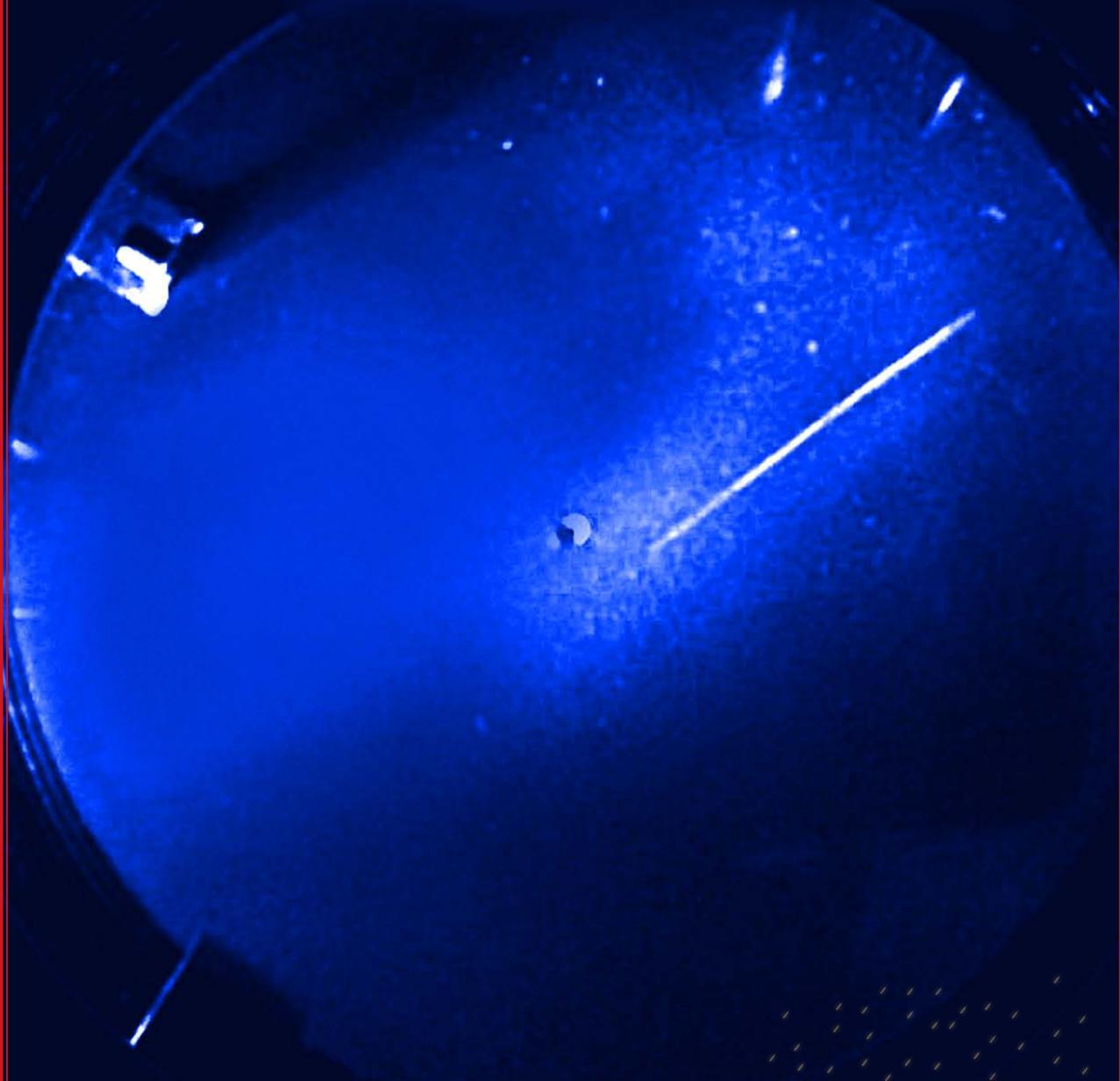


AMD5 & ASTRORAD

Handbook



AstroParticelle
www.astroparticelle.it

In copertina: traccia di un muone fotografato in una camera di Wilson a espansione didattica. La camera era in posizione orizzontale quindi la particella doveva possedere un angolo di incidenza molto pronunciato (M. Arcani 2013)¹.

¹ <http://www.astroparticelle.it/wilsoncloudchambers.asp>



Rivelatore di muoni AMD5 e AstroRad

Astroparticle Muon Detector 5

Descrizione:

Il funzionamento del rivelatore AMD5 è affidato a due tubi Geiger Müller (*GMT*) che lavorano in coincidenza. Il segnale generato dai *GMT*, viene inviato al circuito elettronico di coincidenza (una porta "and"), quindi un *buffer* di uscita permette il collegamento con la porta *USB* e con l'uscita audio.

Il rivelatore è provvisto di 3 luci *LED*, due utilizzate per monitorare il corretto andamento dei tubi *GMT* e il terzo per il controllo del circuito di coincidenza; utilizzando l'uscita audio, collegata ad esempio a un amplificatore, lo strumento può essere usato anche stand-alone (senza computer) per semplici dimostrazioni o mostre.

Collegando AMD5 a un computer (previa installazione dei driver), il suo funzionamento viene gestito dal programma AstroRad, i dati raccolti possono essere "plottati" a video su grafici e contemporaneamente registrati in tabelle e su file. In questo modo è anche possibile esportare i dati al termine delle misure e analizzarli con Excel, o software di analisi come MATLAB, Maxima, SciLAB e tanti altri.

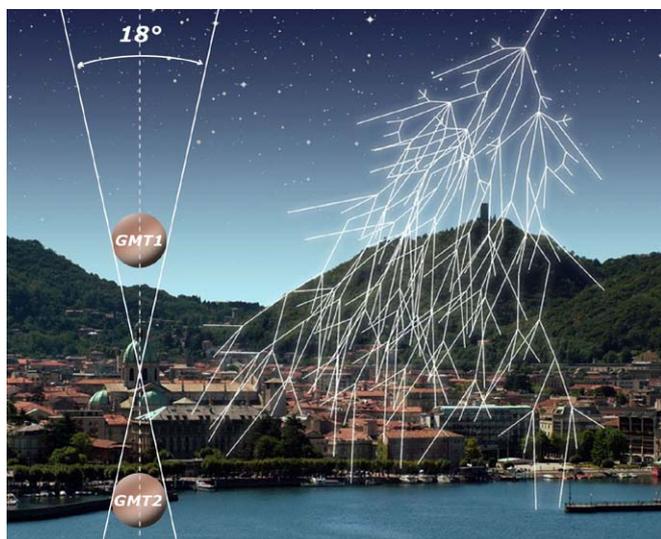


Figura 1

Il posizionamento dei due tubi Geiger nello strumento ne stabilisce anche la geometria "ottica" (Figura 1); essendo distanziati di 6 centimetri, la finestra di cielo visibile è di circa 18° (considerando 1 cm di diametro) per circa 105° (considerando i 10 cm di lunghezza) con un angolo solido complessivo di circa 0,52 sr.

Oltre al conteggio del flusso di particelle, con questo strumento è possibile fare altri interessanti lavori come quello della misura del flusso in funzione dell'angolo di zenit (pensiamo all'International Cosmic Day di DESY), oppure dell'assorbimento dei raggi cosmici nei materiali che consiste nel sovrapporre lastre di metallo di spessore sempre più grande e tracciare i dati dei risultati ottenendo le note curve di Rossi.

Una ricerca interessante può essere quella del confronto tra il flusso dei muoni rilevati e il flusso del vento solare, per evidenziare come l'attività del nostro Sole, in particolare l'effetto Forbush, influenza i raggi cosmici a terra. I dati del vento solare sono facilmente reperibili da varie fonti come dal sito della sonda SOHO (<http://sohowww.nascom.nasa.gov/>).

Altri esperimenti di confronto possono riguardare pressione e temperatura atmosferica, sempre in relazione al numero di particelle misurate a terra. Un'altra applicazione può essere quella della verifica della provenienza dei raggi cosmici o effetto est-ovest, che consiste nell'orientare il rivelatore (di conseguenza i *GMT*) in direzione sud-nord e inclinarlo progressivamente verso Est e poi verso Ovest, per dimostrare e comprendere l'effetto geomagnetico. Un esperimento che ha più probabilità di successo a basse latitudini e ad alta quota, ma utilizzando molti dati e molta statistica è possibile evidenziarlo anche alle latitudini più alte.

Installazione del software AstroRad:

Astorrad è compatibile con tutte le versioni di Windows, da xp alla 10¹.

Prima di collegare il rivelatore con un *personal computer*, installare il *driver USB* e il *software*.

Installazione del driver USB:

1. Inserire il DVD e aprire la cartella "Driver".
2. Fino a **Windows 7²**: fare doppio click sul file "CP210x_VCP_Win_XP_S2K3_Vista_7".
Da **Windows 7² in poi**: dalla cartella CP210x_VCP_Widows utilizzare il file CP210xVCPInstaller_x64 (per i sistemi a 64 bit) oppure CP210xVCPInstaller_x86 (per i sistemi a 32 bit). Seguire le indicazioni a video fino a installazione terminata.

Installazione di Astrorad:

Al momento non è previsto un *installer*, quindi bisogna semplicemente installarlo manualmente.

3. Dal DVD aprire la cartella "Software"
4. Copiare tutta la cartella "Astorrad_vNNN" (dove vNNN equivale al numero dell'ultima versione) sul disco fisso del computer in c:\programmi\
5. Aprire la cartella c:\programmi\Astorrad_vNNN.
6. Selezionare il file eseguibile astroradvNNN.EXE col tasto destro e selezionare invia a desktop.
7. Sul desktop del computer apparirà l'icona relativa.

Installazione software orologio atomico (solo per Windows xp):

8. Dal DVD aprire la cartella "Software" e poi "Atomic-clock".
9. Provare a fare doppio click sull'icona "AtomicTimeSynchronizerSetup"
10. Se l'installazione inizia, proseguire con le indicazioni a video e saltare i punti 11 e 12, se invece richiede la presenza nel sistema di "Microsoft .NET Framework", annullare.
11. Fare doppio click sull'icona "NetFx20SP2_x86" (cartella Software\Atomic-clock) oppure andare sul sito Microsoft e scaricare la versione più appropriata.
12. Al termine dell'installazione fare doppio click su "AtomicTimeSynchronizerSetup" e proseguire con le indicazioni a video.
13. (solo per XP) Mettere un collegamento in esecuzione automatica, in modo che l'orologio riparta a ogni avvio del computer.

Per Windows 7:

14. Cliccare col tasto destro sull'orologio di Windows e selezionare Modifica data/ora
15. Posizionarsi sulla scheda ora internet e poi su cambia impostazioni.
16. Controllare che sia spuntata la casella "sincronizza..." e che sia selezionato un server es: "time.nist.gov"
17. Cliccare "ok" e "ok".

Impostazione formato ora (solo Windows 7 e successivi):

18. Cliccare di nuovo col tasto destro sull'orologio di Windows e selezionare Modifica data/ora
19. Cliccare su "Cambia le impostazioni del calendario", si apriranno due finestre indipendenti
20. Chiudere la finestra "Personalizza formato" e posizionarsi sulla finestra "Paese e lingua"
21. Dai menu a comparsa "ora breve e ora estesa" scegliere rispettivamente il formato HH.mm e HH.mm.ss, dare "ok", "ok", "ok"

1 Con le ultime release di windows 10 si sono notati grossi problemi di compatibilità ancora da risolvere.

2 Windows 7 è compatibile con entrambi i driver.

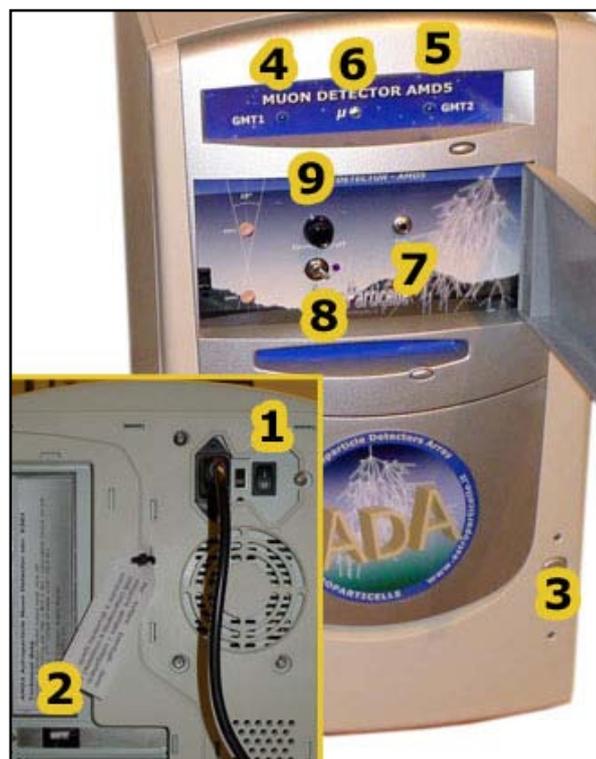
Collegamento dei cavi e accensione:

(Le indicazioni seguenti sono di carattere generale e potrebbero variare a seconda del modello di involucro)

Inserire il cavo di alimentazione sul retro.

Collegare il cavo *USB* tra il rivelatore e il computer, *per evitare problemi eseguire sempre questa procedura a computer e strumento spenti e con la spina di alimentazione di quest'ultimo disinserita.*

Accendere il computer e lo strumento tramite l'interruttore sul retro, dopo qualche istante si vedrà l'accensione dei *LED* sul frontale che segnalano l'attività radioattiva (il passaggio di particelle).



Descrizione comandi (di figura 2):

- 1) Accensione
- 2) Collegamento *USB* (attenzione non forzare)
- 3) *LED* accensione alimentazione
- 4) *LED* relativo al funzionamento del *GMT1*
- 5) *LED* relativo al funzionamento del *GMT2*
- 6) *LED* relativo al funzionamento del circuito di coincidenza
- 7) Presa audio per collegamento ad amplificatore
- 8) Selettore del tempo di coincidenza (vedi pag. 17)
- 9) Switch di esclusione della coincidenza

Altre eventuali prese (e comandi) presenti sul pannello non sono utilizzate.

Figura 2

Utilizzo del software AstroRad:

Cliccare sull'icona AstroRad posizionata precedentemente sul *desktop* per eseguire il programma.

Impostare la porta di comunicazione seguendo le istruzioni *online*:

<http://www.astroparticelle.it/setcom-1.html>

Se la porta è installata correttamente inizieranno a lampeggiare anche gli indicatori nella finestra del *software* (figura 3 e 4 - punti 10).

Per una descrizione del *software* vedere anche la pagina:

<http://www.astroparticelle.it/muon-detector-sw.asp>

(La versione *online* potrebbe essere meno aggiornata di quella sul Dvd ma il funzionamento è lo stesso)

Il software è suddiviso in diverse schede: “**Control Panel**”, “**Flux**”, “**Real-Time**”, “**Frequency**”, “**Dose**” e “**Space Weather**” visibili nella barra in alto (figura 3-punto 1).

Scheda Control Panel:

Per avviare la registrazione dei dati impostare su “I” il selettore blu *Start* (figura 3-punto 2), in questo modo il software attiva il contatore principale del flusso di particelle per tempo di campionamento. Questi dati vengono registrati sia nelle tabelle visibili nella scheda *Flux* che nei file *daily-data.txt* e *dd5sec.txt* che vengono scritti nella cartella : `c:\programmi\Astrorad_v302\Data`.

Nella stessa posizione vengono creati anche gli altri file dei rilevamenti: *realtime.txt*, *frequency.txt*, *dose.txt*, *mobilaver.txt*, *muons-mean.txt* e *time.txt*.

Questi file testuali (.txt) sono utili per fare analisi e servono per i rilevamenti online relativi al progetto ADA (*Astroparticle Detector Array*).

Per visualizzare un grafico in locale (figura 3-zona 8) selezionare su “I” il selettore blu *Plot* (figura 3-punto 3), inizierà la stampa del grafico a video (occorre qualche minuto), per fermare il grafico riportare su “0” il selettore blu e impostare su “I” il selettore rosso³. Il plotter è provvisto di diverse opzioni dove è possibile salvare o visualizzare i grafici salvati.

Il conteggio del rivelatore può essere fatto partire anche automaticamente tramite il timer/orologio (figura 3-punto 4), presente sempre nella scheda *Control Panel*; facendo doppio click sul timer stesso appare la finestra di dialogo relativa (in pratica il *timer* sostituisce il selettore *start*).

La sezione 5 di figura 3 è un contatore indipendente che fa il conteggio del flusso al minuto e la media aritmetica degli ultimi 5 minuti, esso è relativo ai file: *muons-mean.txt*, *time.txt* e *mobilaver.txt*.

Il contatore 6 di figura 3 conta gli eventi totali al giorno o da quando viene acceso lo strumento esso è azzerabile tramite il pulsante *reset* (7), inoltre si azzerava automaticamente ogni giorno alle 00.00.

Tramite i selettori 9a e 9b si può cambiare la base dei tempi del campionamento, il primo (9a) relativo al plotter, il secondo (9b) relativo al conteggio registrato, per un corretto funzionamento dovrebbero essere entrambi impostati sullo stesso valore⁴.

Con la versione 3.02 è stato introdotto un contatore supplementare con base dei tempi fissa a 5 secondi (figura 3-punto 15 e 16), questo serve per un’analisi più accurata dei dati nel caso di eventi coincidenti tra più rivelatori. Il contatore genera il file *dd5sec.txt* che per ora non viene inviato su *server* ma rimane archiviato nella cartella “Data”.

Oltre che dai segnali luminosi, il passaggio delle particelle può essere segnalato tramite un segnale sonoro selezionabile attraverso il pulsante 14 (figura 3).

3 Rispetto alle precedenti versioni il comando del plotter è stato separato dallo start, questo per poter utilizzare il software anche da computer datati. Per computer veloci il plotter si può tenere acceso anche per giorni, per quelli lenti è meglio spegnerlo dopo qualche tempo per non appesantire il computer nelle sue funzioni.

4 Per il progetto ADA la base dei tempi di campionamento (del selettore 9b) dovrà essere la stessa per tutti i rivelatori della rete, per ora impostato su 60 secondi.

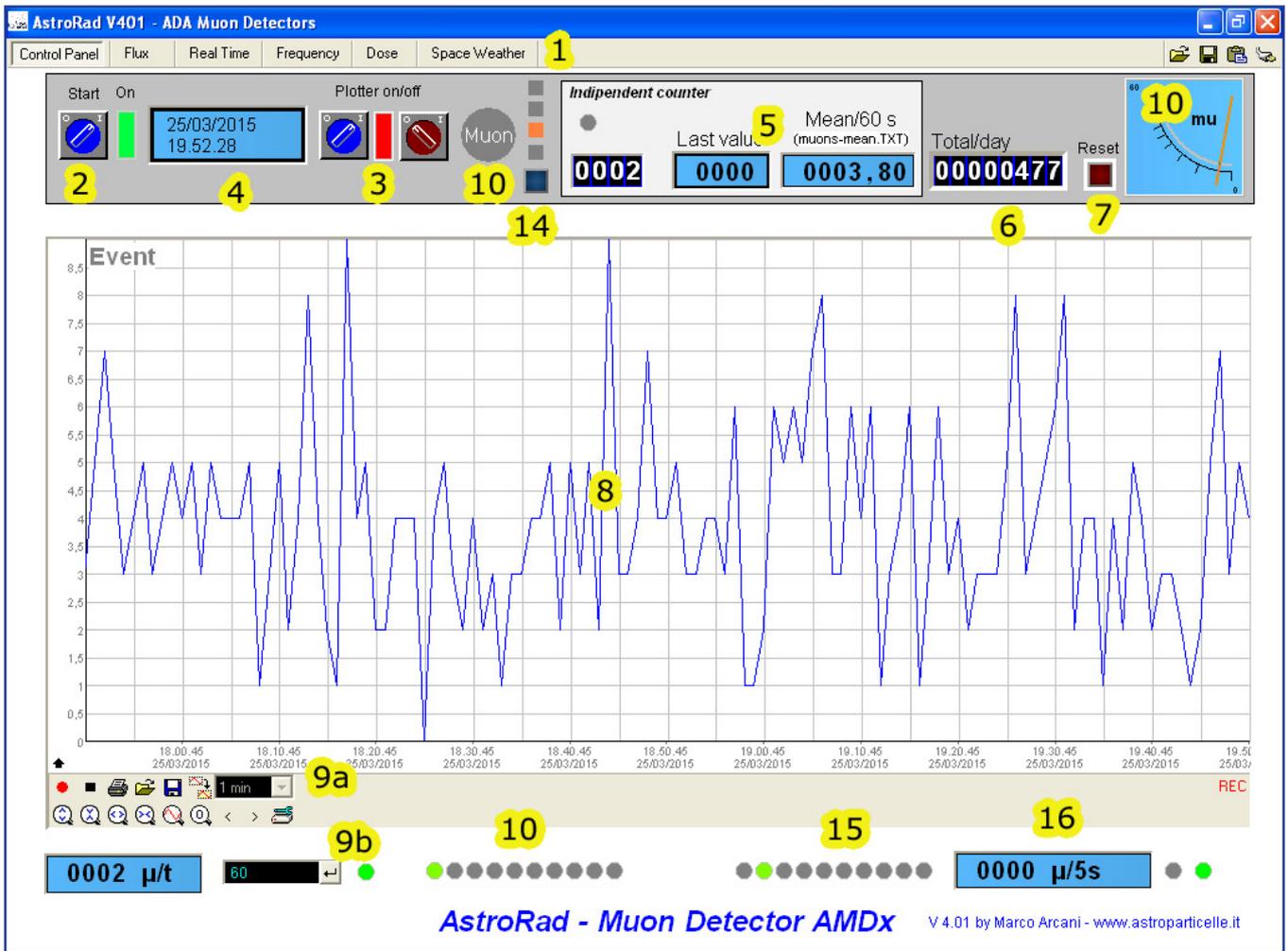


Figura 3

Scheda Flux:

In questa scheda sono stati inseriti due strumenti visuali che segnalano il numero di eventi registrati (figura 4 - punto 17 e 18); i primi due sono relativi al contatore principale (17) diviso in eventi da 0 a 10 e da 0 a 100 e il terzo strumento (18) relativo al campionamento a 5 secondi. A fianco di questi strumenti ci sono le relative tabelle (figura 4 - punto 13) che raccolgono i dati alfanumerici.

In alto a destra compare la sezione FTP per l'invio dei dati in rete *web*.

Sezione FTP (figura 4 - punto 11 e 12):

Il *timer* (11) è impostato per aggiornare i dati in locale e *online* (relativi al progetto ADA). Ogni giorno intorno alle ore 00:00 esso esegue una determinata procedura (rinomina i file dei rilevamenti del giorno con la data del giorno stesso e li invia su *server web*), il *timer* non dovrebbe essere toccato salvo diverse indicazioni. Tramite il pulsante 12 è possibile inviare i dati manualmente al *server* (serve solo per diagnostica).

Utilizzo in modalità locale:

Utilizzando il rivelatore in locale i dati sono registrati nelle tabelle 13 (figura 4). Ogni tabella può registrare un massimo di 16000 righe. Per esportare i dati al termine delle misure cliccare col tasto destro, scegliere 'create'... e selezionare il formato desiderato (figura 5).

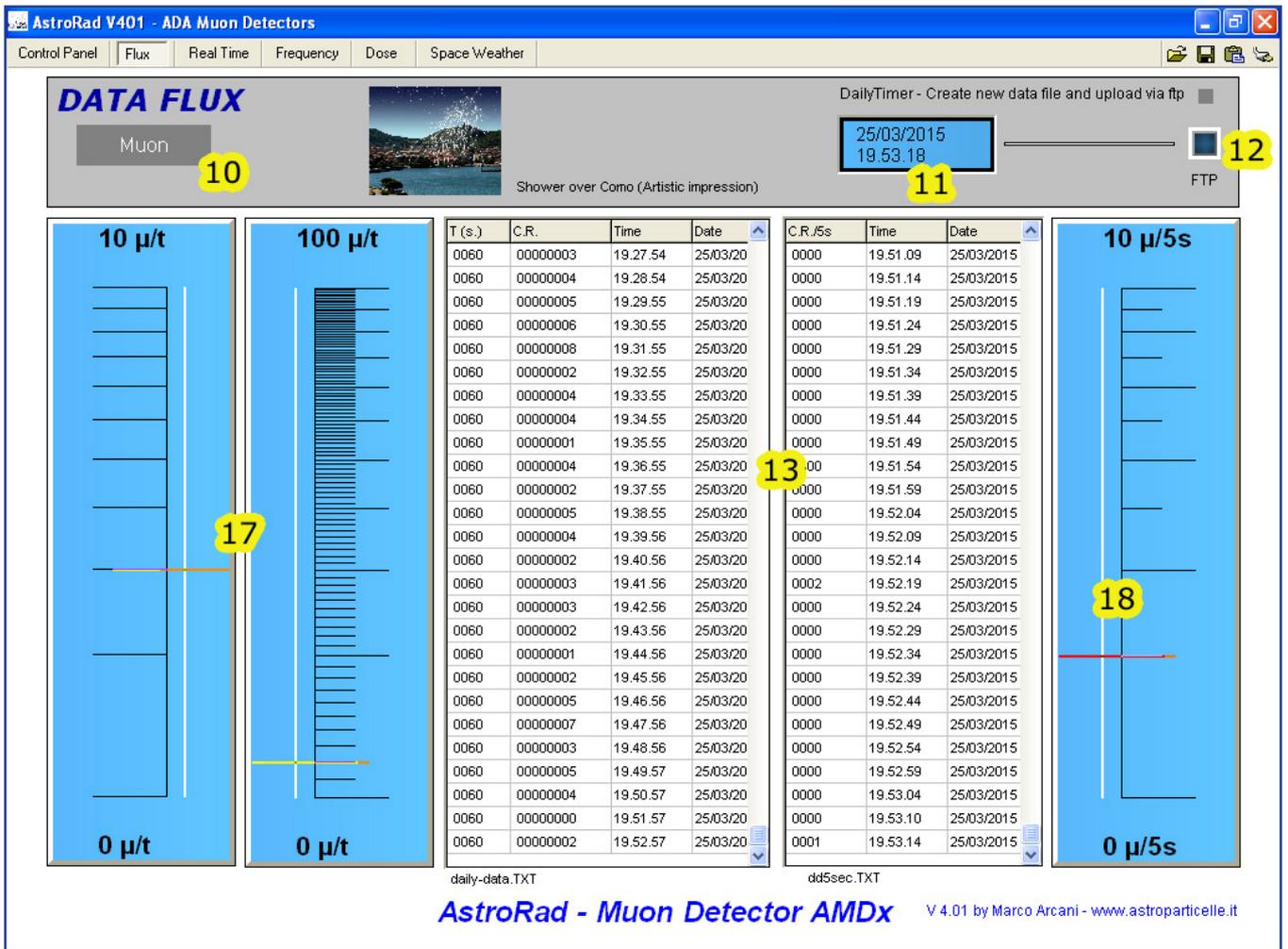


Figura 4

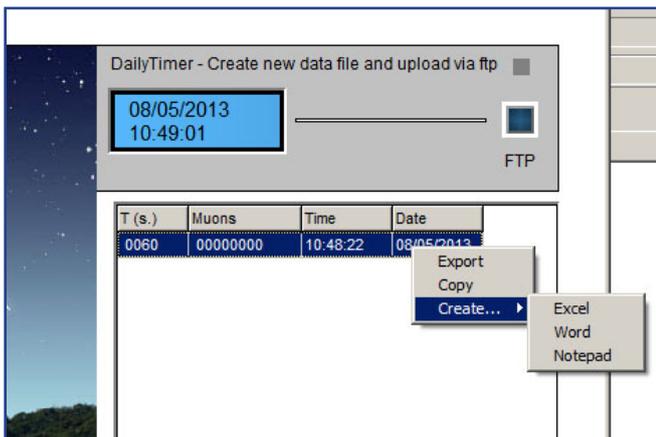


Figura 5



Figura 6

Impostazione per il funzionamento online:

Il software è programmato per inviare ogni 15 minuti i dati a un *web-server*, quindi ogni quarto d'ora comparirà una schermata "nera" DOS con la procedura di invio, seguita da un messaggio che segnala che i dati sono stati trasferiti o meglio che la procedura è terminata (figura 6), infatti attualmente non c'è un vero e proprio controllo di *feedback* (ovvero il messaggio compare anche se per qualche motivo i dati non sono stati inviati). Se la procedura è andata a buon fine la finestra DOS e il messaggio si chiudono automaticamente.

Impostazione *web-server*:

Il *webmaster* del sito che ospiterà i dati dello strumento dovrà creare una cartella dedicata: ad esempio www.miosito.it/raggicosmici/

Si dovrà modificare quindi il file del software AstroRad presente nella cartella: `c:\programmi\Astrorad_v302\data\upload.arc`

Posizionandosi sul file `upload.arc` con il tasto destro del mouse selezionare `apri con...` e usare il *notepad*.

Troverete all'inizio del file questa lista di istruzioni:

```
open ftp.mysite.com
mylogin
myPSW
bin
lcd
cd mysite.com/myfolder
prompt
.....
.....
```

Sostituire solamente i dati che appaiono in grassetto: **mysite.com**, con il nome del dominio del vostro sito, **mylogin**, **myPSW** sono *login e password* ftp del sito, dati che deve fornirvi il vostro *webmaster*, **myfolder** è il nome scelto per la cartella (e.g. `raggicosmici`) che ospiterà i dati sul vostro web server. Dopo avere modificato questi dati, lasciando intatto il resto, chiudere il file salvandolo.

È possibile provare se l'invio sul server funziona utilizzando il tasto 12 di figura 4.

Scheda Real Time:

Dalla versione 4.01 di AstroRad è stato implementato un sistema che permette la rivelazione del tempo esatto di arrivo della particella, al millesimo di secondo.

A ogni evento registrato (particella), la tabella 20 (figura 7) raccoglie ora, minuto, secondo e millesimo, seguita di nuovo dall'orario e data (di sistema). Gli stessi dati sono raccolti nel file `realtime.txt`.

Da notare che il tempo registrato nella tabella e nel file possono differire di qualche millisecondo (il software dà la precedenza al file `txt`). Il file `realtime.txt` registra anche il numero di particelle eventualmente arrivate entro il secondo (per questioni tecniche a volte può comparire uno 0 che è da interpretare come = 1).

Nel caso si utilizzi il rivelatore per misure di elementi radioattivi (vedi scheda dose) i selettori 21 relativi a realtime e frequenza devono essere posizionati su 0. Infatti le misure del tempo reale di arrivo e della frequenza in questo caso non hanno senso, inoltre l'alto numero di eventi attesi dal decadimento dei materiali radioattivi non permette la registrazione di un tale flusso di dati su file in modo affidabile e il software potrebbe anche manifestare malfunzionamenti.

Il pannello Real Time riporta anche il grafico giornaliero (24 figura 7) della media mobile (asse y) aggiornato ogni ora (asse x). Per media mobile si intende la media (del campionamento al minuto) degli ultimi cinque minuti registrata dal contatore 5 (scheda control panel di figura3). Il valore del contatore 5 è riportato anche nella scheda real time (23 di figura 7) insieme all'errore determinato dalla semplice radice quadrata. Nel file mobilaver.txt invece la media mobile è aggiornata secondo il tempo impostato in secondi dal selettore 22 (default 5 minuti) da cui è possibile eventualmente ricavare grafici più risolti.

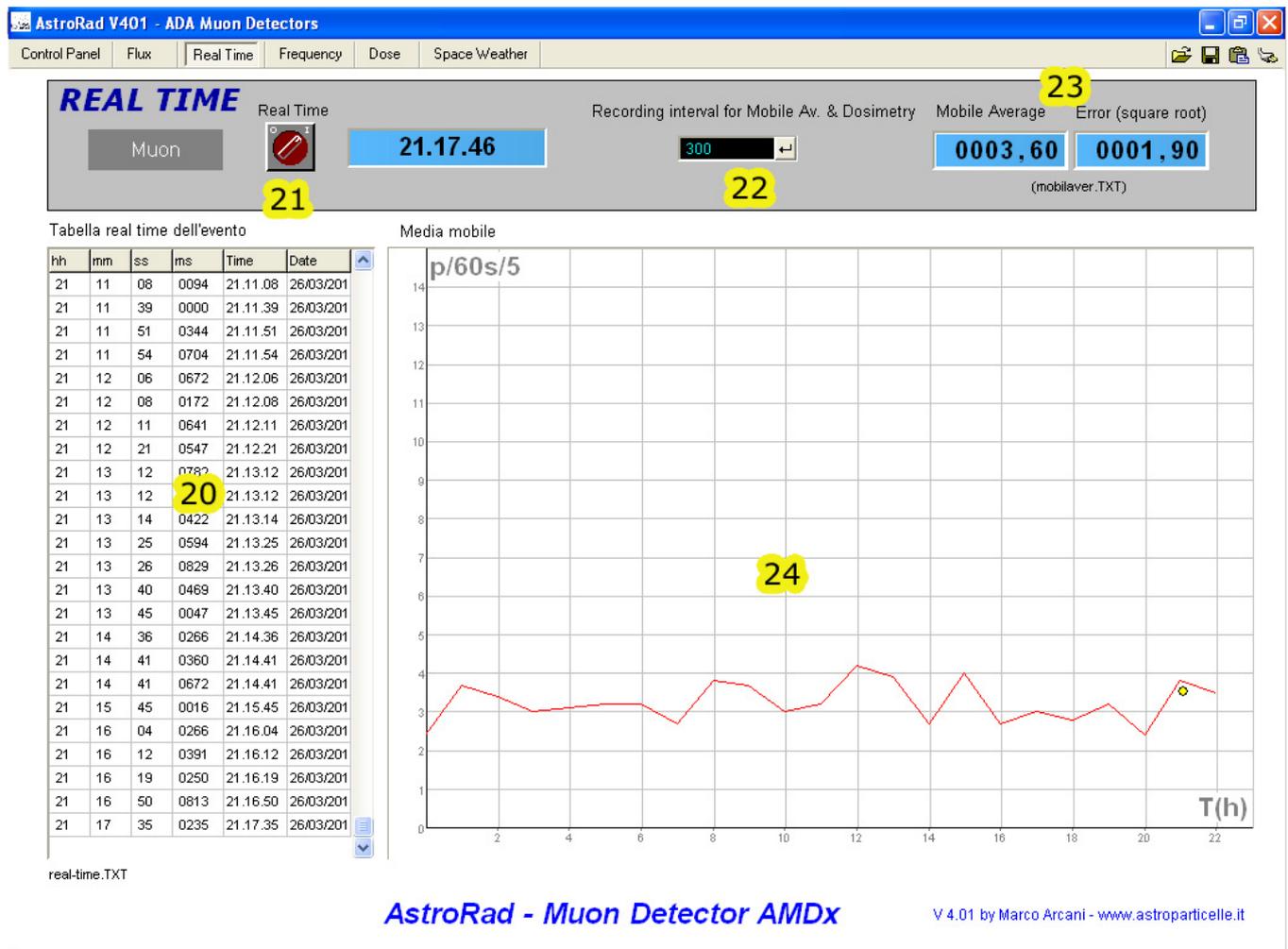


Figura 7

Scheda Frequency:

Questa sezione serve per misurare l'intervallo di tempo di arrivo tra una particella e l'altra. Il valore è espresso sia in cicli al secondo (Hz) che in secondi (1/f) ed è riportato dagli strumenti 27.

La tabella 25 registra: il numero sequenziale dell'evento registrato dal contatore 6 (figura 3), il valore in Hz e secondi dell'intervallo tra le ultime due particelle, il numero di particelle (per questioni tecniche a

volte può comparire uno 0 che è da interpretare come = 1) nel caso ne arrivi più di una entro il secondo, e come sempre ora e data della registrazione.

I dati sono anche riportati dal plotter 26 con il numero dell'evento in ascisse e la frequenza in ordinate. In questo caso però per sua natura il plotter non riesce a riportare sempre tutti i dati come invece avviene sulla tabella 25. Il file frequency.txt riporta i dati relativi alla tabella 25.

Nel caso si utilizzi il rivelatore per misure di elementi radioattivi (vedi scheda dose) i selettori 21 relativi a realtime e frequenza devono essere posizionati su 0.

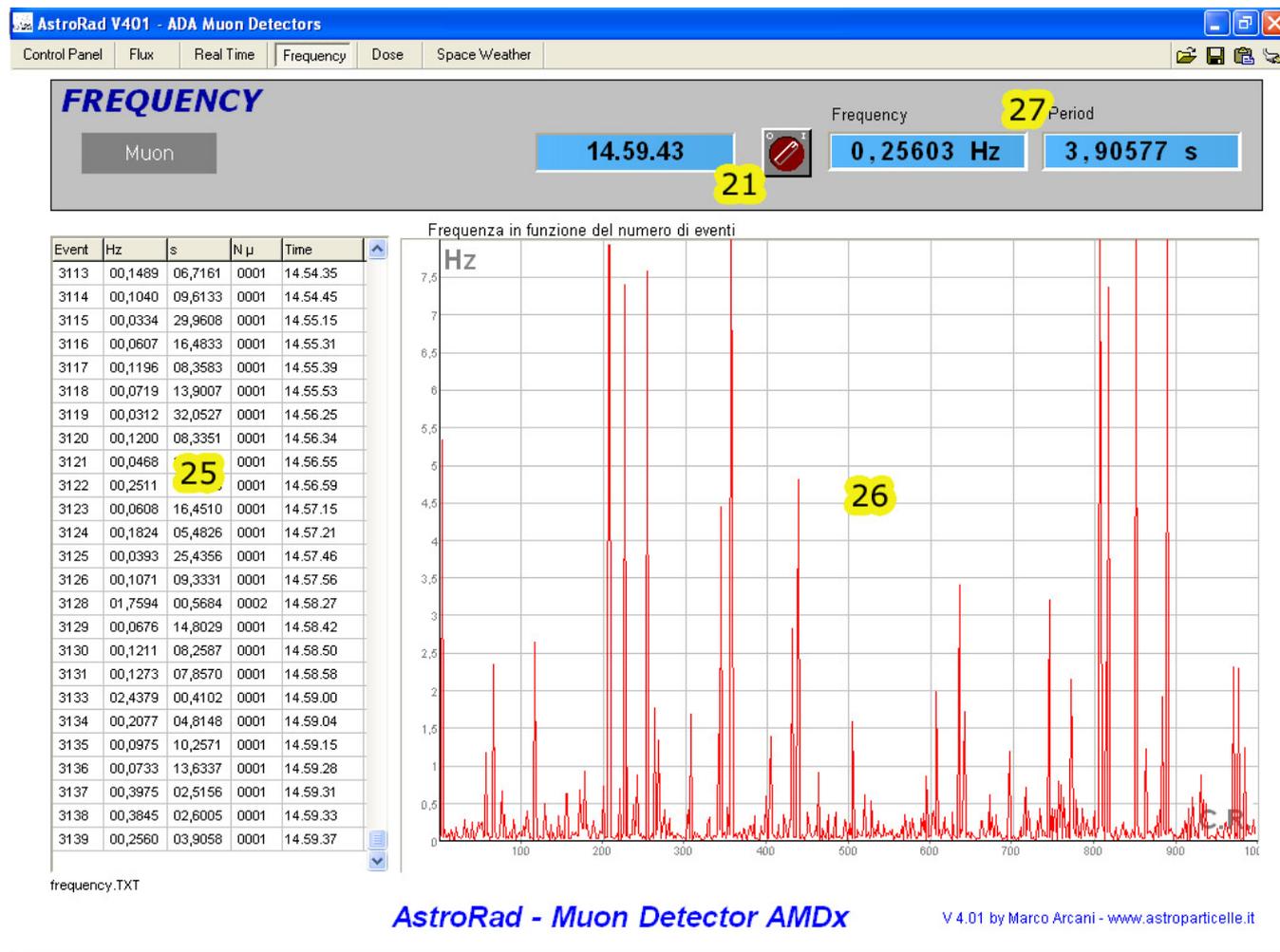


Figura 8

Scheda Dose:

Questa sezione serve per fare misure di radioattività. Il valore normalmente espresso dagli strumenti 30 (di figura 9) è quello relativo alla radioattività e dose prodotta dai soli raggi cosmici. Se si vuole invece misurare la radioattività ambientale per qualche ora o giorno, sul rivelatore deve essere esclusa la coincidenza tramite l'apposito interruttore (9 figura 2), inoltre il valore del selettore 28 (di figura 9) va impostato su 2. Allo stesso modo, nel caso di rilevamenti su minerali, sostanze od oggetti radioattivi il rivelatore va impostato in modalità non coincidente e il selettore 28 va impostato su 2. Gli elementi da analizzare si possono posizionare in prossimità dell'alloggiamento dei GMT di AMD5 (indicativamente vedere figura 10, tenendo presente che se l'involucro del rivelatore è metallico bloccherà la radiazione β). Nel caso di misure su elementi radioattivi (non per la radioattività ambientale) ***i selettori 21 nelle schede frequency e real-time devono essere impostati su 0.*** Il selettore 29 regola la sensibilità dei GMT, a seconda dell'elemento da analizzare il valore può essere impostato tra 22 e 29 (vedere sezione "La fisica di AstroRad e AMD5").

I valori esposti dagli strumenti 30 (di figura 9) sono espressi in: cps (count per second), cpm (count per minute), milli-Röntgen/h, micro-Gray/h (per la dose assorbita in aria e per la dose assorbita in tessuto) e micro-Sievert/h per la dose equivalente in aria e in tessuto. Per la conversione dalla dose assorbita a quella equivalente va inserito il valore di ponderazione che è impostabile tramite il selettore 31 (di figura 9) seguendo i valori esposti nella tabella 32 (di figura 9). Anche in questa sezione i dati della radioattività sono plottati sul grafico 33 espressi in micro-Röntgen/h sull'asse y in funzione dell'ora (asse x). I dati in ordine: mR/h, $\mu\text{Gy/h}$ (aria) $\mu\text{Gy/h}$ (tessuto) e $\mu\text{Sv/h}$ (aria) $\mu\text{Sv/h}$ (tessuto) vengono scritti anche nel file dose.txt dove sono aggiornati secondo il tempo impostato in secondi dal selettore 22 di figura 7 (default 5 minuti) da cui è possibile eventualmente ricavare grafici più risolti.

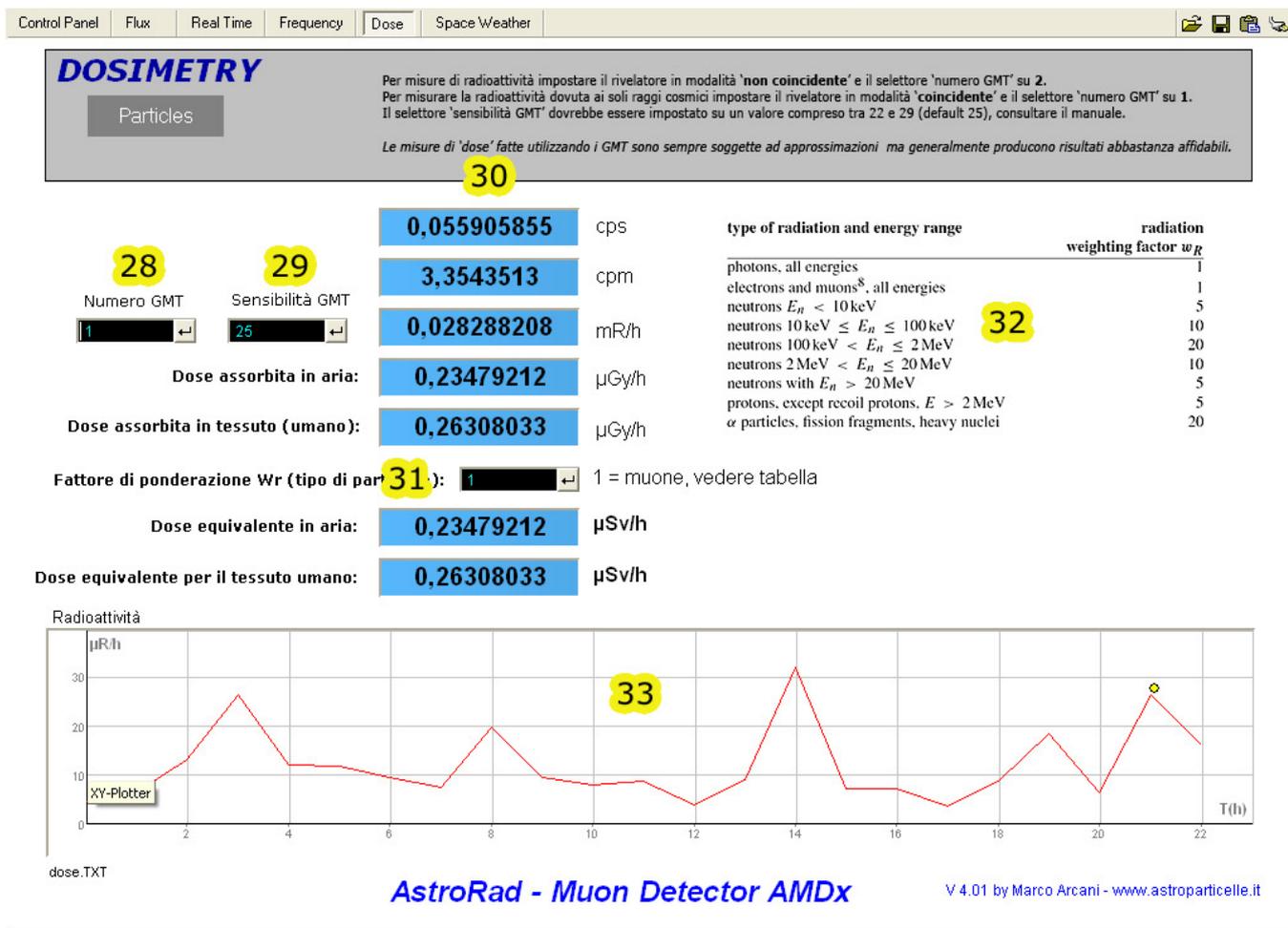


Figura 9



Figura 10

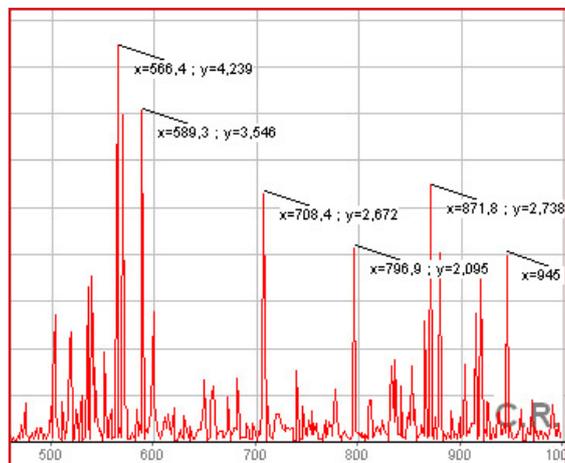


Figura 11

Opzioni per i plotter dei dati a video:

I plotter xy 24 (figura 7) 26 (figura 8) 33 (figura 9) registrano i dati come indicato, la traccia permane a video solo se i valore di x e y cambiano a ogni step . Cliccando due volte in un punto qualsiasi del grafico compaiono i valori di x e y in quel punto (e.g. figura 11). Cliccando col tasto destro compare una finestra di dialogo (figura 12) tra cui è possibile stampare 'Print', copiare negli appunti 'Clipboard' (e quindi salvare) o azzerare 'Reset' il grafico. La voce 'properties' invece apre un'altra finestra (figura 13) in cui è possibile cambiare i valori limite preimpostati sull'asse x e y (n.b. in questo caso il grafico viene azzerato ma i valori impostati vengono mantenuti fino allo spegnimento del software).

Per visualizzare le tracce create fuori dall'area visibile, ci si può posizionare sull'asse x e y e trascinare il mouse nel momento in cui il cursore assume la forma della doppia freccia. Tenendo premuto il tasto *Shift* (maiuscolo) sulla tastiera è anche possibile traslare la scala dei valori senza perdere il grafico.



Figura 12

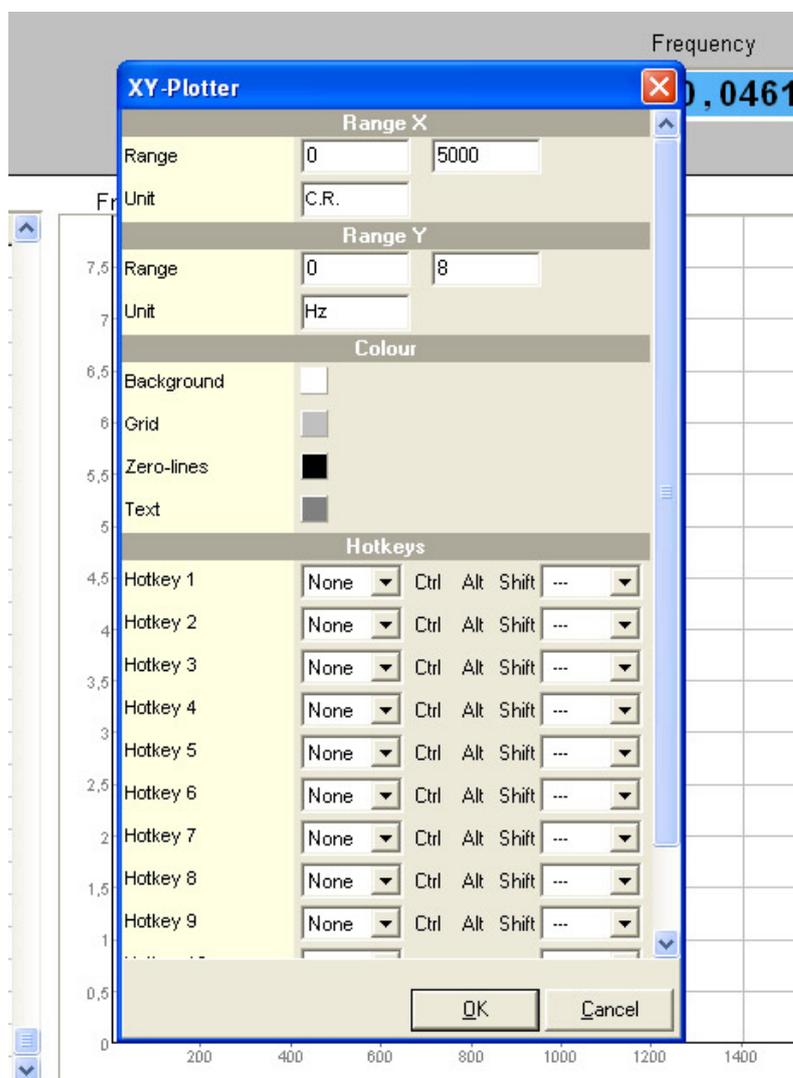


Figura 13

Scheda Space Weather:

Questa scheda raccoglie:

- Le immagini del Sole prodotte dalla sonda SOHO della NASA (*CELIAS/MTOF experiment on the Solar Heliospheric Observatory (SOHO) spacecraft, UNIVERSITY of MERYLAND College Park, USA*)
- I grafici del flusso solare X e P e del campo geomagnetico (*NOAA-SWPC National Weather Service National Centers for Environmental Prediction - Space Weather Prediction Center, W/NP9 325 Broadway, Boulder CO*)
- Cut-off della rigidità magnetica (NAIRAS-NASA)

Queste immagini sono utili per avere un'anteprima dell'attività solare che può modulare il flusso di raggi cosmici misurati dagli strumenti AMD5. Utilizzare il pulsante 19 per fare apparire le immagini (figura 14 - punto 34).

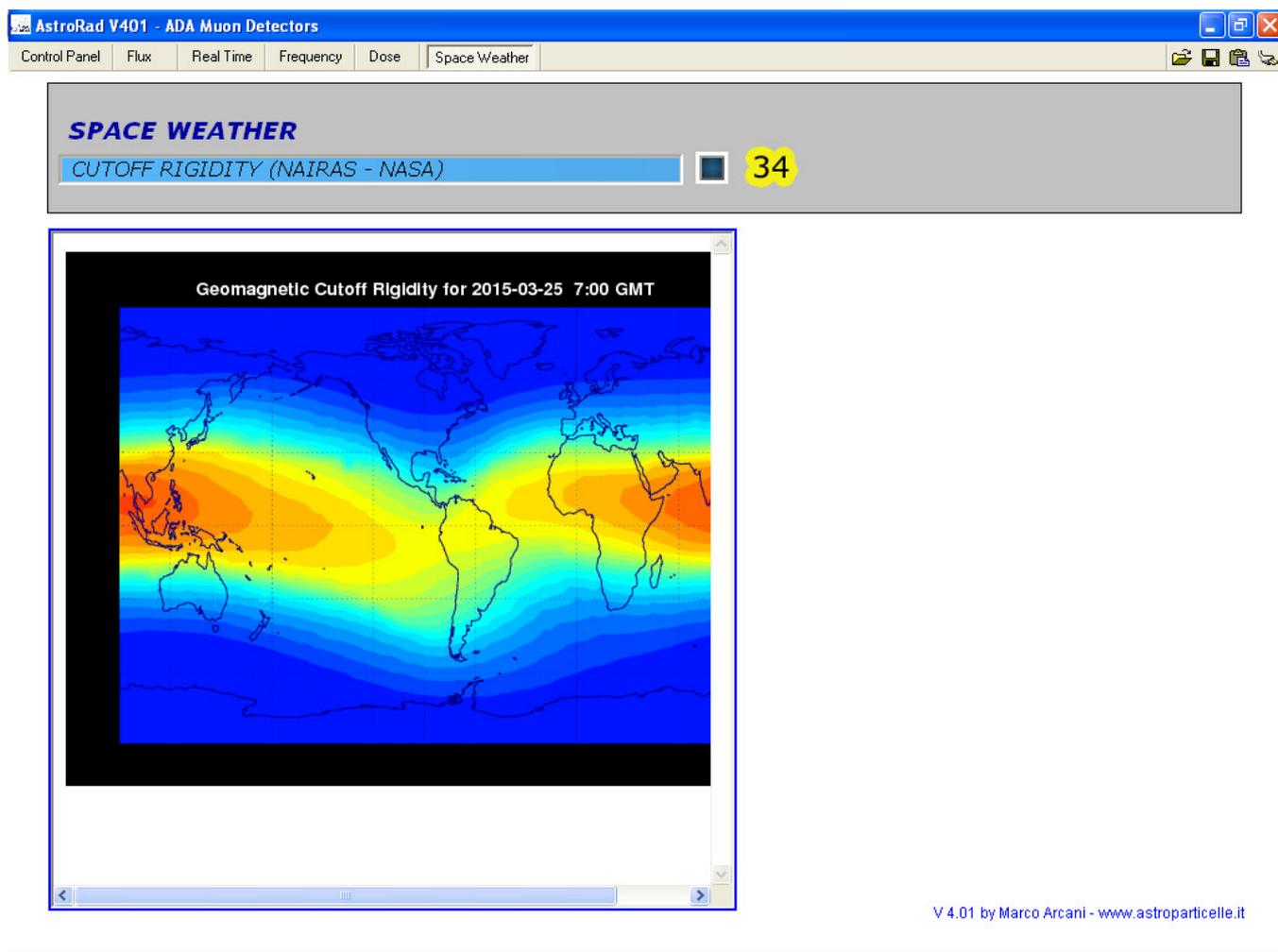


Figura 14

Archiviazione dei file per funzionamento continuo (progetto ADA)

Ogni quindici minuti il software trasferisce su *web-server* i file (daily-data.txt, muons-mean.txt, time.txt...) contenuti nella cartella "data" del *computer*, esso trasferisce inoltre i file creati (alle ore 00.00 circa) giorno per giorno (date_aaaammgg_hhmmss.TXT).

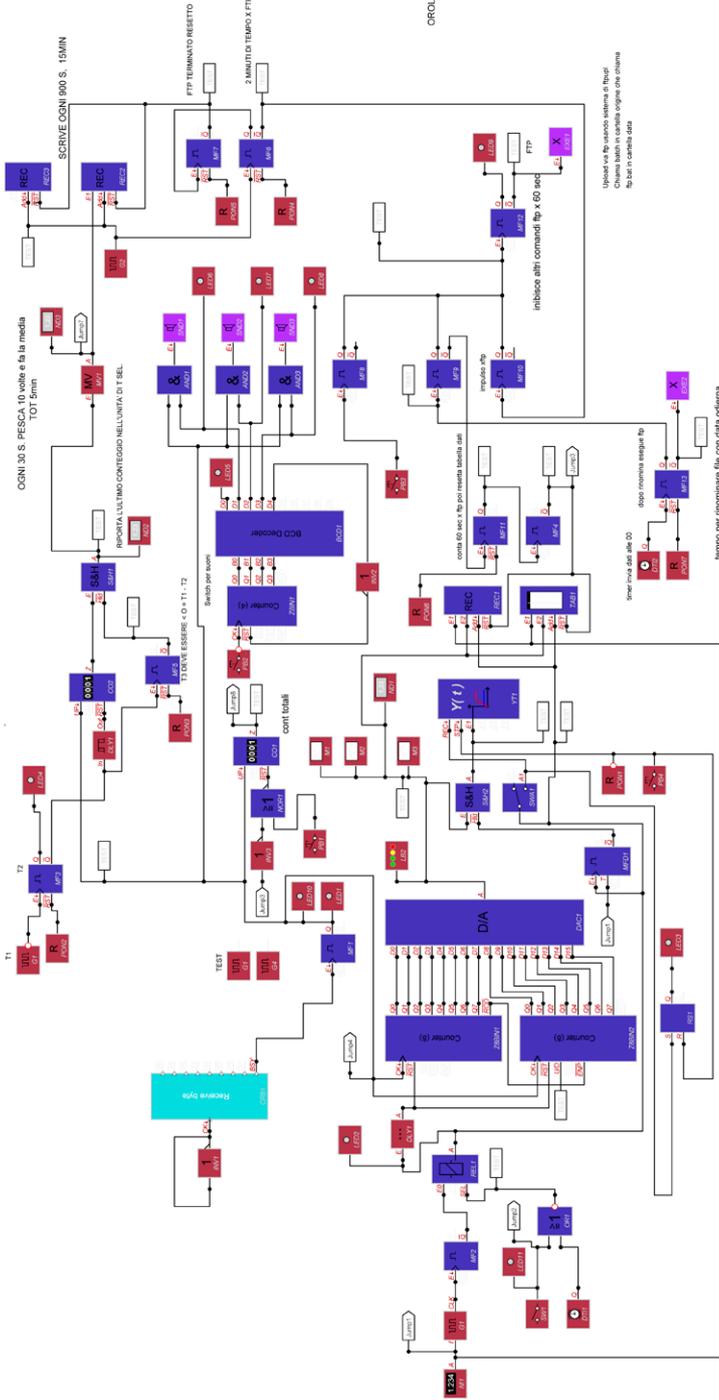
L'aumento progressivo del numero di questi file (giorno per giorno) rende più lunga la procedura di trasferimento ftp.

Siccome tale procedura intercorre ogni quindici minuti, si potrebbe arrivare a un punto in cui il tempo di trasferimento supera l'intervallo dei quindici minuti stessi, questo può provocare il rallentamento del computer o altri malfunzionamenti. Per evitare questo problema è stato implementato uno spostamento automatico dei file già inviati su server (i vari: date_aaaammgg_hhmmss.TXT...) in una cartella del computer dedicata all'archivio di questi file, ovvero la cartella "archivio" all'interno della cartella "data". Il sistema di spostamento dei file, funziona solo se si tiene perennemente acceso il computer, in quanto avviene dopo la generazione dei file giornalieri (circa alle ore 00.00).

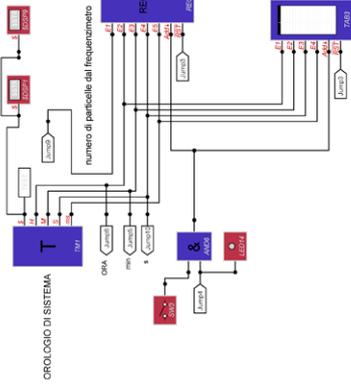
In alternativa può essere ancora utilizzata la funzione "operazione pianificata" in Windows come avveniva nelle versioni precedenti del software.

Per agevolare questa attività era stato creato un file scaricabile dal seguente indirizzo internet (ora non più presente su DVD): <http://www.astroparticelle.it/public/svuota.zip>

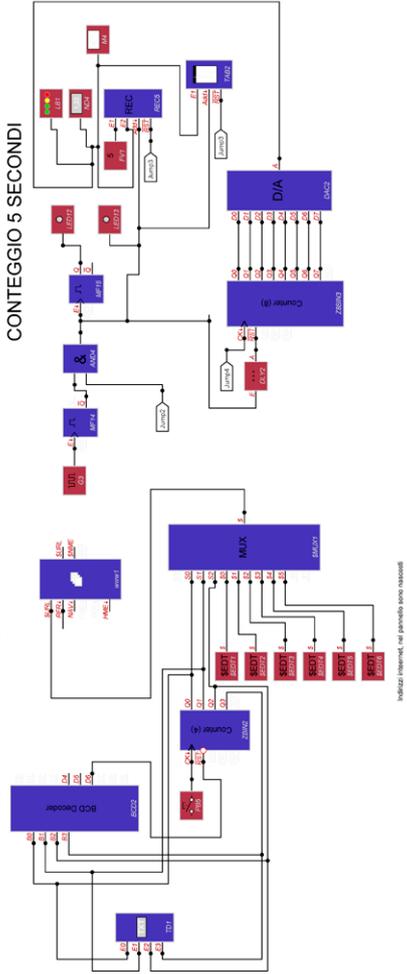
Il file contiene le istruzioni per creare un'attività pianificata in Windows e una mini applicazione (*file batch*) che sposta automaticamente i file nella cartella prestabilita ogni giorno.



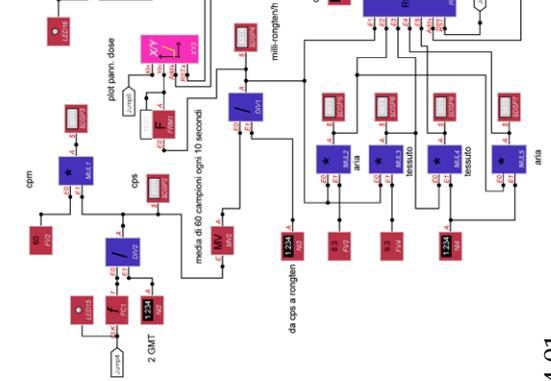
DATO TEMPORALE DELL'EVENTO



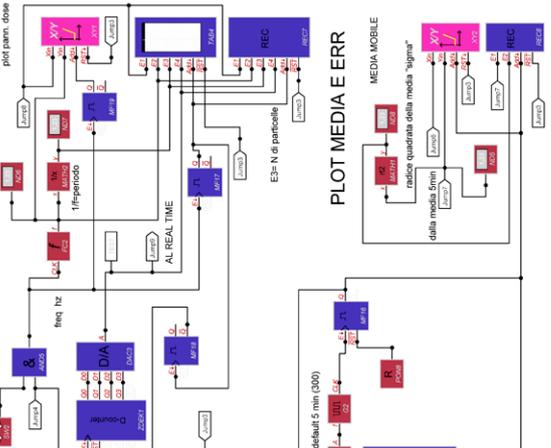
WEB BROWSER SOLE



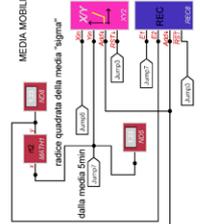
DOSE



FREQUENZA



PLOT MEDIA E ERR



Schema a blocchi del software AstroRad V4.01

La fisica di AstroRad e AMD5

Astroparticle Muon Detector 5

Coincidenze

I rivelatori della serie AMD x , utilizzati per rivelare i raggi cosmici funzionano considerando come particella cosmica, la coincidenza dei segnali prodotti dai tubi Geiger Müller. Una particella che viaggia a velocità relativistiche produce segnali di brevissima durata attraversando i materiali di poco spessore, quali sono i GMT. La cascata Townsend prodotta dalla ionizzazione del gas nei GMT per fortuna amplifica tale durata. Nonostante questo, il segnale generato, di durata dell'ordine dei micro secondi potrebbe essere comunque troppo breve per essere percepito dall'elettronica. Per questo motivo la maggior parte dei rivelatori di particelle cosmiche utilizzano delle finestre temporali di acquisizione. Quando la particella attiva il primo GMT, l'elettronica aziona un temporizzatore della durata t' , se il segnale del secondo GMT (il quale anch'esso attiverà un temporizzatore t'') arriva entro la durata di t' la coincidenza è confermata e l'elettronica conta tale segnale come particella che ha attraversato entrambi i GMT. Nei rivelatori AMD5 costruiti fino al 2015 il tempo di queste finestre temporali $t' = t''$ è stato impostato a 66 ms (figura 15). Gli AMD5 costruiti dal 2016 in poi utilizzano due finestre di coincidenza selezionabili. La modifica si è resa necessaria per migliorare la discriminazione tra radiazione naturale e cosmica. In particolare per risolvere il problema del radon riscontrato in alcuni siti.

Per un utilizzo standard il selettore dedicato (punto 8 di figura 2 a pag. 5) può rimanere sull'impostazione con la finestra temporale più lunga (che chiameremo C_1), per esperimenti selettivi o in cui è richiesta una maggiore precisione (oppure un tempo più breve di misura) verrà impiegata la finestra temporale più corta che è impostata a circa 190 μ s (e che chiameremo C_2). L'utilizzo del tipo di impostazione è a propria discrezione, in base agli esperimenti da condurre.

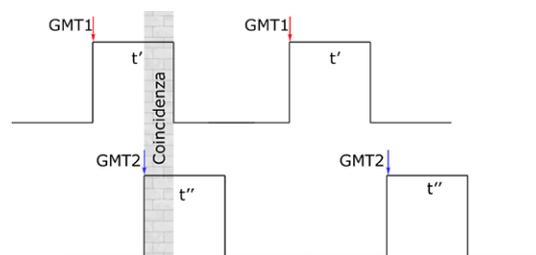


Figura 15

L'accorgimento di utilizzare le coincidenze, ideato nel 1929 da Walther Bothe e perfezionato nel 1930 da Bruno Rossi¹ permette di escludere buona parte della radiazione naturale misurando principalmente quella cosmica. Un espediente ulteriore sarebbe quello di aggiungere un foglio di piombo tra i due rivelatori. La coincidenza tra GMT non può in qualsiasi caso escludere due accidentali particelle che nello stesso preciso istante attraversino i due GMT (e.g. effetto shower nei tubi affiancati).

¹ M. Arcani, Astroparticelle, in viaggio tra i raggi cosmici, Simple 2013 p.41

I GMT SBM20

I tubi impiegati nel rivelatore AMD5 sono di produzione sovietica: modello SBM 20, essi finora (li utilizziamo dal 2011) hanno dato prova di buona affidabilità e stabilità. Questi GMT sono stati prodotti tra gli anni ottanta e novanta in quantità inimmaginabili e poi abbandonati in magazzini militari in Russia, quelli reperibili oggi sono tutti nuovi e provenienti da paesi dell'ex Unione Sovietica. Il modello SBM20 è uno dei pochi di cui siano note le caratteristiche fisiche ed elettroniche e per questo sono attualmente adottati in molti contatori Geiger commerciali. Tali caratteristiche sono riportate qui di seguito (figure 16-17-18).

γ изл от 10 мкР/ч до $100(200) \text{ мР/ч}$



Счетчик жесткого бета и гамма излучения СБМ-20

Технические условия ОДО. 339. 172 ТУ

Номинальное рабочее напряжение	400 в
Протяженность плато счетной характеристики	не менее 100 в
Наклон плато счетной характеристики	не более 0,1% на 1 в
Диапазон регистрируемых мощностей экспозиционных доз гамма-излучения	
P_{\min}	0,004 мкР/сек ($44 \frac{\text{мкР}}{\text{ч}}$)
P_{\max}	40 мкР/сек ($444 \frac{\text{мкР}}{\text{ч}}$)
Чувствительность к гамма-излучению	
Ra^{226} мощностью 0,1 P_{\max}	420 \pm 20 имп/сек
Собственный фон	не более 1 имп/сек ?
Амплитуда импульса	не менее 50 в
Наибольший допустимый ток	20 мка
Ресурс работы не менее	2×10^{10} имп
Диапазон рабочих температур	$-50 \div +70^\circ\text{C}$
Счетчики допускают эксплуатацию при температуре в течение 125 час	$\pm 85^\circ\text{C}$
Изменение чувствительности счетчика в течение всего ресурса не превышает 20% при эксплуатации как в импульсном и токовом режиме.	

Штамп ОТК

05.58

6 0 1 8 1

Заказ 2453. Тираж 50 000 экз. Тип. «Красный Октябрь».

Figura 16

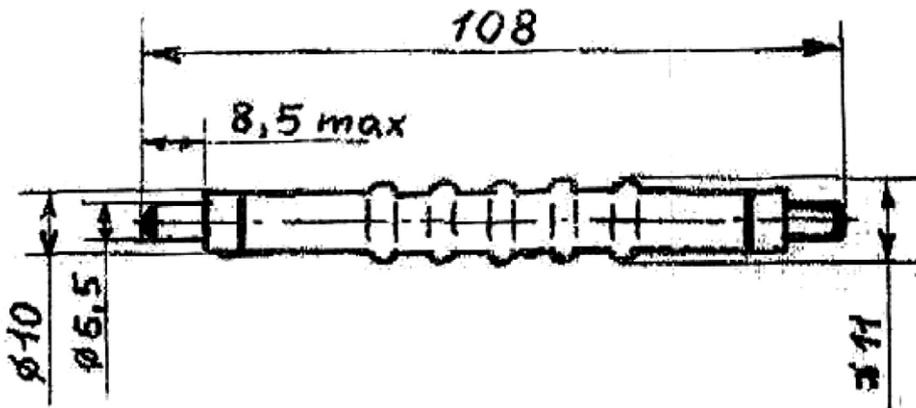


Figura 17

GENERAL SPECIFICATIONS

Parameters	SBM-20 / SBM-20U
Gas Filling	Ne + Br ₂ + Ar
Cathode Material	Stainless Steel, 50 mkm
Maximum Length (mm)	108 / 101
Effective Length (mm)	91.0 / 83.5
Maximum Diameter (mm)	11
Effective Diameter (mm)	10
Connector	Pin
Operating Temperature Range °C	-60 to +70

WALL SPECIFICATIONS

Parameters	SBM-20 / SBM-20U
Areal Density (mg/cm ²)	40
Thickness (mm)	0.05

ELECTRICAL SPECIFICATIONS

Parameters	SBM-20 / SBM-20U
Minimum Anode Resistor (meg ohm)	1.0
Recommended Anode Resistor (meg ohm) circuit diagram	5.1
Recommended Operating Voltage (volts)	400
Operating Voltage Range (volts)	350 - 475
Initial voltage (volts)	260 - 320
Plateau length (volts)	at least 100
Maximum Plateau Slope (%/100 volts)	10
Minimum Dead Time (at U=400V, micro sec)	190
Working range (mR/s)	0.004 - 40
Working range (mR/h)	0.014 - 144
Gamma Sensitivity Ra ²²⁶ (cps/mR/hr)	29
Gamma Sensitivity Co ⁶⁰ (cps/mR/hr)	22
Inherent counter background (cps)	1
Tube Capacitance (pf)	4.2
Life (pulses)	at least 2*10 ¹⁰
Weight (grams)	10 / 9



[http://www.gstube.com/data/2398/\[05/10/2011 22.11.54\]](http://www.gstube.com/data/2398/[05/10/2011 22.11.54])

Figura 18

Precisione reciproca

E' stato constatato che tutti i rivelatori AMD5 costruiti restituiscono risultati simili entro un margine di tolleranza intorno al 10-20%. La precisione reciproca, intesa come restituzione di valori uguali tra un rivelatore e l'altro dipende quasi esclusivamente dalle caratteristiche dei GMT e dall'impedenza della rete di alimentazione. Ogni scheda di alimentazione infatti riceve una 'taratura' dedicata che dipende dai valori di impedenza dei GMT, la quale può variare a seconda del lotto di produzione.

Misure di radioattività

Quando si fanno misure di radioattività bisogna impostare correttamente i selettori (28 e 29) descritti nella sezione a pag. 12. Il selettore 28 definisce il numero di tubi considerati, se lavorano in coincidenza vanno considerati come singolo GMT e il valore deve essere impostato su 1. Per tutte le altre misure di radiazione ionizzante, la coincidenza deve essere esclusa (switch al punto 9, figura 2, pag.5) e il selettore 28 deve essere impostato su 2.

Il valore di sensibilità che dipende dalle caratteristiche dei GMT si inserisce tramite il selettore 29 (figura 9 a pag. 12). La tabella di figura 18 dei GMT modello SBM20 fornisce questi valori relativamente a due isotopi: Radio 226 e Cobalto 60; a seconda del tipo di elemento da analizzare si può perciò affinare la misura impostando il valore che più somiglia come tipo di emissione (decadimento) a Ra-226 o Co-60. Per misure generiche o ambientali si può utilizzare un valore intermedio come quello scelto di default (25).

Per quanto riguarda le misure di dose (assorbita ed equivalente) si tiene conto di studi condotti negli anni quaranta e cinquanta in cui è stato constatato che 1 Röntgen di radiazione in aria deposita un valore di densità di energia pari a circa 95 Erg per grammo su un piccolo campione di tessuto posto nel punto di emissione² (questo vale per un certo *range* di energia trasportata dalle particelle). Una definizione che prende nome di REP (Röntgen Equivalent Physical) e in seguito di RAD (Radiation Absorbed Dose, 1 RAD =100 Erg/g). I valori qui adottati per la conversione da Röntgen a Gray sono di: 83 Erg/g per l'aria e 93 Erg/g per il tessuto³.

Per quanto riguarda il calcolo della dose assorbita equivalente va preso in considerazione il fattore di ponderazione w_R esposto nella tabella di figura 19 (e punto 32 del software, figura 9 a pag. 12) , per la radioattività ambientale andrebbe inserito il valore 1 (β / γ) o 2 ($\beta + \gamma$), per isotopi noti specifici va fatta la somma seguendo l'equazione⁴:

$$H_T = \sum_R w_R D_{T,R}$$

(dove H_T sta per dose equivalente e $D_{T,R}$ dose assorbita) utilizzando sempre la tabella di figura 19, tenendo presente che i GMT SBM20 non sono sensibili a radiazione neutronica o alfa.

Nel pannello 'dose' di AstroRad il valore di radioattività viene calcolato dalla media continua di 60 campioni ogni 10 secondi, questo significa che i valori sono più attendibili dopo almeno 10 minuti dall'accensione o dalla variazione dell'impostazione dei selettori 28 e 29 (figura 9).

2 Michael F. L'Annunziata, Handbook of Radioactivity Analysis, Second Edition Elsevier Science (USA) p.1169

3 National Research Council (U.S.). Conference on Glossary of Terms in Nuclear Science and Technology American Society of Mechanical Engineers, 1957 p.146

4 Alba Zanini, Dosimetria di NEUTRONI, Applicazioni Mediche, Applicazioni Ambientali, INFN Torino

type of radiation and energy range	radiation weighting factor w_R
photons, all energies	1
electrons and muons ⁸ , all energies	1
neutrons $E_n < 10$ keV	5
neutrons $10 \text{ keV} \leq E_n \leq 100 \text{ keV}$	10
neutrons $100 \text{ keV} < E_n \leq 2 \text{ MeV}$	20
neutrons $2 \text{ MeV} < E_n \leq 20 \text{ MeV}$	10
neutrons with $E_n > 20 \text{ MeV}$	5
protons, except recoil protons, $E > 2 \text{ MeV}$	5
α particles, fission fragments, heavy nuclei	20

Figura 19 - Il fattore di ponderazione w_R per diversi tipi di particelle. [Claus Grupen; Introduction to Radiation Protection, Springer]

Il risultati ottenuti confrontando le misure raccolte da un dosimetro commerciale e AMD5 sono esposti nella tabella seguente:

$\mu\text{Sv/h}$	Dosimetro (media di 4 misure)	AMD5+Astrorad $\beta + \gamma$ ($w_R=2$) (media percepita a monitor)	
		aria	tessuto
Campione radioattivo	1.35	1.29	1.44
Radioattività ambiente	0.14	0.22	0.40

Un limite tecnico: il rivelatore al passaggio delle particelle attiva i timer per la finestra di coincidenza, anche se la coincidenza è disattivata tramite l'apposito selettore (switch al punto 9, figura 2, pag.5). Questo vuol dire che non riuscirà a misurare campioni radioattivi che emettano radiazioni con periodo superiore a circa 66 ms (nel caso di C_1), ovvero che può misurare un valore di radioattività massima di 15 cps (particelle al secondo) o 900 cpm (particelle al minuto). Per un utilizzo didattico comunque questo non è un problema, perché valori così alti di particelle inizierebbero a essere pericolosi. Questo limite è comunque superabile nel caso dell'utilizzo della finestra di coincidenza più breve ($C_{2'}$, vedi pag. 17), in questo caso i valori massimi misurabili saranno di circa 5000 cps (vedere anche la pag. web: <http://www.astroparticelle.it/radiazione-terrestre.asp>).

I file *csv* in dettaglio

Di seguito la descrizione dettagliata del contenuto dei vari file di testo generati da AstroRad. Ogni file di testo è di tipo *csv* (comma separated value) e contiene una riga per ogni evento divisa in diverse colonne, il simbolo di separazione per le colonne è il punto e virgola (;).

File **daily-data.TXT**

Esempio di singola riga:

0060; 0003;4.21.21;09/04/2015

- colonna 1 = numero relativo ai secondi di campionamento (punto 9b, figura 3 p. 7)
- colonna 2 = numero relativo al numero di particelle contate
- colonna 3 = orario *CET* (Central European Time)
- colonna 4 = data

File **dd5sec.TXT**

Esempio di singola riga:

0005; 0002;0.13.39;09/04/2015

- colonna 1 = numero relativo ai secondi di campionamento (fisso a 5 secondi)
- colonna 2 = numero relativo al numero di particelle contate nell'intervallo di tempo
- colonna 3 = orario *CET* (Central European Time)
- colonna 4 = data

File **muons-mean.TXT**

Questo file è composto di una singola riga:

Muons= 1,30 (il valore non è sempre visibile in locale)

Il valore indicato è il conteggio degli ultimi 5 minuti (punto 5, figura 3 p. 7).

File **time.TXT**

Questo file è composto di una singola riga:

UTC= 0;11.38.53;09/04/2015

Indica il valore di ora e data della media registrata dal file *muons-mean.TXT* (l'ora è sempre *CET*, per questioni 'storiche' del software è rimasta la dicitura *UTC*).

File **real-time.TXT**

Esempio di singola riga:

0001_particle_at; 00; 13; 35; 0148;0.13.35;09/04/2015

- colonna 1 = numero di particelle contate entro un secondo (se compare 0000_ va considerato come 0001_)

- colonna 2 = ora
- colonna 3 = minuto
- colonna 4 = secondo
- colonna 5 = millesimo di secondo
- colonna 6 = orario
- colonna 7 = data

(tutto sempre in CET)

File mobilaver.TXT

Esempio di singola riga:

0002,30; 0001,52;11.19.44;09/04/2015

- colonna 1 = media di particelle al minuto negli ultimi 5 minuti
- colonna 2 = errore del valore precedente determinato dalla radice quadrata ($\sim\sigma$)
- colonna 3 = orario *CET* (Central European Time)
- colonna 4 = data

File frequency.TXT

Esempio di singola riga:

0649; 00,0796; 012,5564; 0001;7.03.54;09/04/2015

- colonna 1 = numero progressivo di evento (contatore 6, figura 3, p. 7), da quando acceso lo strumento o dalle 00.00 (si azzerà ogni giorno alle 00.00)
- colonna 2 = frequenza in Hz
- colonna 3 = periodo in secondi
- colonna 4 = numero di particelle contate entro un secondo (se compare 0000 va considerato come 0001)
- colonna 5 = orario *CET* (Central European Time)
- colonna 6 = data

File dose.TXT

Esempio di singola riga:

01; 25; 01; 0000,0028; 0000,0230; 0000,0258; 0000,0230; 0000,0258;3.54.35;09/04/2015

- colonna 1 = numero impostato sul selettore GMT (punto 28, figura 9 p. 12)
- colonna 2 = numero impostato sul selettore sensibilità GMT (punto 29, figura 9 p. 12)
- colonna 3 = numero impostato sul selettore W_r (punto 31, figura 9 p. 12)
- colonna 4 = valore radioattività in mR/h
- colonna 5 = valore dose assorbita (aria) in $\mu\text{Gy/h}$
- colonna 6 = valore dose assorbita (tessuto) in $\mu\text{Gy/h}$
- colonna 7 = valore dose equivalente (aria) in $\mu\text{Sv/h}$
- colonna 8 = valore dose equivalente (tessuto) in $\mu\text{Sv/h}$
- colonna 9 = orario *CET* (Central European Time)
- colonna 10 = data

Caratteristiche Hw e Sw necessarie al funzionamento del programma AstroRad

Astorad è stato testato su Windows Xp, 7 (consigliati), e anche su Win. 8 e 10 (solo prime release, es. 10.0.10586), per il suo funzionamento richiede caratteristiche *hardware e software* minime:

- Windows XP con SP3 (importante)
- Con XP aggiornare il browser con Chrome (o altro browser recente che supporti XP)
- Processore almeno da 1.6 Ghz (funziona a fatica anche su sistemi meno veloci)
- 1 Gb di RAM
- *Hard Disk* qualsiasi (l'installazione occupa pochi Mb e i dati generati occupano circa 200 Mb di spazio all'anno)
- La scheda video non richiede particolari caratteristiche
- Lettore DVD (opzionale, il software si può eventualmente installare tramite chiavetta)
- Scheda di rete
- Porte USB

Un esempio delle risorse di sistema utilizzate è riportato nella figura 20.

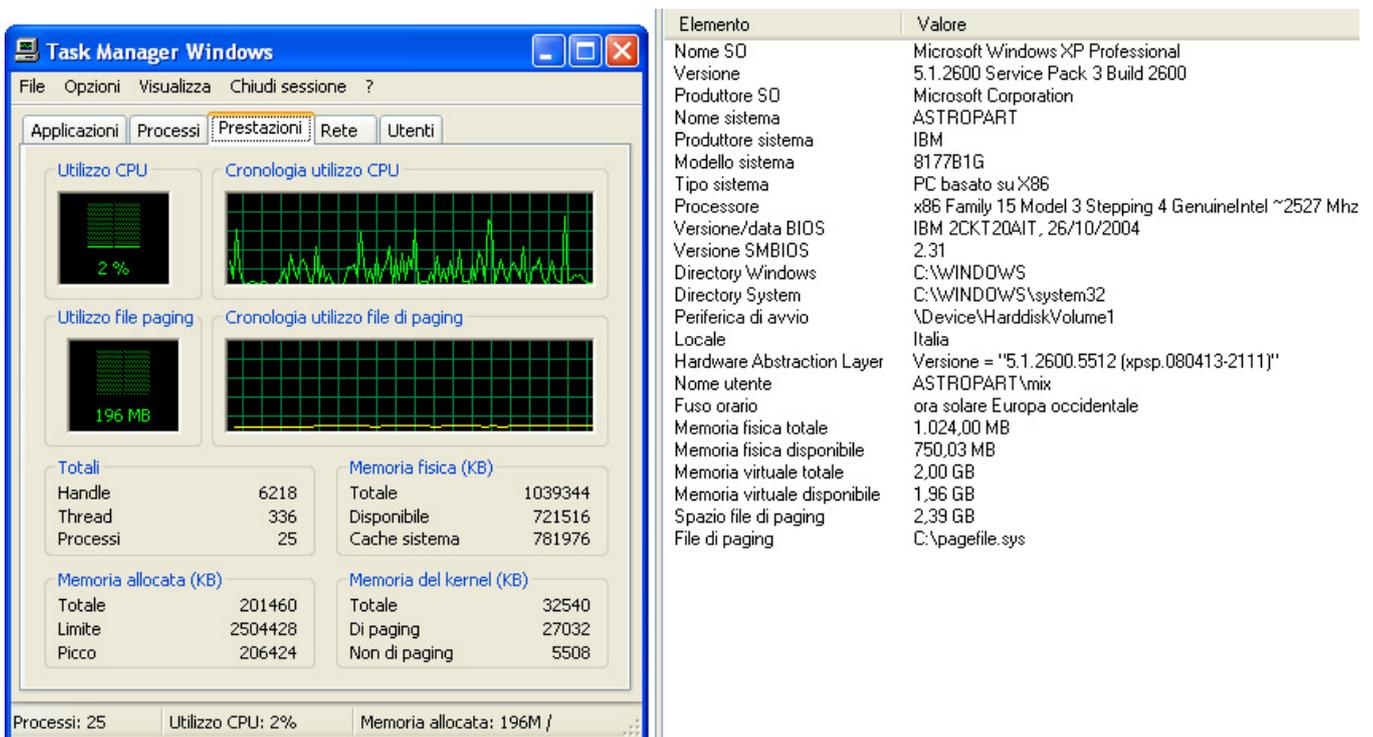


Figura 20

Alcune raccomandazioni nell'utilizzo del rivelatore AMD5:

Non aprire il rivelatore AMD5 quando collegato alla tensione elettrica, il circuito contiene un convertitore cc-cc da oltre 400 V in corrente continua. In caso di necessità prima di intervenire spegnere il rivelatore, scollegarlo dalla rete elettrica e attendere dieci minuti prima di aprire l'involucro.

La connessione USB utilizza un convertitore TTL-USB, è emerso che tale componente è molto sensibile a scariche elettromagnetiche, prima di collegare o scollegare il cavo USB al computer spegnere computer e rivelatore. Durante il funzionamento tenere il rivelatore AMD5 lontano da fonti di disturbi radio o elettromagnetici.

Il software AstroRad e il rivelatore AMD5 sono sempre in fase di migliorie e perfezionamenti, finora non sono mai stati osservati problemi di nessun tipo, né ai computer a essi collegati né danni derivanti dall'utilizzo del rivelatore o del software.

Malgrado questo l'autore, astroparticelle.it e i suoi collaboratori non si assumono alcuna responsabilità per eventuali malfunzionamenti dei computer, o per danni di qualsiasi natura insorti dall'utilizzo del software AstroRad o del rivelatore AMD5.

Il presente manuale di utilizzo è da considerarsi in continuo sviluppo, per contribuire a un suo miglioramento mandate commenti o suggerimenti a: contatti@astroparticelle.it

AMD5 & AstroRad Handbook

v4016 © Marco Arcani 2017

www.astroparticelle.it