



Τηλεφωνία

Μεταγωγή

Μεταγωγή

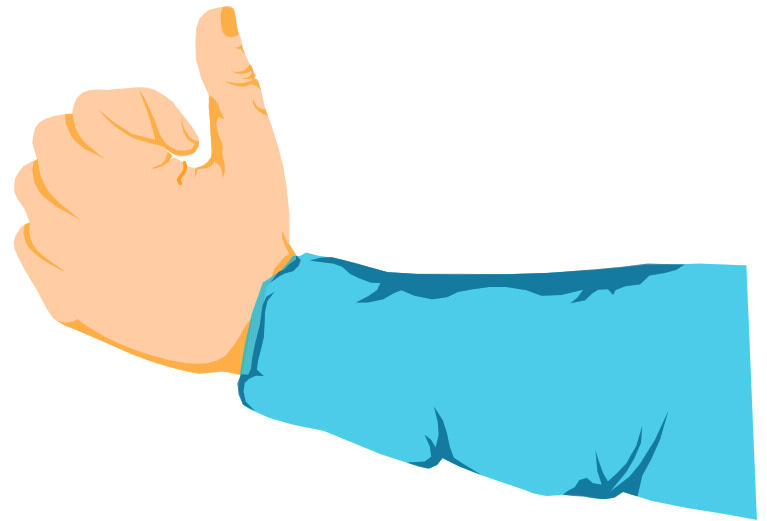
- (ορισμός) Η εγκατάσταση, όταν ζητηθεί (on demand), μιας ανεξάρτητης σύνδεσης από την επιθυμητή είσοδο στην επιθυμητή έξοδο, εντός ενός συνόλου εισόδων και εξόδων, για όσο διάστημα απαιτείται από την μεταφορά της πληροφορίας





Μεταγωγή

- (ορισμός) Ότι εισέρχεται στο δίκτυο, εξέρχεται για όσο διάστημα είναι επιθυμητό, μέχρι η μία πλευρά να εγκαταλείψει



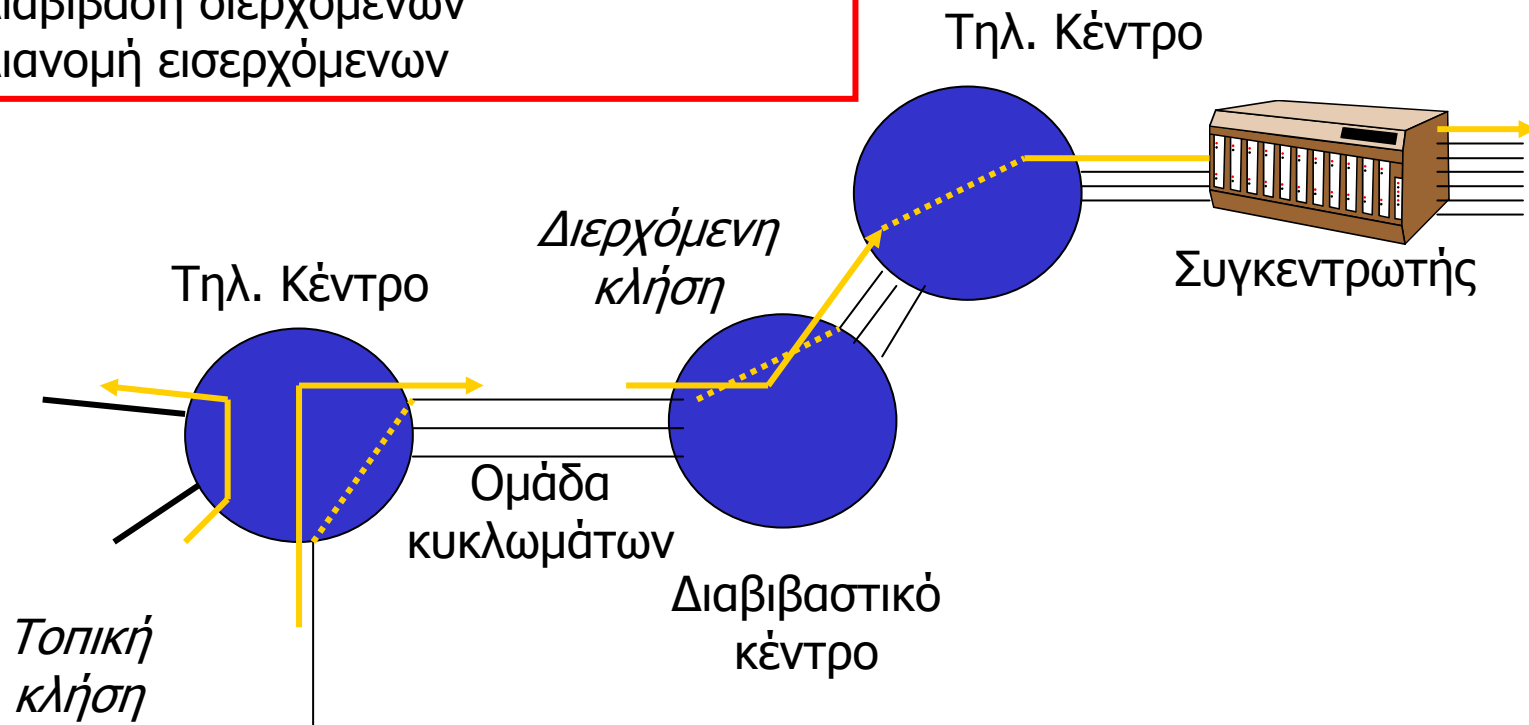


Εισαγωγή στην Μεταγωγή

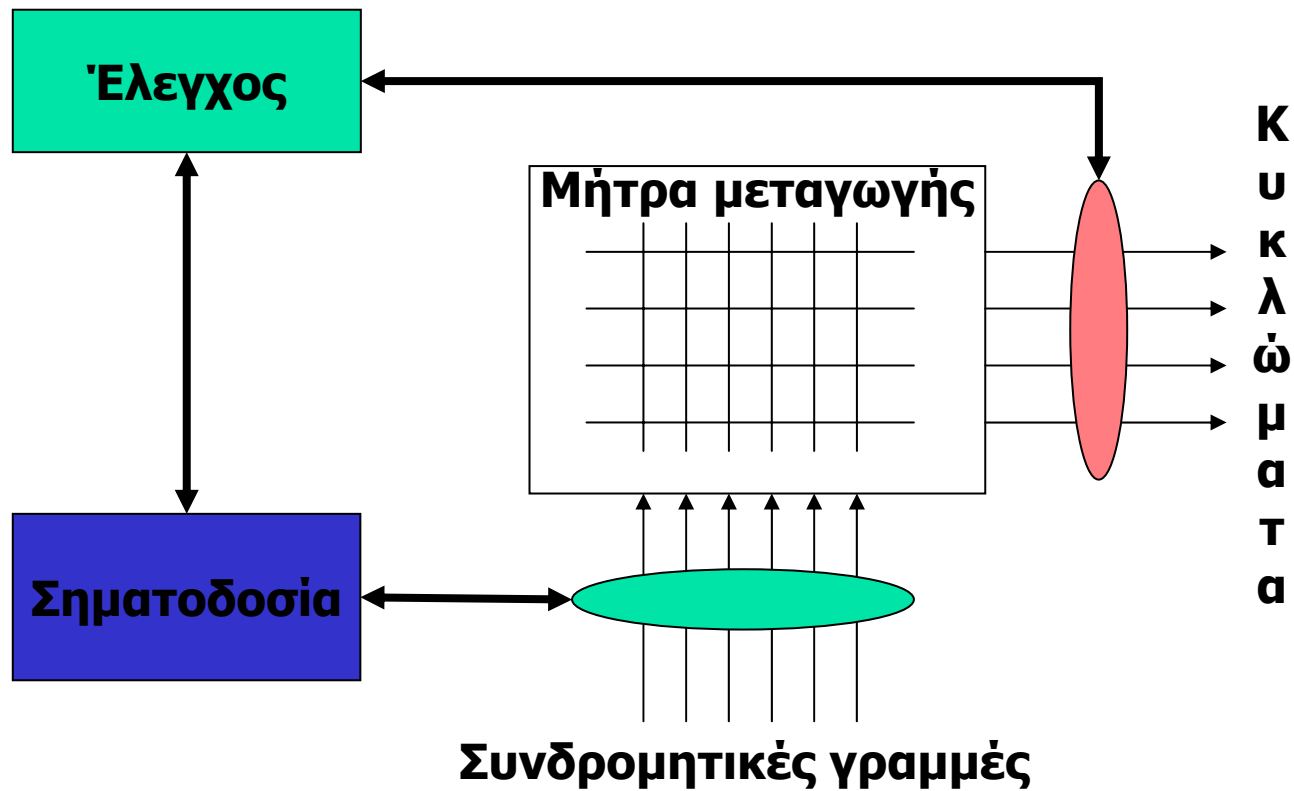
- Το τηλεφωνικό κέντρο δρομολογεί τις κλήσεις βάσει του σχεδίου αριθμοδότησης
 - π.χ. 1 302 369 6923
 - κωδικός χώρας
 - κωδικός περιοχής
 - κωδικός κέντρου
 - κωδικός πελάτη

Εισαγωγή στην Μεταγωγή

- Τοπική (γραμμή προς γραμμή) μεταγωγή
- Διαβίβαση διερχόμενων
- Διανομή εισερχόμενων



Σύστημα Μεταγωγής





Βασικές λειτουργίες μεταγωγής

- Διασύνδεση
- Έλεγχος
- Ειδοποίηση
- Πληροφόρηση
- Λήψη πληροφορίας
- Αποστολή πληροφορίας
- Έλεγχος κατάληψης
- Επιτήρηση



Βασικές λειτουργίες μεταγωγής

■ Σηματοδοσία

- Επιτήρηση της λειτουργίας συνδρομητικών γραμμών
- Αποστολή της εισερχόμενης πληροφορίας ελέγχου στην μονάδα ελέγχου
- Αποστολή σημάτων ελέγχου στις εξερχόμενες γραμμές

■ Έλεγχος

- Επεξεργασία σηματοδοσίας
- Εγκατάσταση και απόλυση συνδέσεων

■ Μεταγωγή

- Η διασύνδεση μεταξύ εισόδων και εξόδων



Βασικές απαιτήσεις μεταγωγής

- Ο διακόπτης πρέπει να συνδέει οποιαδήποτε εισερχόμενη κλήση σε οποιαδήποτε από τις (ίσως πολλές) εξόδους
- Ο διακόπτης πρέπει να συγκρατεί τις κλήσεις (κατά τη διάρκεια τους) και να τις απολύει όταν τερματίσουν
- Ο διακόπτης πρέπει να αποτρέπει νέες κλήσεις σε κυκλώματα που ήδη χρησιμοποιούνται



Βασικές απαιτήσεις μεταγωγής

- Η ταχύτητα εγκατάστασης πρέπει να είναι σχετικά μικρή σε σχέση με τη διάρκεια της κλήσης
- Ο βαθμός εξυπηρέτησης πρέπει να είναι υψηλός
 - 0,99 συνολικά
- ΥΨΗΛΗ διαθεσιμότητα!
 - 0,99999

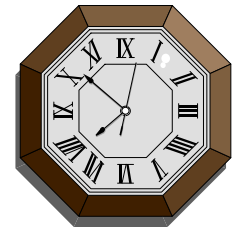
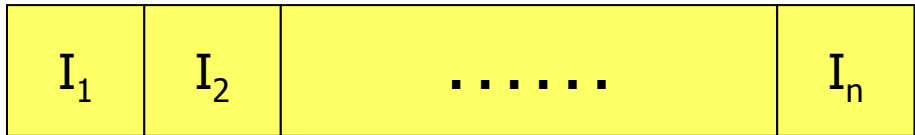


Μέθοδοι μεταγωγής

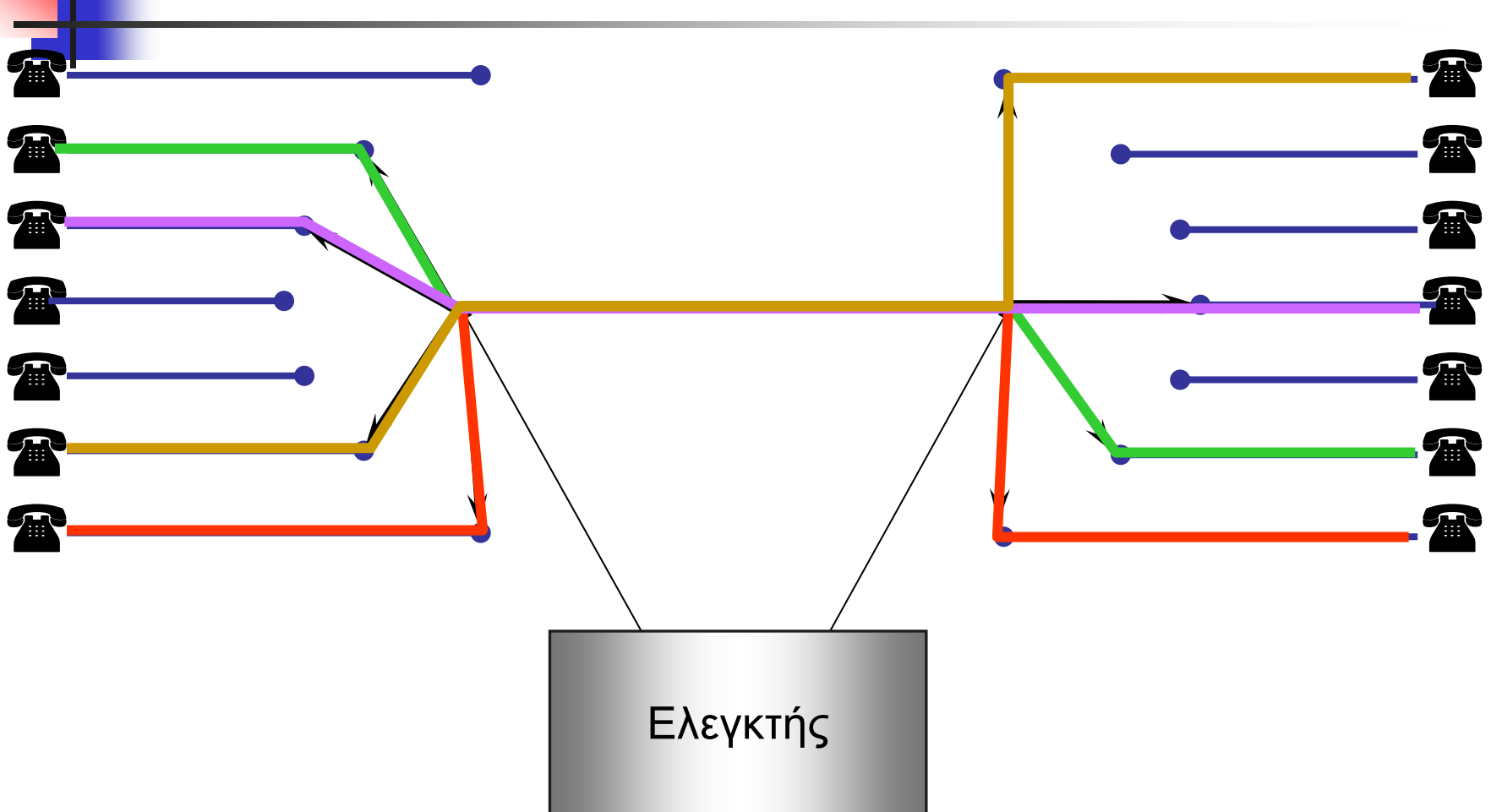
- Συνδεσιμότητα
 - πλήρης: οποιαδήποτε είσοδος σε οποιαδήποτε έξοδο
- Αποκλεισμός
 - Blocking: υπάρχει το ενδεχόμενο η εγκατάσταση κλήσης να αποτύχει επειδή δεν υπάρχουν διαθέσιμη πόροι
 - Non-blocking: Εάν η είσοδος και η έξοδος είναι ελεύθερες, τότε μπορούν να συνδεθούν

Μεταγωγή διαίρεσης χρόνου

- Χρονική αντιστοιχία εισόδων σε εξόδους

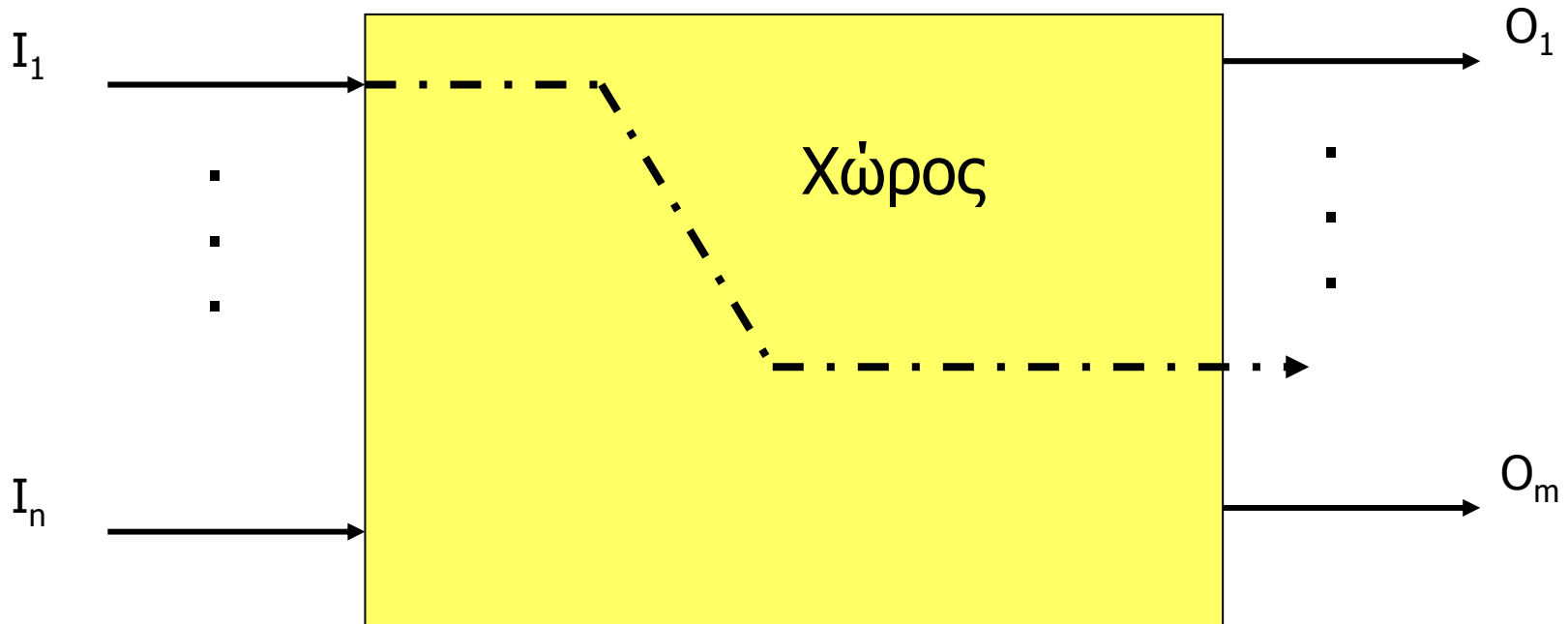


Μεταγωγή διαίρεσης χρόνου

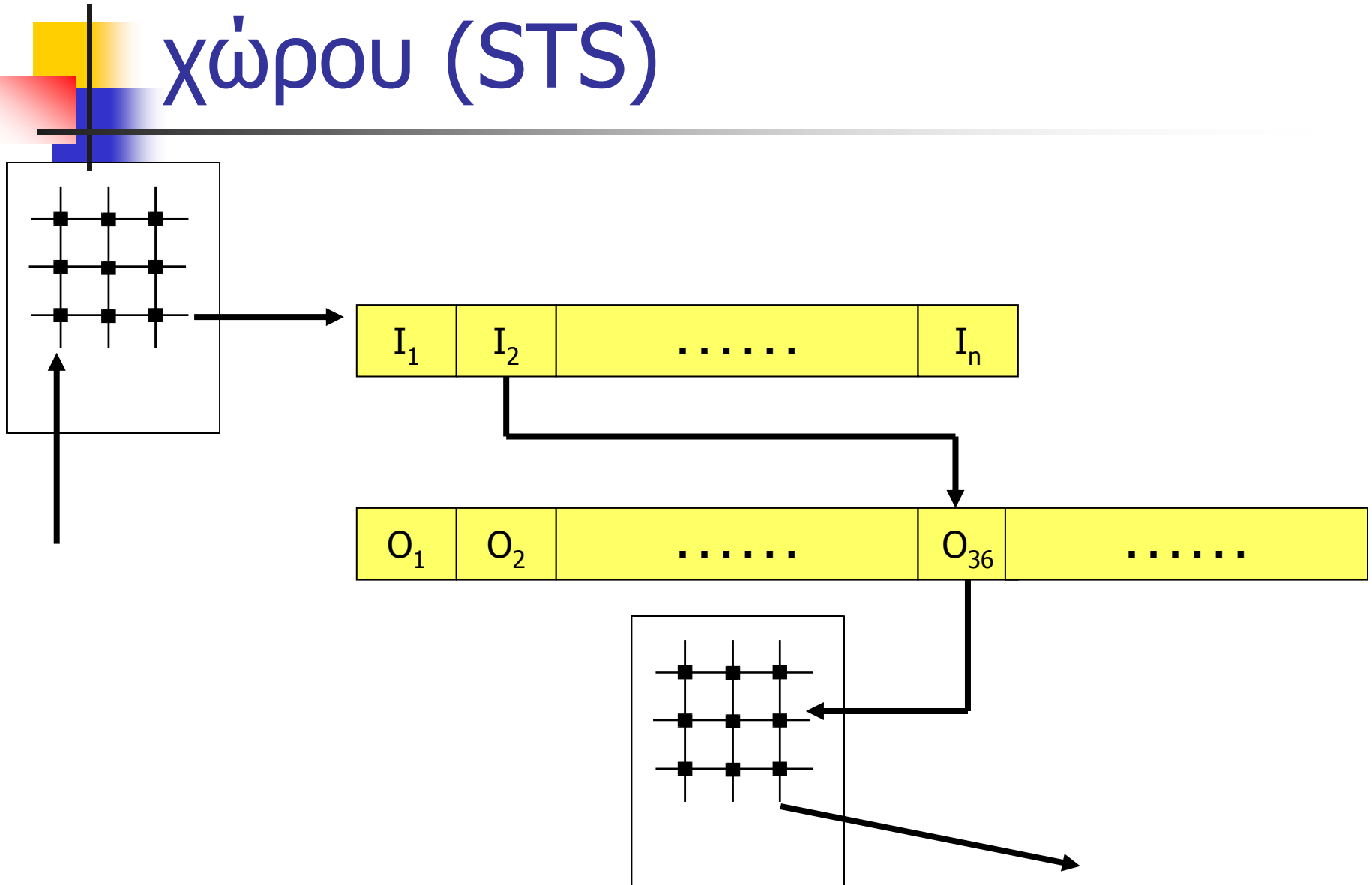


Μεταγωγή διαίρεσης χώρου

- Χωρική αντιστοιχία εισόδων σε εξόδους



Μεταγωγή χώρου-χρόνου- χώρου (STS)





Διακόπτες μίας βαθμίδας

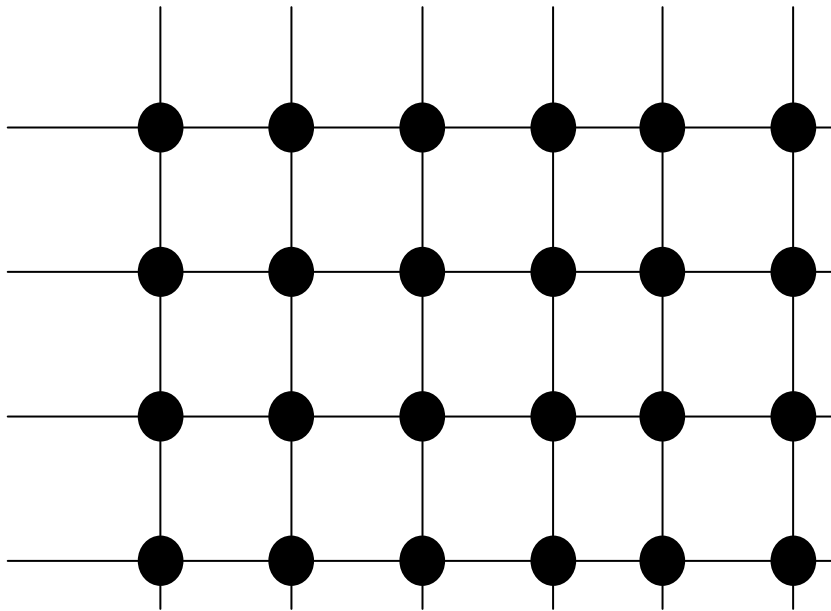
- Διακόπτες διασταύρωσης (crosspoint)
 - Πολύπλοκοι
 - Πολλές διασταυρώσεις - ($M \times N$)
 - Κάθε μία συνδέει 2 γραμμές



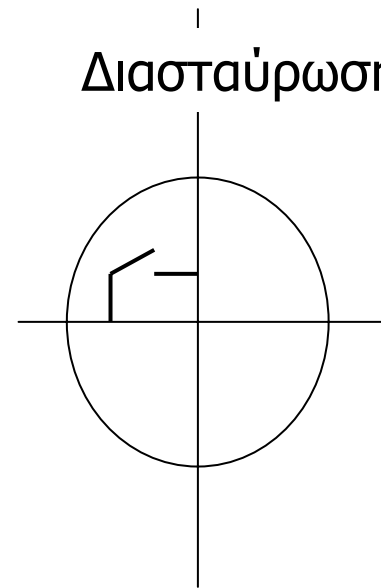
Διακόπτες μίας βαθμίδας

M έξοδοι

N είσοδοι



Διασταύρωση

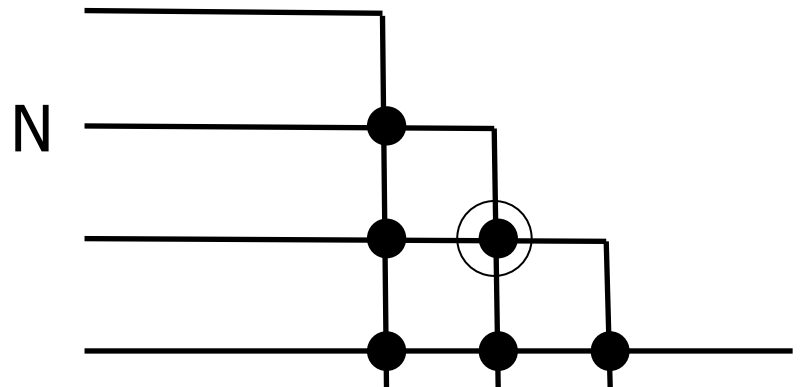
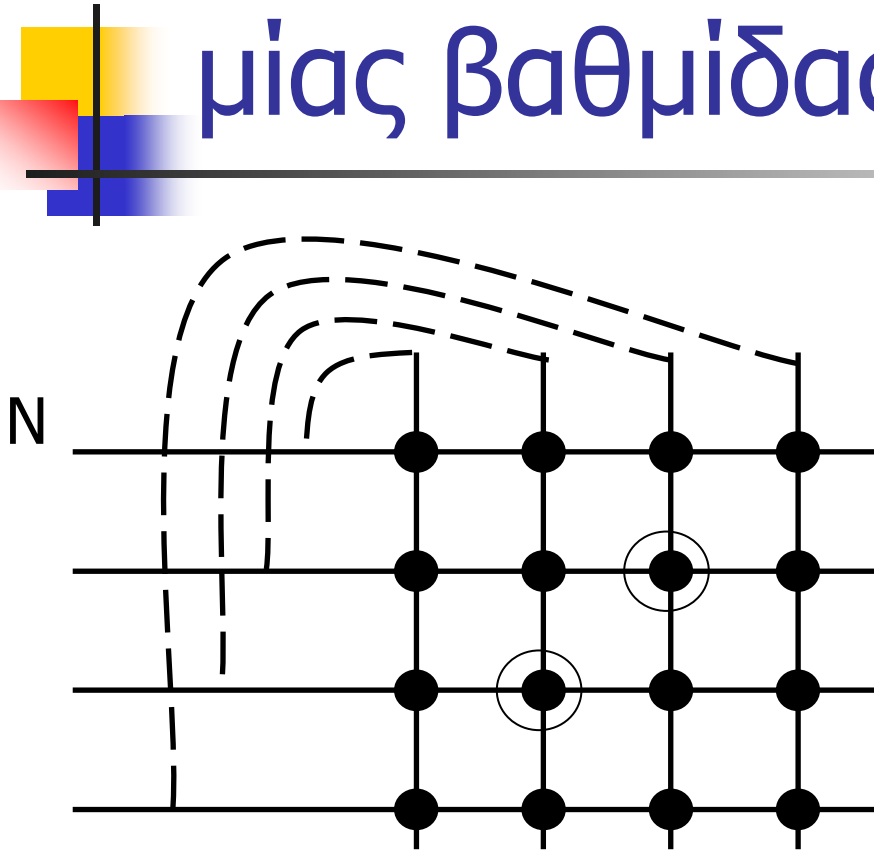




Διακόπτες μίας βαθμίδας

- N είσοδοι και M έξοδοι $N \times M$ διασταυρώσεις
 - $M < N$: συγκεντρωτής
 - $M > N$: αποσυγκεντρωτής (expander)
 - $M = N$: διανομέας
- Αναδιπλωμένος διακόπτης
 - Εάν οι είσοδοι και οι έξοδοι είναι ταυτόσημες (και αμφίδρομες) η πλήρης μήτρα μεταγωγής είναι περιττή
- Αναγκαίος αριθμός διασταυρώσεων: $\frac{1}{2}N(N-1)$

Αναδιπλωμένος διακόπτης μίας βαθμίδας





Διακόπτες μίας βαθμίδας

- Ο αριθμός των διασταυρώσεων του διακόπτη μιας βαθμίδας για μεγάλο αριθμό εισόδων είναι τεράστιος
- Επίσης υπάρχει μόνο ΜΙΑ διαδρομή από μια είσοδο σε μια έξοδο
- Προβλήματα
 - Κακή εκμετάλλευση των διασταυρώσεων
 - Δεν αντέχει σε σφάλματα
- **Λύση**: διακόπτες με πολλές βαθμίδες

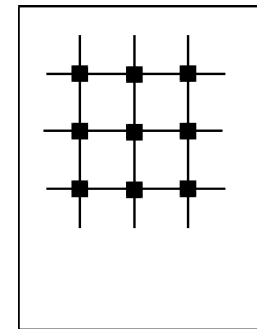
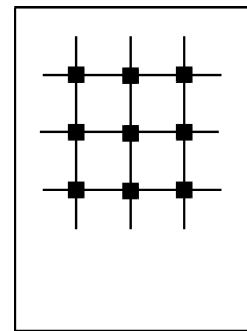
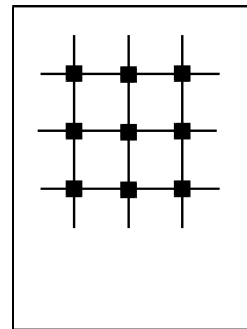
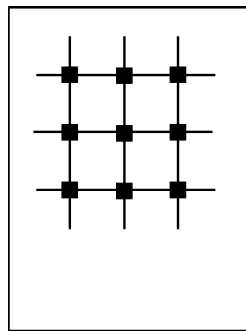
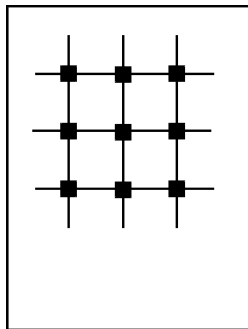


Διακόπτες πολλών βαθμίδων

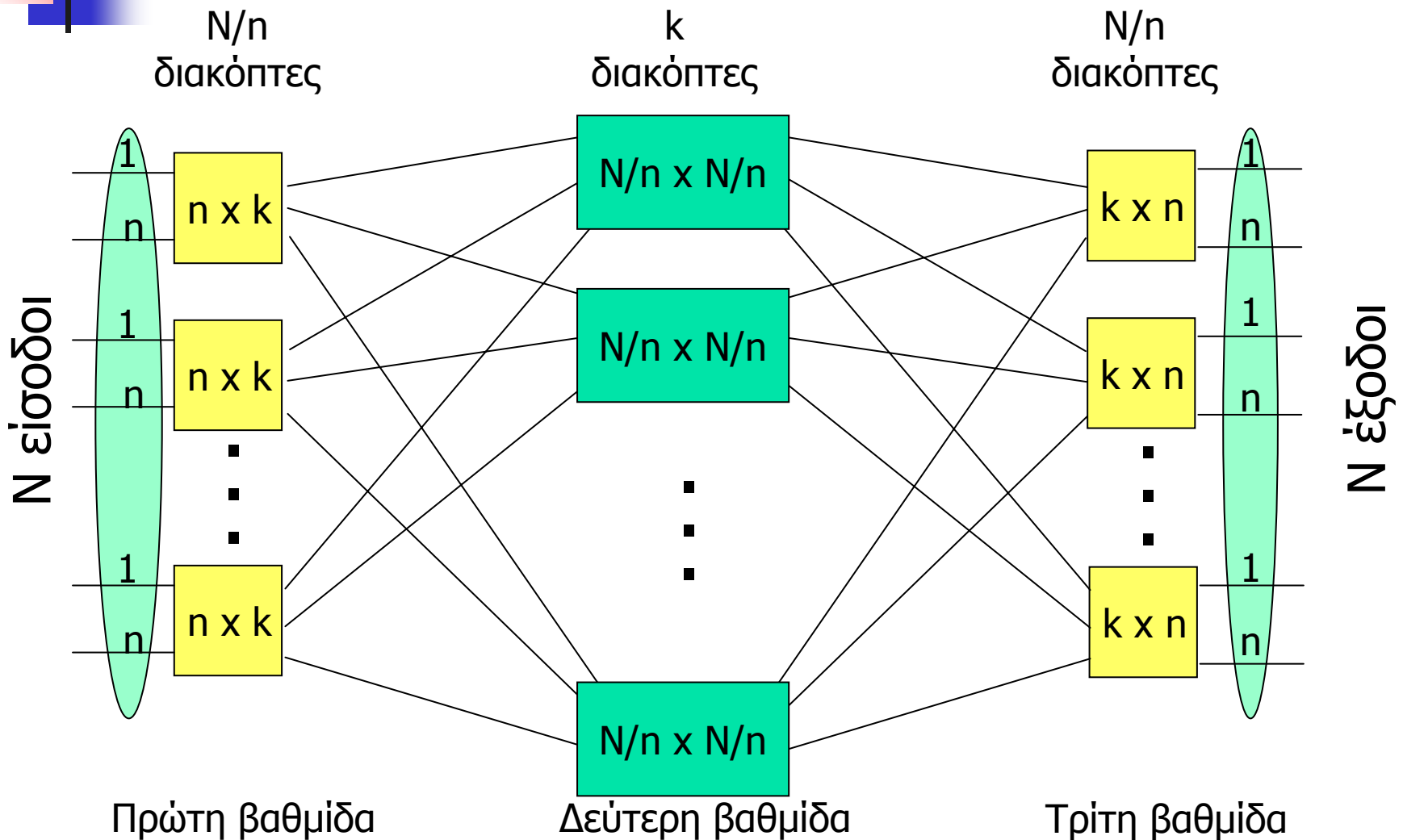
- Η είσοδος συνδέεται με την έξοδο μέσω δύο ή περισσότερων βαθμίδων (διακοπών)
- Οι διασταυρώσεις μοιράζονται μεταξύ πολλών συνδέσεων (δυσνητικά υπάρχει αποκλεισμός)
- Υπάρχει η δυνατότητα να παρέχονται πολλαπλές διαδρομές μεταξύ δύο οποιωνδήποτε θυρών

Μείωση σημείων μεταγωγής

- Αύξηση του πλήθους βαθμίδων
- Επιτρέπεται αποκλεισμός
- Μεταγωγή σε πολλές (περισσότερες της μίας) διαστάσεις



Διακόπτες τριών βαθμίδων

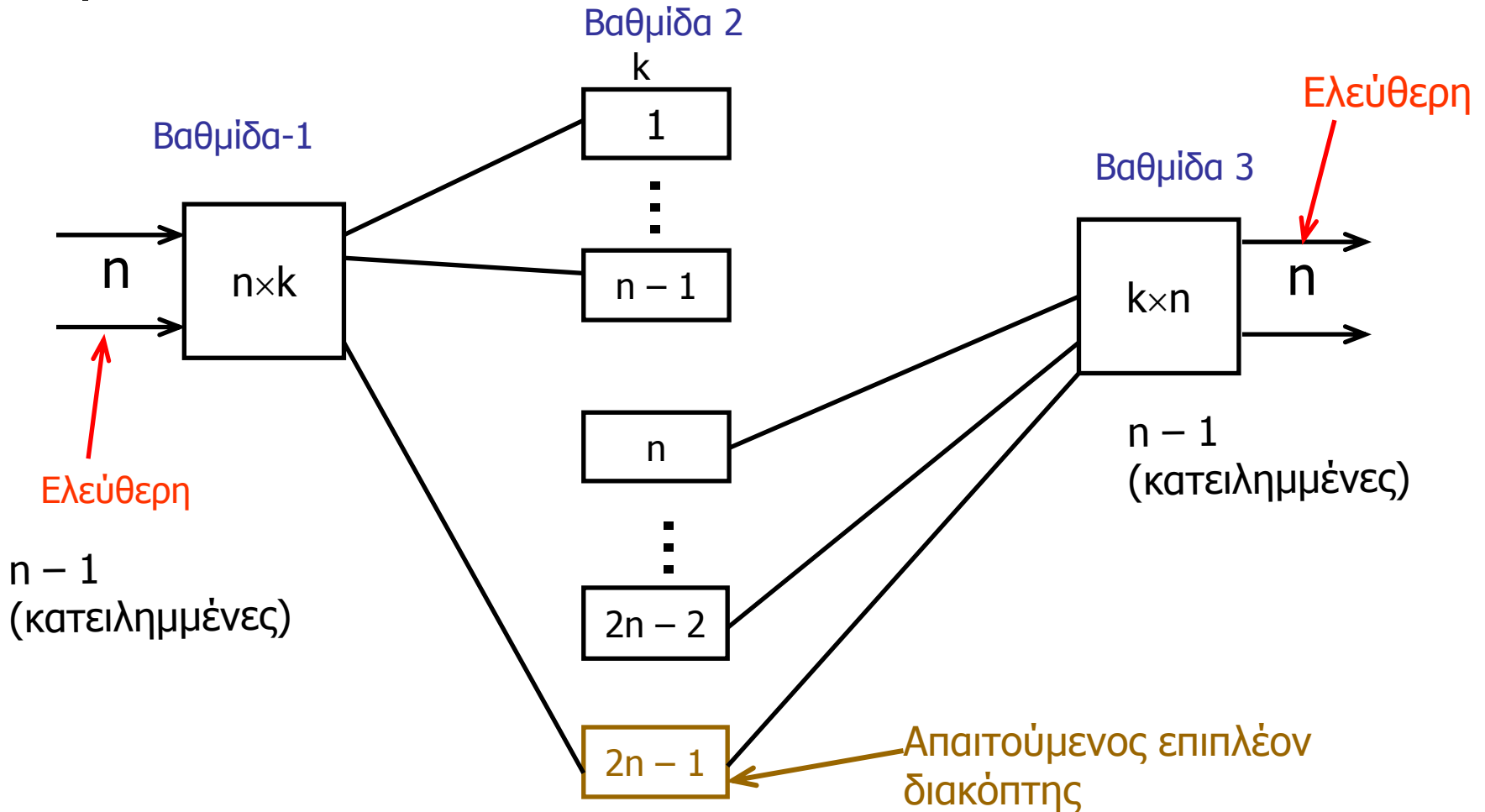




Θεώρημα του Clos

- Ένας διακόπτης που δεν παρουσιάζει αποκλεισμό (strictly non-blocking) επιτρέπει τη σύνδεση:
 - ενός ζεύγους ελεύθερης εισόδου και εξόδου
 - χωρίς διατάραξη των υπάρχουσών συνδέσεων
 - ανεξάρτητα από την προηγούμενη κατάσταση του διακόπτη
- Θεώρημα Clos: Για ένα τέτοιο διακόπτη ο ελάχιστος αριθμός ενδιάμεσων βαθμίδων είναι
- $k=2n-1$

Διακόπτης τριών βαθμίδων χωρίς αποκλεισμό



Διακόπτης τριών βαθμίδων χωρίς αποκλεισμό

- Αριθμός διασταυρώσεων $N_x = 2Nk + k\left(\frac{N}{n}\right)^2$
- Αριθμός ενδιάμεσων βαθμίδων $k = 2n - 1$

$$N_x = 2Nk + k\left(\frac{N}{n}\right)^2 = (2n - 1)\left(2N + \frac{N^2}{n^2}\right)$$

- Για μεγάλες τιμές n $n = \sqrt{\frac{N}{2}} \Rightarrow N_x = 4N(\sqrt{2N} - 1)$



Παράδειγμα διακόπτη Clos

- Σχεδιάστε ένα διακόπτη τριών βαθμίδων χωρίς αποκλεισμό για 200 χρήστες
- $N = 200$, τότε ένα καλό n είναι η τετραγωνική ρίζα του $N/2$, άρα $n = 10$ και $k = 2n - 1 = 19$
- Ο διακόπτης θα έχει
 - 20 (N/n) βαθμίδες εισόδου 10×19 θυρών ($n \times k$)
 - 19 (k) ενδιάμεσες βαθμίδες 20×20 ($N/n \times N/n$)
 - 20 (N/n) βαθμίδες εξόδου 19×10 θυρών ($k \times n$)
- Σύνολο διασταυρώσεων 15.200
 - Πρώτη βαθμίδα : $2 \times 10 \times 19 = 3.800$
 - Μεσαία βαθμίδα: $19 \times 20 \times 20 = 7.600$
 - Τρίτη βαθμίδα: $20 \times 19 \times 10 = 3.800$
- Ο διακόπτης μιας βαθμίδας έχει 19.900 διασταυρώσεις



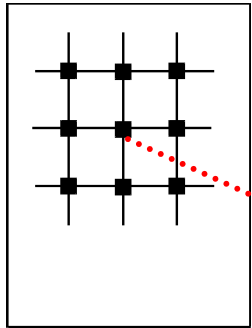
Μείωση σημείων μεταγωγής

$$N_x = 2Nk + k\left(\frac{N}{n}\right)^2 = (2n - 1)\left(2N + \frac{N^2}{n^2}\right)$$

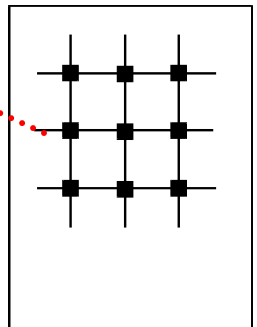
$$\frac{dN_x}{dn} = 2n^3 - nN + N = 0 \Leftrightarrow N = \frac{2n^3}{n-1}$$

- Δύο ακέραιες λύσεις
 - $n=2$, $N=16$ οπότε $N^2 = 256$, $N_x = 288$
 - $n=3$, $N=27$ οπότε $N^2 = 729$, $N_x = 675$

Μείωση σημείων μεταγωγής



Γραμμές	3-Βαθμίδες	1-Βαθμίδα
128	7.680	16.256
512	63.488	261.635
2K	516.096	4,2M
8K	4,2M	67M
32K	33M	1B
128K	268M	17B



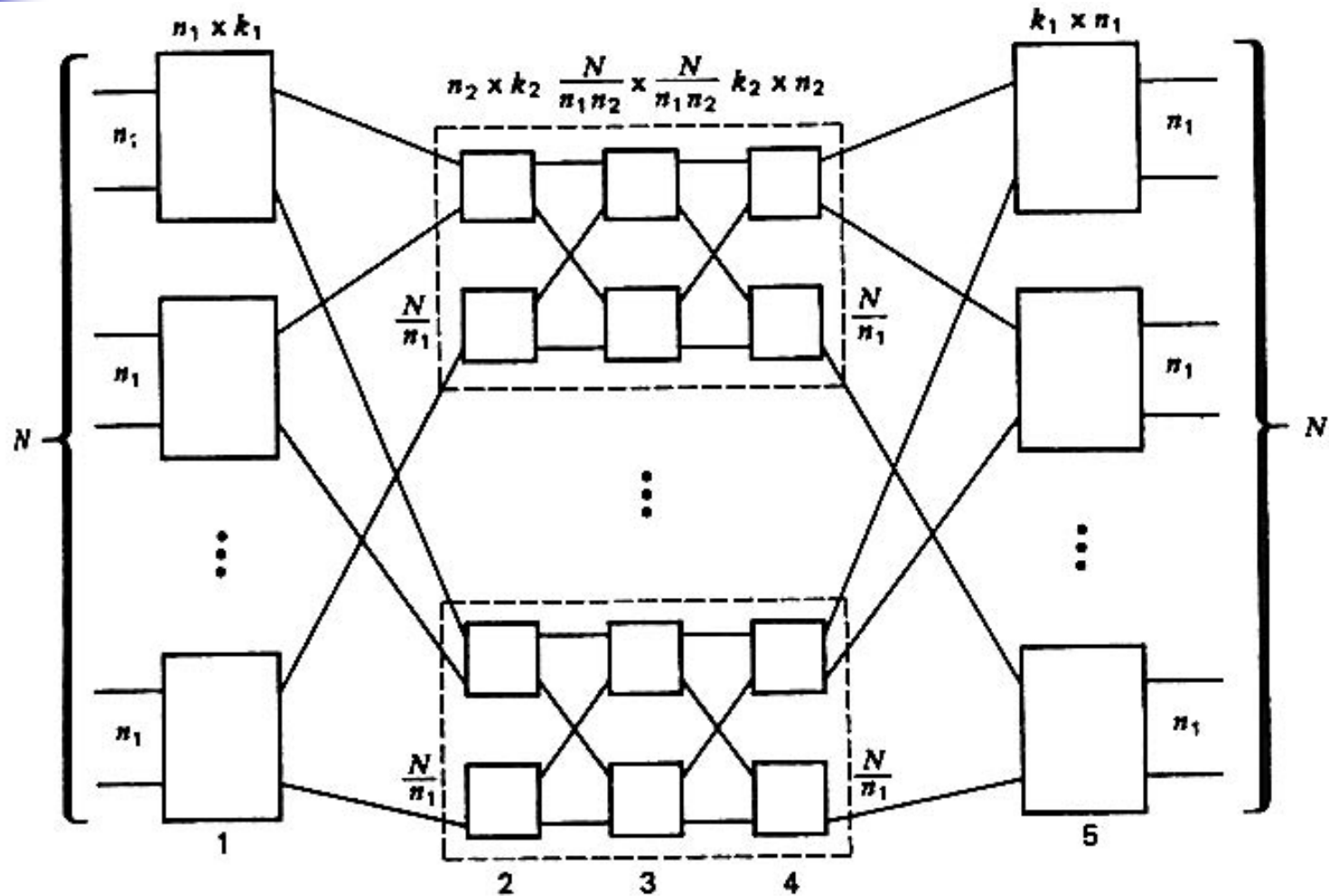
Έχουμε οικονομία αλλά και πάλι η μήτρα μεταγωγής χωρίς αποκλεισμό είναι μεγάλη



Μείωση σημείων μεταγωγής

- Ο διακόπτης Clos έχει k διακόπτες $N/n \times N/n$ (της μίας βαθμίδας) ως ενδιάμεσες βαθμίδες
 - Μπορούμε να μετατρέψουμε κάθε ενδιάμεση βαθμίδα σε διακόπτη Clos για μεγαλύτερη εξοικονόμηση
- Μπορούμε να επιτρέψουμε τον αποκλεισμό και να μειώσουμε ακόμη περισσότερο τις διασταυρώσεις
 - Οι τηλεφωνικές συσκευές δε χρησιμοποιούνται συνεχώς (περίπου το 10% του χρόνου), άρα η πιθανότητα όλες οι διασταυρώσεις να χρησιμοποιούνται είναι πολύ μικρή
 - Ο αποκλεισμός εντός του διακόπτη θα ήταν αποδεκτός εάν είναι μικρότερος από την πιθανότητα να είναι ο καλούμενος απασχολημένος (~10%), να μην απαντήσει (~20%), κλπ

Διακόπτης πέντε βαθμίδων





Πιθανότητα αποκλεισμού

- Οι διακόπτες χωρίς αποκλεισμό (strictly non-blocking) δεν χρειάζονται σε πολλά πραγματικά συστήματα σχεδιασμένα για τηλεφωνία
 - Μια πιθανότητα αποκλεισμού της τάξης του 1% στην ώρα αιχμής θα ήταν ικανοποιητική



Πιθανότητα αποκλεισμού

- Η πιθανότητα ένα στοιχείο να είναι κατειλημμένο: p
- Η πιθανότητα ένα στοιχείο να είναι ελεύθερο: $q=1-p$



Πιθανότητα αποκλεισμού

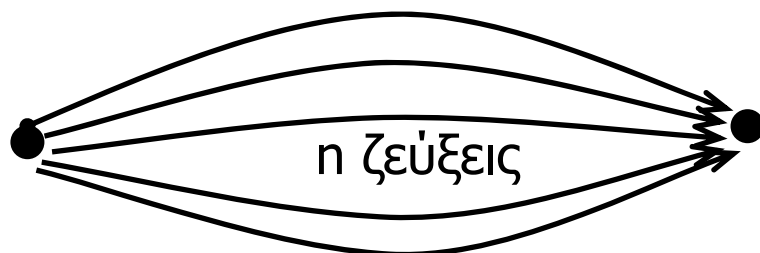
- Η συνολική πιθανότητα αποκλεισμού ενός συνόλου k **παράλληλων** ζεύξεων, όπου η πιθανότητες αποκλεισμού p_i των ζεύξεων είναι ανεξάρτητες μεταξύ των, είναι

$$p = p_1 p_2 \cdots p_k$$

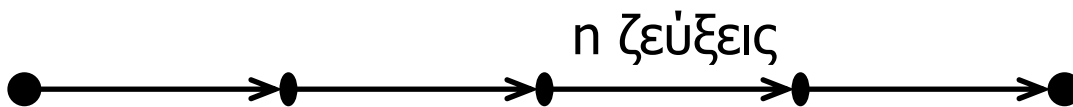
- Η συνολική πιθανότητα αποκλεισμού ενός συνόλου k ζεύξεων **εν σειρά**, όπου η πιθανότητες αποκλεισμού p_i των ζεύξεων είναι ανεξάρτητες μεταξύ των, είναι

$$p = 1 - q_1 q_2 \cdots q_k, q_i = 1 - p_i$$

Ζεύξεις εν σειρά και παράλληλες



$$B = p^n$$



$$B = 1 - q^n$$

Υπολογισμός πιθανοτήτων αποκλεισμού



- Ο Lee πρότεινε μια απλή μέθοδο υπολογισμού της πιθανότητας αποκλεισμού διακοπών πολλών βαθμίδων
- Υπόθεση: οι πιθανότητες αποκλεισμού των διαδρομών είναι ανεξάρτητες
- Ο γράφος Lee (γράφος πιθανοτήτων) από μια τυπική είσοδο σε μια τυπική έξοδο
 - Πιθανότητα αποκλεισμού για κάθε διαδρομή
 - Συνολική πιθανότητα αποκλεισμού ως ζεύξεις εν σειρά και εν παραλλήλω

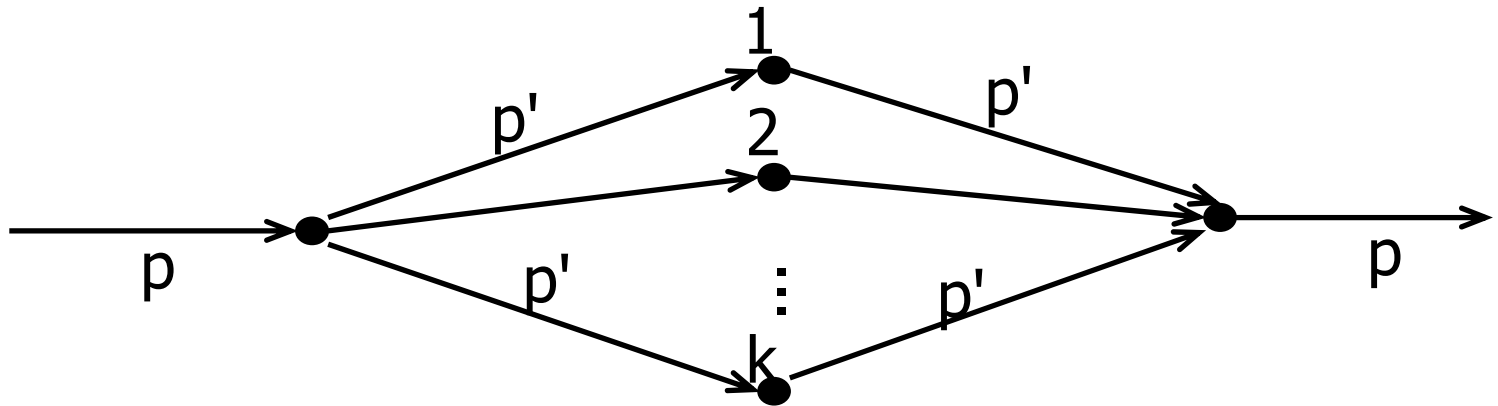


Πιθανότητα αποκλεισμού διακοπών 3-βαθμίδων

- Πιθανότητα μια είσοδος ή έξοδος να είναι κατειλημμένη, p
- Πιθανότητα μια ενδιάμεση βαθμίδα να είναι κατειλημμένη = $p' = pn/k$

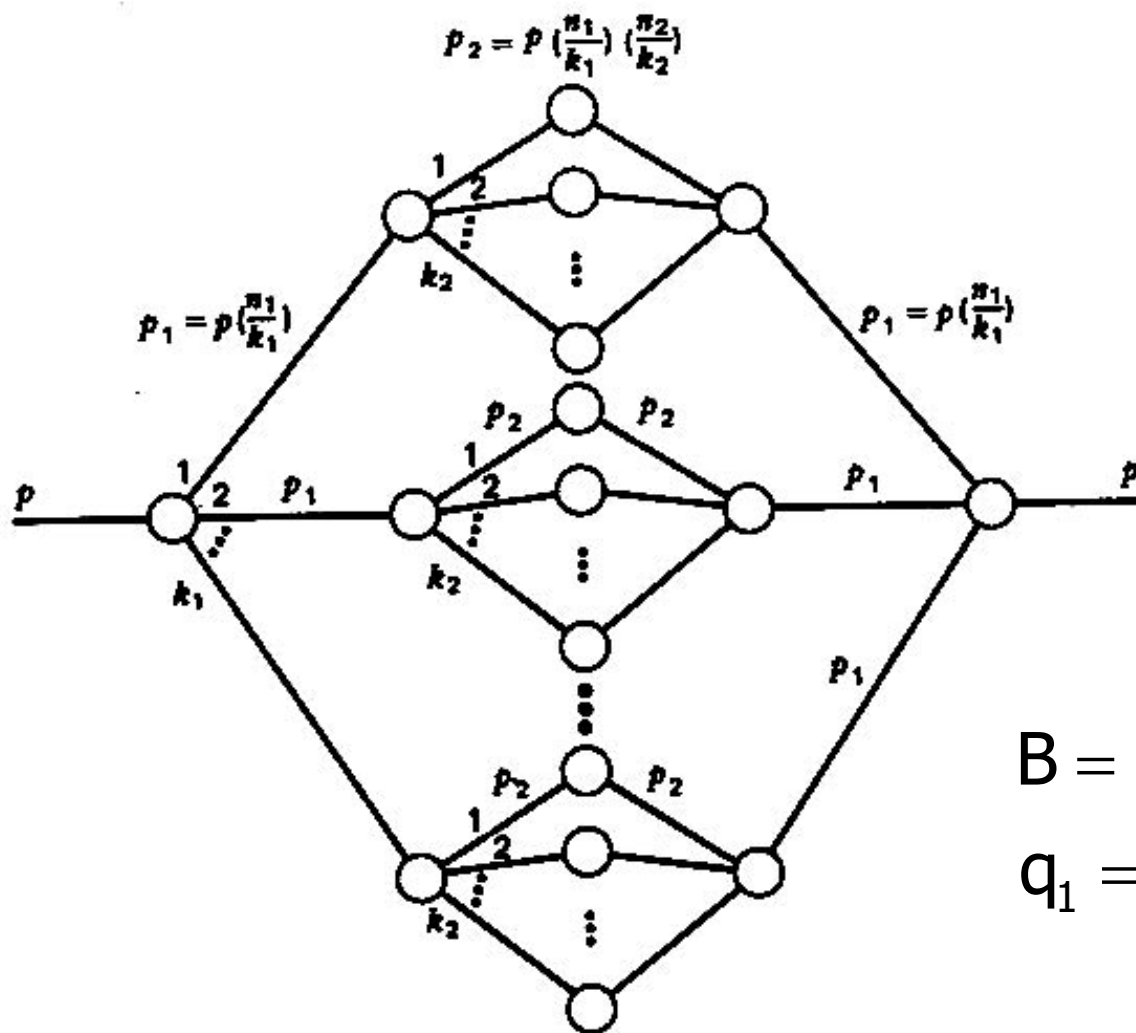
Πιθανότητα αποκλεισμού διακοπών 3-βαθμίδων

πιθανότητα όλες οι διαδρομές κατειλημμένες
(πιθανότητα μια διαδρομή κατειλημμένη)^k
(πιθανότητα τουλάχιστον μια ζεύξη κατειλημμένη)^k



$$B = (1 - q'^2)^k = (1 - (1 - pn/k)^2)^k$$

Πιθανότητα αποκλεισμού διακοπών 5-βαθμίδων



$$B = \left(1 - q_1^2 \left(1 - \left(1 - q_2^2 \right)^{k_2} \right) \right)^{k_1}$$

$$q_1 = 1 - p_1, q_2 = 1 - p_2$$



Παράδειγμα

- Πρόβλημα: σχεδιάστε ένα διακόπτη με 2.048 εισόδους με βαθμό απασχόλησης 20% που να παρουσιάζει πιθανότητα αποκλεισμού $< 0,1\%$
- Έστω $n = (N/2)^{1/2} = (2048/2)^{1/2} = 32$

$$B = 0,001 = \left(1 - (1 - p \times n/k)^2\right)^k = \left(1 - (1 - 0,2 \times 32/k)^2\right)^k$$

- Για $k=16$, $B=0,0008$
- Διασταυρώσεις $N_x = 2Nk + k\left(\frac{N}{n}\right)^2 = 131.072$

Διακόπτες 3 βαθμίδων με αποκλεισμό

$$p = 0,1 \quad B < 0,2\%$$

N	n	k	β (k/n)	Διασταυρώσεις	non blocking
128	8	5	0,625	2.560	7.680 (k=15)
512	16	7	0,438	14.336	63.488 (k=31)
2048	32	10	0,313	81.920	516.096 (k=63)
8192	64	15	0,234	491.520	4,2 M (k=127)
32768	128	24	0,188	3,15 M	33 M (k=255)
131072	256	41	0,160	21,5 M	268 M (k=511)

Διακόπτες 3 βαθμίδων με αποκλεισμό

$$p = 0,7 \quad B < 0,2\%$$

N	n	k	β (k/n)	Διασταυρώσεις	non blocking
128	8	14	1,75	7.168	7.680 (k=15)
512	16	22	1,38	45.056	63.488 (k=31)
2048	32	37	1,16	303.104	516.096 (k=63)
8192	64	64	1,0	2,1 M	4,2 M (k=127)
32768	128	116	0,91	15,2 M	33 M (k=255)
131072	256	215	0,84	113 M	268 M (k=511)



Ανάλυση Jacobaeus

- Η προσέγγιση του Lee δεν λαμβάνει υπόψη το γεγονός ότι εάν μια ζεύξη είναι κατειλημμένη, τότε μειώνεται η πιθανότητα οι άλλες ζεύξεις να είναι κατειλημμένες (αφού είναι λιγότερο πιθανό να χρησιμοποιούνται)
- Μια πιο καλή (αλλά και πάλι προσεγγιστική ανάλυση) έγινε από τον Jacobaeus το 1950

$$B = \frac{(n!)^2}{k!(2n-k)!} p^k (2-p)^{2n-k}$$



Σύγκριση Lee - Jacobaeus

$p = 0,7$ $N = 512$ $n=16$

k	β (k/n)	Lee	Jacobaeus
14	0,875	5,65E-01	5,98E-01
16	1	2,21E-01	2,21E-01
20	1,25	1,35E-02	6,98E-03
24	1,5	3,25E-04	2,73E-05
28	1,75	3,74E-06	7,86E-09
31	1,94	8,77E-08	1,09E-12

k=31 non-blocking



Σύγκριση Lee - Jacobaeus

$p = 0,1$ $N = 512$ $n=16$

k	β (k/n)	Lee	Jacobaeus
6	0,375	9,75E-03	2,67E-02
8	0,5	2,82E-04	8,57E-04
10	0,625	4,89E-06	1,46E-05
12	0,75	5,65E-08	1,41E-07
14	0,875	4,66E-10	8,17E-10
16	1	2,88E-12	2,88E-12



Έλεγχος της μεταγωγής

- Ο έλεγχος και η μεταγωγή στον διακόπτη Strowger ήταν αλληλένδετα
- αργότερα ο έλεγχος έγινε χωριστός
- στο μέρος κεντρικού ελέγχου θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ηλεκτρονικός υπολογιστής
- οδήγησε στα τηλεφωνικά κέντρα με έλεγχο ενταμιευμένου προγράμματος SPC (Stored Program Control)
- Αναδεικνύεται για πρώτη φορά η ανάγκη ξεχωριστής πρόβλεψης για την διεκπεραιωτική ικανότητα (BHCA) και για την τηλεφωνική κίνηση (Erlang)



Ιστορική εξέλιξη της μεταγωγής

- Οι πρώτες εγκαταστάσεις του A. G. Bell (1876) ήταν ενσύρματες από σημείο προς σημείο:
 - γραφεία προς αποθήκη μιας επιχείρησης
 - παλάτι προς εξοχική κατοικία του βασιλέως

Ιστορική εξέλιξη της μεταγωγής

- Οι χειροκίνητοι μεταλλάκτες εισήχθηκαν πρώτα στο Hartford, CT την δεκαετία του 1880
 - αρχικά, νεαροί τραβούσαν σύρματα από την μια άκρη του δωματίου στην άλλη και δημιουργούσαν προσωρινές συνδέσεις σύμφωνα με τις προφορικές οδηγίες των συνδρομητών
 - αργότερα, δημιουργήθηκε ο συνηθής μεταλλάκτης: ανασυρόμενα κορδόνια για κάθε σύνδεση φωνής και γραφείο με πίνακα εμπροσθεν του χειριστού με υποδοχή για κάθε συνδρομητή (και ακόμη αργότερα προστέθηκαν οι υποδοχές για τα κυκλώματα προς άλλα κέντρα)
 - παράλληλα, η εισαγωγή της κοινής (κεντρικής) μπαταρίας και τεχνικών επιτήρησης διευκόλυναν την χρήση των μεταλλακτών



Βηματοπορικός διακόπτης

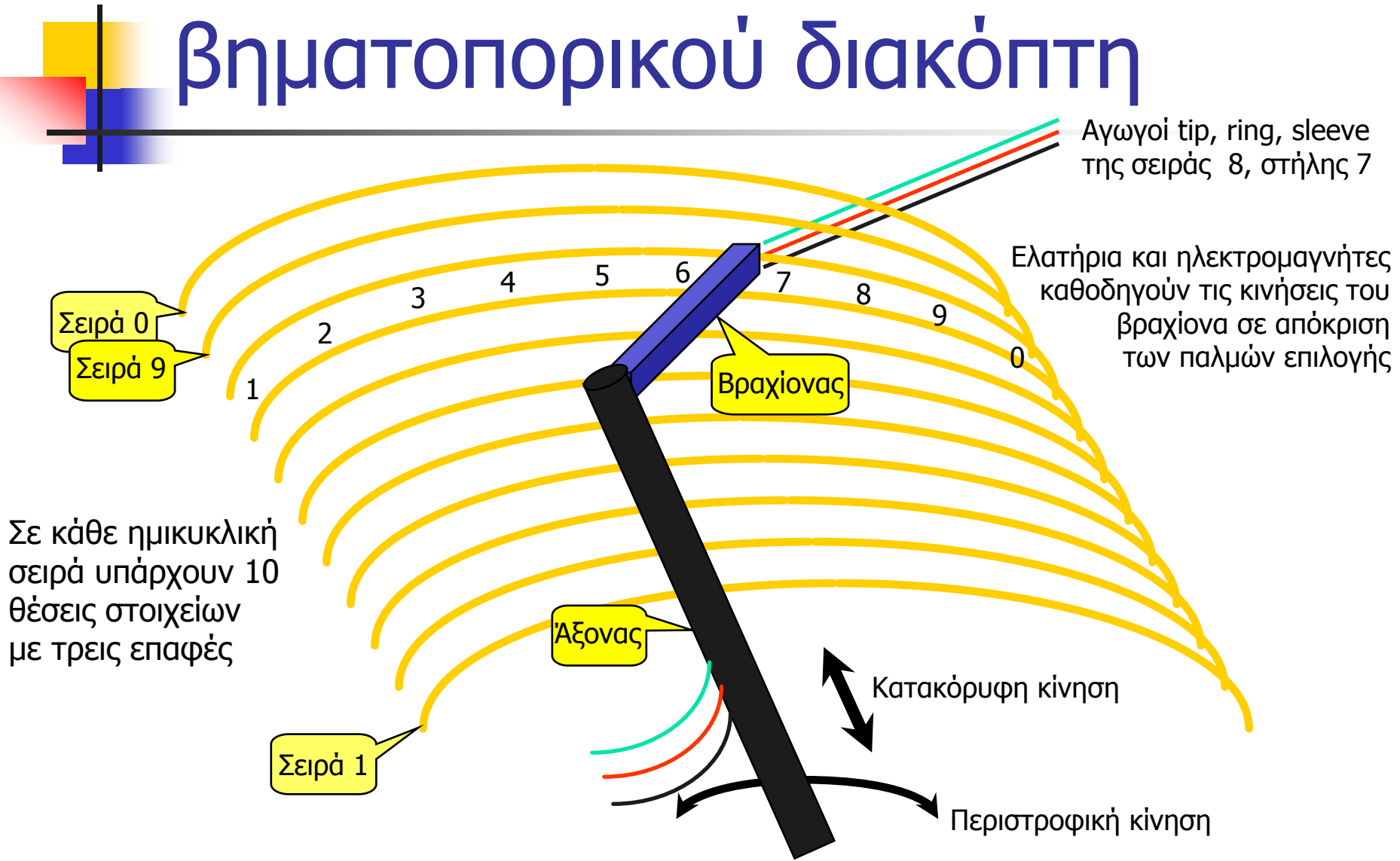
- Ο Almon B. Strowger, (γραφείο τελετών) στο Kansas City, KS, εφεύρε το πρώτο πρακτικό αυτόματο σύστημα μεταγωγής
 - Η περίφημη ιστορία: φοβούμενος ότι η τηλεφωνήτρια έστελνε τις κλήσεις στον ανταγωνιστή του, οδηγήθηκε στην εφεύρεση ενός αυτόματου διακόπτη που να ελέγχεται από τον χρήστη
 - Η πρώτη εγκατάσταση (LaPorte, IN περί 1895) είχε επιπλέον σύρματα και διακόπτες
 - Ο επιλογικός δίσκος (διακοπές ρεύματος στον συνδρομητικό βρόχο) είναι μεταγενέστερος
- Οι βηματοπορικοί (step-by-step) διακόπτες είναι γνωστοί και ως υψοστροφικοί (two motion) διακόπτες



Βηματοπορικός διακόπτης

- Η κατασκευαστική εταιρεία του Strowger, Automatic Electric, μετακινήθηκε στο Chicago, IL
 - αργότερα απορροφήθηκε από την GTE και μετακόμισε στο Phoenix, AZ, σήμερα AG Communication Systems (την κατέχει η Lucent)
 - οι βηματοπορικοί διακόπτες κατασκευάζονταν επί σειρά ετών ως ακριβή αντίγραφα το πρωτότυπου
 - οι ηλεκτρομηχανικοί διακόπτες με κεντρικό έλεγχο αναπτύχθηκαν από άλλους κατασκευαστές, όπως π.χ. οι ραβδεπαφικοί διακόπτες, και σταδιακά εκτόπισαν τους βηματοπορικούς στις δεκαετίες 1930-60

Σχηματικό διάγραμμα βηματοπορικού διακόπτη



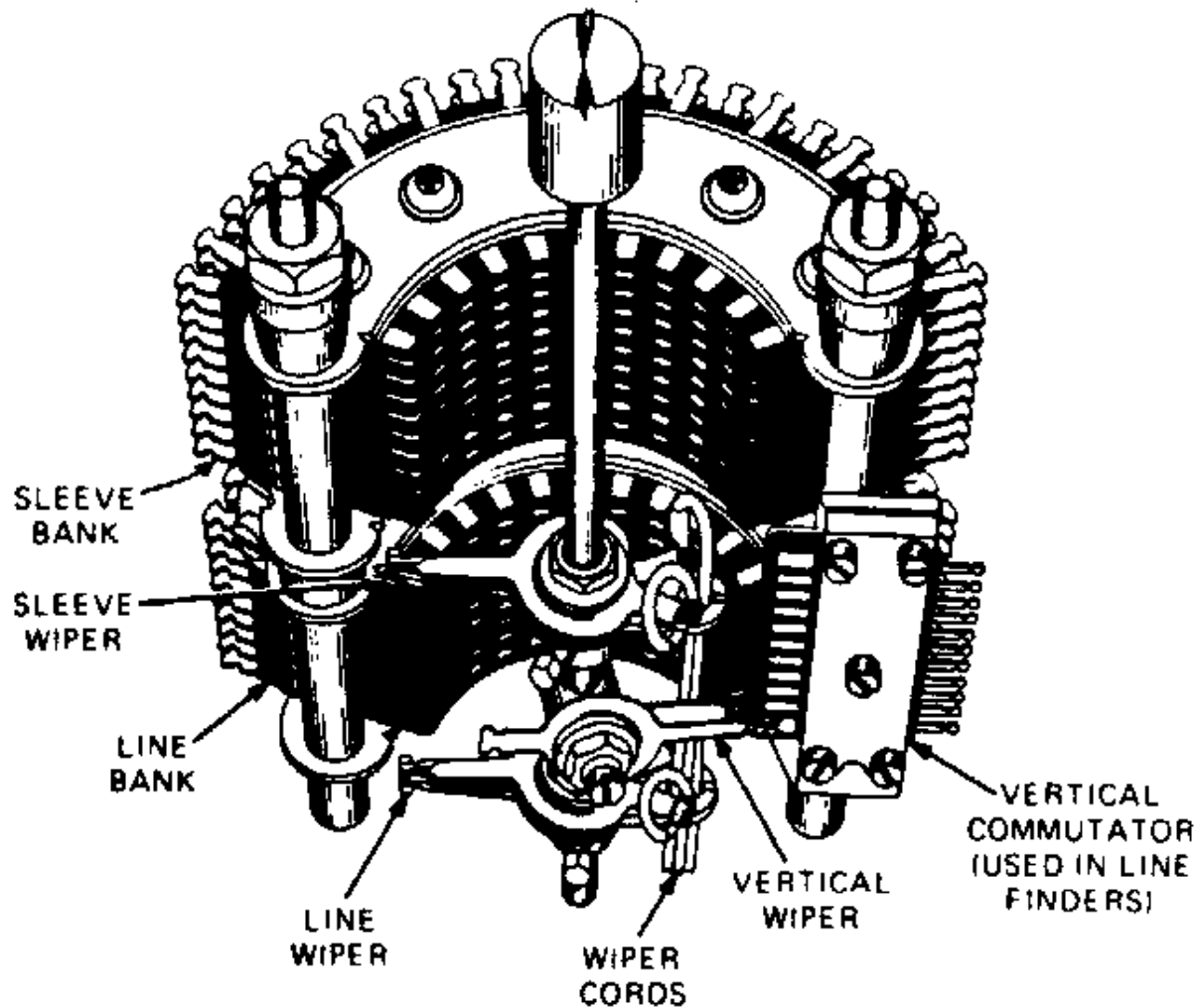
Σε κάθε ημικυκλική σειρά υπάρχουν 10 θέσεις στοιχείων με τρεις επαφές



Βηματοπορικοί διακόπτες

- Οι διακόπτες Strowger εξελίχθηκαν σε μονάδες μεταγωγής με ένα κινητό βραχίονα “είσοδο” και 100 “εξόδους” (ζεύγη αγωγών με “μανίκια”)
 - 10 ζευγάρια επαφών διατεταγμένα σε οριζόντιο τόξο μπορούσαν να επιλεγθούν μέσω της περιστροφής του βραχίονα (συν ο τρίτος αγωγός “μανίκι”)
 - 10 τέτοιες οριζόντιες υπο-μονάδες στοιβάζονταν και μπορούσαν να επιλεγθούν μέσω της κατακόρυφης κίνησης του άξονα (στην πραγματικότητα η πρώτη κίνηση είναι η κάθετη)
- Γνωστοί και ως διακόπτες δύο κινήσεων (“two motion”)

Υψοστροφικός διακόπτης





Διακόπτες μιας κίνησης

- Οι κλησηθήρες (Line Finder) εκτελούν συνήθως μία (περιστροφική) κίνηση (single motion) και λειτουργούν ως συγκεντρωτές (“αντιστροφή” της επιλογικής λειτουργίας)
 - οι επαφές του βραχίονα λειτουργούν ως μοναδική έξοδος
 - συνήθως ένας κλησηθήρας συνδέεται σε 10 συνδρομητικές γραμμές ώστε να βρει τη γραμμή του πελάτη που σηκώνει το ακουστικό
 - η λειτουργία του αρχίζει μόλις σηκωθεί το ακουστικό, σε οποιαδήποτε από τις 10 γραμμές, και προχωρά βήμα βήμα μέχρι να εντοπισθεί η σωστή γραμμή
 - είναι αντίστοιχη με τη απόκριση της τηλεφωνήτριας στον “αγγελτήρα”
 - πολλοί κλησηθήρες συνδέονταν παράλληλα στις ίδιες 10 τηλεφωνικές συσκευές κατ’ αναλογία των πολλαπλών χειροκίνητων μεταλλακτών (για τις ίδιες συνδρομητικές γραμμές)
 - ο αριθμός των ταυτόχρονων συνομιλιών περιορίζονται από τον αριθμό των κλησηθηρών
 - 10 κλησηθήρες συνδεδεμένοι σε δέκα γραμμές δεν εμφανίζουν αποκλεισμό (“non-blocking”)



Επιλογικοί διακόπτες

- Η έξοδος του κλησηθήρα μέσω μετασχηματιστή κυκλώματος (“cord circuit”)
 - συνδέεται στην γεννήτρια τόνων μέχρι την επιλογή του πρώτου ψηφίου
 - μετά η σύνδεση μεταγεται μέσω μιας σειράς επιλογικών διακοπών δύο κινήσεων (two-motion selector) με μία “κίνηση” για κάθε ψηφίο
 - η κάθε ριπή παλμών (επιλεγόμενο ψηφίο) παράγει μια περιστροφική ή κατακόρυφη κίνηση του βραχίονα που υλοποιεί την επιλογική διαδικασία
 - οι παλμοί (συνήθως 10 παλμοί το δευτερόλεπτο, διάρκειας περίπου 60 msec χωρίς ρεύμα και 40 ms με ρεύμα) περνούν από “cord circuit” μέσω ηλεκτρομηχανικών ρωστήρων
 - ο ρωστήρας χρησιμοποιεί επαφές που διεγείρονται από μαγνητικό πεδίο έτσι, ώστε η κατάσταση του ρεύματος ON/OFF στις επαφές να μιμείται την κατάσταση ON/OFF του ρεύματος που διαρρέει το τύλιγμα
 - Ειδικοί ρωστήρες “αργής απόλυσης” συγκρατούν τον κλησηθήρα έτσι, ώστε κατά η διάρκεια της διακοπής ρεύματος των 60 ms OFF να μην προκαλεί απόλυση της σύνδεσης
 - μετά από κάθε στάδιο επιλογής, προστίθεται αυτόματα ένας ρωστήρας αργής απόλυσης για να μην παρενοχλείται το συγκεκριμένο στάδιο από τις επόμενες ριπές παλμών



Το τελευταίο στάδιο

- Για αύξηση της χωρητικότητας πρέπει να εγκατασταθούν περισσότεροι κλησηθήρες και περισσότεροι επιλογείς
 - Έτσι αυξάνονται οι παράλληλες διαδρομές (κίνηση) μέσω του τηλεφωνικού κέντρου, αφού πολλαπλοί επιλογείς οδηγούν στον ίδιο προορισμό
 - Μόνο ένας επιλογέας της τελευταίας βαθμίδας μπορεί να συνδεθεί κάθε φορά
 - Ο αγωγός sleevee συνδέεται και αυτός σε κάθε θέση του διακόπτη και εκτρέπει τις εισερχόμενες κλήσεις στην γεννήτρια σήματος κατειλημμένο εάν υπάρχει τάση στο "μανίκι" για τον συγκεκριμένο προορισμό (κατειλημμένος συνδρομητής)
 - Ένα τηλεφωνικό κέντρο Strowger χωρίς αποκλεισμό απαιτεί 100 επιλογείς τελευταίας βαθμίδας να συνδεθούν σε 100 γραμμές συνδρομητών
- Αυτή η τεχνική αυξάνει την διεκπεραιωτική ικανότητα του κέντρου (BHCA)



Σημαντική ιδιότητα

- Κάθε επιλογέας είναι ταυτόχρονα μέρος της διαδρομής φωνής (τηλεφωνική κίνηση) και μέρος του υλικού επεξεργασίας ψηφίων (σηματοδοσία)
 - Όταν υπάρχει διαδρομή φωνής προς τον προορισμό υπάρχει και υλικό για να επεξεργαστεί τα επόμενα (ακολουθούντα) ψηφία
 - Το κέντρο έχει αυτόματα αρκετή διεκπεραιωτική ικανότητα για να μετάγει την (τηλεφωνική) κίνηση



Μειονεκτήματα

- Σχετικά υψηλές ανάγκες συντήρησης
 - Οι συρόμενες επαφές κατά τις μεγάλες κινήσεις (“Gross Motion” ή “Large Motion”)
 - απαιτούν λίπανση, καθαρισμα, ρύθμιση, κλπ
 - Υπόκεινται σε διάβρωση από τους σπινθήρες και την ατμοσφαιρική ρύπανση (όπως από το SO₂)
- Αργή μηχανική λειτουργία
 - Ακόμα και όταν χρησιμοποιείται επιλογή με τόνους (απαιτείται μετατροπή σε παλμούς)
- Αργή σηματοδοσία
 - Δεν μπορεί να εκμεταλλευθεί την ανάπτυξη ηλεκτρονικών συστημάτων σηματοδοσίας
- Ογκώδεις
 - Τα ψηφιακά κέντρα απαιτούν ~1/50^ο του χώρου σε σχέση με τα υψοστροφικά και ~1/10^ο του χώρου σε σχέση με τα ραβδεπαφικά (crossbar)



Μερικοί άλλοι τύποι διακοπών

- Ραβδεπαφικοί (Crossbar)
 - Μια διάταξη επαφών προσαρμοσμένη σε οριζόντιους και κατακόρυφους άξονες ενεργοποίησης (actuator)
 - Επειδή οι εμπλεκόμενες κινήσεις επαφών ήταν μικρές αποτέλεσε τον διάδοχο του υψοστροφικού κέντρου μέχρι την εμφάνιση των ηλεκτρονικών κέντρων
- Χ-Υ
 - Οριζόντια πλατφόρμα με σειρές και στήλες επαφών όπου ο βραχίονας ενεργοποιείται μαγνητικά από πηνία
 - Μεγάλες κινήσεις όπως ο υψοστροφικός αλλά πιο συμπαγής
- Περιστροφικός (Rotary)
 - Παρόμοιος με τον Χ-Υ, αλλά η πλατφόρμα είχε τις επαφές διατεταγμένες σε ημικύκλια αυξανόμενης ακτίνας
 - Πιο συμπαγής από τον υψοστροφικό, ίδια προβλήματα μεγάλων κινήσεων
- Μικρο-ρωστήρες
 - Μικροεπαφές σε οριζόντια και κάθετη διάταξη

Ραβδεπαφικός (crossbar) διακόπτης

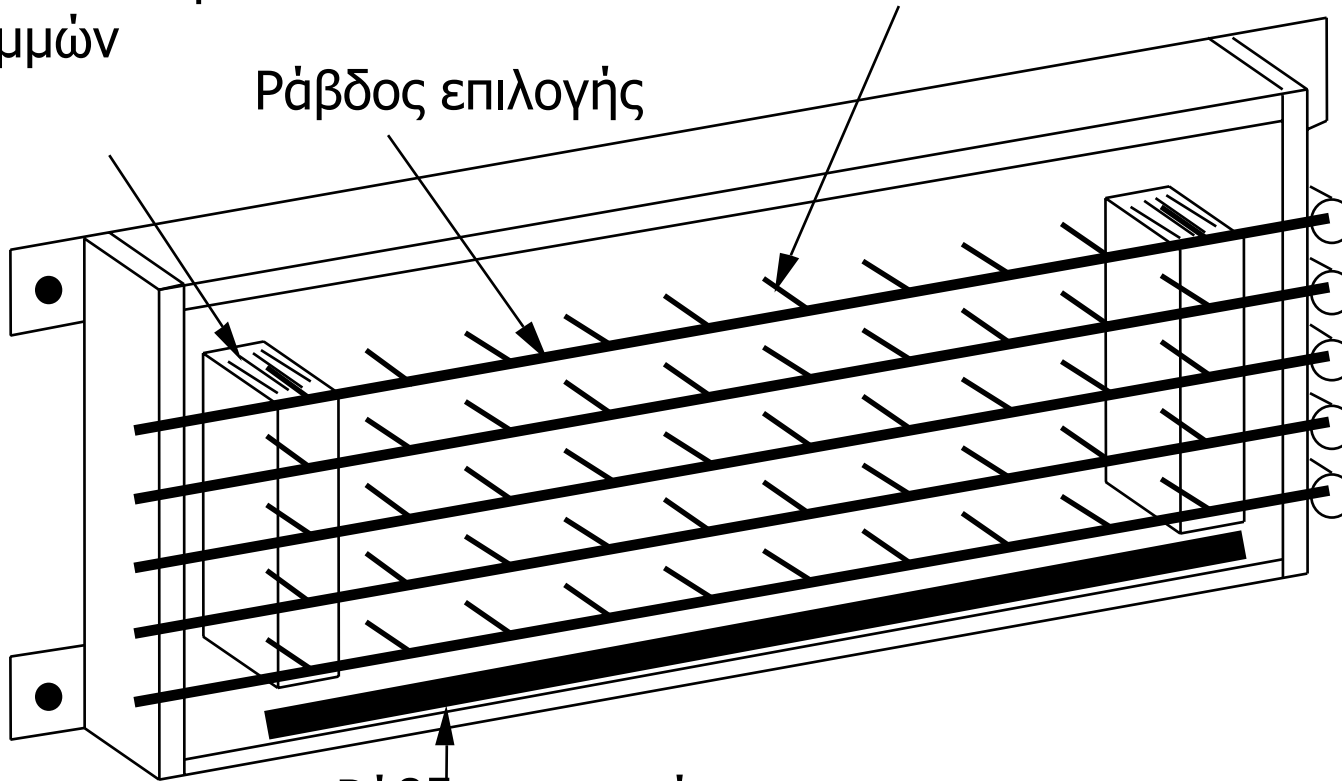
Σύνολα επαφών
γραμμών

Επιλογικά δάκτυλα

Ρωστήρες
λειτουργίας

Ράβδος επιλογής

Ράβδος συγκράτησης





Κεντρικός έλεγχος

- Πολλά από τα ηλεκτρομηχανικά κέντρα, ειδικά τα ραβδεπαφικά, είχαν διατάξεις ρωστήρων για τη μέτρηση (αποκωδικοποίηση) των παλμών της επιλογής ψηφίων εντελώς ξεχωριστές από το μέρος της μεταγωγής
- Αυτό το κοινό τμήμα του διακόπτη αποκαλείται “κεντρικός έλεγχος” (common control)
 - Κατ’ αναλογία στα μοντέρνα ψηφιακά κέντρα ο υπολογιστής παίζει τον ρόλο του κεντρικού ελέγχου της ψηφιακής μήτρας μεταγωγής



Κεντρικός έλεγχος

- Μόλις αποκωδικοποιούταν ο αριθμός του προορισμού το τμήμα κεντρικού ελέγχου τον “μετάφραζε” σε οδηγίες (ενσύρματης λογικής) προς τη μήτρα μεταγωγής
 - Μια μέθοδος ήταν η χρήση μαγνητικής μνήμης
 - Οι αριθμοί που προέκυπταν από τις μνήμες χρησιμοποιούνταν για την επιλογή της διαδρομής εντός του διακόπτη
 - Το αποτέλεσμα της “μετάφρασης” ήταν ένας κωδικός που υποδείκνυε το κατάλληλο ράφι, ομάδα, έξοδα για τις εσωτερικές κλήσεις και την κατάλληλη ομάδα κυκλωμάτων για τις διερχόμενες κλήσεις
 - Επιλέγεται το πρώτο ελεύθερο κύκλωμα