

Rapporti tecnici

INGV

**Un nuovo sistema di alimentazione
per l'osservatorio geomagnetico di
Lampedusa**

204



Direttore

Enzo Boschi

Editorial Board

Raffaele Azzaro (CT)

Sara Barsotti (PI)

Mario Castellano (NA)

Viviana Castelli (BO)

Rosa Anna Corsaro (CT)

Luigi Cucci (RM1)

Mauro Di Vito (NA)

Marcello Liotta (PA)

Simona Masina (BO)

Mario Mattia (CT)

Nicola Pagliuca (RM1)

Umberto Sciacca (RM1)

Salvatore Stramondo (CNT)

Andrea Tertulliani - Editor in Chief (RM1)

Aldo Winkler (RM2)

Gaetano Zonno (MI)

Segreteria di Redazione

Francesca Di Stefano - coordinatore

Tel. +39 06 51860068

Fax +39 06 36915617

Rossella Celi

Tel. +39 06 51860055

Fax +39 06 36915617

redazionecen@ingv.it



Rapporti tecnici INGV

UN NUOVO SISTEMA DI ALIMENTAZIONE PER L'OSSERVATORIO GEOMAGNETICO DI LAMPEDUSA

Massimiliano Fois¹, Fulvio Biasini² e Giovanni Benedetti¹

¹INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione Roma 2 - Geomagnetismo)

²INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione Roma 2 - Osservatorio Geofisico di L'Aquila)

204

Indice

Introduzione	5
1. L'osservatorio geomagnetico di Lampedusa	5
2. La stazione automatica di acquisizione	9
3. Software di controllo della stazione remota di Lampedusa	11
4. Misura anomala del magnetometro scalare	14
5. Progetto del nuovo regolatore di tensione	16
Bibliografia	18
Ringraziamenti	18

Introduzione

Scopo di questa monografia è quello di fornire una descrizione delle attività svolte per realizzare e perfezionare la funzionalità dell'osservatorio geomagnetico di Lampedusa.

A tal fine saranno descritte brevemente le finalità scientifiche di questo osservatorio geomagnetico remoto, le modifiche e le migliorie apportate alla strumentazione dell'osservatorio per risolvere gli iniziali problemi di funzionamento del sistema di misura.

Tali modifiche e migliorie hanno riguardato: il software di gestione del sistema di acquisizione, che controlla gli strumenti di misura del campo magnetico; il regolatore di tensione per pannelli solari che fornisce energia a tutti gli apparati. Il modello commerciale di regolatore è stato sostituito da un prototipo progettato e realizzato nei laboratori INGV, che pur meno sofisticato dei tanti modelli in commercio, garantisce il buon funzionamento dei magnetometri scalari ad effetto *Overhauser* (prodotti dalla GEM *System*) e quindi la corretta misura assoluta dell'intensità totale del campo magnetico terrestre.

1. L'osservatorio geomagnetico di Lampedusa

L'osservatorio geomagnetico di Lampedusa è situato presso l'omonima isola, a circa 200 km dalla costa meridionale siciliana. Le coordinate geografiche dell'osservatorio sono:

Latitudine geografica	35° 31' 02.89" N
Longitudine geografica	12° 32' 43.59" E
Altitudine s.l.m.	33 m

La scelta del sito di Lampedusa è stata ritenuta scientificamente strategica poiché esso si configura come l'osservatorio geomagnetico più a Sud d'Europa. La sua latitudine è tale da consentire, unitamente ai dati provenienti dall'osservatorio geomagnetico di L'Aquila, un'analisi dettagliata delle strutture di correnti elettriche che scorrono nella ionosfera ad un'altezza di circa 400 km in entrambi gli emisferi. Queste correnti sono responsabili della variazione diurna del campo magnetico terrestre (CMT). Esse formano due vortici distinti la cui circolazione, vista dal Sole, avviene in versi opposti (verso antiorario nell'emisfero Nord ed orario in quello Sud). I centri di tali vortici si trovano alle latitudini di circa $\pm 40^\circ$.

Il sito prescelto è inoltre all'interno della riserva naturale dell'isola di Lampedusa, dalla parte opposta al centro abitato, quindi lontano da strutture antropiche e da possibili sorgenti elettromagnetiche artificiali che possano disturbare le misurazioni.

L'edificio che ospita la strumentazione di misura del CMT ed il sistema automatico d'acquisizione è stato realizzato con materiali rigorosamente amagnetici, ripristinando un vecchio edificio in pietra al quale sono state apportate migliorie come il tetto in legno ricoperto di fogli di rame ed una coibentazione delle pareti interne in legno rivestite di fogli di rame. Sul tetto sono stati installati 4 pannelli solari che garantiscono la fornitura di energia sufficiente al funzionamento di tutta la strumentazione (**Figura 1**) ed una potenza massima di 340W.

La scelta obbligata di alimentare l'osservatorio con pannelli solari ed una batteria tampone a 12V/120A/h è dovuta alla indisponibilità della rete elettrica nazionale a 220V/50Hz. Tuttavia è sicuramente ideale perché l'isola di Lampedusa è fortemente esposta al Sole, inoltre l'energia dei pannelli è direttamente in DC e la tensione d'uscita deve essere solo stabilizzata a 12V o 24V da un regolatore di tensione DC/DC. Ciò esclude totalmente quei disturbi elettromagnetici, a bassa frequenza (50Hz), prodotti dai sistemi di trasformazione AC/DC.

Data la limitatezza dell'energia disponibile sono state scelte apparecchiature a basso consumo e basse emissioni elettromagnetiche, al momento il consumo totale è stimato intorno ai 12W, quindi ben al di sotto dell'energia fornita dai pannelli, ed un'autonomia con alimentazione a batteria di 120 ore.

All'interno dell'edificio è stato realizzato un armadio di legno ove è collocata l'elettronica di controllo degli strumenti, il sistema automatico d'acquisizione ed il regolatore di tensione dei pannelli solari.

I sensori dei magnetometri invece, mediante dei tubi corrugati interrati, sono stati collocati all'interno di pozzetti di P.V.C. distanti circa 3-4 metri dall'edificio e profondi circa 1 metro (**Figura 1**). Al momento sono disponibili N° 3 pozzetti ove riporre i sensori, ma a breve se ne aggiungerà un quarto di modo che si possa procedere all'installazione di una coppia di sistemi indipendenti di misura del CMT.

I due magnetometri attualmente impiegati per le misurazioni sono rispettivamente un *flux-gate* (EDA FM-100B) ed il magnetometro scalare *Overhauser*. Il primo misura le variazioni del campo magnetico proiettate lungo una terna cartesiana ortogonale (X, Y, Z). Il secondo (*Overhauser* della GEM modello GSM90) effettua la misura dell'intensità totale (F) del CMT.



Figura 1. a) mostra la casa in pietra dell'Osservatorio di Lampedusa in cui sono visibili i pannelli solari e l'antenna GSM del modem; b) mostra i tre pozzetti in cui sono collocabili gli strumenti; c) e d) mostrano due momenti della realizzazione dei singoli pozzetti sensori in P.V.C.

Figure 1. a) shows the stone house of the Lampedusa Observatory with the solar panels and modem GSM antenna; b) shows the three wells where the sensors are located; c) and d) show two stages of the construction of one of the wells.

La stazione automatica di controllo di entrambi gli strumenti di misura è costituita da un microprocessore *Rabbit* [Baskaradas J. A., Cafarella L., Zirizzotti A. (2005)] al quale sono anche collegati un ricevitore *GPS* ed un modem *GSM* (**Figura 4**). Il ricevitore *GPS* ha la funzione di sincronizzare il tempo di acquisizione al tempo universale (*UT*) mentre il modem consente l'interrogazione da remoto della stazione in modo che le misure giornaliere del CMT possano essere trasmesse alla sede INGV di Roma.

Nelle immediate vicinanze dell'osservatorio, a circa 10/20 m più a Nord, è stato realizzato un pilastro sulla cui base viene posizionato il teodolite con il quale vengono effettuate le misure assolute (**Figura 2**).

Tali misure al momento sono state svolte sporadicamente a causa dell'iniziale malfunzionamento del magnetometro scalare. Dal Novembre 2009 a Maggio 2011 l'osservatorio è però in grado di misurare correttamente e simultaneamente sia le variazioni delle componenti che l'intensità totale del CMT.

Nel suddetto periodo il numero totale di giorni d'interruzione delle misure automatiche, dovute a guasti avvenuti sulla stazione di acquisizione, sono stati 31. Nel corso del 2011 è auspicabile l'installazione di un secondo sistema di misurazione che garantisca la continuità di funzionamento per l'intero anno solare

anche in caso di guasti. In queste condizioni la cadenza delle misure assolute sarà di una misura ogni 30/45 giorni.

Al momento i magnetogrammi giornalieri, con risoluzione temporale al minuto, dell'Osservatorio di Lampedusa sono consultabili sul sito dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia in modalità visuale selezionando il link "Magnetogrammi giornalieri" alla pagina:

http://roma2.rm.ingv.it/it/risorse/osservatori_geomagnetici/15/osservatorio_magnetico_di_lampedusa_ag

Nella stessa pagina HTML è possibile accedere al database dei bollettini magnetici mensili, selezionando il link "Bollettini Mensili" (**Figura 3**).



Figura 2. La foto mostra sulla destra il pilastro delle misure assolute ove è stato posizionato anche il teodolite con il quale vengono effettuate tali misure, mentre sulla sinistra ed in lontananza è visibile il tetto della casetta in pietra dell'Osservatorio di Lampedusa.

Figure 2. This figure shows the absolute measurements pillar on the right where the theodolite is placed with which these measurements are carried out, whilst on the left, the roof of the stone house of the Lampedusa Observatory is visible.

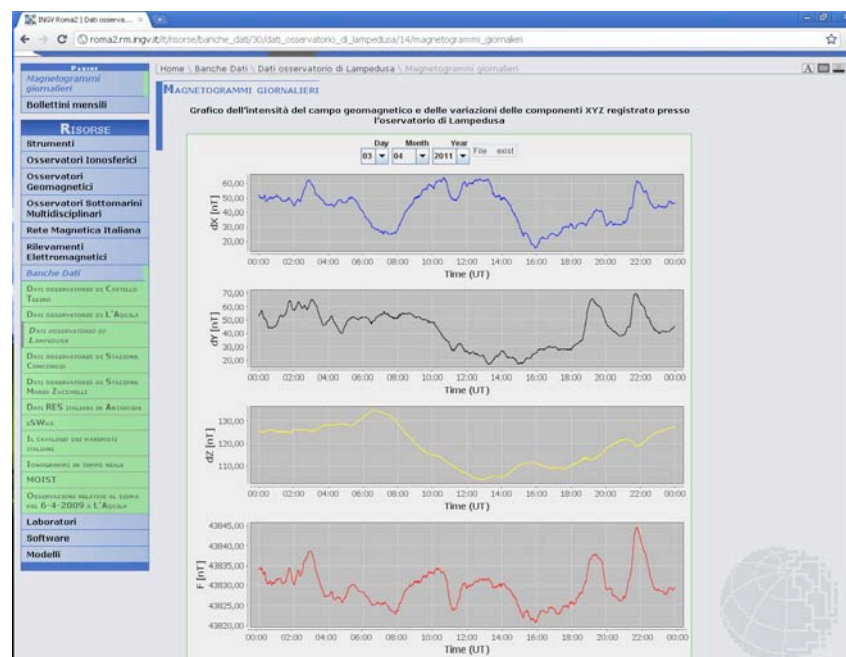


Figura 3. La figura in alto mostra la pagina HTML del sito web dell'Osservatorio di Lampedusa ove è possibile reperire le informazioni fondamentali dell'Osservatorio ed i link "Magnetogrammi giornalieri" e "Bollettini mensili". La figura in basso invece mostra un esempio di Magnetogramma giornaliero.

Figure 3. Top: The homepage of the Lampedusa Observatory where it is possible to find basic information regarding this observatory and the link "Daily magnetograms" and "Monthly bulletin"; Bottom: An example of a daily magnetogram.

2. La stazione automatica di acquisizione

La strumentazione installata presso l'osservatorio geomagnetico di Lampedusa è attualmente costituita da un magnetometro vettoriale *flux-gate*, un magnetometro scalare *Overhauser*, una stazione di controllo, un ricevitore *GPS* ed un modem *GSM*. In **Figura 4** è schematizzato il collegamento di tutta la strumentazione alla stazione di controllo.

Il magnetometro *flux-gate*, modello FM-100B, è un magnetometro vettoriale con tre uscite analogiche di ampiezza compresa tra $\pm 10V$, corrispondente ad un *range* dinamico del CMT di ± 1000 nT. Lo strumento ha una sensibilità di 100 nT/V, una risoluzione di 0.4 nT, un rumore inferiore a 0.2 nT all'interno della banda passante strumentale (DC - 4.0 Hz) ed infine una deriva termica inferiore a 1 nT/°C.

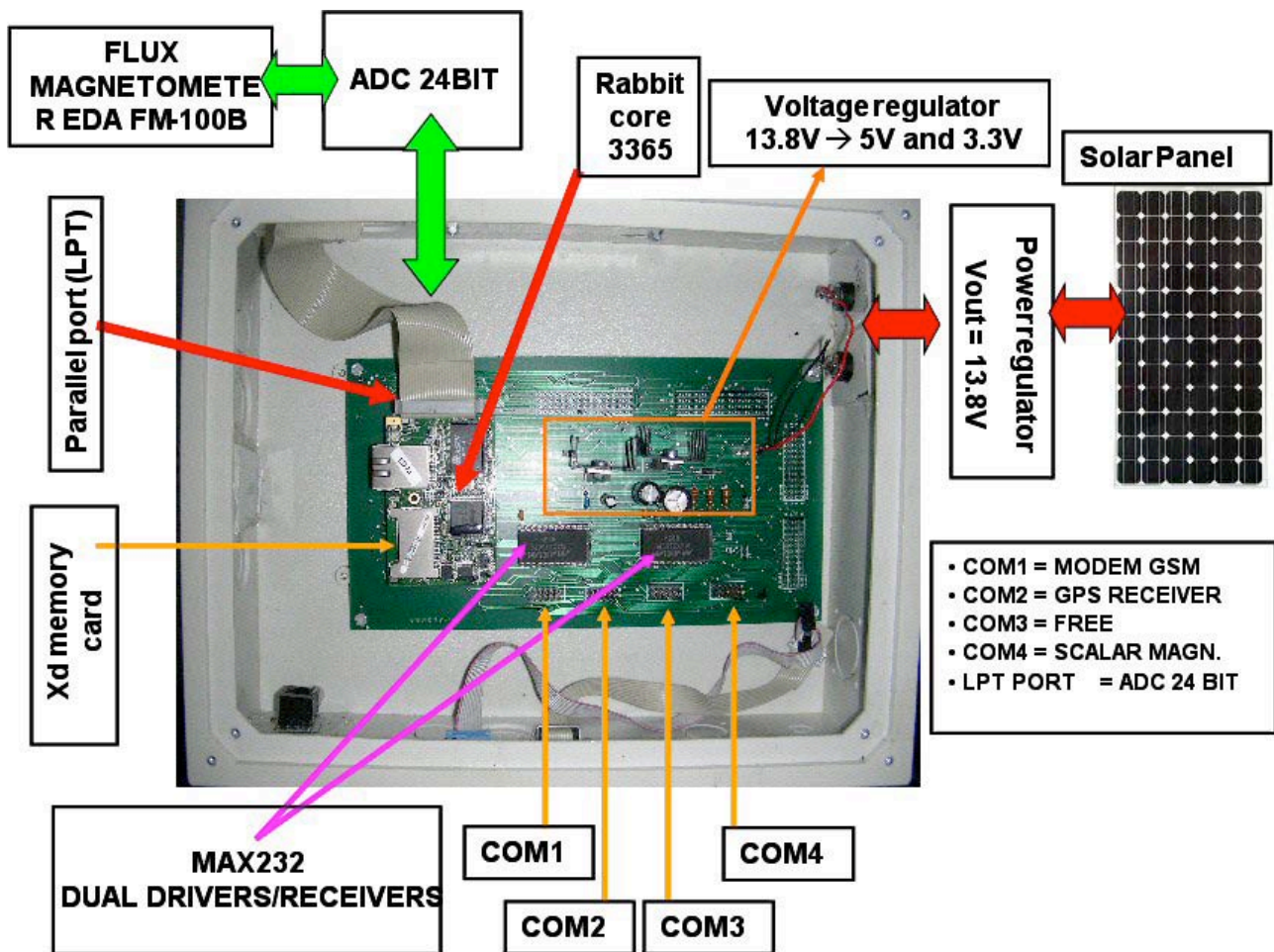


Figura 4. Schema a blocchi del modulo di acquisizione. In alto un'immagine del modulo rabbit 3365 con memoria Xd card integrata. In basso, lo schema delle linee I/O utilizzate per la comunicazione del modulo con i vari dispositivi ad esso collegati.

Figure 4. Block diagram of the acquisition module. The picture on the top is the rabbit core module 3365 and the integrated Xd memory card. Below, the block diagram of the I/O line used to connect instruments and devices to the microprocessor core.

Il *flux-gate*, è collegato ad una scheda di acquisizione A/D, realizzata presso l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia [Cafarella L. e Palangio P., Zirizzotti A. (2002)], che è costituita da un totale di tre convertitori analogico digitali a 24 bit (AD7710AN). Ciascun convertitore possiede due canali di acquisizione per un totale di sei canali d'ingresso di cui tre sono utilizzati per convertire i segnali analogici delle componenti magnetiche X, Y e Z con una frequenza di 1 Hz, due convertono rispettivamente i segnali

provenienti dal termometro del sensore magnetico e da quello ambientale ed infine l'ultimo canale rileva la tensione di alimentazione della batteria (12V). La scheda è in grado di convertire segnali analogici di ampiezza compresa tra ± 10 V con una risoluzione pari a $10\mu\text{V}$ corrispondente a 0.001 nT.

Il controllo della conversione A/D è gestito, tramite la porta parallela, dal programma di acquisizione eseguito all'interno della stazione di controllo.

Il magnetometro *Overhauser* GSM 90 prodotto dalla *GEM System* è un magnetometro che utilizza l'effetto *Overhauser* per misurare l'intensità totale del campo geomagnetico con una risoluzione di 0.01 nT ed un'accuratezza di 0.2 nT.

Questo modello di magnetometro scalare effettua la misura del campo magnetico dopo aver ricevuto un comando esterno (codificato dal carattere *ASCII* "F") attraverso la porta seriale e restituisce il valore numerico mediante la medesima porta. La frequenza con cui viene effettuata la misura scalare del CMT è di una volta ogni 5 secondi.

Per rendere confrontabili le misure di campo magnetico effettuate a Lampedusa con quelle effettuate presso altri osservatori mondiali, l'orologio che scandisce l'acquisizione è sincronizzato al tempo universale (*UT*) mantenuto tale mediante un ricevitore *GPS*, che fornisce automaticamente la stringa di sincronizzazione una volta al secondo attraverso un'altra porta seriale.

La stazione di acquisizione ed immagazzinamento dei dati che controlla gli strumenti era inizialmente basato sul prototipo sviluppato da Zirizzotti et al. (2005) che impiegava un modulo *Rabbit* 3200.

Nel sistema attualmente in funzione a Lampedusa, si è deciso invece di impiegare un nuovo modello di *Rabbit* 3365 (**Figura 4**).

Questo modello, si basa su un microprocessore *Rabbit* 3000 a basse emissioni di radiazioni elettromagnetiche ed una frequenza di clock di 44.2 MHz, una memoria RAM per l'esecuzione dei programmi di 512Kbyte ed altrettanti per i dati. Il modulo dispone, per la comunicazione esterna, di un'interfaccia ethernet a 100 Mbit/s, di 50 linee I/O indipendenti con le quali implementare una porta parallela e sei porte seriali. Per l'immagazzinamento dei dati dispone di una memoria NAND flash di 16 Mbyte (integrata) ed una slot in cui inserire una memoria NAND flash Xd Card fino a 128 Mbyte. Il consumo del modulo a 3.3V è stimato a 350mA, infine la temperatura di funzionamento è compresa tra -40 °C e 70 °C.

Come si evince dalle caratteristiche appena elencate il modulo *Rabbit* 3365 è ideale per la realizzazione di stazioni di misura magnetica remote, e rispetto al modello precedentemente utilizzato (*Rabbit* 3200) dispone anche di una slot di memoria esterna ed una nuova libreria software che consente al modulo 3365 di gestire le memorie flash con un filesystem *FAT16*. Questo filesystem è stato sviluppato dalla *Rabbit* sulla base di quello implementato dalla Microsoft, con delle differenze (per ragioni di Copyright) che non consentono però la lettura e scrittura con un Personal Computer su cui sia installato un sistema operativo Microsoft. Per ovviare a questo problema di accesso alla memoria, la *Rabbit* ha previsto che sul modulo sia attivo un server FTP e che tramite client FTP, un utente con i permessi di sola lettura acceda ai dati con il comando FTP "get MeseGGYY.lmp", mentre un utente amministratore possa anche cancellarli con il comando "del MeseGGYY.lmp" (**Figura 5**).

Nel prototipo iniziale di stazione geomagnetica, Zirizzotti et al. (2005), la libreria che gestiva la memoria compaq-flash, ne limitava le dimensioni a 32 Mbyte e comunque era necessario inizializzarla con 512 *file* (ciascuno di dimensione 47Kbyte) contenenti stringhe "999999" al posto dei valori X, Y, Z e F i quali successivamente sarebbero stati giornalmente sovrascritti con i valori realmente misurati. Ciò però implicava che ogni 512 giorni fosse necessario sostituire la memoria con un'altra in cui fossero stati caricati i nuovi *file* e quindi obbligatoriamente interrompere il funzionamento della stazione. L'utilizzo della nuova libreria *FAT16* della *Rabbit* permette di incrementare le dimensioni massime della memoria a 128 Mbyte e quindi aumentare le dimensioni dei singoli *file* memorizzati pur mantenendo invariato il numero massimo di *file* allocabili. Il vantaggio introdotto da questa nuova libreria quindi non è quello di permettere di memorizzare più file contemporaneamente ma di prevedere un metodo di cancellazione da remoto dopo averne effettuato il *backup*.

```

Microsoft Windows XP [Versione 5.1.2600]
(C) Copyright 1985-2001 Microsoft Corp.

C:\Documents and Settings\Massimiliano>ftp 172.16.10.2
Connesso a 172.16.10.2.
220 Hello! Welcome to ZWorld TinyFTP!
Utente (172.16.10.2:(none)): root
331 Password required
Password:
230 User logged in.
ftp> cd E
250 OK
ftp> dir
200 PORT command successful
150 Opening ASCII mode data connection for /bin/ls
total 1
-rw-r--r-- 1 root fat-E-realn 0 Jan 1 14:53 jan0180.aq0
226 Transfer complete.
ftp> 84 byte ricevuti in 0.34secondi 0.24Kbyte/sec
ftp>

```

Figura 5. Esempio di connessione FTP autenticata con cui è possibile accedere da remoto ai file dati per effettuare la copia in locale e la cancellazione dal sistema remoto.

Figure 5. Example of authenticated FTP connection that allows remote access to the data files of the remote system for downloading and deleting.

3. Software di controllo della stazione remota di Lampedusa

La stazione di controllo ed acquisizione dell’osservatorio di Lampedusa è gestita da un’applicazione scritta utilizzando il linguaggio proprietario *Rabbit (Dynamic C)*. Tale applicazione, implementa la filosofia del *multitasking*, componendosi di singoli *task* ciascuno dei quali è deputato al controllo rispettivamente: della comunicazione esterna tramite *modem* e/o *ethernet*, degli strumenti di misura vettoriale e scalare ed infine dell’acquisizione della stringa d’informazione del *GPS* esterno che garantisce la sincronizzazione del tempo di acquisizione.

Per ridurre l’assorbimento di potenza della stazione, questa non è provvista di un’uscita video, tuttavia le librerie *Rabbit* consentono di rendere il modulo un server Web, e quindi un utente/amministratore può collegarsi ad esso e tramite protocollo *http* visualizzare da remoto (via *modem* o cavo *ethernet*) le informazioni relative al funzionamento dell’acquisizione contenute all’interno di pagine *HTML* (**Figure 6, 7, 8 e 9**) dedicate, di cui diamo di seguito una breve ma esaustiva spiegazione.

La pagina iniziale (*index.html*) mostra lo stato di funzionamento della stazione specificando rispettivamente:

- la data e l’ora;
- le componenti X, Y, e Z misurate dal magnetometro vettoriale;
- la F misurata dal magnetometro scalare;
- la temperatura ambientale e quella del sensore vettoriale;
- la tensione della batteria tampone;
- lo stato degli strumenti;
- lo stato del *GPS*;
- lo stato della memoria;
- se si sono verificati errori e l’eventuale tipo.

In alto alla pagina iniziale sono inseriti altri *link* che richiamano altre pagine *HTML* (**Figure 6, 7, 8 e 9**) che sono:

- “*Station.html*”, che ha la funzione di configurare inizialmente la data e l’ora dell’orologio interno del modulo *Rabbit*; di identificare il nome del sito di misura con una stringa (LM= LAMPEDUSA, AQ= L’AQUILA....) ed infine assegnare un numero identificativo alla stazione nel caso ve ne fossero più di una nello stesso sito;
- “*Flux.html*” e “*Prot.html*” che hanno la funzione di impostare: la prima la funzionalità del magnetometro *flux-gate* definendo i fattori di conversione A/D delle componenti H, D, Z e delle misure di temperatura ed infine la frequenza di campionamento dei dati immagazzinati nei *file*; la seconda pagina configura il funzionamento del magnetometro scalare, definendo la frequenza di campionamento e la velocità di

comunicazione della porta seriale che viene impiegata dalla stazione per comandare lo strumento ed acquisire il dato misurato;

- “*GPS.html*” consente di attivare o disattivare l’acquisizione della stringa di sincronizzazione dal *GPS* esterno. Nel caso si disabiliti il *GPS* il tempo di acquisizione è regolato dall’orologio interno al modulo *Rabbit*.

I parametri di configurazione impostati tramite le pagine *HTML* sono registrati nella memoria volatile interna del modulo e preservati dalla cancellazione per mezzo di una batteria tampone anche qualora il microprocessore *Rabbit* fosse privato della tensione di alimentazione diretta quando si effettua un *reset hardware (Power OFF)*. Il sistema quindi è in grado di ripristinare l’ultima configurazione impostata non appena gli sarà nuovamente fornita l’alimentazione diretta (*Power ON*).

Infine per garantire un maggiore sicurezza di accesso e di modifica della configurazione della stazione, nell’ultima versione *software* l’accesso a tutte le pagine *HTML* richiede l’autenticazione mediante utente e password.

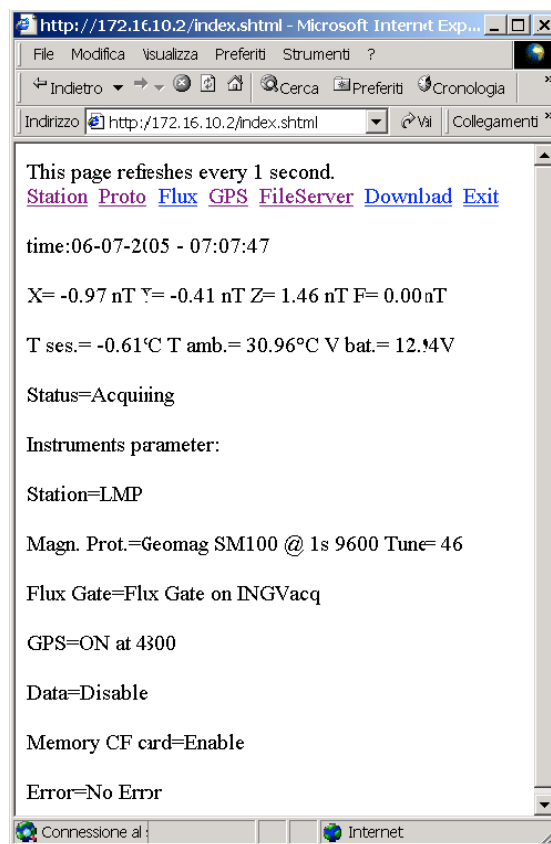


Figura 6. Pagina HTML che consente di visualizzare in tempo reale lo stato di funzionamento della stazione di acquisizione. I link in alto consentono l’accesso ad altre pagine HTML dalle quali è possibile comandare la stazione e modificare alcuni parametri di funzionamento degli strumenti.

Figure 6. HTML page that displays the status of the acquisition station in real time. On the top of this HTML page appropriate links allow the direct access to other pages through which it is possible to command the station and modify the instruments functioning parameters.

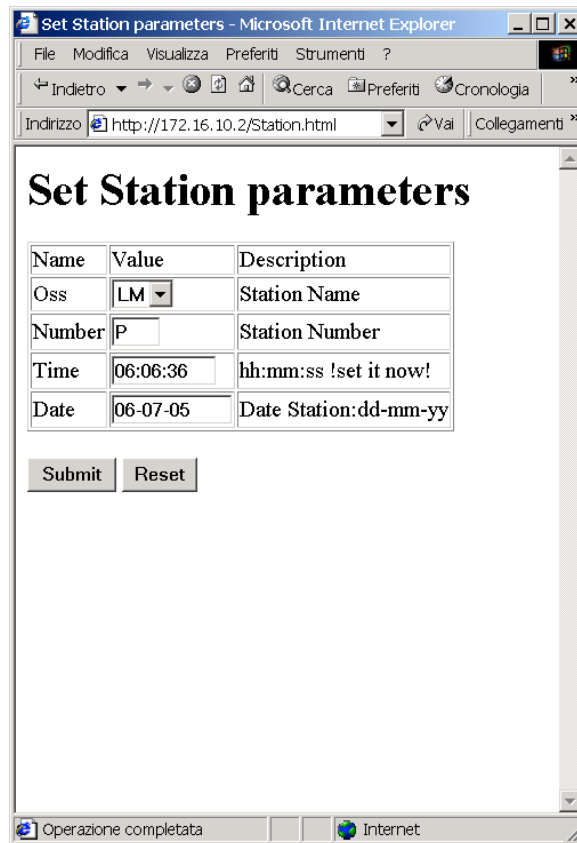


Figura 7. Pagina HTML (Station.html) per la configurazione di alcuni parametri della stazione.
Figure 7. HTML page (Station.html) that allows setting some parameters of the station.

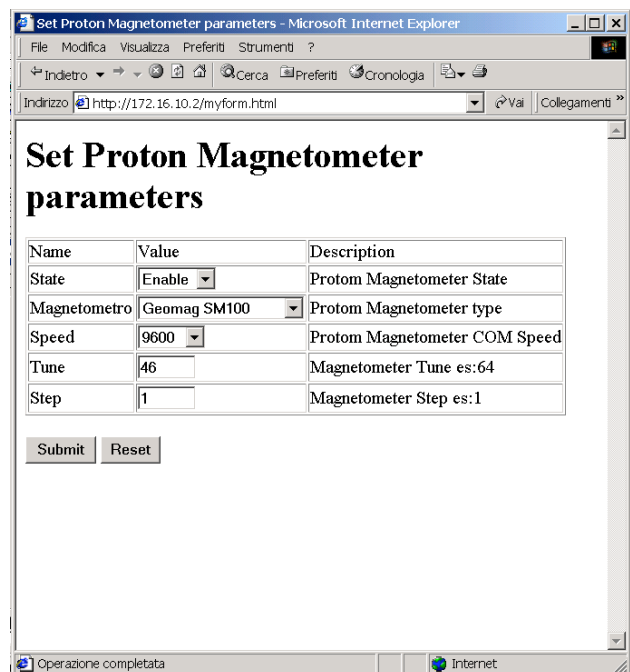
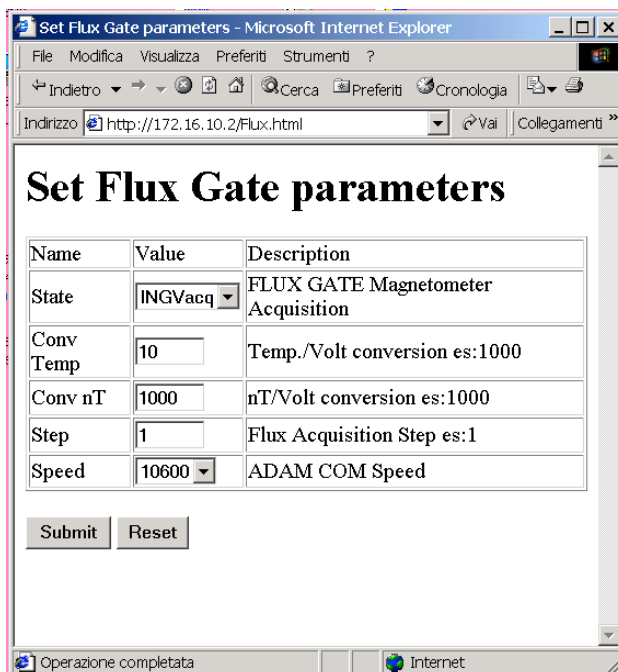


Figura 8. Pagine HTML che consentono l'impostazione dei parametri di funzionamento dei singoli strumenti di misura magnetica. Flux.html serve per la configurazione del magnetometro vettoriale flux-gate, mentre Proton.html per quella del magnetometro scalare.

Figure 8. HTML pages for configuring the parameters of the magnetic instruments. Flux.html can be used to configure the flux-gate vector magnetometer and Proton.html the scalar magnetometer.

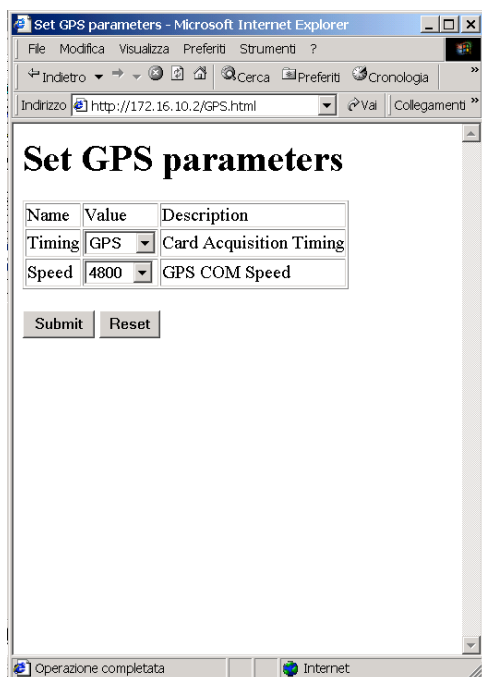


Figura 9. Pagina HTML(GPS.html) che consente di abilitare o disabilitare la sincronizzazione del sistema di acquisizione al tempo UT fornito dal ricevitore GPS.

Figure 9. HTML page (GPS.html) to allow or prevent the synchronization of the station internal clock to Universal Time provided by GPS receiver.

4. Misura anomala del magnetometro scalare

L'osservatorio geomagnetico di Lampedusa ha iniziato le misurazioni del CMT nel 2006, inizialmente solo come stazione variometrica (X, Y, e Z), e successivamente dalla metà del 2007 anche il magnetometro scalare *Overhauser* (modello GEM GSM-19 e poi GSM 90).

Le misurazioni effettuate con il solo flux-gate si sono rivelate regolari, anche confrontandole con quelle misurate dagli osservatori di L'Aquila, al contrario i valori e le variazioni dell'intensità totale del campo magnetico risultavano diverse, anche migliaia di nT, rispetto al valore medio atteso di 43800 nT. Queste variazioni dell'intensità totale del CMT avevano una precisa collocazione temporale (**Figura 10**) tra le 06.00/07.00 UT e le 16.00/17.00 UT ed una cadenza giornaliera. L'analisi dei soli periodi notturni mostrava invece andamenti perfettamente coerenti con quelli registrati presso l'osservatorio geomagnetico di L'Aquila.

Da questi sistematici confronti è stato possibile concludere che l'origine del fenomeno dovesse essere locale e che la causa non potesse essere imputata a variazioni naturali del campo magnetico terrestre, ma semmai a disturbi elettromagnetici di origine antropica o a malfunzionamenti strumentali.

Si è iniziato cercando di capire se la zona in cui sorgeva l'osservatorio potesse essere soggetta a forti disturbi elettromagnetici di origine antropica. I disturbi presenti nelle misure dell'intensità totale del campo erano stati rilevati utilizzando sempre magnetometri scalari tipo *Overhauser*, i quali sono, per loro stessa natura particolarmente sensibili a disturbi elettromagnetici all'interno della banda della radiofrequenza. L'ipotesi era quindi che intorno all'area di misura, vi potessero essere sorgenti con queste caratteristiche.

Per confermare o confutare tale ipotesi sono state effettuate misure con magnetometri a protoni, che funzionando sulla base di un differente principio fisico rispetto al magnetometro *Overhauser*, non dovevano essere sensibili a campi elettromagnetici nella suddetta banda. Tuttavia anche queste misure presentavano le medesime anomale variazioni temporali.

Nell'ipotesi che si trattasse sempre di una sorgente esterna si è tentato di eliminare il disturbo inserendo il sensore del magnetometro all'interno di una scatola di rame in grado di schermarlo. Tuttavia anche questa soluzione si è rivelata inefficace.

Per questo motivo si è deciso di concentrarsi sull'eventuale malfunzionamento strumentale. Dal momento che il disturbo si manifestava solo nelle ore di insolazione e quindi durante la ricarica della batteria tampone, si è ipotizzato che la causa del malfunzionamento del magnetometro potesse essere attribuita al sistema di alimentazione (pannelli solari e/o regolatore di tensione).

All'interno dei pannelli solari ed anche all'interno dei cavi di collegamento tra i pannelli ed il regolatore di tensione, durante l'insolazione, può scorrere una corrente d'intensità anche di 10 A, che variando con l'intensità dell'insolazione stessa potrebbe creare campi magnetici a bassa frequenza.

Per quanto concerne il regolatore di tensione acquistato unitamente ai pannelli solari invece, questi ha la caratteristica costruttiva e funzionale di adottare la tecnologia *switching* per la regolazione della tensione e la *PWM* (*Pulse width modulation*) per caricare la batteria tampone.

Entrambe queste caratteristiche generano segnali ad alta frequenza che si accordano con la tensione d'uscita a 12 V che alimenta tutta la strumentazione e potrebbe per questa ragione provocarne un malfunzionamento.

Per le ragioni sopra esposte si è deciso di impiegare solo cavi di collegamento schermati e di sostituire il regolatore *switching* con uno lineare che è stato progettato e realizzato nei laboratori dell'Unità funzionale di Geomagnetismo.

I test effettuati, presso l'osservatorio geomagnetico di L'Aquila e la successiva installazione a Lampedusa, con questa nuova configurazione del sistema di alimentazione, hanno dimostrato la totale risoluzione del problema ed il perfetto ripristino della funzionalità del magnetometro scalare (**Figura 11**).

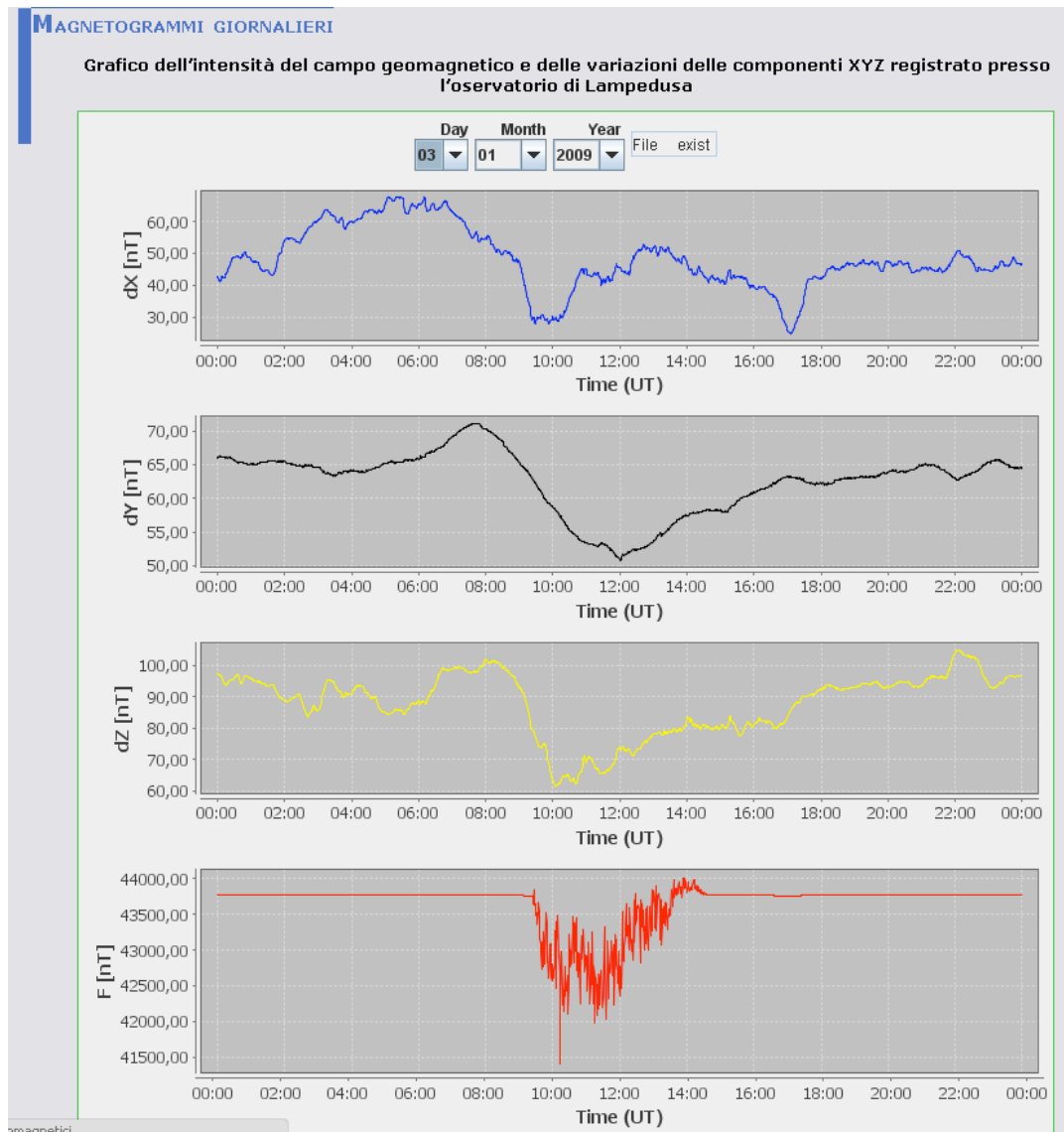


Figura 10. Magnetogrammi raffiguranti i valori di campo magnetico misurati il 3 Gennaio 2009 presso l'osservatorio di Lampedusa. In alto è rappresentata la misura dell'intensità totale (F) del CMT eseguita con magnetometro Overhauser GSM 90, mentre i tre successivi grafici si riferiscono alle variazioni delle componenti Cartesiane (X, Y e Z) del campo magnetico misurate dal magnetometro vettoriale EDA. In ascissa è rappresentato il tempo UT in ore. Come si vede il tracciato della F mostra un significativo disturbo nelle ore centrali della giornata (dalle 09.00 alle 15.00 circa).

Figure 10. Magnetograms display magnetic field data measured on the 3th of January 2009 at the observatory of Lampedusa. The plot on the top displays total field intensity (F) measured by the Overhauser magnetometer GSM 90. The graphs below show the variations of the magnetic field Cartesian components (X, Y and Z) as measured by the EDA vector magnetometer. In abscissa is reported UT in hours. It is possible to observe that the behaviour of F is very disturbed from about 09.00 to about 15.00.

Grafico dell'intensità del campo geomagnetico e delle variazioni delle componenti XYZ registrato presso l'osservatorio di Lampedusa

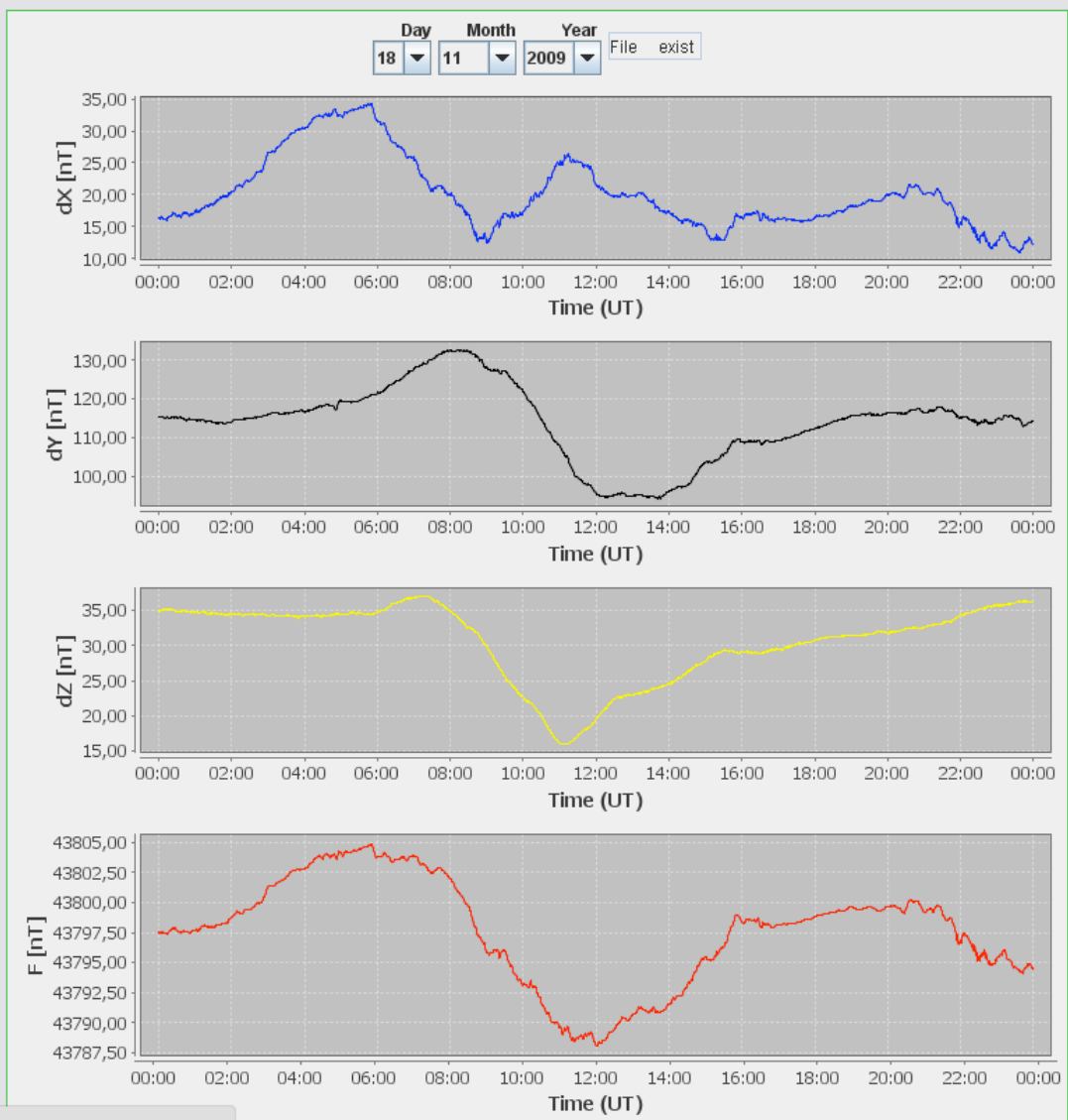


Figura 11. Magnetogrammi relativi ai valori di campo magnetico misurati il 18 Novembre del 2009 presso l'osservatorio di Lampedusa dopo la sostituzione del regolatore di tensione switching per pannelli solari con i due regolatori di Figura 9 e Figura 10. Il magnetogramma della F misurata dal magnetometro scalare Overhauser GEM 90 non mostra più alcuna anomalia di funzionamento durante le ore diurne.

Figure 11. Magnetic field data measured on the 18th of November 2009 at the observatory of Lampedusa after having substituted the switching voltage regulator for solar panels with the new voltage regulators of Figure 9 and Figure 10. The magnetogram of the total intensity F measured by scalar Overhauser magnetometer GEM 90 is no more affected by any disturbance during the diurnal hours.

5. Progetto del nuovo regolatore di tensione

Il progetto del nuovo regolatore di tensione si è basato sulla necessità che la tensione di alimentazione dovesse essere regolata in modo lineare senza utilizzare il metodo switching e la *PWM* per la carica della batteria.

Lo schema del circuito dal quale è stato realizzato il nuovo sistema di regolazione di tensione è riportato in **Figura 12**. Il magnetometro vettoriale, il convertitore analogico digitale, il modem, il ricevitore

GPS e la stazione d'acquisizione sono collegate in parallelo all'uscita (J3 e J4) che regola la tensione di carica della batteria tampone, mentre il magnetometro scalare Overhauser è alimentato dal secondo regolatore Low-Dropout (J2).

Nel suddetto schema, la prima regolazione di tensione è svolta da un dispositivo (LM317) la cui tensione d'uscita è regolabile dal ponte di retroazione costituito dalle resistenze R2 e R3 di cui R3 è variabile affinché si possa scegliere il valore della tensione d'uscita ideale per quest'applicazione, mentre la corrente erogata dal pannello confluisce nei quattro *transistor* di potenza (PNP).

Affinché la strumentazione ed anche il regolatore stesso siano protetti da sovratensioni, sia in ingresso (I) al regolatore che in uscita (O) sono stati aggiunti due varistori e diodi zener in modo da impedire alla tensione I/O di superare i 30 V. Le capacità C1 e C2 sono utilizzate da filtro.

In questo caso specifico la batteria tampone (12 V/120 Ah) per essere ricaricata necessita che la tensione sia regolata tra 13.8V e 15V (CON 1). Tuttavia la GEM System per i magnetometri scalari, sconsiglia l'utilizzo di tensioni di alimentazione esterna superiori a 12 V che potrebbero far attivare il sistema di protezione interno e causare il blocco dello strumento. Per questa ragione e per rendere ancora più stabile la tensione di alimentazione del magnetometro scalare è stato aggiunto un secondo stadio di regolazione in cascata al primo, che però impiega un *Low-Dropout regulator* LM2940 (J2). Il *Low-Dropout* garantisce che la tensione di alimentazione del magnetometro sia mantenuta a 12 V anche nel caso la batteria scaricandosi riduca la propria tensione a 12V. Il primo stadio di regolazione invece necessita per funzionare correttamente che la tensione d'ingresso al regolatore sia almeno 3V più grande del valore selezionato in uscita.

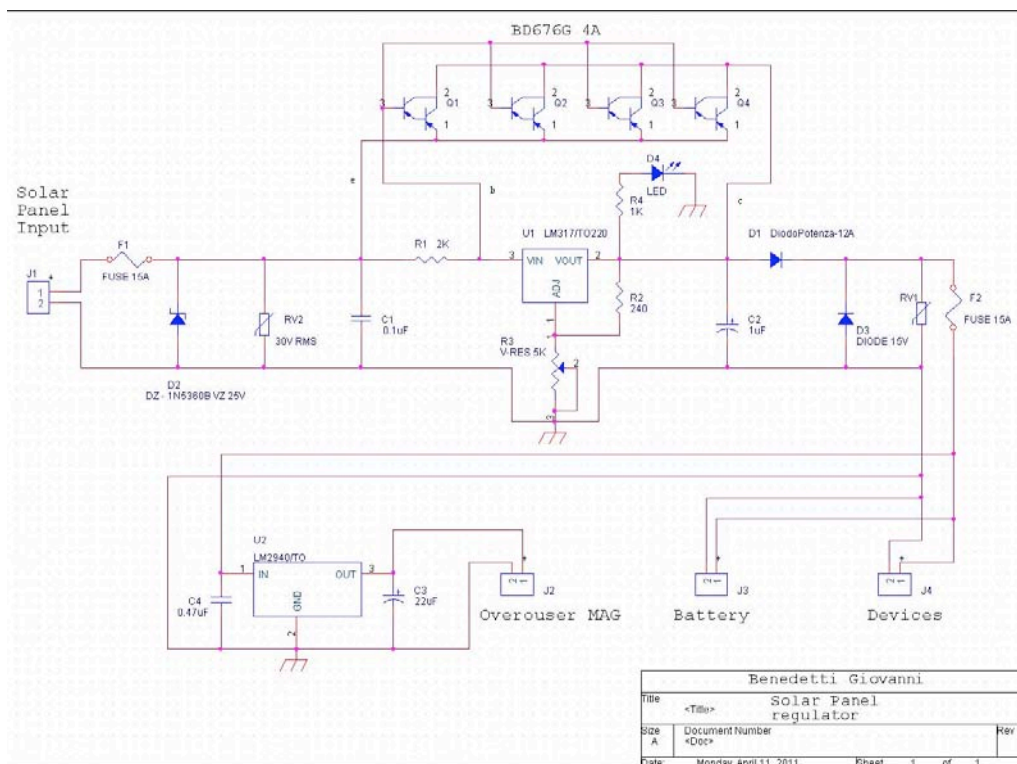


Figura 12. Schema del circuito elettronico da cui è stato realizzato un nuovo regolatore di tensione a tensione costante per alimentare la strumentazione e ricaricare la batteria tampone.

Figure 12. Electrical schematic of the new voltage regulator constructed to supply magnetic instruments, the acquisition system and to charge the battery.

La **Figura 13** mostra entrambi i prototipi di regolatori realizzati presso il laboratorio dell'U.F. di Geomagnetismo dell'INGV ed attualmente in funzione presso l'osservatorio di Lampedusa.



Figura 13. Versione finale dei due sistemi di regolazione installati presso l'osservatorio di Lampedusa. In alto il primo stadio di regolazione tra pannelli solari e batteria tampone ($V_{out} = 13.8V$). In basso il secondo stadio di regolazione che ha in ingresso l'uscita del primo stadio di regolazione ed in uscita l'alimentazione per il magnetometro scalare.

Figure 13. Final version of the two systems of regulation installed at Lampedusa observatory. On the top, the first stage of power regulation that is used to charge the service battery ($V_{out} = 13.8V$) is shown. Below, the second stage of regulation, its input voltage is the output of the first stage of regulation whereas its output provides the power supply to the scalar magnetometer.

Bibliografia

Cafarella L., Palangio P., Zirizzotti A., (2002). Osservatorio geomagnetico di Castello Tesino: Nuova Strumentazione, Quaderni di Geofisica n. 29.

Baskaradas J. A., and Cafarella L., Zirizzotti A., o (Zirizzotti et al.) (2005). A new data-logger for geomagnetic remote stations, IAGA, Toulouse, France.

Ringraziamenti

Questo lavoro vuole essere un giusto riconoscimento all'impegno profuso per realizzare un osservatorio geomagnetico remoto sull'isola di Lampedusa. Da fine Ottobre del 2009 la stazione può disporre oltre che delle misure vettoriali anche di quella scalare e conseguentemente consentire l'effettuazione delle periodiche misure assolute per la determinazione delle basi.

Nell'affermare questo successo non bisogna però dimenticare tutte le persone che nel corso di questi anni hanno dato importanti contributi ed a cui va il ringraziamento dell'Unità funzionale di Geomagnetismo. In primis il Dott. Domenico Di Mauro, come responsabile dell'osservatorio di Lampedusa, per aver curato l'organizzazione logistica, la scelta del sito e la valutazione qualitativa dei dati misurati. Un grazie anche a Cesidio Gizzi, che insieme a Fulvio Biasini ha lavorato per trasformare un riparo in pietra in un luogo idoneo

ad ospitare la strumentazione magnetica. Un contributo determinante va riconosciuto ad Achille Zirizzotti e James Baskaradas per essere stati i primi realizzatori del prototipo della stazione remota e per i tanti suggerimenti fornitici per i successivi sviluppi. Un ringraziamento va rivolto anche a Paolo Palangio la cui preziosa esperienza ha permesso d'individuare l'origine dell'erronea misurazione del magnetometro scalare.

Grazie anche al personale della sede INGV di L'Aquila Manuele Di Persio e Stefania Lepidi per il supporto datoci durante i test effettuati all'osservatorio geomagnetico di Preturo.

Coordinamento editoriale e impaginazione

Centro Editoriale Nazionale | INGV

Progetto grafico e redazionale

Daniela Riposati | Laboratorio Grafica e Immagini | INGV

© 2011 INGV Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Via di Vigna Murata, 605

00143 Roma

Tel. +39 06518601 Fax +39 065041181

<http://www.ingv.it>



Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia