



NODO DI RETI A **COMMUTAZIONE DI CIRCUITO**

Prof. Ing. Maurizio Casoni



Dipartimento di Ingegneria “Enzo Ferrari”
Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia

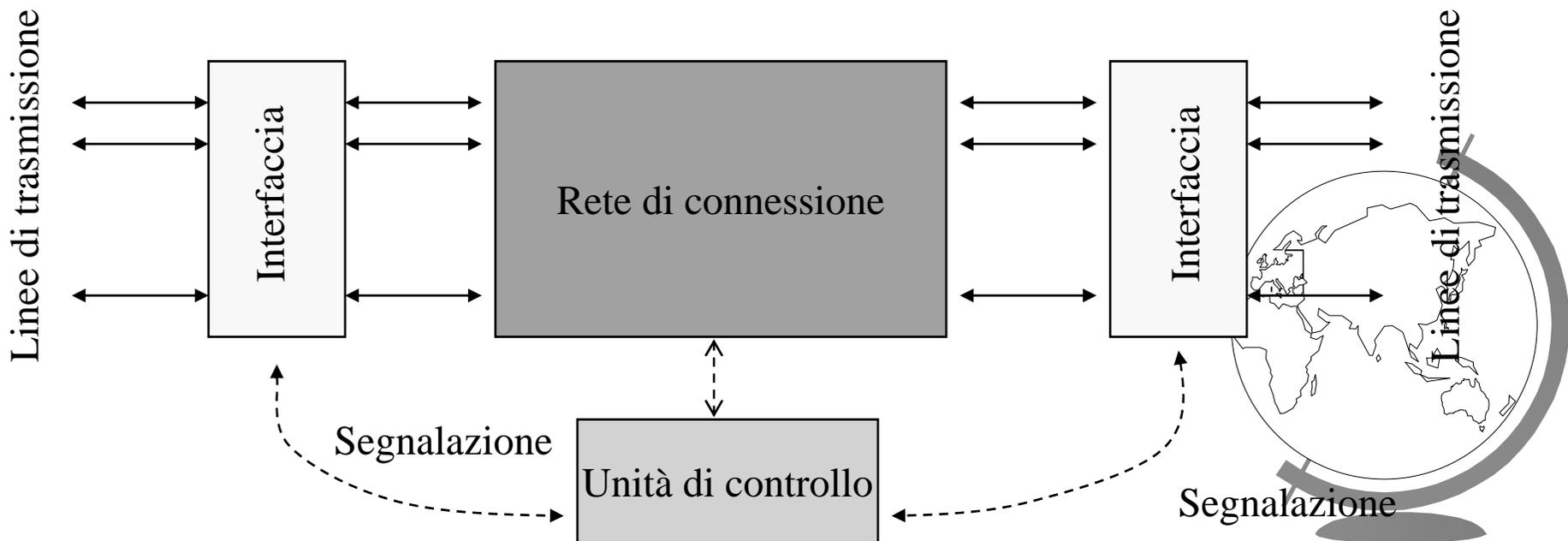
INTRODUZIONE

- ☞ Architettura hardware di un generico nodo
- ☞ Trasferimento di segnali di informazione vocali e di controllo all'interno del nodo
- ☞ ***Rete di connessione***: consente di instaurare su richiesta connessioni tra ingressi e uscite del nodo di commutazione
- ☞ Due principali tipologie di reti di connessione:
 - **Reti a divisione di spazio**
 - ◆ i canali audio sono separati spazialmente e cioè ogni ingresso e uscita della rete può essere usato da non più di un canale alla volta
 - **Reti a divisione di tempo**
 - ◆ i canali fonici sono gestiti a gruppi la cui struttura dipende dalla tecnica di multiplazione impiegata, p.es. E-1
 - ◆ il singolo canale vocale è quindi dato dal contenuto di un time-slot nel sistema di multiplazione adottato



ARCHITETTURA GENERALE

- ☞ **Interfaccia di ingresso e uscita o terminazioni**
 - verso linee di utente o di giunzione
 - disaccoppia il segnale usato per il trasporto, p.es. segnale multiplato, con quello usato internamente al nodo
- ☞ **Rete di connessione**
 - instaura e rilascia connessione interne su richiesta ricevuta dall'unità di controllo attraverso le interfacce che quindi separano il flusso di informazione da quello di controllo
- ☞ **Unità di controllo**



UNITÀ DI CONTROLLO

Mantiene il totale controllo del nodo ed in particolare:

- ☞ identifica l'utente chiamante, se la richiesta arriva da una linea di utente
- ☞ riceve la selezione
- ☞ determina l'uscita richiesta ed il percorso interno per raggiungerla
- ☞ instaura ed abbatte la connessione

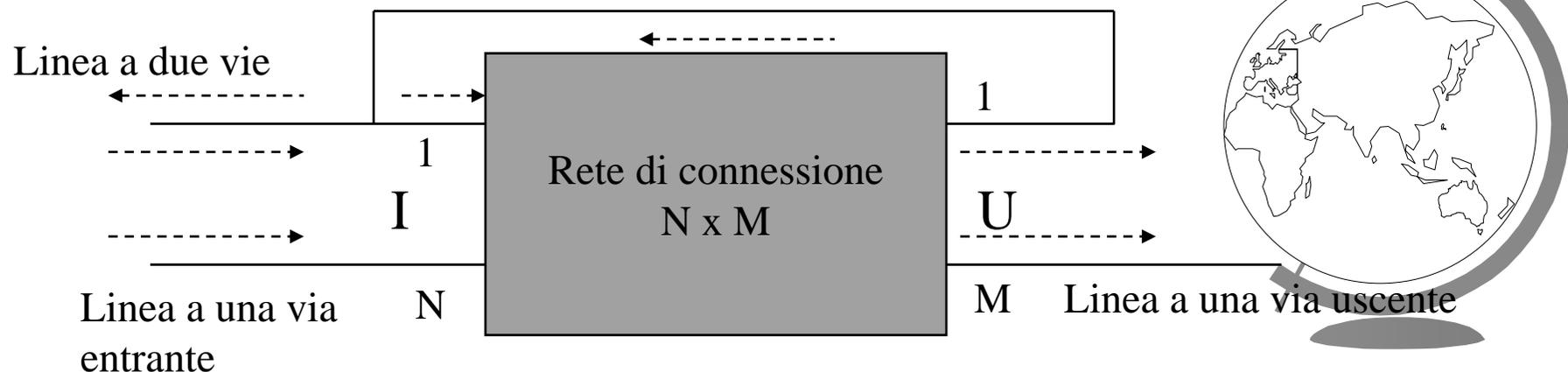
Inoltre:

- ☞ dialoga e coopera con unità di controllo in altri nodi mediante scambio di messaggi di segnalazione per la gestione ed il controllo della rete



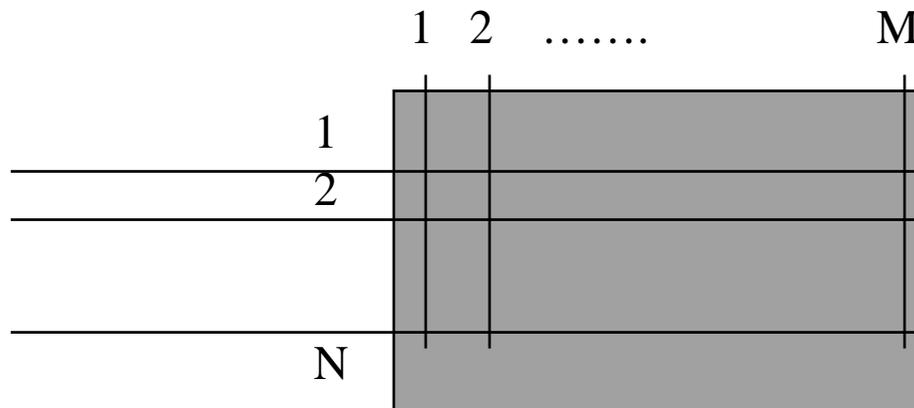
INTERFACCIE

- ☞ Rete a divisione di spazio $N \times M$, N interfacce di ingresso ed M di uscita
- ☞ Ogni interfaccia può essere data da una linea di trasmissione a due o a quattro fili
- ☞ Per il traffico voce le linee possono essere:
 - linee a una via: traffico può andare in un solo verso, quindi una sola estremità può essere il chiamante
 - linee a due vie: traffico può essere bidirezionale
- ☞ Essendo le chiamate instaurate dagli ingressi verso le uscite, una linea ad una via è connessa ad una sola interfaccia della rete di connessione
 - Si ha quindi un'interfaccia di ingresso per una linea a una via entrante ed un'interfaccia di uscita per una linea a una via uscente
- ☞ Una linea a due vie è invece collegata sia ad una interfaccia di ingresso sia di uscita



RETI DI CONNESSIONE A DIVISIONE DI SPAZIO

- ☞ Ogni ingresso ed ogni uscita della rete gestisce un solo canale audio
- ☞ Una rete $N \times M$ può gestire fino a $\min(N, M)$ connessioni
- ☞ Elemento base della rete è la **matrice crossbar**, insieme di punti di incrocio organizzati in righe e colonne associate ad uno specifico ingresso e ad una specifica uscita
- ☞ Il punto di incrocio può essere nello stato cross od in quello bar
- ☞ Lo stato bar realizza la connessione fisica fra un'interfaccia di ingresso ed una di uscita e in ogni istante di tempo non più di un punto di incrocio può essere nello stato bar in ogni riga ed in ogni colonna



PROPRIETÀ DI CONNESSIONE

Una rete di connessione si definisce:

☞ *ad accessibilità completa*

- se, in assenza di altre connessioni in atto, un qualunque ingresso può essere collegato a qualunque uscita

☞ *non bloccante*

- se, indipendentemente dal numero di connessioni in corso, una nuova connessione tra un ingresso libero ed un'uscita libera può essere sempre instaurata

Rete non bloccante è anche a piena accessibilità ma il contrario **non è** sempre vero



RETE DI CONNESSIONE: COSTO

☞ Costo in reti a divisione di spazio viene definito come il numero dei suoi punti di incrocio

☞ Per una matrice cross-bar ad accessibilità completa

$$C = N \times M$$

– che nel caso di reti quadrate diventa

$$C = N^2$$

☞ Notare che il costo cresce molto velocemente

☞ Spesso diventa quindi molto costoso e poco praticabile realizzare matrici di grandi dimensioni (p.es. con 10000 ingressi e uscite)

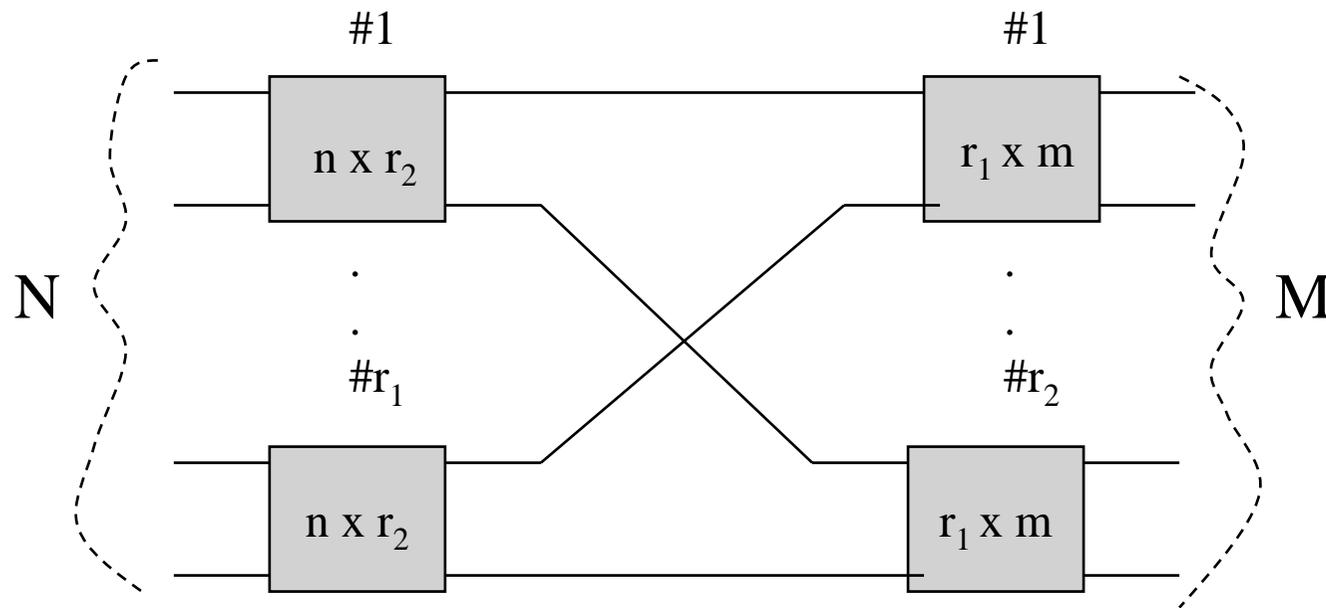
☞ Si è quindi studiata la possibilità di organizzare molteplici matrici cross-bar di più modeste dimensioni in stadi interconnessi tra loro

- matrici dello stesso stadio i hanno tutte la stessa dimensione $n_i \times m_i$
- le connessioni tra stadi sono tali che da ogni matrice si accede a tutte le matrici degli stadi adiacenti



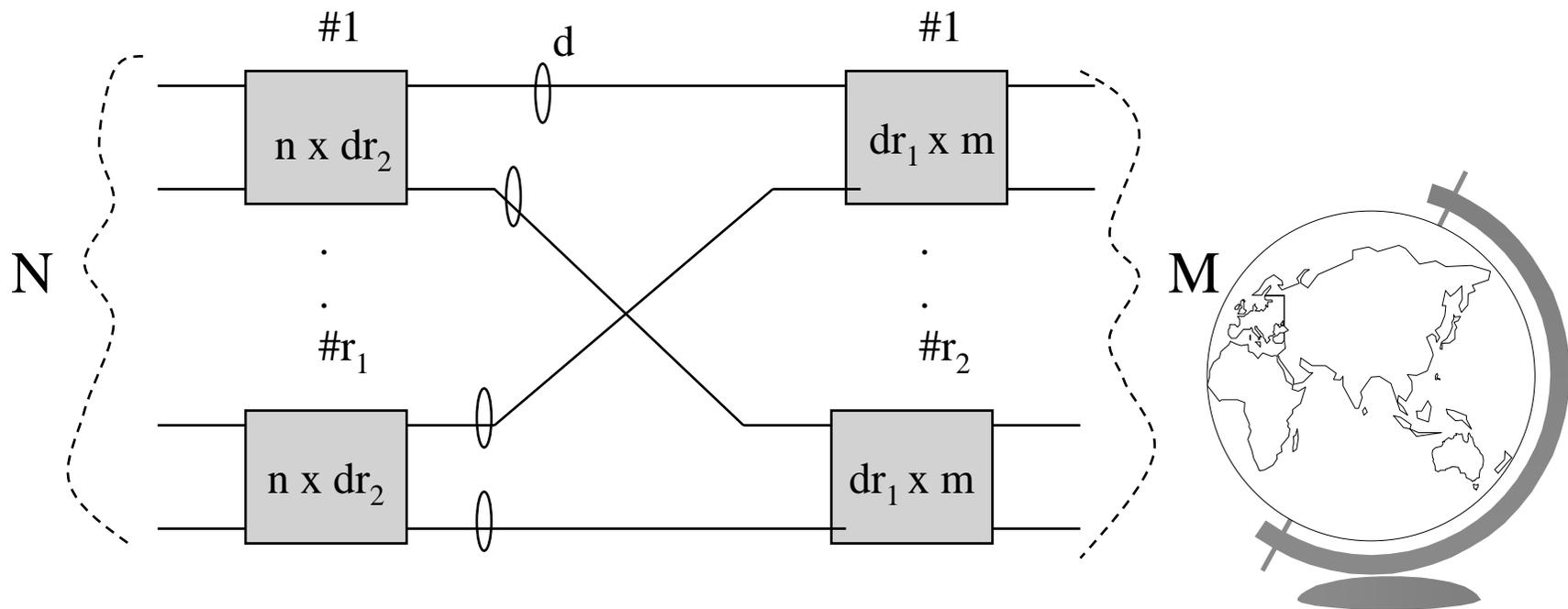
RETI A DIVISIONE DI SPAZIO A DUE STADI

- ☞ **Obiettivo:** determinare la struttura a costo minimo
- ☞ N ingressi divisi in gruppi di n : primo stadio ha $r_1 = N/n$ matrici
- ☞ M uscite divise in gruppi di m : secondo stadio ha $r_2 = M/m$ matrici
- ☞ Interconnessione tra stadi deve fornire la accessibilità completa
 - ogni matrice del primo stadio deve avere r_2 uscite, verso matrici diverse del secondo stadio
- ☞ Notare che non vale la proprietà di non blocco



RETI A DUE STADI DILATATA

- La rete precedente può essere resa non bloccante aumentando il numero di connessioni tra il primo ed il secondo stadio
- Numero di connessioni tra matrici pari al massimo numero instaurabile: $\min(n,m)$
- La rete diventa non bloccante se si adotta un fattore di dilatazione d dei collegamenti pari a
$$d = \min(n,m)$$



RETI A DUE STADI: COSTI

- ☞ Il costo di una rete bistadio non bloccante di tipo quadrato ($N=M$ e $n=m$ e $r_1=r_2=r$) è:

$$C = ndr_2r_1 + dr_1mr_2 = 2 n^2 r^2 = 2 N^2$$

- ☞ **NOTA:** se la rete è quadrata il costo di una rete a due stadi è il doppio di quella monostadio
- ☞ **Conclusioni:** Rete a due stadi si può impiegare per realizzare reti di grandi dimensioni con matrici cross-bar più piccole ma se si desidera la proprietà non bloccante il costo è sempre superiore a quello di una singola cross-bar



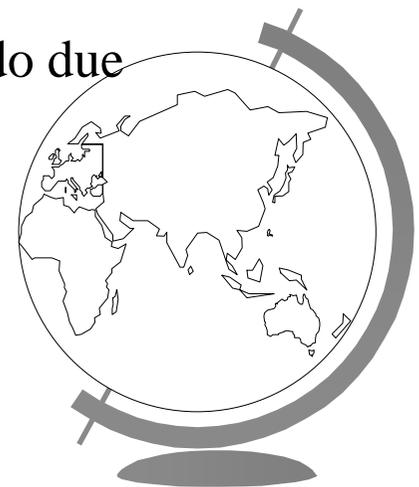
RETI A DIVISIONE DI TEMPO

- ☞ Reti a divisione di spazio furono concepite inizialmente per reti analogiche
- ☞ Per reti numeriche con relative tecniche di multiplexazione a divisione di tempo sono state sviluppate reti di connessione a divisione di tempo che eseguono la commutazione dei canali voce conservando il formato del segnale vocale utilizzato in trasmissione
- ☞ Se si considera il PCM, un canale audio è un flusso bidirezionale di bytes trasmessi ogni 125 μ sec
 - Canali audio sono organizzati in trame sempre di 125 μ s di durata
- ☞ Commutazione PCM a divisione di tempo si basa su due dispositivi:
 - **matrice T**: consente di commutare la posizione di un time-slot in una trama di ingresso di Q time-slots in una trama di uscita di R time-slots
 - **matrice S**: ha N trame in ingresso ed M in uscita che commuta a parità Q di time-slot
- ☞ Queste reti eseguono la commutazione di canale solo su strutture multiplex di tipo sincrono (E-1 in Europa o T-1 in Nord America)



MATRICE T

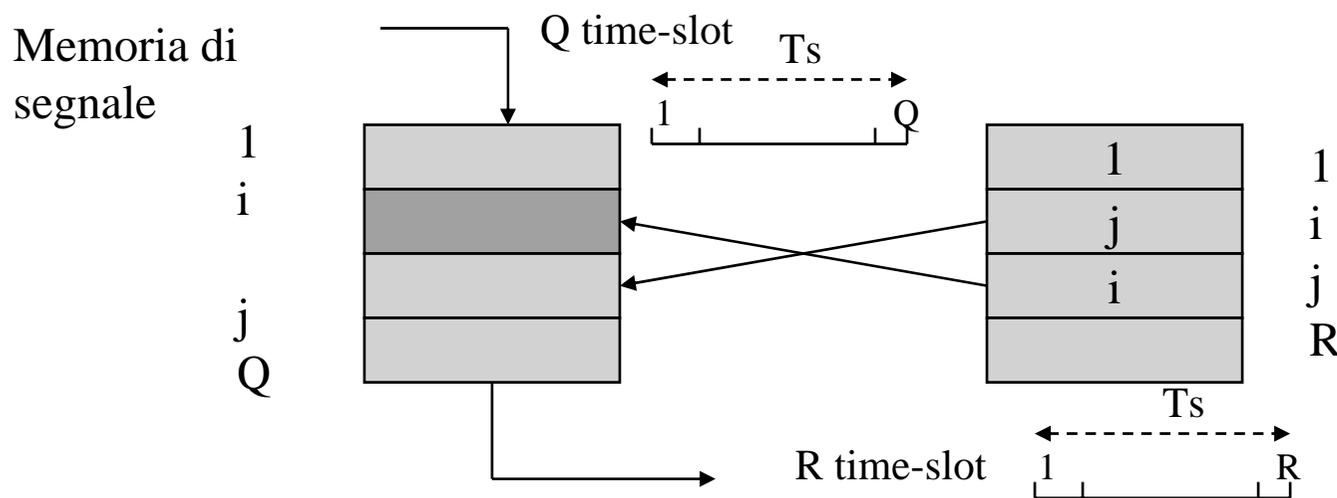
- ☞ Costituita da due unità di memoria:
 - **memoria di segnale**: memorizza il contenuto dei time-slot entranti
 - **memoria di comando**: contiene l'ordine con cui tali time-slot devono essere ritrasmessi
- ☞ Supporta di solito la trasmissione monodirezionale di informazioni (struttura simplex)
- ☞ Funzione costo: numero di celle binarie necessarie alla sua realizzazione
- ☞ Una matrice T di tipo simplex può essere realizzata secondo due tecniche:
 - **a scrittura sequenziale e lettura casuale**
 - **a scrittura casuale e lettura sequenziale**



MATRICE T A SCRITTURA SEQUENZIALE E LETTURA CASUALE

- ☞ La memoria di segnale è data da Q celle di b bit dove la generica i -esima cella memorizza i -esimo time-slot sulla trama di ingresso
- ☞ I time-slot della trama in ingresso sono scritti sequenzialmente nella memoria di segnale
- ☞ La memoria di comando è data da R celle pari al numero di time-slot della trama di uscita: la cella j -esima indica quale cella della memoria di segnale deve essere letta e trasmessa sulla trama di uscita nel time slot j
- ☞ Il costo delle memorie di segnale e di comando è di

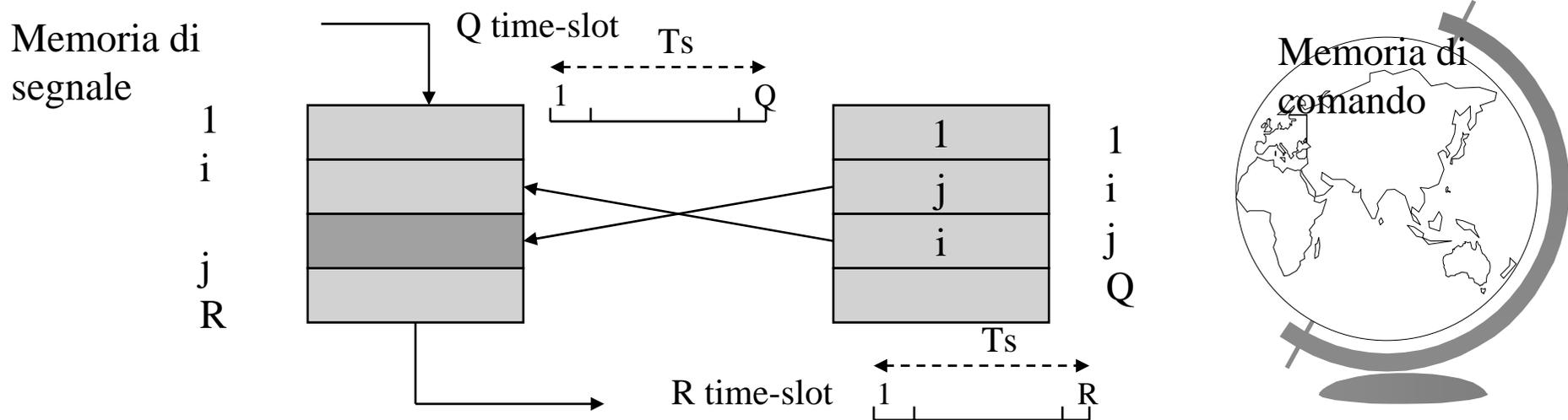
$$C_s = Qb \quad e \quad C_c = R[\log_2(Q+1)]$$



MATRICE T A SCRITTURA CASUALE E LETTURA SEQUENZIALE

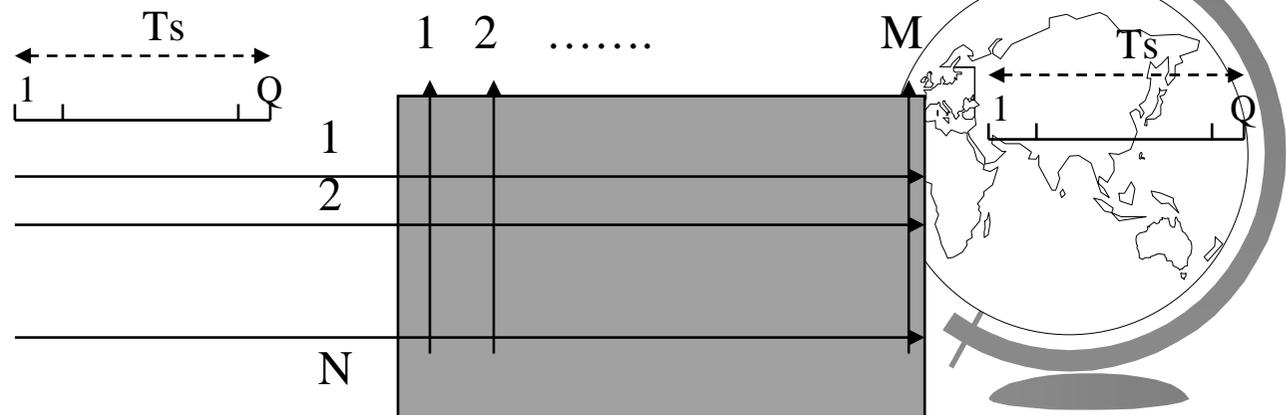
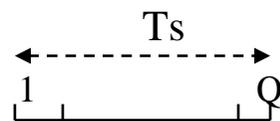
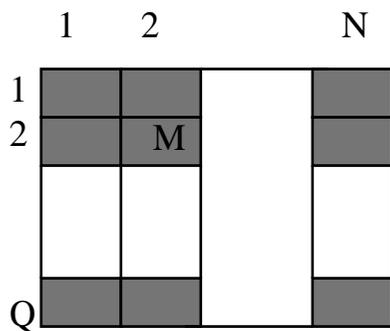
- ☞ La memoria di segnale è data da R celle e quella di comando da Q celle, in associazione ai time-slot delle trame di uscita e di ingresso
- ☞ Le celle della memoria di segnale ora vengono scritte, consultando la memoria di comando, nell'ordine in cui si desidera vengano trasmesse sulla trama di uscita (scrittura casuale e lettura sequenziale)
- ☞ Il costo delle memorie di segnale e di comando è di

$$C_s = Rb \quad e \quad C_c = Q[\log_2(R+1)]$$



MATRICE S

- ☞ Interconnette un insieme di N trame di ingresso con un insieme di M trame di uscita tutte con lo stesso numero Q di time-slot
- ☞ Si usa per commutare un numero elevato di canali fonici per i quali la matrice T può avere problemi per i bassi tempi di accesso alle memorie richiesti
- ☞ Costituita da un banco di $N \times M$ punti di incrocio organizzati in struttura cross-bar e di una memoria di comando
- ☞ Ogni punto di incrocio si chiude per un tempo pari alla durata di un time-slot per commutare un byte vocale da una trama di ingresso ad una di uscita
- ☞ La configurazione di chiusura dei punti di incrocio slot per slot è data dalla memoria di comando: la generica cella all'incrocio (i,j) indica la linea di uscita su cui inviare il time slot i della linea di ingresso j



MATRICE S

- ☞ Non è prevista memoria di segnale, quindi le trame devono avere gli stessi time-slot
- ☞ Costo (se $N < M$): somma di C_x , punti di incrocio, e C_c , numero di bit della memoria di comando:

$$C_x = NM$$

$$C_c = QN [\log_2(M+1)]$$

- ☞ Costo (se $N > M$):

$$C_x = NM$$

$$C_c = QM [\log_2(N+1)]$$

organizzando la memoria di comando in M colonne e Q righe, in cui ora (i,j) indica la linea di ingresso da connettere alla linea di uscita j nel time-slot i



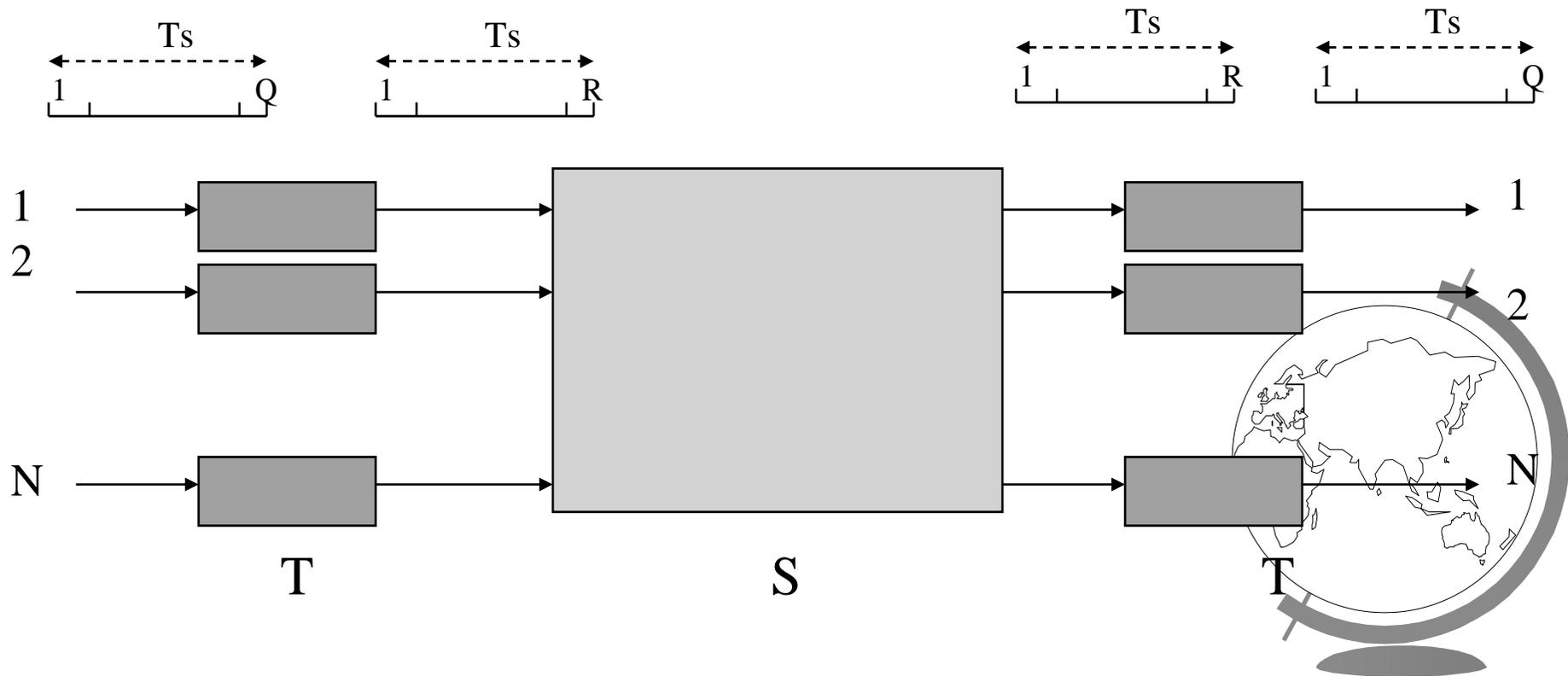
RETI A DIVISIONE DI TEMPO MULTISTADIO

- Le matrici T e S possono essere elementi di base per la costruzione di una rete di interconnessione multistadio di grandi dimensioni
- Due stadi: possibili configurazioni sono al primo stadio la matrice S ed al secondo la T (*rete ST*) o viceversa (*rete TS*)
- Tre stadi: *TST* o *STS*
- Quattro stadi: *STTS* o *TSST*
- Cinque stadi: *SSTSS* o *TSSST*



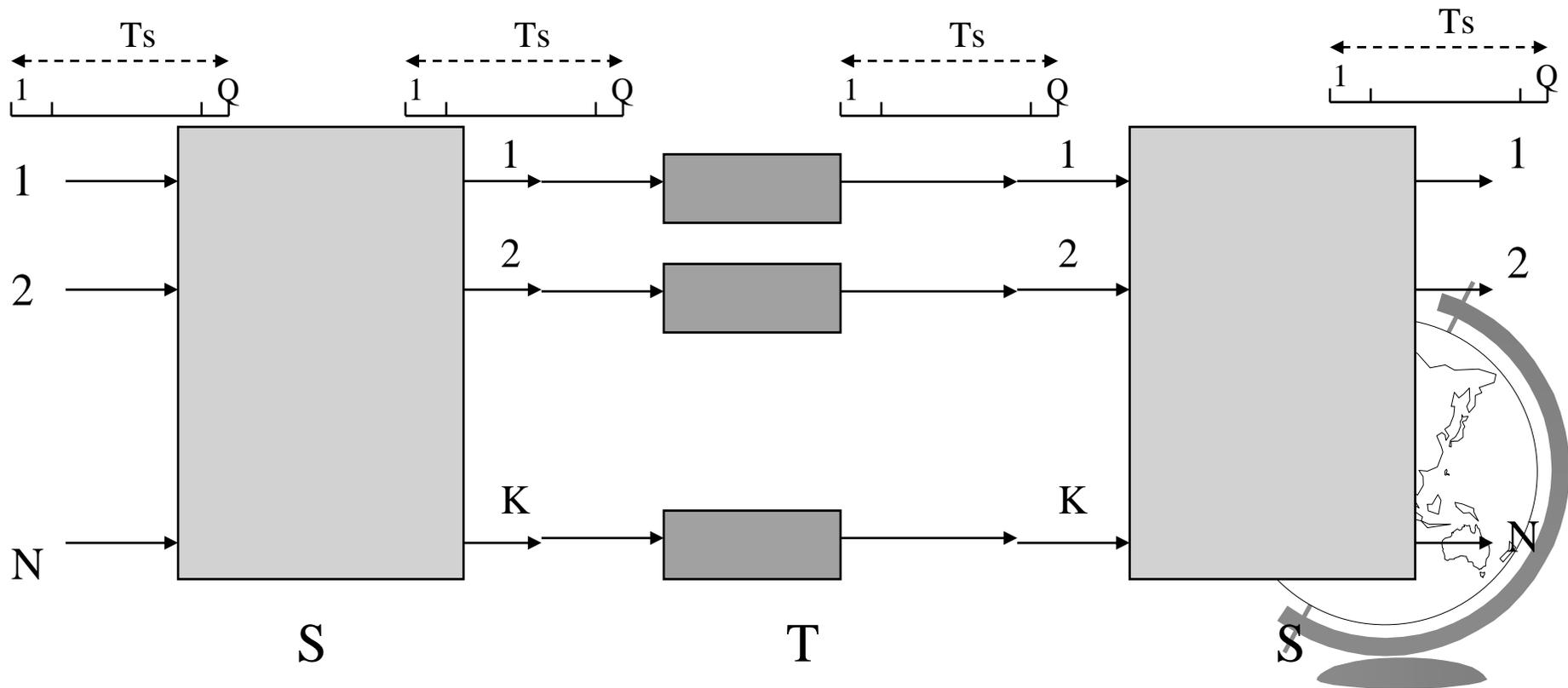
STRUTTURA TST

- ☞ Si consideri una struttura di tipo quadrato con N linee di ingresso e uscita
- ☞ Ogni linea reca trame di Q time-slot: totale canali audio sostenuti = NQ
- ☞ Primo stadio: N matrici T ; secondo stadio matrice S ; terzo N matrici T ma con R time-slot in ingresso e Q in uscita



STRUTTURA STS

- ☞ Si consideri una struttura di tipo quadrato con N linee di ingresso e uscita
- ☞ Ogni linea reca trame di Q time-slot: totale canali audio sostenuti = NQ
- ☞ Primo e terzo stadio: matrici S $N \times K$ e $K \times N$ a Q time-slot ; secondo stadio K matrici T a Q time-slot



EQUIVALENZA SPAZIO-TEMPO

- ☞ E' possibile definire delle strutture spaziale equivalenti alle matrici T e S a visione di tempo
- ☞ Matrice T con Q time-slot entranti e R uscenti equivale a matrice cross-bar $Q \times R$ a piena accessibilità
- ☞ Matrice S $N \times M$ a Q time-slot ha come equivalente spaziale Q matrici $N \times M$ in cui la i -esima matrice rappresenta la commutazione dello slot i fra ogni ingresso ed ogni uscita

