. La stazione vede la comunicazione con l'esterno come un task a bassissima priorità. Affinché la procedura di inizializzazione vada a buon fine si deve quindi aspettare un certo lasso di tempo dell'ordine di alcuni secondi.

- **Indirizzamento**

Stabilita la comunicazione si deve inviare alla stazione una stringa (di lunghezza pari a 4 byte) che contiene il comando di indirizzamento e l'indirizzo della cella di memoria che si vuole leggere. La stringa si ottiene dalla relazione:

$$0x82 + (\text{indirizzo} * 0x4)$$

dove 0x82 è il comando di indirizzamento.

I 4 byte così ottenuti devono essere inviati uno alla volta e per ogni invio la stazione risponderà, tramite una procedura di acknowledgment, con un byte il cui nibble più significativo corrisponderà alla posizione del byte inviato all'interno della stringa (il byte più significativo avrà posizione zero), mentre il nibble meno significativo corrisponderà alla cifra dell'indirizzo di partenza riferita alla stessa posizione.

Si riporta, a titolo di esempio, una procedura di indirizzamento che contempla le operazioni suindicate:

Si supponga che l'indirizzo da voler leggere sia 0x1234

La stringa da inviare si calcola come:

$$(0x01020304 * 0x4) = 0x04080C10 + 0x82828282 = 0x868A8E92$$

Inviando i byte 0x86, 0x8A, 0x8E e 0x92 la stazione risponderà con 0x00, 0x11, 0x23 e 0x34.

Se ognuno dei byte ricevuti dalla stazione non corrisponde a quello che ci si aspetta si deve far ripartire la procedura di inizializzazione.

- **Lettura**

Nella procedura di lettura bisogna creare una stringa (di lunghezza pari a 4 byte) che indica il comando di lettura e il numero di byte da voler leggere. La stringa si ottiene dalla relazione:

$$0xC2 + (\text{nb_richiesti} * 0x04)$$

dove 0xC2 è il comando di lettura e nb_richiesti va da 0x00 a 0x0F.

Anche in questo caso l'invio della stringa deve essere fatto un byte alla volta e la stazione risponderà con una stringa pari a (nb_richiesti+2) dopo l'invio dell'ultimo byte.

La procedura di acknowledgment in questo caso prevede che il primo byte ricevuto abbia come nibble più significativo il valore 3 e come nibble meno significativo un valore pari a nb_richiesti. L'informazione richiesta sarà contenuta nei byte che vanno dal secondo in poi.

L'ultimo byte ricevuto avrà valore pari al checksum dei byte richiesti.

3.4. Implementazione hardware del sistema

L'hardware del sistema realizzato comprende i seguenti componenti:

- Due circuiti d'alimentazione separati che trasformano la tensione di 12 V in quella utile di 5 V necessaria per alimentare la stazione meteorologica e la scheda.
- Tre porte seriali RS 232 con le quali sono collegati access point, termocamera e stazione meteorologica. Nella realizzazione del prototipo della scheda è stato sostituito il db9, per il collegamento della stazione meteorologica, con un connettore tipo RJ11 a 4 poli per avere una stabilità maggiore nei contatti.
- Il microcontrollore Pic 18F258.
- Due Max 232 con i quali vengono adattati i livelli di tensione dei segnali provenienti dalle porte seriali (+ 12V, - 12 V) con i segnali TTL compatibili (+ 5 V, 0 V) del microcontrollore.
- Un relé 12 V e relativo circuito di funzionamento per l'accensione della termocamera.
- Un relé 12 V e relativo circuito di funzionamento aggiuntivo.
- Un ingresso seriale con collettore RJ11 aggiuntivo.

In figura 10 è mostrato il prototipo della scheda realizzata.

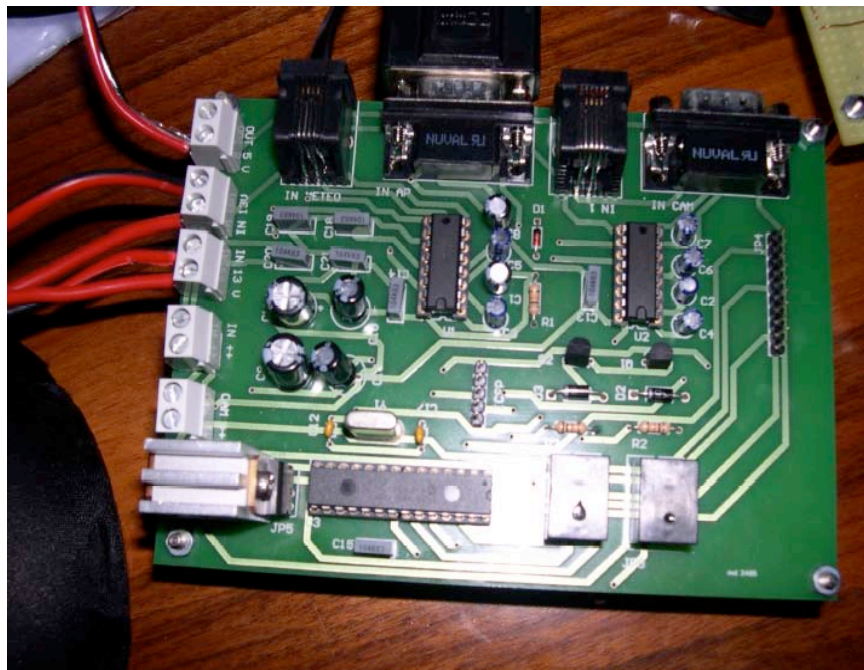


Fig. 10. Prototipo della scheda realizzata.

3.5. Implementazione software

Per la realizzazione del software necessario a controllare l'intero sistema e per la programmazione del microcontrollore sono stati utilizzati i seguenti programmi e apparati hardware:

- Compilatore in linguaggio C PIC C COMPILER della casa produttrice CCS. Il compilatore ha il compito di generare a partire dal file sorgente scritto in linguaggio C il corrispondente file .EXE in linguaggio macchina.
- Programmatore software IC PROG. Il programmatore software è un programma, funzionante in ambiente Windows, che scarica direttamente sul Pic il file .EXE per mezzo del programmatore hardware alla quale è collegato tramite porta parallela.
- Programmatore hardware auto costruito sullo schema del PROPIC II. Durante la fase di programmazione, il programmatore hardware ha il compito di alimentare il microcontrollore fornendo i relativi potenziali di riferimento Vdd e GND, mettere il PIC in modalità di programmazione settando il pin 1 Vpp a una tensione di +13V e trasferire il file .EXE sul pic tramite i Pin 28 RB7 e 26 RB6.

Ogni qualvolta si vuole leggere un qualsiasi dato, nel richiamare la procedura di indirizzamento si devono passare come parametri formali i 4 byte che compongono l'indirizzo desiderato.

In tutte le procedure che richiedono una comunicazione con la stazione meteorologica deve essere sempre presente un controllo su un timeout che faccia ripartire, quando scaduto, la procedura d'inizializzazione. Questo passo è utile per evitare che il microcontrollore rimanga in attesa all'infinito, di una qualsiasi risposta della stazione.

In generale, quello che si ottiene come output dal microcontrollore, è l'invio di un report (comprendente: data, ora, temperatura esterna, umidità relativa, pressione atmosferica assoluta, quantità di pioggia caduta in un ora, quantità di pioggia caduta in 24 ore) ogni T minuti.

Durante la connessione con la scheda è possibile, inviando un qualsiasi carattere dalla tastiera di una postazione remota, ottenere la visualizzazione di un menù di scelta che fra l'altro permette di variare il tempo T di invio report e di comandare l'accensione o lo spegnimento della termocamera attraverso il relè a cui essa è collegata.

Il software realizzato permette la memorizzazione del tempo T e dello stato ON/OFF della termocamera (correntemente settati) nella memoria EEPROM del Pic, in modo da poterli recuperare anche in caso di RESET del sistema dovuto ad una mancanza d'alimentazione. Ad ogni avvio del sistema i due valori sono letti dalle rispettive celle di memoria EEPROM e con questi settate le rispettive variabili.

Successivamente, all'interno di un "ciclo while" infinito, il microcontrollore interroga ogni secondo (fino allo scadere del timeout di invio report) la porta seriale collegata all'access point. In caso di richiesta, viene inviato il menù di scelta e consentite le varie operazioni sopra descritte, fra le quali anche la singola visualizzazione dei dati misurati dalla stazione. Se nessuna operazione è stata richiesta, allo scadere del timeout viene inviato un report del tipo mostrato in figura 11 e viene fatta ripartire la scansione del tempo da zero.

```
Report del 20/07/2006  
Delle ore 10:32  
  
Temperatura esterna 28 gradi centigradi  
Umidità relativa 56%  
Pressione atmosferica assoluta 9995 hpa  
Quantità di pioggia caduta in 1 h 5.10 mm  
Quantità di pioggia caduta in 24 h 5.10 mm  
!!  
Fine report
```

Fig. 11. Report inviato dal microcontrollore ogni T minuti.

Per scandire il timeout, che potrebbe essere anche dell'ordine delle ore, è stata settata una variabile di tipo long (16 bit con valore massimo di $2^{16}= 65536$) in modo da farla variare di 1 ogni msecondo fino a contare un minuto e poter incrementare in quell'istante una seconda variabile che sarà quella confrontata con i minuti del timeout settato dall'utente.

4. Sviluppi futuri

Dopo circa due mesi dall'installazione, durante un sopralluogo effettuato alla stazione, è stato osservato che, a causa di gas vulcanici presenti all'interno del cratere, la stazione presentava segni evidenti di corrosione, molto più marcati rispetto alle stazioni installate a Stromboli (Figura 12).

Pertanto, è in fase di studio la realizzazione di custodie in policarbonato e titanio, vetri al germanio rivestiti in carbonio, protezioni e supporti maggiormente performanti per le future installazioni e manutenzioni.

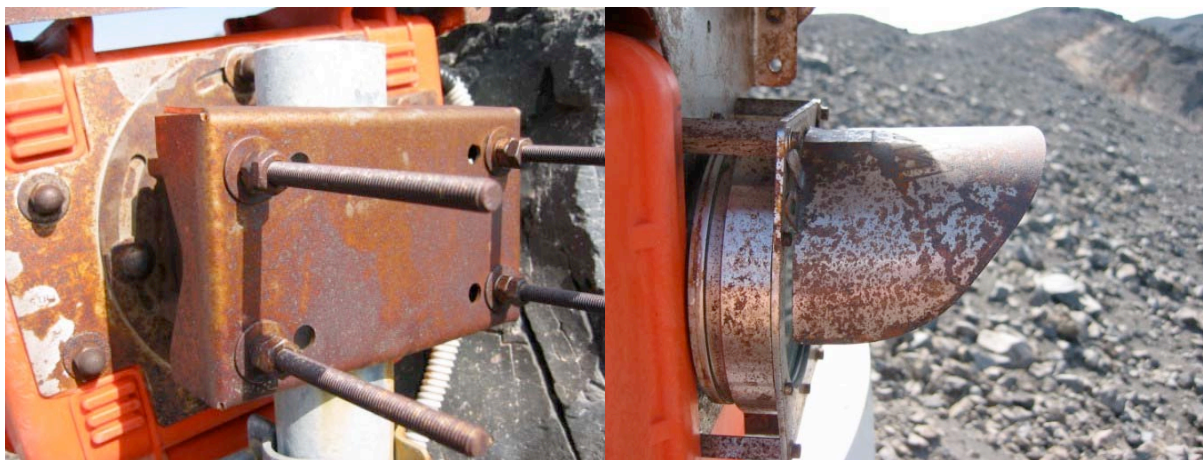


Fig. 12. Segni dell'intensa corrosione rilevati nella stazione di Vulcano.

Per ottenere immagini identiche e confrontabili nel caso di manutenzione o di sostituzione della telecamera termica, saranno realizzate, all'interno della custodia stagna, delle apposite guide sulla piastra d'acciaio di fissaggio della telecamera che ne vincoleranno la posizione evitando un eventuale errata ricollocazione.

Un'ulteriore verifica dell'inquadratura consisterà nel posizionamento di target facilmente riconoscibili (almeno due) nell'area fumarolica ripresa dalla telecamera. Questi permetteranno di verificare la correttezza del campo di vista della telecamera tramite comparazioni spaziali.

Ringraziamenti

Si ringraziano per la fattiva collaborazione prestata durante le operazioni di installazione e manutenzione della stazione i piloti degli elicotteri messi a disposizione dal Dipartimento Nazionale di Protezione Civile e Marco Manni.

Inoltre, è stato possibile effettuare le campagne di misura del 2005 e 2006 ed acquistare la stazione meteo utilizzata grazie al progetto DPC_INGV: V4 – “*Conception, verification, and application of innovative techniques to study active volcanoes*”, coordinato dal dott. L. Lodato (INGV Catania) ed avente come responsabili il dott. W. Marzocchi (INGV Bologna) ed il dott. A. Zollo (Dipartimento di Fisica, Università Federico II di Napoli).

Bibliografia

- Falsaperla, S., Neri, M., Pecora, E., e Spampinato, S., (2006). *Multidisciplinary study of flank instability phenomena at Stromboli volcano, Italy*. Geophys. Res. Lett., 33, L09304, DOI:10.1029/2006GL025940.

- Harris, A.J.L. and Stevenson D.S., (1997). *Magma budgets and steady-state activity of Vulcano and Stromboli volcanoes*. Geophys Res Lett 24:1043-1046.
- Harris A. J. L. and Maciejewski A.J.H., (2000). *Thermal survey's of the Vulcano Fossa fumarole field 1994-1999: evidence for fumarole migration and sealing*. J Volcanol Geotherm. Res 102:119-147.
- Harris A.J.L., Lodato L., Dehn J., Spampinato L., (2007). *Thermal Characterization of Fumarole Fields*. Submitted to Bulletin of Volcanology.
- Neri, M., Behncke, B., Burton, M., Galli, G., Giammanco, S., Pecora, E., Privitera, E., and Reitano, D., (2006). *Continuous soil radon monitoring during the July 2006 Etna eruption.*, Geophys. Res. Lett., 33, L24316, doi:10.1029/2006GL028394.
- Pecora, E. e Biale, E., (2006). *Progettazione e ristrutturazione delle stazioni video delle Eolie*. Rapporti Tecnici I.N.G.V. n° 33.
- Pecora, E., Biale, E., e Reitano, D., (2006). *Evoluzione e sviluppo della rete permanente di telecamere fisse per il monitoraggio video dell'Etna*. Rapporti Tecnici I.N.G.V. n° 32.