

Corso di Sistemi Telematici

La rete telefonica

Prof. S. Marano

Università della Calabria

A.A. 2014-2015

Reti telefoniche e integrazione voce-dati

- **Reti telefoniche: reti dedicate al trasporto del segnale vocale**
 - ↗ **prime ad avere una diffusione mondiale**
- **Negli ultimi anni spinta verso l'integrazione delle reti (telefonia e dati) e dei servizi**
 - ↗ **reti di trasporto**
 - ★ **sviluppate per le reti telefoniche a livello mondiale costituiscono oggi il supporto anche per reti dati geograficamente distribuite**
 - ↗ **reti integrate multimediali**
 - ★ **in grado di supportare in modo efficiente sia i dati che la voce**

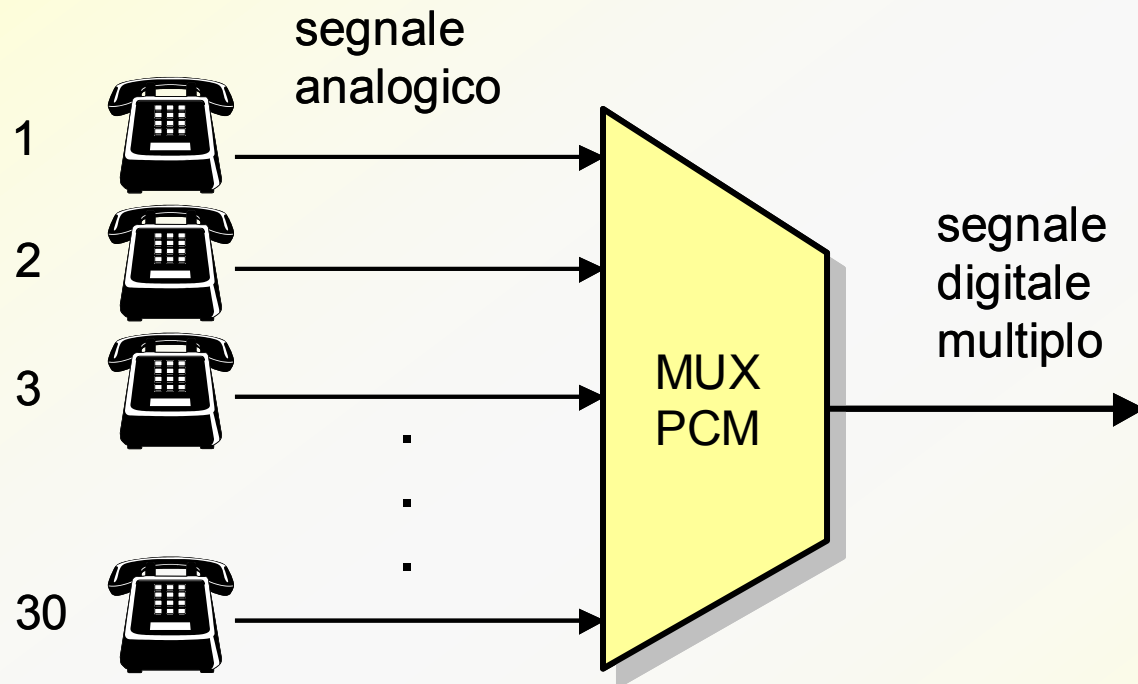
Conversione digitale del segnale vocale

- **Il segnale vocale in passato veniva trasportato in forma analogica**
- **Le attuali reti telefoniche trasportano il segnale vocale convertito in forma digitale**
- **Esistono diversi modi per trasformare il segnale vocale in flusso di bit**
 - ★ **metodi basati sulle caratteristiche del segnale (waveform codec); es. reti telefoniche classiche (flusso a 64 kbit/s)**
 - ★ **metodi basati sul modo di produrre la voce (source codec); es. segnale vocale GSM (flusso a 13 kbit/s), cordless DECT (32 kbit/s), UMTS (8 kbit/s)**

Multiplicazione PCM

- **Nella rete telefonica classica il segnale emesso dall'apparecchio telefonico è **analogico** e viene convertito in digitale nella prima centrale**
 - ↗ **nella rete di accesso tra il doppino e la prima centrale il segnale viaggia in forma analogica**
- **Nella rete ISDN invece anche la rete d'accesso è digitale e la conversione avviene direttamente nel terminale d'utente**

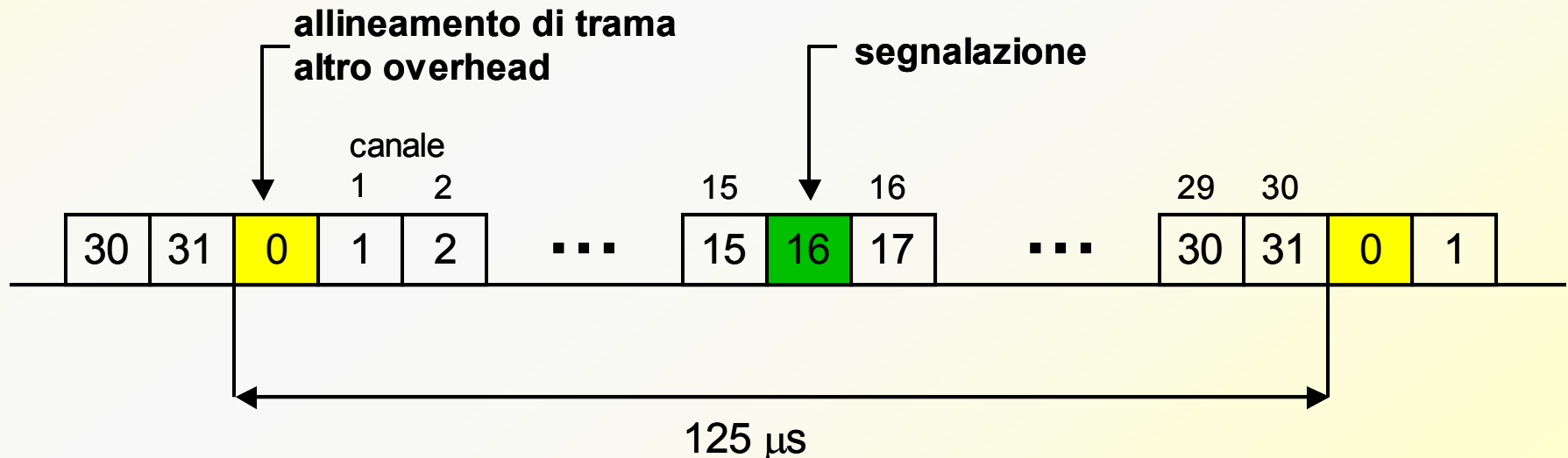
Multiplazione PCM



- **MUX PCM - Multiplatore PCM**
- Oltre alla conversione, nella prima centrale avviene anche una prima **multiplazione** a gruppi di 30 segnali vocali (sistema europeo - raccomandazioni ITU G704-G705) all'interno di un apparato di centrale detto multiplatore PCM

Multiplazione PCM

- **Multiplazione TDM**
- **bit per slot = 8 (un campione per slot)**
- **durata di trama = periodo di campionamento 125ms ($f_c=8\text{KHz}$)**
- **30 canali voce a 64Kbit/s (pari a 1,920 Mbit/s) e 2 canali di segnalazione e controllo (slot 0 e 16)**
- **Il segnale multiplo PCM europeo (E1) ha una velocità di 2,048 Mbit/s**



Multiplazione PCM

➤ Slot 0:

➤ 2 tipi

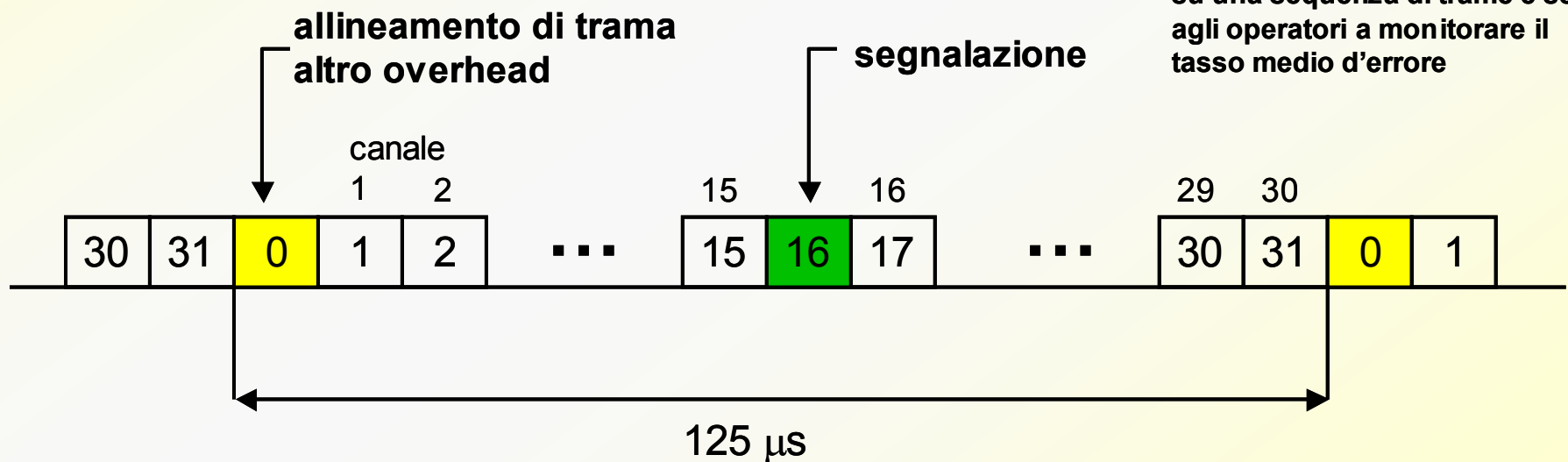
★ allineamento di trama
(stessa funzione di HDLC)

★ gestione remota di allarmi
(guasti di interfaccia,
caduta di link, ecc.)

R	0	0	1	1	0	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---

R=riservato

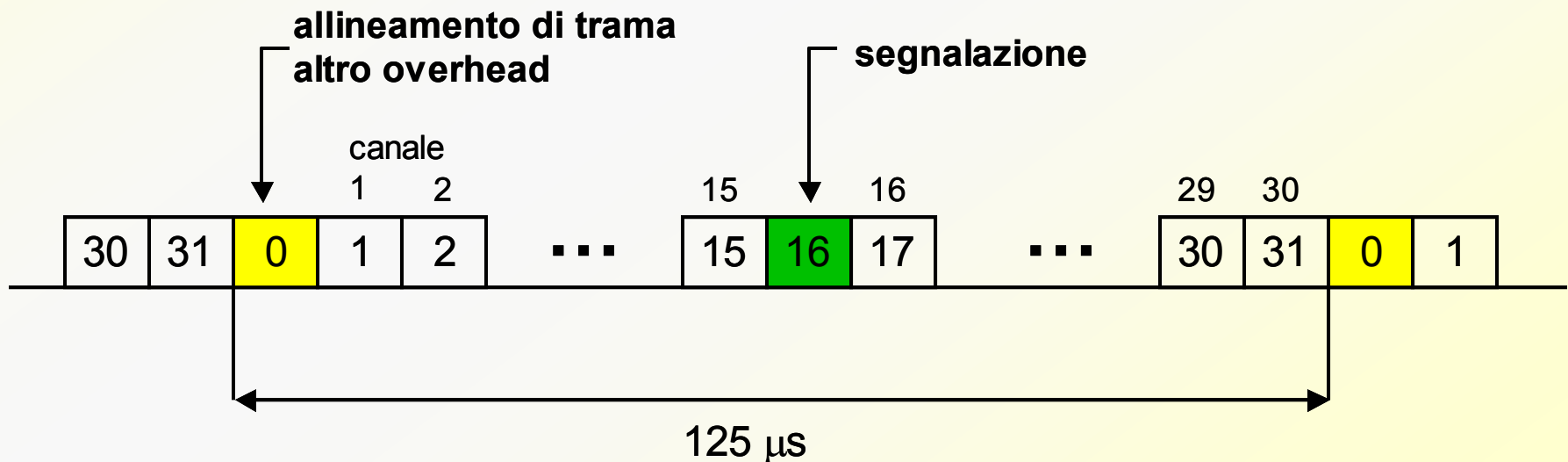
Il bit riservato contiene di solito
un bit di un codice CRC calcolato
su una sequenza di trame e serve
agli operatori a monitorare il
tasso medio d'errore



Multiplazione PCM

➤ Slot 16:

- segnalazione associata (a ciascun canale da 64 kbit/s è associato un piccolo canale per la segnalazione, detto appunto canale associato) con velocità di circa 2 kbit/s
- il time-slot 16 contiene la segnalazione dei 30 canali PCM e la capacità dei canali associati è ottenuta suddividendo la capacità dello slot 16 sempre con tecnica TDM ottenendo 2 kbit/s lordi per canale.



Tecniche di segnalazione

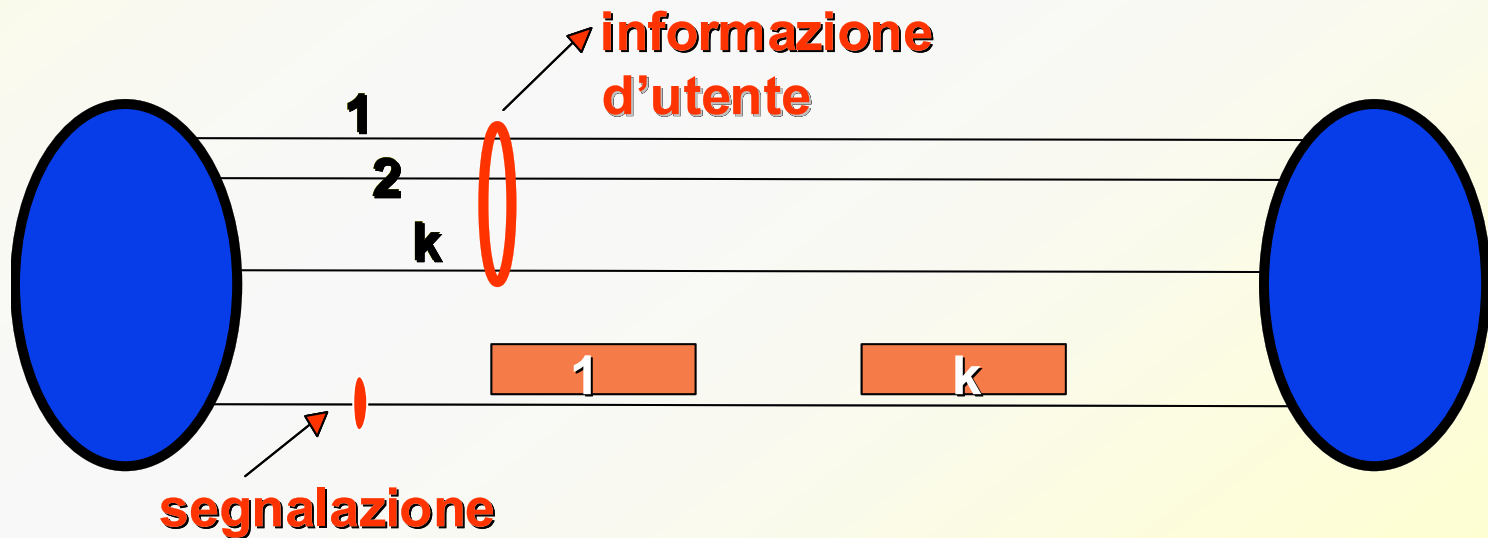
Segnalazione associata al canale:

**usata in reti a circuito per telefonia o per dati
di vecchia tecnologia**

Tecniche di segnalazione

Segnalazione a canale comune:

**un canale di segnalazione controlla
più canali di informazioni di utente
il canale di segnalazione funziona a pacchetto**



Tecniche di segnalazione

Segnalazione a canale comune:

usata nelle reti con tecnologie avanzate

**standard CCITT Sistema di segnalazione n. 7
(SS n. 7)**

Tecniche di segnalazione

**L'uso della segnalazione a canale comune
nelle nuove reti a circuito porta alla
definizione di una rete di segnalazione**

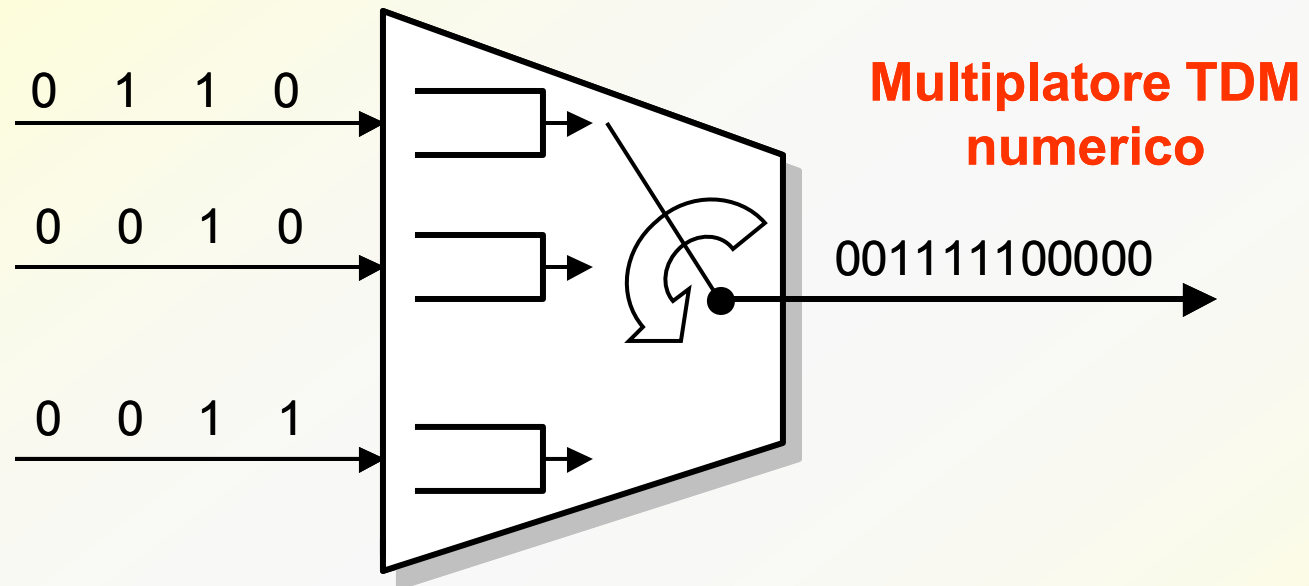
Sistemi di trasmissione telefonica

- **multiplazione di più flussi multiplex PCM su canali fisici di più elevata velocità**
- **vecchio schema di multiplazione: FDM**
- **attuali sistemi di multiplazione: TDM**
- **i sistemi di trasmissione della rete telefonica attuale sono usati anche come trasporto di dati**
 - **ad esempio le reti degli ISP (Internet Service Providers) sono basate sullo stesso trasporto della rete telefonica**

Sistemi di trasmissione telefonica

- **La multiplazione permette che più segnali provenienti da canali a bassa velocità possano essere trasmessi sullo stesso portante ad alta velocità**
- **I flussi numerici a bassa velocità sono detti *tributari***
- **Il flusso ad alta velocità è definito flusso *aggregato***

Sistemi di trasmissione telefonica



- **scrittura dei bit del tributario nel buffer a frequenza f_t (f_{ti} frequenza effettiva tributario i -esimo)**
- **lettura dei bit in modo ciclico a frequenza opportuna f_m superiore a Nf_t per l'aggiunta di bit di segnalazione e controllo (allineamento trama)**

Sistemi di trasmissione telefonica

➤ **Si distinguono 2 tipi di moltiplicazione numerica TDM:**

↗ **moltiplicazione numerica sincrona**

- ★ **frequenza dei tributari uguali a f_t e in rapporto fisso con la frequenza del segnale multiplo**
$$f_m = Nf_t(1+r)$$

- ★ **una rete di sincronizzazione tiene allineati gli orologi di tutti i dispositivi di trasmissione**

↗ **moltiplicazione numerica asincrona (o plesiocrona)**

- ★ **frequenza effettiva dei tributari diversa f_{ti} anche se pari in valore nominale a f_t**

- ★ **gli orologi degli apparati sono indipendenti e sono tarati sui valori delle frequenze nominali**

Sistemi di trasmissione telefonica

- **La difficoltà tecnica di costruire un sistema trasmissivo sincrono ha portato agli inizi degli anni '70 al sistema di trasmissione **PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy)** ancora largamente usato come sistema di trasmissione per reti telefoniche e non**
- **Successivamente negli anni '80 è stato sviluppato il sistema di trasmissione **SDH (Synchronous Digital Hierarchy)** che mediante opportuni meccanismi di distribuzione della temporizzazione implementa la moltiplicazione numerica sincrona.**

Gerarchie PDH

- **i sistemi di trasmissione PDH sono basati sulla moltiplicazione numerica plesiocrona ad interallacciamento di bit**
- **PDH definisce una gerarchia di moltiplicazione che a partire dal segnale multiplex numerico PCM a 2,084 Mbit/s genera i livelli gerarchici superiori moltiplicando 4 canali del livello inferiore**
- **La gerarchia di moltiplicazione plesiocrona è definita nella raccomandazione G-702 dell'ITU-T**

Gerarchie PDH

Livello gerarchico	Frequenza nominale	Numero di canali PCM	Note
segnale E1	2.048 Mbit/s	30	Multiplex PCM primario
segnale E2	8.448 Mbit/s	120	Ottenuto moltiplicando 4 segnali E1
segnale E3	34.368 Mbit/s	480	Ottenuto moltiplicando 4 segnali E2
segnale E4	139.264 Mbit/s	1920	Ottenuto moltiplicando 4 segnali E3
segnale E5	564.992 Mbit/s	7680	Ottenuto moltiplicando 4 segnali E4

- **quella indicata è la gerarchia usata in Europa**
- **negli USA e in Giappone la gerarchia è differente**

PDH: mezzi trasmissivi

- **La struttura fisica del segnale PDH dipende dal mezzo trasmissivo utilizzato, ma anche se uno sforzo di standardizzazione è stato fatto dall'ITU, molto spesso le interfacce fisiche utilizzate nei sistemi reali sono proprietarie.**
- **I mezzi trasmissivi usati vanno dal doppino telefonico per il segnale E1 su corto raggio (max 20km), ai vari tipi di cavo coassiale utilizzati in passato per collegamenti a lunga distanza, alla fibra ottica e ai ponti radio.**

Svantaggi dei sistemi PDH

- **L'accesso ad un singolo tributario che si vuole spillare dal flusso richiede la demultiplicazione completa di tutto il segnale a causa della tecnica del bit stuffing che impone di conoscere la posizione dei bit di riempimento**
- **Concepita per collegamenti punto-punto e non adatta per reti più complesse come quelle magliate che richiedono trattamenti sui singoli canali tributari**

Svantaggi dei sistemi PDH

- **Esempio: se si vuole spillare un canale telefonico a 64 kbit/s da un segnale E4 occorre:**
 - ★ **allinearsi al segnale E4 e demultiplexare i suoi 4 flussi distribuendo i bit sulle uscite**
 - ★ **allinearsi sul segnale E3 che contiene il canale e demultiplexare i suoi 4 flussi**
 - ★ **allinearsi al segnale E2 e demultiplexarlo**
 - ★ **il segnale E1 finalmente è sincrono e consente di estrarre il canale desiderato**

Gerarchie SDH

- La gerarchia SDH è organizzata su livelli gerarchici detti *moduli di trasporto sincrono a livello N* (STM-N), N assume i valori 1, 4, 16, 64 per i primi quattro livelli della gerarchia
- La frequenza del livello primario è $F_1 = 155,52$ Mbps
 - La frequenza degli altri livelli gerarchici è ottenibile come prodotto tra N e F_1 . Si ha quindi $F_N = N * F_1$
- Tutti i livelli gerarchici sono organizzati in trame della durata di $125 \mu s$
- La multiplazione SDH è standardizzata dalle raccomandazioni ITU-T G707, G708, G709

Gerarchie SDH

Livello SDH	Livello SONET	Velocità
-	STS-0	51.840 Mbit/s
STM-1	STS-3	155.520 Mbit/s
STM-4	STS-12	622.080 Mbit/s
STM-16	STS-48	2.48832 Gbit/s
STM-64	STS-192	9.95328 Gbit/s

- **costruzione dei livelli superiori con moltiplicazione sincrona ad interallacciamento di byte**

Trama SDH

➤ modalità sincrona:

- la frequenza di cifra del tributario è in rapporto fisso con quella del segnale multiplo, quindi i bit nella trama sono in posizione fissa**
- le posizioni dei tributari all'interno della trama sono fisse e le operazioni di moltiplicazione e demoltiplicazione sono semplicemente ottenute con un allineamento con l'inizio di trama**

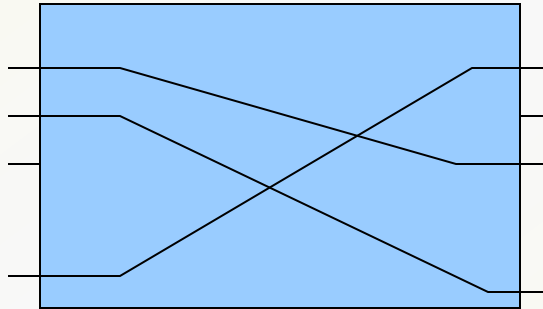
Trama SDH

modalità floating:

- **il tributario è asincrono**
- **invece di fare bit stuffing si esegue una scansione ciclica delle code dei tributari senza interruzione; se il buffer di un tributario risulta vuoto si passa al tributario successivo**
- **in questo modo le posizioni dei flussi nella trama non sono fisse ma fluttuano in base alla frequenza effettiva dei tributari**
- **per consentire la successiva ricostruzione dell'informazione dei singoli tributari, all'interno dell'header della trama sono inseriti dei puntatori che consentono di individuare la posizione del singolo tributario puntando al suo contenitore virtuale**

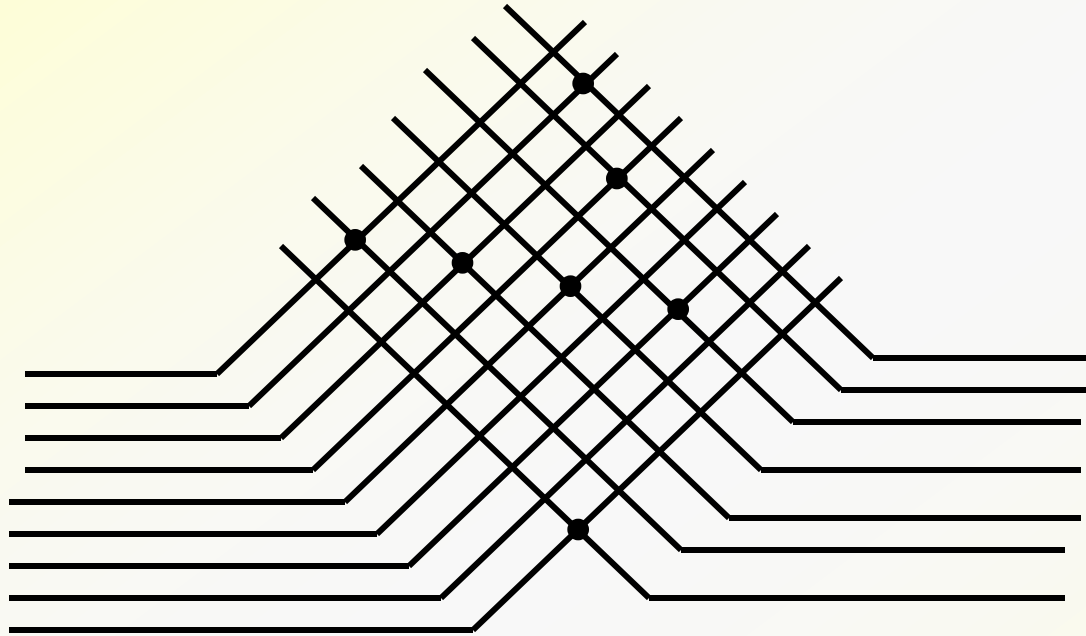
La commutazione

- **La commutazione telefonica è quella funzione mediante la quale si instaurano dei cammini fisici tra ingressi ed uscite del nodo**



- **questa funzione è effettuata da apparati detti *autocommutatori* costituiti da elementi base detti *matrici di commutazione***

Matrice di commutazione



- **matrice di commutazione $n \times m$**
- **$n \times m$ contatti**
- **chiusura di al più un contatto per linea**

Reti di connessione

- **in generale un autocommutatore di una rete pubblica non è costituito da un'unica matrice di commutazione**
- **si usano più matrici connesse tra loro a formare una *rete di connessione***
- **il numero di contatti di una rete di connessione è in generale più basso di quello di una matrice unica equivalente**

Reti di connessione: proprietà

➤ *piena accessibilità:*

↗ possibilità di commutare ogni ingresso con ogni uscita

➤ *reti non bloccanti:*

↗ è sempre possibile trovare un percorso da un ingresso libero ad un'uscita libera

↗ reti bloccanti in caso contrario

➤ *reti non bloccanti in senso stretto*

↗ è possibile trovare il percorso senza dover riarrangiare i percorsi già attivi

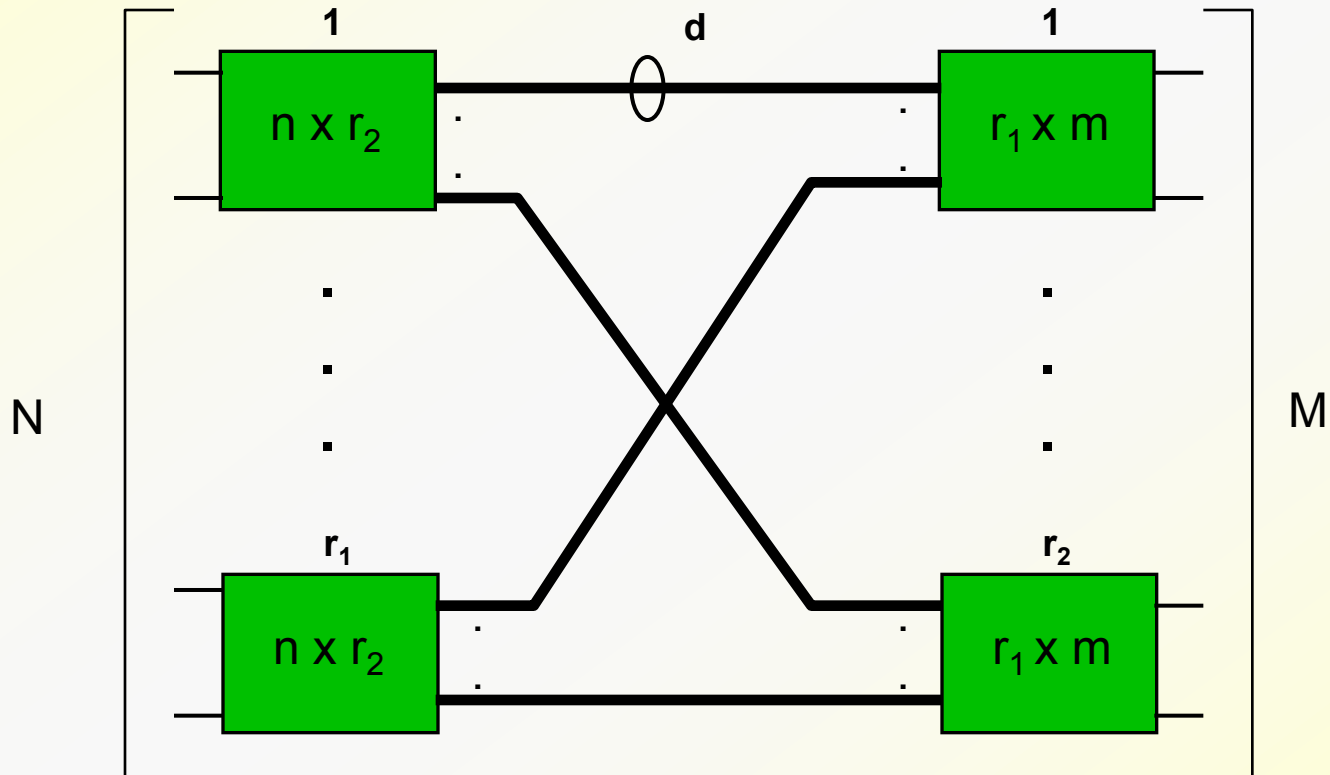
Reti di connessione: struttura

➤ struttura delle reti di commutazione:

- ↗ la struttura delle reti di commutazione è di solito organizzata a stadi con uscite di uno stadio come ingressi dello stadio successivo**
- ↗ gli ingressi del primo sono gli ingressi della rete e le uscite dell'ultimo sono le uscite della rete**

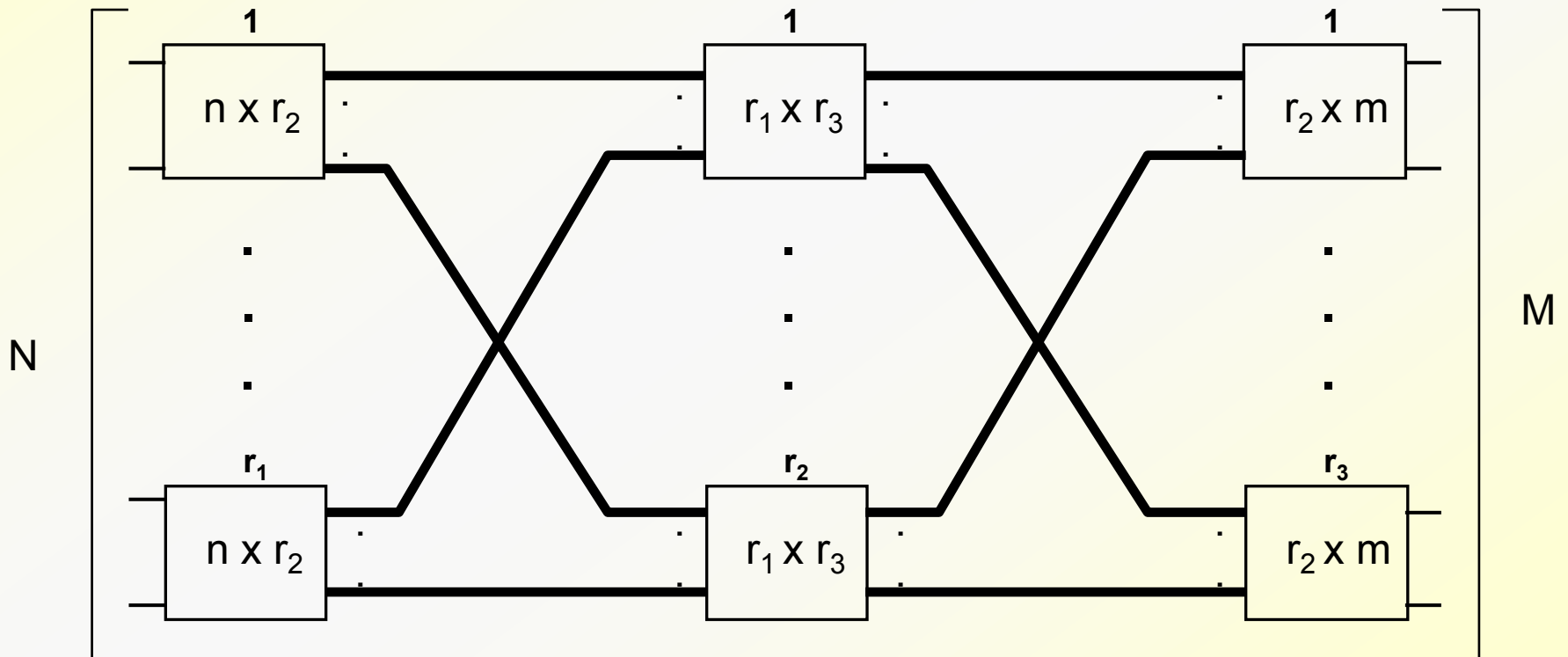
Reti di connessione

➤ *rete pienamente accessibile a 2 stadi:*



Reti di connessione

- rete di connessione a tre stadi a piena accessibilità:



Autocommutatori numerici

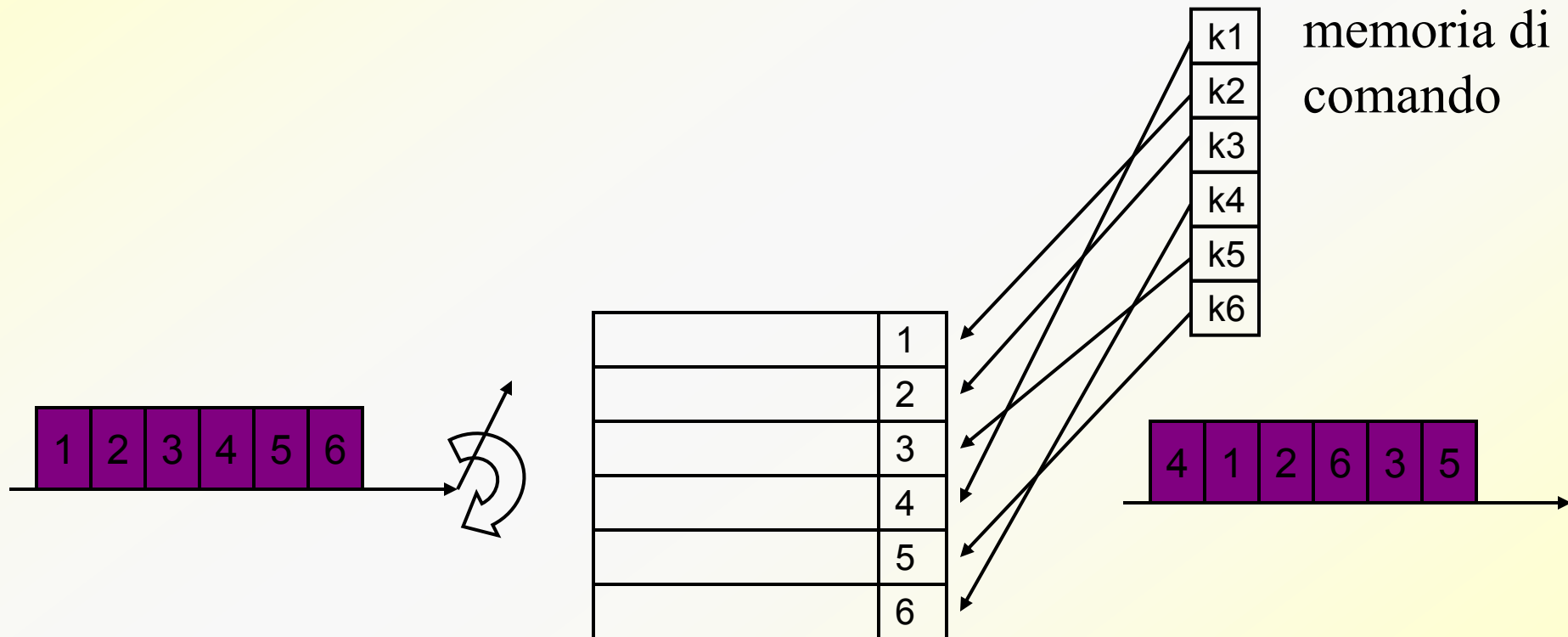
- **Gli autocommutatori numerici eseguono la parte di commutazione di una centrale telefonica**
- **Le reti di connessioni potrebbero essere fatte da veri e propri contatti (crossbar) per chiudere circuiti monocanale e in effetti in passato era così**
- **oggi le matrici di commutazioni sono fatte per commutare dei flussi già multiplati mediante multiplazione PCM**
- **si distinguono due tipi di matrici usate negli autocommutatori:**
 - **matrici S (spaziali)**
 - **matrici T (temporali)**

Autocommutatori numerici

- **La matrice T è una matrice di commutazione fatta per operare su un flusso multiplato nel tempo**
- **la commutazione è di tipo temporale, ossia vengono cambiati di posto gli slot tra ingresso ed uscita**
- **esistono due tipi di approcci nella costruzione di una matrice T:**
 - ↗ **a scrittura sequenza e lettura indirizzata (random)**
 - ↗ **a scrittura indirizzata e lettura sequenziale**

Autocommutatori numerici

➤ Scrittura sequenziale e lettura random



Autocommutatori numerici

- **Le matrici S operano una commutazione di tipo spaziale**
- **ovvero commutano il contenuto di uno slot j di un canale d'ingresso con lo stesso slot di un canale d'uscita**
- **in pratica la cosa è equivalente al principio visto nelle reti di connessione con però in più la possibilità di chiudere dei contatti diversi per ciascuno slot**
- **anche qui una memoria contiene le chiusure dei punti di contatto per ciascuno slot della trama PCM**

Autocommutatori numerici

➤ **Configurazioni possibili di matrici S e T**

Numero di stadi	Configurazioni
2	ST/TS
3	STS/TST
4	STTS/TSST
5	SSTSS/TSSST
6	STSSTS/TSSSST