

INTERNAL REPORT

Installazione e setup del Pulsar Digital Filter Bank

A. Fara, A. Melis, S. Poppi

Report N. 16, released: 28/12/2011

Reviewer: P. Bolli



Osservatorio
Astronomico
di Cagliari

Abstract

Il Pulsar Digital Filter Bank (PDFB) è una piattaforma hardware e software, sviluppata dall'ATNF (Australia Telescope National Facility), basata su dispositivi FPGA (Field Programmable Gate Array).

Il PDFB è in grado di processare fino a quattro IF da 1 Ghz di banda ciascuna e può essere utilizzato sia come backend per lo studio delle pulsar che come spettrometro o spettropolarimetro, anche con un sistema di mitigazione RFI (Radio Frequency Interference) in tempo reale.

Questo rapporto tecnico ha l'obiettivo di dare una breve descrizione del sistema nelle sue parti principali e nei suoi modi di utilizzo, illustrare dettagliatamente le fasi del montaggio e descrivere l'architettura software del sistema operativo.

Verranno infine illustrati i primi test effettuati su sorgenti note presso il radiotelescopio di Medicina.

Il documento è integrato da un CDROM contenente dei filmati (chiamati Video1, Video2 ecc., che verranno richiamati nel documento) realizzati durante le fasi di montaggio.

Indice

1	Introduzione.....	3
2	Struttura del PDFB.....	3
2.1	Schema a blocchi.....	3
2.2	Modi osservativi e flessibilità del PDFB.....	5
3	Montaggio del PDFB.....	6
3.1	Ispezione generale del cestello.....	7
3.2	Montaggio delle schede.....	13
3.3	Collegamento del CCC.....	23
4	Analisi dell'architettura software del PDFB.....	26
4.1	CCC.....	26
4.2	La rete interna del sistema.....	27
4.3	Architettura "host" del sistema CCC-PDFB.....	27
4.4	Il filesystem del PDFB3.....	28
4.5	Il processo di avvio delle SOM PC: dettagli tecnici.....	29
4.5.1	tftp.....	29
4.5.2	DHCP.....	29
4.5.3	Pxe.....	30
4.5.4	Boot ed nfs server.....	31
4.5.5	La configurazione della rete pubblica e delle sottoreti private.....	32
4.5.6	Sequenza di avvio del PDFB.....	32
4.5.7	Il sistema di controllo.....	33
5	Funzionamento e configurazione software.....	34

5.1	Australia Telescope Distributed Clock (ATDC).....	34
5.2	Setup delle variabili d'ambiente.....	35
5.3	Controllo del correlatore.....	37
6	Test di prima luce.....	41
7	Bibliografia.....	42
8	Glossario.....	43
9	Appendice: ADC Programming.....	44

1 Introduzione

Un sistema di acquisizione dati per lo studio di pulsar richiede che la banda osservata venga suddivisa in canali stretti per rimuovere l'effetto della dispersione interstellare. Inoltre per ricostruire il profilo dell'impulso, è necessaria un' elevata risoluzione temporale.

Per soddisfare tali richieste è stato acquisito, come backend per il Sardinia Radio Telescope, il Pulsar Digital Filter Bank (PDFB)[1], un sistema sviluppato all'ATNF (Australia Telescope National Facility).

Il cuore del sistema è costituito da schede basate su dispositivi FPGA. Grazie alla flessibilità di questi dispositivi, che possono essere riconfigurati a seconda delle esigenze, il PDFB può essere utilizzato in diverse modalità osservative:

- modalità folding per misure di timing;
- modalità search per la ricerca di nuove pulsar;
- modalità spettrometro per osservazioni in riga e nel continuo, con tutti i parametri di Stokes;

In questo documento descriviamo il sistema illustrandone le fasi di montaggio, di setup e di collaudo. Inoltre verranno mostrati i risultati di test osservativi condotti presso il radiotelescopio da 32 metri di diametro presente alla stazione radioastronomica di Medicina (IRA-INAF).

2 Struttura del PDFB

In questo capitolo diamo una descrizione generale del PDFB, vedremo prima di tutto uno schema a blocchi del sistema con la descrizione sommaria di ciascun blocco e quindi descriveremo le diverse modalità osservative.

2.1 Schema a blocchi

La figura 1 mostra lo schema a blocchi del PDFB:

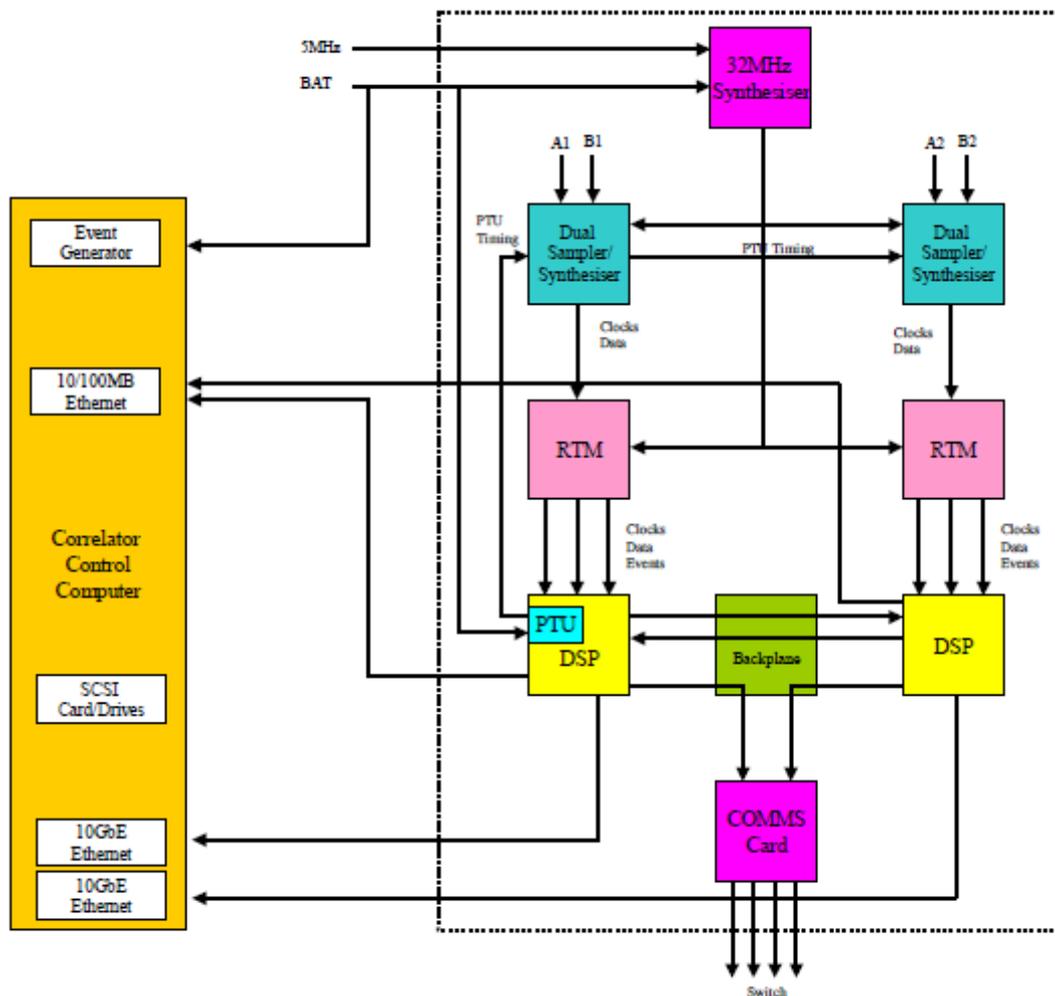


Figura 1: Schema a blocchi del PDFB

Partendo dall'alto, il quadro viola rappresenta un sintetizzatore che riceve il segnale di riferimento a 5 MHz proveniente da un oscillatore e genera un clock da 32 Mhz per i moduli RTM (Rear Transition Module).

I blocchi Dual Sampler/Synthesiser (SMP) contengono due convertitori analogico-digitali (ADC) che campionano a 10 bit (ne vengono usati 9) ed un sintetizzatore che genera un clock a 2048 MHz (usato per gli ADC stessi), uno a 640 Mhz (che viene inviato ai blocchi RTM) e uno a 256 Mhz (per i blocchi Digital Signal Processing (DSP)). I segnali a frequenza intermedia indicati con A1, B1, A2 e B2 vengono quindi campionati e trasmessi serialmente ai blocchi RTM.

I blocchi RTM accettano i dati seriali provenienti dal campionatore e li convertono in formato parallelo con flussi da 256 Mhz, cioè la massima frequenza di elaborazione per le FPGA dei blocchi DSP.

I blocchi DSP dispongono di 10 performanti FPGA Xilinx e di una memoria DDR2 necessaria per le operazioni richieste per le pulsar. Questi moduli implementano due banchi di filtri polifase che spaccettano la banda in sottobande più piccole, tutte in banda base. Viene qui

implementata anche l'unità di elaborazione delle pulsar (PPU) che contiene un correlatore in grado di preservare le informazioni relative alla polarizzazione e ripiegare i dati al periodo delle pulsar.

Sempre nella scheda DSP è presente il blocco Pulsar Timing Unit (PTU) che genera i segnali temporali per il modo folding.

I dati così elaborati vengono inviati al PC di controllo attraverso le due reti ethernet a 1Gb/s e a 10 Gb/s che sono parte integrante del sistema

2.2 Modi osservativi e flessibilità del PDFB

Le possibili modalità osservative sono fondamentalmente tre: Single IF, Dual IF e Single IF+RFI. La figura 2 mostra tali configurazioni:

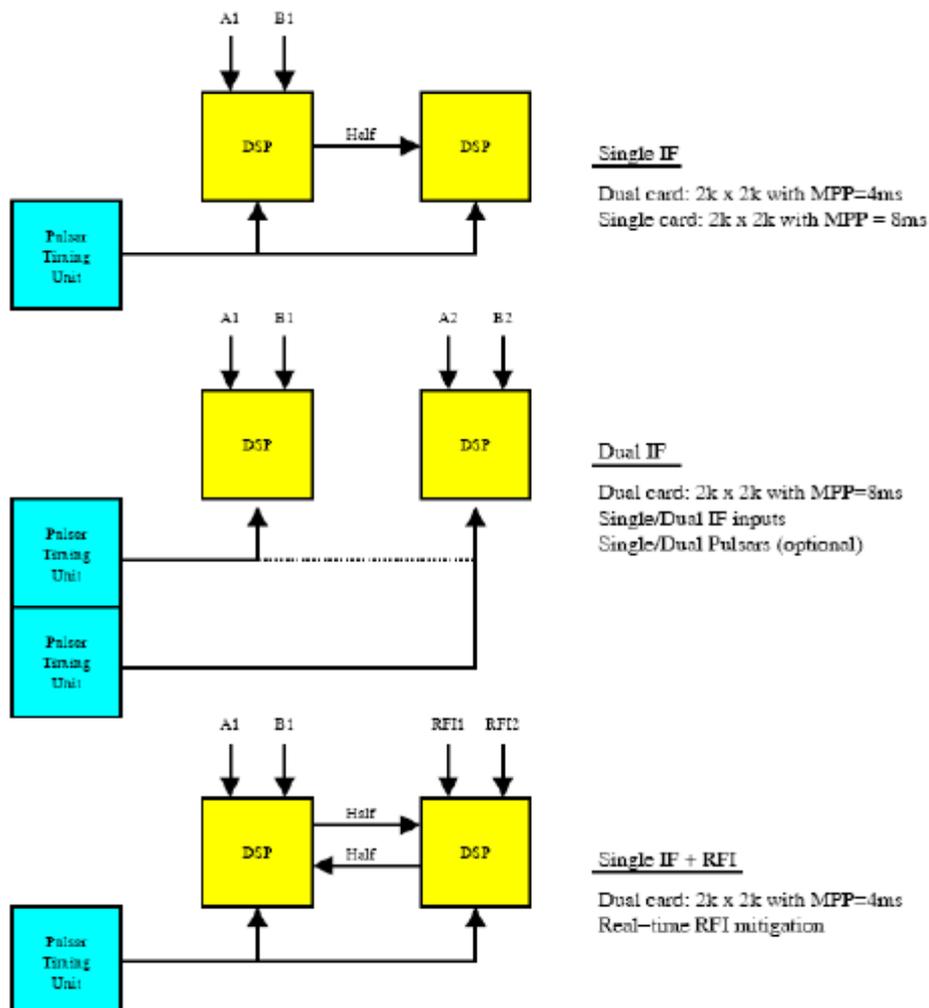


Figura 2: Modi osservativi del PDFB

Nel caso di Single IF si ottimizza il sistema distribuendo l'elaborazione dei dati su entrambe le schede DSP, e questo permette di avere 2048 canali spettrali e 2048 bins per il minimo periodo di pulsar analizzabile, cioè 4 ms; per pulsar più lente è sufficiente una sola DSP board.

Nel caso Dual IF usiamo appunto due segnali, quindi si può analizzare una banda più larga del doppio o due bande differenti; si ottiene la stessa risoluzione del caso precedente ma con un periodo minimo di 8 ms.

Nel caso Single IF + RFI , si utilizza il secondo campionatore come ingresso RFI, e quindi viene applicato l'algoritmo di mitigazione RFI.

Il sistema viene quindi riconfigurato in maniera molto flessibile a seconda delle esigenze, e questo è reso possibile dall'utilizzo di circuiti basati su logiche programmabili.

Sono disponibili diverse configurazioni per ogni esigenza specifica in termini di larghezza di banda, canali spettrali ecc.

Ogni configurazione richiede quindi che ad ogni FPGA presente nel backend vadano caricati i firmware corrispondenti, e l'ATNF fornisce periodicamente gli aggiornamenti e le nuove configurazioni sviluppate.

3 Montaggio del PDFB

Il sistema PDFB si compone di un case (cestello) industriale da rack (7U) modificato "ad hoc" per ospitare le componenti descritte nello schema a blocchi e le parti accessorie (alimentatori, cablaggi, ventole etc). Le schede che popolano il case e costituiscono la parte "operativa" del sistema sono fornite a parte: ciascuna di esse è contenuta in una busta antistatica e poi in una apposita valigetta metallica, opportunamente foderata con materiale antiurto. Le schede devono quindi essere montate (e smontate) dagli operatori ogni volta che il sistema viene trasportato. Il sistema è completato dal Computer CCC, che deve essere opportunamente collegato al case principale.

Sebbene il PDFB sia composto da case principale e CCC, in questa sezione dedicata al montaggio il termine PDFB indicherà solo il cestello.

Le operazioni di montaggio delle schede nel case e il collegamento al CCC sono state effettuate per la prima volta dal team incaricato dell'Osservatorio Astronomico di Cagliari presso la stazione Radioastronomica di Medicina. Le stesse operazioni descritte di seguito devono essere effettuate "a ritroso" ogni volta che il PDFB viene spostato: è quindi fondamentale seguire tutti

gli accorgimenti nel dettaglio. Ogni passo è stato documentato con foto e filmati che saranno utili per il montaggio definitivo al Sardinia Radio Telescope.

3.1 Ispezione generale del cestello

Il cestello del PDFB "vuoto" si presenta come in figura 3:



Figura 3: Cestello del PDFB

Durante il trasporto è importante che i cavi dati/alimentazione vengano legati con delle fascette in modo da minimizzare le possibili torsioni e gli urti tra backplane e connettori, in figura 4 e 5 viene mostrato uno "zoom" su come dovranno essere legati:

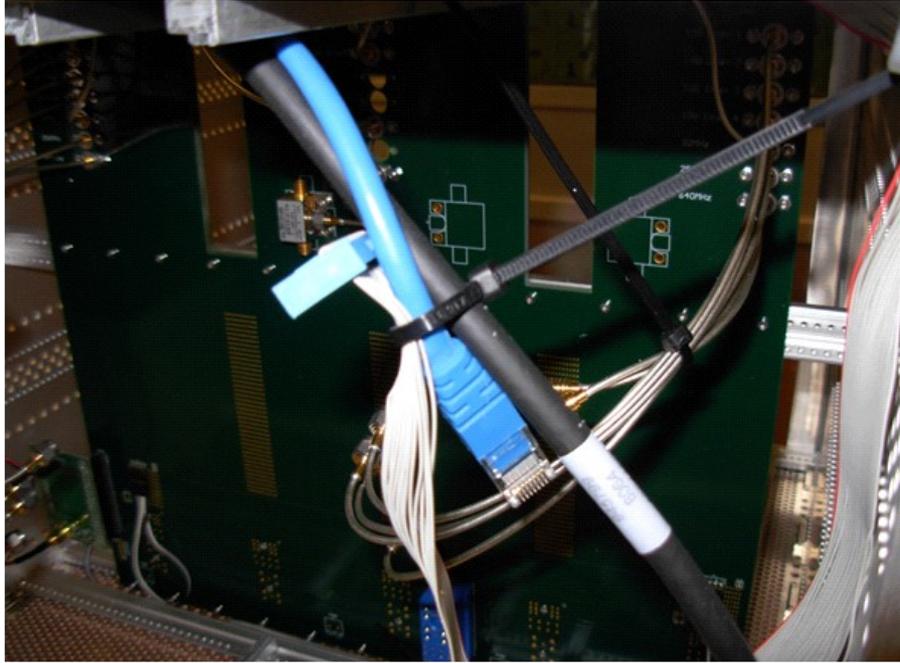


Figura 4: Cavi legati con una fascetta



Figura 5: Cavi legati con una fascetta

Sul backplane sono presenti le morsettiere per l'alimentazione delle ventole (FAN) a cui devono essere collegati i rispettivi cavi. Per facilitare le operazioni di collegamento e per non invertire le polarità, i cavi rossi possono rimanere collegati ai morsetti di sinistra anche durante il trasporto, mentre quelli neri sono stati collegati successivamente ai morsetti di destra (vedi figura 6):

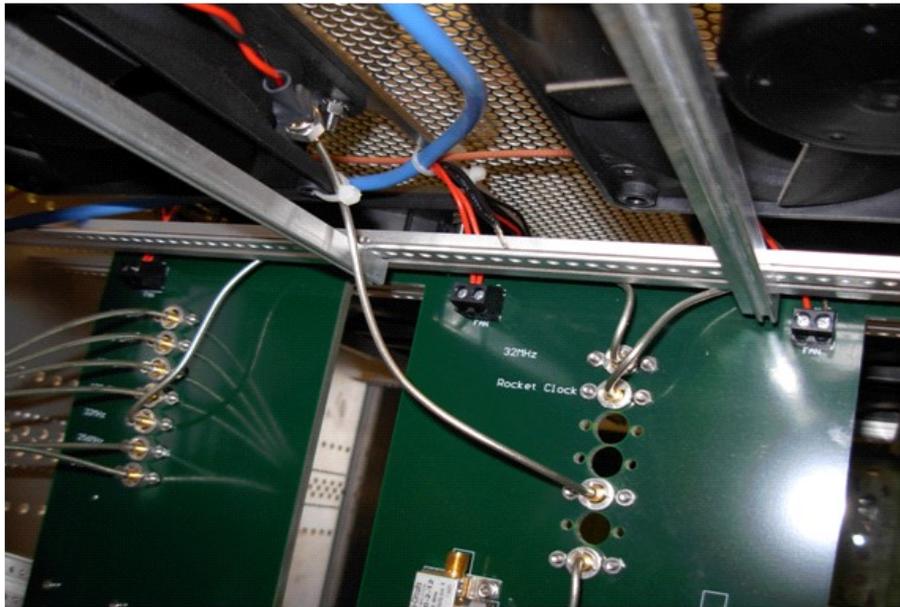


Figura 6: Backplane del PDFB

Prima di procedere sarà necessario verificare che le guide in alluminio di supporto delle schede siano correttamente fissate sopra e sotto; qualora non lo fossero, si può intervenire dall'esterno con una chiave a brugola sui punti di fissaggio, smontando il pannello superiore con la scritta "Pulsar Digital Filter Bank" sul lato frontale, le figure 7, 8 e 9 mostrano queste operazioni:



Figura 7: Smontaggio del pannellino del cesto



Figura 8: Pannellino smontato

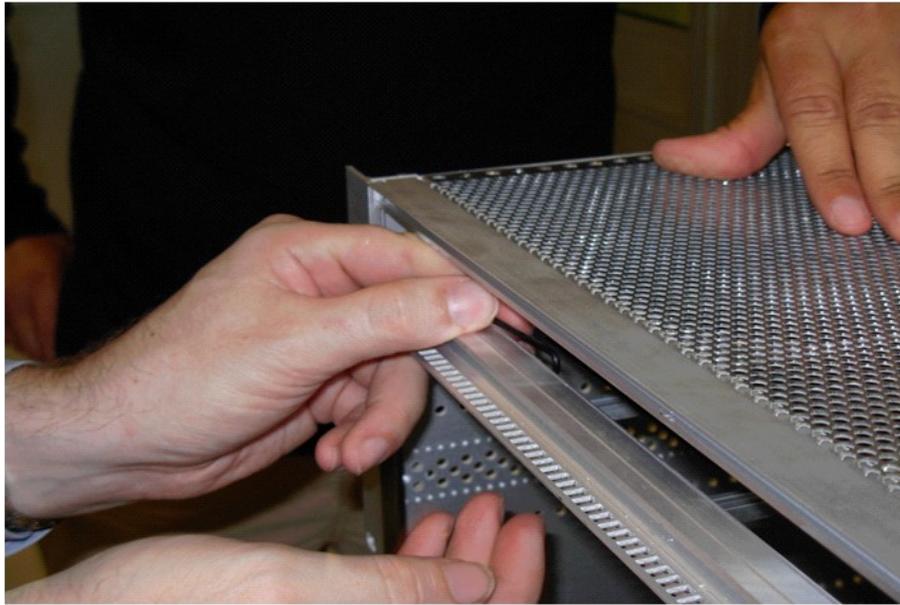


Figura 9: Fissaggio delle guide tramite chiave a brugola

Una volta rimontato il pannellino è importante verificare il corretto collegamento del cavo flat uscente dal relativo connettore sul backplane, e il suo passaggio sotto le guide in alluminio; le figure 10 e 11 mostrano le due cavità del cavo flat:



Figura 10: Estremo del cavo flat collegato al backplane



Figura 11: Altro estremo del cavo flat

A questo punto, prima di passare al montaggio delle schede, sarà opportuno controllare che le viti delle ventole siano ben fissate e verificare che tutte le componenti interne siano solidali col case, e che il case stesso sia stabile e senza parti rese mobili da un eventuale allentamento delle viti di assemblaggio/supporto che si possa essere verificato durante il trasporto. La figura 12 mostra come sia possibile effettuare il fissaggio delle ventole con una chiavetta a brugola:



Figura 12: Fissaggio delle ventole

3.2 Montaggio delle schede

Ogni scheda è stata posta in una valigetta dedicata per il trasporto, ed è importante che venga rispettata la sequenza di apertura e montaggio che sono descritti in questo paragrafo.

La prima valigia da aprire è indicata con *SDN COM* e contiene la scheda chiamata *Communication Module*, mostrata in figura 13:



Figura 13: Scheda Communication Module

La prima operazione da fare è quella di svitare ed aprire i clip, svitando dapprima le viti per aprirli e successivamente inserirli nel pannello frontale della scheda (Video1, Video2, Video3, Video 4).

A questo punto devono essere montati i clip (Video5, Video6, Video7); la scheda sarà ora pronta per essere infilata ma l'operazione viene fatta successivamente.

Il passo successivo è l'apertura della valigia indicata con *SDN CAB2*; il posizionamento all'interno della valigia sarà fondamentale in fase di smontaggio, quindi in figura 14 viene mostrata l'esatta posizione del pannello frontale della scheda.

In figura 15 viene invece mostrata la scheda dove notiamo il dissipatore per le FPGA poste sotto ad esso:

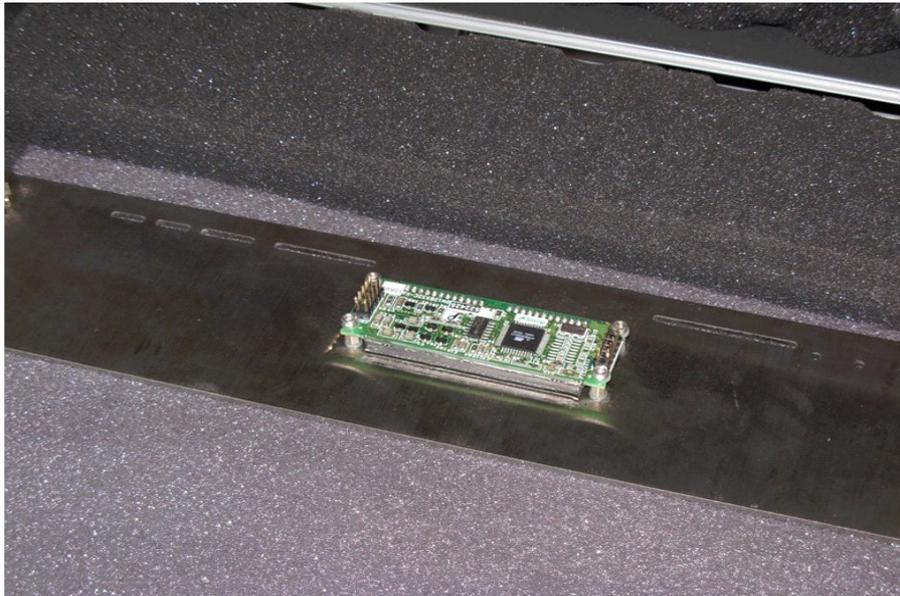


Figura 14: Posizione del pannello frontale della scheda Communication Module all'apertura della valigetta

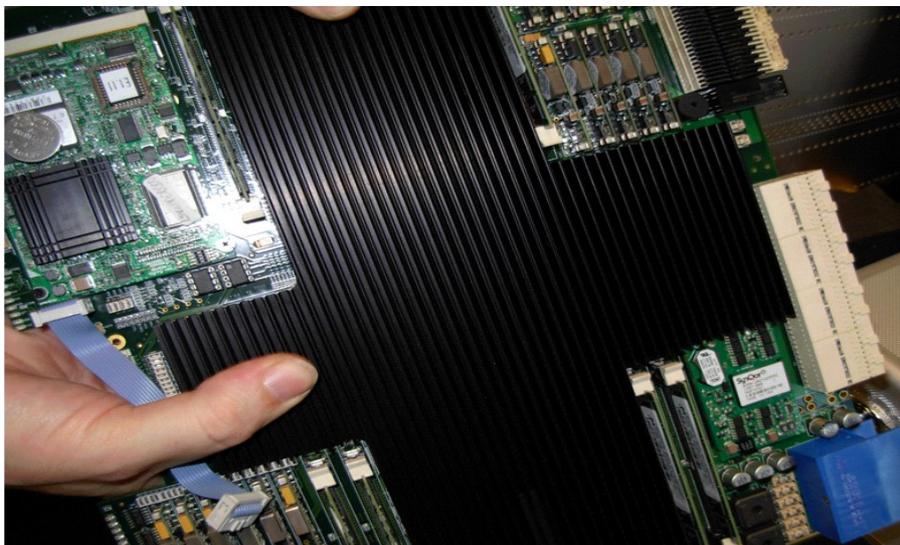


Figura 15: Scheda Communication Module

A questo punto vanno fissati i clip (Video9) e deve essere collegato il pannellino metallico alla scheda (Video10).

Il cavetto azzurro, che si vede anche in figura 15, ha una delle estremità fissata e l'altra appesa; l'estremità volante va collegata verso il basso se mettiamo la scheda verticale, o verso destra se si tiene la scheda poggiata orizzontalmente sul tavolo (Video11 e Video12).

A questo punto si torna sulla scheda COM che non era stata montata precedentemente, la si infila nel corsoio centrale (Video 13) e la si fissa al telaio (Video14).

Il passo successivo è quello di infilare la scheda CAB2 nel corsoio sulla destra della scheda COM (vedi Video15).

In figura 16 un'immagine del sistema fino a questo punto:



Figura 16: PDFB con le schede COM e CAB2 montate

Il passo successivo è l'apertura del box *SDN CAB1*, la figura 17 mostra il box aperto:

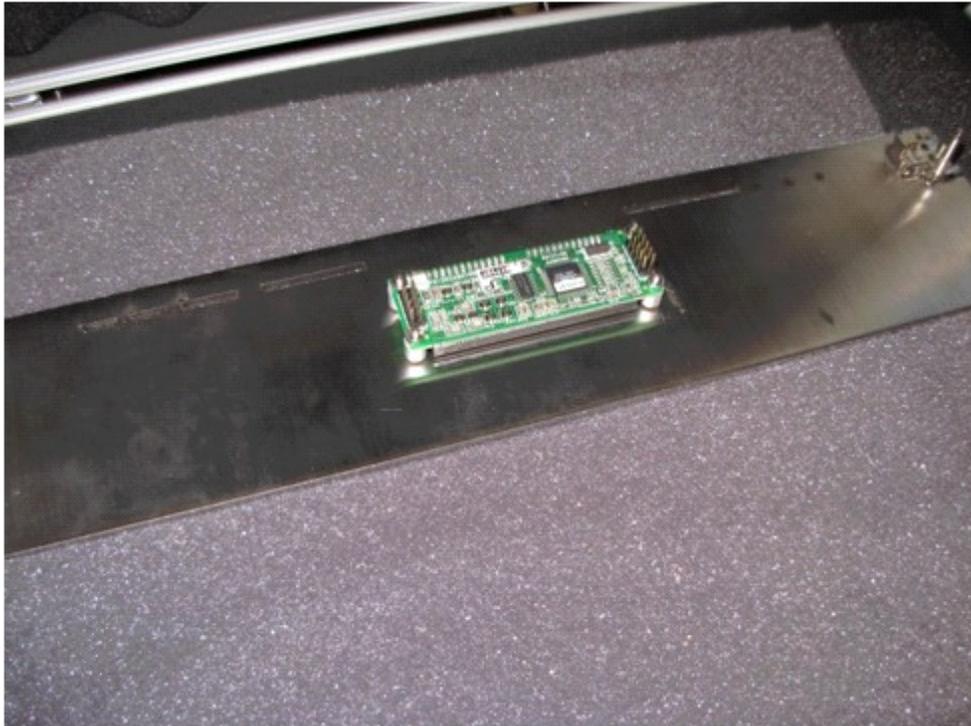


Figura 17: Pannello frontale all'apertura del box SDN CAB1

Per la scheda CAB1 vanno fatti gli stessi passi visti per la scheda CAB2, quindi si applicano i clip (Video16) e si infila la scheda nel corsoio alla sinistra della scheda centrale; a questo punto bisogna collegare l'estremo del cavo flat in figura 11 come mostrato nella figura 18 (vedi Video17):



Figura 18: PDFB dopo il montaggio delle schede CAB1, CAB2 e COM

Ora si deve passare al lato posteriore del cestello per montare le schede RTM2 e RTM1. Questa è la fase più delicata dell'intera procedura di assemblaggio, perché bisogna fare molta attenzione a come collegare le schede. La figura 19 mostra un'immagine della scheda nel box RTM2:



Figura 19: Scheda RTM2

Nel box della scheda RTM2 c'è un cavetto metallico che dovrà essere collegato dopo aver montato la scheda; lo si può vedere nel Video18.

Seguire ora il Video19, e controllare che i pin non siano piegati per qualche ragione. È importante assicurarsi che non ci sia alcun gap tra i connettori, anche forzando con il pugno chiuso accanto alla scheda appena infilata.

È molto importante ricordare che quando si smonta il PDFB, si devono tenere ferme le schede RTM mentre vengono sfilate le schede CAB1 e CAB2, perché diversamente c'è il rischio di danneggiare i pin che collegano le schede stesse, quindi **NON TOGLIERE ASSOLUTAMENTE IN CONTEMPORANEA UNA SCHEDA RTM E LA CAB AD ESSO COLLEGATA**. In particolare, è stato conservato un dado (riposto nella bustina con la chiave del computer di controllo) dello spessore giusto da utilizzare per bloccare la scheda RTM al back-plane durante l'estrazione della scheda CAB.

Vedere il Video20, nel quale viene effettuata una prova di smontaggio di una delle schede CAB.

L'ordine dei due RTM non è casuale, bisogna mettere l'RTM2 a destra e l'RTM1 a sinistra (nel corsio centrale verrà montata successivamente la scheda PSU) altrimenti non si riesce a

collegare i cavi coassiali nella maniera corretta; durante la fase di montaggio sono state applicate delle etichette per individuare la corretta posizione.

Nel Video21 viene mostrato come infilare la scheda RTM1 nel corsoio di sinistra, mentre nel Video22 viene illustrato il modo con cui collegare i vari cavi alla scheda RTM1 appena inserita.

A questo punto va inserita la scheda RTM2 nel corsoio di destra (i cavi vanno collegati successivamente), la figura 20 mostra il sistema fino a questo punto:



Figura 20: Lato posteriore del cestello dopo il montaggio delle schede RTM1 e RTM2

Ora si torna nuovamente al lato anteriore del cestello per inserire e fissare le schede SMP1 a sinistra e SMP2 a destra (lato frontale del PDFB, vedere Video23 e Video24).

In figura 21 vediamo il lato anteriore montato completamente:



Figura 21: Lato anteriore del PDFB completo

Tornando sul retro del cestello, si collegano i cavi nella scheda RTM2 come mostra il Video25; la figura 22 mostra il lato posteriore dopo questi collegamenti:



Figura 22: Cavi collegati per le schede RTM1 e RTM2

Aprire ora il box *SDN PSU* (vedi foto 23). Inserire la scheda fra i due RTM; non è necessario alcun accorgimento particolare nel momento in cui dev'essere smontata, si può sfilare indipendentemente dalle altre.



Figura 23: Box SDN PSU aperto

I Video26, 27 e 28 mostrano la preparazione della scheda SDN e il montaggio nel corsoio centrale.

In figura 24 viene mostrata una foto del retro del cestello con la scheda SDN montata:



Figura 24: Scheda SDN montata

A questo punto il sistema è montato completamente, rimane solo da montare, nel retro del cestello, i pannelli metallici mostrati in figura 25.



Figura 25: Pannelli metallici da montare sul retro del PDFB

3.3 Collegamento del CCC

Il CCC è un server con fattore di forma 4U, che può essere utilizzato sia come tower, sia montato su rack, come nel nostro caso. L'ispezione del suo interno viene quindi effettuata smontando il pannello superiore.

In figura 26 viene mostrata una foto della vista posteriore del computer di controllo: oltre alle uscite standard (PS2, USB, VGA, GbE) integrate nella scheda, si notano delle porte extra:

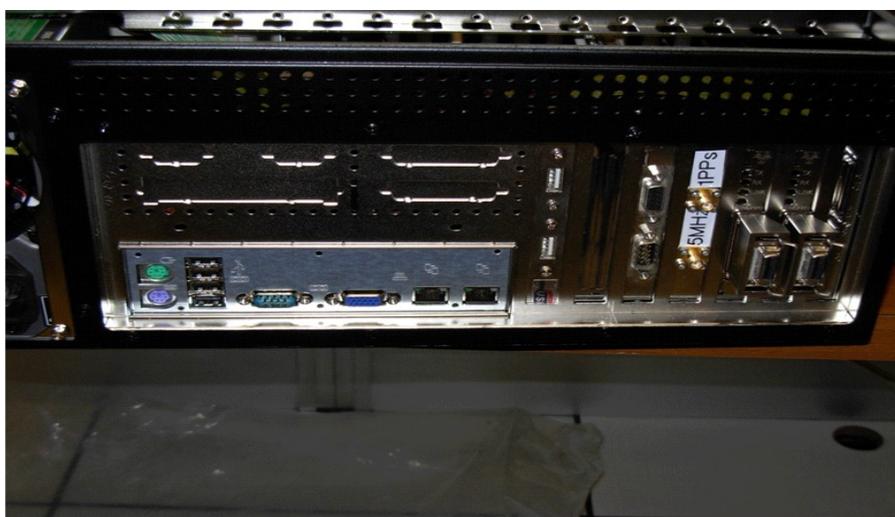


Figura 26: Vista posteriore del CCC

Prima di procedere occorre verificare che tutte le schede PCI siano correttamente inserite nei rispettivi slot della scheda madre. A questo scopo occorre smontare il pannello di ispezione, che risulta in alto nella configurazione da rack.

A questo punto si può procedere con i collegamenti tra il CCC e PDFB.

Si inizia col collegare il connettore BNC sul pannello anteriore del PDFB all'ingresso 5 Mhz del CCC con un cavo coassiale, come mostrato in figura 27.



Figura 27: Collegamento del segnale 5 MHz al PDFB

Si procede quindi con i collegamenti tra il pannello posteriore del PDFB e il CCC come illustrato nelle figure 28 e 29. Osservando posteriormente il PC, a partire da sinistra si identificano due porte 1 Gigabit Ethernet (indicate da qui come 1GbE o 1Gb/s): la porta a sinistra è destinata al collegamento alla LAN pubblica, mentre la porta a destra va collegata all'unica porta 10/100 Mb/s presente nel PDFB. Proseguendo l'osservazione delle porte del CCC, a destra delle GbE si trova una porta seriale che va collegata con un cavo DB9 completo, cioè un cavo grigio che va collegato all'ingresso BAT del PDFB.

Ancora a destra sono presenti i due connettori per i segnali 1 PPS e 5 Mhz e proseguendo ancora vediamo le due porte CX4 10 Gb/s: quella di sinistra va collegata con la porta indicata come Slave DFB 10 Gb in alto a sinistra, quella di destra va collegata con la porta indicata come Master DFB 10 Gb in alto a destra.

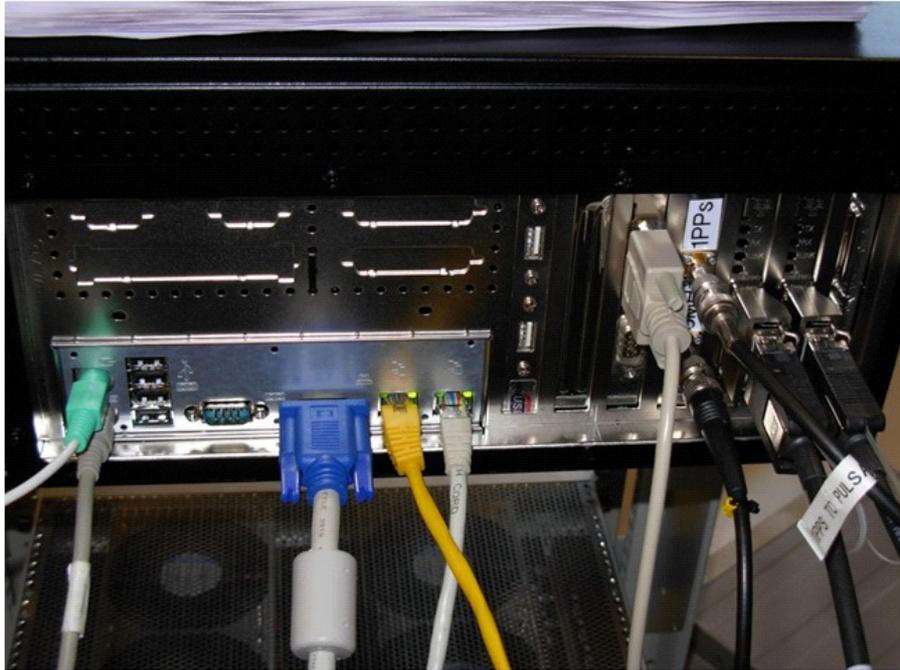


Figura 28: PC di controllo con tutti i cavi collegati

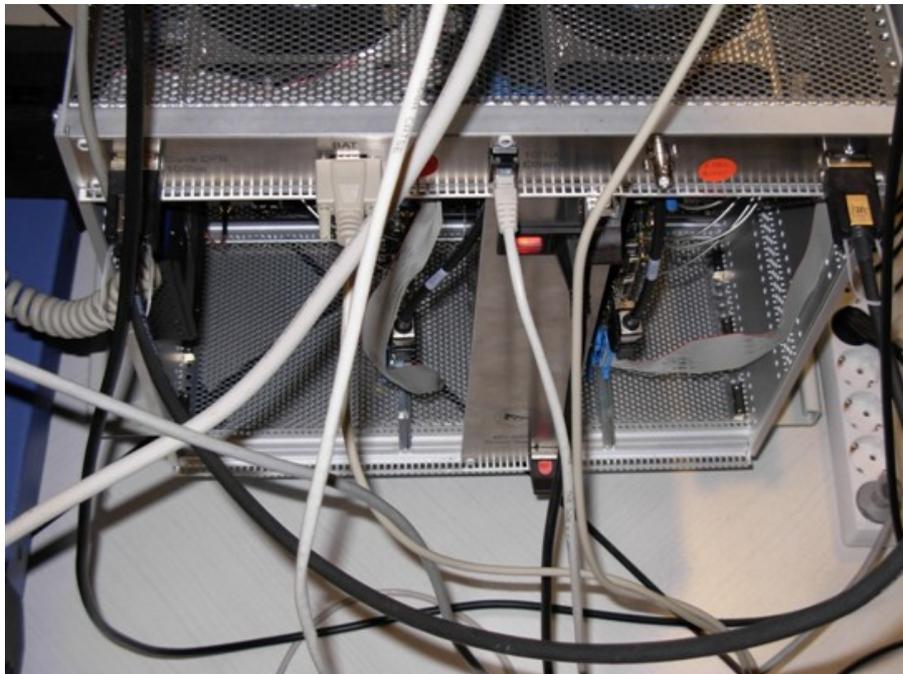


Figura 29: Collegamento dei cavi nel retro del PDFB

A completamento del setup vanno collegati al CCC un monitor, un mouse e una tastiera, inoltre occorre modificare la configurazione nativa della rete pubblica del CCC, se si vuole integrare il sistema PDFB alla LAN della struttura che lo ospita.

4 Analisi dell'architettura software del PDFB

Questa sezione descrive l'architettura del sistema "CCC - PDFB - rete/i di interconnessione" da un punto di vista del software e della rete. Sono quindi evidenziate le caratteristiche salienti del filesystem, i protocolli di comunicazione e la configurazione di rete fra il CCC e il PDFB.

4.1 CCC

Il CCC è un server 4U rackmount assemblato, le cui componenti erano lo stato dell'arte alla data di rilascio ma restano tuttora molto competitive. Il CCC è assemblato come segue:

- *Chassis 19" RCK404M*
- *Scheda Madre Tyan Tomcat i7230W S5162*
- *1 Processore Pentium D LGA775 3.2GHz*
- *4 x 1GB RAM 240-pin DDR2 1GB 667MHz*
- *2 x 10Gb Ethernet Intel CX4 PXL8591CX4*
- *Scheda SCSI320 Adaptec MIO-39320AR/P*
- *Disco SCSI Seagate 300GB 10000RPM*
- *Cavo SCSI SCSI320 Cable*
- *Disco IDE 300GB ATA133 7200RPM*
- *Lettore DVD R/W Sony DRU800A*
- *Alimentatore 500W Antex Neo HE*
- *2 x 1Gb/e NIC card integrate*
- *Scheda PCI ATNF custom "Event Generator V3.3"*

Le componenti hardware sono tutte commerciali standard, ad eccezione della *ATNF Event generator*. Vanno evidenziati l'utilizzo del disco SCSI 10000 RPM, sensibilmente più veloce del disco di sistema ATA 7200 RPM, per l'acquisizione dati, e la presenza di tre slot PCI-X 133/100 per le schede CX4 10Gb/s e Event Generator, e di due schede Gb/e integrate. Il sistema operativo è una distribuzione Linux – Open Suse versione 10.3, architettura i386.

4.2 La rete interna del sistema

Il CCC e il PDFB comunicano attraverso una rete privata 10/100 Mb/s attraverso la quale il sistema operativo e il firmware delle due DSP vengono caricati dal disco di sistema del CCC sulla memoria DDR2 in fase di boot. Riferendoci alla figura 22, è possibile identificare i dispositivi di rete e i collegamenti all'interno del case principale.

Ciascuna delle due schede CAB integra una porta 1GbE RJ45 standard ed una porta CX4. Su un pannello laterale del case del PDFB è fissato uno switch di rete con quattro porte 10/100 Mb/s, alimentato dallo stesso alimentatore del PDFB, da cui escono tre cavi di rete (UTP, cat5, RJ45). I cavi sono collegati rispettivamente:

- ad una porta GbE integrata sulla scheda CAB1.
- ad una porta GbE integrata sulla scheda CAB2.
- ad una porta RJ45 posta in alto al centro del pannello posteriore del case, che collega il PDFB al CCC.

Ai due lati dello stesso pannello si identificano due porte CX4 10 GbE, collegate direttamente "point to point" alla CAB1 e alla CAB2. Dal case del PDFB escono quindi un cavo RJ45 che viene collegato ad una scheda GbE del CCC e due cavi CX4 collegati alle due porte CX4 del CCC, già descritti nel capitolo precedente.

4.3 Architettura "host" del sistema CCC-PDFB

Il PDFB in configurazione nativa è strutturato come un sistema di 3 hosts , ovvero il CCC e le due schede System On Module (SOM). Ciascun host ha un proprio sistema operativo, filesystem, indirizzo/i di rete. Il CCC e le SOM sono interconnessi in una rete privata (192.168.0.0/24) con un proprio domino (**pdfb3**) attraverso lo switch interno.

Il CCC è collegato anche alla rete pubblica.

Gli hosts del dominio privato sono

- il server CCC con hostname **psrdfb**
- la scheda SOM-PC slave con hostname **l-bcc06**
- la scheda SOM-PC master con hostname **l-bcc11**

4.4 Il filesystem del PDFB3

Il CCC psrdfb è un server linux OpenSuse 10.3 - i686, con sistema operativo locale sul disco */dev/sda* e un' area dati */DATA1* su disco dedicato */dev/sdb*. Come già detto il server ha doppia scheda di rete, pertanto ha la eth0 configurata con i parametri della rete ospite, mentre la eth1 ha una configurazione fissa ed è l'interfaccia che eroga e gestisce i servizi di avvio e funzionamento delle due SOM, ovvero dell'intero sistema PDFB.

Il filesystem del sistema backend (CCC e SOM) risiede fisicamente sul disco del CCC, ed è strutturato come segue

```
16:30-@psrdfb/~> df -h
Filesystem      Size  Used Avail Use% Mounted on
/dev/sda2       72G   7.1G   61G  11% /
udev            2.0G   132K   2.0G   1% /dev
/dev/sdb1       276G   12G   250G   5% /DATA1
/dev/md31       121M    6.1M  115M   6% /data_dump_ram
```

Le directory */home* e */tftpboot* sono incluse nella partizione */* sul disco fisico */dev/sda2*.

Le directory che contengono il sistema operativo e il software di gestione delle SOM sono esportate sulle SOM stesse via nfs, come si può verificare analizzando i file */etc/exports* sul CCC

```
##### /etc/exports #####
/tftpboot/bcc_pxe/pdfb_som/ *(fsid=0,rw,no_root_squash,sync,no_subtree_check)
/home/corr/cor/cordb *(rw,root_squash,sync,no_subtree_check)
/data_dump_ram/l-bcc11 l-bcc11(rw,root_squash,sync,no_subtree_check)
/data_dump_ram/l-bcc06 l-bcc06(rw,root_squash,sync,no_subtree_check)
##### end of file #####
```

Effettuando il login direttamente sulle due schede l-bcc-06 e l-bcc-11 si può quindi verificare che esiste una piccola root di sistema caricata sulla memoria (*/dev/ram0*), e che le directory del software e del sistema operativo sono effettivamente directory remote importate dall'host psrdfb.

```
[root@l-bcc11 root]# df
Filesystem                Size      Used Available Use% Mounted on
/dev/ram0                  9.7M       7.1M      2.0M   78% /
tmpfs                      58.3M     92.0k     58.2M    0% /tmp
psrdfb:/home/corr/cor/cordb  71.4G       7.0G     60.7G   10% /remote
psrdfb:/tftpboot/bcc_pxe/pdfb_som  71.4G       7.0G     60.7G   10% /som_bin
```

4.5 Il processo di avvio delle SOM PC: dettagli tecnici

Le due SOM PC non hanno disco e sistema operativo locali, ma si avviano tramite un software sviluppato ad hoc dalle rispettive schede di rete e montano il proprio filesystem (identico per le due schede) dall'area */tftpboot* del CCC. A questo scopo sono stati predisposti e opportunamente configurati sul CCC i servizi *tftp-server*, *pxelinux*, *dhcp-server*, *nfs-server*, in ascolto sull' interfaccia *eth1=192.168.0.1*

4.5.1 Tftp

Il servizio *tftp* (*trivial ftp*) è una sorta di *ftp* molto semplificato, che sfrutta il protocollo di trasporto UDP, è privo di procedure di autenticazione ed ha un limite massimo di 32 MB per file. E' quindi utilizzato per il trasferimento di files di dimensioni ridotte nell'ambito di sottoreti private come nel caso di avvio e mount remoto del sistema operativo. I files da trasferire sono confinati dentro la directory */tftpboot* che nel caso del CCC contiene gli eseguibili di avvio della scheda di rete (*pxelinux.0,pxelinux.cfg*), il *kernel* (*bzImage*) e i filesystem di avvio (*initrd=root.gz*) e completo (*/pdfb_som*) delle SOM PC.

4.5.2 DHCP

All'avvio delle SOM PC le rispettive schede di rete inviano in broadcast il proprio MAC address. Il servizio *dhcp* in ascolto sulla interfaccia della rete privata del CCC (IP 192.168.0.1), attribuisce alle SOM PC i rispettivi hostnames, gli indirizzi IP e le informazioni riguardanti il boot del sistema, in base al mac address rilevato. Tutte queste informazioni sono scritte nel file di configurazione del *dhcp*:

```
##### /etc/dhcp.conf #####
option domain-name "pdfb3";
option domain-name-servers 192.168.0.1;
option routers 192.168.0.1;
ddns-update-style none;
default-lease-time 345600;
subnet 192.168.0.0 netmask 255.255.255.0 {
    use-host-decl-names on;
    filename "/bcc_pxe/pxelinux.0";
    next-server 192.168.0.1;
    server-name "psrdfb";
    default-lease-time 345600;
    max-lease-time 172800;
    pool { # id="default"
        option subnet-mask 255.255.255.0;
        option broadcast-address 192.168.0.255;
        range 192.168.0.4 192.168.0.255;
        deny unknown-clients;
        host l-bcc11 {
            fixed-address 192.168.0.3;
            hardware ethernet 00:d0:c9:a1:fa:70;
        }
        host l-bcc06 {
            fixed-address 192.168.0.2;
            hardware ethernet 00:d0:c9:a1:fa:67;
        }
    }
}
##### end of file #####
```

Il file di configurazione indica quali sono i parametri di configurazione per la sottorete, ovvero 192.168.0.0, netmask 255.255.255.0, dominio pdfb3. L'interfaccia eth1 del server CCC, configurata con IP 192.168.0.1 è anche il gateway per la sottorete privata e il CCC è il suo nameserver. Gli hostnames e gli indirizzi IP sono attribuiti alle due SOM in base al rispettivo mac address . Il parametro server-name indica da quale server tftp in ascolto caricare l'eseguibile pxelinux.0, che gestisce la prima parte della procedura di avvio delle SOM.

4.5.3 Pxe

Le SOM ricevono dal dhcp i propri parametri di rete e la locazione del file *pxelinux.0*. Questo eseguibile associa a ciascun MAC address un file di configurazione in formato testo, che si trova

nella directory `/bcc_pxe/pxelinux.cfg`. Questo file di configurazione può contenere informazioni differenti e avere un nome specifico a seconda del MAC address oppure per ogni indirizzo IP, o ancora per una classe di indirizzi. Poiché nel caso del DFB le informazioni di configurazione sono le stesse per ogni scheda di rete si ha un unico file di default:

```
##### /bcc_pxe/pxelinux.cfg/default #####
label linux
kernel bzImage
append ramdisk=16384 initrd=root.gz ro root=/dev/ram0
##### end of file #####
```

Le informazioni contenute nel file sono il nome del kernel = `bzImage` del sistema da avviare e quello del relativo file `initrd` (*initial ramdisk*) = `root.gz`, che è il sistema operativo ridotto costruito ad hoc per il kernel in oggetto che presiede solo alle prime operazioni e viene caricato in sola lettura in `/dev/ram0`.

4.5.4 **Boot ed nfs server**

A questo punto il controllo del boot delle SOM PC passa interamente al kernel `bzImage`, che si avvia come se fosse residente su un disco locale e monta le directory di sistema esportate via nfs dal server CCC:

```
##### /etc/exports #####
/tftpboot/bcc_pxe/pdfb_som/          *(fsid=0,rw,no_root_squash,sync,no_subtree_check)
/home/corr/cor/cordb                *(rw,root_squash,sync,no_subtree_check)
/data_dump_ram/l-bcc11              l-bcc11(rw,root_squash,sync,no_subtree_check)
/data_dump_ram/l-bcc06              l-bcc06(rw,root_squash,sync,no_subtree_check)
##### end of file #####
```

La procedura di avvio delle due SOM PC richiede tassativamente

- che sia completato il boot del CCC,
- che tutti i servizi (demoni) del CCC che presiedono al boot delle SOM siano funzionanti
- che sia garantita la connettività della rete interna.

Il boot delle schede SOM può essere controllato anche via software, monitorando i logfile sul CCC durante il processo, in modo da identificare più facilmente eventuali problemi.

```
tail -f /var/log/messages
```

E' tassativamente da evitare qualunque intervento sugli eseguibili (pxelinux.0, bzImage, root.gz), nonché qualunque aggiornamento di sistema, in particolare dei servizi tftp, dhcp, nfs, syslinux, che presiedono al boot delle SOM, perchè queste operazioni potrebbero compromettere irreversibilmente il loro funzionamento.

4.5.5 La configurazione della rete pubblica e delle sottoreti private

Il trasferimento del sistema PDFB da una sede a un' altra ha delle ripercussioni sulla configurazione delle rete pubblica e in qualche misura anche delle sottoreti private, per la parte riguardante la definizione del dominio e la risoluzione dei nomi. Per quanto riguarda la configurazione del CCC sulla rete pubblica si utilizzano i parametri indicati dagli amministratori locali, modificando quindi il files che indicano gateway e dns. Per quanto riguarda la rete privata, la risoluzione dei nomi e' affidata al file /etc/hosts del server CCC e del filesystem esportato sulle due SOM, che a ciascun hostname associa direttamente l'indirizzo IP. Occorre ricordare che se si cambia l'hostname al CCC, devono essere modificati in maniera coerente anche il server name sul file del dhcp, e le tabelle di mount point remoto dell' fstab relativo alle SOM.

4.5.6 Sequenza di avvio del PDFB

L'avvio del sistema prevede come primo passo l'accensione del CCC e il completamento della fase di boot.

Solo successivamente si alimenta il rack PDFB, le schede SOM eseguono il boot caricando il sistema operativo dal CCC mediante *tftpboot* e, se tutto è andato a buon fine, i display digitali nella parte anteriore del rack sono accesi.

All'accensione, può accadere che una delle due SOM non faccia il boot correttamente e pertanto il rack deve essere spento e riacceso nuovamente: se uno dei due display digitali rimane spento, può significare un malfunzionamento della corrispondente scheda RTM o che, più semplicemente, non è stata inserita correttamente; la figura 30 mostra il caso in cui uno dei due display non si è acceso. L'inserimento delle schede RTM (collocate nella parte posteriore del rack) è particolarmente critica in quanto necessita di una forte pressione per inserirla nella corrispondente scheda *SDN CAB*. Un altro possibile motivo è una interruzione

della connessione di rete tra *SOM* e *CCC*.

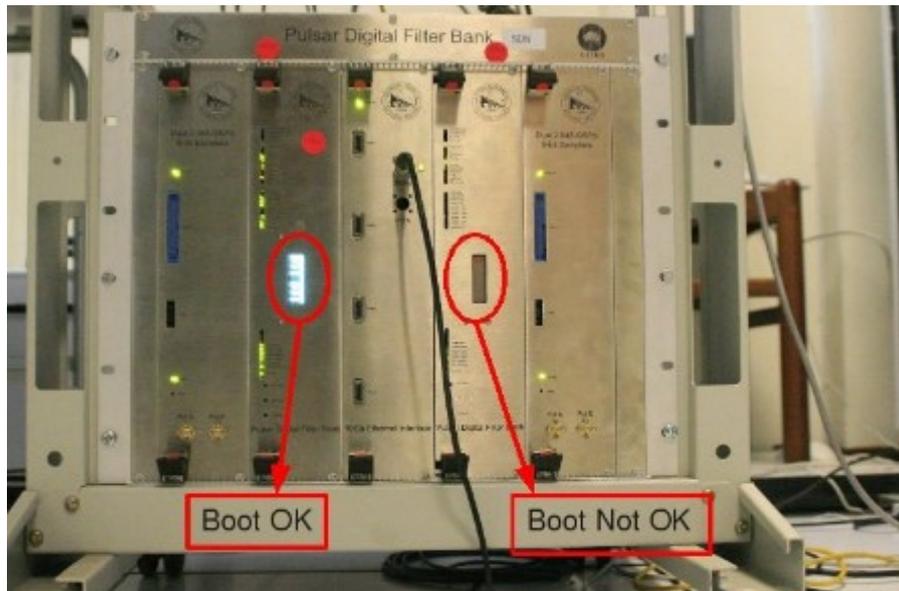


Figura 30: PDFB con boot non riuscito

4.5.7 Il software di controllo

Il software di controllo è installato sul CCC nelle seguenti directory:

- `/usr/local/src/ccc` (codice sorgente)
- `/usr/local/bin/` and `/usr/local/bin/cor` (eseguibili)

La directory di lavoro è `/home/corr/cor`, che viene montata anche da dalle due som come `psrdfb:/remote` e contiene le seguenti sottodirectory:

- `etd` (codice per timing)
- `menu` (informazioni testuali dei file di configurazione)
- `cordb` (FPGA firmware files)
- `log` (log files).

Il sistema ha come utenti l'amministratore (`root`) e l'utente `corr` che presiede a tutte le operazioni di modifica, gestione e aggiornamenti dei firmware e del software di controllo.

5 Funzionamento e configurazione del software

5.1 *Australia Telescope Distributed Clock (ATDC)*

Il sistema di riferimento di tempo per il PDFB è dato dal ATDC incluso nel computer di controllo, pertanto la sua corretta configurazione è fondamentale.

Innanzitutto, è necessario impostare le coordinate geografiche dell'antenna nel file `/etc/atdc.conf`:

```
# Sample /etc/atdcd.conf file.
# To invoke this file at boot time, run the daemon with the -initialise
option.
# Eg:
# /usr/local/atdc/atdcd -initialise
#

#.site 36263125 Epping 10.0
#.site 35583243 Parkes 10.0
.site 2795263 Medicina 1.0
.quit
```

Il formato del comando `.site` è

```
.site <X> <Y> <Z>
```

dove

1. <X> è la longitudine dell'antenna espressa in millisecondi;
2. <Y> è il nome del sito;
3. <Z> è l'offset rispetto all'UTC per calcolare il tempo locale.

La longitudine in millisecondi è data da :

$\langle X \rangle = \text{longitudine} / 360 * 86400000$, dove longitudini est hanno segno positivo.

Con il comando **atdc** da shell dell'utente *corr* si apre il programma di controllo, che richiede i seguenti parametri:

- Communications Mode: TCP/IP socket
- Node to Connect to: localhost
- Function: Clock Control
- Port Number: 4010
- SU Password: atdc

Per impostare atdc è innanzitutto necessario conoscere l'UTC con estrema accuratezza: scegliendo l'opzione 2 viene richiesto il DUTC, ovvero la differenza tra TAI (International Atomic Time) e UTC (nel 2009 DUTC=34 s e tale valore verrà incrementato, in futuro, di ogni leap second introdotto). Successivamente, vengono richiesti data ed UTC seguiti dal tasto <ENTER>: il software si mette in attesa di una seconda pressione di <ENTER> dalla quale far partire l'orologio. La figura 31 mostra la finestra con gli orologi UTC, LMST e Local Time.

IMPORTANTE. L'orologio del pc NON deve essere sincronizzato con protocollo NTP in quanto si potrebbero generare conflitti con ATDC.

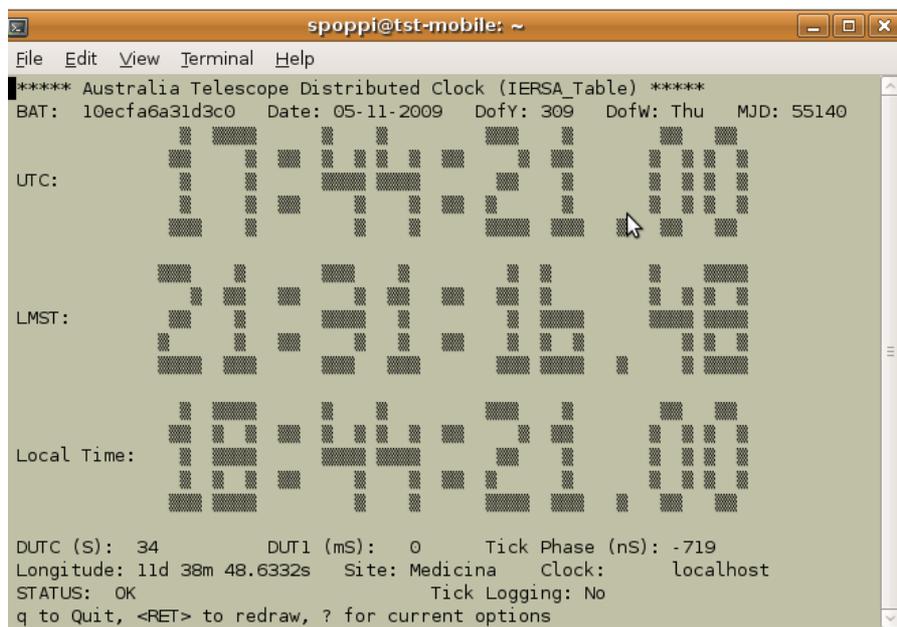


Figura 31: Pannello di controllo dell' Australia Telescope Distributed Clock.

5.2 Setup delle variabili d'ambiente

Una prima inizializzazione delle variabili d'ambiente avviene nel file `.login` dove, ad esempio,

vengono impostate le coordinate dell'antenna:

```
#TEMPO2
setenv TEMPO2 /home/corr/tempo2/
#PSRCAT
setenv PSRCAT_FILE /home/corr/psrcat/psrcat.db
setenv PSRCAT_RUNDIR /home/corr/psrcat
#Create pulsar predictors
setenv PULSAR_PREDICTORS YES
setenv PULSAR_SITE q
# PDFB MASTER/SLAVE Comms
setenv PDFB_SLAVE_SERVER_HOST pkccc3
setenv PDFB_SLAVE_SERVER_PORT 50323
# ANTENNA data
# setenv ANTENNA_NAME PKS64M
# setenv ANTENNA_POSITION_X -4554231.656
# setenv ANTENNA_POSITION_Y 2816759.097
# setenv ANTENNA_POSITION_Z -3454036.085
# setenv ANTENNA_NAME PKS64M
setenv ANTENNA_POSITION_X 4461369.98
setenv ANTENNA_POSITION_Y 919596.82
setenv ANTENNA_POSITION_Z 4449559.20
setenv ANTENNA_NAME MED32M

setenv PDFB_BACKEND_NAME Sard
```

In `/home/corr/cor/define` vengono definite ulteriori variabili d'ambiente:

```
setenv DUTC 34
#
setenv cor_configsetup $COR_ROOT/menu/config_menu.set
setenv cor_config_db $COR_ROOT/cordb/
# the following must be the export that is in /etc/exports
setenv cor_config_fs_export $cor_config_db
setenv cor_etd $COR_ROOT/etd/
setenv cor_configerror_list $COR_ROOT/cordb/cor_configerror_list
setenv cor_parameters_file $COR_ROOT/cordb/parameters.file
setenv cor_version_file /usr/local/bin/cor/version.txt
setenv ds_version_file /usr/local/bin/cor/ds_version.txt
#
setenv cor_block02 localhost::4000
setenv cor_block05 l-bcc11::4000
setenv cor_block06 l-bcc06::4000
setenv cor_block07 l-bcc11::4001
setenv cor_block08 l-bcc06::4001
setenv cor_block09 l-bcc11::4002
#
...
```

5.3 Controllo del correlatore

Il programma di controllo del correlatore, mostrato in figura 32, si lancia con i comandi **pdfb3** o **spdfb3** per l'avvio, rispettivamente in modalità pulsar o spettrometro. In base alla modalità, viene impostato il formato del file di uscita (CFITS per pdfb3 e RPFITS per spdfb3) e le directory dei dati (`/DATA1/PDFB3_1` e `/DATA1/SDFB3_1`).

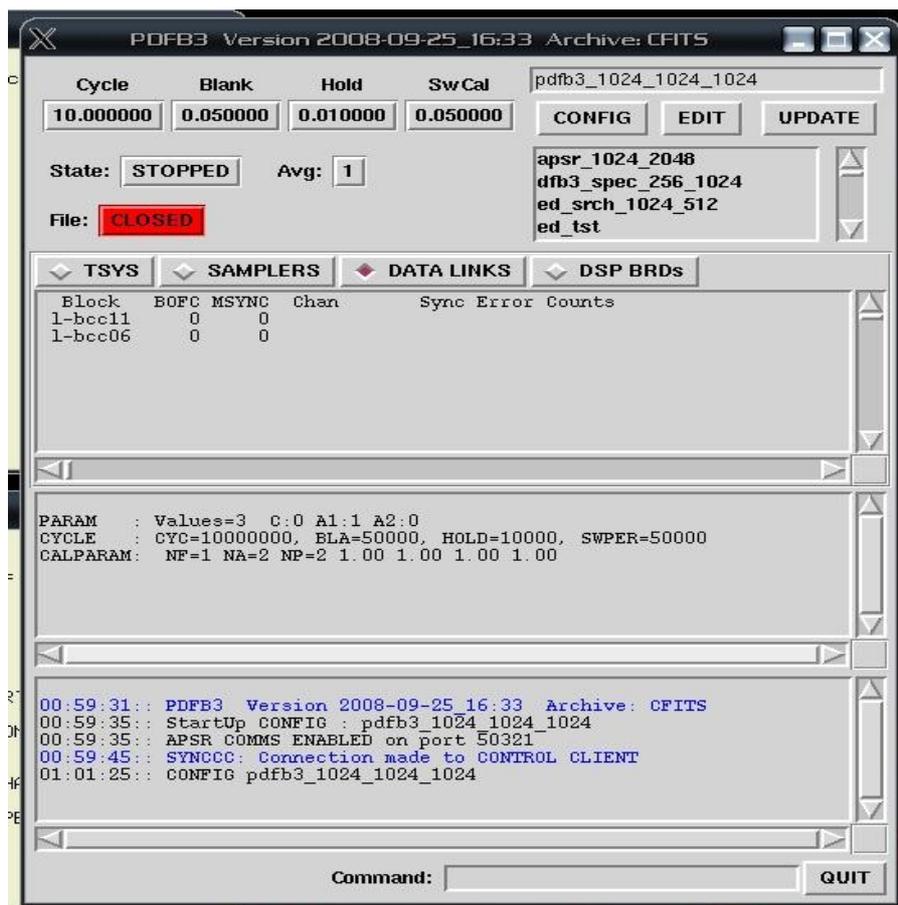


Figura 32: Programma di controllo del correlatore

I comandi pdfb3 e spdfb3 sono script situati nella directory /usr/local/bin/cor modificando i quali è possibile indicare il nome delle directory dove salvare dati.

Esempio di script, /usr/local/bin/cor/pdfb3:

```
#!/bin/tcsh
setenv cor_server_name PDFB3
setenv cor_fits_dir /DATA1/PDFB3_1/
glishtk -l glishtk.g /usr/local/bin/cor/tksynccc.g cfits pdfb2
```

Una volta mandato in esecuzione, il programma di controllo attende che un client si connetta al correlatore e, a tal proposito, può essere usato **dummsy** o la sua versione grafica **tkds**.

Esempio di utilizzo del correlatore mediante dummsy:

- *Configurazione del firmware di PDFB:*

Sintassi:

```
}conf[ig] [name]
```

name: da una lista di possibili configurazioni, in modalità pdfb ci sono tre variabili, time bins; bandwidth e canali. Esempio di configurazioni:

```
pdfb3_1024_1024_1024      (1024 time bins, 1024MHz b/w, 1024 frequency bins)
```

```
pdfb3_1024_128_1024      (1024 time bins, 128MHz b/w, 1024 frequency bins)
```

```
pdfb3_1024_256_2048(1024 time bins, 256MHz b/w, 2048 frequency bins)
```

- *Scelta della modalità osservativa (per esempio WBPSR per modalità Wideband):*

Sintassi:

```
}obst[type] [type1 [type2 [type3 ....]]
```

esempio:

```
}obst WBPSR
```

- *Nome della sorgente. Per diagnostica del sistema, è disponibile una pulsar fake (nome 23ms).*

Sintassi:

```
}sou[rce] name ra dec epoch
```

ra nel formato hh:mm:ss.sss
dec nel formato [-]dd:mm:ss.sss

- *Apertura del file contenente i dati:*

Sintassi:
}fo nomefile

- *cycle time in secondi:*

Sintassi:
}cyc[le] period

Period generalmente è 10 o 20 (secondi).

- *Modalità pulsar folding:*

Sintassi:
}folding

- *Avvio dell'osservazione*

Sintassi:
}go

- *Interruzione controllata dell'osservazione*

Sintassi:
}stop

- *Interruzione immediata dell'osservazione*

Sintassi:
}halt

- *Chiusura del file*

Sintassi:
}fc

6 Test di prima luce

Una volta assemblato il sistema è stato testato eseguendo osservazioni della pulsar *PSR B0329+54* (figura 33) in modalità folding e una osservazione della riga maser a 22GHz dell'acqua in direzione della sorgente W3(OH) (figura 34):

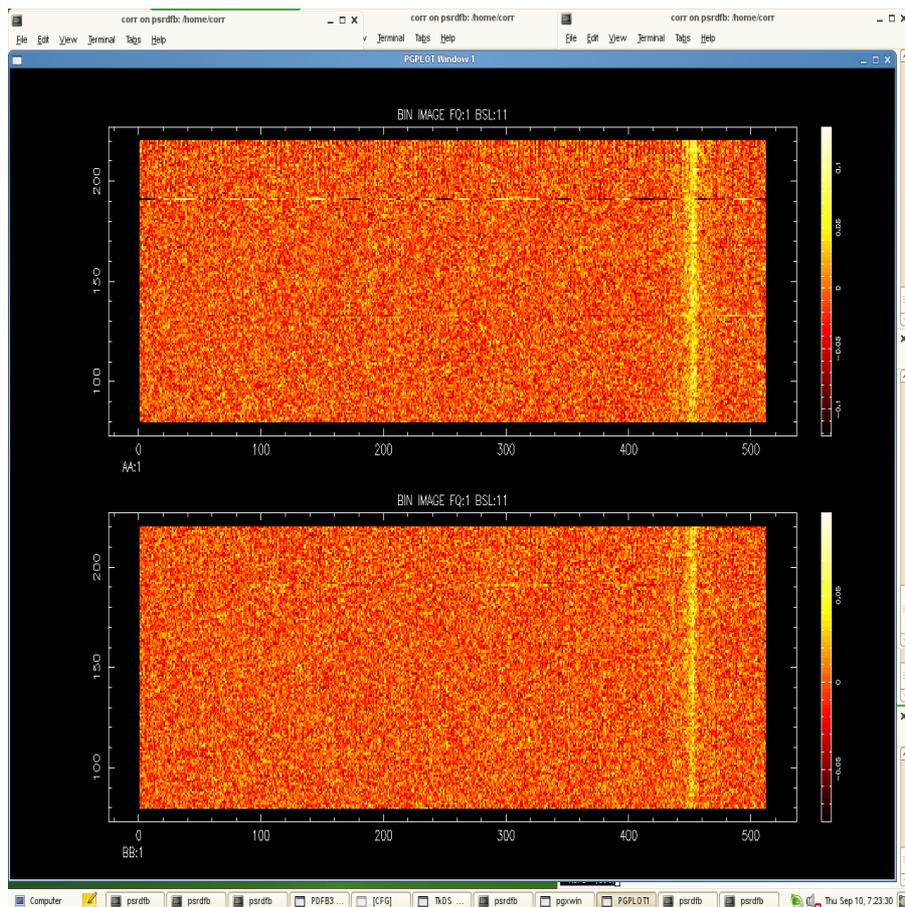


Figura 33: Osservazione della pulsar in modalità folding

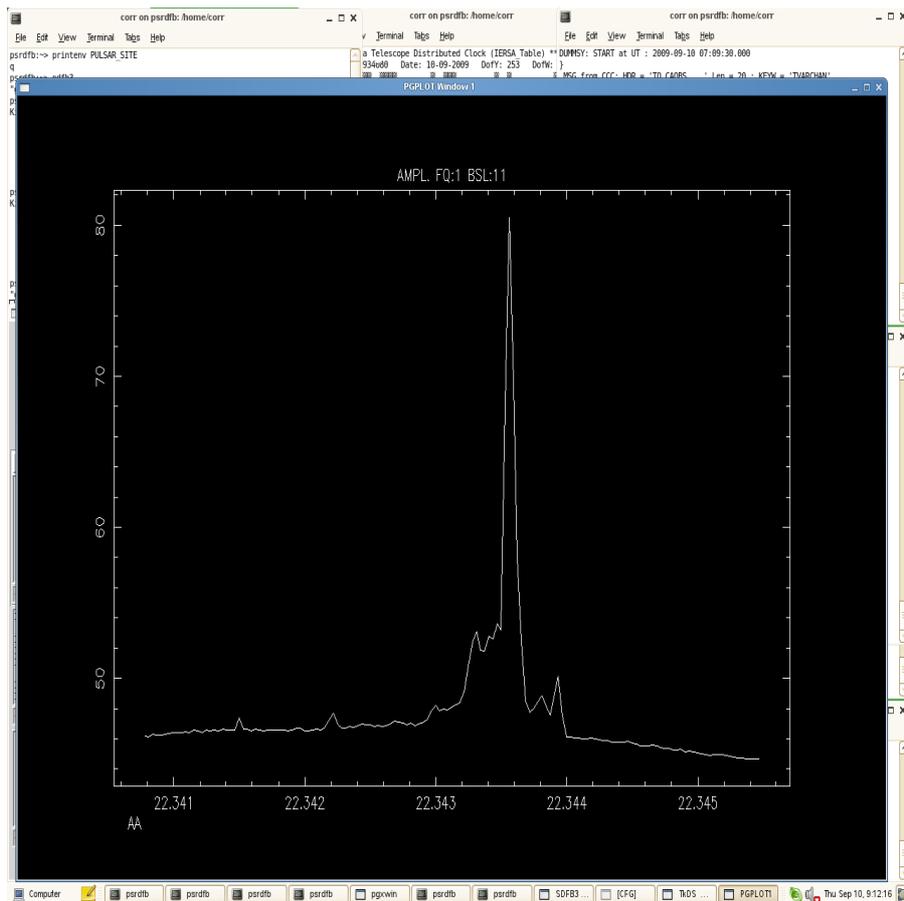


Figura 34: W3(OH) in modalità spettrometro

7 Bibliografia

- (1) Grant Hampson and Andrew Brown, 2008, "A 1GHz Pulsar Digital Filter Bank and RFI Mitigation System" www.jb.man.ac.uk/~pulsar/observing/DFB.pdf
- (2) Parkes Radiotelescope Correlator Guide, <http://www.parkes.atnf.csiro.au/observing/documentation/software/CORREL/>
- (3) Dummsy command list, <http://www.jb.man.ac.uk/research/pulsar/dummsy.html>
- (4) Jodrell Bank DFB Page <http://www.jb.man.ac.uk/research/pulsar/jdfb.html>

8 Glossario

PDFB: Pulsar Digital Filter Bank

CCC: Correlator Computer Controller, contiene il software per il controllo ed il setup di PDFB. Vi si accede mediante username corr. Provvisoriamente ha ip 192.167.189.112

SOM: System On Module, sono gli embedded pc installati sulle board SDN CAB1, vi si accede da CCC mediante ssh [root@l-bcc11](ssh://root@l-bcc11) (per la board master SDN CAB 1) o [root@l-bcc06](ssh://root@l-bcc06) per la board slave SDN CAB2).

ATDC: Australia Telescope Distributed Clock (ATDC), fornisce il sistema di tempo usato da PDFB, si lancia con **atdc** da finestra di terminale.

pdfb3: comando che, lanciato da finestra di terminale, avvia l'interfaccia grafica di controllo del correlatore, in modalità pulsar /DATA1/PDFB3_1(formato CFITS)

sdfb3: comando che, lanciato da finestra di terminale, avvia l'interfaccia grafica di controllo del correlatore, in modalità pulsar /DATA1/SDFB3_1 (formato RPFITS)

dummsy: client testuale di pdfb3/spdfb3

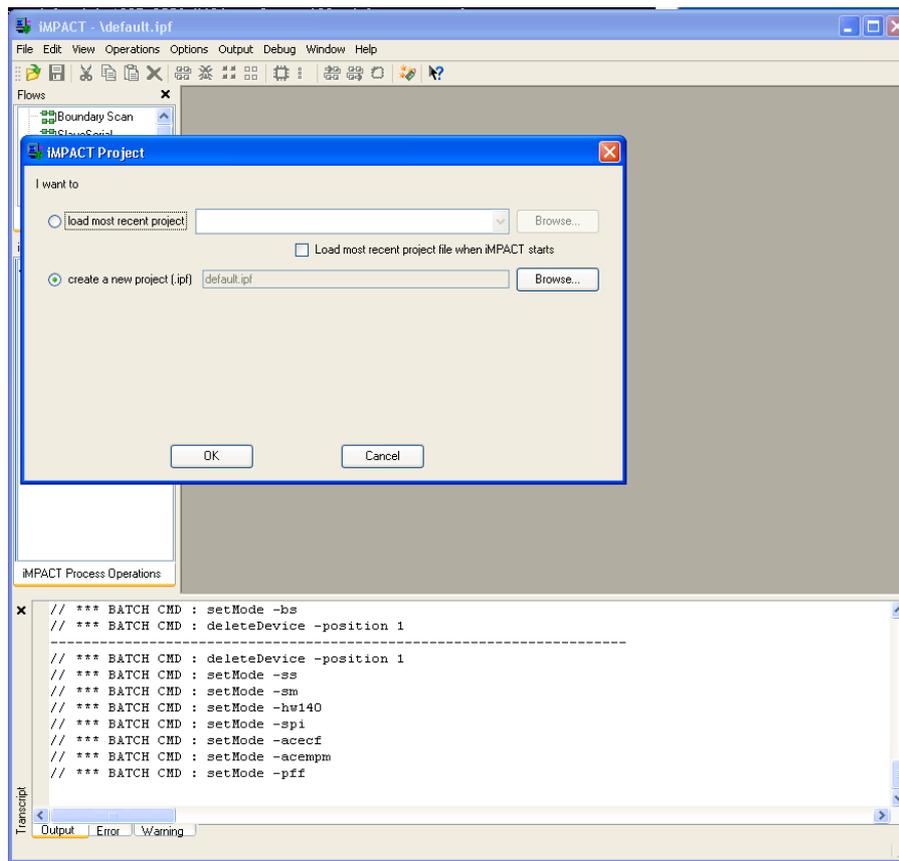
tkds: client grafico di pdfb3/spdfb3

ATNF: Australia Telescope National Facility

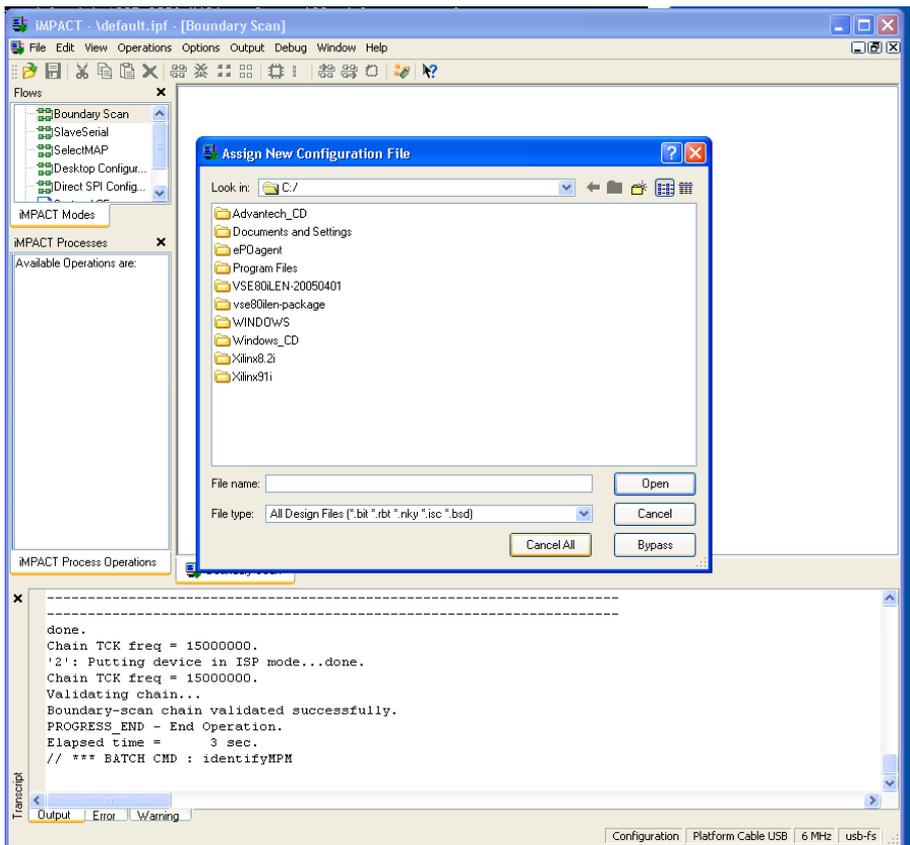
RFI: Radio Frequency Interference

Appendice: ADC Programming

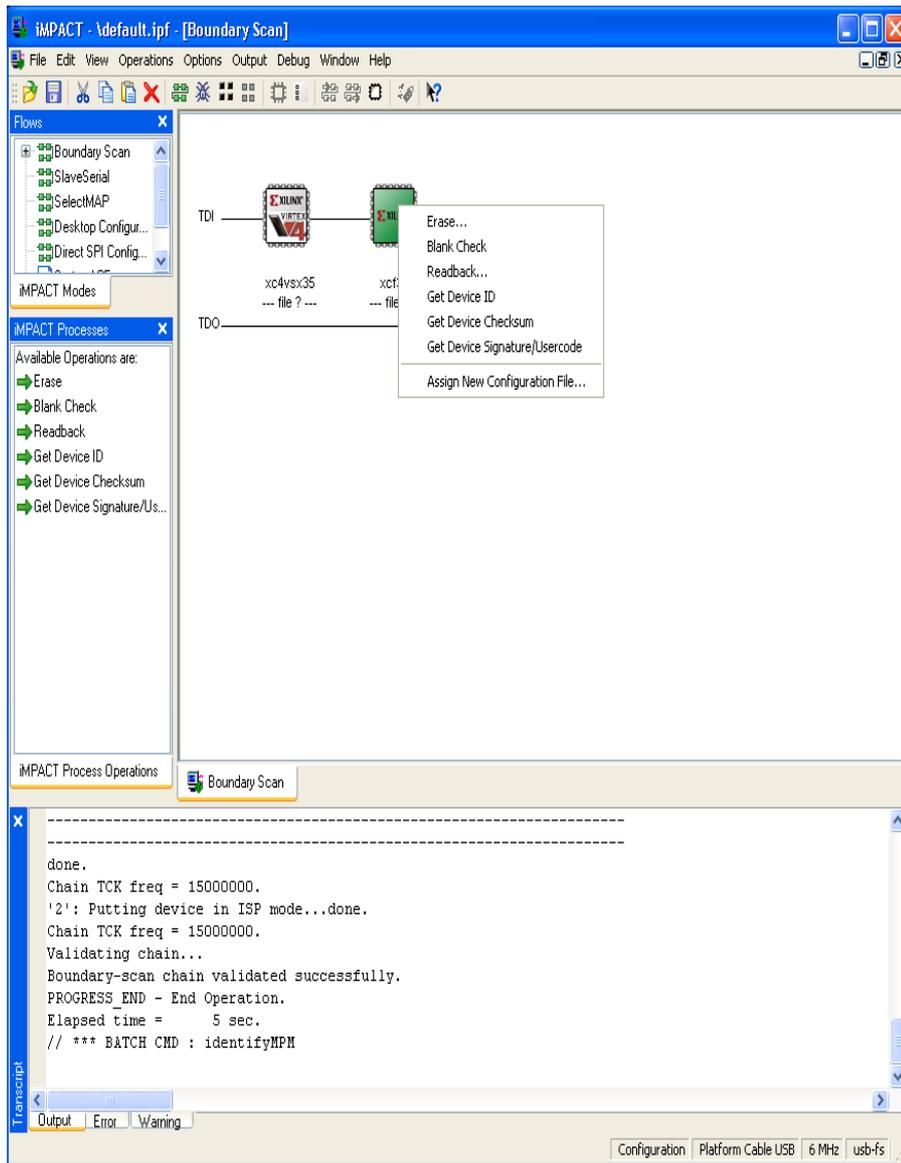
- 1) Connect the 2mm pitch ribbon cable to the Xilinx download pod and the front of the sampler. The orange light on the Xilinx pod should go green. If it doesn't check that the power to the DFB is turned on. And that the cables are the correct way around.
- 2) Open the Xilinx Impact tool and start a new project:



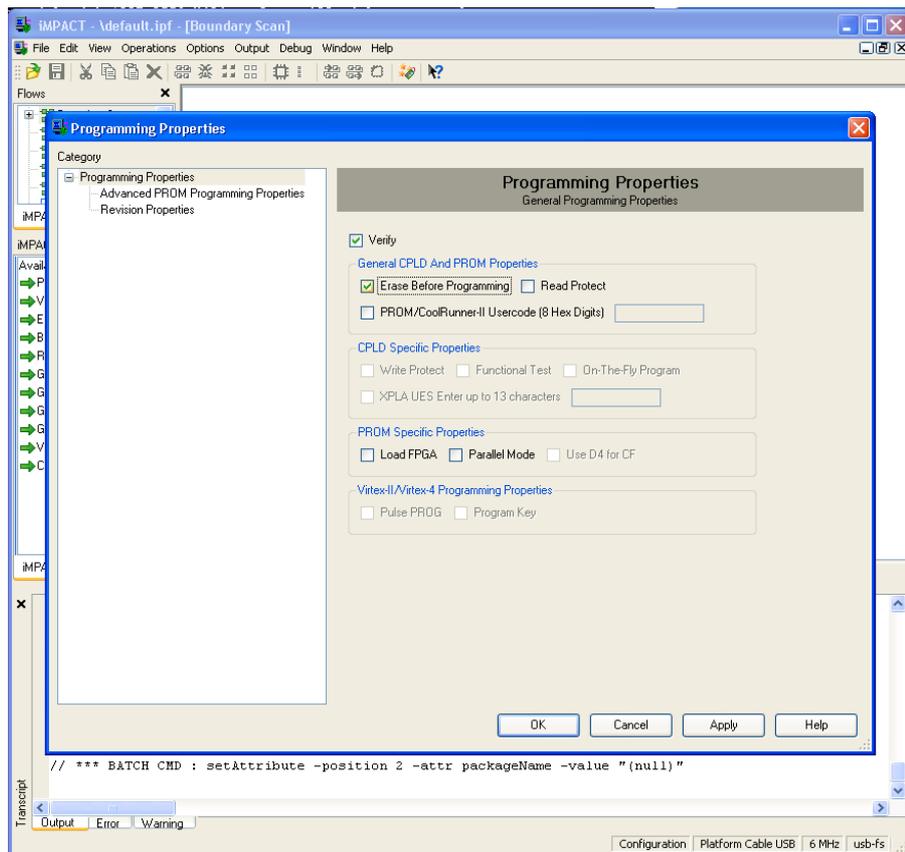
- 3) Select configure the devices using Boundary-Scan and press finish. Two devices should be detected, the FPGA (XC4VSX35) and its configuration PROM (XCF32P). A new window will appear called Assign New Configuration File. Press the cancel All button to close the window.



4) The PROM must be programmed with the new bit file. Right click on the PROM image and select Assign New Configuration File. A new window like the above image will appear and you should point select the new *.mcs file provided.



5) Once the new configuration file is selected a new window of Programming properties will appear. Make sure that the **Verify** option is ticked and that the **Erase Before Programming** option is ticked. Then select OK, the programming sequence will take several minutes.



6) Once the programming and verification sequence is complete an error or success message will be displayed on the screen. If the programming is successful then the Xilinx cable can be disconnected and the ADC power cycled to load the new code. If the programming sequence is unsuccessful then retry the programming sequence and ensure that the **Erase before Programming** option is selected in the programming options.