

**SISTEMA COMPUTERIZZATO
DI SFASAMENTO DEI CANALI N/S
PER LA FORMAZIONE DEL FASCIO**

M. Roma, A. Cattani
&
S. Montebugnoli

Rapporto interno IRA 177/93

Word file: sfns.doc

INDICE

INTRODUZIONE
DESCRIZIONE DEGLI SCHEMI ELETTRICI
REALIZZAZIONE PRATICA
CARATTERISTICHE
ESEMPIO DI SOFTWARE PER L'UTILIZZO DEL SISTEMA
RINGRAZIAMENTI
BIBLIOGRAFIA

INTRODUZIONE

Nella seguente nota tecnica viene descritto il sistema di Phase-Shifters, inseriti a livello di Media Frequenza nelle catene N/S, impiegati sia nella formazione del fascio totale del ramo N/S che nella formazione del fascio globale E/W+N/S del radiotelescopio "Croce del Nord".

Prima di addentrarci nella descrizione del sistema, soffermiamoci un attimo per brevi considerazioni inerenti le problematiche che insorgono quando si sommano segnali provenienti da più antenne. Consideriamo la fig.1: il fronte d'onda arriva sull'antenna 2 ad un determinato istante e sulla antenna 1 dopo un certo intervallo di tempo DT, funzione del puntamento e della distanza delle stesse. Infatti DT è dato dalla relazione

$$DT = b \cdot \text{sen}(d) / c \quad (\text{sec})$$

Per potere sommare correttamente i due segnali nel punto somma (X), in teoria occorrerebbe introdurre un ritardo in RF (cioè prima della conversione) sul canale 2, pari a DT. Equalizzare esattamente il ritardo a questo livello equivarrebbe anche ad equalizzare la fase per cui questo sarebbe il modo più corretto di procedere. Volendo equalizzare solo il ritardo, lo step massimo da utilizzare dovrebbe essere minore di mezza lunghezza d'onda equivalente alla larghezza di banda. Nel nostro caso $B = 6 \text{ MHz}$ per cui

$$S_{\min} = 300 / 6 \cdot 2 = 25 \quad (\text{mt})$$

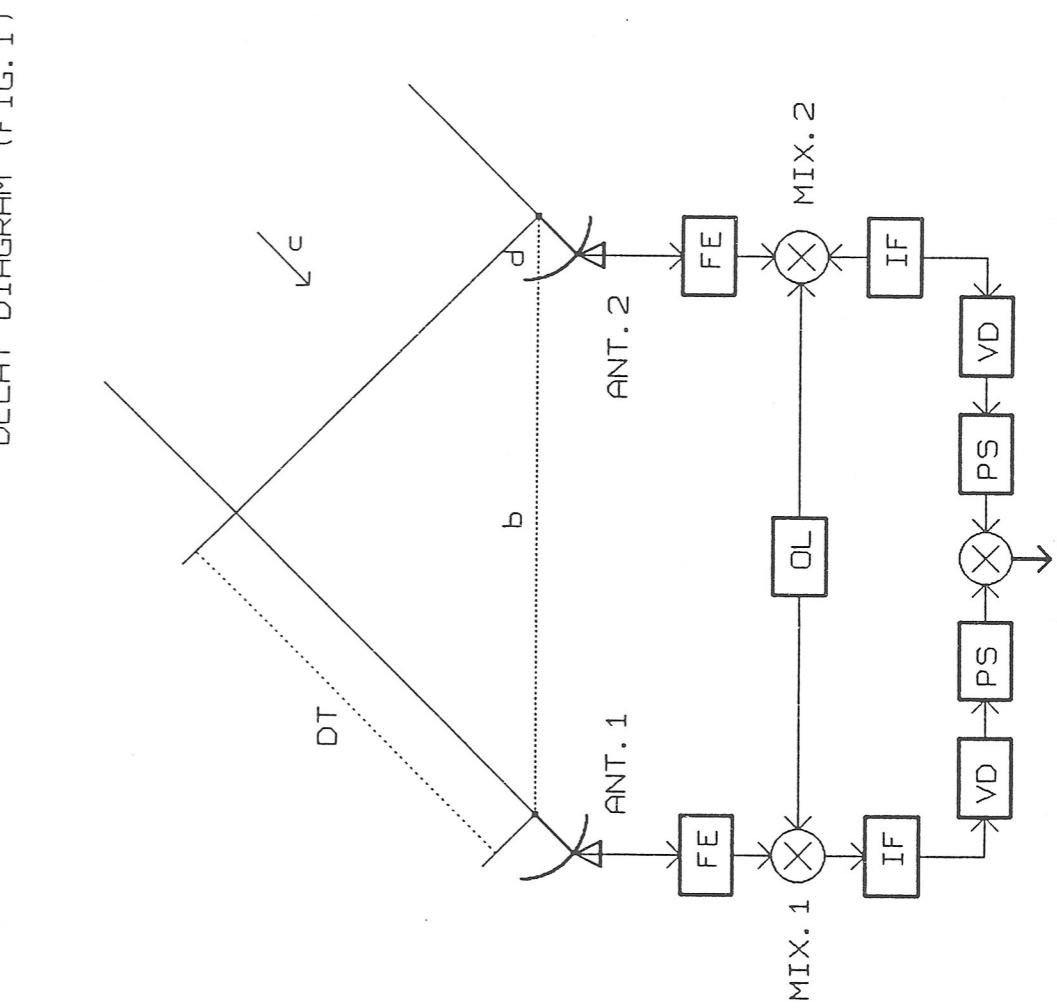
Gli step di 10 mt manipolati dal blocco VD della fig.1 soddisfano appieno le specifiche richieste dall'allargamento della banda dai precedenti 2.4 MHz ai 6 MHz attuali. Se la radiazione incidente fosse monocromatica non ci sarebbe bisogno di equalizzare i ritardi, ma solo la fase. Per contro più la larghezza di banda aumenta, più è sentito il problema della equalizzazione dei ritardi fra le due antenne per contenere la perdita di coerenza CL data dalla relazione

$$CL = 1 - [\sin(3.14 \cdot DT \cdot B) / 3.14 \cdot DT \cdot B]$$

con B = larghezza di banda

In pratica, per ovvi motivi realizzativi e di degrado della T_{sys} , non è plausibile effettuare l'equalizzazione inserendo il ritardo tra antenna e ricevitore, ma è più opportuno operare dopo la conversione. A questo livello della catena però ritardo e fase si "disgiungono" per cui è necessario equalizzare i ritardi, con step di cavo che non introducano modificazioni di fase (ad es. a step di 1 lunghezza d'onda relativa al valore della frequenza intermedia), e la fase con appositi sfasatori variabili che costituiscono appunto l'oggetto di questa nota interna.

Il banco di phase-shifter in questione viene impiegato anche per la formazione del fascio totale E/W+N/S; infatti la fase tra i due rami, da equalizzare prima della somma totale, è il risultato della somma di vari



INSTITUTO DI RADIOPISONOMIA CNR - BOLOGNA
Title
DELAY DIAGRAM
Size Document Number
B ORCAD EFILE: DELAY.SCH
Date: November 19, 1972 Sheet of 1
REV

contributi che dipendono dalla geometria della Croce, dal puntamento e dalla lunghezza elettrica dei due singoli rami. Una volta equalizzata 'una tantum' (con un apposito sfasatore) la lunghezza elettrica delle catene dei due rami, con i suddetti sfasatori è possibile introdurre la fase residua (calcolata in funzione della delta da un apposito programma) per l'equalizzazione richiesta dalla formazione del fascio globale.

DESCRIZIONE DEGLI SCHEMI ELETTRICI

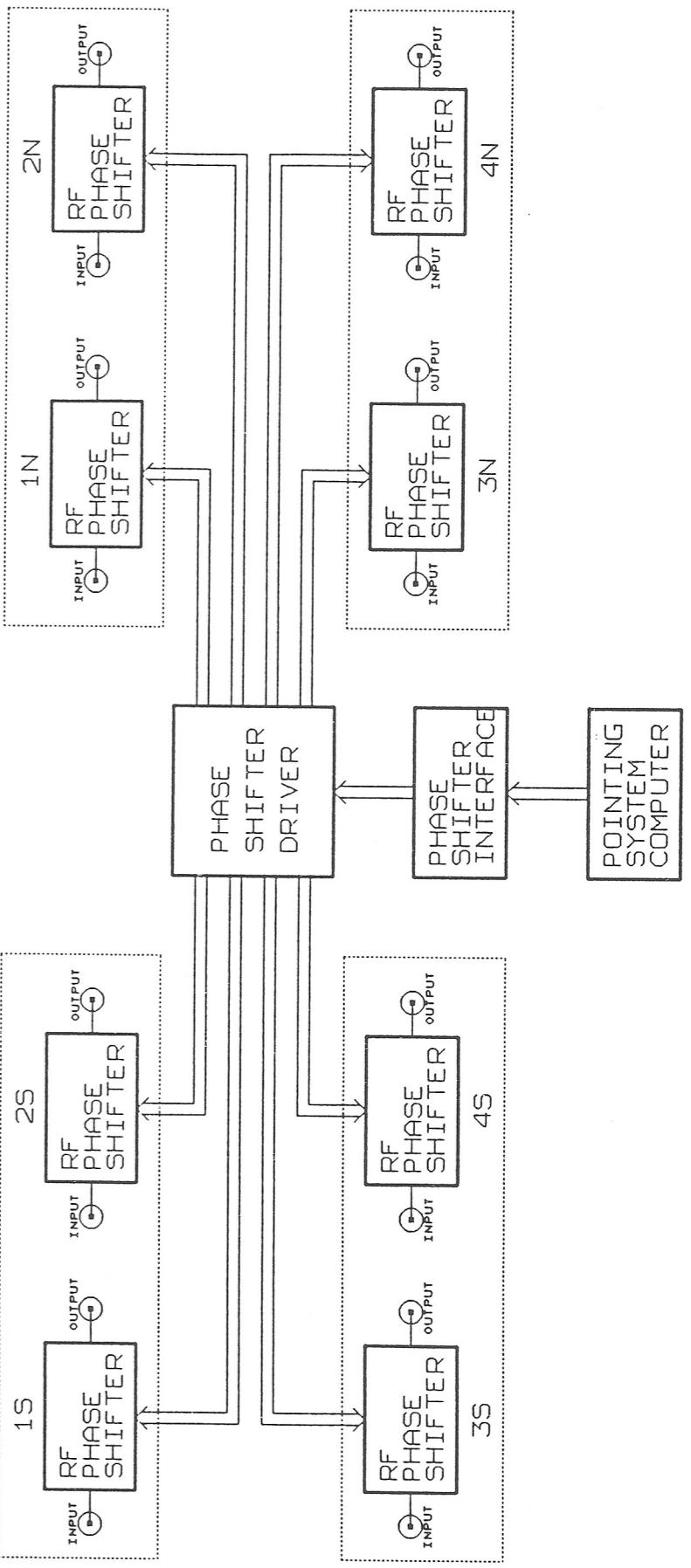
Il sistema di sfasamento in oggetto e` raffigurato dallo schema a blocchi di fig.2, gli 8 blocchi RF PHASE SHIFTER sono identici e vengono pilotati dal PHASE SHIFTER DRIVER che a sua volta e` interfacciato con il computer di puntamento mediante il blocco PHASE SHIFTER INTERFACE.

Lo schema elettrico del RF PHASE SHIFTER e` riportato in fig.3, lo sfasamento elettrico viene effettuato mediante 5 spezzoni di cavo ($\lambda/32$, $\lambda/16$, $\lambda/8$, $\lambda/4$ e $\lambda/2$ @ 30 MHz), che collegati in serie con sequenza binaria tramite i rele` KA, KB, KC e KD costituiscono la linea di sfasamento. I compensatori disposti lungo la linea servono per adattare il circuito, mentre le resistenze in serie alla linea introducono un'attenuazione nel collegamento di bypass pari all'attenuazione dello spezzone di cavo dove questa non e` trascurabile, in questo modo la variazione di sfasamento non introduce grosse variazioni di attenuazione. I segnali che pilotano i rele` pilotano anche dei diodi led che visualizzano la configurazione dello sfasatore.

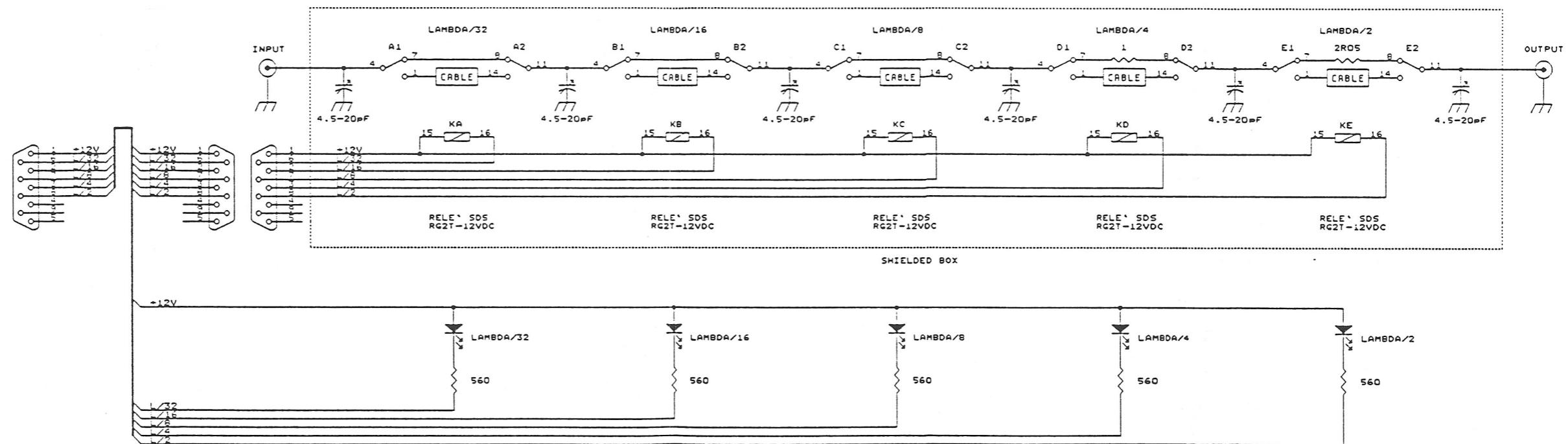
Lo schema elettrico del PHASE SHIFTER DRIVER e` riportato in fig.4, gli indirizzi A0-A2 vengono decodificati da U9 quando richiesto dallo strobe di scrittura A3, in questo modo vengono generati gli impulsi di clock che permettono di congelare sugli 8 octal D-latch (U1-U8) i dati D0-D4. Gli integrati U10-U17 sono degli octal driver necessari per pilotare i rele`. In fig.5 viene riportato lo schema elettrico dell'alimentatore del phase shifter driver.

La PHASE SHIFTER INTERFACE e` una scheda collegata al personal computer di puntamento dell'antenna mediante il "Sistema modulare d'interfacciamento con Personal Computer" descritto nel rapporto interno IRA 107/88. Lo schema elettrico della scheda e` riportato in fig.6, mediante U6 ed S3 si definisce il campo di lavoro degli indirizzi, gli indirizzi A0-A3, quando richiesto dal R/W per effettuare un'operazione di scrittura, vengono decodificati da U9 generando gli impulsi di clock che permettono di congelare sui 3 octal D-latch (U11, U12 ed U28) i dati D0-D7. I segnali in uscita vengono infine optoisolati tramite 12 dual optoisolator (U17, U18, U22, U23, U19, U20, U24, U25, U35, U36, U40 ed U41).

N/S PHASING SYSTEM
BLOCK DIAGRAM (FIG. 2)

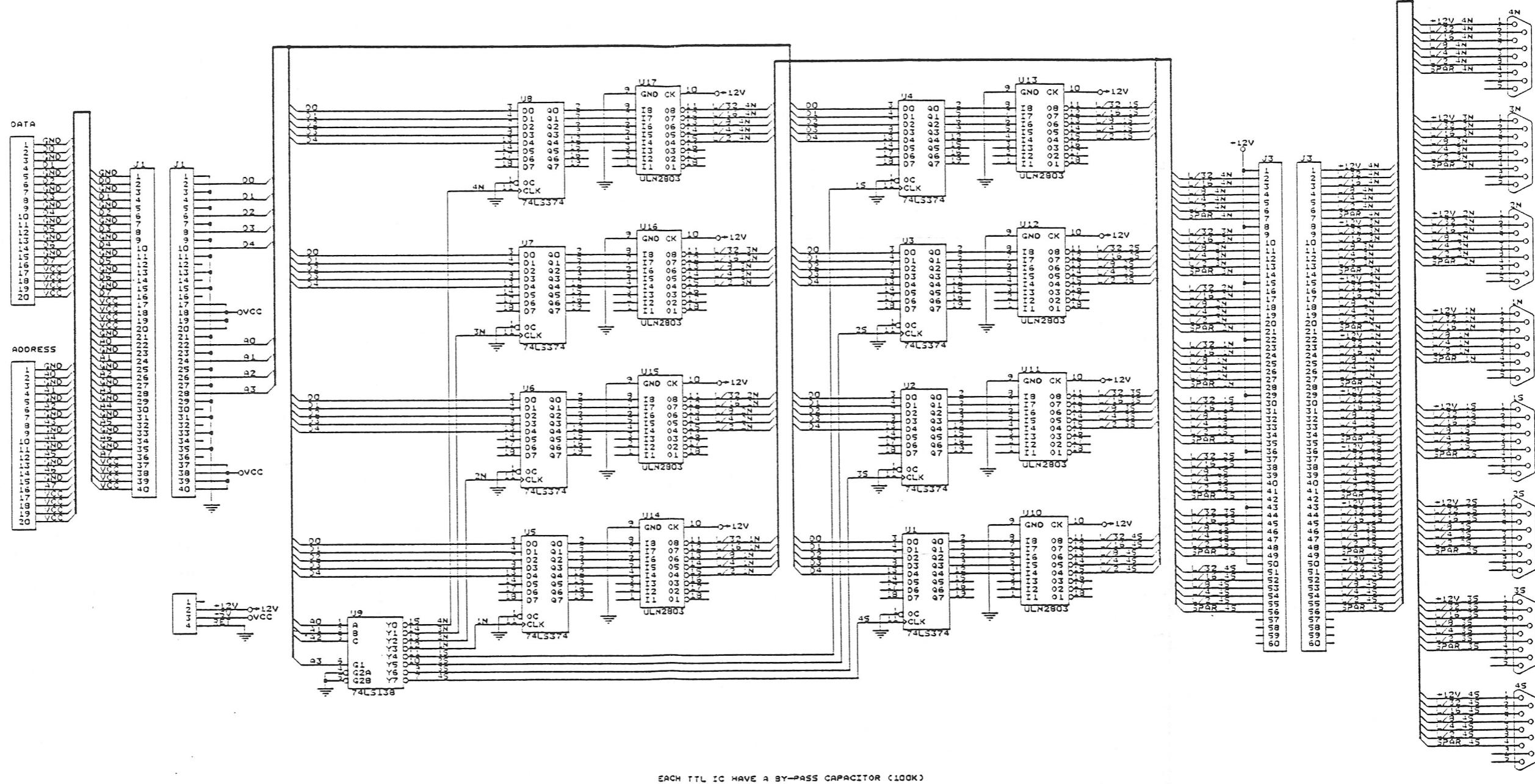


N/S PHASING SYSTEM
RF PHASE SHIFTER CIRCUIT (FIG. 3)



ISTITUTO DI RADIOASTRONOMIA CNR - BOLOGNA		
Title: N/S PHAS. SYST. - RF PHASE SHIFTER CIRCUIT		
Size: C	Document Number: ORCAD FILE: SFNS.SCH	REV: 1
Date: November 20, 1992 Sheet: 1 of 1		

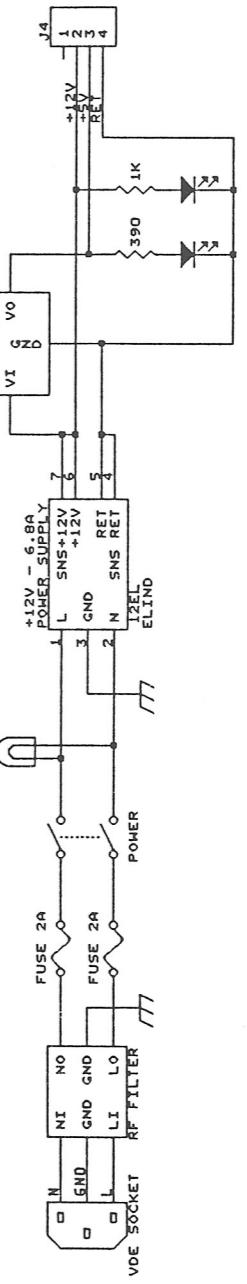
N/S PHASING SYSTEM
PHASE SHIFTER DRIVER CIRCUIT (FIG. 4)



EACH TTL IC HAVE A BY-PASS CAPACITOR (100pF)

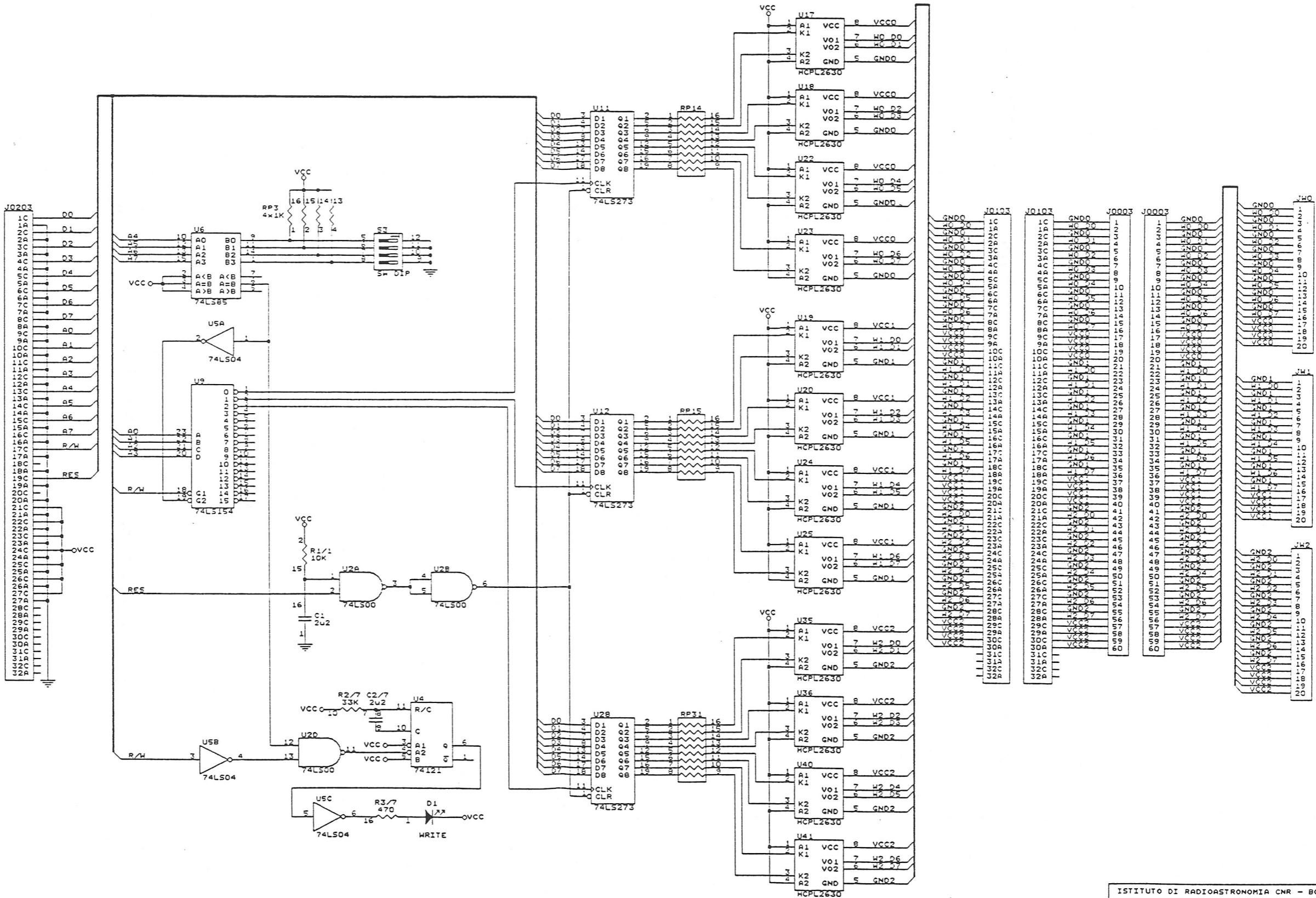
ISTITUTO DI RADIOASTRONOMIA CNR - BOLOGNA	
Title	
N/S PHAS. SYST. - PHASE SHIFTER DRIVER CIRCUIT	
Size	Document Number
C	ORCAD FILE: DRVSFNS.SCH
REV L	
Date: November 13, 1992 Sheet 1 of 1	

N/S PHASING SYSTEM
DRIVER POWER SUPPLY CIRCUIT (FIG. 5)



ISTITUTO DI RADIOTRONICA CNR - BOLOGNA
Title: N/S PHAS. SYST. - DRIVER POWER SUPPLY CIRCUIT
Size Document Number: 8
ORCAD FILE: PSSFNS.SCH
Rev: 1
Date: November 20, 1992 Sheet 1 of 1

N/S PHASING SYSTEM
PHASE SHIFTER INTERFACE CIRCUIT (FIG. 6)



ISTITUTO DI RADIOASTRONOMIA CNR - BOLOGNA		
Title: N/S PHAS. SYST. - PHASE SHIFTER INTERFACE CI		
Size: Document Number: REV		
C	ORCAD FILE: INTSFNS.SCH	1
Date: November 20, 1992 Sheet 1 of 1		

EACH IC HAVE A BY-PASS CAPACITOR (100pF)

REALIZZAZIONE PRATICA

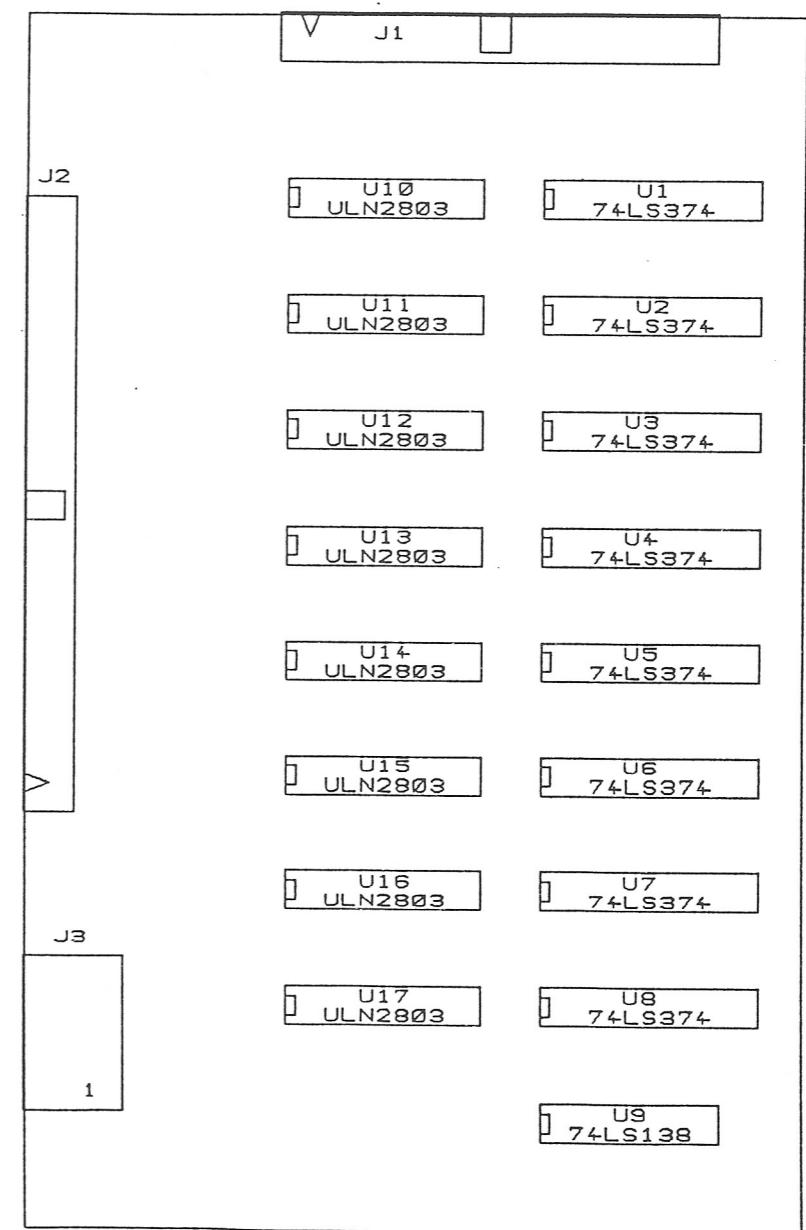
Il RF PHASE SHIFTER e` stato realizzato utilizzando una scatola metallica per montaggi RF divisa in 5 sezioni una per ogni circuito di inserzione cavo. Le linee di ritardo sono state realizzate con spezzoni di cavo del tipo RG.142B/U connessi alla scatola tramite delle connessioni BNC, per la commutazione si sono utilizzati dei relè SPDT per commutazioni RF del tipo RG2T-12VDC della SDS. I 16 moduli di sfasamento cosi` costituiti sono stati cablati dentro 8 scatole formato rack alte 3 unita`, si sono raggruppati due canali in modo da rendere piu` compatto il sistema.

Il PHASE SHIFT DRIVER e` stato realizzato su una scheda in tecnologia wire wrapp, la disposizione dei componenti e` riportata in fig.7. La scheda e` stata cablata assieme al suo alimentatore (modulo commerciale open frame) in una scatola rack alta 3 unita`.

La PHASE SHIFTER INTERFACE e` stata realizzata su una scheda formato doppia Europa in tecnologia wire wrapp, la disposizione dei componenti e` riportata in fig.8. la scheda e` stata alloggiata nel cestello che costituisce il "Sistema modulare d'interfacciamento con Personal Computer" descritto nel rapporto interno IRA 107/88, collegato al computer di puntamento.

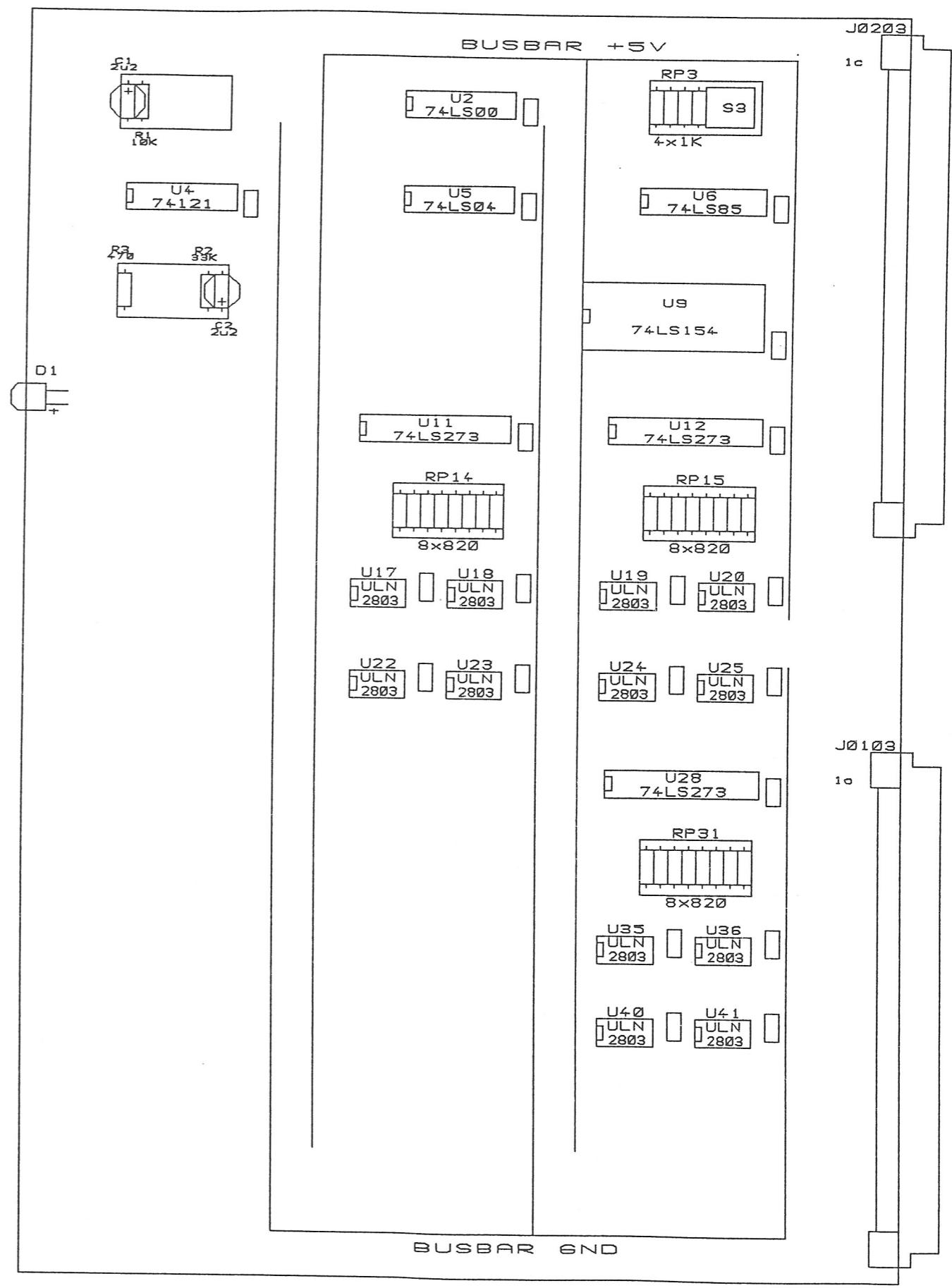
N/S FASING SYSTEM
DRIVER LAYOUT

FIG 7-



N/S FASING SYSTEM
INTERFACE LAYOUT

FIG. 8



CARATTERISTICHE

Le lunghezze elettriche caratterizzate @ 30 MHz dei singoli sfasatori sono rappresentati nella tabella seguente.

		$\lambda/2$	$\lambda/4$	$\lambda/8$	$\lambda/16$	$\lambda/32$
1	N	180.4	89.8	45.0	22.4	11.3
2	N	179.5	90.0	45.0	22.4	11.2
3	N	179.6	89.8	45.0	22.6	11.0
4	N	179.4	90.0	45.0	22.6	11.3
1	S	179.4	90.0	44.4	22.8	11.2
2	S	179.0	89.8	45.0	22.5	11.2
3	S	180.0	89.6	45.0	22.8	11.8
4	S	180.0	89.2	46.0	22.6	11.2

La perdita d'inserzione e l'adattamento nella banda passante e' rispettivamente < 1 dB e ≥ 21 dBc per ogni singolo canale.

ESEMPIO DI SOFTWARE PER L'UTILIZZO DEL SISTEMA

Come esempio di software di utilizzo del sistema di sfasatori appena descritto, vengono riportati i listati di due programmi (Fortran). Il primo (routine FASENS) viene impiegato per il calcolo delle 8 fasi relative agli 8 canali singoli NS ed inserita negli sfasatori per la formazione del fascio totale, tenendo conto del contributo di fase costante (non dipendente cioè dalla delta) introdotto come offset. L'offset appena citato, viene determinato sperimentalmente osservando su carta il transito di una radiosorgente sul fascio globale della Croce, massimizzandolo ruotando la fase del fascio NS tramite il secondo programma riportato (ROTMAN). La fase che da` il massimo nel transito, risulta essere l'offset cercato. Nelle pagine che seguono, vengono riportati i listati dei programmi in oggetto, sopra menzionati.

```
$DECLARE
c   -----
c   SUBROUTINE PER LA FORMAZIONE DEL FASCIO NS
c   tenendo conto dell'offset di fase EW-NS
c   (modificare quando cambia!)
c   -----
c   nome= FASENS

      subroutine fasens(dc)
      real dl(8),ze,dc,df(8),uno
      integer*2 val,i,outp(8),res,of
      real ff,fase,off
      ze=44.57
      c   ---- OFFSET EW-NS ----
      off=113
      c   -----
      uno=1
      res=0
      ff=0
      fase=0
      write(*,*)' '
      write(*,*)' '
      write(*,*)'Fascio NS Formato !'
      write(*,100) off
100   format(' Offset di fase EW/NS Inserito (gradi) =',f4.0)
      do 30 i=1,8
      dl(i)=(i-4.5)*80*sin((ze-dc)*3.141592/180.)
      dl(i)=dl(i)*408./299.793
      val=int(dl(i))
      df(i)=dl(i)-val
      df(i)=df(i)*360.
30    continue
      do 61 i=1,8
      if(df(i).lt.0) df(i)=df(i)+360.
      outp(i)=nint(df(i)/(360./32.))
      if(outp(i).ge.32) outp(i)=outp(i)-32
61    continue
      do 1000 i=1,8

      c   ---- introduzione offset e gestione sfasatori----
      of=nint(off/(360./32.))
      outp(i)=outp(i)+of
      if(outp(i).ge.32) outp(i)=outp(i)-32
      if(outp(i).lt.0) outp(i)=outp(i)+32
      call outsfns(i-1,outp(i))
1000  continue
      return
      end
```

```
$DECLARE
c      PROGRAMMA PER LA ROTAZIONE MANUALE DELLA FASE  NS
c      PER LA DETERMINAZIONE DELLA FASE EW/NS
c      il programma ROTMAN e` linkato con:
c      -- outsfns
c      -- outport
c      -- fort488
c      -- nolimit.lib

      real dl(8),ze,dc,df(8),uno,ksign,iif(8)
      integer*2 val,i,f(8),outp(8),res,inum,ind,outp1(8),key,in,of
      real dg,pr,fas(8),stelio,fnam,ff,fase,off
      character*5 rinp
      ze=44.57
      uno=1
      res=0
      ff=0
      fase=0
c      reset di tutti gli sfasatori

      c      do 99 i=1,8
      c      call outsfns(i-1,res)
      c99    continue

      call cls
      write(*,*) '
      write(*,*) ' FORMAZIONE FASCI NORD-SUD con poss. di offsettare'
      1      write (*,*) ' ENTRA DECLINAZIONE e OFFSET (deg.,min deg.)'
      write (*,*) ' premere le frecce up/dwn per mod. la fase'
      write (*,*) 'a step di +/- 11 gradi'
      read (*,*) dg,pr,off
      write(*,*) '<ESC> to Exit'
      write(*,*) dc=dg
      dc=dc+pr/60.
      do 30 i=1,8
      dl(i)=(i-4.5)*80*sin((ze-dc)*3.141592/180.)
      dl(i)=dl(i)*408./299.793
      val=int(dl(i))
      df(i)=dl(i)-val
      df(i)=df(i)*360.
      c      write(*,*)'fasi',df(i)
      30    continue
      c51   format(7x,'        4N      3N      2N      1N      1S      2S      3S      4S')
      do 61 i=1,8
      if(df(i).lt.0) df(i)=df(i)+360.
      outp(i)=int(df(i)/(360./32.))
      if(outp(i).ge.32) outp(i)=outp(i)-32
      61    continue
      112   write(*,112) outp
      112   format(' senza offset',8i3)
      do 1000 i=1,8
```

```
c      ---- introduzione offset  e gestione sfasatori----
of=nint(off/(360./32.))
outp(i)=outp(i)+of
if(outp(i).ge.32) outp(i)=outp(i)-32
if(outp(i).lt.0) outp(i)=outp(i)+32
call outsfns(i-1,outp(i))
1000 continue

c      write(*,59)  outp
59      format(' con offset ',8i3)
write(*,*) 
111      format(1h+, 'fase ',f8.0)

c      --- controllo della fase tramite freccie up-dw ---
c      ---ogni premuta di tasto up-dw vale +11/-11 gradi rispett. ---
45      call inkey(rinp,key,in)
if(in.eq.0) go to 45
c      write(*,*) key,in
if(key.eq.1) stop
do 100 i=1,8
if(key.eq.72)  outp(i)=outp(i)+1
if(key.eq.80)  outp(i)=outp(i)-1
if(outp(i).ge.32) outp(i)=outp(i)-32
if(outp(i).lt.0) outp(i)=outp(i)+32

c      call outsfns(i-1,outp(i))
100 continue

c      if(key.eq.72)  fase=fase+11.25
c      if(key.eq.80)  fase=fase-11.25
c      write (*,111) fase
c      go to 45
c      end
```

RINGRAZIAMENTI

Si ringrazia il Sig. C. Bortolotti per la collaborazione prestata nella fase di progettazione.

BIBLIOGRAFIA

Sistema modulare d'interfacciamento con Personal Computer

- Interfaccia con Orologi Digitali
- Interfaccia con Rele` di controllo

S.Montebugnoli, A.Cattani

Rapporto interno IRA 107/88