



## Rapporti Tecnici INAF INAF Technical Reports

<b>Number</b>	11
<b>Publication Year</b>	2020
<b>Acceptance in OA@INAF</b>	2020-03-23T08:56:17Z
<b>Title</b>	Progetto di sistema per ricevitori e back-end a srt
<b>Authors</b>	ORFEI, ALESSANDRO, SCALAMBRA, ALESSANDRO, MARONGIU, Pasqualino, POLONI, MARCO, COMORETTO, Giovanni, NAVARRINI, Alessandro, ORLATI, ANDREA, CARRETTI, ETTORE
<b>Affiliation of first author</b>	IRA Bologna
<b>Handle</b>	<a href="http://hdl.handle.net/20.500.12386/23454">http://hdl.handle.net/20.500.12386/23454</a> , <a href="http://dx.doi.org/10.20371/INAF/TechRep/11">http://dx.doi.org/10.20371/INAF/TechRep/11</a>

<b>Data</b>	<b>15/05/2019</b>	<b>Rev.</b>	<b>01</b>
<b>Autori</b>	A. Orfei, A. Scalambra, P. Marongiu, M. Poloni, G. Comoretto, A. Navarrini, A. Orlati, E. Carretti		

## **NUOVO SISTEMA DI RICEVITORI A SRT E LORO INTEGRAZIONE AI BACK-END**



## Sommario

<i>INTRODUZIONE</i> .....	3
<i>1. NUOVI RICEVITORI E FBCB</i> .....	4
<i>2. CONFIGURAZIONE RICEVITORI SUL TAMBURO GREGORIANO</i> .....	7
<i>3. BACK-END DIGITALI</i> .....	10
<i>4. LINK OTTICI BANDA 20GHz e 2GHz</i> .....	14
<i>5. CONNESSIONE TRA RICEVITORI E BACK-END</i> .....	16
<i>6. PROBLEMATICHE DEL TRASPORTO SEGNALI DAI RICEVITORI AI BACK-END</i> .....	24
<i>7. INTEGRAZIONE CON L'ESISTENTE</i> .....	31
<i>8. REALIZZAZIONE DI MODI OSSERVATIVI TRAMITE MATRICI DI COMMUTAZIONE</i> .....	33
<i>9. CONCLUSIONI</i> .....	52

## Acronimi

1IF = Prima conversione di frequenza  
 2IF = Seconda conversione di frequenza  
 APER = APex Equipment Room  
 AR = Armadio Rack, solitamente seguito da un numero identificativo dell'armadio  
 A/D = Convertitore Analogico-Digitale  
 BPF = BandPass Filter  
 BW = Bandwidth  
 CED = Centro Elaborazione Dati  
 CS = Conversion Stage  
 DBBC = Digital BaseBand Converter  
 DBE = Digital Back-End  
 DFB = Digital Filter Bank  
 DS = Distribution Stage  
 FBCB = Full Band Conversion/Continuum Board/Back-end  
 FPGA = Field-Programmable Gate Array  
 GPU = Graphics Processing Unit  
 H/V = Polarizzazione orizzontale o verticale  
 HIRES = High REsolution Spectrometer  
 HPC = High Performance Computing  
 HPF = High Pass Filter  
 LCP o lcp = left circular polarization  
 L/R = Polarizzazione Left o Right  
 LPF = LowPass Filter  
 LSB = Lower Side Band  
 LNA = Low Noise Amplifier  
 LO = Local Oscillator  
 MP = moltiplicatore, sinonimo di polarimetro  
 PAD = attenuatore di valore fisso  
 PFR = Primary Focus Receiver  
 Q, U = parametri di Stokes della polarizzazione lineare di una sorgente  
 RCP o rcp = right circular polarization  
 RER = Reflector Equipment Room  
 RF = RadioFrequenza (anche col significato di banda cielo)  
 RFI = Radio Frequency Interference  
 RFoF = RadioFrequency over Fiber  
 SA = Spectrum Analyzer  
 SETI = Search for Extraterrestrial Intelligence  
 TP = Total Power  
 USB = Upper Side Band  
 WIDEBAND = low resolution but wideband spectrometer



## INTRODUZIONE

Il finanziamento PON promette di completare a SRT il parco ricevitori disponibili, consentendo la costruzione di strumenti ambiziosi e performanti ad alta frequenza, essenzialmente del tipo multifeed o con simultaneità di più frequenze su un medesimo oggetto in cielo. Parimenti, il sistema osservativo verrà dotato di back-end di nuova generazione, capaci di fornire tutti gli osservabili (full-stokes, polarimetria, spettroscopia, spettro polarimetria e pulsar). Il valore di questo sviluppo si somma con la disponibilità di bande larghissime, da processare con una molteplicità di punti in cielo da osservare in contemporanea (survey). Ne consegue però che il sistema da gestire diventa molto più complicato, dovendo, da un punto di vista pratico, scegliere e instradare verso i back-end decine e decine di segnali a frequenze fino a 18GHz o fino a 2GHz, a seconda della soluzione che possa sembrare più conveniente. La nuova dotazione deve inoltre armonizzarsi e integrarsi col sistema osservativo esistente che prevede l'instradamento delle uscite dei ricevitori posizionati su tre fuochi diversi.

Questo documento cerca di individuare modi, schemi, componenti, architetture atte a realizzare questo obiettivo, proponendo anche confronti tra le alternative individuate.

Dopo la riunione del 12 febbraio 2019 è seguita la stesura di un primo documento di sintesi (*'RiunioneTecnica 12\_02\_19\_v0.docx'*). Dopodiché si è avuta una seconda riunione tecnica il 25 febbraio 2019 con la conseguente produzione di un documento aggiornato (*'RiunioneTecnica 12\_02\_19\_v1.docx'*). Quest'ultimo accoglieva i commenti e le correzioni proposte.

Il giorno 1 aprile 2019 è stata organizzata una riunione con il gruppo astronomi per discutere l'implementazione di modi osservativi: essenzialmente la discussione veniva a concentrarsi sul capitolo 8 aggiornato dal file *'Aggiunta al cap8.docx'*.

Il file presente contiene quanto finora discusso e convenuto.

Nelle Conclusioni si riassumerà molto schematicamente il risultato di tutto questo lavoro, puntando l'attenzione sull'architettura di interconnessione scelta tra ricevitori e back-end in quanto ritenuta più opportuna dopo la valutazione di vantaggi e svantaggi tra tre soluzioni.

Per chi è interessato allo scopo finale di questo studio, l'interconnessione tra tutti i ricevitori e tra questi e i back-end, può saltare il dettaglio tecnico su come ottenere questo scopo, capitoli dal 1 al 7, e concentrarsi sui capitoli 8 e 9 che spiegano i modi osservativi implementabili e descrive la mappatura delle uscite dei ricevitori con i back-end.

A distanza di tre mesi dall'inizio dello studio l'antenna SRT ha dunque un progetto complessivo di sistema atto a razionalizzare l'utilizzo della nuova strumentazione finanziata dal PON.

## 1. NUOVI RICEVITORI E FBCB

Nella tabella 1.1 vengono riassunti gli attuali ricevitori montati su SRT, quelli in stadio avanzato di costruzione e quelli che verranno prodotti nell'ambito del finanziamento PON

RX	Banda RF [GHz]	Banda 1IF [GHz]	Pixel per polarizzazione	Tipo polarizzazione	Stato
LP coassiale	0.305-0.410	0.305-0.410	1 x 2	H/V o L/R	Operativo
	1.3-1.8	1.3-1.8	1 x 2	H/V o L/R	Operativo
C <sub>high</sub>	5.7-7.7	0.1-2.1	1 x 2	L/R	Operativo
K	18-26.5	0.1-2.1	7 x 2	L/R	Operativo
X-ASI	8.2-8.6		1 x 1		Operativo
S-band	3-4.5	0.3-0.8	7 x 2	H/V	In costruzione
C <sub>low</sub>	4.2-5.6	0.1-1.5	1 x 2	L/R	In costruzione
Q-band	33-50	2-18	19 x 2	L/R	PON
W-band	75-116	4-12	9 x 2 o 16 x 2	H/V	PON
3-band simultaneo	18-26	2-18	1 x 2	L/R	PON
	33-50	2-18	1 x 2	L/R	
	80-116	2-18	1 x 2	L/R	
W-band bolometro	80-115	/	300÷400	/	PON

Tab. 1.1 Ricevitori SRT attuali e futuri

Le bande molto larghe del gruppo di ricevitori PON invita ad operare un salto di qualità nella quantità di banda istantanea da inviare ai diversi back-end di nuova generazione.

Questo può essere ottenuto con una circuiteria di nuova concezione che fa largo uso di componentistica a chip fino a 20GHz, atta a realizzare i diversi dispositivi usati nelle conversioni di frequenza (mixer), di filtraggio, di amplificazione, di frazionamento del segnale e del suo condizionamento (ad esempio attenuatori variabili).

Insieme con i ricevitori menzionati questo nuovo sistema (FBCB, **F**ull **B**and **C**onversion/**C**ontinuum **B**oard/**B**ack-end) è costituito da un insieme di schede elettroniche (circuiti stampati) identiche, ciascuna delle quali realizza le seguenti specifiche, Tab. 1.2:

N.ro ingressi	2 (entrambe le polarizzazioni di ciascun feed)
Banda di ingresso	2-18 GHz
Separazione banda d'ingresso	8 sottobande per pol.: 2-4, 4-6, 6-8, 8-10, 10-12, 12-14, 14-16, 16-18 GHz
Conversione di frequenza	Ognuna delle 8 sottobande nella bandabase 0-2 GHz (in realtà 0.1-1.9 GHz)
Condizionamento di segnale	Amplificazione; filtro 2GHz o 0.7GHz; attenuazione variabile
Back-end full Stokes integrato	Per ogni sottobanda porge total power per ogni pol. + Q,U
Distribuzione sottobande	Le bandabase 0.1-1.9GHz sono disponibili in uscita per altri back-end
N.ro uscite rivelate	32 (8bandabase x 4stokes)
N.ro uscite non rivelate	16 (8bandabase LCP + 8 bandabase RCP)

Tab. 1.2 Specifiche di ogni scheda FBCB

Dovendo connettersi anche a sistemi multifeed queste schede vengono replicate per 19, al fine di servire il ricevitore più denso, il Q-band che ha 38 uscite. Il sistema FBCB è quindi descritto in Tab. 1.3

N.ro board FBCB	19
Banda di ingresso	2-18 GHz
N.ro ingressi	38
Bande d'uscita (GHz), sintonizzabili	(0.1-1.9) corrispondenti a 2-4, 4-6, 6-8, 8-10, 10-12, 12-14, 14-16, 16-18
N.ro uscite non rivelate	304 (8bandabase x 2pol x 19board)
N.ro uscite rivelate	608 (8bandabase x 19board x 4stokes)
Slot generazione OL	4, 8, 12, 16 GHz comuni alle 19 boards
Slot digitalizzazione	A/D con tempo integrazione = 1ms + LAN
Slot alimentatori	Per alimentare board analogiche e digitali

Tab. 1.3 Specifiche del sistema FBCB

In Tab. 1.4, per concludere sulle specifiche, vengono riportati gli ingombri, consumi e costi, questi ultimi come specificato nella richiesta di finanziamento PON,

INGOMBRO in RACK 19"	CONSUMO DI POTENZA	COSTO (K€)
12U	800W	160

Tab. 1.4 Dimensioni, consumo e costo del sistema FBCB

Le tre figure che seguono, mostrano in sequenza lo schema a blocchi di una scheda FBCB, lo schema circuitale della formazione delle 8 sottobande con le relative conversioni di frequenza e la parte di scheda che opera il condizionamento del segnale. In fig. 1.2 è indicata una polarizzazione, l'altra è identica sulla scheda. Le frequenze cielo riportate sono quelle del banda Q, ma con opportuno calcolo si possono valutare quelle del banda W e di altri ricevitori

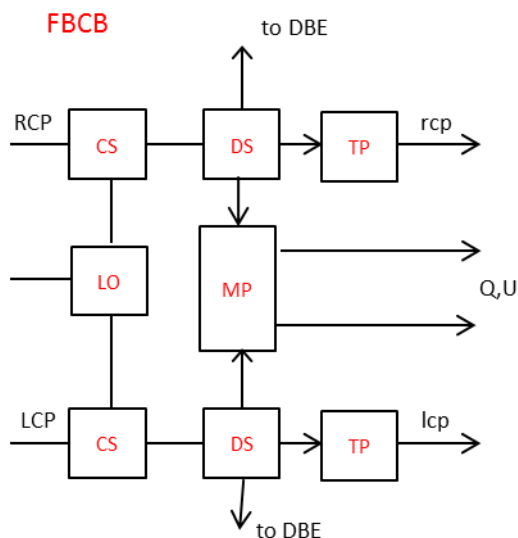


Fig. 1.1 Schema a blocchi di una sottobanda di 8 nel FBCB (MP=polarimeter; TP=total power)

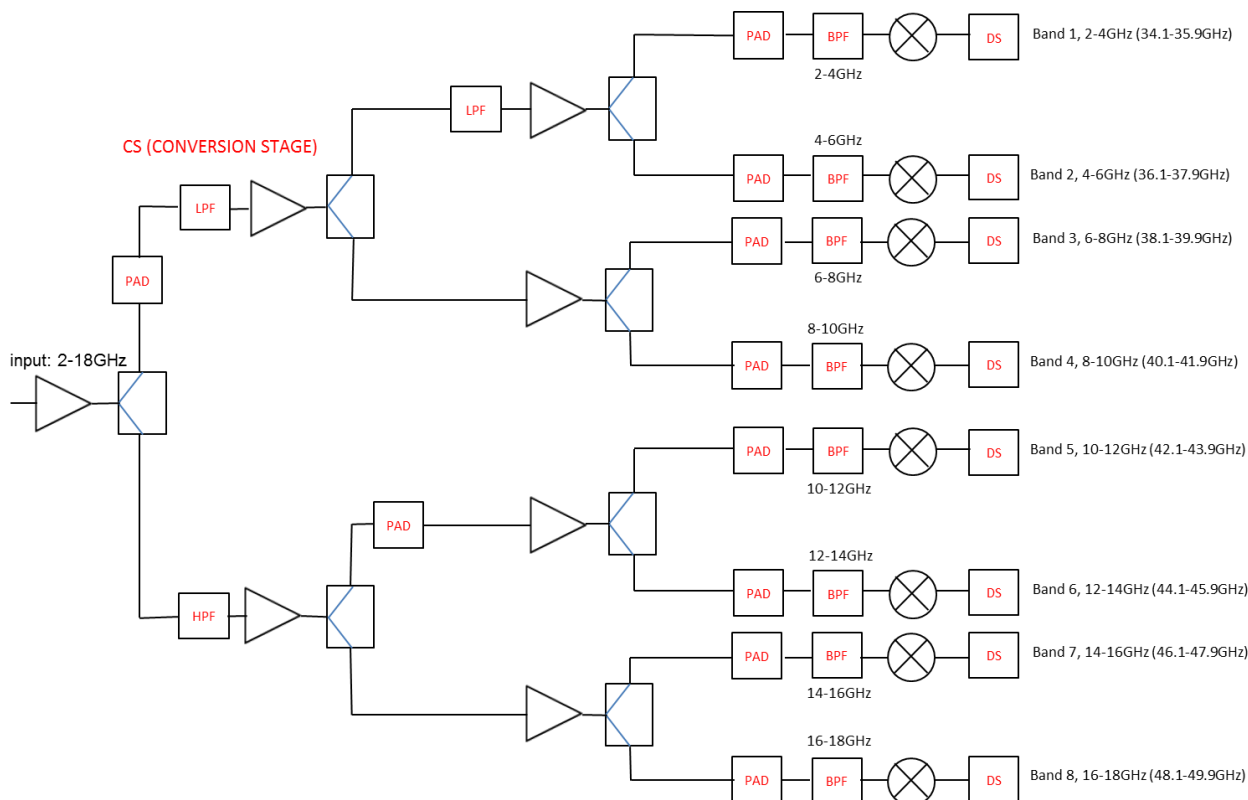


Fig. 1.2 Schema circuitale della parte seconda conversione (CS) del FBCB, una polarizzazione

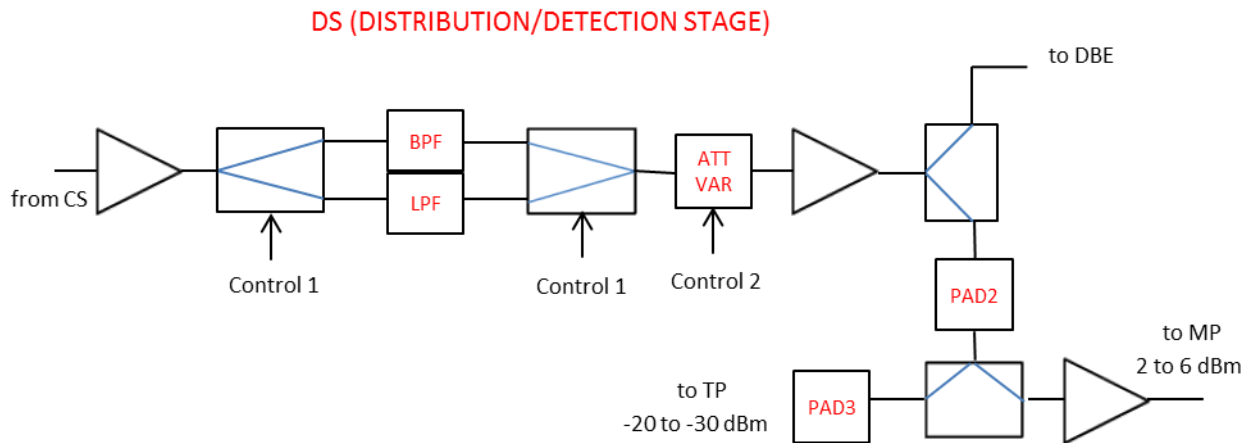


Fig. 1.3 Schema circuitale della parte distribuzione (DS) del FBCB (non mostrata la parte detection)

Quanto detto finora non vale per quel particolare strumento che sarà il Bolometro (tab. 1.1). Questo avrà un suo back-end dedicato, presumibilmente basato su scheda ROACH. A quanto se ne sa finora, il back-end dovrebbe essere posizionato nelle immediate vicinanze del ricevitore, il che ripropone l'annosa questione di avere elettronica digitale in prossimità di strumenti analogici ad alta sensibilità.

### Azioni inerenti al cap. 1:

Produrre un prototipo di scheda FBCB completo di parte digitale per la rivelazione full stokes.

Definire specifiche d'uscita dei ricevitori gregoriano (livello del segnale, gain flatness,  $S_{22}$ , rumore, margine di compressione, reiezione di banda, connettorizzazione, ecc.) che si armonizzi alla presenza di un eventuale unico sistema FBCB.

## 2. CONFIGURAZIONE RICEVITORI SUL TAMBURO GREGORIANO

La prevista produzione di nuovi ricevitori alta frequenza al radio telescopio SRT (Sardinia Radio Telescope), in particolare fino a 116GHz, riempirà quasi completamente le sette collocazioni sul tamburo gregoriano. La tipologia di questi ricevitori, multifeed e bolometro, a larghissima banda, e la volontà di sfruttare a fini osservativi quanta più banda di frequenza possibile pone una sfida notevole alla gestione dei medesimi.

La loro collocazione meccanica sul tamburo deve tenere conto di varie necessità, prima fra tutte lo spazio disponibile per aggiungere all'esistente (ricevitore multifeed K-band e prossimo mono-feed 5GHz) i vari rack che supportano i nuovi ricevitori alta frequenza. Tutti questi dovranno poi convivere con moduli di distribuzione e collegamento segnali alla sala remota, distante 600m. Dal punto di vista dello sfruttamento dello spazio esistente occorre fare sì che i cavi dopo la prima conversione (1F) e quelli dell'oscillatore locale (LO) siano più corti possibile, in quanto portano frequenze fino a 18GHz.

In fig. 2.1 e 2.2 sono riportate diverse viste del tamburo gregoriano con la disposizione dei ricevitori previsti essere presenti alla fine del progetto PON.

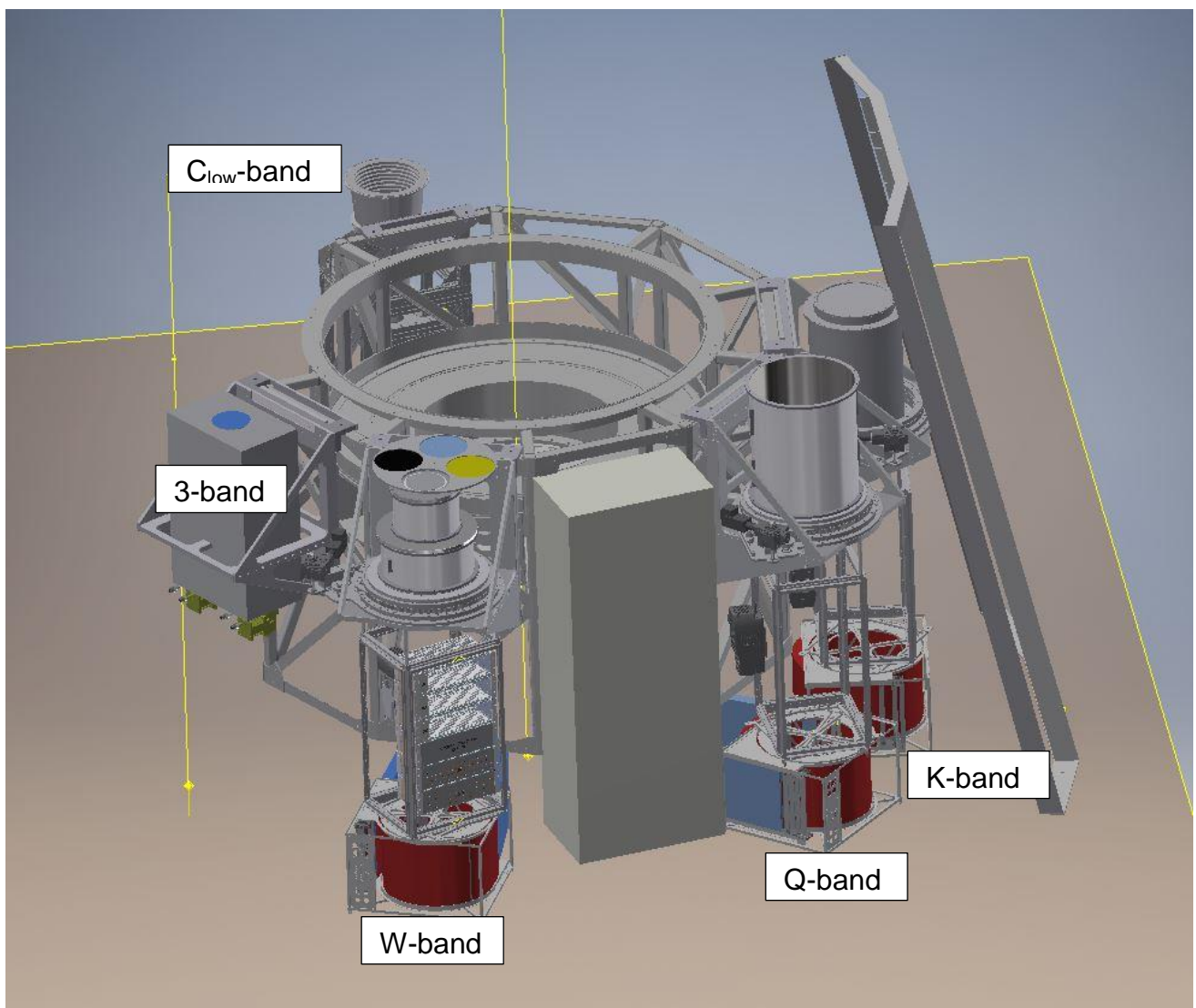


Fig. 2.1 I ricevitori montati sul tamburo gregoriano

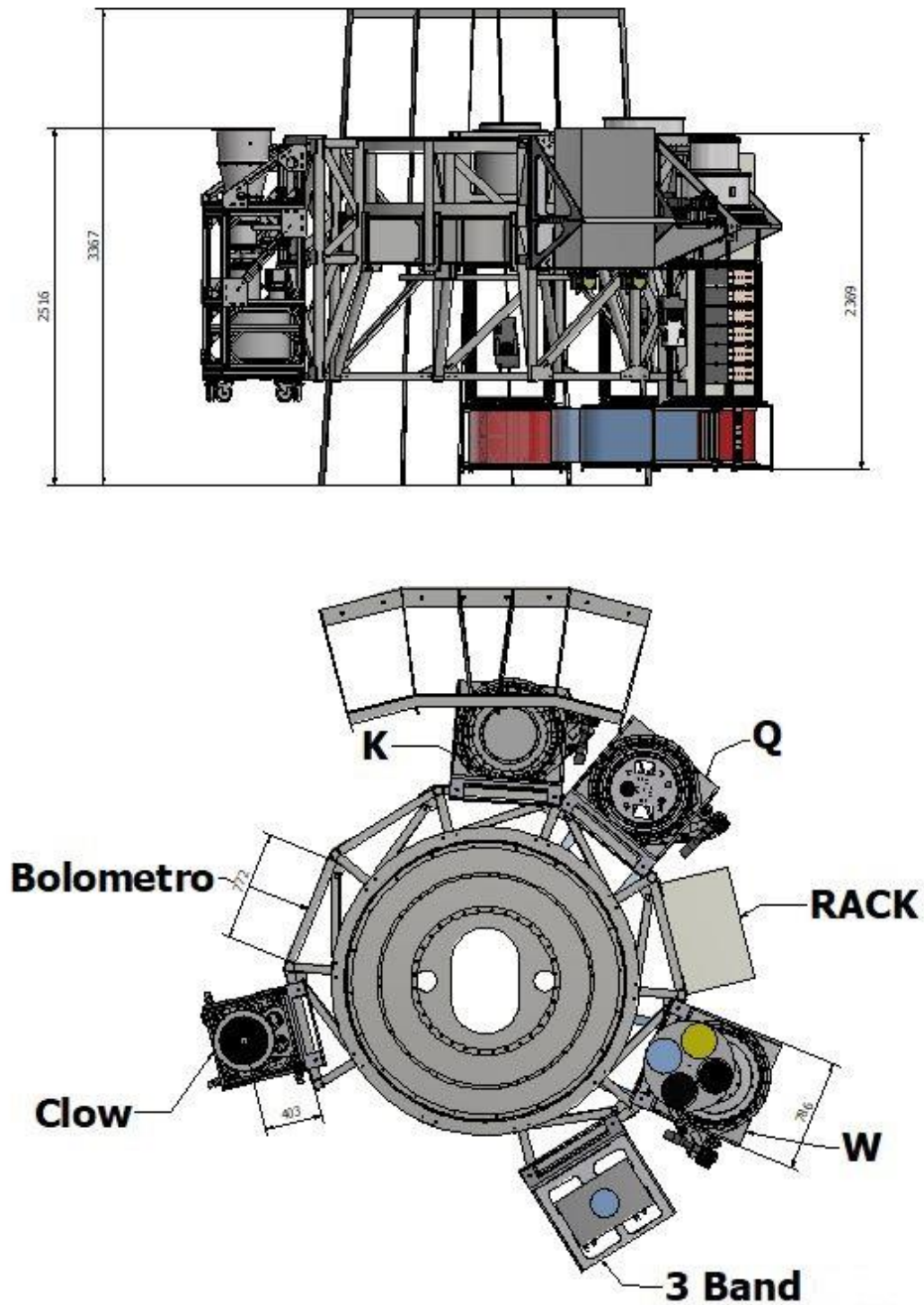


Fig. 2.2 Vista laterale con dimensioni e vista da sopra



Fig. 2.3 L'armadio in gregoriano: notare lo spazio disponibile

Utilizzando la soluzione A che verrà menzionata al capitolo 5.1 si libera uno spazio considerevole sotto il dewar di ciascun ricevitore alta frequenza. Ciò potrebbe permettere di collocare la matrice 1IF, fig. 5.1.1, e i link ottici nello spazio sottostante il dewar del 3-band (fig. 2.1).

Un'altra valida alternativa è l'utilizzo dell'armadio RACK (fig. 2.2), che per circa metà è libero (fig. 2.3) e, peraltro, contiene il patch panel a cui collegare le uscite del sistema di link ottici. Questo comporta però che tale armadio vada spostato dalla sua attuale collocazione e scambiato con la posizione prevista del 3-band perché il candidato a ricevere i coassiali 1IF dei vari ricevitori alta frequenza deve trovarsi a metà strada tra di loro, al fine di mantenere più corta possibile la lunghezza dei cavi.

Una ulteriore azione che si può intraprendere, sempre alla ricerca della migliore utilizzazione degli spazi, è la possibilità, tutta da verificare, di usare gli spazi tra gli interstizi delle travi reticolari che permettono il montaggio dei ricevitori.

### **Azioni inerenti al cap. 2:**

Valutazione degli ingombri disponibili sul tamburo gregoriano.

### 3. BACK-END DIGITALI

Il progetto PON presentato a Giugno 2018 prevede nel sottoprogetto 6, "Digital backends" (DBE), 4 elementi:

- **BACK\_W**: un array di 10 schede SKARAB (più 2 spare). Il sistema fornisce 40 ingressi a 3 GHz di banda (80 a 1.5 GHz) e fino a 40 porte QSFP+ a 40 Gb (si prevede di usarne 10) per l'uscita dei dati.
- **BACK\_Q**: due sistemi Abaco RFSoc ciascuno composto da 4 schede con chip Xilinx ZU27DR (più una scheda spare) . Il sistema fornisce fino a 64 ingressi a 2 GHz (40 usati) e 4 porte QSFP+ a 40 Gb.
- **BACK\_VLBI**: tre sistemi DBBC3 per i tre radiotelescopi italiani. Ciascun sistema fornisce 6 ingressi a 4 GHz e fino a 8 porte SFP+ a 10 Gb (aggregabili in 2 porte a 40 Gb).
- **BACK\_CALC**: un sistema HPC con 12 nodi di calcolo e 2 switch a 40/100 Gb. I nodi sono analoghi a quelli previsti nel sottoprogetto HPC (4 nodi previsti al sito SRT, presumibilmente espansi a 8).

Il costo complessivo risulta:

- BACK\_High resolution 626.000€
- BACK\_Wideband 362.000€
- BACK\_VLBI 377.000€
- BACK\_CALC 190.000€
- **Totale 1465.000€**

Sia l'architettura del sistema che i relativi costi sono stati rimodulati alla luce di una analisi più approfondita, condotta in questi mesi, in seguito alla quale si sono evidenziate diverse modifiche. In particolare i tre backend non sono più specifici per ciascun ricevitore, ma sono caratterizzati da diverse modalità operative. Pertanto si è deciso di rinominarli come segue:

- BACK\_W → BACK\_HIRES (High resolution)
- BACK\_Q → BACK\_WIDEBAND (low resolution)

#### 3.1 ARCHITETTURA GENERALE

I back-end previsti nel PON si affiancano a quelli già presenti al telescopio, sostituendoli in parte, come illustrato nel capitolo 7. Il sistema backend risulta quindi come una singola entità, in cui diversi modi operativi, anche concorrenti, sono possibili utilizzando i tre sottosistemi elencati. La struttura generale dell'elemento è mostrata in figura 3.1. Viene indicato un numero di canali in ingresso pari a 40, in quanto questo è il numero effettivo di canali processabili dal sistema, ma i ricevitori attualmente previsti forniscono fino a 38 segnali.

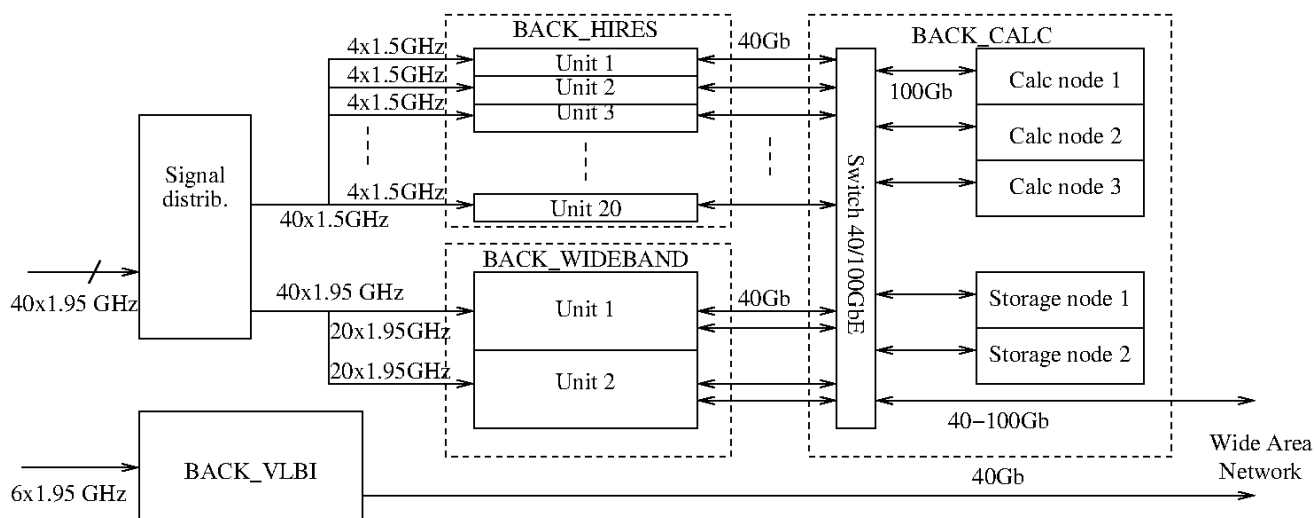


Fig. 3.1 Struttura dell'elemento Digital Backends

Il sistema si interfaccia al DBE switch matrix che segue il backend analogico FBCB (fig. 8.8). Questo esce con 38 segnali da 2 GHz ciascuno, prefiltrati nella banda 0.1-1.9 GHz (opzionalmente 0.1-0.7 GHz), e livello nominale di TBD dBm. Il controllo di livello (attenuatore variabile) è previsto, individualmente per ciascun canale, all'interno dell'analog backend. Essendo il livello del segnale di ingresso dei backend fissato, non è necessario regolarne individualmente il livello.

I sistemi BACK\_WIDEBAND e BACK\_HIRES accettano un segnale con livello di potenza nominale di circa 0 dBm. Il BACK\_HIRES accetta una banda di 0-1.5 GHz, e quindi va ulteriormente filtrato. Risulta quindi necessario un distributore di segnali (Signal Distributor), che amplifichi, filtri e distribuisca il segnale di ciascun canale analogico. Questo sottosistema può essere completamente non programmabile, in quanto le funzionalità sono fisse, e consiste in 40(38) canali identici (6 dei quali con uscita per il sistema BACK\_VLBI). Uno schema di massima per ciascun canale è mostrato in figura 3.2.

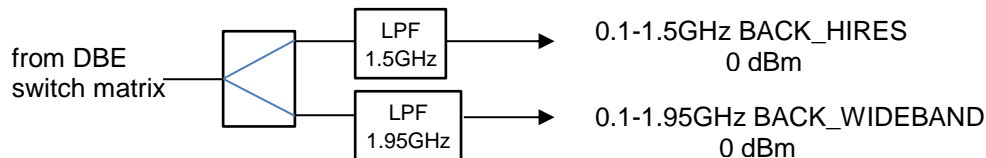


Fig. 3.2 Signal distributor d'ausilio per i DBE alta e bassa risoluzione

I segnali in ingresso al BACK\_VLBI possono essere generati sia internamente alla DBE Switch Matrix, come mostrato in fig. 8.8. La potenza richiesta è molto ridotta, in quanto il BACK\_VLBI è provvisto di un proprio sistema di condizionamento del segnale, e richiede un livello compreso tra -20 e -10 dBm. I rimanenti backend hanno l'A/D collegato direttamente all'ingresso, tramite una rete di adattamento passiva, per cui è richiesto un livello più elevato, intorno a 0 dBm. Gli amplificatori su ciascuna uscita provvedono, oltre al necessario adattamento di livello, ad isolare tra di loro i due sottosistemi.

I filtri inseriti in fig. 3.2 hanno lo scopo di evitare aliasing nelle bande specificate e, oltre alla frequenza -3dB indicata, devono reiettare  $f = 2\text{GHz}$  di 25dB e idealmente attenuare  $f = 1.9\text{ GHz}$  meno di 3dB.

Meccanicamente, il sistema potrebbe essere realizzato come 19 moduli 3U in crate standard 19". La soluzione va studiata in dettaglio. Il costo di questo sistema va aggiunto al totale dell'elemento.

I backend operano in modo concorrente, sugli stessi segnali. In linea di principio è possibile eseguire osservazioni indipendenti in modo commensale (es. wideband, spettroscopia ad alta risoluzione, e pulsar search). Questa capacità dipende essenzialmente dal software di controllo del telescopio, per cui non è oggetto del PON, ma l'architettura hardware dei back-end non la limita.

### 3.2 BACK\_HIRES

Nel progetto originale si prevedeva l'utilizzo di schede SKARAB con due moduli A/D, ciascuno con 4 ingressi da 1.5 GHz. Questo in quanto si prevedeva di analizzare bande di 3 GHz, divise in 2 da due filtri. Avendo il sistema analogico una banda di uscita di 2 GHz, questo non risulta possibile. L'A/D contribuisce in modo significativo al costo dell'oggetto, per cui utilizzando un solo modulo A/D per scheda si può ridurre significativamente il costo, e si libera uno slot per aggiungere un secondo modulo di memoria. Il risparmio atteso è da valutare, ma è dell'ordine di 150000 euro. Una maggiore banda di memoria permette di realizzare uno spettrometro a 2 stadi per tutta la banda e tutti i canali di ingresso. È possibile ottenere una risoluzione spettrale fino a una frazione di kHz, per applicazioni spettroscopiche spinte. L'elevata banda digitale di uscita può essere sfruttata, anche se limitatamente alla banda di 1.5 GHz, per pulsar search. Uno schema di massima del firmware richiesto per osservazioni spettroscopiche è mostrato in fig. 3.3.

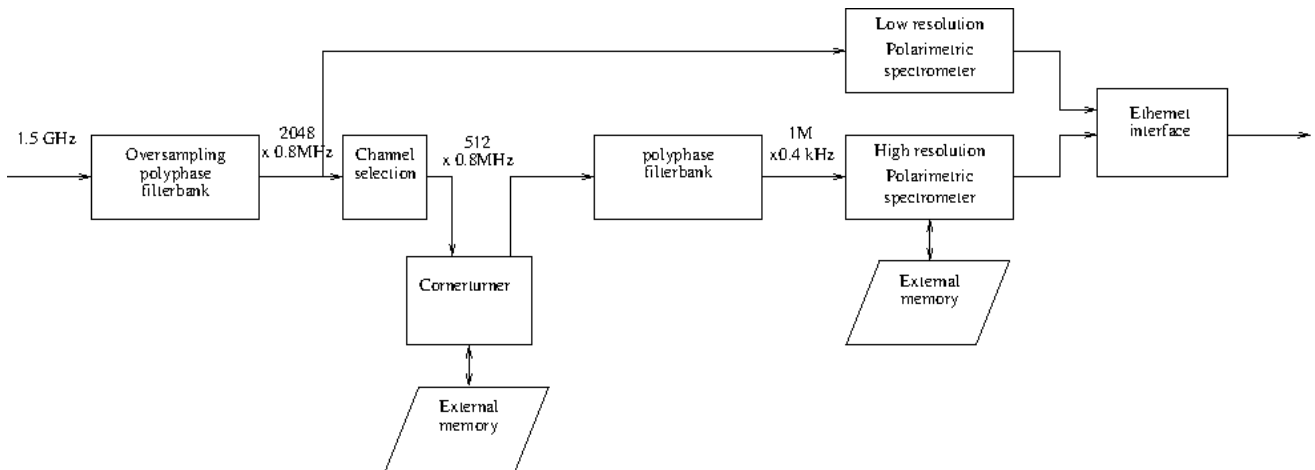


Fig. 3.3 Struttura di massima di spettrometro ad altissima risoluzione

### 3.3 BACK\_WIDEBAND

Nel progetto originale questo backend, era dedicato al ricevitore in banda Q. Avendo un sistema analogico comune è possibile differenziare i due back-end per funzionalità differenti. In particolare questo sistema permette di operare su tutta la banda, come spettropolarimetro veloce, a risoluzione relativamente ridotta (1-2 MHz per canale) o per fornire una canalizzazione per applicazioni di pulsar search (sistema analogo al Pulsar Search instrument di SKA).

Il sistema è basato su schede commerciali e sul nuovo componente Xilinx RFSoc, che integra ADC veloci (2 GHz di banda) in una FPGA. Questo consente una elevata compattezza del sistema ma, trattandosi di sistemi industriali per telecomunicazioni presenta limitazioni nella banda passante totale del link Ethernet in uscita allo strumento. Per ovviare al problema, viene utilizzata solo una parte dei canali in ingresso disponibili (5 per FPGA su 8 disponibili). Ad oggi sono state individuate due ditte in grado di fornire sistemi potenzialmente rispondenti ai nostri requisiti. Entrambe propongono schede contenenti una FPGA ciascuna, in standard industriale VPX, montate su un crate che ospita 4 schede ed un PC industriale di controllo.

### 3.4 BACK\_VLBI (DBBC3)

Il backend è posto fisicamente nel rack VLBI. Pertanto il segnale può essere derivato sia dalla switch matrix, nel rack del FBCB, o dal DBE signal distributor, nel rack DBE. La soluzione finale è TBD.

L'unità viene fornita con 6 canali IF di ingresso. Ciascun canale permette di selezionare uno di 3 segnali a 4.096 GHz e processarlo sulla banda di 4 GHz. L'uscita avviene su 24 canali SFP+ 10 GbE (raggruppabili in 6 canali QSFP+ 40 GbE).

Il DBBC3 ha un suo sistema di signal conditioning, in particolare la possibilità di selezionare la banda di ingresso (4-2-1 GHz). Va notato che la banda di 4 GHz non è realizzabile direttamente dal FBCB, le IF del tri-band devono essere cablate direttamente sul DBBC3 se si prevede questa modalità. Attualmente le osservazioni VLBI non utilizzano questa banda.

### 3.5 BACK\_CALC

Il sistema di calcolo è stato previsto e dimensionato per due compiti:

- Analisi in tempo reale di segnali di pulsar
- Spettroscopia ad altissima risoluzione

In entrambi i casi i backend digitali fornivano una prima canalizzazione e il processing successivo veniva effettuato utilizzando GPU, in analogia con l'attuale SARDARA. Nel sistema attuale la spettroscopia ad altissima risoluzione viene effettuata nelle FPGA del sistema BACK\_HIRES, sia pure con limitazioni di banda da valutare in dettaglio, ma comunque con prestazioni nettamente superiori a quelle ottenibili con GPU. I nodi di calcolo devono quindi solamente gestire le osservazioni e la presa dati. L'analisi di segnali di pulsar può essere effettuata sia in tempo reale che in differita su dati archiviati. Si richiede quindi una capacità di calcolo significativa, ma non altissima. L'utilizzo di tre nodi di calcolo, con schede GPU dedicate al signal processing, appare quindi adeguata. Per l'archiviazione si prevede di utilizzare due nodi di storage di rete.

Il sistema di calcolo va integrato con il sistema HPC locale. In particolare i nodi scelti possono essere comuni, semplificando le relative gare d'appalto.

### 3.6 FLUSSO DI DATI VERSO HPC

In osservazioni spettroscopiche è necessario archiviare localmente un flusso di dati dell'ordine di decine o centinaia di MB/s. Alcuni esempi (puramente indicativi) sono elencati in tabella 3.5.1. Il sistema di storage del HPC deve essere quindi in grado di processare flussi di dati di quest'ordine.

Modo	Feeds	Numero polarizzazioni	BW (GHz)	Risoluzione (kHz)	Tempo integrazione (s)	Flusso dati (MB/s)
Quasi continuo	19	2	2	2000	0.01	30
Bassa risoluzione	19	2	2	18	0.1	338
Spectral survey	2	2	16	2	0.2	284
Alta risoluzione	19	2	1.5	2	1	228
Altissima risoluzione	19	2	1.5	0.4	5	228

Tab. 3.5.1 Prestazioni dei sistemi DBE

### 3.7 INGOMBRI e SPECIFICHE GENERALI

In tab. 3.7.1, vengono riportati gli ingombri, consumi e costi, questi ultimi aggiornati rispetto alla richiesta di finanziamento PON. Per concludere, in tab. 3.7.2 sono riassunte le specifiche generali dei nuovi DBE che si intende utilizzare,

DBE	INGOMBRO in RACK 19"	CONSUMO DI POTENZA (W)	COSTO AGGIORNATO (K€)
BACK_HIRES	10 x 1U	1200	502
BACK_WIDEBAND	2 x 5U	680	400
BACK_VLBI (DBBC3)	8U*	1000	377
BACK_CALC (switch)	1U	260	18
BACK_CALC (nodi)	12U	600	75
BACK_CALC (storage)	8U	400	30
IF Distributor	3U	100	20
<b>Totale</b>	<b>44/52U*</b>	<b>4840</b>	<b>1422</b>

Tab. 3.7.1 Dimensioni, consumo e costo dei DBE

(\*) Il backend VLBI verrà alloggiato nel rack dedicato al VLBI. Il totale viene fornito con e senza questo elemento.

	BACK_WIDEBAND	BACK_HIRES	BACK_VLBI	Unità
N. canali ingresso	38	64(40 usati)	6	
Potenza di ingresso min.	0.0	0.0	-20.0	dBm
Potenza di ingresso max.	5.0	5.0	-10.0	dBm
Banda passante	0.0-1.45	0.0-1.95	0.0-2.0	GHz
Freq. di campionamento	3.0	4.0	4.096	GSps
Interfaccia uscita	QSFP+ 40G	QSFP+ 40G	SFP+ 10G	
N. canali uscita	19	4	8	

Tab. 3.7.2 Specifiche generali dei DBE. Valori in blu TBC

### Azioni inerenti al cap. 3:

#### 4. LINK OTTICI BANDA 20GHz e 2GHz

A tutt'oggi sulle antenne italiane sono utilizzati link ottici ove la banda 2IF (seconda conversione) modula direttamente il laser del trasmettitore ottico. Sono moduli che trattano fino a 2GHz di banda, ad alto punto di compressione (OIP3=30dBm) e con figure di rumore molto alte (35-40dB), valore mascherabile solo perché il link si trova alla fine della catena ricevente con un guadagno accumulato di oltre 70dB. Altre caratteristiche importanti è che questi moduli, che possiamo etichettare come RFoF2 (il 2 si riferisce alla frequenza massima trasportata), sono relativamente economici, da alcune centinaia di euro fino a mille euro, e di ingombro molto contenuto. Infine, questi link lavorano a 1300nm, ove c'è il minimo di dispersione intermodale (ovvero un impulso trasmesso arriva in ricezione ben poco allargato in termini temporali)

Per contro, esiste una versione di modulo RFoF, che chiameremo RFoF20, in grado di trasportare una larghezza di banda molto larga, fino a 20GHz. Qui la modulazione non è diretta, cioè non è il segnale RF che varia il valore di corrente elettrica del laser, bensì esso agisce su un dispositivo ottico che prendendo in ingresso la luce del laser la modula comandato dal segnale elettrico RF. Questi tipi di link mostrano figure di rumore di 25-26dB, ma con punti di compressione ben più bassi (OIP3=10dBm), dimensioni maggiori e un costo che è almeno una dozzina di volte il RFoF2. Vi è inoltre da menzionare che essi lavorano a 1550nm, ove c'è il minimo di attenuazione, che per le nostre applicazioni non interessa visto che le distanze tra telescopio e sala controllo sono di poche centinaia di metri, ma non il minimo di dispersione, quindi l'allargamento dell'impulso può essere maggiore che nel caso precedente.

Le prime caratteristiche positive del RFoF20 menzionate sopra sono però attraenti per il fatto che tutta la banda 1IF dei nostri ricevitori potrebbe essere inviata in sala controllo, con un primo notevole vantaggio: poter 'inseguire' nel tempo gli sviluppi di banda trattabile da parte dei back-end digitali. Per esempio, attualmente ai radiotelescopi le osservazioni VLBI vengono effettuate su bande analogiche 2IF larghe 1GHz per ogni polarizzazione. La versione attualmente più avanzata di Digital Baseband Converter, cosiddetto DBBC3, può trattare, con una cascata di schede ADB+CORE, 1 ingresso fino a 4GHz o, per le due polarizzazioni di un feed, 2 ingressi a 2GHz. Duplicando per otto questa cascata si possono trattare un totale di 16GHz di larghezza di banda doppia polarizzazione. Le uscite FCB sono dunque appropriate per l'uso con DBBC3.

Sono in corso valutazioni su quale RFoF20 presente sul mercato possa essere adeguato alle nostre esigenze. Alcuni di noi hanno contattato ditte nel settore o comunque valutato le prestazioni di moduli di questo tipo; si riportano alcune immagini dei moduli ottici e in tab. 4.1 un sintetico elenco dell'indagine in corso. Le informazioni riportate sono aggiornate a fine aprile 2019,

MARCHIO	Fmax [GHz]	Svantaggi	Chi si informa	Custom?	Agente Italiano	Interesse	Costo relativo
APIC (USA)	20	Alto costo	Orfei	SI	NO	SI	1
RFOPTIC (Israele)	20	NF=40dB	Orfei Perini	SI	SI	SI	1.5
WESTMAG (Cina)			Perini	SI	SI	NO	/
OPTILAB USA)			Perini	SI	SI	SI	
PROTECH (Italia)	Tecnicamente capace ma impossibilitata a sostenere importo e procedura di gara						
PHARAD (USA)	19	Grande; IIP3 and IP1dB bassi	Pisanu	NO	?	/	/
OEQUEST (USA)	20	Grande	Pisanu	NO	?	/	/

Tab. 4.1 Indagine su moduli ottici RFoF20





Benché ancora non siano definitivamente fissate le specifiche del link RFoF20, si riporta, in tab. 4.2, l'insieme di problematiche a oggi in discussione. Potrebbe essere utile far aggiungere a ciascuna scatola una scheda ethernet, per controlli remoti quali, i *led indicator*, corrente e temperatura dei trasmettitori.

Parameter	Min	Typ	Max	Units	Condition/Comments
Link length			600	m	
Optical wavelength		1550		nm	Non WDM
Optical connector					FC/APC
Optical connection loss			1	dBopt	4 FC/APC inline connections
RF Bandwidth	0.1		20	GHz	manufacturer
Customer RF Bandwidth	1		18	GHz	Min=2GHz if LNA needs
Unamplified link gain	-15		-10	dB	With TX/RX no LNA
Link Gain	TBD		TBD	dB	With TX/RX and LNA
Gain flatness			±2	dB	With TX/RX and LNA
Noise Figure			6	dB	With TX/RX and LNA
Return loss			-10	dB	With TX/RX and LNA
RF input power	-70		-10	dBm	Input at the link
Max RF input power			10	dBm	Non-operating, no damage
Input P1dB	0			dBm	With TX/RX and LNA
Input IP3	10			dBm	With TX/RX and LNA
Input IP2	20			dBm	With TX/RX and LNA
Output P1dB	TBD			dBm	With TX/RX and LNA
Output IP3				dBm	> P1dB+10
RF impedance		50		Ω	
RF connector					SMA female
Electrical connector TX					For 15V 2A DC
Electrical connector RX					For 5V ?A DC
Main Power line					230VAC 50Hz
Power consumption TX			9	W	Each module
Power consumption RX		1.5		W	Each module
Power supply					Linear or non-linear?
Operation temperature	15		30	°C	± 2 °C
Enclosure					For 19" rack
Enclosure dimension			3U?		Depth: TBD
OK/NOK led indicator	LED yellow (standby—laser not locking); green, laser locked and transmitting. ARX displaying current: power present.				

Tab. 4.2 Specifiche in discussione del link RFoF20

#### Azioni inerenti al cap. 4:

Finalizzare le specifiche per la nostra applicazione e la più opportuna strategia per contenere gli ingombri.

## **5. CONNESSIONE TRA RICEVITORI E BACK-END**

In questo capitolo verranno descritte possibili soluzioni per trasferire le uscite dei ricevitori alta frequenza ai DBE posizionati nel centro calcolo (CED) della camera schermata, circa 600m distante dall'antenna. L'intento è quello di individuare problemi connessi a ciascuna soluzione proposta, quali, difficoltà nell'implementazione, specifiche troppo stringenti di uno o più blocchi che compongono la catena di trasferimento, costi, ingombri, consumi di potenza e, in ultimo ma non meno importante, capacità della soluzione di consentire quanti più modi osservativi possibile.

La difficoltà primaria in questo compito è prima di tutto derivata dal fatto che stiamo trattando moltissime uscite, da armonizzare tra loro in termini di livelli, banda, lunghezza dei cavi. Tutto questo senza dover degradare le prestazioni di uno o tutti i sistemi riceventi. Anche la larghezza di banda da inviare ha un suo peso nell'indirizzare la scelta, così come la capacità della soluzione a essere aperta a espansioni future.

Tratto comune delle tre soluzioni riguarda la disponibilità sull'antenna di cavi a fibre ottiche adeguati per il trasporto dei segnali indicati: SRT ha già, sia in tamburo gregoriano che in fuoco primario, la quantità di fibre necessarie per inviare i 38 segnali indicati, anzi in gregoriano le fibre utili sono 48, già intestate su pannello con connettore ottico FC/APC. In primario sono 24, intestate alla stessa maniera.

Le configurazioni che prendiamo in considerazione assumono di operare un upgrade sul K-band in modo da renderlo funzionante a tutta banda, così come saranno il Q-, W- e 3-band.

### **5.1 SOLUZIONE A**

Questa soluzione, descritta nello schematico di fig. 5.1.1, si basa sull'utilizzo di link ottici RFoF20 che, prendendo in ingresso le prime conversioni (1IF) dei ricevitori alta frequenza W-band, Q-band, 3-band e anche con l'ipotesi di ristrutturare il già esistente K-band portandolo a fornire in uscita tutta la banda larga 8GHz, trasferiscono tali bande in CED ove è collocato il sistema FBCB che, ricordiamo, opera la 2IF e il condizionamento e distribuzione del segnale. Il numero di uscite da trattare è pilotato dal Q-band che è il sistema che ne mostra la maggioranza, 38 per la precisione. In CED una matrice di commutazione (DBE switch matrix), che lavora con frequenza massima di 2GHz, permette di mappare, sul voluto DBE, le uscite selezionate a priori del sistema FBCB.

Il numero di uscite di prima conversione del ricevitore banda W non può a tutt'oggi essere stabilito a causa dell'incertezza sul numero di feed e sul tipo di schema di prima downconversione, che sono legati alla fattibilità dello strumento nelle tempistiche e nei costi previsti. Le specifiche del ricevitore verranno definite nel corso dei prossimi mesi con gli operatori economici con cui si prospetta di avviare una procedura di dialogo competitivo. L'ipotesi multibeam banda W in configurazione 3x3, un ricevitore a doppia polarizzazione e separazione di banda (USB+LSB) fornirebbe 36 uscite 1IF in banda 4-12 GHz (come indicato in fig. 5.1.1). Invece, se venisse adottata una configurazione 4x4 le uscite 1IF 4-12 GHz si ridurrebbero a 32 poiché verrebbero selezionate internamente al ricevitore (tramite switch matrix) solo opportune combinazioni di 32 uscite da ciascuno dei 16 feed a doppia polarizzazione (la scelta sarebbe tra invio di tutte H, tutte V, tutte USB o tutte LSB).

Ulteriori possibilità sarebbero quelle di adottare configurazioni di multibeam banda W 3x3 in Single Side Band (SSB) con 18 uscite 1IF in banda 2-18 GHz, oppure 4x4 SSB con 32 uscite 1IF 2-18 GHz.

Si nota che se il multibeam banda W dovesse utilizzare uno schema di prima downconversione a separazione di banda con 1IF 4-12 GHz verrebbe sfruttata solo la metà della banda dell'FBCB; in particolare verrebbero usate solo 4 delle 8 sottobande disponibili (B2=4-6 GHz, B3=6-8 GHz, B4=8-10 GHz e B5=10-12 GHz). Resta ancora da chiarire se la soluzione SSB con bande 1IF 2-18 GHz, che sarebbe asupicabile per poter sfruttare pienamente la banda dell'FBCB, sia realizzabile. E' stato deciso che le due polarizzazioni di ciascuna catena saranno lineari (non sarà necessaria l'aggiunta di un polarizzatore - Differential Phase Shifter - 75-116 GHz fra feed e OMT).

Oltre alla 2IF è ovviamente necessaria un'altra matrice di commutazione (1IF switch matrix), che lavora fino a 18GHz per i ricevitori W-band, Q-band, K-band e 3-band, il cui mandato è quello di indirizzare le uscite 1IF del voluto ricevitore ai trasmettitori ottici. Dal punto di vista di principio questo schema è molto semplice e aperto a scenari di futuri sviluppi perché tutta la banda prodotta in origine dai ricevitori è a disposizione per futuri back-end. Necessita però di definire la disponibilità di link RFoF20 che soddisfino i requisiti a noi necessari e, al momento, questo modulo è per noi incognito. Necessita altresì la produzione di matrici di commutazione, che trattano segnali anche ad alta frequenza, con molti ingressi. Per quanto riguarda la collocazione dei 38 moduli Tx ottici e della 1IF switch matrix, al momento la soluzione sembra essere quello di usare lo spazio sottostante al rack ricevitore 3-band, spazio che si crea per l'assenza di derotatore e wrap cable.

Uno schema di questo tipo implica un unico sistema FCB per tutti i ricevitori e ciò potrebbe divenire critico nel caso in cui tutte le uscite 1IF dai vari ricevitori non fossero uguali in termini di livello di segnale, return loss d'uscita, rumore, valori di compressione.

Nel DBE switch matrix è inserito un punto interrogativo per quanto riguarda il n.ro degli ingressi. Questo perché non abbiamo ancora affrontato quali e quante uscite dal sistema FCB andranno usate per soddisfare i modi osservativi richiesti. Questo tema verrà affrontato al capitolo 8.

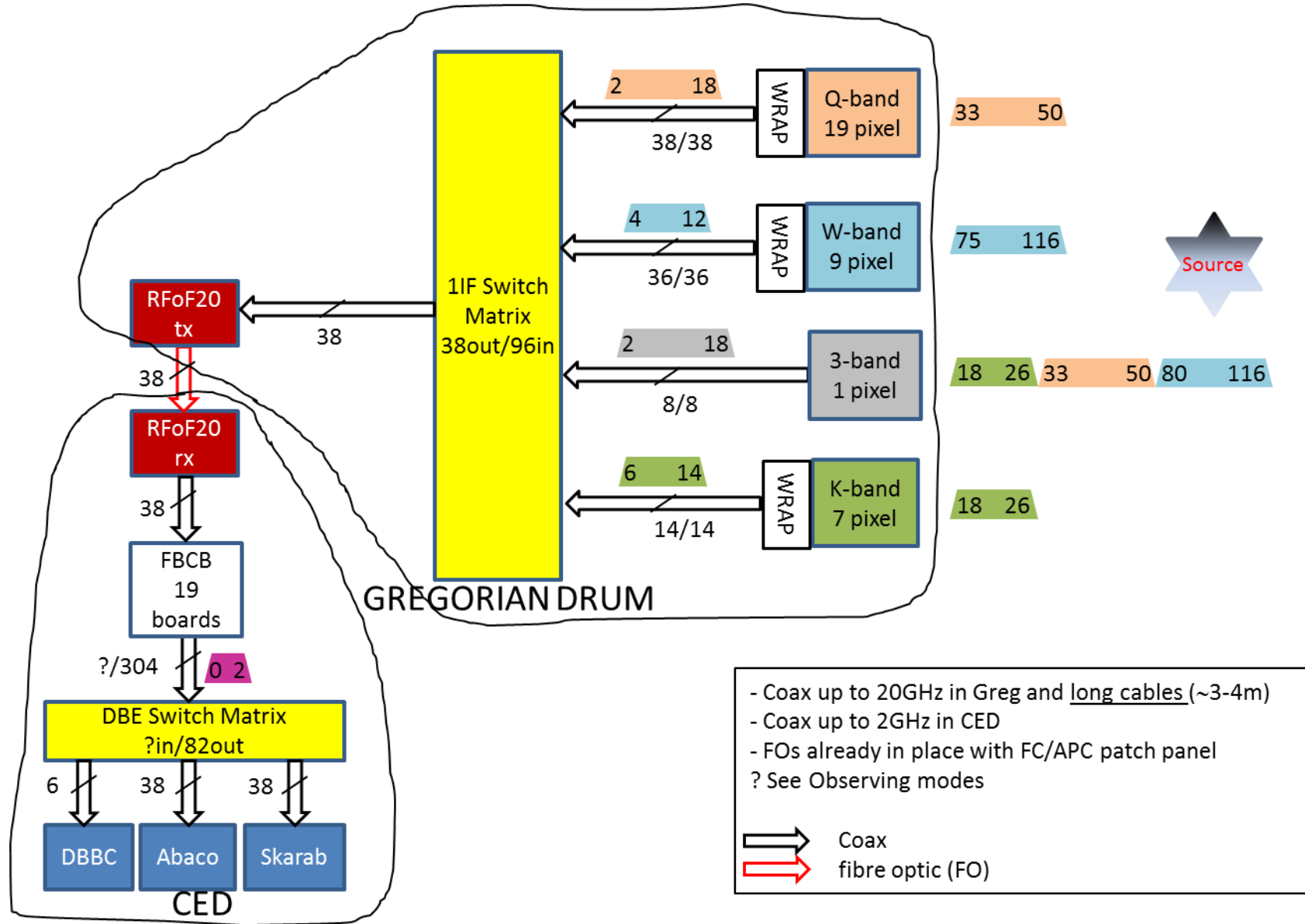


Fig. 5.1.1 Diagramma a blocchi della soluzione A: uso di link ottici banda larga 20GHz e unico FBCB collocato in CED

## 5.2 SOLUZIONE B

Questa soluzione, descritta nello schematico di fig. 5.2.1, ha come primo elemento distintivo la produzione di sistemi FBCB separati per ciascun ricevitore e inoltre si basa sull'utilizzo di link ottici RFoF2 che, prendendo in ingresso le seconde conversioni (2IF) dei ricevitori alta frequenza W-band, Q-band, 3-band e anche con l'ipotesi di ristrutturare il già esistente K-band portandolo a fornire in uscita tutta la banda larga 8GHz, trasferiscono tali bande in CED. Il numero di uscite da trattare è pilotato dal Q-band che ne mostra la maggioranza, 38 per la precisione. In CED una matrice di commutazione (DBE switch matrix), che lavora con frequenza massima di 2GHz, permette di mappare, sul voluto DBE, le uscite selezionate a priori del sistema FBCB.

Contrariamente al caso A qui è necessaria un'altra matrice di commutazione di seconda conversione (2IF switch matrix), che lavora a più bassa frequenza, fino a 2GHz per tutti i ricevitori, il cui mandato è quello di indirizzare le uscite del voluto ricevitore ai trasmettitori ottici. Questo schema, di principio, non permette di trattare tutta la banda disponibile (ovviamente è improponibile dotare la matrice 2IF di oltre cinquecento ingressi!), e pertanto non è aperto a scenari di futuri sviluppi. I link RFoF2 sono però dispositivi già a noi noti, che abbiamo usato da anni e soddisfano i requisiti a noi necessari. Non necessita altresì della produzione di matrici di commutazione che trattano segnali ad alta frequenza. Per quanto riguarda la collocazione dei 38 moduli Tx ottici e della 2IF switch matrix, al momento la soluzione non è ovvia perché lo spazio sottostante al rack ricevitore 3-band è in questa soluzione impegnato dal FBCB.

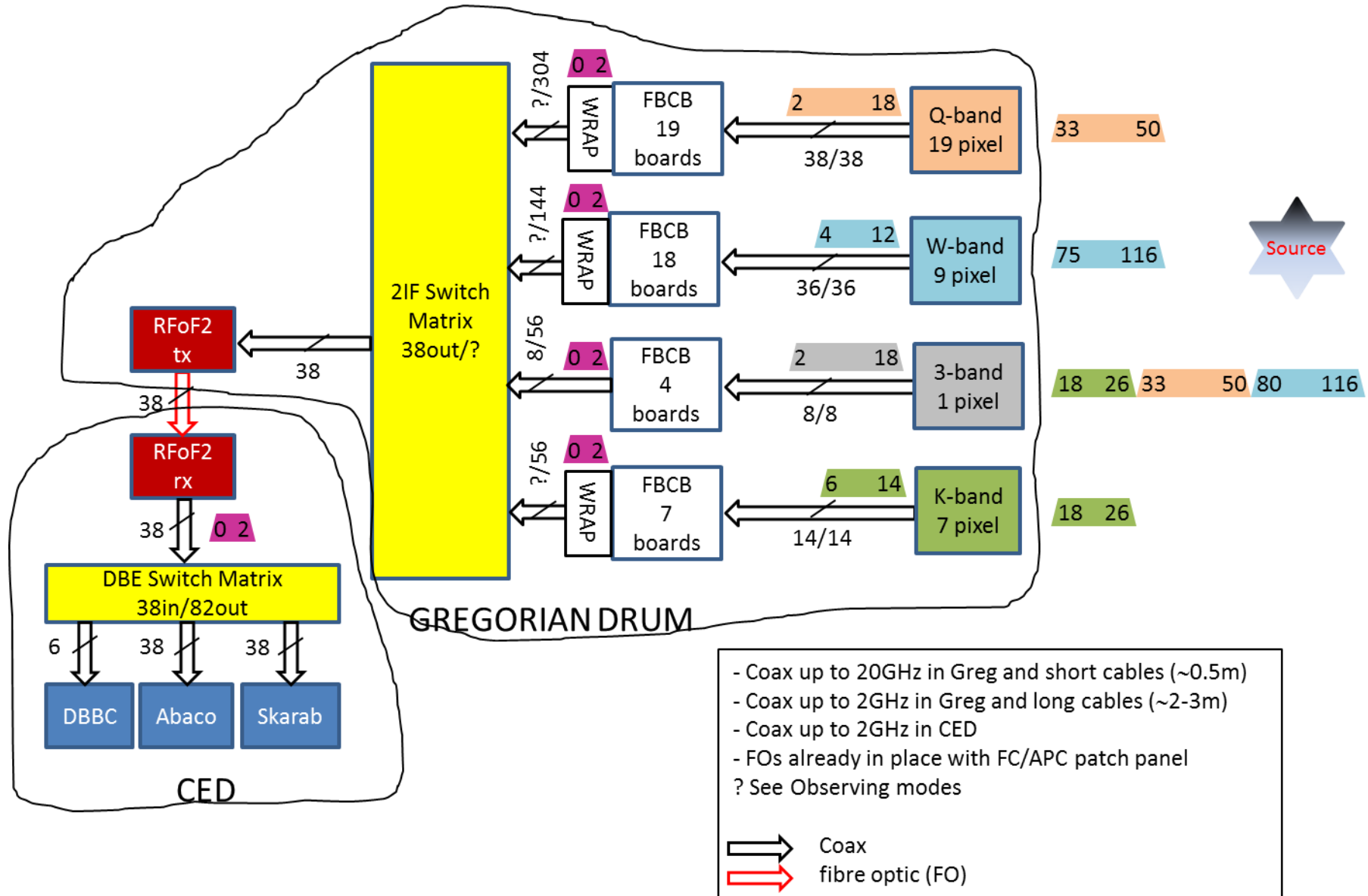


Fig. 5.2.1 Diagramma a blocchi della soluzione B: uso di link ottici banda stretta 2GHz e sistemi FFCB separati

### 5.3 SOLUZIONE C

Questa soluzione, descritta nello schematico di fig. 5.3.1, si basa sull'utilizzo di link ottici RFoF2 che, prendendo in ingresso le uscite dal sistema FBCB, ancora in comune come nella soluzione A, ma collocato in prossimità dei ricevitori sul tamburo gregoriano, le trasferisce al CED. Il numero di uscite da trattare è pilotato dal Q-band che è il sistema che ne mostra la maggioranza, 38 per la precisione. In CED una matrice di commutazione (DBE switch matrix), che lavora con frequenza massima di 2GHz, permette di mappare, sul voluto DBE, le uscite selezionate a priori del sistema FBCB.

Oltre alla matrice di commutazione 1IF, esattamente come nella soluzione A, è qui necessaria una ulteriore matrice di switch, atta a decidere quali delle uscite ricevitori verranno indirizzate ai link ottici. Questo schema, di principio, non permette di trattare tutta la banda disponibile (ovviamente è improponibile dotare la matrice 2IF di 304 ingressi), e pertanto non è aperto a scenari di futuri sviluppi. I link RFoF2 sono però dispositivi già a noi noti, che abbiamo usato da anni e soddisfano i requisiti a noi necessari. Necessita altresì la produzione di matrici di commutazione, che trattano segnali anche ad alta frequenza, con molti ingressi. Per quanto riguarda la collocazione del FBCB al momento la soluzione sembra essere usare lo spazio sottostante al rack ricevitore 3-band, spazio che si crea per l'assenza di derotatore e wrap cable. Per quanto riguarda la collocazione dei 38 moduli Tx ottici e della 2IF switch matrix, al momento la soluzione non è ovvia perché lo spazio sottostante al rack ricevitore 3-band è ora impegnato dal sistema FBCB. Al fine di recuperare spazio, essendo in questo caso le uscite della 2IF switch matrix "solo" 2 GHz, si potrebbe pensare di arrivare in coassiale al RER-AR1 e lì posizionare il rack dei link RFoF2.

Uno schema di questo tipo implica un unico sistema FBCB per tutti i ricevitori e ciò potrebbe divenire critico nel caso in cui tutte le uscite 1IF dai vari ricevitori non fossero uguali in termini di livello di segnale, return loss d'uscita, rumore, valori di compressione.

Nel 2IF switch matrix è inserito un punto interrogativo per quanto riguarda il numero degli ingressi. Questo perché non abbiamo ancora affrontato quali e quante uscite dal sistema FBCB andranno usate per soddisfare i modi osservativi richiesti. Questo tema verrà affrontato al capitolo 8.

#### Considerazioni riassuntive

In tabella 5.1 vengono riassunti i termini del confronto tra le tre soluzioni delineate. Oltre ai loro pro e contro, sommariamente delineate nei tre paragrafi precedenti, vengono aggiunti confronti in termini di spazio necessario, di costo e di consumo di potenza.

Le soluzioni B e C si presentano problematiche in termini di spazi, entrambe infatti paiono ai limiti della realizzabilità. Inoltre, entrambe mostrano una quantità di svantaggi ben maggiore dei vantaggi. Il vantaggio principale è che costano meno della soluzione A.

Dal punto di vista degli spazi necessari, in B & C una proposta è quella di collocare la matrice di switch e i RFoF2 nell'armadio AR2 in Reflector Equipment Room (RER-AR2). In questo caso però occorrerebbe aggiungere altri cavi coassiali. Al momento ne sono installati 32 e ne occorrerebbero un centinaio.

La soluzione A, sicuramente la più attraente da tutti i punti di vista eccettuato il costo, sconterebbe la presenza di un importante modulo analogico, il FBCB, dentro la camera schermata, piena di elettronica digitale e dunque forte generatrice di interferenze. L'eventualità di collocare i ricevitori ottici e il FBCB nella stanza del maser è stata esclusa perché i fori di entrata alla camera schermata non sarebbero di dimensione adeguata per far passare così tanti coassiali. Essendo quindi obbligati a una collocazione in camera schermata l'unica possibile soluzione è inserire tutti i moduli analogici dentro un armadio schermato, così come lo sono i moduli digitali in altri armadi adiacenti.

#### Azioni inerenti al cap. 5:

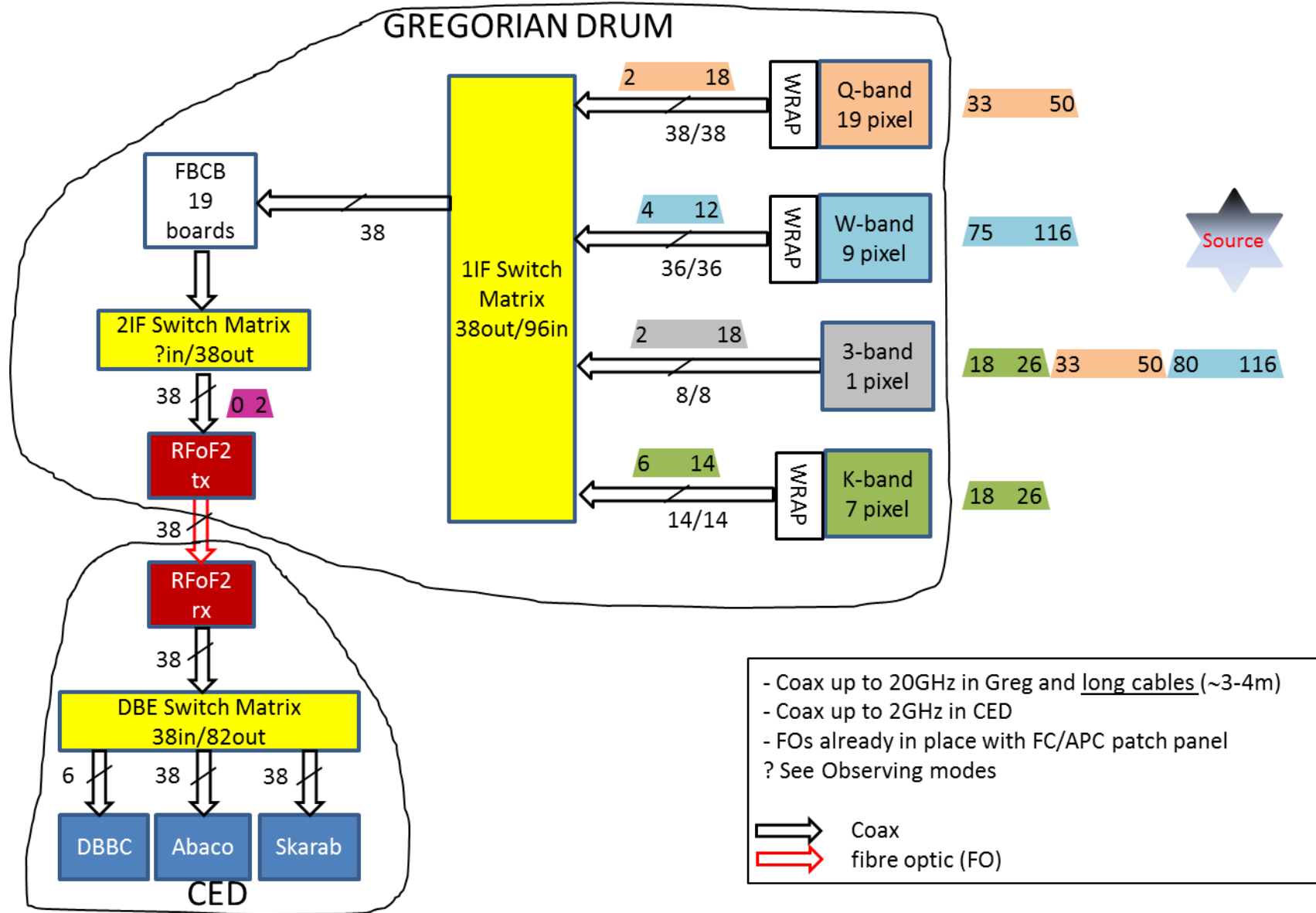


Fig. 5.3.1 Diagramma a blocchi della soluzione C: uso di link ottici banda stretta 2GHz e unico FBCB a ridosso dei ricevitori sul tamburo gregoriano

SOL	PROs	CONs	VERTICAL DIMENSION	COST	POWER CONSUMPTION
A	<ol style="list-style-type: none"> <li>100% band in CED, all RX</li> <li>One FBCB, 19 boards</li> <li>FBCB into CED</li> <li>Wider space outside dewar</li> <li>3-band roomy for SW+RFoF20</li> <li>Expandable 2IF distribution to DBE</li> <li>A,B,C,D modes allowed</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>RFoF20 costs &gt; 10 times RFoF2</li> <li>Longer and expensive 1IF cables</li> <li>1IF cables into wrap cable</li> <li>Shared FBCB problematics among RX</li> </ol>	<p><b>On GREG</b> RXQ = 22U AliSRT+DwrCtrl = 3U WRAP ≥ 11U 1IFSW+FOtx = 9U</p> <p><b>In CED</b> FOrx+FBCB+SW=27U DBEs = 39U</p>	<p>FBCB 19=160K 38RFoF20=600K 1IFcable=39K <b>Total=799K€</b></p>	<p><b>On GREG</b> RXQ = 30W AliSRT+DwrCtrl = 18W 1IFSW = 25W RFoF20tx = 300W</p> <p><b>In CED</b> RFoF20rx &lt; 20W; FBCB+digital = 800W; SW = 25W; DBEs = 40W</p>
B	<ol style="list-style-type: none"> <li>Shorter 1IF cables</li> <li>2IF cables into wrap cable</li> <li>FBCB for each RX</li> <li>RFoF2 costs &lt; 10 times RFoF20</li> <li>3-band roomy for SW+RFoF2</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>12%Q;10%W;13%3band;68%K band</li> <li>Four FBCB, 48 boards</li> <li>FBCB in Greg (RFI?)</li> <li>All RX close to space limits</li> <li>Fixed 2IF distribution to DBE</li> <li>2IFSW number of inputs undefined</li> <li>A,B,C,D modes not allowed</li> </ol>	<p><b>On GREG</b> RXQ = 22U AliSRT+DwrCtrl = 3U FBCB = 14U WRAP ≥ 11U 1IFSW+FOtx = 9U</p> <p><b>In CED</b> FOrx+SW = 9U DBEs = 39U</p>	<p>FBCB 48=400K 38RFoF2=38K <b>Total=438K€</b></p>	<p><b>On GREG</b> RXQ = 30W AliSRT+DwrCtrl = 18W FBCBs+digital = 2000W 1IFSW = 25W RFoF2tx = ?</p> <p><b>In CED</b> RFoF2rx = ?; SW = 25W DBEs = 40W</p>
C	<ol style="list-style-type: none"> <li>RFoF2 costs &lt; 10 times RFoF20</li> <li>One FBCB, 19 boards</li> <li>Wider space outside dewar</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>12%Q;10%W;13%3band;68%K bw</li> <li>1IF cables into wrap cable, longer, expensive</li> <li>Shared FBCB problematic</li> <li>FBCB in Greg (RFI?)</li> <li>3-band space for FBCB+SW+RFoF2?</li> <li>Fixed 2IF distribution to DBE</li> <li>A,B,C,D modes not allowed</li> <li>Need one more SW</li> </ol>	<p><b>On GREG</b> RXQ = 22U AliSRT+DwrCtrl = 3U WRAP ≥ 11U FBCB = 14U 1IFSW+FOtx = 9U</p> <p><b>In CED</b> FOrx+SW = 9U DBEs = 39U</p>	<p>FBCB 19=160K 38RFoF2=38K 1IFcable=39K <b>Total=237K€</b></p>	<p><b>On GREG</b> RXQ = 30W AliSRT+DwrCtrl = 18W 1IFSW = 25W FBCB+digital = 800W RFoF2tx = ?</p> <p><b>In CED</b> RFoF2rx = ?; SW = 25W DBEs = 40W</p>

MAX su TAMBURO GREGORIANO = 50U (**Attenzione:** SOL. B&C SONO AL LIMITE)

Tab. 5.1 Confronto tra le tre soluzioni prospettate

## 6. PROBLEMATICHE DEL TRASPORTO SEGNALI DAI RICEVITORI AI BACK-END

L'architettura che è stata prospettata nei capitoli precedenti pone, in ogni possibile scelta possa essere decisa, problematiche inerenti a vari aspetti, qui di seguito elencate:

1. spazi disponibili per collocare la quantità di cavi coassiali in uscita dai ricevitori
2. spazi disponibili per collocare la o le matrici di commutazione
3. scelta di opportuni cavi coassiali 11F in termini di dimensioni, perdite, stabilità di ampiezza e fase rispetto alla curvatura a cui saranno sottoposti
4. scelta di wrap cable in cui alloggiare i coassiali in uscita dai ricevitori dotati di derotatore
5. consumo di potenza complessivo proveniente dalla somma delle varie parti costituenti
6. schede digitali di controllo, con relativo protocollo, per le varie operatività richieste su ogni ricevitore (monitoring e on/off testa fredda, monitoring e on/off pompa e valvola da vuoto, monitoring e impostazioni alimentazioni LNA criogenici)

### Dimensioni e wrap cable, punti 1 e 4

Le problematiche 1 e 4 vanno valutate insieme e un ottimo punto di partenza è utilizzare il multifeed K-band già esistente per cercare soluzioni anche per il Q- e W-band. Ciò perché il K-band ha già definito in pratica valori massimi di ingombro e verificato funzionante sia la wrap cable usata sia il derotatore elettromeccanico. In fig. 6.1 è riportato il disegno quotato di questo ricevitore, da tempo operante sul tamburo gregoriano di SRT, posto a confronto con quello Q-band,

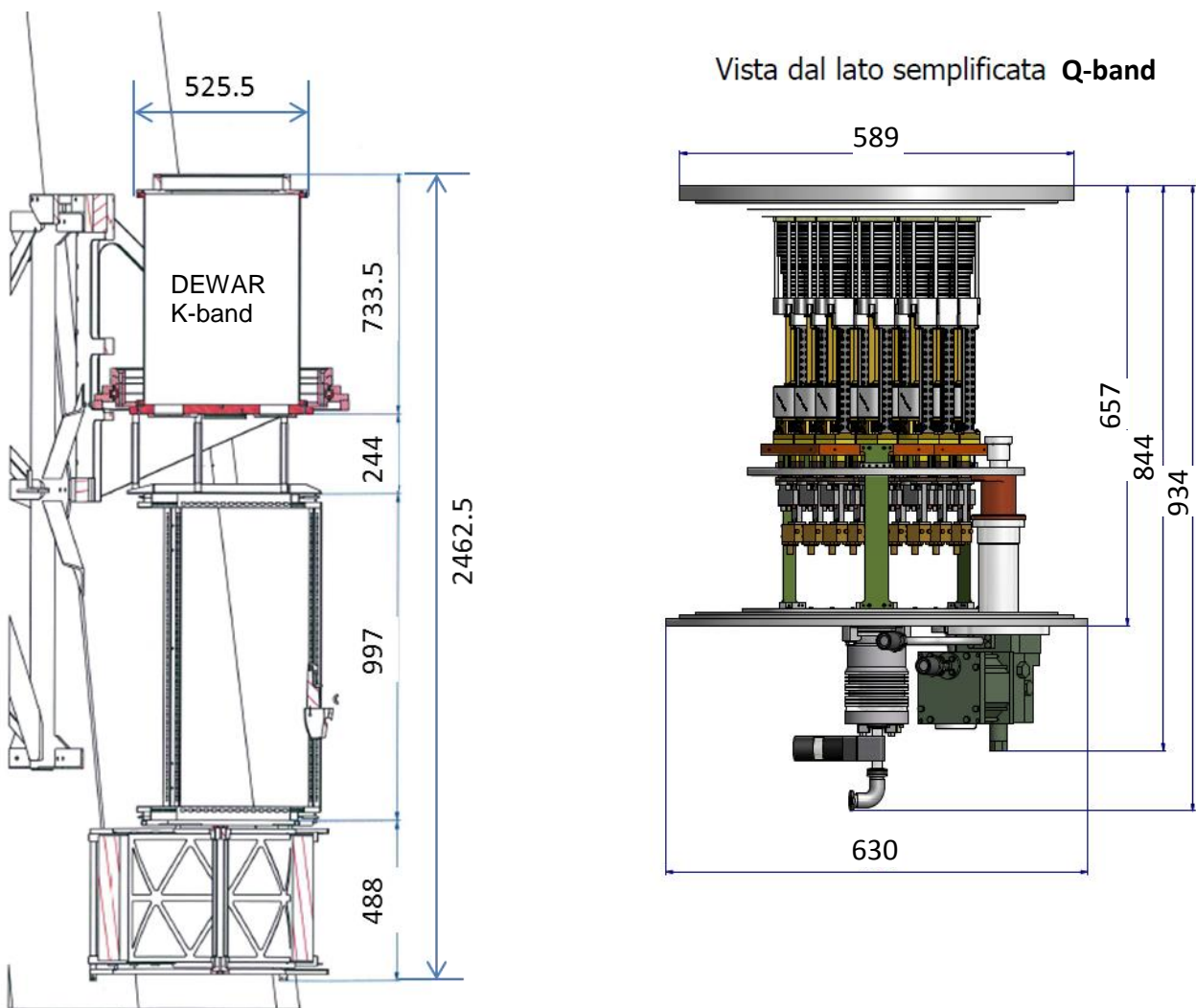


Fig. 6.1 (sinistra) Dimensioni essenziali del multifeed K-band presente sul tamburo gregoriano di SRT e confronto col dewar Q-band (destra)

La dimensione verticale massima di ogni ricevitore montato sul tamburo gregoriano deve essere come quella riportata, circa 2460mm. Le dimensioni dewar del Q-band sono molto simili. Quelle del W-band e 3-band dovranno rimanere entro questi limiti. La wrap cable per i ricevitori a venire dotati di derotatore è opportuno sia del tutto simile a quella attuale, meglio se identica a quella quotata in figura 6.3 e mostrata in fig. 6.2.

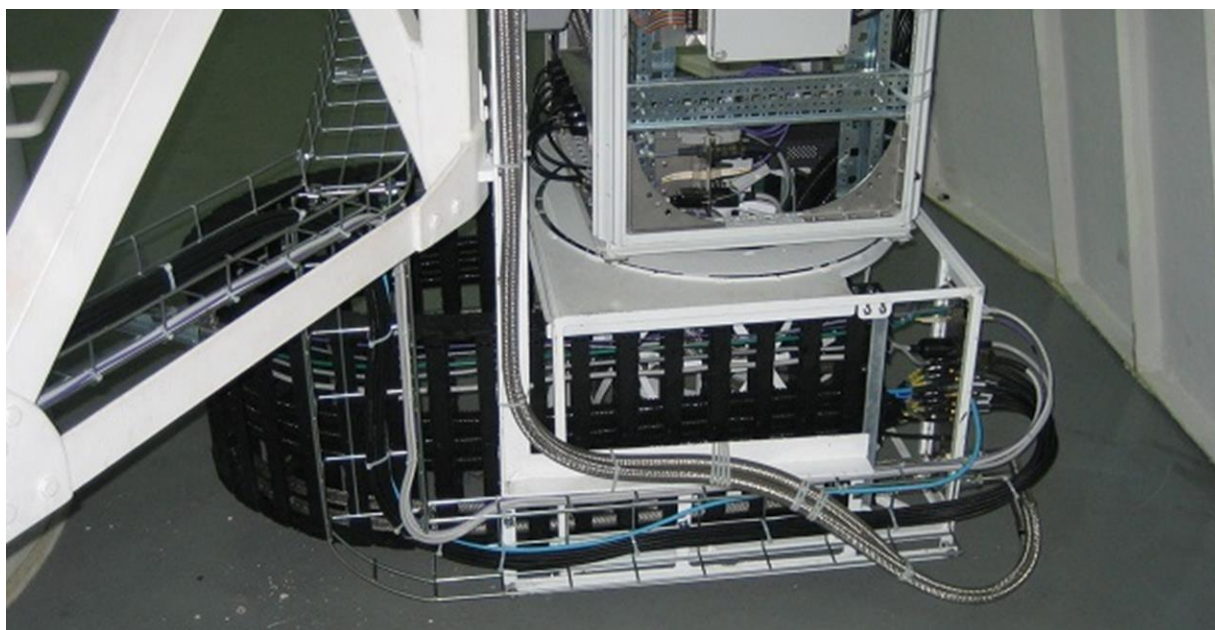


Fig. 6.2 Wrap cable del multifeed K-band

In figura 6.2 si vedono cavi di controllo e alimentazione (grigio e azzurro nella parte alta della wrap), si vedono tubi corrugati che al loro interno alloggiavano i cavi coassiali di segnale (neri, in numero di tre nella parte centrale della wrap) e i due tubi dell'elio per la criogenia (non quelli in primo piano che provengono dal criostato, ma quelli che si intravedono appena, in basso nella wrap).

Un disegno che mostra dimensioni e sistemazione di quanto elencato è la fig. 6.3,

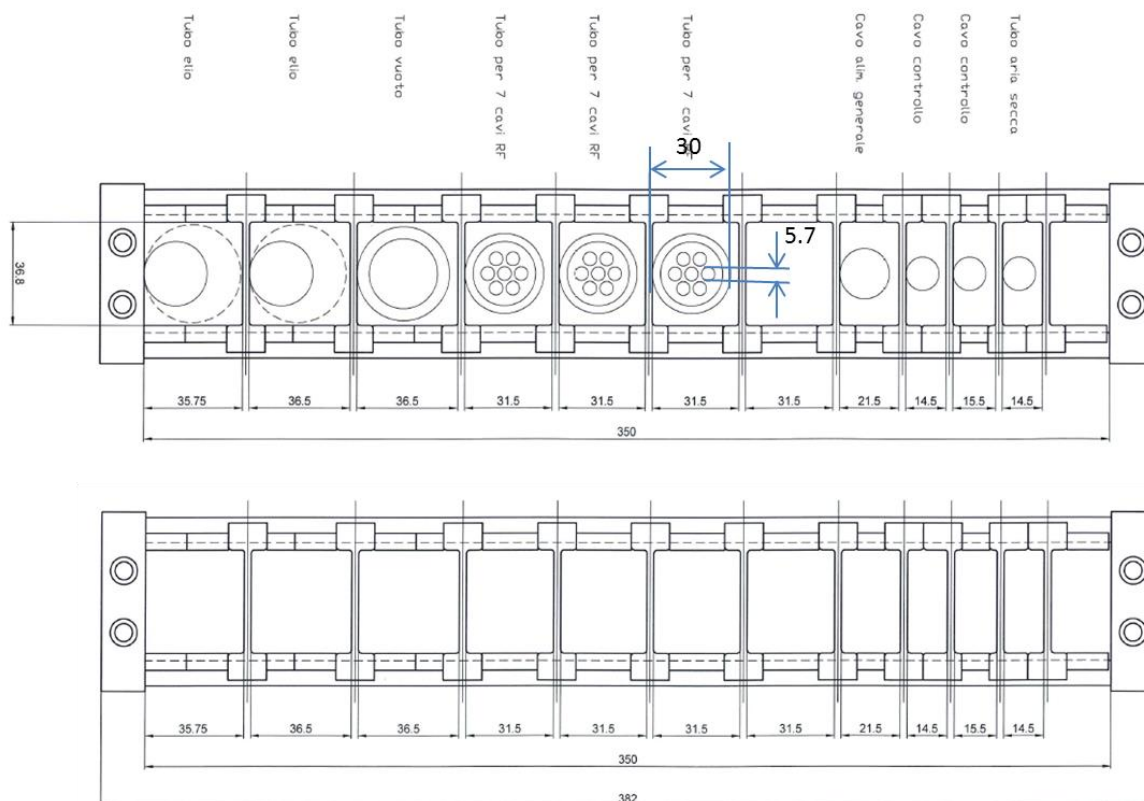


Fig. 6.3 Sistemazione e dimensioni della wrap cable usata per il K-band

Questa immagine, in realtà, mostra l'eventuale disposizione anche di elementi che non sono usati nel K-band: il tubo per l'aria secca e il tubo per il vuoto. Quest'ultimo non è ivi necessario perché la pompa vuoto è solidale col dewar e installata su di esso.

Vengono mostrati i cavi coassiali inseriti in ogni tubo corrugato di 30mm di diametro (in numero di 7 e con diametro di 5.7mm ciascuno).

Per quanto riguarda l'applicazione del Q- e W-band sono necessari una quarantina di coassiali (38 di segnale + 1 per OL + 1 spare). Sfruttando la disponibilità di spazio, ciò che è necessario per questi due futuri ricevitori può essere collocato come in fig. 6.4, posto che la dimensione del coassiale sia non troppo diversa dal K-band. Notare che è stato aggiunto un cavo fibra ottica multimodale, il pallino blu in una delle cave di controllo, per il controllo veloce della marca di calibrazione (sistema calmux) per DBBC e DFB.

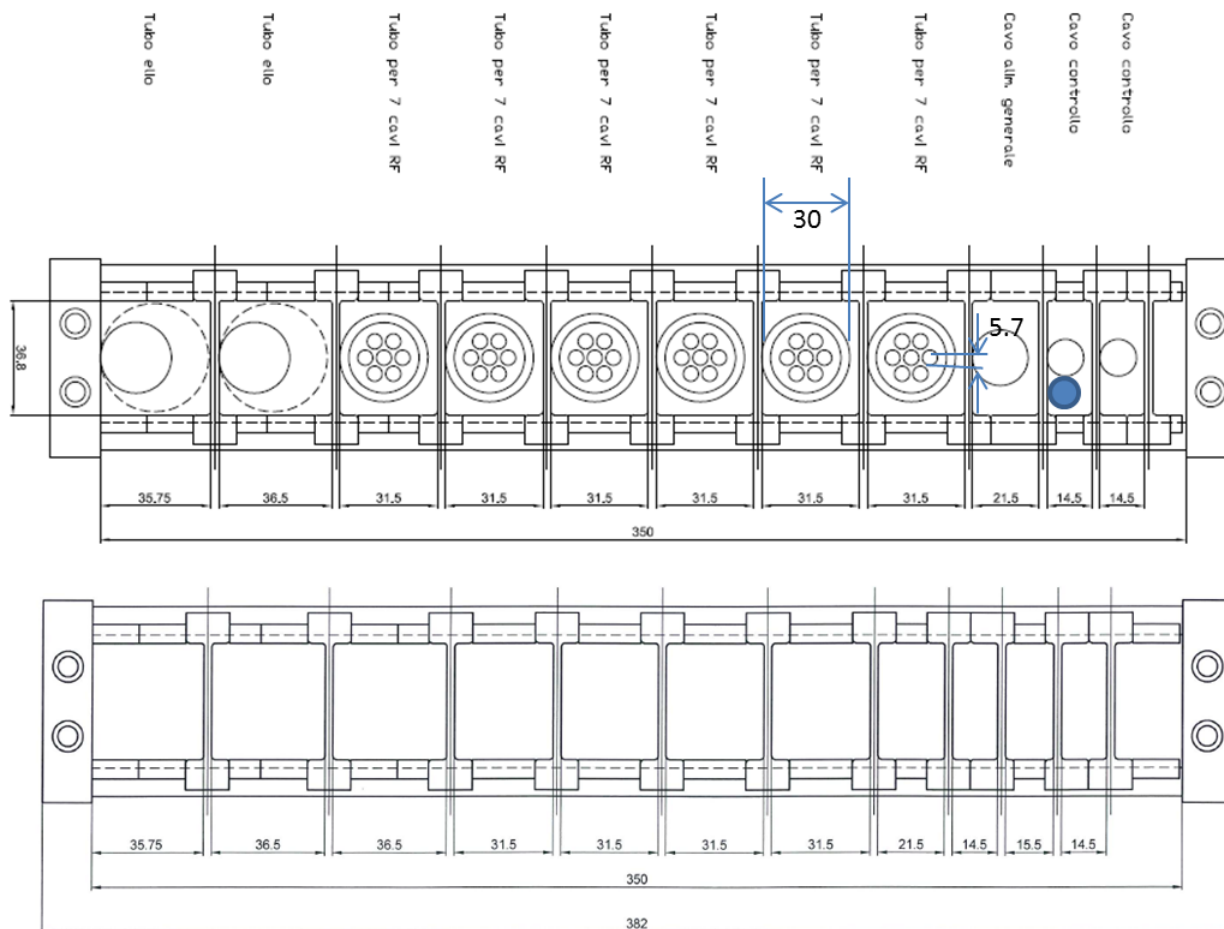


Fig. 6.4 Ipotesi di wrap cable e disposizione cavi e tubi necessari

### Cavi coassiali fino a 20GHz, punto 3

Il punto 3 implica un'accurata scelta del tipo di cavo coassiale da usare in uscita alla prima conversione. Deve mostrare caratteristiche di basse perdite, piccole dimensioni, cioè con diametro minore o uguale al coassiale usato nel K-band, si veda fig. 6.4, e con minima sensibilità a salti di attenuazione e fase quando il cavo subisce l'elongazione dovuta al movimento del rotatore: c'è da dire però che la presenza di una wrap cable fa sì di porre questa situazione in una condizione favorevole.

Al momento è stata fatta una indagine su vari tipi di cavi necessari ai nostri scopi. Il risultato è mostrato in tab. 6.1: nove tipi diversi di cavo sono stati considerati e per ognuno si riportano: caratteristiche di frequenza massima, diametro esterno, attenuazione a 18 e 26 GHz, tipo di connettore e costo.

Dei nove considerati, cinque hanno diametro compatibile con le nostre esigenze, tutti sono per frequenze almeno fino a 18GHz e l'attenuazione a 18GHz si attesta a circa 1dB/m. Per quanto riguarda il prezzo, i tipi con diametro intorno ai 5mm si collocano intorno ai 300 euro a pezzo (cavo di 3m connettorizzato), a parte il teledyne phase master 300. Un buon compromesso sembra essere il sucoflex 229, ma a questo punto occorrono informazioni quali curva di perdita con la frequenza, raggio di curvatura.

MARCHIO	TIPO di CAVO	PRESTAZIONI					CONNETTORE SMA	cavo 3m con connettori
		Fmax [GHz]	VOP [%]	Ø esterno [mm]	A @18GHz [dB/m]	A @26GHz [dB/m]		
HUBER & SUNHER	SUCOFLEX 229	29	82	5,1	1,06	1,31	m - m	280€/pz
HUBER & SUNHER	SUCOFLEX 126	26,5	77	5,5	1,1	1,37	m - m	190€/pz
HUBER & SUNHER	SUCOFLEX 526	26,5	77	7,7	1,1	1,36	m - m	750€/pz
TELEDYNE REYNOLDS	PHASE MASTER 210	18	84,6	7,6	0,7	----	m - m	650€/pz
TELEDYNE REYNOLDS	PHASE MASTER 300	26,5	84	5,33	0,99	1,21	m - m	780€/pz
TELEDYNE REYNOLDS	TRUE BLUE 290	18	76	7,4	0,85	----	m - m	400€/pz
L3-ATM-NARDA	210	30	84	5,6	1,5	1,84	m - m	300€/pz
L3-ATM-NARDA	300	18	84	7,87	1,12	----	m - m	400€/pz
RADIALL	SHF5M	26,5	84	5,2	1,02	1,27	m - m	

Tab. 6.1 Indagine su cavi coassiali da utilizzare per segnali 1IF

Per dare un esempio dei dati da considerare nella valutazione si riportano in tab. 6.2 quelli del SUCOFLEX 229, con in fig. 6.5 la struttura dei vari strati del cavo,

Temp. di lavoro [°C]	Raggio di curvatura (mm)		Peso [g/m]	Conduttore Interno (1)	Dielettrico (2)	Conduttore Esterno (3)	Barriera (4)	Treccia esterna (5)	Rivestimento (6)	Stabilità di fase con la flessione [°/GHz]	Stabilità di fase con la temp. [ppm]
	Statico	Ripetuto									
-55÷125	23	70	61	CuAg	PTFE microporoso	Treccia piatta	Nastro Al/poliammide	CuAg	FEP chiaro	< 0.65	< 600

Tab. 6.2 Caratteristiche termiche e meccaniche, si veda anche datasheet del prodotto

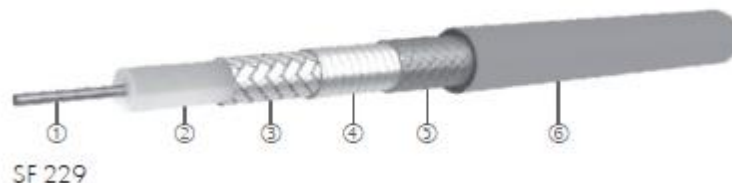


Fig. 6.5 Strati del cavo sucoflex 229

In fig. 6.6 è riportata la curva di attenuazione per 4 metri di cavo connettorizzato SMA 26.5GHz (perdita di ogni connettore pari a 0.025dB) a 25 °C e 600m di altitudine,

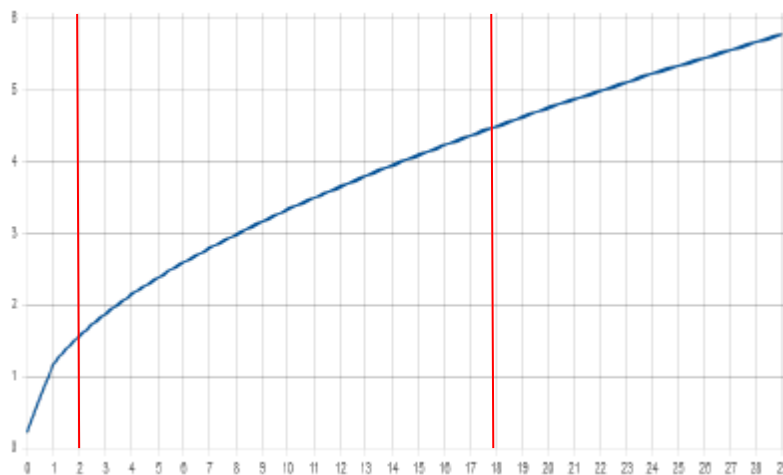


Fig. 6.6 Attenuazione di 4m connettorizzati SMA del sucoflex 229.  
Le righe rosse indicano la banda di interesse

Per confronto, il sucoflex 126, di minor costo, presenta raggi di curvatura ben minori, 16 e 25mm rispettivamente per caso statico e ripetuto; valori di coefficienti di stabilità di fase 0.9 e 1500 rispettivamente in flessione e temperatura.

#### Consumo di potenza, punto 5

Al momento le uniche stime di consumo sono quelle riportate in tabella 5.1 del capitolo precedente, ma mancano i dati di troppi moduli per poter azzardare un totale.

#### Criogenia

I nuovi ricevitori in gregoriano necessitano di una testa fredda CTI 350 per il C-band; per il Q-band i calcoli termici indicano CTI 350, pertanto anche il 3-band, con un dewar molto meno affollato, dovrebbe usare lo stesso tipo. Non è ancora chiaro se per il W-band si debba passare a una CTI 1020 o se anche qui la CTI 350 sia sufficiente. Conservativamente, si ritiene congruo, al momento, dimensionare le potenzialità criogeniche dei relativi compressori immaginando per tutti e tre questi ricevitori alta frequenza l'uso di CTI 1020. Un nuovo modello di compressore, il CTI 9700A (<https://drive.google.com/file/d/1vxMy9XJVhXGchl2m2tvUu-5dsc1HPdm8/view?usp=sharing>), potrebbe fare al caso nostro per i ricevitori PON. La tabella 6.3 mostra, in verde, l'attuale dotazione di compressori a srt con i tipi di teste fredde servite e la potenzialità di questo nuovo tipo di compressore nel futuro schema antenna del dopo PON; il modello attuale 9600 può raffreddare fino a due teste 350CP. Notare come il 9700A possa invece raffreddare 3 teste fredde di modello misto. L'attuale K-band verrebbe commutato su questo nuovo compressore insieme ai nuovi ricevitori W-band e Clow.

<i>N.ro LINEA</i>	<i>TIPO COMPRESSORE</i>	<i>FUOCO ANTENNA</i>	<i>RICEVITORE</i>	<i>TESTA FREDDA</i>
Linea 1	CTI Brooks 9600	BWG	X ASI	350CP
Linea 2	CTI Brooks 9600	BWG	Chigh	350CP
Linea 3	CTI Brooks 9700A	Gregoriano	3-band	350CP/1020?
		Gregoriano	Q	350CP/1020?
		Gregoriano	X-Ku?	350CP
Linea 4	CTI Brooks 9700A	Gregoriano	Clow	350CP
		Gregoriano	K	350CP
Linea 5	Sumitomo	Gregoriano	W	1020
		Gregoriano	Bolometro	Sumitomo
Linea 6	CTI Brooks 9600	Primario	LP	350CP
Linea 7	CTI Brooks 9600	Primario	S	350CP

Tab. 6.3 Panorama attuale e futuro dei compressori criogenici e delle teste fredde

### Schede digitali di controllo, punto 6

Nella tabella 6.4 viene mostrato un elenco di moduli digitali necessari alla operatività remota dei ricevitori. Assieme ai nomi delle varie schede viene indicato a cosa servono così come la quantità di schede disponibili attualmente a Medicina e quante ne sono necessarie per ogni ricevitore. I ricevitori riportati sono quelli in costruzione o previsti nell'immediato futuro: S-band, Clow-band, Ku-band, Q-band, W-band, 3-band. Nella cella di ciascun simbolo del ricevitore è indicato anche il numero di feed. A parte il Ku-band per Medicina e due 3-band per Medicina e Noto ciascuno, tutti gli altri sono per SRT. L'ultima colonna conta il saldo tra schede ora disponibili e quelle necessarie, ovviamente un numero negativo indica che occorre produrne di ulteriori. A Cagliari è stata prodotta una scheda controllo chiamata GAIA, compatibile con questa e attualmente è a disposizione una quantità prototipale. Occorrerà decidere se produrre queste ultime o quelle indicate in tab. 6.4.

ID	Nome	Descrizione	Med	S 7	C 1	Ku 2	Q 19	W 9	Triplo 3	Saldo
1	PCB AliSRT	Biasing fino a 5 stadi per 2 polarizzazioni ognuna	21	7	1	1	4	2	1x3	+3
2	PCB0031	CPU di controllo LNA e dewar	9	2	2	2	2	2	2x3	-7
3	PCB0041	Interfaccia per controllo LNA e dewar	9	2	2	2	2	2	2x3	-7
4	PCB LAN	Interfaccia LAN per PCB0031 CPU	11	2	2	2	2	2	2x3	-5
5	PCB BP Board	Back Plane Adapter per PCB0031 CPU	9	1	1	1	1	1	1x3	+1
6	PCB V.Pup Adapter	Interfaccia per controller Adixen ACT100 e ACT200	10	1	1	1	1	1	1x3	+2
7	PCB Cryo Power Board	Scheda controllo locale e remoto pompe, valvole e testa fredda	9	1	1	1	1	1	1x3	+1
8	Box Cryo Power	Scatola con relè di potenza da abbinare alla SRT-CPB	3	0	1	1	1	1	1x3	-4

Tab. 6.4 Disponibilità e necessità di schede controllo dei ricevitori

### Derotatore

Questo modulo è necessario per i seguenti ricevitori: Q-band, W-band, S-band. Anche in questo caso è bene rifarsi alla versione usata per il multifeed K-band. Occorre comunque porre attenzione alla comunicazione pervenuta secondo cui l'encoder emette RFI. Di seguito le specifiche realizzate sul derotatore costruito per il K-band,

- *Specifiche generali*
  - Corsa utile<sup>1</sup> 264° ± 132°
  - Velocità di rotazione 3.276 °/sec @ 3000 rpm
  - Accelerazione 2.67 °/sec<sup>2</sup>
  - Ripetibilità 0.03°
  - Risoluzione 0.00549 °/step motore
  - Coppia max uscita 550Nm
- *Specifiche Motore Berger Lahr – IclA IFE*
  - Alimentazione 24 VDC
  - Numero giri max 3000 rpm
  - Numero giri min. 300 rpm
  - Coppia nominale 0.175 Nm
  - Step giro 12
  - minimo spostamento 2 step
- *Specifiche traduttore esterno assoluto magnetico ELGO Electric EMAX*
  - Risoluzione lineare 0.01 mm
  - Diametro montaggio traduttore 680.52 mm
  - Risoluzione angolare 0.00168°

<sup>1</sup> La rotazione massima su SRT sarà 240°, ± 120° a causa dell'ingombro della pompa per il vuoto.

- *Specifiche trasmissione cinematica*
  - Rapporto riduzione 1 riduttore 60:1  $\eta=90\%$
  - Rapporto riduzione 2 riduttore 10.25:1  $\eta=70\%$
  - Rapporto riduzione 3 riduttore 8.933:1  $\eta=90\%$
  - Rapporto riduzione totale 5494
  - Rendimento totale 60%
  - Coppia max uscita 550Nm
  
- *Posizione degli Switches*
  - Software limit +132°/-132°
  - Pre Limit Switch LIMP-LIMN +133.2°/-133.2°
  - Final limit Sw +135°/-135°
  - Posizione di riferimento LIMP+100step +132.68°

Dalle specifiche riportate si può calcolare,

- il minimo spostamento, in cielo 0.013 arcsec
- l'accuratezza di posizionamento, in cielo 0.036 arcsec

Il **punto 2**, infine, verrà in parte affrontato al capitolo 8.

### **Azioni inerenti al cap. 6:**

## 7. INTEGRAZIONE CON L'ESISTENTE

Il nuovo insieme di ricevitori finanziato dal PON, si veda tabella 1.1, dovrà integrarsi e coesistere con lo schema di commutazione e distribuzione del segnale dei ricevitori esistenti (Chigh-band, LP-band, K-band, X-ASI). Inoltre, sono in costruzione il mono-feed Clow-band e il 7-feed S-band, il primo da collocarsi sul tamburo gregoriano, il secondo in fuoco primario.

Per quanto riguarda l'integrazione primario/gregoriano si può sfruttare il fatto di dover costruire la matrice DBE switch matrix nel CED per aggiungere ingressi provenienti dal fuoco primario e dal focus selector collocato in RER. In fuoco primario sono già installate 24 fibre ottiche monomodali intestate a pannello con connettori ottici FC/APC. La potenzialità richiesta in primario è 14 segnali (il numero di uscite dal S-band) da inviare al CED. Queste fibre quindi possono inviare o le 14 uscite S-band o le 4 uscite LP-band o il segnale del ricevitore olografico, condividendo una ulteriore matrice di commutazione collocata in PFR-AR1. Il tipo di link ottici da usare sono in questo caso quelli già noti a banda 2GHz, denominati RFoF2. Nonostante il numero di fibre presenti a primario sia sufficiente a trasportare i segnali del banda S, LP, olografia, si fa notare che in previsione di realizzare un ricevitore di tipo Phased Array Feed da primario (non previsto dal bando PON) sarà necessario installare altre  $\approx 200$  fibre monomodo di collegamento fra PAF e camera schermata. L'acquisto e installazione di tali fibre aggiuntive è già previsto nel bando PON. Di passata si ricorda comunque che nella stessa posizione sono disponibili anche 14 coassiali, che però, non raggiungerebbero direttamente il CED, bensì l'armadio RER-AR1, dove poi i 14 segnali dovrebbero essere comunque inviati al CED via RFoF2.

Una parte dei coassiali che attualmente portano le 14 uscite K-band nell'armadio in RER potranno essere usati per portare alle schede di focus selector i segnali del Clow, in aggiunta al Chigh e X-ASI. Da qui, un sottoinsieme dei 14 link RFoF2 già in loco li invieranno in CED. Un eventuale futuro ricevitore X-Ku, cioè 8-18 GHz per radioastronomia, potrà essere instradato verso i link RFoF20 in gregoriano tramite la 1IF switch matrix.

Lo schema possibile è raffigurato in fig. 7.1; il numero di ingressi alla DBE switch matrix è da finalizzare e dipende da quanti e quali modi osservativi si possono gestire senza far esplodere l'hardware necessario a realizzare la matrice di commutazione: un argomento che si cercherà di impostare nel prossimo capitolo.

Per quanto riguarda la gestione dell'attuale K-band, come si è accennato al cap. 5 dovrà subire una ristrutturazione che, essenzialmente, consiste in,

- ✓ eliminare il cestello 2IF
- ✓ eliminare i filtri d'uscita ai mixer nel cestello 1IF
- ✓ controllare se il livello di segnale è adeguato per poterlo inviare alla 1IF switch matrix e se l'amplificatore dopo il mixer è di banda adeguata

Con questo upgrade ogni pixel del K-band diverrà largo 8GHz e ogni banda sarà scomposta, dal FBCB, in quattro sottobande larghe 2GHz.

### Azioni inerenti al cap. 7:

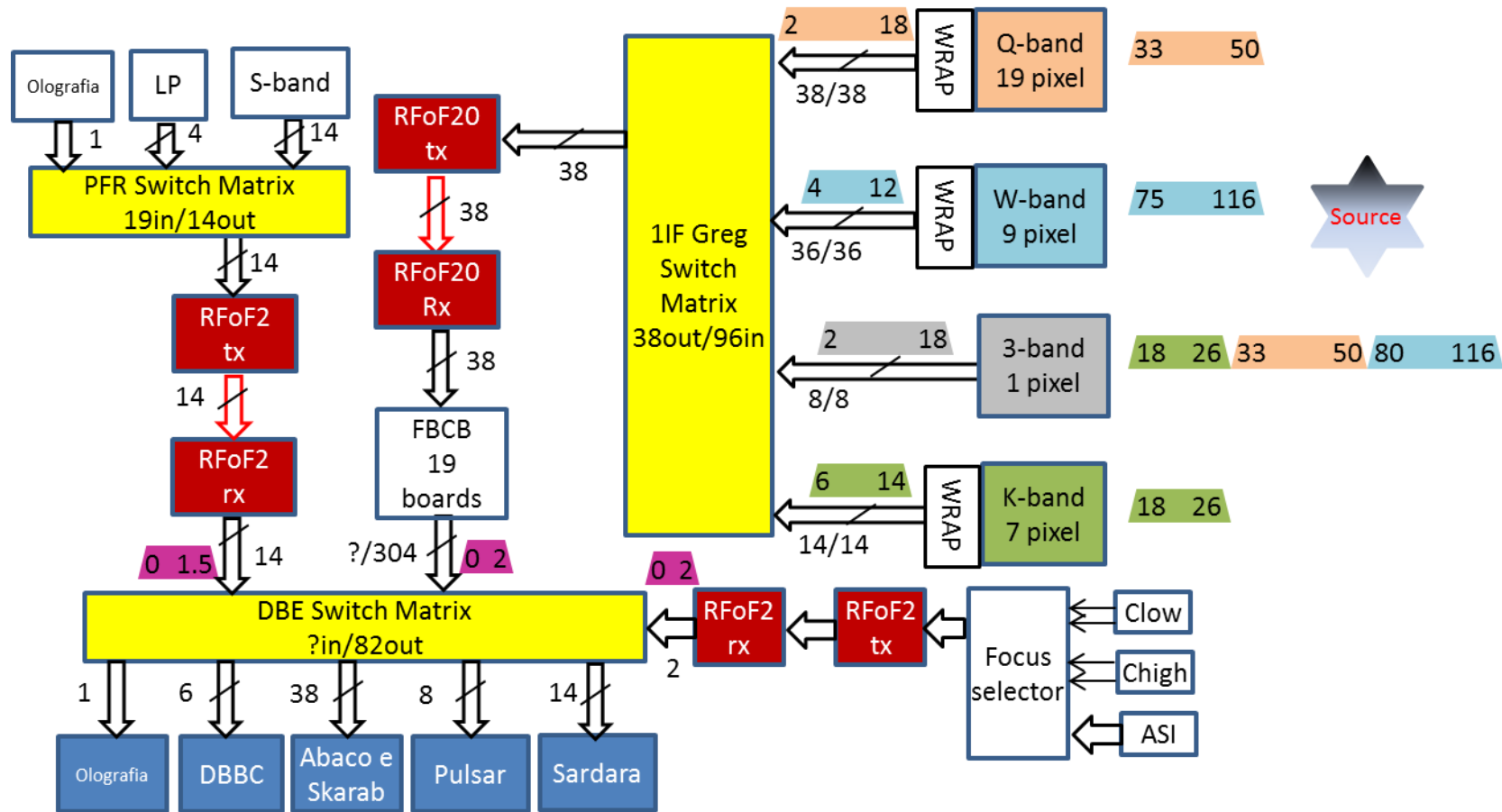


Fig. 7.1 Diagramma a blocchi della integrazione ricevitori di fuoco primario, secondario e BWG con i back-end

**8. REALIZZAZIONE DI MODI OSSERVATIVI TRAMITE MATRICI DI COMMUTAZIONE**

Per le considerazioni che si faranno in questo capitolo si prenda come base di partenza e per fissare le idee, lo schema 7.1 del capitolo precedente. I ricevitori a più feed con cui si avrà a che fare avranno le configurazioni geometriche riportate in fig. 8.1 a,b,c,d,e, ove il disegno b è valido nel caso in cui il banda W utilizzi una configurazione 3x3.

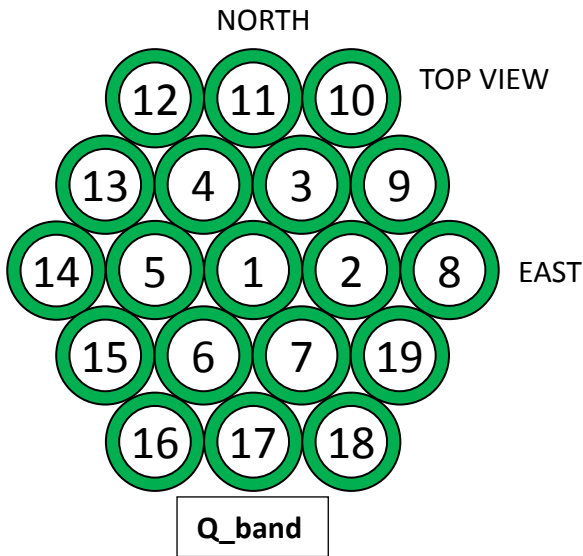


Fig. 8.1a 19-feed Q-band

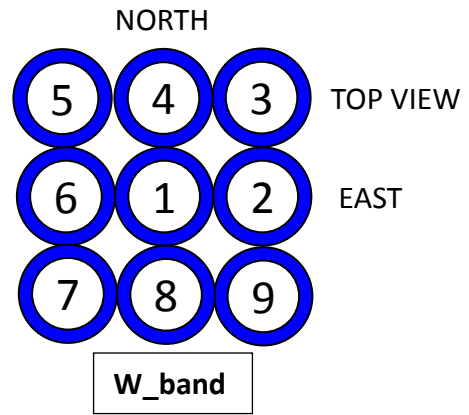


Fig. 8.1b 9-feed W-band

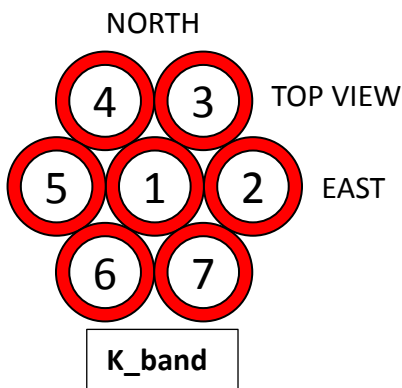


Fig. 8.1c 7-feed K-band

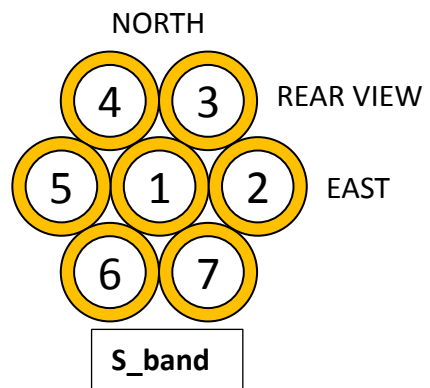


Fig. 8.1d 7-feed S-band

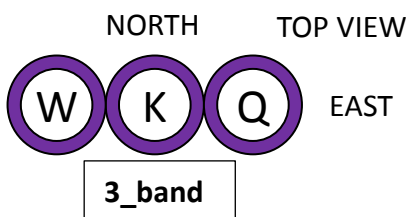


Fig. 8.1e 3-feed 3-band

Sappiamo già che tutti hanno doppia polarizzazione, bande larghe, eccetto S-band, e che tali bande verranno scomposte dal FBCB. Il multifeed più denso è il Q-band con 38 uscite 1IF, poi il W-band con 36 nella versione 3 x 3, il K-band con 14, il 3-band con 8. Infine S-band con 14 uscite, con frequenze di uscita che non hanno bisogno di essere elaborate dal sistema FBCB..

A tutt'oggi sono note le richieste di quattro modi osservativi, che chiamiamo A, B, C, D, riferiti al Q-band, e questi sono:

- A. 19 feed, 2 polarizzazioni, 1 sottobanda per pol (38 uscite verso il DBE)
- B. 7 feed, 2 pol, 2 sottobande per pol (28 uscite verso il DBE)
- C. 7 feed, 1 pol, 4 sottobande per pol (28 uscite verso il DBE)
- D. 2 feed, 2 pol, 8 sottobande per pol (32 uscite al DBE)

Possibili modi osservativi per il W- e K-band potrebbero essere come segue,

#### W-band

- A. 9 feed, 2 pol, 2 sottobande per pol [le due sottobande possono essere da una o due 1IF] (36 uscite)
- B. 9 feed, 1 pol, 4 sottobande per pol (36 uscite)
- C. 2 feed, 2pol, 8 sottobande per pol (32 uscite)
- D. 1 feed, 2 pol, 8 sottobande per pol (16 uscite)

#### K-band

- A. 7 feed, 2 pol, 2 sottobande per pol (28 uscite)
- B. 7 feed, 1 pol, 4 sottobande per pol (28 uscite)
- C. 2 feed, 2pol, 4 sottobande per pol (16 uscite)

Le sottobande sono larghe 2GHz, in pratica 1.8GHz, posizionate in sequenza nella banda 1IF 2-18GHz, ovvero, 2-4; 4-6; 6-8; 8-10; 10-12; 12-14; 14-16; 16-18. Si sottolinea che tutta la banda 2-18, e quindi le corrispondenze in frequenza cielo di tutte le sottobande 2IF, è sintonizzabile con il primo oscillatore locale, con la possibilità quindi sia di coprire i "buchi di frequenza tra le bande 2IF", sia di coprire la porzione cielo 'mancante' a 33-34GHz nel banda Q oppure la 75-116GHz nel banda W. Una volta convertite in 2IF dal FBCB tutte queste 8 sottobande sono posizionate in frequenza tra 0-2GHz, in pratica tra 0.1-1.9GHz. Si sottolinea che le bande 2-4GHz, 6-8GHz, 10-12GHz, 14-16GHz verranno invertite nel processo di conversione 2IF, ciò inverte la corrispondenza tra frequenze della bandabase e frequenze della radiofrequenza, un esempio in fig. 8.2 per il Q-band,

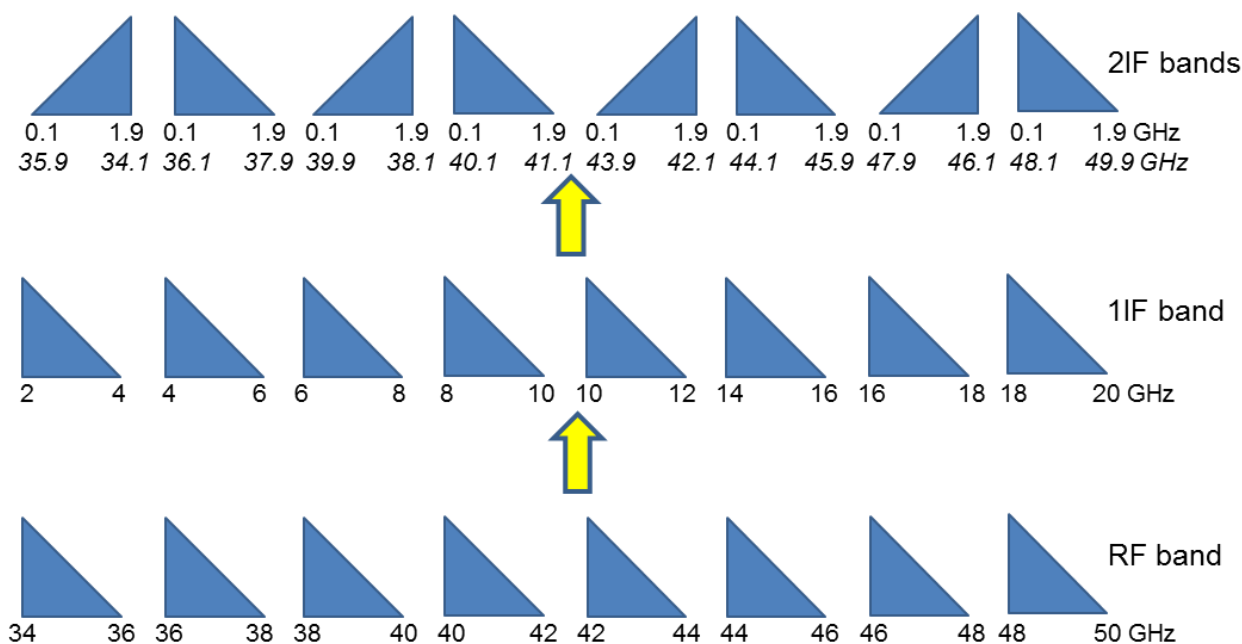


Fig. 8.2 Effetto dell'inversione di banda sulle bandabase 2IF

Al fine di individuare univocamente,

- il ricevitore,
- il feed entro quel ricevitore,
- la polarizzazione di quel feed,
- ciascuna delle 8 sottobande di quella polarizzazione

occorre un codice identificativo.

Una proposta potrebbe essere quella schematizzata in tab. 8.1: ogni ricevitore è individuato dalla lettera che lo identifica, accompagnata dal numero di feed (es: Q1, W5, K3, S2). La sottobanda è individuata dalla lettera B accompagnata da un numero da 1 a 8 quando esistono tutte le sottobande. E' il caso del Q-band e delle catene Q/W del 3-band, ma non è così per il W-band, ove esistono solo quattro sottobande visto che la banda 1IF va da 4 a 12GHz (per la precisione B2, B3, B4, B5); non è così per il K-band che ha solo quattro sottobande visto che la banda 1IF va da 6 a 14GHz (per la precisione B3, B4, B5, B6); non è così per S-band ove la banda d'uscita è unica per ogni feed e per ogni polarizzazione e dunque la specificazione della banda non è presente. Infine, per quanto riguarda il 3-band è necessario solo la lettera che identifica la frequenza del ricevitore (K, Q), fa eccezione il ricevitore W che, estendendosi da 80 a 116GHz, ha bisogno di considerare una banda low (80-96GHz) e una banda high (100-116GHz).

Per ciò che concerne la polarizzazione si aggiunge la lettera che associa la left (L), right (R), orizzontale (H) o verticale (V). Alcuni esempi: **Q1\_B1\_L** (feed 1 del Q-band, sottobanda 2-4GHz, polarizzazione left); **S3\_H** (feed 3 del S-band, polarizzazione orizzontale); **K7\_B6\_L** (feed 7 del K-band, sottobanda 12-14GHz, polarizzazione left); **W1\_B8\_R** (feed W del 3-band, sottobanda 16-18GHz della banda cielo low, polarizzazione right); **W9\_B2\_V** (feed 9 del W-band, sottobanda 4-6GHz, polarizzazione verticale). Nel solo caso del W-band occorrerà aggiungere anche se ci si riferisce a USB o LSB.

CODING of FBCB OUTPUTs		
FEED	1IF BAND	POL
Q1...Q19	B1 2-4GHz	L LCP
W1...W9	B2 4-6GHz	R RCP
K1...K7	B3 6-8GHz	H HOR
K, Q, W1, Wh	B4 8-10GHz	V VER
S1...S7	B5 10-12GHz	
	B6 12-14GHz	
	B7 14-16GHz	
	B8 16-18GHz	

Tab. 8.1 Elementi per la codifica delle uscite di tutti i ricevitori

Ciò che consente di instradare le uscite dai ricevitori in gregoriano al FBCB è la 1IF switch matrix, mentre la DBE switch matrix instrada al voluto back-end digitale tali uscite (o quelle provenienti dal fuoco primario che, a loro volta, sono state scelte dalla PFR switch matrix). Il progetto delle matrici di commutazione deve tener conto non solo della funzione principale, la scelta di ingressi molteplici e di diversa origine, ma anche degli ingombri limitati a disposizione e della complessità circuitale dovuta essenzialmente alla quantità di commutatori.

### 1IF switch matrix

Prende in ingresso 96 input dai 4 ricevitori principali (K-band, Q-band, W-band, 3-band) e ha 38 uscite da collegare ai 38 RFoF20. Si possono immaginare due soluzioni, quella "a stella" e quella "a bus". Si sottolinea che da questa matrice non possono essere instradati il Clow e il Chigh perchè avendo le uscite già in bandabase 0-2GHz, cioè del tipo 2IF, non devono andare al FBCB. Per questo motivo vanno inviate direttamente alla DBE switch matrix, di cui si parlerà oltre.

La soluzione “a stella”, il cui schematico rappresentativo potrebbe essere la fig. 5.1.1, fa convergere un fascio di 96 coassiali verso una scatola che contiene la 1IF switch matrix e i trasmettitori ottici; è da valutare se sia opportuno o necessario che le due scatole siano separate.

La posizione ottimale ove collocare la scatola è da studiare dal punto di vista meccanico.

In questa soluzione si possono usare commutatori a 4 posizioni (ad esempio quelli di tipo meccanico, Minicircuit MSP4TA-18-12D+, vedi <https://www.minicircuits.com/pdfs/MSP4TA-18-12D+.pdf>), fig. 8.3



Fig. 8.3 Esempio di commutatore meccanico per la soluzione “a stella”

L'instradamento delle 96 linee è mostrato in fig. 8.6. Notare come si possa aggiungere un ulteriore switch per condividere un unico sintetizzatore. Gli switch necessari sono in numero di 36 e l'ultimo feed del banda Q può essere direttamente collegato ai due ultimi trasmettitori ottici. Una evidenza importante da sottolineare è che, osservando attentamente la fig. 8.4, se il W-band invece che uscire in USB e LSB uscirà come Q-band e 3-band, ovvero con una unica banda 2-18GHz, la quantità di switch necessari, a parte quello per i sintetizzatori, si dimezzerebbe, 18 invece di 36, in quanto tutte le rimanenti linee del Q-band, dal feed 10 al 19, potrebbero andare direttamente ai trasmettitori ottici! E questo sarebbe un ottimo vantaggio dal punto di vista ingombri e costo. Ancora, una versione di W-band a uscita unica per polarizzazione dimezzerebbe anche il numero dei suoi cavi 1IF, ovvero 18 cavi alta frequenza in meno.

Dati riassuntivi di questa soluzione sono riportati in tab. 8.2.

- ❑ tipo switch: Minicircuit MSP4TA-18-12D+
- ❑ 36 switches per 96 input dai ricevitori
- ❑ 1 switch per OL
- ❑ 100 cavi 20GHz verso la 1IF switch matrix
- ❑ Costo switch: 500€/cad.
- ❑ Dimensioni switch: L x H x W = 80 x 43 x 43 mm
- ❑ Perdita switch  $\leq 0.5\text{dB}$
- ❑ Isolamento  $\geq 90\text{dB}$
- ❑ Vita = 10.000.000 cicli
- ❑ Velocità = 20ms
- ❑ Frequenza di lavoro = 0-18GHz
- ❑ Consumo quando attivato = 2.4W/switch
- ❑ S11 e S22  $\leq -15\text{dB}$
- ❑ Connettori SMA-f

Tab. 8.2 Dati riassuntivi della soluzione “a stella”, con specifiche degli switch proposti

In fig. 8.6 si mostra come i primi otto switch sono, a differenza degli altri, a 6 ingressi. Il motivo è predisporre l'invio di un ultimo futuro ricevitore, collocato nell'ultima posizione rimasta libera sul tamburo gregoriano, o fornire ingressi 'di servizio' o di scorta.

La soluzione “a bus” prevede invece di centrare rispetto ai ricevitori l'armadio rack presente in tamburo gregoriano, mettendo Q/W-band da un lato e K/3-band dall'altro, fig. 8.4.

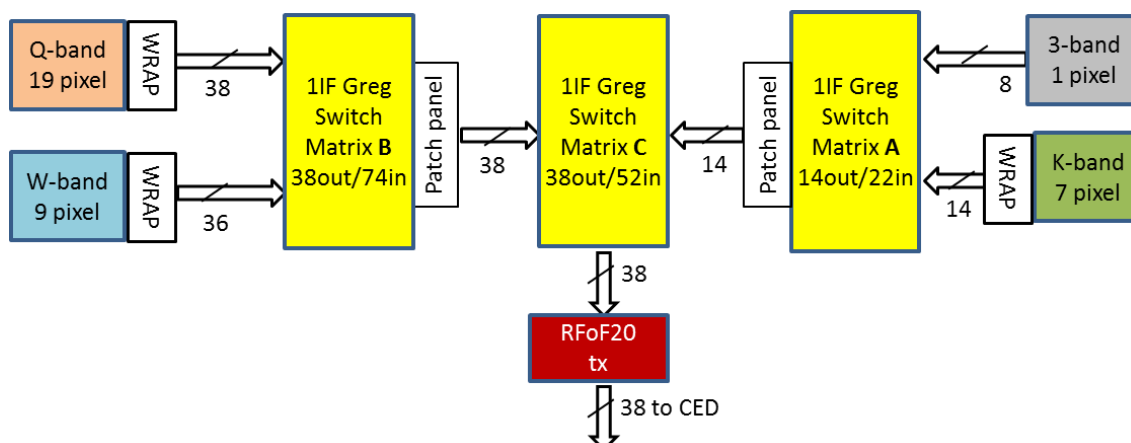


Fig. 8.4 Schematico della soluzione "a bus"

In ogni lato i cavi del gruppo ricevitori di quel lato vanno a concentrarsi in una prima matrice di commutazione. Dalle due matrici di commutazione dei due lati ci sono poi patch panel che inviano le uscite degli switch a una terza matrice di switch presente nell'armadio, dove sono collocati anche i 38 trasmettitori ottici (anche qui switch e trasmettitori possono essere nella stessa scatola o in scatole diverse).

In questa soluzione si possono usare switch a 2 posizioni (ad esempio quelli di tipo meccanico, Minicircuit MSP2P-18-BM+, vedi <https://www.minicircuits.com/pdfs/MSP2T-18-BM+.pdf>), fig. 8.5.

L'instradamento è mostrato in fig. 8.7. Anche qui si può aggiungere un ulteriore switch per condividere un unico sintetizzatore.

Dati riassuntivi di questa soluzione sono riportati in tab. 8.3.

Anche in questa soluzione è da rimarcare, come spiegato nella soluzione "a stella", la semplificazione nel numero di switch e cavi se il W-band fosse a banda 1IF unica per polarizzazione.



Fig. 8.5 Esempio di commutatore meccanico per la soluzione "a bus"

- Minicircuit MSP2T-18-BM+
- 60 switches per 50 input da RXs
- 1 switch per OL
- 144 cavi 20GHz verso l'armadio
- Costo switch: 200€/cad.
- L x H x W = 62 x 12.7 x 50 mm
- Perdita  $\leq 0.3\text{dB}$
- Isolamento  $\geq 75\text{dB}$
- Vita = 10.000.000 cicli
- Velocità = 20ms
- Frequenza di lavoro = 0-18GHz
- Consumo quando attivato = 2.4W/switch
- S11 e S22  $\leq -21\text{dB}$
- Connettori SMA-f

Tab. 8.3 Dati riassuntivi della soluzione "a bus", con specifiche degli switch proposti

Questa soluzione "a bus", in sostanza, prevede di suddividere il percorso cavi in due percorsi separati per ciascun lato, distribuendo la collocazione delle scatole, a spese di un aumento del numero di

connettorizzazioni. La soluzione “a stella” invece fa convergere un fascio di cavi in un punto concentrato, ove è localizzata la scatola switch e trasmettitori.

Nella tabelle 8.4 e 8.5 si mostra un confronto tra le soluzioni “a stella” e “a bus”, nel primo caso con W-band attuale, nel secondo con W-band a uscita 1IF unica. Per quanto riguarda i cavi si è preso ad esempio il Sucoflex 229.

<b>CONFRONTO TRA LE DUE SOLUZIONI DI 1IF SWITCH MATRIX, W-band USB+LSB</b>						
	N.ro switch	N.ro cavi	Costo switch	Costo totale (€)	Dimensioni (mm)	Specs elettriche
a stella	36	100	500€/cad	46000	80 x 43 x 43	Simili
a bus	60	144	200€/cad	53000	62 x 12.7 x 50	

Tab. 8.4 Confronto tra le due soluzioni di 1IF switch matrix con W-band USB/LSB

<b>CONFRONTO TRA LE DUE SOLUZIONI DI 1IF SWITCH MATRIX, W-band 1IF unica</b>						
	N.ro switch	N.ro cavi	Costo switch	Costo totale (€)	Dimensioni (mm)	Specs elettriche
a stella	18	82	500€/cad	32000	80 x 43 x 43	Simili
a bus	42	126	200€/cad	44000	62 x 12.7 x 50	

Tab. 8.5 Confronto tra le due soluzioni di 1IF switch matrix con W-band con banda 1IF unica

Se si vuole dare un giudizio, da queste due tabelle si potrebbe concludere che il risparmio di cavi, ingombro e costo è piuttosto netto nella soluzione “a stella” con W-band a 1IF unica, è marginale nella soluzione “a bus”.

Come ultima considerazione, se si risparmia in uscite col W-band e si usa la soluzione a stella nella 1IF switch matrix sarebbe possibile implementare già da ora, in quest’ultima matrice, una soluzione che permetta di instradare un futuro ricevitore gregoriano in configurazione dual feed (per esempio che lavori nella banda 8-18GHz, banda di frequenza unione della banda X con la Ku), collocato nell’unica locazione ricevitori che presumibilmente rimarrà disponibile dopo la conclusione del PON. In fig. 8.6 infatti, con lo spazio risparmiato dalla diminuzione a 18 degli switch necessari, si potrebbe provvedere a porre gli switch SW1,...,SW8 non a 4 vie, ma a 6 mettendo così a disposizione otto ingressi liberi che potranno essere instradati verso FCB + DBE switch matrix. In effetti l’opzione switch coassiali a 6 ingressi, almeno per quel che riguarda i primi 14 canali, risulterebbe senz’altro preferibile (gli altri 24 potrebbero essere a 2 posizioni se si suppone che l’ultimo ricevitore installabile non avrà più di 7 feeds). In questo modo sarebbe possibile servire tutte le sei scatole ricevitori installabili nella posizione focale oltre a quelli in arrivo dal PON.

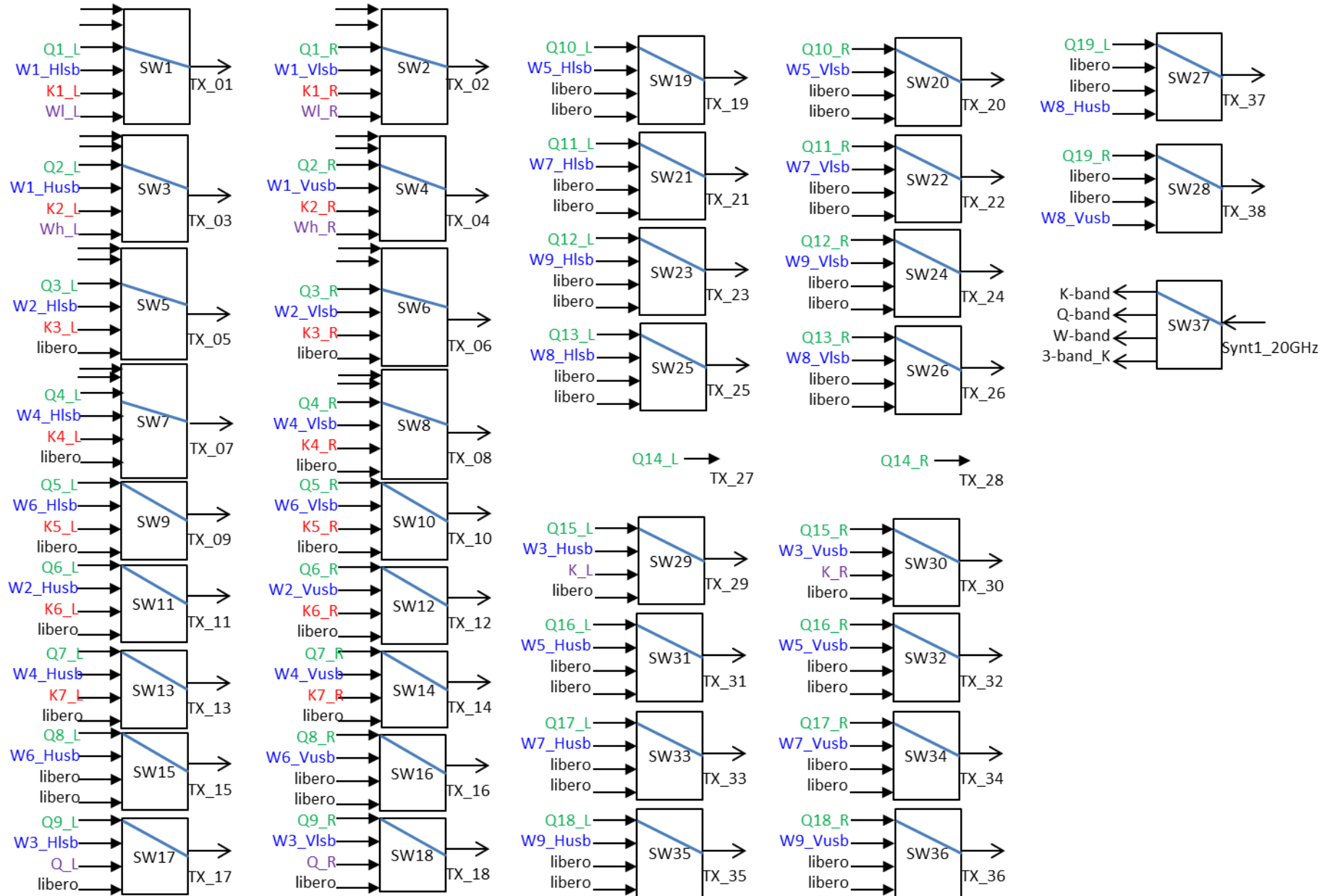


Fig. 8.6 Schema dei collegamenti per la soluzione "a stella". Q-band colore verde; W-band colore blu; K-band colore rosso; 3-band colore viola.

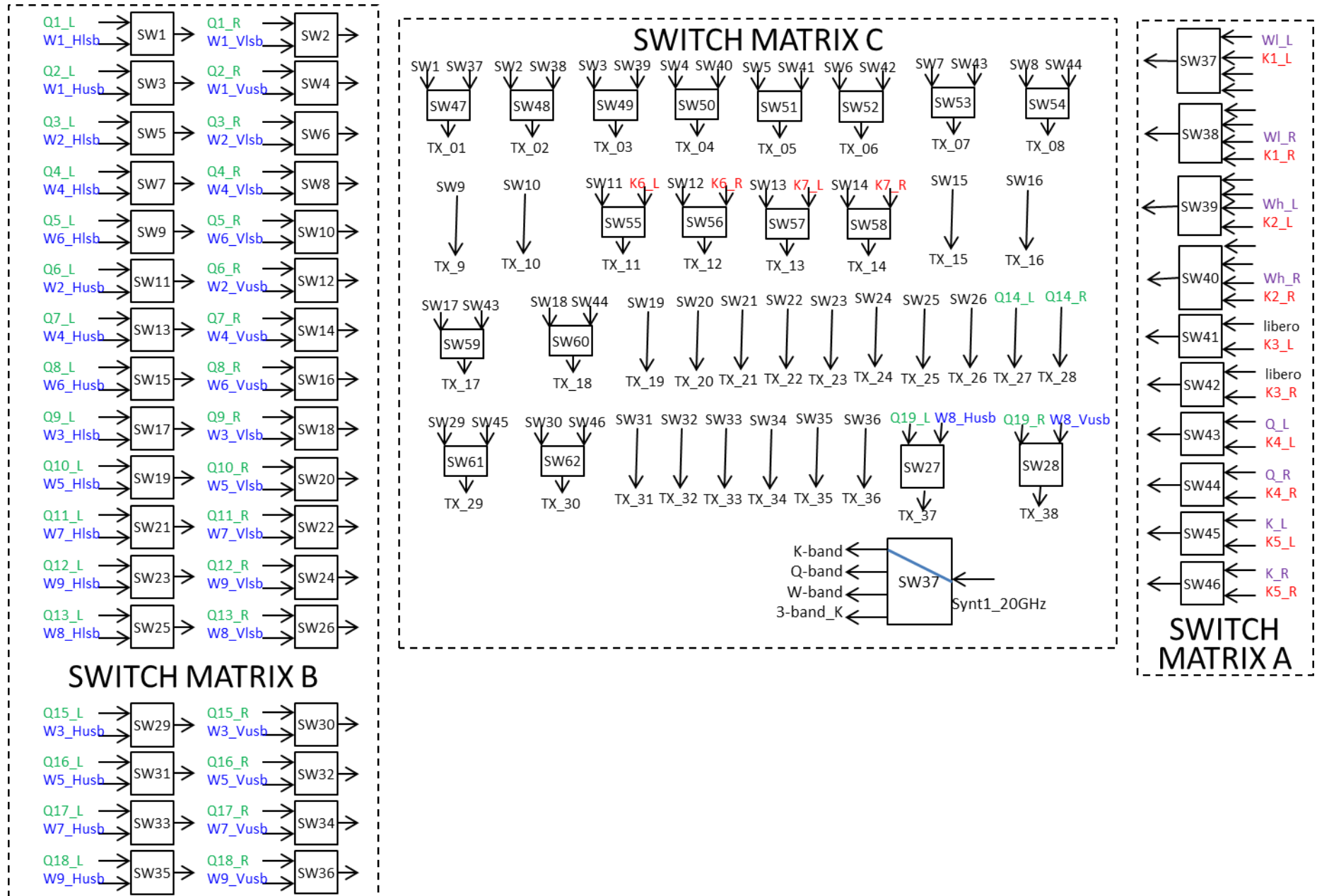


Fig. 8.7 Schema dei collegamenti per la soluzione "a bus". Q-band colore verde; W-band colore blu; K-band colore rosso; 3-band colore viola.

### PFR Switch matrix

Questa matrice è molto semplice, si usano quattro commutatori a 4 vie per far condividere le 4 uscite LP con le prime quattro uscite del multifeed S-band, permettere l'invio del ricevitore olografico e lasciare di scorta altri ingressi al fine di lasciare spazio a piccoli ricevitori futuri, ad esempio per avere a disposizione *spare inputs* oppure per installare prototipi o ricevitori da testare senza scollegare e mettere off-line quelli normalmente operativi. Le altre uscite del S-band possono andare direttamente ai trasmettitori ottici RFoF2. Lo schema è raffigurato in fig. 8.8,

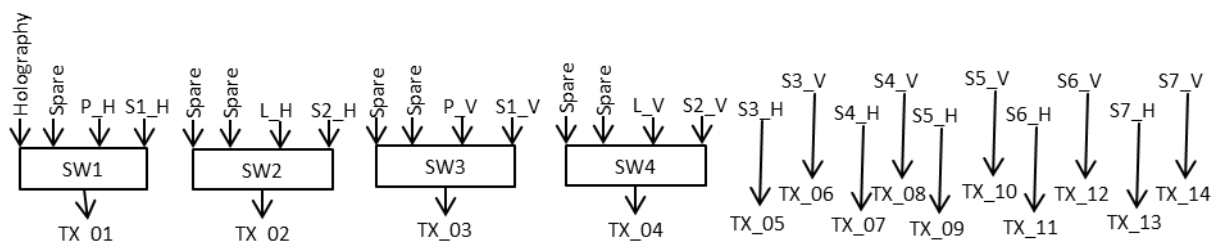


Fig. 8.8 Collegamenti della PFR Switch matrix

Si hanno tre opzioni possibili,

1. I quattordici segnali ottici vanno direttamente in CED collocando i moduli RFoF2 nell'armadio di servizio in fuoco primario (PFR-AR1).
2. Se può esistere un problema nel collocare i moduli RFoF2 in PFR-AR1, questi potrebbero essere collocati nel capanno in APER (Apex equipment room), raggiungibile con 14 coassiali, per poi scendere in camera schermata via fibra.
3. Scendere via coassiale dal primario fino all'armadio RER-AR1 e poi lì utilizzare i già presenti 14 link ottici. In questo caso però occorre valutare bene l'attenuazione dei coassiali perché la tratta è lunga, alcune decine di metri, con la conseguenza che le perdite e la disequalizzazione in banda potrebbero essere importanti.

Questa organizzazione potrebbe essere adottata anche per l'instradamento dei ricevitori in BWG, nella versione con un numero inferiore di commutatori e di linee verso i back-end oppure nella versione a 14 linee come per la PFR switch matrix, per gestire le 14 uscite dell'attuale K-band prima del suo upgrade tutta banda e conseguente inserimento nella 1IF switch matrix mostrato in fig. 5.1.1.

### DBE Switch matrix

Finora, la soluzione di trasportare tutta la banda 1IF da tutti i ricevitori con link RFoF20 ha permesso di rinviare la scelta di quali uscite scegliere per ottemperare ai modi osservativi richiesti. Ora però, in CED, questa scelta va fatta perché ivi arrivano: i segnali dal primario, le uscite del FBCB e i segnali dai ricevitori mono-feed (il Chigh e ASI già esistenti), il Clow in costruzione (notare che questi tre ricevitori non possono essere inviati al FBCB perché escono già in bandabase 0-2GHz). Inoltre, in CED sono già presenti back-end di vario tipo (Sardara e Pulsar), in aggiunta a quelli futuri raffigurati in fig. 7.1.

Abbiamo dunque da gestire,

- a) 304 uscite dal FBCB,
- b) 19 uscite dal fuoco primario,
- c) 2 uscite a servizio delle 6 uscite dai ricevitori mono-feed
- d) realizzazione dei modi osservativi richiesti (si veda l'inizio di questo capitolo)
- e) back-end vecchi e nuovi

Allora, una prima versione, semplificata, della sezione DBE è riassunta come in fig. 8.9,

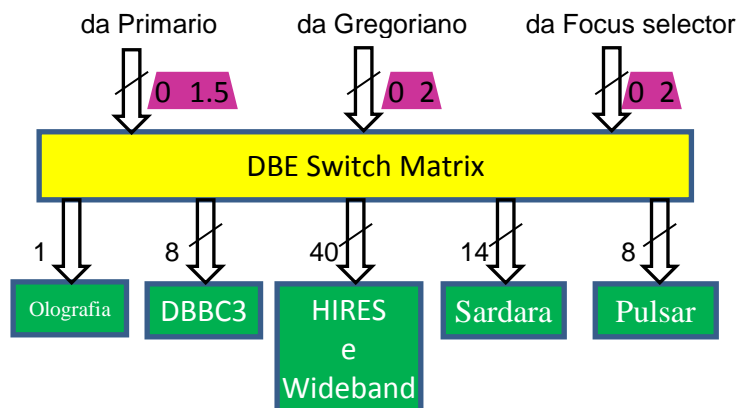


Fig. 8.9 Distribuzione ingressi dai ricevitori ai back-end digitali (almeno 71 uscite nel DBE switch matrix)

E' evidente che il punto a) pone dei vincoli a tutt'oggi insuperabili per la gestione totale delle uscite (il che non vuol dire che quella quantità di uscite sia inutile, infatti si ricorda che internamente il FBCB le rivela tutte), a meno di trattarle manualmente per qualsivoglia modo osservativo voluto.

Una seconda questione riguarda le dimensioni della scatola switch, i suoi costi e la sua realizzabilità pratica; queste dipendono dalla quantità di interconnessioni volute dentro il DBE switch matrix.

Di seguito si propone una soluzione, da approfondire in tutti questi aspetti. Tale soluzione ha dovuto cercare alcuni compromessi, quali

1. il sistema FBCB sarà ancora composto di 19 schede, ma il loro insieme non mette più a disposizione 304 uscite; per la precisione, in 17 di esse si potranno selezionare solo due uscite per polarizzazione e solo 2 schede FBCB avranno uscite complete. E' stata cioè fatta una variante alla scheda elettronica in questo senso. Pertanto sarà possibile, dentro ciascuna di queste 17 schede FBCB, configurare una sola tra le sottobande B1,B3,B5,B7 (si veda la tabella 8.1) e una sola tra le sottobande B2,B4,B6,B8 per ogni polarizzazione. Notare il cambiamento fatto rispetto alla soluzione precedente, qui si scelgono una sottobanda tra le dispari e una tra le pari, in questo modo si può avere contiguità di frequenza tra più coppie di sottobande. Con la precedente scelta tra B1,B2,B3,B4 e tra B5,B6,B7,B8 ciò era possibile solo per la coppia B4, B5. Rimane comunque valido quanto descritto in precedenza a riguardo della inversione alternata della sottobande contigue
2. i nuovi back-end High resolution e wideband (low resolution), vengono instradati entrambi verso l'uno e/o l'altro dei due, con una realizzazione vicina a quanto illustrato in fig. 3.1.

Un sistema siffatto, che è realizzabile, consente di ottenere

- i. I modi osservativi A, B, C, D, ovvero  
19 feed, 2 polarizzazioni, 1 sottobanda  
7 feed, 2 pol, 2 sottobande  
2 feed, 2 pol, 8 sottobande  
Il modo osservativo C è assorbito dal modo B, infatti le 4 sottobande richieste si vengono a trovare due su una polarizzazione e due sull'altra.
- ii. La presenza di splitter nel DBE switch matrix rende i back-end contemporanei, figure da 8.11 a 8.14
- iii. La presenza di due accoppiatori direzionali per scheda nel DBE switch matrix permette back-ends in *piggy-back mode* (ad esempio Spectrum Analyzer per monitorare la banda e SETI).
- iv. Le uscite sono precedute da attenuatore variabile e amplificatore, in modo che ciascuna possa essere impostata al livello di potenza necessario, la scatola avrà bisogno di ventole perché gli amplificatori sono di potenza.
- v. È possibile indirizzare, oltre ai segnali dal gregoriano, anche quelli provenienti direttamente dal fuoco primario e dal sistema attuale di focus selector, che a sua volta gestisce già i ricevitori in BWG.
- vi. Rimangono disponibili vari ingressi spare.
- vii. Prepara la banda per i DBE con filtri anti-aliasing che a 2GHz attenuano 25dB e idealmente attenuano meno di 3dB a 1.9GHz.

Per ottenere questo sistema si devono progettare e costruire 4 schede identiche, ognuna con 35 ingressi, lato FBCB, e 34 uscite, lato DBE (lo schema circuitale è mostrato in fig. 8.11, 8.12, 8.13, 8.14). Le schede 1 e 2 servono una polarizzazione, le 3 e 4 l'altra polarizzazione. La scheda FBCB1 tratterà tutti i feed centrali (feed1) dei vari ricevitori, mentre la FBCB2 il feed scelto come secondo (presumibilmente il numero 2) per

formare il dual feed; seguono tutte le altre schede fino a FFCB19 (feed19). La differente concezione della prima conversione del W-band rende diversa la collocazione dei segnali 1IF in ingresso alle schede FFCB. Le uscite delle 19 schede FFCB vengono mandate alla DBE switch matrix che eseguirà le commutazioni dovute per soddisfare i vari modi osservativi. Il box DBE, presumibilmente alto 6U al massimo, può essere schematizzato insieme al sistema FFCB come in fig. 8.10. In questa figura sono evidenziati dal basso verso l'alto,

- ❑ le quattro schede della matrice, i cui ingressi andranno collegati alle uscite delle 19 schede FFCB
- ❑ le 19 schede FFCB, di cui delle prime due si sfruttano tutte le 8 uscite per polarizzazione, delle altre solo due uscite per polarizzazione: a scelta una delle uscite B1,B3,B5,B7, così come una delle B2,B4,B6,B8
- ❑ la mappa delle bande d'uscita dei feed dai diversi ricevitori che afferiscono al FFCB. Mentre i 19 feed del Q-band andranno collegati a tutte le 19 schede FFCB, solo le prime 7 verranno mappate sui 7 feed del K-band. Le 18 uscite del W-band verranno instradate sulle schede FFCB in modo progressivo; l'apparente confusione nella sequenza permette una scelta più ampia di back-end. Il 3-band ha bisogno di instradare tutta la banda W sulle prime due schede FFCB (parte low 80-96GHz e parte high 100-116GHz) per poter usare tutti i 32 GHz in contemporanea mentre 2x2GHz per polarizzazione di Q e K-band sono instradati dalle schede 9 e 15 rispettivamente.

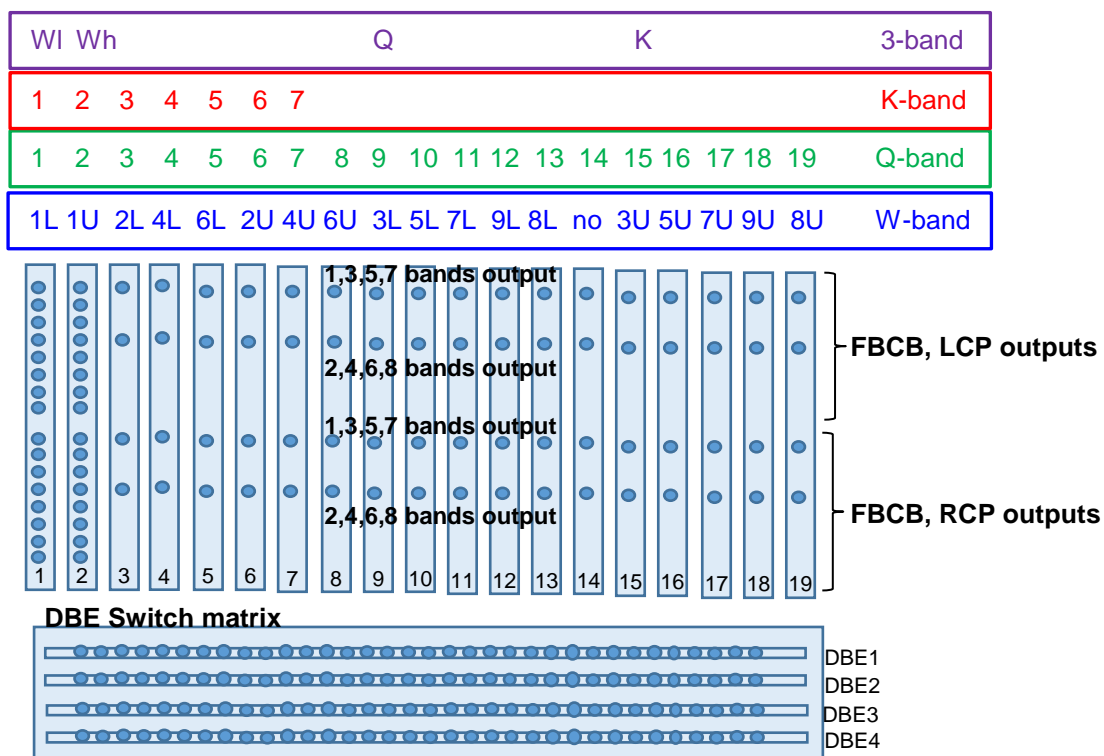


Fig. 8.10 Sistema FFCB con DBE switch matrix

Per seguire la nomenclatura degli ingressi alla DBE switch matrix indicata nelle fig. 8.11 e 8.12 per la polarizzazione LCP valgono le seguenti,

- FFCB1\_Bn\_L con n=1,2,...8 significa che l'ingresso alla scheda proviene da tutte le 8 uscite LCP della scheda 1 del FFCB.
- FFCB2\_Bn\_L con n=1,2,...8 significa che l'ingresso alla scheda proviene da tutte le 8 uscite LCP della scheda 2 del FFCB.
- FFCBm\_1357\_L con m=3,...19 significa che l'ingresso alla scheda proviene da una delle 4 uscite dispari LCP della scheda m del FFCB.
- FFCBm\_2468\_L con m=3,...19 significa che l'ingresso alla scheda proviene da una delle 4 uscite pari LCP della scheda m del FFCB.

Per servire l'altra polarizzazione vale la stessa nomenclatura, eccetto l'ultima lettera del codice che sarà \_R.

**Azioni inerenti al cap. 8:**

Valutare ingombro meccanico e collocazione sul tamburo gregoriano della scatola switch e trasmettitori ottici.

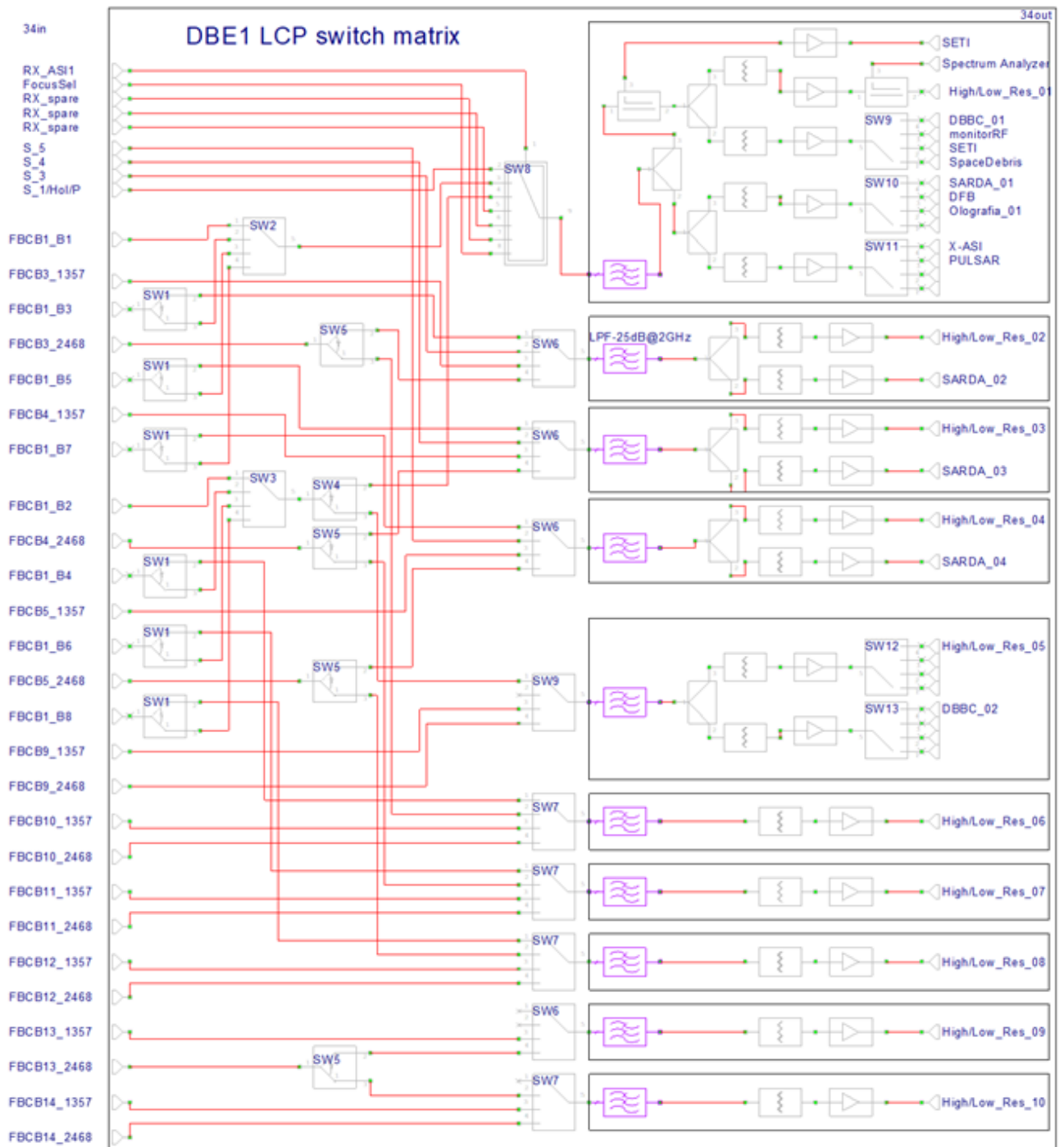


Fig. 8.11 Schematico della scheda 1 del DBE switch matrix per utenze LCP o H. Sul lato sinistro arrivano le uscite delle schede FBCB, sul lato destro partono le connessioni ai vari back-end.

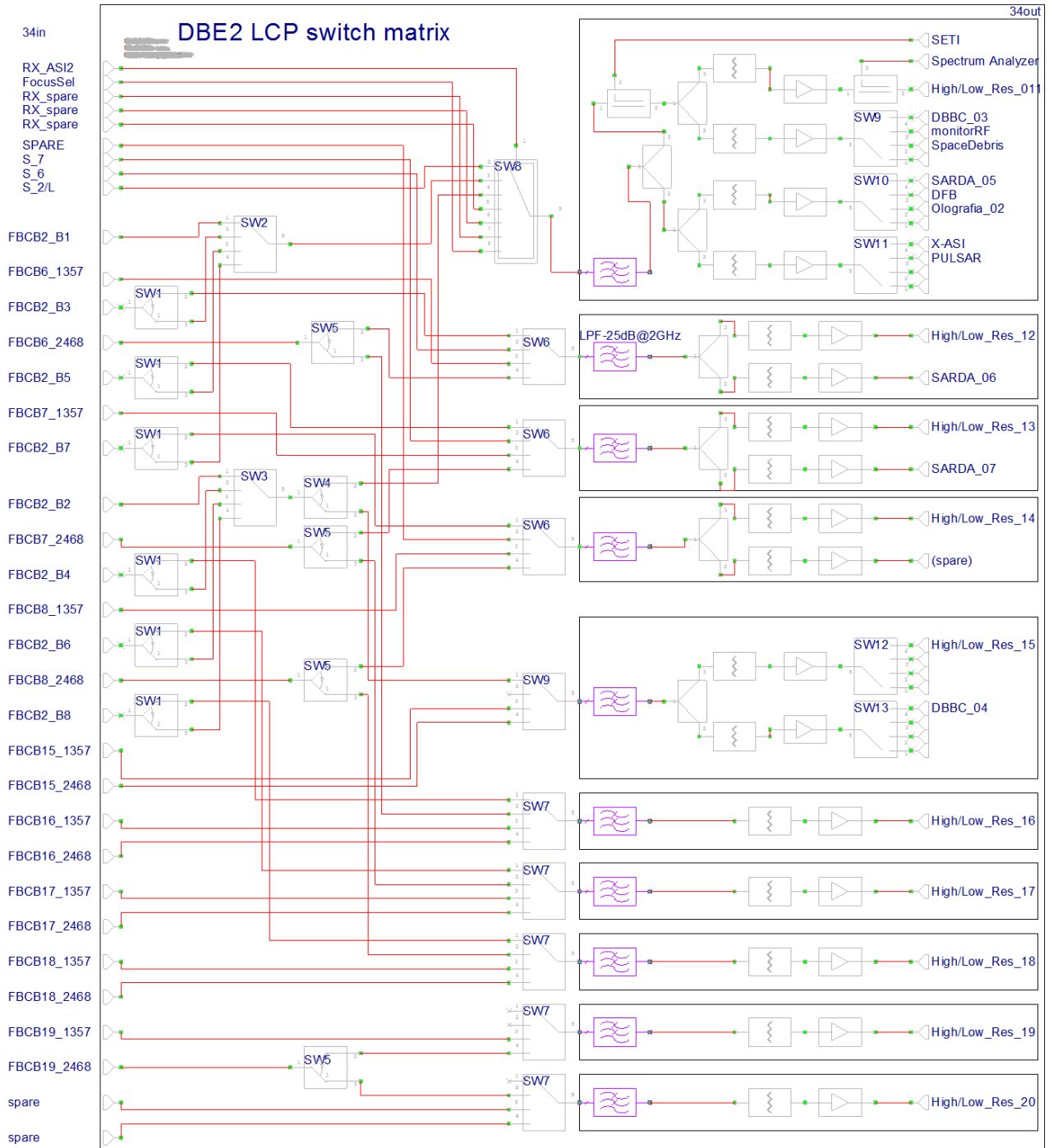


Fig. 8.12 Schematico della scheda 2 del DBE switch matrix per utenze LCP o H. Sul lato sinistro arrivano le uscite delle schede FBCB, sul lato destro partono le connessioni ai vari back-end.

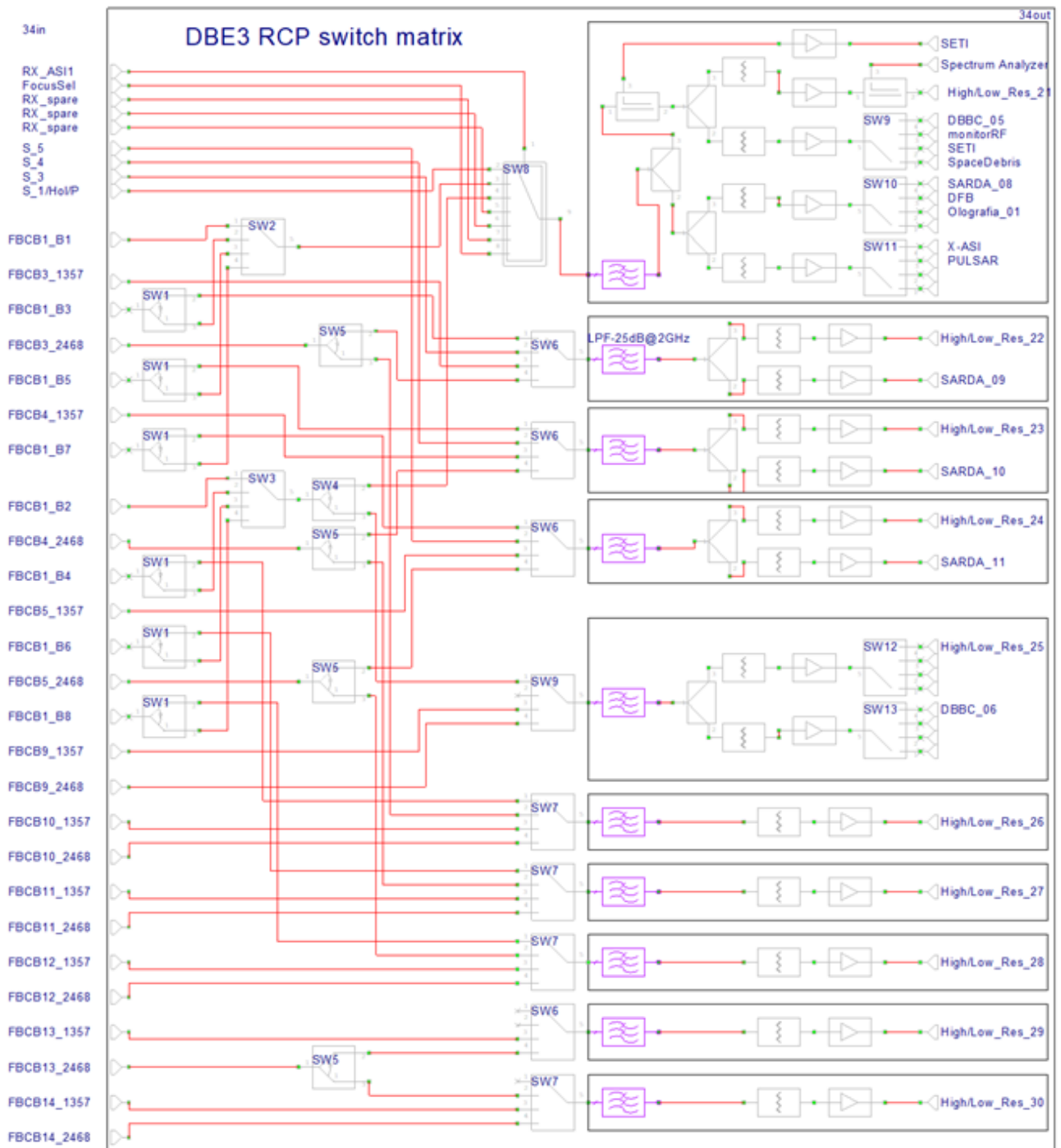


Fig. 8.13 Schematico della scheda 3 del DBE switch matrix per utenze RCP o V. Sul lato sinistro arrivano le uscite delle schede FBCB, sul lato destro partono le connessioni ai vari back-end.

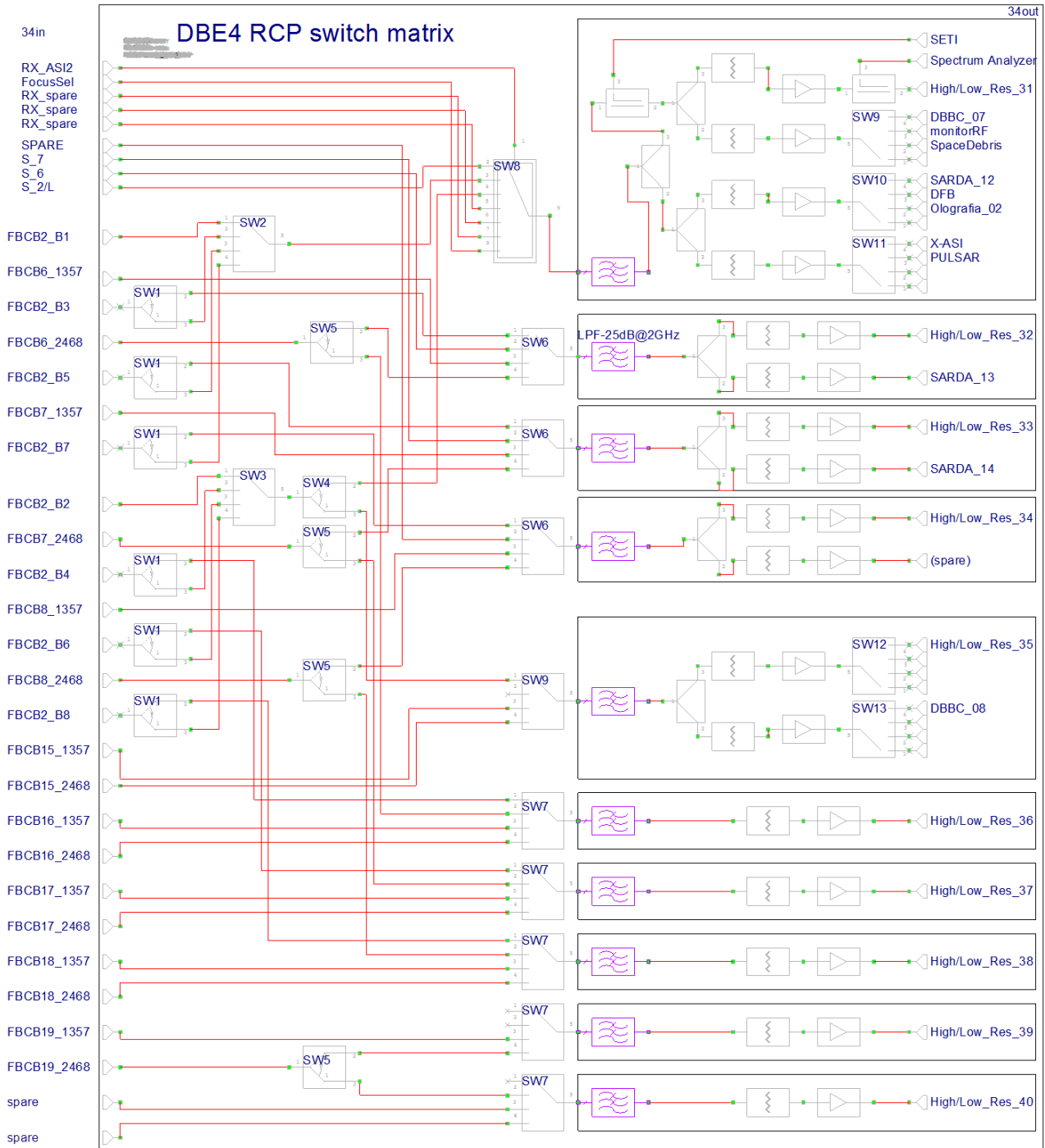


Fig. 8.14 Schematico della scheda 4 del DBE switch matrix per utenze RCP o V. Sul lato sinistro arrivano le uscite delle schede FBCB, sul lato destro partono le connessioni ai vari back-end.

Esaminiamo ora più dettagliatamente quali bande nei modi osservativi elencati si possono osservare con questa organizzazione. Occorre riferirsi alla fig. 8.10, 8.11, 8.12, 8.13, 8.14 e alla tabella 8.1 per la nomenclatura delle bande. Siamo costretti a distinguere le varie possibilità in due mondi, quello dei multifeed Q, K, 3-band e quello del multifeed W. I ricevitori K e 3-band sono un sottoinsieme delle possibilità fornite al Q-band, quindi trattare e risolvere per quest'ultimo significa farlo anche per i primi.

### 1. Bande di frequenza disponibili per i modi osservativi A, B, C, D, ricevitori Q, K e 3-band

**Modo A)** 19 feed, 2 pol, 1 sottobanda per pol

LCP: scegli una tra B1, B3, B5, B7 **OR** una tra B2, B4, B6, B8. Saranno le stesse per tutti i 19 feed;  
RCP: scegli una tra B1, B3, B5, B7 **OR** una tra B2, B4, B6, B8. Saranno le stesse per tutti i 19 feed; volendo possono essere diverse da quelle LCP.

E' possibile la scelta tra varie coppie di sottobande *contigue in frequenza*, sia per LCP che RCP.

**Modo B)** 7 feed, 2 pol, 2 sottobande per pol.

I sette feed di 19 vanno scelti una volta per tutte. Ad esempio l'esagono più interno.

LCP: scegli una tra B1, B3, B5, B7 **AND** una tra B2, B4, B6, B8. La coppia sarà la stessa per tutti i 7 feed;  
RCP: scegli una tra B1, B3, B5, B7 **AND** una tra B2, B4, B6, B8. La coppia sarà la stessa per tutti i 7 feed; volendo la coppia RCP può essere diversa da quella LCP.

E' possibile la scelta tra varie coppie di sottobande *contigue in frequenza*, sia per LCP che RCP.

**Modo C)** 7 feed, 4 sottobande

I sette feed di 19 vanno scelti una volta per tutte. Ad esempio l'esagono più interno.

Si possono ottenere 4 sottobande diverse, ma non su una sola polarizzazione. Si realizza come modo B, le quattro sottobande essendo due sulla RCP e due sulla LCP.

Scegliendo oculatamente le 4 sottobande qualunque di esse possono essere contigue, es: B3 **AND** B4 LCP e B5 **AND** B6 RCP, oppure B1 **AND** B2 LCP e B3 **AND** B4 RCP, ecc.

**Modo D)** 2 feed, 2 pol, 8 sottobande per pol.

I due feed di 19 vanno scelti una volta per tutte. Il feed 1 e 2 è la scelta più congeniale: le uscite di questi andranno instradate alle board 1 e 2 del FBCB (fig. 8.10).

LCP: disponibili B1 **AND** B2 **AND** B3 **AND** B4 **AND** B5 **AND** B6 **AND** B7 **AND** B8, cioè tutte le sottobande

RCP: disponibili B1 **AND** B2 **AND** B3 **AND** B4 **AND** B5 **AND** B6 **AND** B7 **AND** B8, cioè tutte le sottobande

Notare che, fig. 8.10, è possibile utilizzare un sottoinsieme, cioè meno feed, in qualunque modo menzionato. Per quanto riguarda le otto uscite del 3-band, le due polarizzazioni della banda WI saranno trattate dalla FBCB1 mentre la FBCB2 si occuperà della Wh. Il feed banda Q sarà trattato dalla FBCB9 e il feed banda K dalla FBCB15. Se si osservano attentamente le fig. 8.11, 8.12, 8.13, 8.14 tutti questi segnali si troveranno indirizzati alle uscite del DBE switch matrix etichettate con DBBC. La scelta di quale delle otto sottobande verranno indirizzate al DBBC è demandata agli switch presenti dentro ciascuna di queste schede FBCB.

### 2. Bande di frequenza disponibili per i modi osservativi A, B, C, D, ricevitore W

In questo ricevitore le bande 1IF, pur essendo anch'esse larghe 16GHz, non sono un continuo in frequenza da 2 a 18 GHz, ma ogni polarizzazione forma due porzioni 4-12GHz, una chiamata USB e l'altra LSB. Pertanto solo le sottobande B2, B3, B4, B5 vengono fornite dalle schede FBCB, le altre B1, B6, B7, B8 sono perdute. Tuttavia, e solo nel caso del 3x3, si sopperisce a tale deficit utilizzando il doppio di schede FBCB, 9 per le LSB e 9 per le USB.

**Modo A)** 9 feed, 2 pol, 2 sottobande per pol

H: scegli una tra B2, B3, B4, B5 della USB **AND** una tra B2, B3, B4, B5 della LSB; la coppia sarà la stessa per tutti i 9 feed

V: scegli una tra B2, B3, B4, B5 della USB **AND** una tra B2, B3, B4, B5 della LSB; la coppia sarà la stessa per tutti i 9 feed.

**Modo B)** 9 feed, 4 sottobande

Questo modo è il modo A, con l'avvertenza che le 4 sottobande richieste si vengono a trovare due su una polarizzazione e due sull'altra. Ad esempio si scelga **B2\_H\_LSB AND B3\_V\_LSB AND B4\_H\_USB AND B5\_V\_USB** e si può avere 4 bande contigue. Questo modo è utile quando il fine dell'osservazione non ha bisogno di discriminare le polarizzazioni.

**Modo C)** 1 feed, 2 pol, 8 sottobande per pol. Il feed va scelto una volta per tutte. Il feed 1 è la scelta più congeniale.

H: disponibili **B2 AND B3 AND B4 AND B5 USB AND B2 AND B3 AND B4 AND B5 LSB**

V: disponibili **B2 AND B3 AND B4 AND B5 USB AND B2 AND B3 AND B4 AND B5 LSB**

le uscite del feed andranno instradate alle board 1 e 2 del FCB (fig. 8.10), la prima per le bande LSB, la seconda per quelle USB.

**Modo D)** 5 feed, 2 pol, 4 sottobande per pol

Una configurazione interessante è quella indicata in fig. 8.15. Usando tutti e 40 canali dei back-end **BACK\_HIRES** e **BACK\_WIDEBAND** è possibile scegliere 1 sottobanda fra B2 o B4 assieme a B3 o B5 sia per la USB che per la LSB per entrambe le polarizzazioni.

H: scegli una tra B2, B4 USB **AND** una tra B3, B5 USB **AND** una tra B2, B4 LSB **AND** una tra B3, B5 LSB. La doppia coppia sarà la stessa per tutti i feed.

V: scegli una tra B2, B4 USB **AND** una tra B3, B5 USB **AND** una tra B2, B4 LSB **AND** una tra B3, B5 LSB. La doppia coppia sarà la stessa per tutti i feed; volendo la coppia può essere diversa da quella H.

Se la polarizzazione non interessa si possono ottenere tutte le 8 sottobande.

**Modo E)** 3 feed, 2 pol, 4 sottobande per pol

Un'ulteriore variante, del tutto identica a quella precedentemente descritta, la si potrebbe ottenere con 3 beam 1, 2, 6 allineati dal derotatore per inseguire la stessa elevazione e quindi espletare il modo dual feed, anzi addirittura tri-feed, per la calibrazione dell'atmosfera.

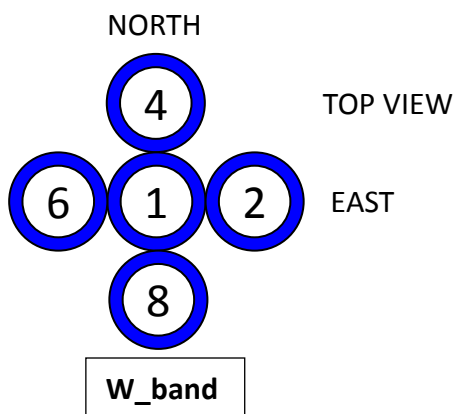


Fig. 8.15 Sottoinsieme di feed W-band che permette i modi D ed E

### 3. Indirizzamento del modo osservativo scelto ai back-end

Osservando le schede di fig. 8.11 e 8.12, 8.13 e 8.14 si nota che, oltre ai multifeed Q, W, K, S (col suo sottoinsieme L-P oppure Olografia) e 3-band, dall'ingresso denominato *Focus Selector* sono indirizzabili al DBE anche il Chigh, l'attuale ricevitore ASI in fuoco beamwaveguide e il Clow in fuoco gregoriano. Altri ricevitori ASI futuri sono indirizzabili tramite gli ingressi denominati *RX\_ASI*. Gli ingressi denominati *RX\_spare* possono servire eventuali futuri ricevitori, ad esempio un X-Ku (8-18 GHz) dual feed in fuoco gregoriano.

Per come è consegnato il circuito, almeno al momento, l'indirizzamento dei canali selezionati verso i DBE è per buona parte realizzato con splitter, questo significa che vari back-end sono disponibili in contemporanea. Infatti, se si contano le etichette di uscita alle fig. 8.11, 8.12, 8.13, 8.14 sono disponibili,

- 40 ingressi verso BACK\_HIRES **AND** BACK\_WIDEBAND
- 14 ingressi verso Sardara
- 8 ingressi al DBBC
- 4 ingressi al DFB
- 4 ingressi a back-end Pulsar generico (per esempio ROACH-1 che ha 2 ingressi)
- 4 ingressi al back-end per Olografia (che ne usa 2 al momento)
- 4 ingressi per back-end ASI
- 4 ingressi piggy-back per SETI
- 4 ingressi piggy-back per Spectrum Analyzer (che funge da monitor di banda)
- 4 ingressi monitor RF, usabili per esempio su un back-end RFI

Dalla riunione del 1 aprile si è convenuto che l'ammontare massimo di DBE contemporanei è 3, di cui il terzo ha il suo rationale nel caso in cui si voglia usare SRT con osservazioni in *piggy-back mode*. Gli altri due sono devoluti a osservazioni pulsar, per esempio già oggi c'è la richiesta dell'uso contemporaneo di DBBC e DFB. A tal proposito si fa notare che,

- i due nuovi back-end a 40 ingressi, denominati BACK\_HIRES e BACK\_WIDEBAND (vedi cap. 3), si trovano sempre in contemporanea, pertanto sarà possibile l'osservazione di linee spettrali con alta e bassa risoluzione nello stesso tempo
- l'attuale SARDARA è ancora disponibile, almeno fino a quando verrà sostituito dai back-end di nuova generazione menzionati al punto precedente
- l'attuale DFB continua a poter essere collegabile sul ricevitore LP
- è possibile la contemporaneità di DBBC e DFB

## 9. CONCLUSIONI

Questo documento delinea quale potrà essere il sistema SRT scaturibile dal finanziamento PON. Sono state considerate e discusse varie opzioni su modi, schemi, componenti, architetture atte a realizzare questo obiettivo. Al momento le nostre valutazioni per la fornitura dei link ottici RFoF20 (cap. 4), uno degli elementi chiave del sistema, sono a buon punto.

Valutati e discussi i pro e contro, lo schema di infrastruttura che risponde positivamente alle necessità è costituito dalla soluzione A (fig. 5.1.1), con una distribuzione a *stella* dei cavi in uscita ai ricevitori alta frequenza (fig. 8.6) e con instradamento del tipo visualizzato in fig. 7.1. Lo schema consta dei seguenti elementi,

1. un **sistema in fibra ottica a larga banda** (RFoF20) che trasporta in CED **tutta la banda** generata dai ricevitori alta frequenza
2. un sistema di seconda conversione e condizionamento del segnale (FBCB) che è in comune con tutti i ricevitori alta frequenza e collocato in CED
3. un doppio sistema in fibra ottica a banda stretta (RFoF2), una tipologia già attualmente esistente a SRT. Il primo trasporta in CED i ricevitori di fuoco primario; il secondo, quello attualmente posizionato in RER, consente di mantenere l'instradamento in CED dei ricevitori monofeed (astronomia e ASI) e del multifeed K-band: quando quest'ultimo sarà ristrutturato per lavorare su tutta la banda RF verrà collegato alla matrice di switch che instrada su RFoF20 le bande Q-, W-, 3-band
4. matrici di commutatori che consentono di **selezionare il ricevitore voluto da qualunque fuoco dell'antenna**
5. per rendere possibile un **periodo di transizione** che faccia convivere i risultati del PON con l'attuale sistema di instradamento dei ricevitori viene mantenuto il Focus Selector, che potrà essere eliminato in qualunque momento quando il sistema PON ha terminato il suo commissioning: verranno usati il numero necessario dei 14 link RFoF2 già esistenti per Clow, Chigh, ASI
6. una matrice di commutazione che permette lo **scambio di tutti i ricevitori con tutti i back-end** che sono ora e saranno poi disponibili. Al momento **i back-end individuati sono tredici**, DBBC, HIREs, WIDEBAND, ROACH-1, SARDARA, DFB, ASI, OLOGRAFIA, SETI, SPACE DEBRIS, alcuni ausiliari quali, SPECTRUM ANALYZER/LCP, SPECTRUM ANALYZER/RCP, RFI. Questa matrice permette anche un condizionamento del segnale inviato ai back-end perché contiene, su ogni linea, attenuatore variabile e amplificatore in cascata
7. **contemporaneità osservativa di 3 back-end, selezionabili**. Uno di questi, per osservazioni SETI, è usabile in **piggy-back mode**, così come lo sono i SA e RFI
8. espletamento di **tutti i modi osservativi proposti** per i ricevitori alta frequenza, che, peraltro, sono in architettura multifeed (K-, Q-, W-, 3-band)
9. **predisposizione** per l'inserimento, futuro al PON, di un ricevitore collocabile sull'ultima posizione disponibile nel tamburo gregoriano. Questo andrebbe a completamento della copertura in frequenza e pertanto, data la banda di frequenza e le dimensioni dell'horn, potrebbe essere al più in configurazione dual feed
10. la matrice di commutazione di cui al punto 6 è predisposta anche per avere un certo numero di uscite non usate. Potranno essere collegati moduli futuri o strumenti in dotazione all'antenna da testare senza interferire sul sistema funzionante
11. Per quanto riguarda le sole osservazioni nel continuo, i back-end analogici presenti su ogni scheda FBCB eliminano ogni limitazione, mettendo a disposizione i total power di ciascuna polarizzazione e la relativa coppia (Q,U). Questo per tutte le sottobande, si veda tab. 1.3.

Questi sistemi, distribuiti nelle figure menzionate sopra, possono essere raccolti nei due schemi a blocchi raffigurati in fig. 9.1 e 9.2. Nel primo si mostra la convivenza con il vecchio sistema, che porta ancora al Focus selector il multifeed K-band; nel secondo si vede il nuovo sistema dove questo multifeed viene instradato sul link ottico RFoF20 per utilizzare anch'esso il FBCB. Per non appesantire la trattazione si è evitato di mostrare anche un terzo schema, ove il modulo Focus Selector viene eliminato e i ricevitori che non passano dall'elaborazione del FBCB vanno direttamente alla DBE switch matrix tramite i link RFoF2 attualmente già disponibili nell'armadio in RER.

I numeri a fianco dei fasci di cavi ne identificano la quantità; nel caso in cui i numeri siano in coppia e separati da /, viene indicato il numero effettivamente in uso (a sinistra) e la quantità disponibile (a destra), la differenza essendo il numero possibile di connessioni predisposte ma non utilizzate. Infine, nella fig. 9.3 si esplicitano le connessioni della configurazione relativa alla fig. 9.2 (data la sua semplicità non è riportata la sezione a monte del focus selector); questa figura va letta assieme alle figure 8.6 e 8.8 per associare le uscite lato ricevitori.

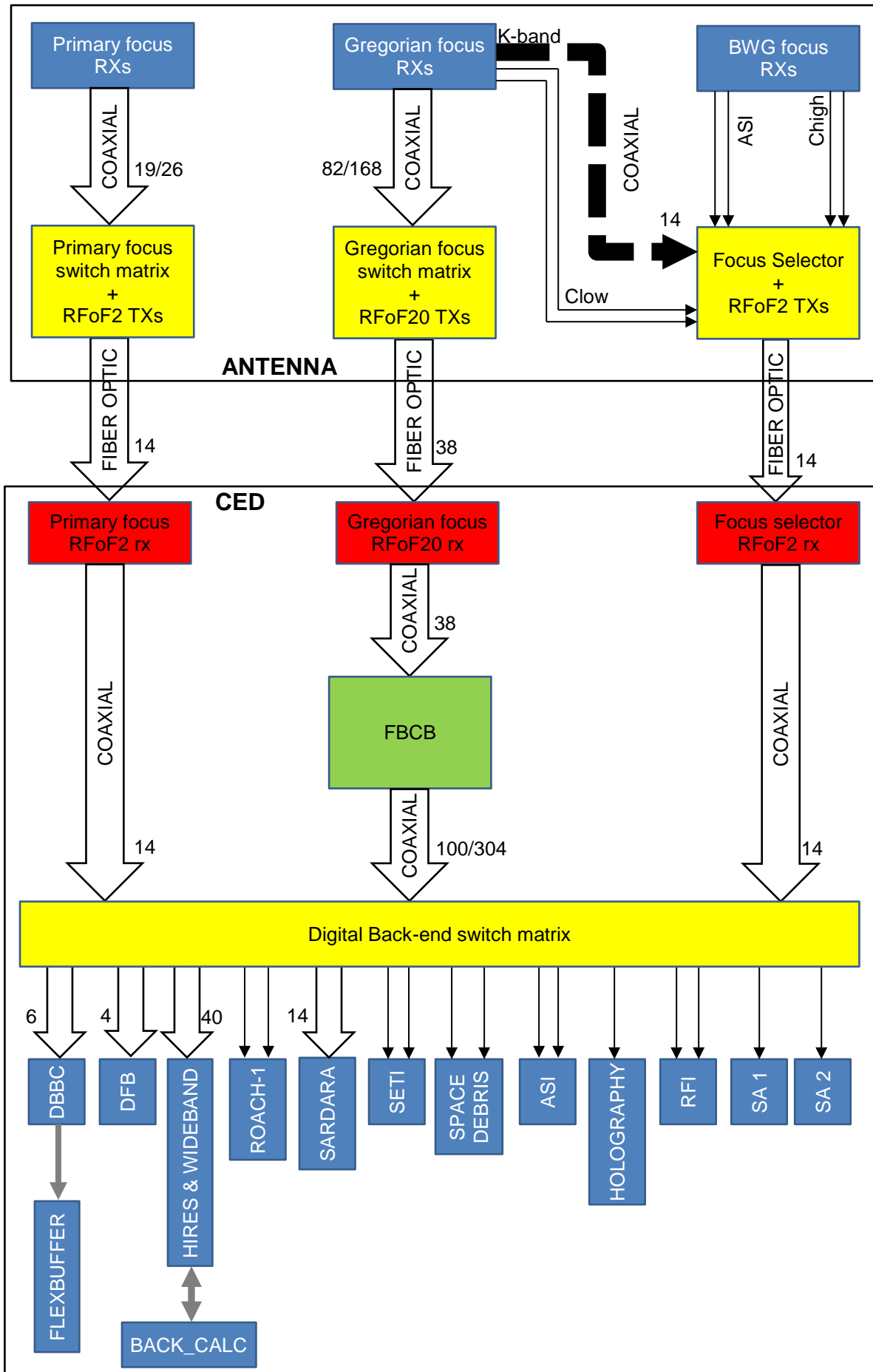


Fig. 9.1 Schema a blocchi della infrastruttura SRT dopo il PON: il vecchio e nuovo convivono

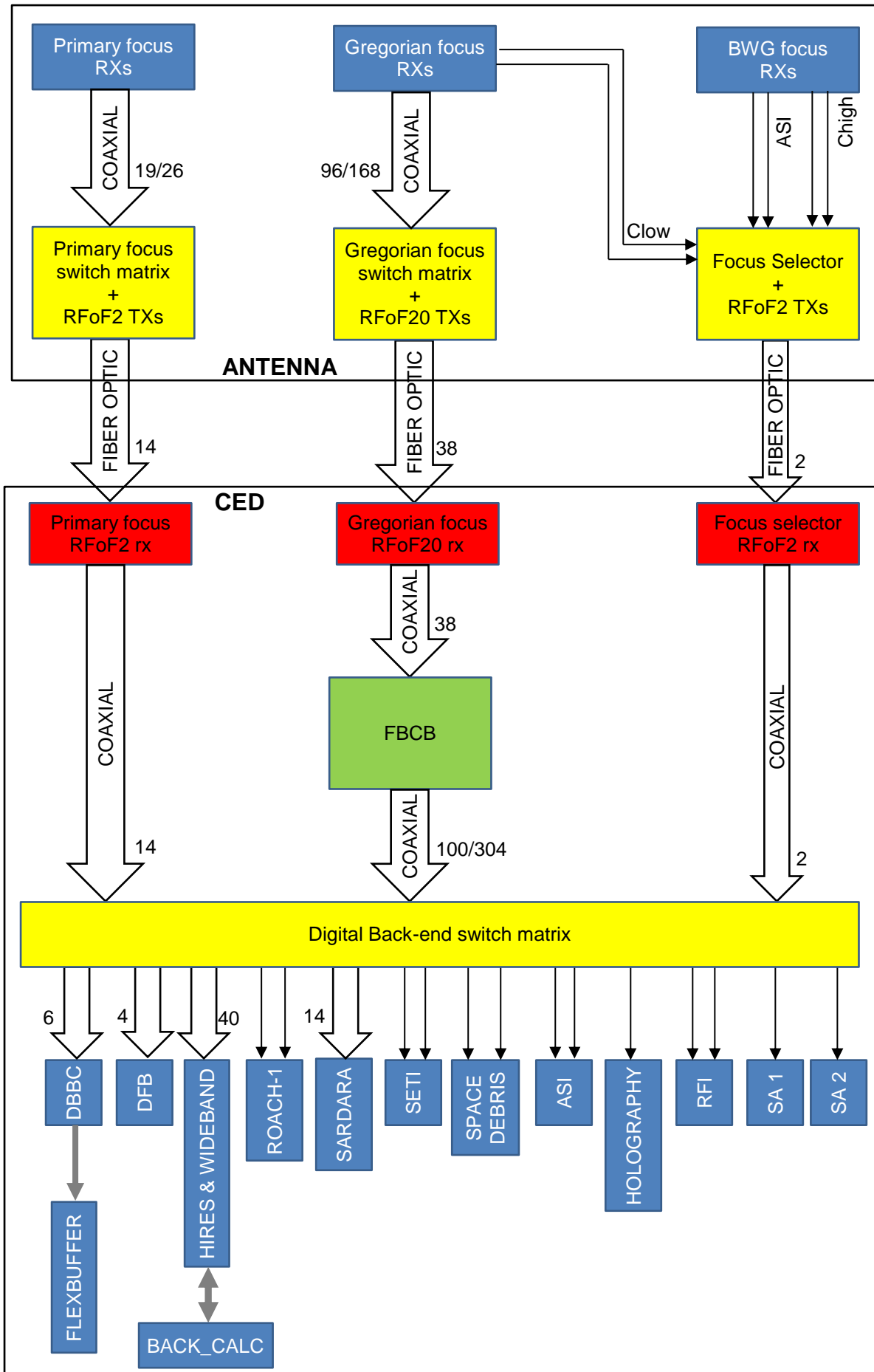
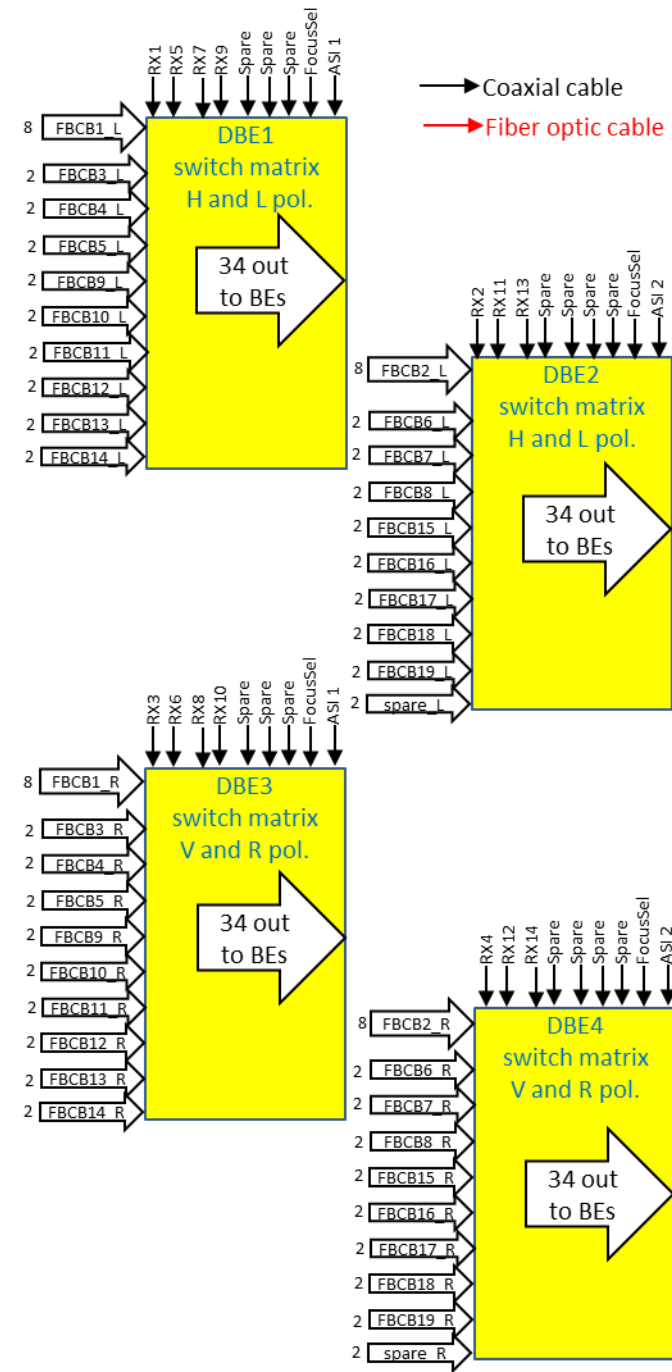
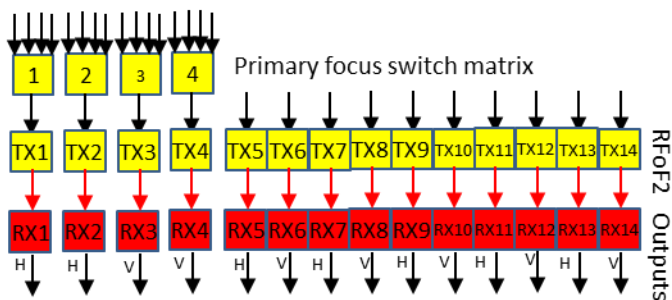
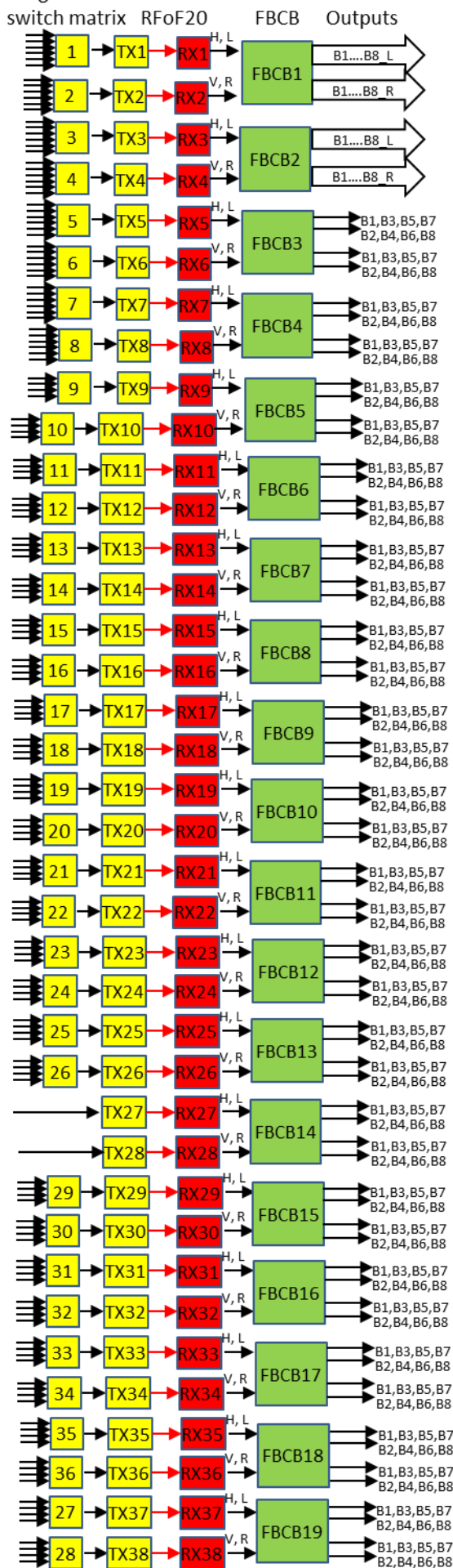


Fig. 9.2 Schema a blocchi della infrastruttura SRT dopo il PON: nuova configurazione

Gregorian focus



Coaxial cable  
Fiber optic cable

Fig. 9.3 Intradamento delle uscite ricevitori alle matrici di commutazione e le uscite di queste ai BEnds