

NOTE TECNICHE

NT - 5/7 - 1970

SATELLITE NASA/OSO-6

ESPERIMENTO DI BOLOGNA

RAPPORTO PRELIMINARE SUL PROGRAMMA DI ELABORAZIONE DEI DATI

M. Di Grande - E. Moretti Horstman - G. Pizzichini - A. Spizzichino - G. Vespignani

LAB. TE.S.R.E. - C.N.R.

Via De' Castagnoli N. 1

40126 BOLOGNA - ITALIA

Viene qui data, nelle sue linee generali, una descrizione delle caratteristiche del satellite OSO-6 e della fase di raccolta e di prima elaborazione dei dati relativi all'esperimento di Bologna su di esso montato.

Ricordiamo che scopo dell'esperimento è quello di effettuare misure di flusso X da X-sorgenti e dal Sole nell'intervallo fra circa 20 e 200 KeV. Ciò viene fatto con un rivelatore a ioduro di sodio, a quattro canali (ampiezze nominali: 20-40, 40-70, 70-110, 110-200 KeV) e di apertura angolare $18^\circ \times 22^\circ$.

Caratteristiche orbitali e d'assetto

Il satellite è costituito da una "ruota" e da una "vela" ad essa ortogonale (v. figura 1). La vela è libera di ruotare rispetto alla ruota intorno al proprio asse baricentrico, che coincide con l'asse baricentrico normale al piano della ruota.

Sul satellite sono montate sette esperienze; quella di Bologna si trova sulla ruota, con l'asse di vista parallelo al piano di essa. Sulla vela sono montate oltre che le batterie di celle solari, due esperimenti.

La ruota gira, rispetto alla vela, con una velocità angolare (spin) di ~ 0.6 giri/sec durante la parte illuminata dell'orbita (giorno orbitale).

Quando il satellite si trova nel cono d'ombra della terra (notte orbitale) la vela, che durante il giorno è puntata costante

mente nella direzione del sole, in alcuni secondi entra in rotazione solidale con la ruota; ciò provoca ovviamente una diminuzione della velocità di rotazione di circa il 10%.

La direzione dell'asse di rotazione è mantenuta approssimativamente ($\pm 2^\circ$) normale alla direzione del sole, perciò il rivelatore dello esperimento di Bologna durante il giorno orbitale vede il sole ad ogni giro della ruota.

Alcune relazioni tra i sistemi di coordinate che più interessano l'esperimento sono illustrate in figura 2.

Riportiamo alcune grandezze caratteristiche dell'orbita:

altezza media	550 km
semiasse maggiore	1.08 raggi terrestri
eccentricità	.0046
inclinazione dell'orbita sull'equatore	. 58 radianti
periodo da perigeo a perigeo	95.15 minuti
precessione del perigeo	.166 rad/giorno
precessione del nodo ascendente	- .11 rad/giorno

Possibili valori caratteristici dell'assetto del satellite:

- pitch (η) angolo fra la direzione del sole e il piano della
ruota: - 2 - +2 gradi

- roll (ϕ): angolo fra l'asse di spin e l'asse perpendicolare alla eclittica 50 - 180 gradi
- velocità di rotazione durante il "giorno" orbitale: . 56 rotazioni/sec

Telemetria e configurazione dei dati

Il sistema di telemetria comprende sostanzialmente un codice attraverso il quale il satellite interpreta i comandi ricevuti da terra e un codice per la trasmissione dei dati, sia di quelli generali, di assetto ecc., sia di quelli relativi alle varie esperienze.

Ci occuperemo qui della parte relativa ai dati. Essi vengono registrati a bordo, e poi trasmessi a terra alla frequenza di 800 bit/sec, in corrispondenza ai passaggi sulle varie stazioni di ascolto.

In questi tratti la trasmissione dei dati avviene in modo continuo ed è strutturata in gruppi di 32 parole da 8 bit, detti "main frames", corrispondenti ciascuno a un intervallo di 320 msec.

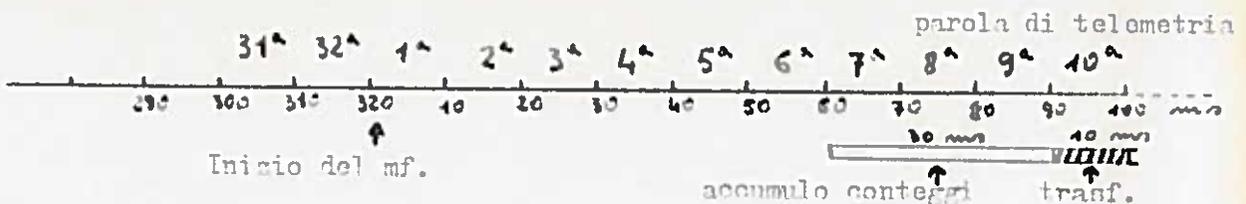
In generale una parola è la più piccola unità di telemetria dotata di significato; tale significato dipende convenzionalmente dal posto che la parola occupa nel main frame; però vi sono tre parole, dette "sottocommutate", precisamente la 25a, la 26a, la 29a, il cui significato varia da main frame a main frame, ripetendosi ciclicamente con un periodo di 48 main frames. Questo ciclo di 48 main frames (MF) corrisponde a una durata di $48 \times .320 = 15,36$ sec.

I dati dell'esperimento di Bologna derivano dalle parole della telemetria nel seguente modo. Le parole 6a, 10a, 18a, 22a, 30a, di ogni mf forniscono i conteggi dei singoli canali del rivelatore. Più precisamente bisogna distinguere la parola 6a, la 18a e la 30a, corrispondenti a conteggi relativi a intervalli di 70 msec, dalla 10a e 22a, corrispondenti a conteggi relativi a intervalli di 30 msec.

La telemetria impiega 10 msec per trasferire ciascuna delle 32 parole di ogni main frame, che ha quindi la durata di 320 msec. I conteggi vengono accumulati nell'intervallo di tempo fra la fine del trasferimento di una parola di conteggio e l'inizio della parola di conteggio successiva relativa allo stesso esperimento. Poichè durante l'intervallo di 10 msec necessari al trasferimento è sospeso l'accumulo dei conteggi, ne segue che ad esempio (Vedi fig.) il conteggio della 10a parola corrisponde a un intervallo di tempo pari a:

$$(10 \text{ parole} \times 10 \text{ msec}) - (6 \text{ parole} \times 10 \text{ msec}) - 10 \text{ msec} = \\ = 100 - 60 - 10 = 30 \text{ msec}$$

essendo la 6a parola quella precedente la 10a parola.



Per una visione complessiva dell'alternarsi delle 5 parole di un mf relative all'esperimento vedi fig. 4.

Le parole che forniscono i conteggi non sono altro che un raggruppamento di 4 coppie di bit, ciascuna delle quali rappresenta, nell'ordine, il conteggio relativo ai canali: 1°, 3°, 2°, 1°.

Dalla parola 25a, che, come si è detto, è sottocommutata, si ricavano, fra altri, i dati necessari a determinare:

- angolo di pitch (η), cioè l'angolo tra l'asse di spin e il piano normale al vettore satellite-sole;
- angolo di azimuth (θ) dell'esperimento, che è l'angolo fra le proiezioni sul piano della ruota, della direzione satellite - sole e della direzione di vista dello strumento.

La parola 26a (WASC) rappresenta:

- nel 7° mf il valore dell'alta tensione di alimentazione,
- nel 10° il valore della bassa tensione,
- nel 13° il valore della temperatura dell'equipaggiamento sperimentale.

La parola 29a, (DSM) anch'essa sottocommutata, dà:

- nel 7° mf il valore integrale dei conteggi (DSM7) per tutti i canali e per la durata di 15.35 sec (1 MF meno 10 msec),
- nell'8° lo stato dei comandi (DSM8),

Bisogna osservare che per stato dei comandi non si intende semplicemente l'accensione dello strumento ma anche il fatto che esso stia funzionando in maniera normale o in "calibrazione".

La calibrazione può essere effettuata disinserendo il circuito di anticoincidenza, o accendendo una o entrambe le luci porte in prossimità del fotomoltiplicatore del rivelatore.

- nel 12° e 13° due valori che, opportunamente combinati, danno origine alla variabile DSM123.

Il DSM123 si ha sia di giorno che di notte. Di giorno rappresenta l'intervallo di tempo tra l'apertura del gate di telemetria e il 1° impulso solare successivo. Di notte rappresenta invece l'intervallo di tempo tra l'apertura del gate di telemetria e lo "zero ascendente" del magnetometro sul piano della ruota. In entrambi i casi serve per determinare la velocità di rotazione della ruota e la sua posizione di riferimento all'inizio di ogni MF.

- nel 32° e 33° due valori che danno origine alla variabile DSM323, che rappresenta il tempo intercorrente tra l'istante di zero ascendente del magnetometro sul piano della ruota e il primo impulso solare successivo. Il DSM323 serve (solo per la parte illuminata dell'orbita) a calcolare il roll del satellite, mediante la conoscenza della struttura del campo geomagnetico locale.

Il DSM323 di notte è sempre zero. Durante il periodo di notte il roll e il pitch non vengono quindi misurati. Si assumono invece i valori disponibili immediatamente prima del tramonto, e si controllano eventuali differenze all'alba successiva.

- Il 37° (DSM37) dà lo stato di accensione dei vari esperimenti (5° bit: esperienza di Bologna).

Va qui osservato che parole di 8 bit sono atte a rappresentare dei numeri a meno di un termine additivo multiplo di 2^8 , da-

to che, superato il valore di 255, che è il massimo numero rappresentabile con 8 bit, si ha un azzeramento delle scale; ciò in particolare vale per il conteggio integrale (DSM7), che va quindi interpretato con la necessaria cautela. (un esempio è in fig.5).

Infine, le parole 31a e 32a danno, per ogni mf, informazioni sul sincronismo della trasmissione.

Riconoscendo queste due parole, il dispositivo di decommutazione degli impulsi nelle stazioni a terra ricomincia a raggruppare di otto in otto gli impulsi binari in arrivo e a formare così le parole del mf successivo. Se invece esse non hanno il valore normale, i dati del MF non sono attendibili. La 48a parola del DSM e degli ASC è anch'essa un segnale di sincronismo.

Nastri di input

I dati relativi all'esperimento di Bologna, assieme a quelli generali e di assetto derivati dalla telemetria nel modo descritto, vengono registrati su nastro magnetico e inviati a Bologna a cura della NASA. (Si dispone anche di un certo numero di nastri inviati dalla BBRC, relativi ai soli passaggi nord-atlantici).

I nastri di dati della NASA (Playback) hanno la seguente struttura: sono nastri binari, multifiles, a records non bloccati. Ogni file corrisponde ai dati di un'orbita e comprende circa 200 records, ognuno formato da 174 numeri interi da 60 bit.

Il primo record di ogni file è diverso dagli altri: dalle prime parole di esso si ricavano, oltre ad alcune informazioni

particolari sul nastro all channels da cui sono tratti i dati relativi all'esperimento di Bologna, i parametri cinematici dell'orbita e dell'assetto:

- numero dell'OSO
- numero dell'orbita
- giorno dell'anno
- angolo di pitch
- angolo di roll
- velocità di rotazione
- semiasse maggiore dell'orbita
- eccentricità
- inclinazione dell'orbita
- anomalia media iniziale
- ascensione retta iniziale
- angolo iniziale di riferimento tra le posizioni dell'OSO sull'orbita e il raggio passante per il perigeo
- periodo orbitale espresso in minuti
- velocità angolare del perigeo in rad/giorno
- velocità di spostamento del nodo ascendente in rad/giorno
- tempo dato in giorni dell'anno con la precisione del msec.

La parte restante del 1° record è riempita con degli zeri. I records successivi al primo contengono ciascuno i dati di due MF. Ogni MF comincia con il tempo di inizio ± 1 msec. La fine dei dati di ogni orbita è contrassegnata da un "end of file". La fine della registrazione su nastro, da un doppio "end of file".

Il numero massimo di files sui nastri NASA è 35. (I nastri della BBRC hanno lo stesso format dei nastri NASA (playback), con la eccezione che il primo record di ogni file contiene 11 parole che danno, oltre ai parametri orbitali sopra elencati, il tempo del nodo ascendente dell'orbita, espresso in ore, minuti, secondi).

Vi sono inoltre i nastri detti "di attitude", che forniscono a intervalli di 8 m (cioè ogni 32 MF circa) i dati relativi all'assetto del satellite. Essi sono utili per controllare i risultati forniti dal programma di prima elaborazione. Anche questi sono nastri in binario, multifiles, nel format standard IBM 7094 cioè con parole di 36 bit, floating point; i records sono di 520 parole. Il primo record di ogni file contiene solo dati di identificazione dell'orbita, i records successivi contengono invece i dati d'assetto. L'orbita inizia in corrispondenza al nodo ascendente. La fine dell'orbita e la fine della registrazione su nastro sono anche qui contrassegnate rispettivamente da un "end of file" e da un doppio "end of file".

Il Programma di prima elaborazione dei dati

Il programma di prima elaborazione dei dati può funzionare secondo due modalità: una dà luogo a una procedura ridotta detta checklist, l'altra invece, più completa, è detta normal processing.

L'esperimento ha lo scopo di studiare sia la componente diffusa, sia le sorgenti discrete di raggi X, in particolare il sole. Per questo è necessaria un'analisi direzionale dei dati. Occorre però una valutazione preliminare del fondo spurio, dovuto sia ad effetti di latitudine, sia al fatto che il satellite attraversa, a volte per lunghe frazioni di orbita, le fasce di radiazione di Van Allen. Bisogna anche tenere conto che in seguito al passaggio nelle fasce di radiazione, si ha un'attività residua dello strumento che contribuisce anch'essa al fondo spurio. A questo scopo si effettua un'analisi preliminare dei dati, nella quale non si tiene conto della direzione in cui è puntato il rivelatore, ma ci si limita a correlare l'andamento temporale dei conteggi, integrati sull'angolo azimutale della ruota, con la posizione in cui si trova il satellite, rispetto alla terra. Altre funzioni di questa analisi sono:

- effettuare una prima selezione dei periodi di conteggio utili per successive elaborazioni, scelti in base ad una valutazione preliminare del fondo minimo riscontrato;
- valutare i dati ottenuti durante i periodi di calibrazione.

Per fare tutto questo si usa la versione ridotta del programma, della Cecklist.

Checklist

Allo scopo di ridurre l'errore statistico percentuale, i conteggi dei vari canali vengono sommati separatamente per gruppi di MF (ad.es. 8 MF alla volta).

Si calcola anche il conteggio complessivo di tutti i canali e quelli degli ultimi tre (2°, 3° e 4°).

I conteggi da 30 msec sono tenuti separati da quelli da 70. Diamo qui alcuni valori approssimativi dei conteggi per MF (somma di quelli "brevis" e di quelli "lungi"):

1° canale	min 100	,	medio 150	,	max 400	- conteggi
2°)	"	"	"	"	"	"
3°)	"	"	5	"	15	"
4°)	"	"	"	"	80	"

Ricordiamo che ogni MF è composto da 48 mf, in ognuno dei quali abbiamo due conteggi della durata di 30 msec e tre della durata di 70 msec, perciò il tempo corrispondente a questi conteggi sarà:

$$\text{conteggi brevi: } 2 \times 48 \times \frac{30}{1000} \text{ sec} = 2.88 \text{ sec}$$

$$\text{" lunghi: } 3 \times 48 \times \frac{70}{1000} \text{ sec} = 10.08 \text{ sec}$$

tempo complessivo di conteggio (2.88 + 10.08) sec = 12.96 sec
mentre la durata del MF è di 15.36 sec.

Poichè la velocità di rotazione della ruota è di circa 0.5 rotazioni/sec, in un MF essa compirà

$$(15.36 \text{ sec} \times 0.5 \text{ giri/sec}) \approx 7.5 \text{ rotazioni.}$$

Il periodo orbitale è di circa 95 minuti, perciò corrisponde a una velocità di rotazione di circa $\frac{360 \text{ gradi}}{90 \text{ minuto}} = 4 \frac{\text{gradi}}{\text{minuto}}$.

In un MF cioè in circa 15 sec il satellite descriverà un arco di 1°.

Supponendo di sommare i conteggi di 8 MF alla volta, avremo:

canale	conteggi brevi	errore	conteggi lunghi	errore	totale conteggi	errore
1	500	4%	700	4%	1200	3%
2)	50	12%	70	11%	120	9%
3)						
4)						

tempo utile complessivo di conteggio:

per i conteggi brevi: 23.04 sec

" " " lunghi: 80.64 sec

in tutto 103.68 sec

durata complessiva di 8 MF: $15.36 \times 8 = 122.88$ sec

rotazioni della ruota: $123 \text{ sec} \times 0.5 \text{ giri/sec} \approx 60$ rotazioni

arco di orbita percorso dal satellite $\sim 8^\circ$

Considerazioni sulla statistica dei conteggi.

Se i contatori ci fornissero i conteggi effettivi, questi ultimi risulterebbero distribuiti secondo la statistica di Poisson, cioè la frequenza percentuale relativa al valore di conteggio n sarebbe

$$f_a(n) = \frac{a^n e^{-a}}{n!}, \text{ ove } a \text{ indica la frequenza media degli}$$

eventi.

Nel nostro caso, però per la registrazione e trasmissione dei conteggi dei singoli canali sono disponibili soltanto due bit perciò

il conteggio massimo per canale è $3(2^2-1)$; se, dopo aver accumulato tre conteggi, il contatore riceve un ulteriore impulso si azzerà; se ne riceve un altro segna 1, e così via. Uno 0 può quindi significare uno qualunque dei valori $0 + 4n$ ($n = 0, 1, 2, \dots$). Analogamente per 1, 2, 3. Questo introduce una "distorsione" nella statistica dei conteggi osservati, tutt'altro che trascurabile nei tratti e nei canali ove la frequenza è più alta.

Chiamando $F_a(l)$ la frequenza percentuale osservata del valore di conteggio l ($l=0, 1, 2, 3$), sarà

$$F_a(l) = \sum_n f_a(l+4n)$$

cioè sarà data dalla serie i cui termini sono le frequenze di Poisson associate alle infinite determinazioni di $L = l+4n$ per $n = 0, 1, 2, \dots$

Esplicitando $f_a(L)$ avremo:

$$\begin{aligned} F_a(0) &= \sum_n \frac{a^{4n}}{(4n)!} e^{-a} = e^{-a} \sum_n \frac{a^{4n}}{(4n)!} \\ &= \frac{e^{-a}}{2} \left(\sum_n \frac{a^{2n}}{(2n)!} + \sum_n \frac{(-1)^n a^{2n}}{(2n)!} \right) \\ &= \frac{e^{-a}}{2} (\cosh a + \cos a) \end{aligned}$$

e, analogamente,

$$F_a(1) = \frac{e^{-a}}{2} (\sinh a + \sin a)$$

$$F_a(2) = \frac{e^{-a}}{2} (\cosh a - \cos a)$$

$$F_a(3) = \frac{e^{-a}}{2} (\sinh a - \sin a)$$

Questa è dunque la distribuzione dei conteggi osservati, da cui si ricava la relazione che più interessa, cioè la relazione tra media osservata m e media reale a .

Si ha:

$$m = \sum_1^3 1 F_a(1) = 1^{-a} (2 \operatorname{sen} h a + \cos h a - \operatorname{sen} a - \cos a)$$

Ricaviamo infine la seguente relazione esplicita tra media reale e frequenze osservate; osservando che:

$$\begin{aligned} F_a(0) + F_a(2) - F_a(1) - F_a(3) &= \\ &= \frac{e^{-a}}{2} (\cos h a + \cos a + \cos h a - \cos a - \operatorname{sen} h a - \operatorname{sen} a - \\ &- \operatorname{sen} h a + \operatorname{sen} a) \\ &= e^{-a} (\cos h a - \operatorname{sen} h a) = e^{-2a}, \end{aligned}$$

si ha

$$a = -\frac{1}{2} \lg (F_a(0) + F_a(2) - F_a(1) - F_a(3))$$

Va però tenuto presente che, come del resto è intuitivo, al crescere di a i quattro valori dei conteggi tendono a diventare equiprobabili per cui m tende a una costante ($\frac{3}{2}$); perciò in pratica è possibile risalire dalla media osservata a quella reale solo per valori non troppo alti di quest'ultima.

Assetto

Per quanto riguarda l'assetto, il checklist fornisce informazioni su: i parametri dell'orbita e, per ogni MF:

- tempo d'inizio
- latitudine,

- longitudine,
 - altitudine,
 - i coseni direttori della verticale locale in coordinate topocentriche,
- e le seguenti grandezze (Vedi fig.3), 3 b.1.)
- CONE semiangolo sotto cui è vista la terra dal satellite ($\sim 60^\circ$)
 - ELV angolo fra la verticale locale e il piano della ruota (complementare dell'angolo fra l'asse di spin e la verticale locale).
 - VERW angolo tra l'asse di roll e la proiezione della verticale locale sul piano della ruota.
 - WHOZ 1 } angoli fra l'asse di roll e l'intersezione
 - WHOZ 2 } del piano della ruota con il cono sotto cui è vista la terra dal satellite.
 - XVER angolo fra asse di roll e l'orizzonte, cioè angolo minimo fra l'asse di roll e le generatrici del cono che ha il vertice nel centro del satellite ed è tangente alla terra.

Si possono anche stampare i dati dei singoli MF, così come vengono ottenuti dalla telemetria. Una ulteriore informazione sui conteggi è data dalla parola DSM7 che dà il conteggio totale di tutti i canali per un intero MF. Bisogna però tenere conto di due cose:

1) Si tratta di una parola da 8 bit, quindi il conteggio massimo è 255 ($=2^8 - 1$).

Se esso viene superato il conteggio ricomincia da 0.

2) I contatori non ricevono impulsi durante la trasmissione, la cui durata è 10 msec/parola.

In un MF la differenza tra il tempo totale di conteggio del contatore integrale e il tempo totale di conteggio dei singoli canali è:

$(15,35 - 12,96) \text{ sec} = 2,39 \text{ sec}$

Perciò il conteggio del DSM37 sarà in media più alto di circa il 18% rispetto alla somma dei canali su un MF.

Normal processing

Nel checklist si esaminano i dati senza tenere conto della direzione in cui punta il rivelatore. Con esso quindi, si è in grado di stabilire soltanto una relazione tra le medie dei conteggi per i vari canali di energia, il tempo in cui questi conteggi sono stati ottenuti e la posizione in cui si trova il satellite in quel momento rispetto alla terra.

Nel normal processing, invece, si elaborano ancora i dati nei gruppi di MF, ma suddividendoli a seconda della direzione in cui punta il rivelatore. Poichè si vogliono studiare, oltre alla componente continua dei raggi X, le sorgenti discrete, è necessario poter stabilire con ragionevole precisione la direzione di provenienza della radiazione misurata, in altre parole si deve ricostruire l'assetto del satellite per ogni singolo periodo di conteggio effettuato. A tale scopo vengono utilizzati in parte alcuni dati già elaborati che ci vengono forniti direttamente dalla NASA, in parte quelli della telemetria per ogni MF.

Diamo qui alcune informazioni sul moto di rotazione della ruota del satellite. Il satellite ha una velocità di rotazione di circa mezzo giro al secondo.

Il sole viene visto dal rivelatore una volta per giro. La direzione dell'asse di rotazione può cambiare di 1° /giorno eccetto casi in cui vengono eseguite manovre particolari sul satellite, perciò tale direzione può essere considerata praticamente costante duran

te tutta un'orbita, e, a maggior ragione, per un gruppo al più uguale a 10 MF.

Per suddividere i dati in corrispondenza dell'asse di vista dell'esperimento, per ogni rotazione del satellite prendiamo il sole come punto di riferimento e dividiamo l'angolo giro in un certo numero di settori angolari azimutali uguali.

Il primo settore è centrato nella direzione del sole, anzi nella proiezione di questa direzione sul piano della ruota. L'ampiezza dei settori deve corrispondere a un numero intero di gradi e può essere variata di orbita in orbita, da un minimo di 1° a un massimo di 360° . Poichè durante un conteggio da 30 msec l'asse del rivelatore ruota di circa $5,4^\circ$, conviene considerare settori angolari di ampiezza dell'ordine di questo valore. Anche qui, per diminuire l'errore statistico relativo, si possono elaborare insieme gruppi di MF consecutivi.

4 MF corrispondono a

$$\left(\frac{1}{2} \times 15,36 \times 4\right) \simeq 30 \text{ giri della ruota}$$

Se consideriamo settori azimutali di 4° di ampiezza, il rivelatore resta in ogni settore:

$$\frac{15}{90} = \frac{1}{6} \text{ sec per ogni MF, cioè } \simeq 0,7 \text{ sec per 4 MF.}$$

Per gruppi di 4 MF si avranno circa 7 conteggi lunghi e circa 4 conteggi brevi per settore angolare di 4° .

Valore medi dei conteggi:	1°	canale	150 / MF
	$2^\circ, 3^\circ, 4^\circ$	"	15 / MF

Per 1 MF e settori di 4° : $\frac{150}{90} = 1.7$ colpi/MF (1° canale)

0,17 colpi/MF (2°, 3°, 4° canale)

Per 4 MF e settori di 4° 7 colpi/4MF (1° canale)

0.7 colpi/4MF (2°, 3°, 4° canale)

Medie temporali dei conteggi:

$$1^{\circ} \text{ canale } \frac{150}{3 \times \frac{70}{10^3} \times 48 + 2 \times \frac{30}{10^3} \times 48} \approx 12 \text{ colpi/sec}$$

2° canale

3° canale ~ 1 colpo/sec

4° canale

Per ogni settore angolare, all'inizio di ogni orbita si calcolano le seguenti quantità, riferite alla bisettrice del settore: ascensione retta, declinazione, coseni direttori in coordinate celesti, angolo fra l'asse dell'esperimento e la direzione del sole.

Quando si è raggiunto il numero di MF da elaborare insieme, vengono stampati, per ogni settore angolare: l'angolo che la bisettrice forma con la proiezione della direzione del sole sul piano della ruota,

- l'angolo di zenith,
- l'ascensione retta e la declinazione della bisettrice del settore
- i conteggi accumulati per i vari canali,
- la loro somma
- la somma del 2° + 3° + 4° canale
- le medie temporali
- il numero di accumulazioni effettuate in quel settore

- il tempo di conteggio corrispondente tenendo sempre separati i conteggi "lunghi" da quelli "corti".

Inoltre sono stampati anche: i conteggi totali relativi all'intero angolo giro

- canale per canale

- la somma dei conteggi dal 2° al 4° canale,

- le medie nel tempo di questi ultimi due per il gruppo di MF.

Se alla fine dell'orbita resta un numero di MF minore di quello voluto, questi vengono elaborati insieme ugualmente.

Se in un MF lo stato dei comandi non è normale, esso viene elaborato a parte con procedimento checklist.

Resta da osservare che, a parte il conteggio degli 0, 1, 2, 3, nel normal processing si fa anche tutto quello che viene fatto nel checklist.

DESCRIZIONE DELLE SUBROUTINES

- DCDLHR decodifica il 1° record di ogni orbita per i nastri della NASA.
- DECODEG decodifica il 1° record di ogni orbita per i nastri HBRC.
- MASK estrae un certo numero di bit da una parola di 60 bit (per es. 2 bit per avere il conteggio di un singolo canale).
- SKIPF serve per il passaggio da un file al successivo. Viene usata per es. quando l'orbita richiesta non è la prima del nastro, o quando si vogliono saltare delle orbite.
- CHECK serve per fare il "checklist", cioè le somme dei conteggi nei vari canali e lo "spettro" dei conteggi, cioè il numero di 0, di 1, di 2, di 3 registrati (Vedi BOLNEY (4)).
- SUBCOM serve per controllare lo stato dei comandi, il valore della temperatura, dell'alta e della bassa tensione di alimentazione, ecc.
- LUNAV Calcola le coordinate della luna (ascensione retta, declinazione, azimut, elevazione), per sapere quale porzione di cielo è occultata dalla luna a un certo istante. (senza però tener conto della paralasse).
- PRINTMF stampa tutti i dati relativi al MF in esame.
- ADJUST corregge la velocità di rotazione del satellite sulla orbita in modo che, al tempo del nodo ascendente fornito

dalla NASA (nastro di attitude), la latitudine del satellite, calcolata dal programma risulti uguale a zero.

- EXTFORM effettua una rotazione di coordinate
- XFORM effettua le trasformazioni tra i seguenti sistemi di coordinate: dell'esperimento, del satellite, dell'eclittica, celesti, topocentriche.
- FIELD Calcola il campo geomagnetico.
- SECTOR stabilisce a quale settore angolare deve essere assegnato un certo conteggio.
- EFHEM Calcola le effemeridi relative all'esperimento.
- CPITCH corregge l'angolo di pitch, quando è necessario.
- BOLNEY
(1) Calcola, nel riferimento inerziale, ascensione retta, declinazione, coseni direttori della bisettrice di ogni settore angolare.
- BOLNEY
(2) fa le somme dei conteggi per settore angolare, tenendo distinti i conteggi relativi a intervalli di 30 msec da quelli relativi a intervalli di 70 msec.
- BOLNEY
(3) fa i totali dei conteggi nei vari canali, e le loro medie alla fine del numero di MF specificato nella scheda d'ingresso. Alla fine vengono stampati, per ogni settore angolare, a) i conteggi complessivi relativi a ogni canale, b) la loro somma, c) la somma del 2°, 3°, 4°, d) le medie temporali di b) e c). Inoltre vengono stampate le stesse quantità, sommate e mediate su tutti i settori angolari.
- BOLNEY
(4) Calcola il numero medio di conteggi per MF e per ogni canale, e il numero medio di 0, 1, 2 e 3 per MF relativo ai 4

canali. Questi valori sono moltiplicati per un fattore 10^3 (ciò per evitare di perdere cifre significative durante l'elaborazione).

INDUT legge i dati su nastro, usa le subroutine per decodificarli e li normalizza.

ASPEC 1 Calcola e stampa quei parametri cinematici che vengono calcolati una sola volta per orbita, perchè non cambiano apprezzabilmente per la durata di essa:

- direzione del vettore satellite-sole
- direzione dell'asse di spin, dell'asse di pitch e di quello di roll del satellite (ricordiamo che l'asse di roll è perpendicolare all'asse di spin e giace nel piano individuato dall'asse di spin e dal vettore satellite-sole).

ASPEC 2 Calcola, per ogni MF, i parametri relativi alla rotazione della ruota, in modo diverso a seconda che si tratti di notte o di giorno orbitali.

Di giorno viene sfruttato come punto di riferimento il sole, mentre di notte ci si riferisce allo zero ascendente del magnetometro sul piano della ruota.

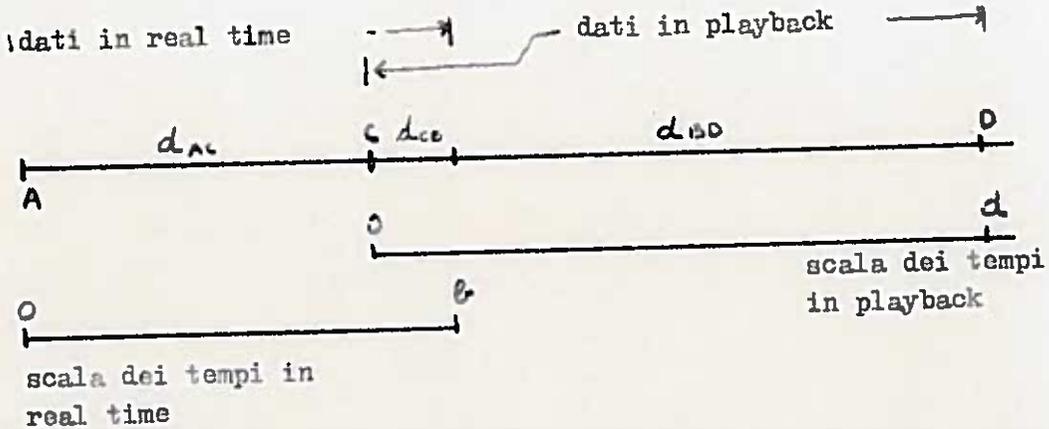
ASPEC 3 Calcola, per ogni MF, varie grandezze relative a come la terra è vista dal satellite, e in particolare dallo esperimento di Bologna.

Difetti del programma

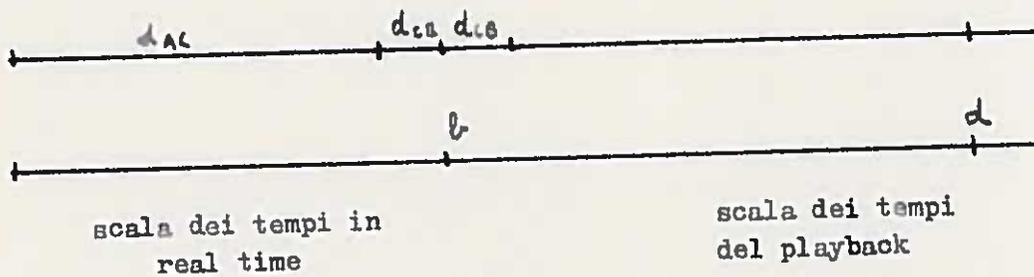
A tutt'ora sono stati riscontrati nel programma i seguenti difetti:

- 1) Sia la procedura per calcolare l'assetto che quella per elaborare insieme gruppi di MF prevedono che essi siano consecutivi. Se ciò non avviene o perchè sul nastro c'è una interruzione nella sequenza dei MF, o perchè si richiede che non vengano elaborati i dati relativi ad alcuni intervalli di tempo, o perchè vi sono dei MF per cui lo stato dei comandi non è normale, e che quindi vengono elaborati a parte con la procedura checklist, si avranno i seguenti inconvenienti:
 - a) l'assetto relativo al 1° MF successivo all'interruzione sarà sbagliato. Se poi questi dati si riferiscono alla notte orbitale, l'assetto risulterà errato per tutta la durata di essa.
 - b) Il programma tiene conto soltanto del numero di MF che deve elaborare insieme, ma tale numero è stato scelto in funzione della ampiezza del corrispondente arco percorso dal satellite sull'orbita; quindi se i MF elaborati insieme non sono consecutivi, ad essi corrisponderanno archi di orbita separati.
 - c) La registrazione dei dati su nastro può essere avvenuta sia in "real time" sia "playback". Sui nostri nastri dovrebbe esserci solo il playback. Se per errore sono rimasti dei MF registrati in "real time", essi saranno poi ripetuti alla fine del playback ma figureranno con un tempo di inizio diverso, perchè le due scale dei tempi sono sfasate. Alla fine dei dati registrati in "real time" si avrà un "ritorno indietro" nella scala dei

tempi, che però non corrisponde, dato lo sfasamento delle due scale, all'intervallo effettivo di tempo fra i MF corrispondenti. Tale inconveniente non si è mai verificato nei dati sui nastri NASA.



sequenza dei dati sul nastro:



(al limite B può coincidere con D)
e A con C

In questi casi si avranno i seguenti inconvenienti

- alcuni MF saranno elaborati due volte ed assegnati a tempi diversi.
- nel passaggio dai dati in real time a quelli in playback o viceversa, si avranno dei salti nella scala dei tempi e di

conseguenza degli errori nei calcoli che riguardano l'assetto.

- 2) Nel checklist se alla fine dell'orbita resta da elaborare un gruppetto di MF (in numero inferiore al gruppo standard da elaborare insieme) può accadere che esso vada perso, oppure sia associato all'orbita successiva.
- 3) Attualmente nel nastro di output del checklist non compaiono i valori di latitudine e di longitudine, come invece sarebbe utile per i successivi programmi di graficazione.
- 4) La subroutine ADJUST è stata rielaborata per ottenere dati corretti.
- 5) Sembra che l'assetto di notte sia dato con poca precisione.
Ciò può essere causato da:
 - il fatto che la subroutine FIELD lavora con solo 10 coefficienti e per di più relativi all'anno 1966;
 - l'angolo fra il piano della ruota e la direzione del sole (pitch) viene controllato ed eventualmente corretto, solo durante il giorno orbitale. Poichè esso è indispensabile per fissare le relazioni tra alcuni dei sistemi di coordinate, se durante la notte orbitale tale angolo varia, l'assetto risulta errato.
- 6) Esistono due metodi per determinare se il satellite si trova nella zona di notte orbitale:
 - a) Considerare il DSM 323 che assume sempre il valore zero durante la notte orbitale. Questo metodo ha l'inconveniente che il DSM 323 può assumere il valore zero anche in particolari casi per brevi periodi anche durante il giorno orbitale.

- b) Considerare l'intensità solare che ovviamente è nulla durante la notte orbitale. L'inconveniente, in questo caso, è dovuto al fatto che l'intensità raggiunge il suo valore medio in un intervallo di tempo variabile tra 1 e 3 MF.
- 7) Un'altra causa di errore è dovuta alla indeterminazione del momento di inerzia del sistema ruote-vela durante la transizione da giorno a notte, e viceversa. Infatti non è noto quanto tempo sia necessario perchè la vela e la ruota formino un sistema solidale in rotazione. Al momento attuale si è ovviato agli inconvenienti contrassegnati con l'asterisco.

Nastri di output

Il programma descritto produce in uscita, oltre alla stampa su carta, nastri che serviranno da input nella successiva fase di elaborazione.

Tali nastri sono come quelli di entrata, (binari, non bloccati, multifiles, ecc.).

La procedura checklist e quella di normal processing danno luogo naturalmente a nastri diversi.

Checklist: E' stato assegnato un codice di riferimento ai vari tipi di informazione. Per esempio, per ogni orbita

Codice 100 : per informazioni iniziali sull'orbita, e dati di assetto validi per tutta la durata dell'orbita.

Codice 200 : dati di assetto calcolati per ogni MF.

Codice 800 : si riferisce ai dati elaborati per checklist, quando lo stato dei comandi è normale.

Codice 700 : idem quando lo stato dei comandi è di calibrazione.

Normal processing

Codice 100 : come per checklist

Codice 400 : Dati sui settori angolari che restano costanti per tutta l'orbita.

Codice 200 : come per checklist

Codice 600 : sia totali e medie dei conteggi calcolati per ogni gruppo di MF elaborati insieme, relativi a tutto l'angolo giro, sia angoli di Zenit relativi ad ogni settore angolare.

Codice 300 : Totali e medie dei conteggi relativi ai singoli settori angolari e ai soli conteggi da 70 msec.

Codice 500 : Come sopra, ma per i conteggi da 30 msec.

La sequenza dei record, per ogni orbita, sui nastri prodotti dal programma si può riassumere nel seguente schema:

Checklist:

record	1°	2°	3°
codice	100	200	800 o 700
	inizio dell'orbita	ripetuti fino alla fine dell'orbita	

Normal processing:

record	1°	2°	3°	4°	5°	6°
codice	100	400	200	600	300	500
	inizio dell'orbita	ripetuti sino alla fine dell'orbita.				

Una prima conferma della correttezza dell'assetto

Per quanto concerne l'assetto va osservato innanzitutto che anche una soluzione analiticamente corretta può dare luogo a un progressivo accumulo di approssimazioni di calcolo, di interpolazione e di estrapolazione, da cui derivano errori non trascurabili.

Per un primo controllo si è cercato di stabilire se, nell'intervallo azimutale che nominalmente comprende la direzione solare, vengono effettivamente accumulati i conteggi relativi al sole. In figura 6, compare il profilo di un "burst" solare durante l'orbita 1602 del giorno 22 Nov. 1969.

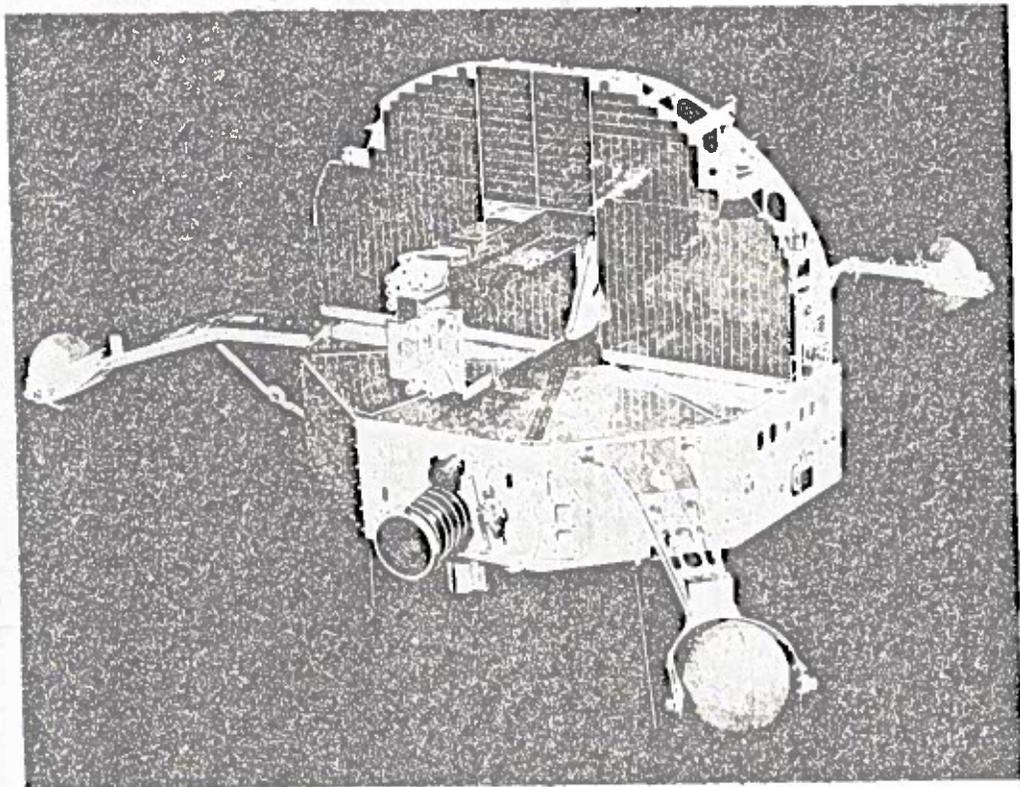
Questo evento corrisponde, come si può osservare, con quello rivelato dal satellite Explorer 37, ad energia più bassa, e presentato nella stessa figura.

Si può osservare come il "burst" decada più lentamente nel primo canale che negli altri, il che corrisponde al caratteristico comportamento degli spettri in tale tipo di fenomeni. Si può inoltre notare come il rapido raggiungimento del limite di saturazione delle scale di conteggio ponga problemi di ricostruzione del profilo di un "burst" anche di non eccezionale intensità come è quello qui illustrato.

Si deve infine tenere presente che l'esito positivo del controllo di cui sopra non garantisce da eventuali errori nella determinazione dell'assetto per una generica direzione di vista del rivelatore.

ELENCO FIGURE

- Fig. 1 Satellite OSO - 6
- Fig. 2 Alcuni sistemi di coordinate usati nell'analisi dei dati.
- Fig. 3 } Alcuni degli angoli che vengono calcolati per la determi-
Fig.3 bis } nazione dell'assetto e per ulteriori analisi dei dati.
- Fig. 4 Struttura temporale di un main frame
- Fig. 5 Esempio di grafico dei conteggi del contatore integrale
 in funzione del tempo.
- Fig. 6 Flare solare del 22/11/1969.
- Fig. 7 Lo stesso flare osservato dall'Explorer 37 (Da: Solar
 Geophysical Data n.309-II).



OSO - 6

FIG. 1

TEMI DI COORDINATE

- DELL' ESPERIMENTO (X, Y, Z)
- DELLO SPAECRAFT (X_s, Y_s, Z_s)
- DELL' ECLITTICA (X_e, Y_e, Z_e)

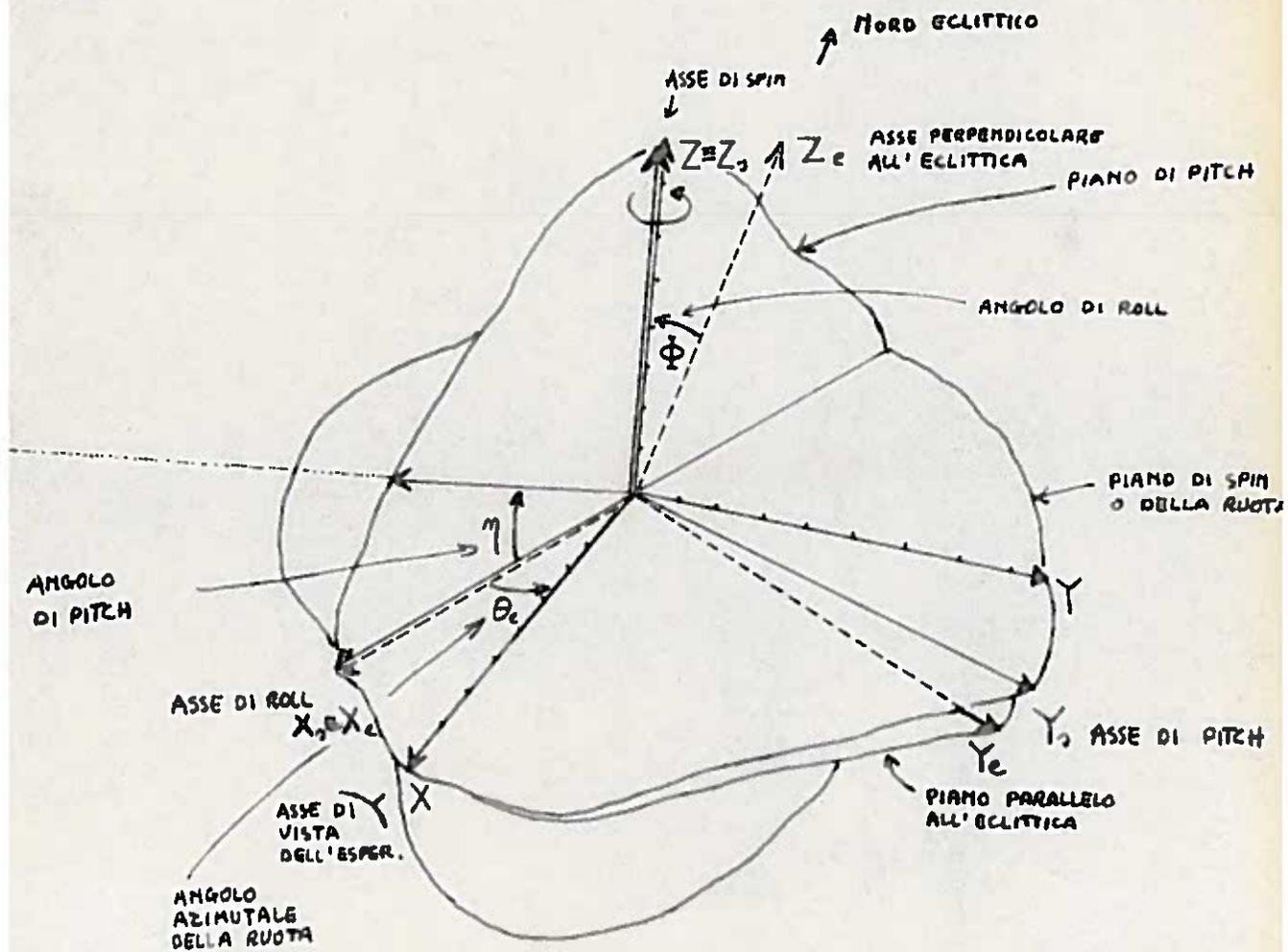


FIG 2

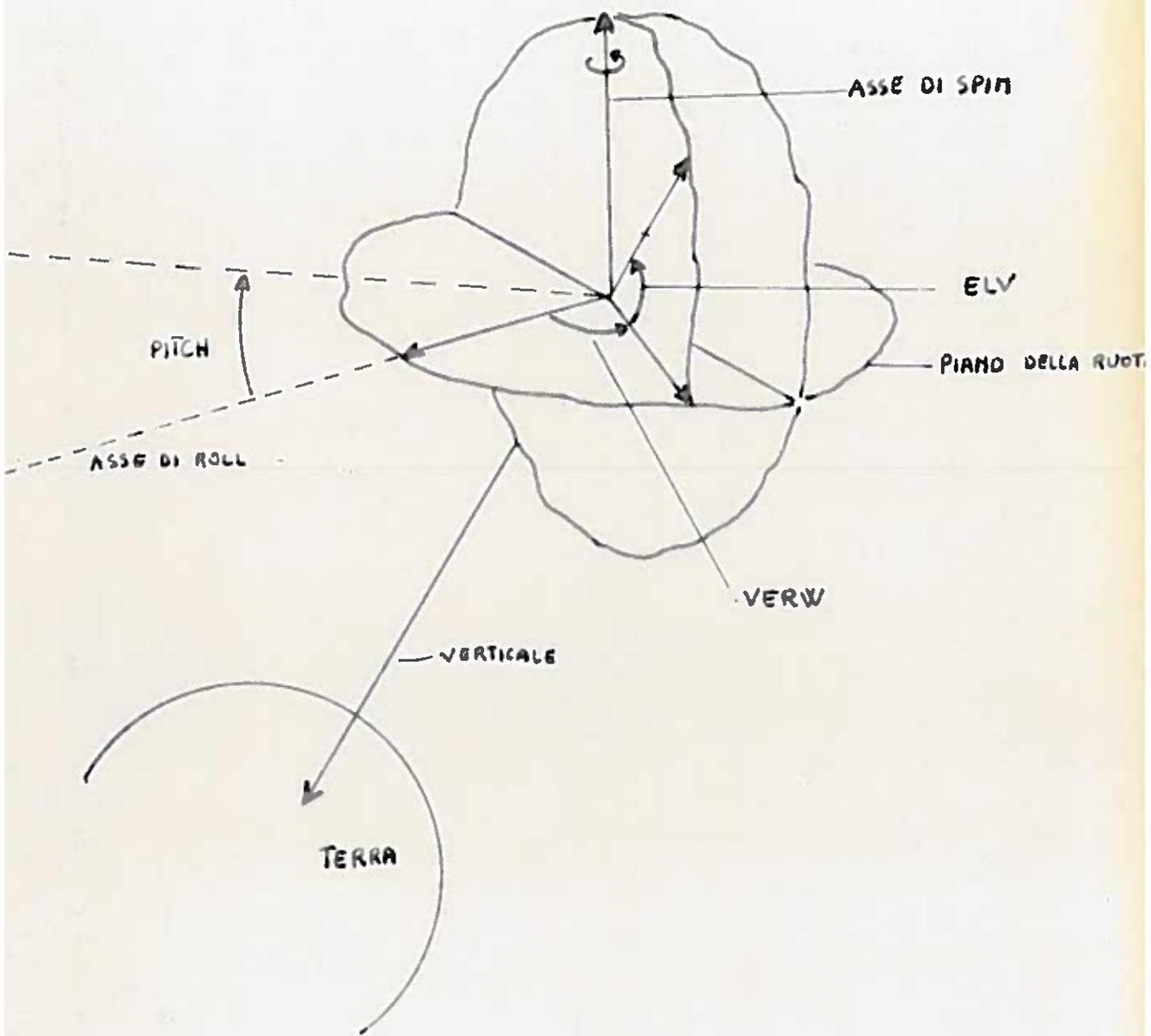


FIG 3

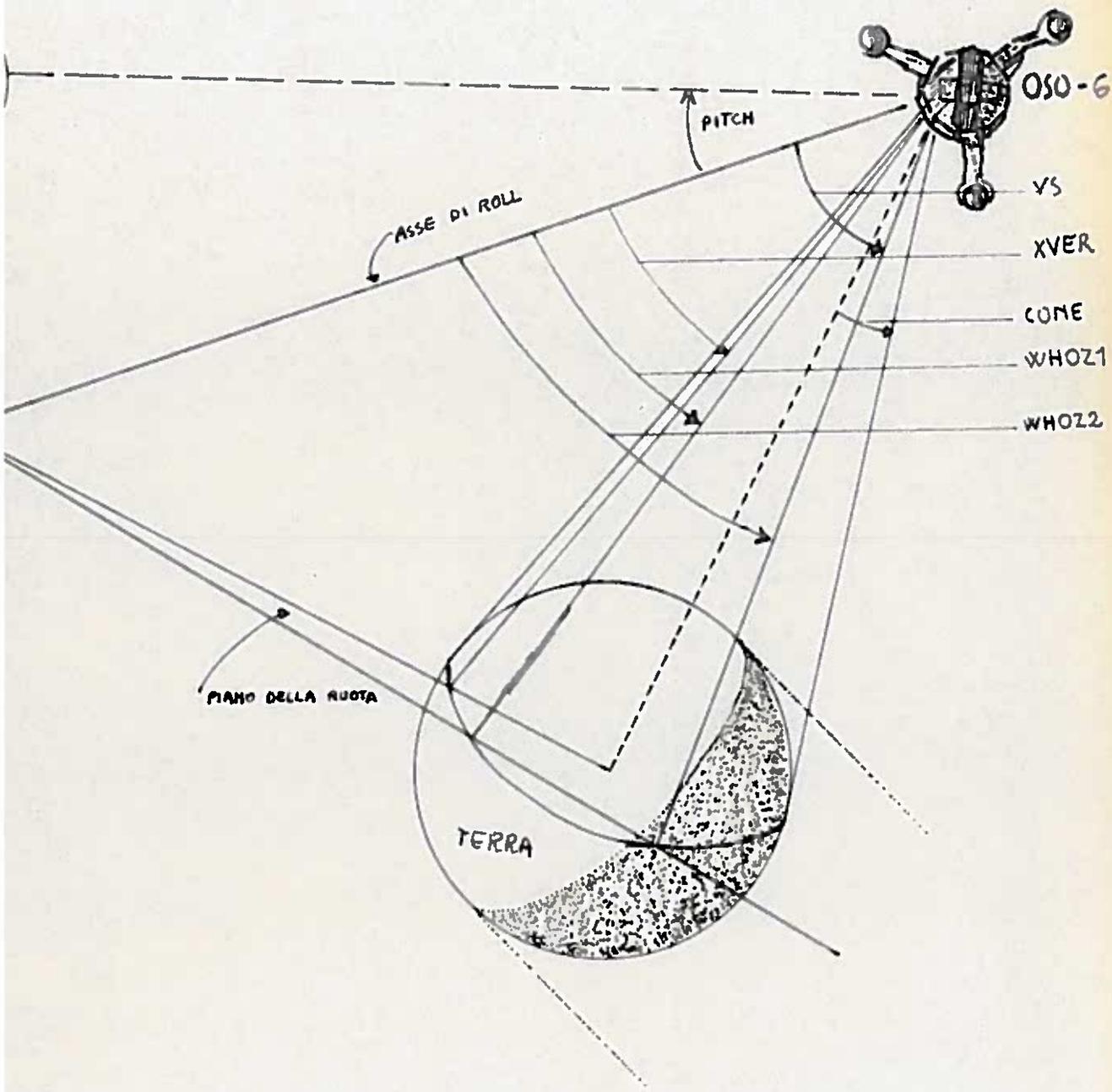
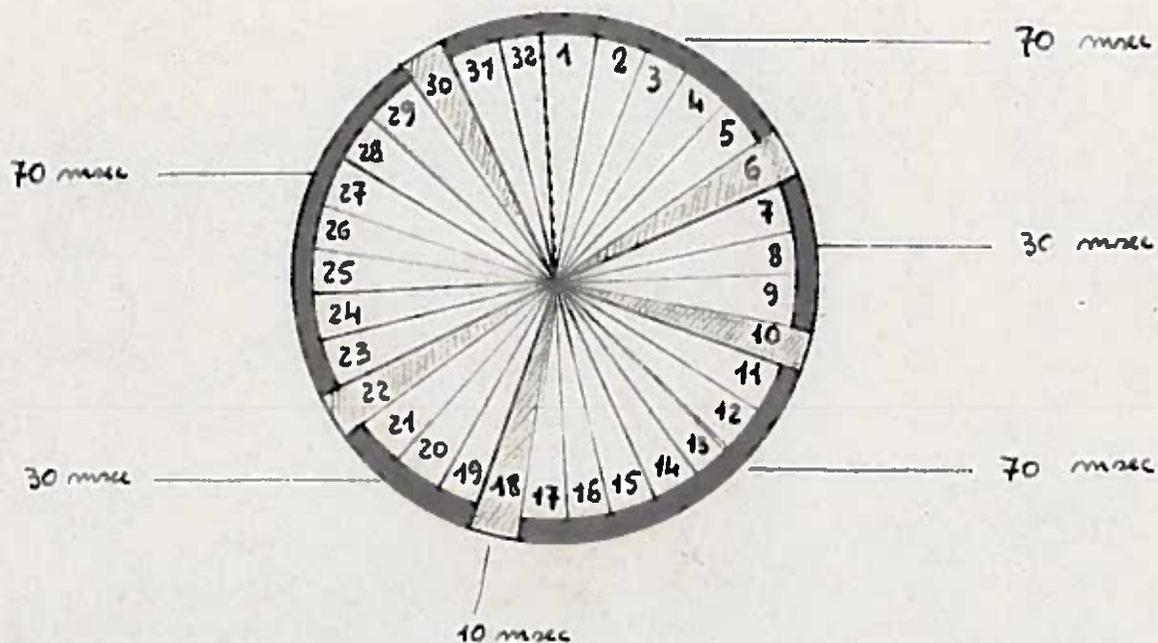


Fig 3 bis

STRUTTURA TEMPORALE DI UN MAIN FRAME
(320 msec.)



TEMPO DI ACCUMULO DEI CONTEGGI

TEMPO DI TRASFERIMENTO DELLA PAROLA

RAPPRESENTANTE IL CONTEGGIO

N.B. ALLA FORMAZIONE DEL CONTEGGIO DATO DALLA PAROLA 5
CONTRIBUISCONO GLI INTERVALLI 31 E 32 DEL MF PRECEDENTE