Date degli esami:

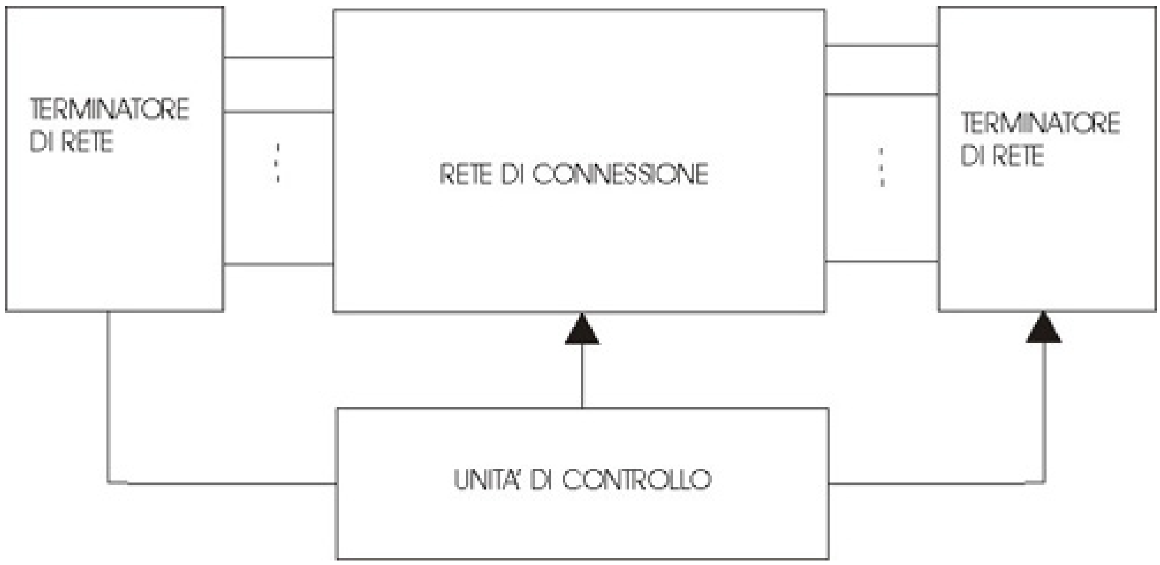
14/12/05 ore 9:30
10/01/06
24/03/06
12/04/06
28/06/06
20/07/06
20/09/06

Chi si presenta col compito, scrive fra parentesi (con compito)

Ricevimento del professore: martedì 9:30 – 10:30 e venerdì 14:30 – 15:30

Compitino entro il 15 di Novembre…
Per chi lo sostiene: rimane valido fino all'esame del 12/04/06

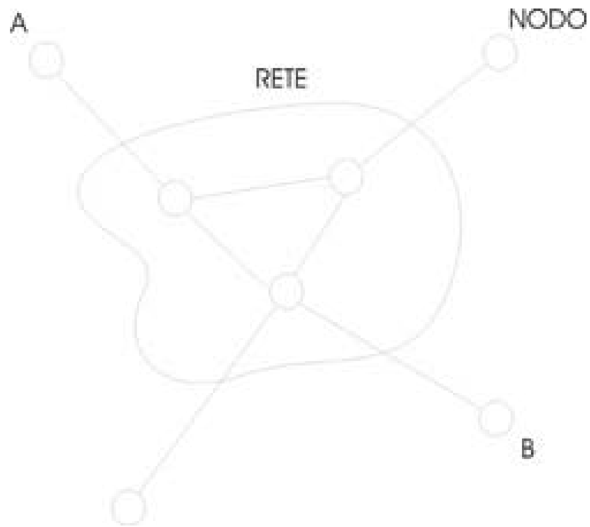
AUTOCOMMUTATORE



Qui sopra è rappresentato un autocommutatore.

All'inizio della comunicazione nella rete viaggia una informazione ricevuta dalle apparecchiature per permettere di stabilire un percorso.
Quando si chiama un amico col telefono, si fa il numero e si aspetta il tono di libero o occupato ecc., poi c'è la comunicazione vera e propria.
Questa è L'INFORMAZIONE DI SEGNALAZIONE.

Arriva all'ingresso degli autocommutatori e viene inviata all'unità di controllo, che capisce cosa deve fare e interagisce con la rete di connessione che eventualmente trasferisce l'informazione sull'uscita quando essa non finisce nell'autocommutatore, ovvero non necessita di essere inoltrata ad altri autocommutatori.



Le reti di connessione sono sistemi complessi che permettono il trasferimento di un flusso informativo da una linea di ingresso a una linea di uscita.
Il compito è quello di stabilire una connettività elettrica fra l'ingresso e l'uscita.
Questo collegamento dovrà rimanere attivo per tutto il tempo necessario al completamento della connessione fra l'utente A e l'utente B.
Una volta terminata la necessità la rete di connessione si configurerà nuovamente, si resetterà.
Questa funzione è sempre fatta grazie alle segnalazioni di rete.
Quindi la rete di connessione resetta il collegamento una volta terminata la comunicazione.
Nel telefono il fatto che una telefonata cessi, resetta da solo la rete.
Un autocommutatore deve poter:

- istanziare un collegamento
- mantenere il collegamento
- abbattere il collegamento

Nel caso di FDM -> telefonia analogica, il commutatore deve mantenere il collegamento elettrico continuo fra chi chiama e chi riceve, per forza.
Viceversa nella telefonia numerica TDM o meglio PCM, deve essere in collegamento solo durante il tempo in cui si sincronizza su base temporale, sul pezzettino, lo slot che deve ricevere.

RETI DI CONNESSIONE

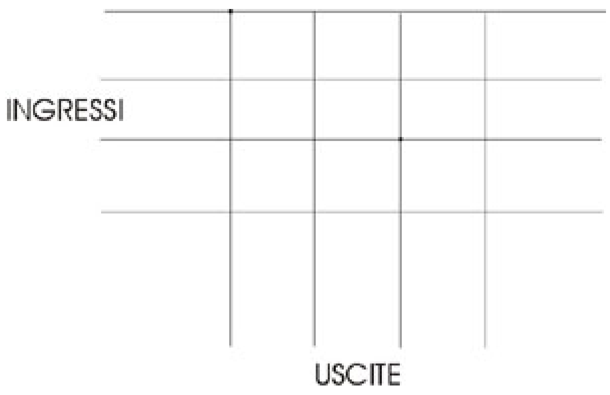
TECNOLOGIE REALIZZATIVE:

Due tecniche base:

- A divisione di spazio
- A divisione di tempo

Quelle a divisione di spazio possono andare bene sia per la telefonia analogica che digitale o numerica.
Quelle a divisione di tempo sono strettamente legate alla telefonia digitale, cioè numerica.

RETI DI CONNESSIONE A DIVISIONE DI SPAZIO



Quando si vuole fare un collegamento fra questi fili elettrici incrociati si fa sul loro incrocio, come piazzare un nodo.
La modalità di chiusura dipende dalla tecnologia usata, che ha ovviamente subito progressi nel tempo.
All'inizio c'erano le impiegate che inserivano direttamente le spine nelle prese giuste come si vede nei vecchi film, poi i commutatori elettromeccanici, relé, con ritardi notevoli nel tempo.
Successivamente siamo passati all'elettronica.

Con l'FDM quando ho chiuso il collegamento, tale deve rimanere per tutta la comunicazione.
Con la TDM il tempo deve essere sincronizzato sul singolo slot.

TRAMA: intervallo di tempo necessario a trasmettere le sequenze di bit associate agli utenti che condividono una linea di collegamento.

Nel caso del telefono avendo una velocità di 64Kb/s per ogni canale e essendo ogni singolo slot per ogni singolo canale 8 bit, si avrà che io posso trasmettere uno slot in 125 µs.
Di conseguenza se una trama è formata da 4 canali ovvero da 4 slot e voglio trasmetterli nello stesso tempi di 125 µs, dovrò avere logicamente una velocità 4 volte superiore ovvero di 256 Kb/s.

Se il numero di utenti aumenta, il tempo in cui va trasmesso uno slot diminuisce e il ritardo dei relé incide sempre di più, soprattutto parlando di TDM.
Per questo è stato molto utile il commutatore elettronico successivamente ai relé.

Di solito si associa ad ogni struttura di connessione un fattore di costo.
Nel caso della divisione di spazio questo fattore di costo è uguale al numero di collegamenti che deve garantire.
Se ci sono n linee di ingresso e n linee di uscite il fattore di costo è $C = N*N$.

Consideriamo la telefonia numerica.
Ogni linea è come una trama che è suddivisa in canali.
Ogni canale è un utente.
La trama sarà suddivisa in Nc canali.
Quando in concomitanza con un canale si ha la richiesta di una uscita si fa in modo che lo stesso slot sia riportato sul canale di uscita cioè su uno slot sincronizzato sulla trama di uscita.
Il canale commutato mantiene la sua posizione temporale.

TSI = TIME SLOT INTERCHANGER

Da un punto di vista costruttivo i Time Slot Interchanger sono assimilabili a memorie.

STRUTTURE T (TEMPO) (divisione di tempo)

Sopra una rappresentazione di una memoria a slot.
Il numero di celle è uguale al max numero di canali fra ingresso e uscita.

Se l'ingresso è 10 slot e l'uscita è 20, le celle della memoria devono essere 20.

Supponendo che siano uguali gli ingressi e le uscite, le celle sono N.
Ogni cella contiene 8 bit ad esempio se facciamo riferimento a un caso classico della telefonia.

Esistono 2 modalità realizzative:

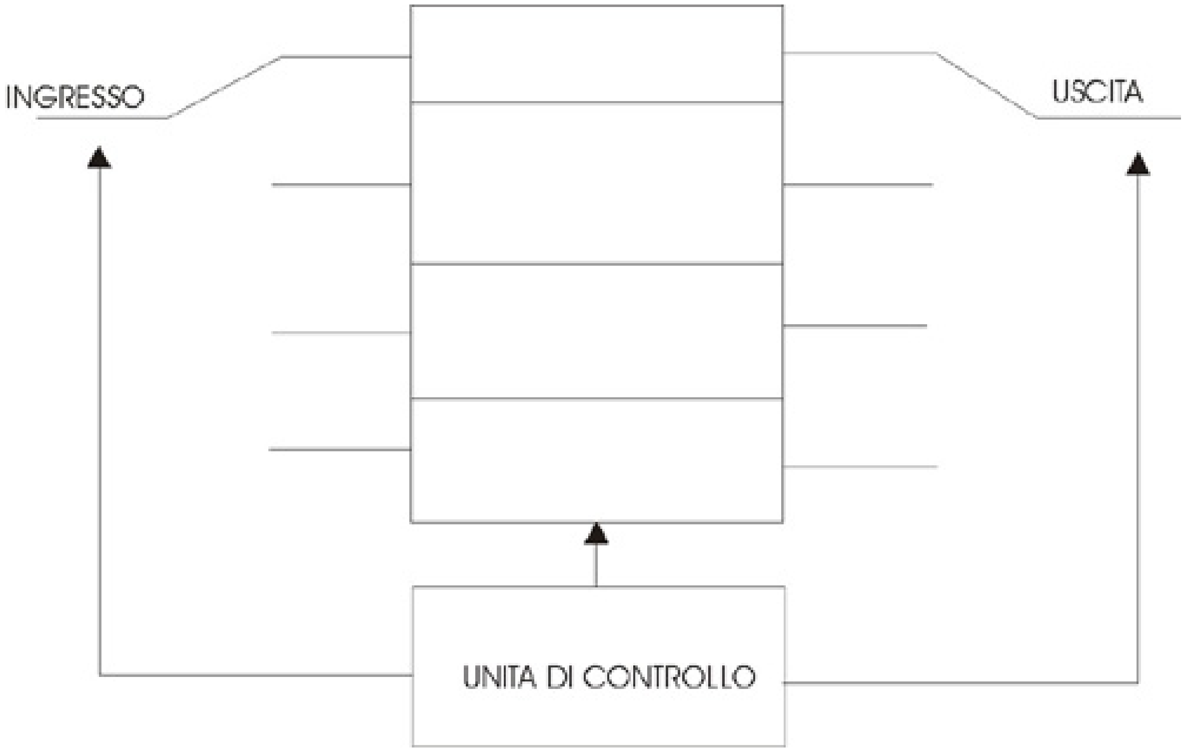
- SCRITTURA SEQUENZIALE
- LETTURA CASUALE

Cioè…

La prima ha scrittura sequenziale e lettura casuale.
La seconda ha scrittura casuale e lettura sequenziale.

Qua per casuale si intende che non si sa a priori dove una informazione dovrà uscire.
Si intende che l'uscita o l'entrata, a secondo del metodo adottato, che rappresenterà, dove deve andare l'output, sarà scelta in base alle richieste di connessione e quindi alle decisioni dell'unità di controllo. Quindi non potendo sapere a priori queste decisioni si dice "casuale".

SCHEMA DELLA PRIMA (scrittura sequenziale e lettura casuale).



Permutazione di un canale: posso cambiare posizione ai canali all'interno della trama però non cambia la linea.
Insomma, la linea è sempre la stessa, ma sposto temporalmente lo slot 1 sullo slot 8.

Quindi un canale entra in prima posizione e esce in terza posizione ad esempio.
Con la prima modalità con la scrittura sequenziale, il primo canale occupa la prima posizione e così via, poi seconda, poi terza, per il secondo e terzo canale. Con la lettura casuale non c'è una sequenza a priori con cui viene creata la trama.
Allora l'unità di controllo cambierà l'uscita per ricostruire la trama nel modo voluto.
Sul primo tempo di canale metto 1 in vetta e l'altro canale che va nel primo slot in uscita.
Quindi in una volta fa le due operazioni.
Un problema è che si introducono dei tempi di ritardo, quindi se il primo slot lo voglio mandare in terza posizione ci sarà un ritardo di 2 canali come tempo.
Il ritardo è reso tollerabile.

Con l'altra filosofia si scrive gli slot già con la posizione che devono avere in uscita, cioè scrittura casuale e poi si legge in sequenza cioè lettura sequenziale.

I due metodi sono simmetrici sostanzialmente.

Il fattore di costo: il fattore critico per il costo di queste strutture è la memoria o meglio il suo tempo d'accesso, infatti il costo è proporzionale ad esso.
Può essere così definito: $ta = 125\ \mu s / 2N$ dove N sono gli slot.
Nel caso non sia simmetrico cioè il numero di canali in ingresso sono diversi dal numero di canali in uscita si mette nella formula l'N più grande.

Entrambe le tecniche hanno limitazioni.

Una consente il cambio di canale e l'altra di linea, stiamo parlando ovviamente, rispettivamente della tecnica a divisione di spazio e della tecnica a divisione di tempo.

Quindi la soluzione è una struttura ibrida con blocchi sia S cioè di spazio, a divisione di spazio e sia blocchi T cioè di tempo, a divisione di tempo.
Successivamente lavorare su queste strutture per la riduzione dei costi.
Nelle strutture a divisione di tempo può succedere che il tempo necessario sia troppo piccolo.
Esiste però un rimedio.
Con le strutture ibride si aumentano le funzioni e si riducono i costi.

Vedere il Capitolo 10 del libro di Swarz.

Quindi le strutture base per realizzare le reti di connessione sono di due tipi: quelle a divisione di spazio e quelle a divisione di tempo.

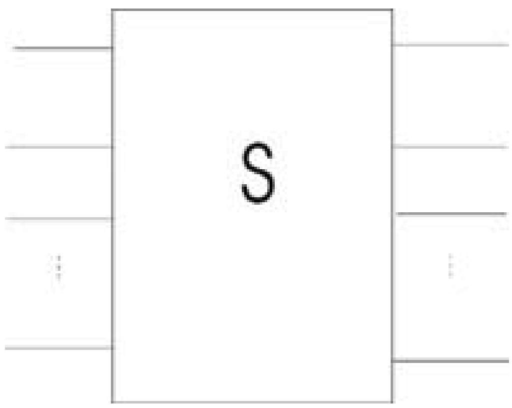
Reti di connessione eterogenee: prevedono l'utilizzo di strutture a divisione di tempo e strutture a divisione di spazio.
Per fare sia il cambio di canale sia il cambio di linea.
Altre strutture sono state trovate per minimizzare il fattore di costo.

Per integrare il tutto si può parlare di reti a più stadi:
- aumento delle funzioni di commutazione
- ridurre il costo

Ci sono strutture che fanno tutte queste cose.

STRUTTURE DI COMMUTAZIONE A DUE STADI DI TIPO S (DIVISIONE DI SPAZIO)

Consideriamo il caso in ci si hanno 25 linee di ingresso con 8 linee di uscita.



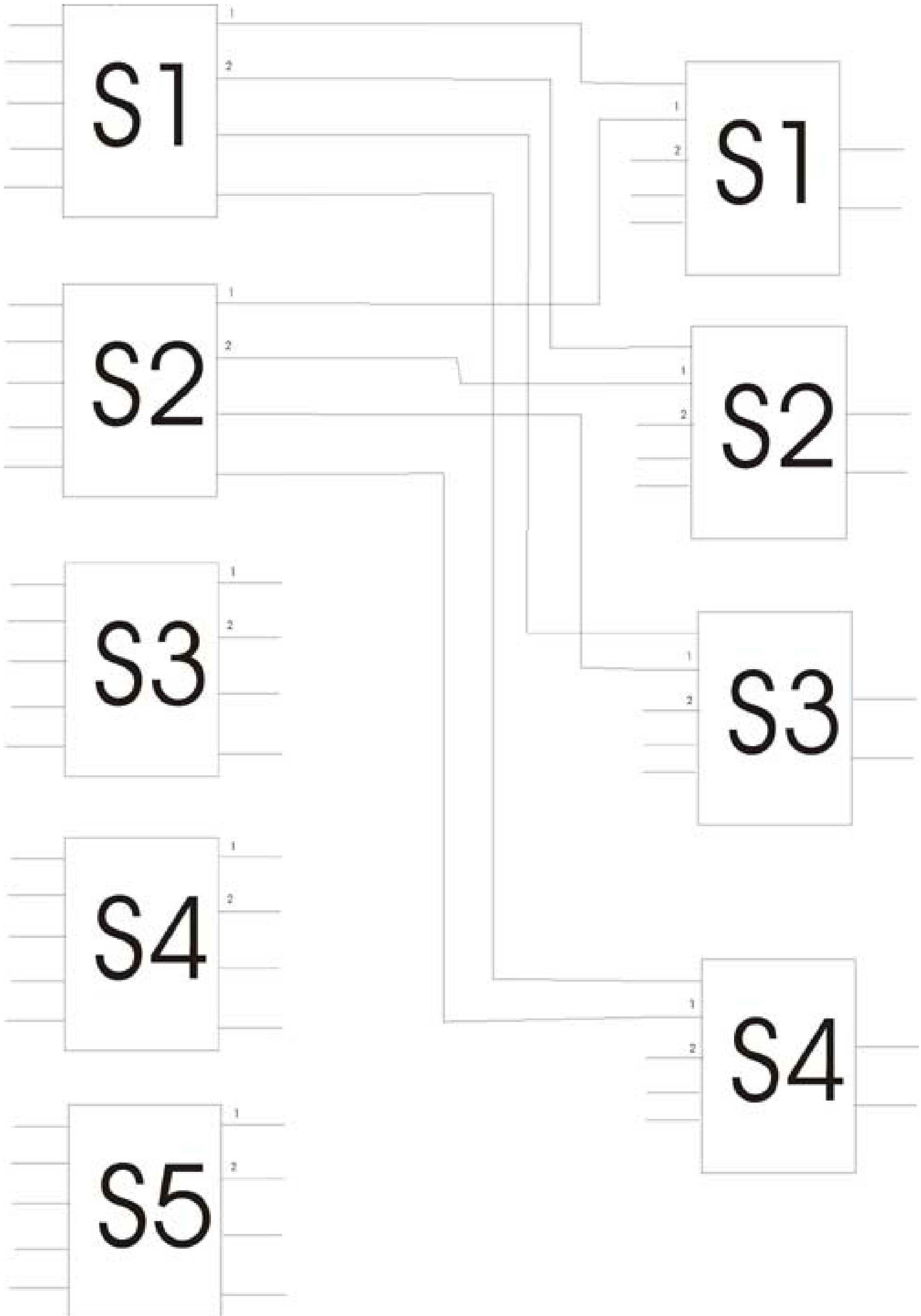
C è il fattore di costo.
Ni le linee in entrata.
Nu le linee in uscita.

C = Ni x Nu = 25 x 8 = 200

Il costo della rete di connessione se fosse realizzata con una unica struttura S cioè a divisione di spazio è 200.

Per farla a due stadi S si suddivide le 25 linee in ingresso in 5 gruppi da 5 linee. (empirica)

5 gruppi in ingresso e 4 gruppi in uscita.
Il primo stadio S avrà ingresso a ciascun elemento 5 linee.



Il secondo stadio avrà per ogni blocco 2 linee in uscita.
Il numero di uscite da un singolo blocco del primo stadio S è uguale al numero di blocchi che costituisce il secondo stadio.
La prima linea del primo blocco in entrata è la prima linea del primo blocco in uscita.

Il costo sarà per questa struttura a 2 stadi C = 5C1 + 4C2 = 5(5*4) + 4(5*2) = 140.
Cioè la somma dei costi delle singole strutture S.
Per completare l'analisi bisogna introdurre un nuovo concetto, la probabilità di blocco.

PROBABILITA' DI BLOCCO (dovuta alla struttura)

Una rete di connessione si dice bloccante dal punto di vista della struttura se considerate le richieste di connessione in ingresso non in conflitto fra di loro, questo vuol dire che sono rivolte a linee di uscita diverse, in questo caso essendo le richieste in uscita disponibili, la struttura si dice bloccante se la rete non riesce a realizzare questa operazione di comunicazione.
Una struttura in genere è non bloccante per definizione.

Vediamo ora se anche la struttura di prima è non bloccante.
Se si considerea che fissato un blocco in ingresso, prendiamo il blocco numero 1, fissato blocco Sn1 primo stadio.

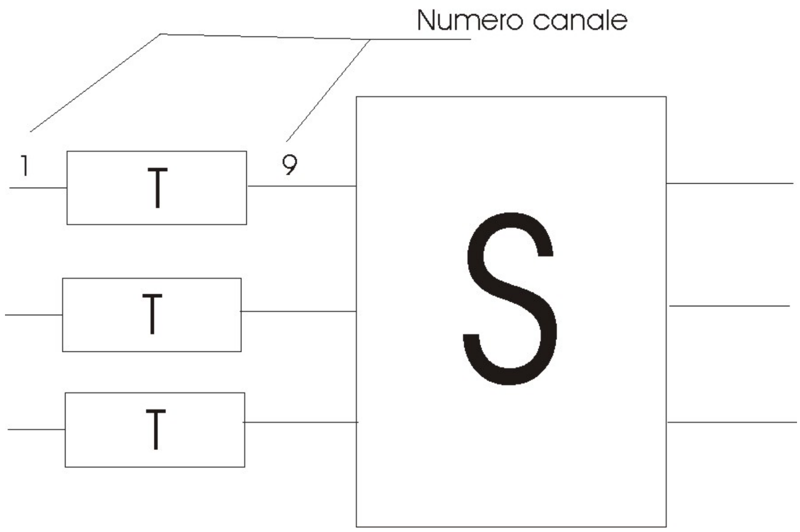
Linea n1 -> Uscita 1 del blocco S3 secondo stadio
Linea n2 -> Uscita 2 del blocco S3 secondo stadio

Chiedono uscite distinte.
Ma se si va a vedere fra i due blocchi c'è una sola linea di connessione e le linee diventano così concorrenti.
Quindi la struttura in questo caso è bloccante.

Se dai blocchi di entrata raddoppiassi le linee in uscita al primo stadio e quindi quelle in entrata al secondo avrei risolto.
Il costo del primo stadio però diventerebbe doppio, come quello del secondo stadio.
Quindi con queste soluzioni si riduce il costo riducendo le funzioni e le prestazioni.
Bisogna considerare allora la statistica.
Si valuta la probabilità di avere un conflitto che deve essere relativamente bassa, ovviamente.

Vediamo quindi ora le strutture T-S

Fissati Ni = Nu cioè il numero delle linee in ingresso uguale al numero delle linee in uscita…



Per ogni struttura di ingresso una struttura T cioè a divisione di tempo.
Qui si suppone si possa fare sia il cambio di canale che di linea.

LINEA DI INGRESSO N1

CANALE 7 -> CANALE 9 LINEA USCITA 7

CANALE 7 -> CANALE 9 (questa la fa il blocco T)
Mentre il blocco S parta da linea 1 a linea 7.

Il costo delle strutture singole T è relativo al tempo di accesso e nella struttura S con il solito NxN.
Il costo non viene unito ma stabilito in due parametri.

Le strutture T-S sono bloccanti.

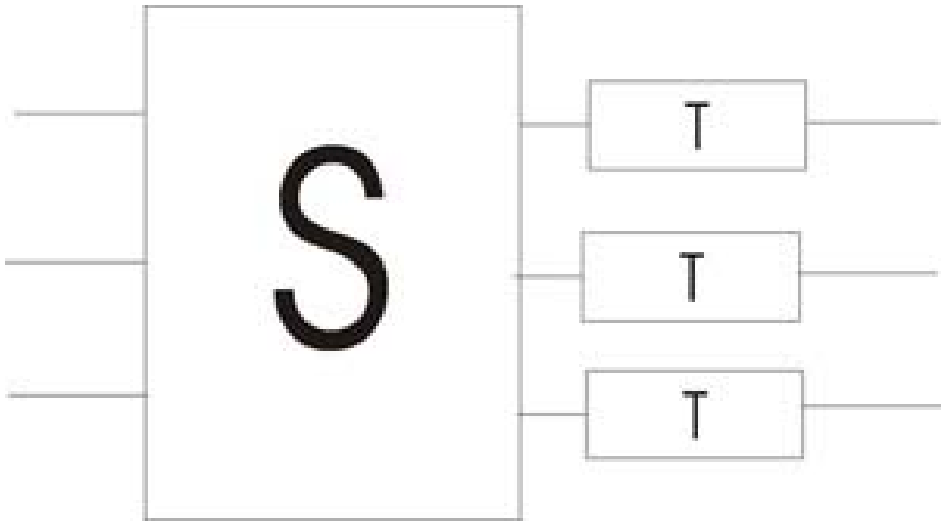
Esempio:

Canale 3 e Canale 8 linea 1 in ingresso vogliono andare rispettivamente in Canale 6 della linea 4 e canale 6 della linea 8.

Questo non può essere fatto per un suo blocco strutturale.

Queste strutture aumentano la qualità e le funzioni, ma sono comunque bloccanti.

STRUTTURA S-T



Esempio:

linea 1 canale 7 in linea 7 canale 9

linea 1 -> linea 7 e poi
canale 7 -> canale 9

Altro esempio:

Linea 1 canale 3 -> linea 4 canale 6
Linea 1 canale 8 -> linea 8 canale 6

In questo caso la situazione di prima non blocca.
Qui c’è comunque un blocco.
Se si ha la stessa linea in uscita e slot diversi.

Strutture…

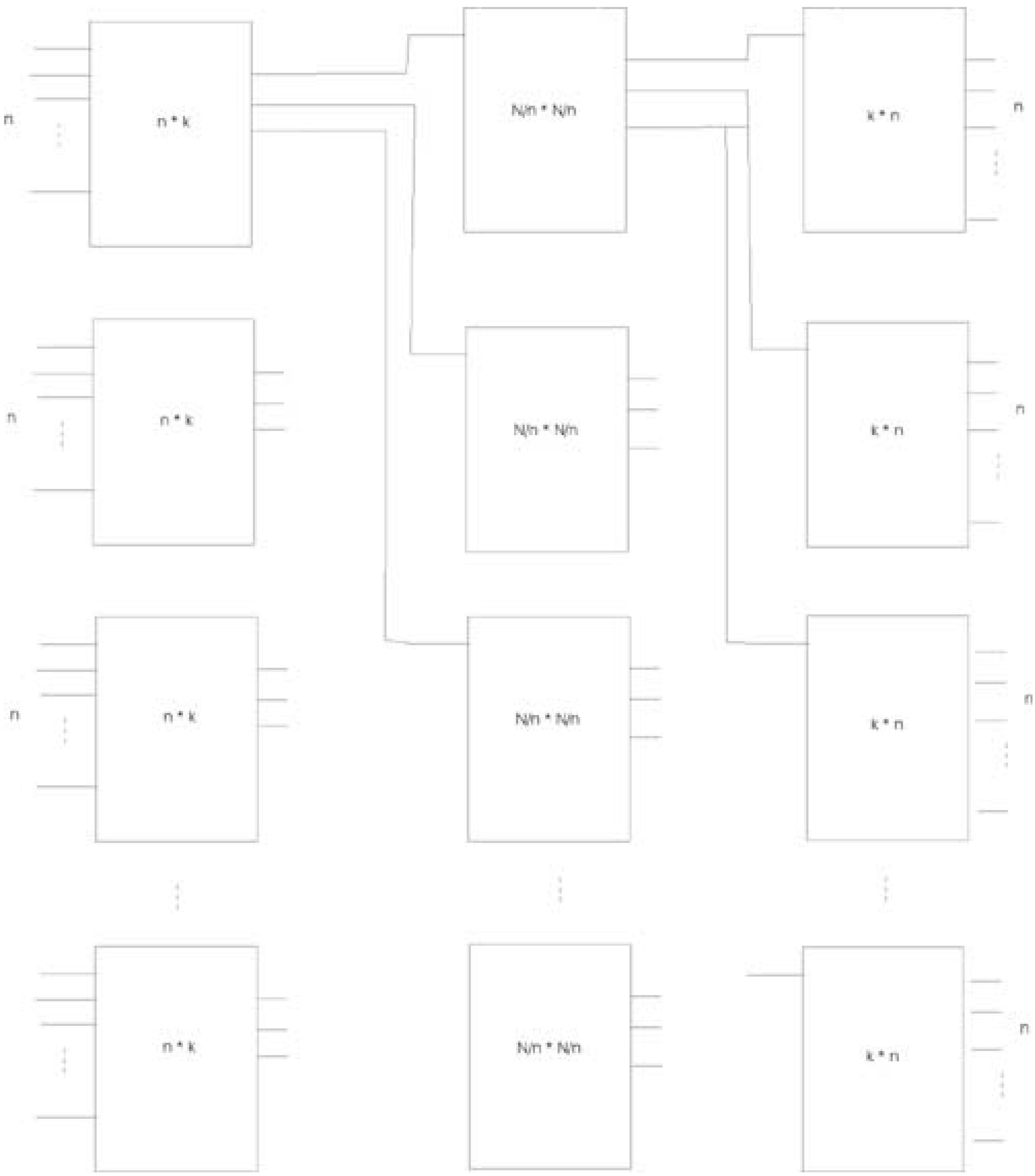
S-S-S
T-S-T

Soluzione blocco dei due stadi e riduzione del costo.

STRUTTURA S-S-S

N = numero linee in ingresso
n = numero linee in ingresso a ciascun blocco del primo stadio
N / n = numero di sotto gruppi

Il terzo stadio è simmetrico al primo… vediamo lo schema!



Le linee di ingresso del secondo stadio di ogni blocco sarà N/n.
Il criterio di connessione fra secondo e terzo è uguale.

K uscite di ciascun blocco

In base a k definisco il numero di blocchi del secondo stadio che sono appunto k.

Qui nell'S-S si aveva il blocco, se si voleva andare alle stesse linee di uscita.

Con l'S-S-S…

A patto che k sia scelto in maniera adeguata può risolvere il problema del blocco della S-S.

Per quanto riguarda il fattore di costo, questo sarà uguale alla somma dei costi dei singoli elementi.

C1 = N/n * Cb1 = N/n * n * k = Nk
C2 = k * Cb2 = k* (N*N/n*n)
C3 = C1

C = 2NK + K*(N*N/n*n)

Il parametro k è importante sia per il costo che per garantire il funzionamento non bloccante della struttura.

Strutture a più stadi:

Quelle non omogenee aumentano i gradi di libertà permettendo sia i cambi di canale sia quelli di linea.
Le strutture a due stadi presentano situazione di blocco che si vedono di risolvere con le strutture a più stadi.

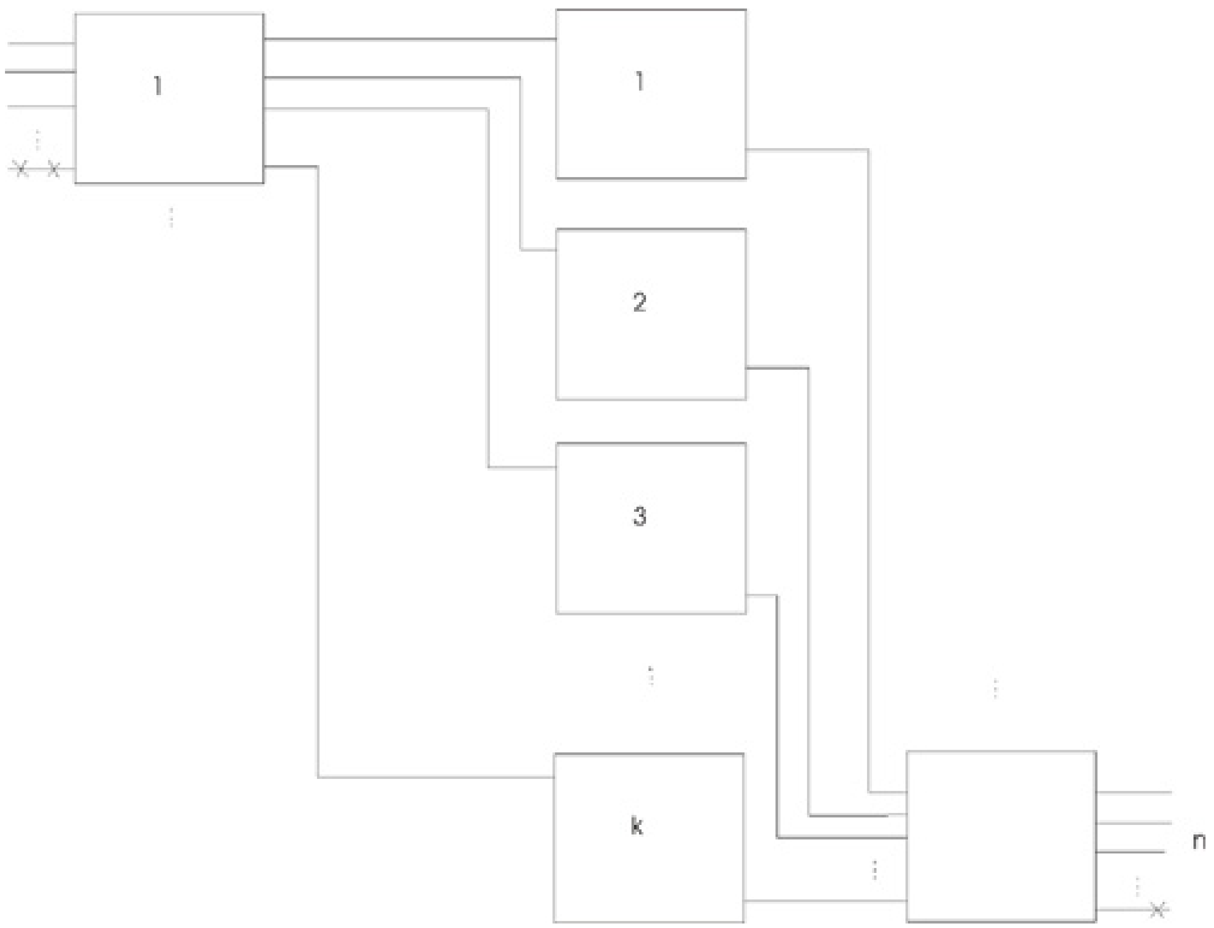
C = 2Nk + k(N*N/n*n)

Definito questo costo ora dobbiamo ridurlo andando a interagire con le variabili, ma avendo comunque il blocco tendente a 0.

Questo problema è stato risolto da CLOS.

CONDIZIONE DI NON BLOCCO DI CLOS

Con questa condizione si cerca di definire k = f(n).
Ci si riferisce a un caso particolare.



Si cerca di trovare ed osservare il caso peggiore che può capitare: WORST CASE.
Questo approccio più pratico che tecnico. Cioè se si dimostra che funziona con la condizione peggiore allora dovrebbe funzionare anche con gli altri.

Supponiamo una sola linea libera in ingresso, la linea n e che voglia essere interconnessa con l'ultima uscita, quella disponibile del terzo stadio.

La condizione presa la rendiamo la peggiore.
Facciamo che le richieste sul primo stadio sono disgiunte da quelle in uscita, cioè non sono dirette al suo blocco, ma ognuna a un blocco del terzo stadio diverso, per far questo occupano ciascuna un blocco del secondo stadio, quindi n-1 linee in ingresso, n-1 secondi stadi usati.
Nessuna delle richieste in ingresso è una di quelle in uscita.
Ovvero nessuna delle richieste di ingresso al primo stadio è una di quelle che occupa le n-1 uscite del terzo stadio interessato.
Queste uscite sono occupate da richieste provenienti da n-1 diversi stadi in entrata che occupano n-1 blocchi del secondo stadio.
Bisogna realizzare la connessione sottostando ai vincoli e mettendo in relazione k con n.
A questo punto l'unico modo di far comunicare l'ingresso con l'uscita richiesti è di aggiungere un blocco al secondo stadio oltre i 2(n-1) già usati in ipotesi.

K = n – 1, k deve essere così

=>

K = (n-1) + (n-1) + 1 = 2n – 1

Il primo (n-1) è per il vincolo sugli ingressi e il secondo è per i vincoli sulle uscite.

Questo K = 2n -1 è il numero minimo di k perché la rete non sia bloccante.

Ora rimane da risolvere la riduzione di costo.
Ora da k troviamo n.

C = 2(2n – 1) N + (2n – 1) (N*N/n*n)

Di solito si gestiscono numeri di linee sufficientemente grandi quindi n >> 1

C = 4nN + 2(N*N/n*n)

Usando una derivata si arriva al fatto che Ctot = radice quadrata di N/2 e Cmin = 4* radice quadrata di 2 per N elevato a 3/2.

Rispetto a queste strutture:

$C=N^2$, N >> 1

Se N è molto grande, nelle strutture a 3 stadi si garantisce il non blocco e costano anche meno.

Ci sono due vincoli per rispettare questa ottimizzazione.
- N deve essere un numero intero.
- N/n deve essere un numero intero.

Se si esce da questi parametri bisogna usare la formula generale, ma il k deve essere calcolatao sempre con CLOS, cioè k = 2n – 1 per fare almeno una rete che anche se costa di più almeno non è bloccante.

ESEMPIO

Supponiamo una situazione dove abbiamo N=100.000 linee di ingresso, che devono essere collegate con altrettante linee di uscita.
Con una struttura a 3 stadi S, si vuole poi mantenere la qualità uguale e ridurre i costi.

Quindi n = √100000/2 = 222

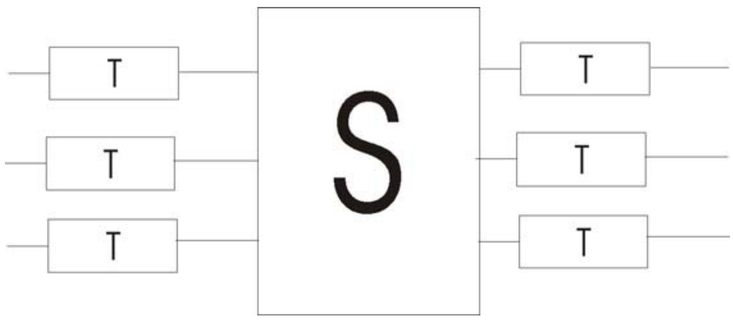
Questo valore è tale per cui 100.000 / 222 non è un numero intero.
Allora si guarda i numeri più vicini per i quali i vincoli sono rispettati.
Questi valori sono n1 = 200 e n2 = 250, numeri per i quali 100.000 / X = numero intero.
A questo punto sappiamo che non si può usare Cmin = $\sqrt{2}N^{3/2}$, ma si può comunque garantire il funzionamento con CLOS.

Quindi nel caso:

1) abbiamo k1 = 2*n1 - 1 = 399 e C circa pari a $1.8 * 10^8$
2) abbiamo k2 = 2*n2 - 1 = 499 e C circa pari a $1.8 * 10^8$

Quindi entrambe le soluzioni sono accettabili in questo caso, in quanto non andiamo personalmente a vedere la complessità di controllo.

Strutture T-S-T



Se CANALE 3 LINEA 1 -> CANALE 8 LINEA 4 e

CANALE 7 LINEA 1 -> CANALE 8 LINEA 2

Non è realizzabile con una struttura T-S, ma con questa si.

CANALE 3 LINEA 1 ->T CANALE 8 LINEA 1 ->S CANALE 8 LINEA 4 ->T CANALE 8 LINEA 4

CANALE 7 LINEA 1 ->T CANALE 10 LINEA 1 ->S CANALE 10 LINEA 2 ->T CANALE 8 LINEA 2

Vogliamo una struttura T-S-T non bloccante e a costo minimo.
Per vedere il costo minimo occorre immaginare che la struttura sia utilizzata per una sola trasposizione T.

La riduzione di costo viene associata a un singolo blocco.

Con ta =125 μs/2N , <u>ta</u> = 125 μs/2X (ta segnato).

10/10/2005

Con le strutture T-S-T si riescono a gestire le condizioni di blocco per le strutture a due stadi.

Andiamo a vedere come si analizza il problema relativo alla condizioni di non blocco.

Consideriamo anche in questo caso l'analisi del caso peggiore.
Se si soddisfa la condizione peggiore allora in generale la struttura non è bloccante.

CLOS:

Si considera la prima linea di entrata e l'ultima uscita.

CANALI IN INGRESSO N

n: CANALI IN INGRESSO A CIASCUNA TRAMA INGRESSO / USCITA

L = N/n NUMERO DI LINEE INGRESSO / USCITA.

Si considera che in ingresso n-1 canali sono occupati (nel primo blocco in entrata).
Sull'uscita n-1 canali occupati, un solo canale libero.

K = numero di canali che compongono le trame in uscita del primo stadio.

$K > n$

Si va a peggiorare questa situazione supponendo che nessuno dei canali occupati in uscita corrisponda a quelli in entrata.

$K = n-1 + n-1 +1 = 2n-1$ sempre la condizione di Clos.

Prendiamo il tempo di accesso come $t_a = 125\ \mu s / 2k$ -> ta ridotto ottenuto.
$t_a = 125\ \mu s / 2N$ -> ta della struttura di partenza.

<u>STRUTTURE A 5 STADI</u>

Si riferiscono principalmente a strutture di tipo S.
Lo stadio centrale è composto da blocchi che hanno il numero di ingressi uguale a quello delle uscite, questo per le S-S-S.

Si deve arrivare a una struttura S-S-S-S-S dove il blocco centrale è una S-S-S, utilizzando la stessa metodologia delle S-S-S, Clos.

Il costo della struttura diminuisce, ma dovrebbe aumentare quello della unità di controllo.

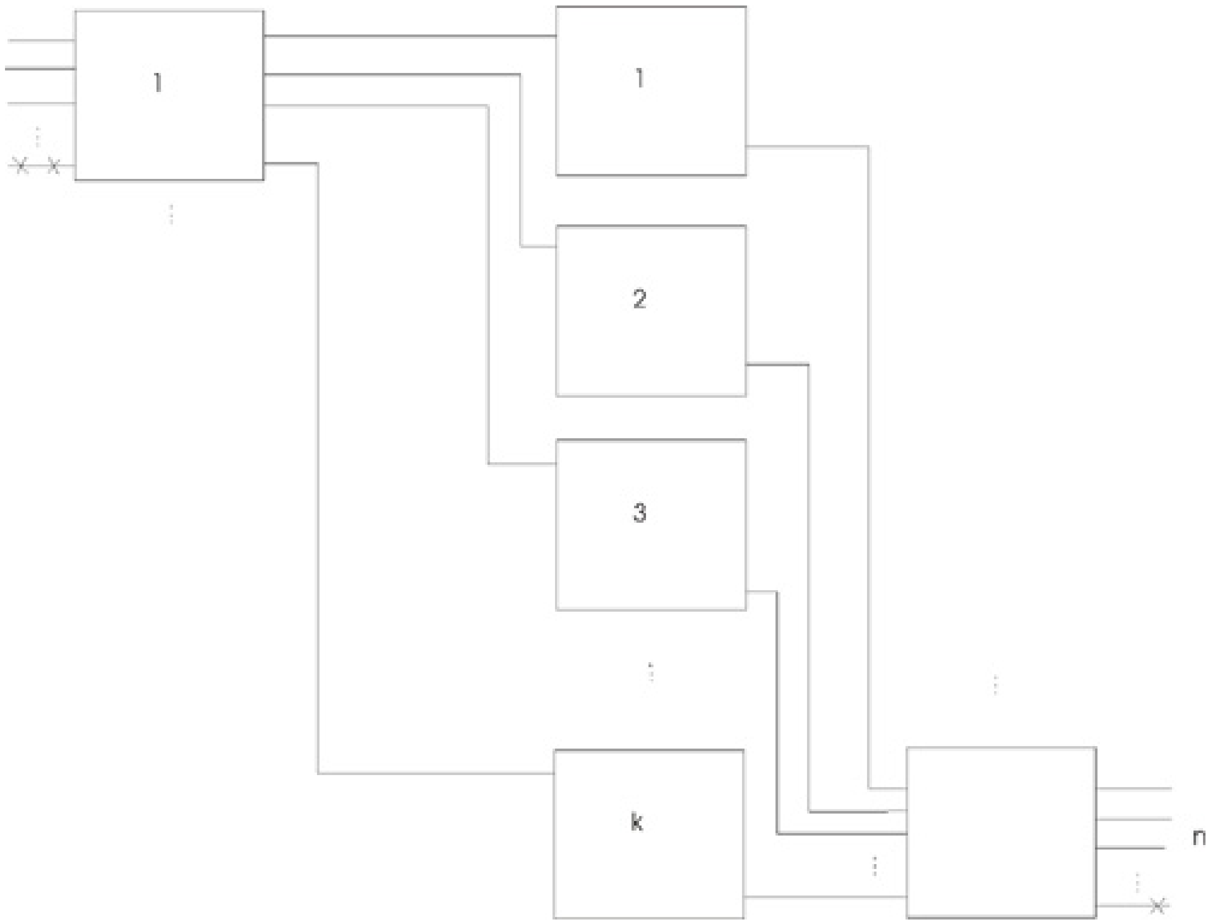
Nel caso di una struttura T-S-S-S-T la riduzione dei costi è minore.

Vi è una certa probabilità di blocco.

Vediamo come si modificano le strutture a 3 stadi introducendo la probabilità.

<u>FORMULA DI LEE</u>

Prendendo in esame una struttura S-S-S…



Si vuole connettere una linea del primo blocco con una linea del terzo blocco.

a_i Probabilità di avere una richiesta di connessione per linea ingresso

1/k = Probabilità di scelta di una singola linea in uscita sul primo blocco.

Uscita occupata primo stadio = n*a / k = probabilità che una delle linee sia occupata.

n*a / k indica la probabilità che sia occupata una linea in uscita al primo blocco e che sia occupata una linea di ingresso al secondo blocco.

Qual è allora la probabilità che un cammino sia occupato?

P = (n*a / k), (1-P) sarà la probabilità che sia libera una linea.

Probabilità di collegamento disponibile $(1-P)^2$.
Naturalmente $1-(1-P)^2$ la probabilità che sia occupata.

Supponendo che il numero di linee in uscita al primo blocco sia k e che k < 2n -2.
Qual è allora la probabilità che la data linea in ingresso possa non essere connessa alla linea in uscita?

$P_{BLOCCO} = [1-(1-P)^2]^k$

Bisognerà specificare a, mentre k e n sono legati alla struttura.

Fissato n, si dovrà trovare k tale che venga con vincolo su P_{BLOCCO} in modo che venga $k < 2n - 2$.

ESEMPIO:

$n = 120$ $a = 0,7$

$k = 239$ (di Clos)

Pblocco $<= 10^{-7}$

Si trova che per $k = 128$ (Lee) abbiamo una Pblocco di circa 10^{-7} quindi con Lee abbiamo risparmiato molto.

La teoria di Lee non è perfetta, ma nella pratica è buona ed è diventata standard.