



# Τηλεφωνία

---

Αναλογικά Τηλεφωνικά Κέντρα



# Τεχνολογίες

---

- Ο “πυρήνας” του τηλεφωνικού κέντρου ήταν
  - χειροκίνητος (τηλεφωνήτρια)
  - μετά ηλεκτρομηχανικός ( Strowger)
  - μετά ρωστήρες (relay)
  - μετά ηλεκτρονικός
    - διακόπτες στον χώρο και χρόνο
    - με εισόδους και εξόδους ψηφιακής φωνής (TDM PCM)

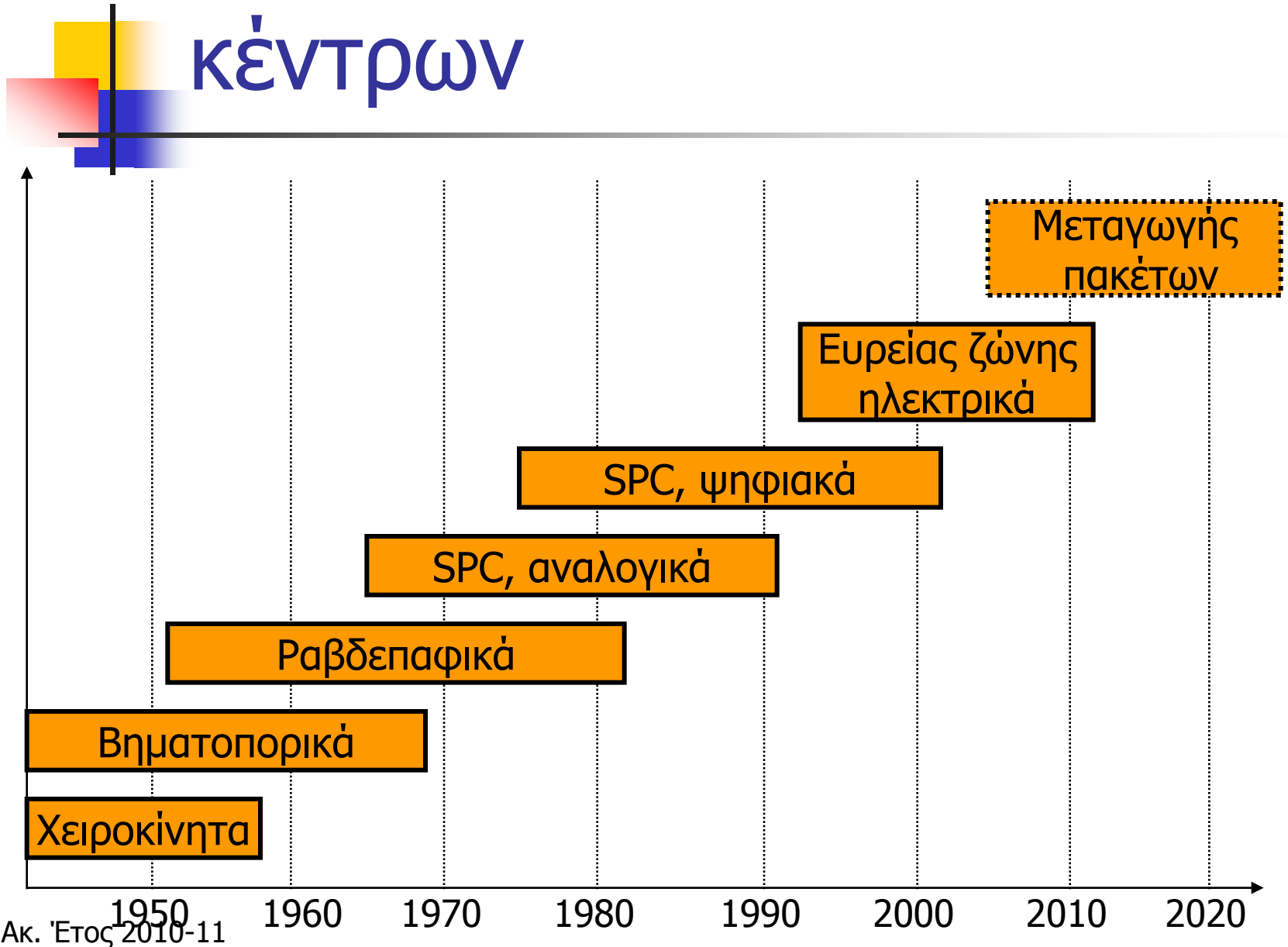


# Πρόοδος της τεχνολογίας

---

- Ηλεκτρομηχανικοί διακόπτες
  - crossbar, step-by-step
- SPC με ρωστήρες
  - AT&T/Lucent 1A ESS
- SPC με ηλεκτρονικούς διακόπτες
  - AT&T/Lucent 4 ESS
- Ψηφιακοί
  - AT&T/Lucent 5 ESS, Nortel DMSx00

# Η εξέλιξη των τηλεφωνικών κέντρων



# 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 εισήχθησαν πρώτα στο Hartford, CT τη 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 συνήθης μεταλλάκτης: ανασυρόμενα κορδόνια για κάθε σύνδεση φωνής και γραφείο με πίνακα έμπροσθεν 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

---

Step-by-step switch



# Ιστορικό

---

- 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





# Ιστορικό

---

- 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

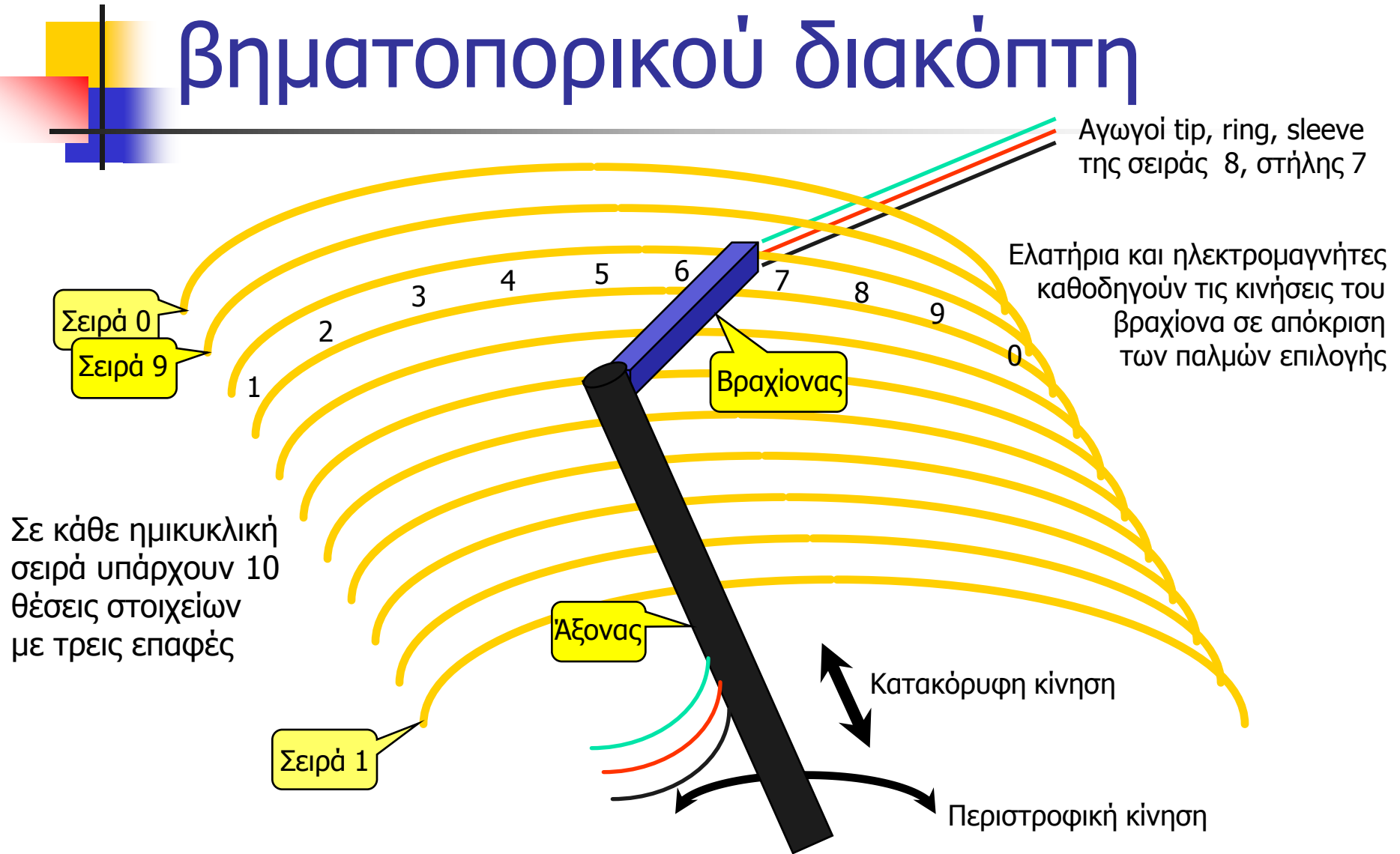


# Βηματοπορικοί διακόπτες

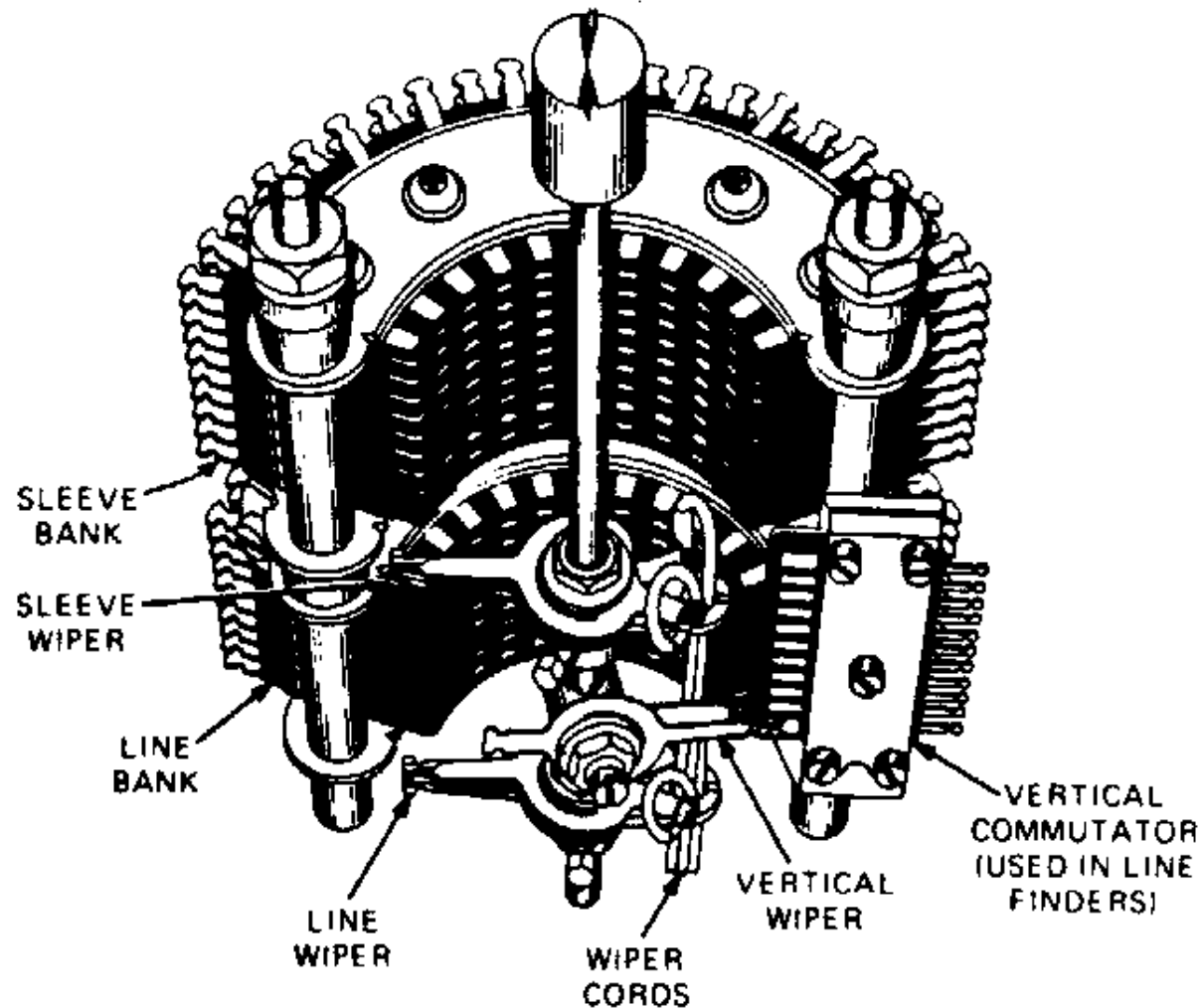
---

- 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)
- Οι βηματοπορικοί (step-by-step) διακόπτες είναι γνωστοί και ως υψοστροφικοί (two motion) διακόπτες

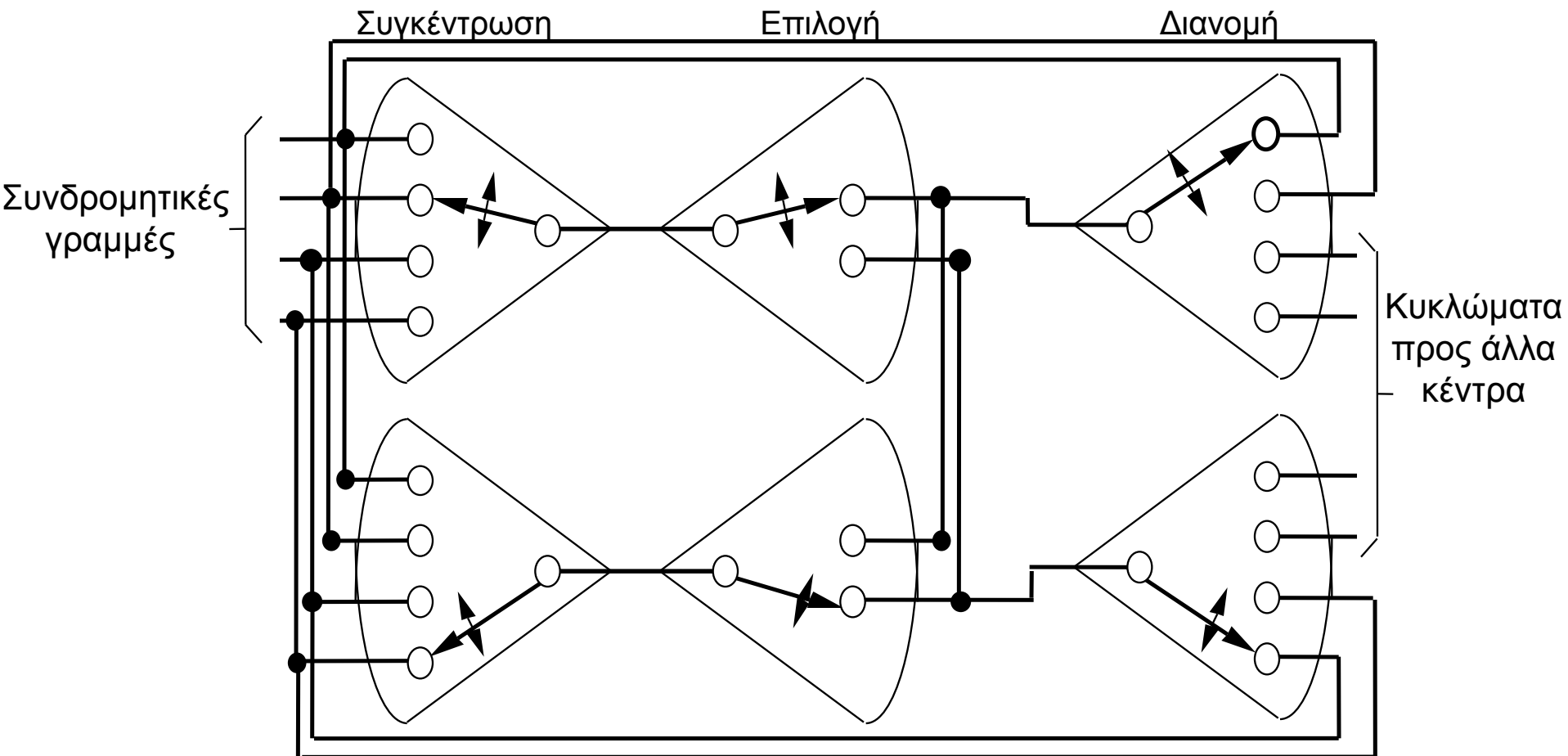
# Σχηματικό διάγραμμα βηματοπορικού διακόπτη



# Υψοστροφικός διακόπτης

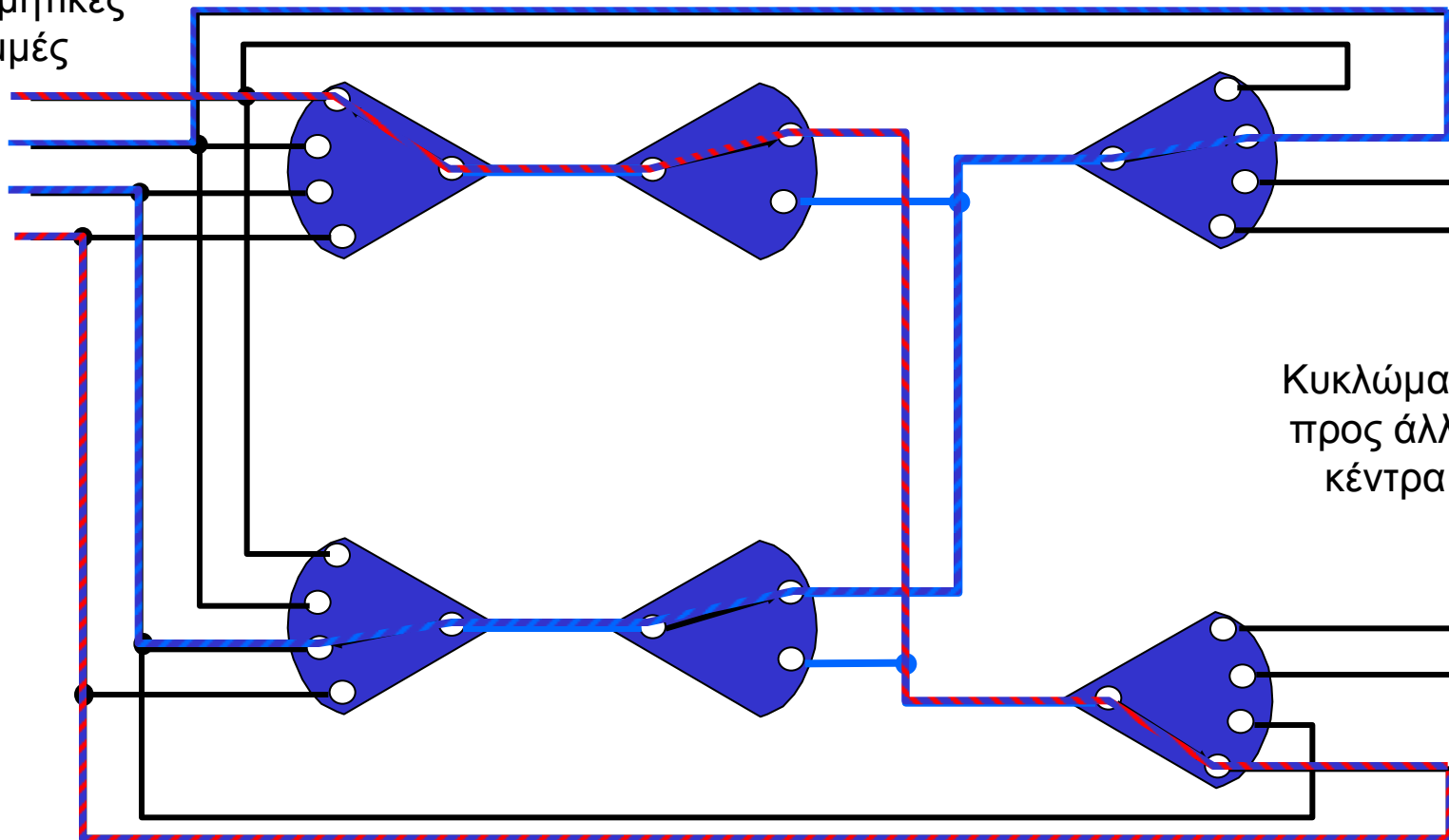


# Τηλεφωνικό κέντρο βηματοπορικού συστήματος



# Εγκατάσταση κλήσης

Συνδρομητικές  
γραμμές



Κυκλώματα  
προς άλλα  
κέντρα



# Μεταγωγείς μιας κίνησης (1)

---

- 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”



# Μεταγωγείς μιας κίνησης (2)

---

- 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 μεταγωγείς (1)

---

- Η έξοδος του κλησηθήρα μέσω μετασχηματιστή κυκλώματος (“cord circuit”)
  - συνδέεται στη γεννήτρια τόνων μέχρι την επιλογή του πρώτου ψηφίου
  - μετά η σύνδεση μετάγεται μέσω μιας σειράς επιλογικών μεταγωγέων 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



## Επιλογικοί μεταγωγείς (2)

---

- 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



## Επιλογικοί μεταγωγείς (3)

---

- 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 (1)

---

- Για αύξηση της χωρητικότητας πρέπει να εγκατασταθούν περισσότεροι κλησηθήρες και περισσότεροι διανομείς
  - Έτσι αυξάνονται οι παράλληλες διαδρομές (κίνηση) μέσω του τηλεφωνικού κέντρου, αφού πολλαπλοί διανομείς οδηγούν στον ίδιο προορισμό
  - Μόνο ένας διανομέας της τελευταίας βαθμίδας μπορεί να συνδεθεί κάθε φορά
    - Ο αγωγός sleeve συνδέεται και αυτός σε κάθε θέση του διακόπτη και εκτρέπει τις εισερχόμενες κλήσεις στη γεννήτρια σήματος “κατειλημμένο” εάν υπάρχει τάση στο “μανίκι” για τον συγκεκριμένο προορισμό (κατειλημμένος συνδρομητής)



# Το τελευταίο στάδιο (2)

---

- Ένα τηλεφωνικό κέντρο Strowger χωρίς αποκλεισμό απαιτεί 100 διανομείς τελευταίας βαθμίδας να συνδεθούν σε 100 γραμμές συνδρομητών
- Αυτή η τεχνική αυξάνει την διεκπεραιωτική ικανότητα του κέντρου (BHCA)



# Σημαντική ιδιότητα

---

- Κάθε μεταγωγέας 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, καθάρισμα, ρύθμιση, κλπ
  - Υπόκεινται σε διάβρωση από τους σπινθήρες και την ατμοσφαιρική ρύπανση (όπως από το  $SO_2$ )
- 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  $\sim 1/50^\circ$  του χώρου σε σχέση με τα υψοστροφικά και  $\sim 1/10^\circ$  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





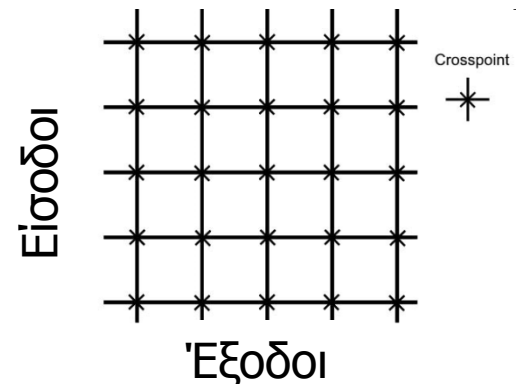
# Ραβδεπαφικός διακόπτης

---

Crossbar switch

# Αρχή λειτουργίας

- Η βασική αρχή λειτουργίας των ραβδεπαφικών διακοπών προέρχεται από την τεχνική των διασταυρούμενων ράβδων που ήταν σε χρήση στους παλαιούς μεταλλάκτες.
  - Το βύσμα, τοποθετούμενο στην οπή, ένωνε ηλεκτρικά δύο μπρούτζινους ράβδους τοποθετημένους σε ορθή γωνία συνδέοντας την είσοδο στην έξοδο
- Η τεχνική της μεταγωγής με μήτρα σημείων επαφής (crosspoint) είναι γενική και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ηλεκτρονικά και ψηφιακά κέντρα





# Υλοποίηση

---

- Η μήτρα μεταγωγής σημείων επαφής μπορεί να κατασκευαστεί με χρήση ρελέ (στην ψηφιακή υλοποίηση χρησιμοποιούνται τρανζίστορ)
  - ένα ανά σημείο επαφής
  - το πλήθος ρελέ αυξάνει ακολουθώντας τετραγωνικό νόμο
- Ο ραβδεπαφικός διακόπτης είναι μια έξυπνη ηλεκτρομηχανική λύση που μειώνει το πλήθος των αναγκαίων πηνίων
  - χρειάζεται ένα ανά ράβδο

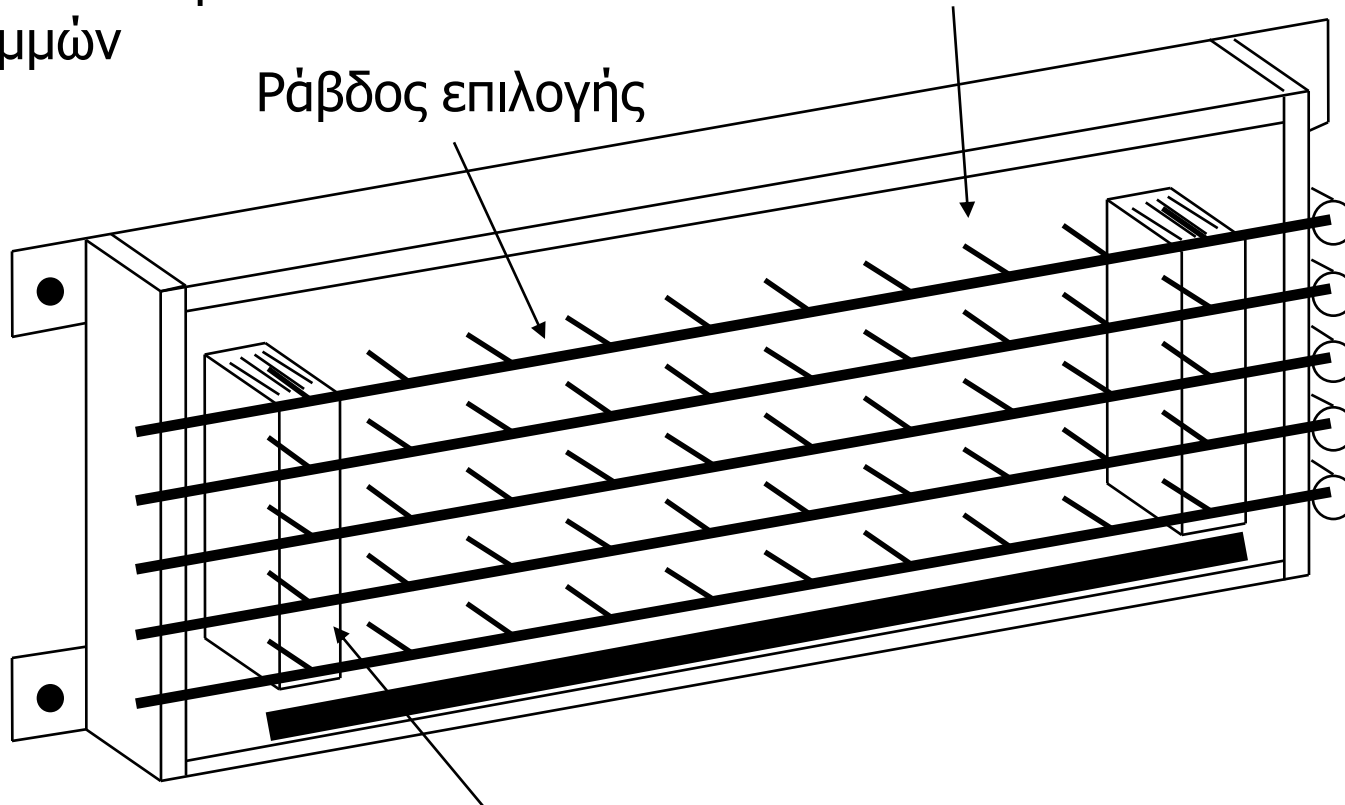
# Ραβδεπαφικός διακόπτης

Σύνολα επαφών  
γραμμών

Επιλογικά δάκτυλα

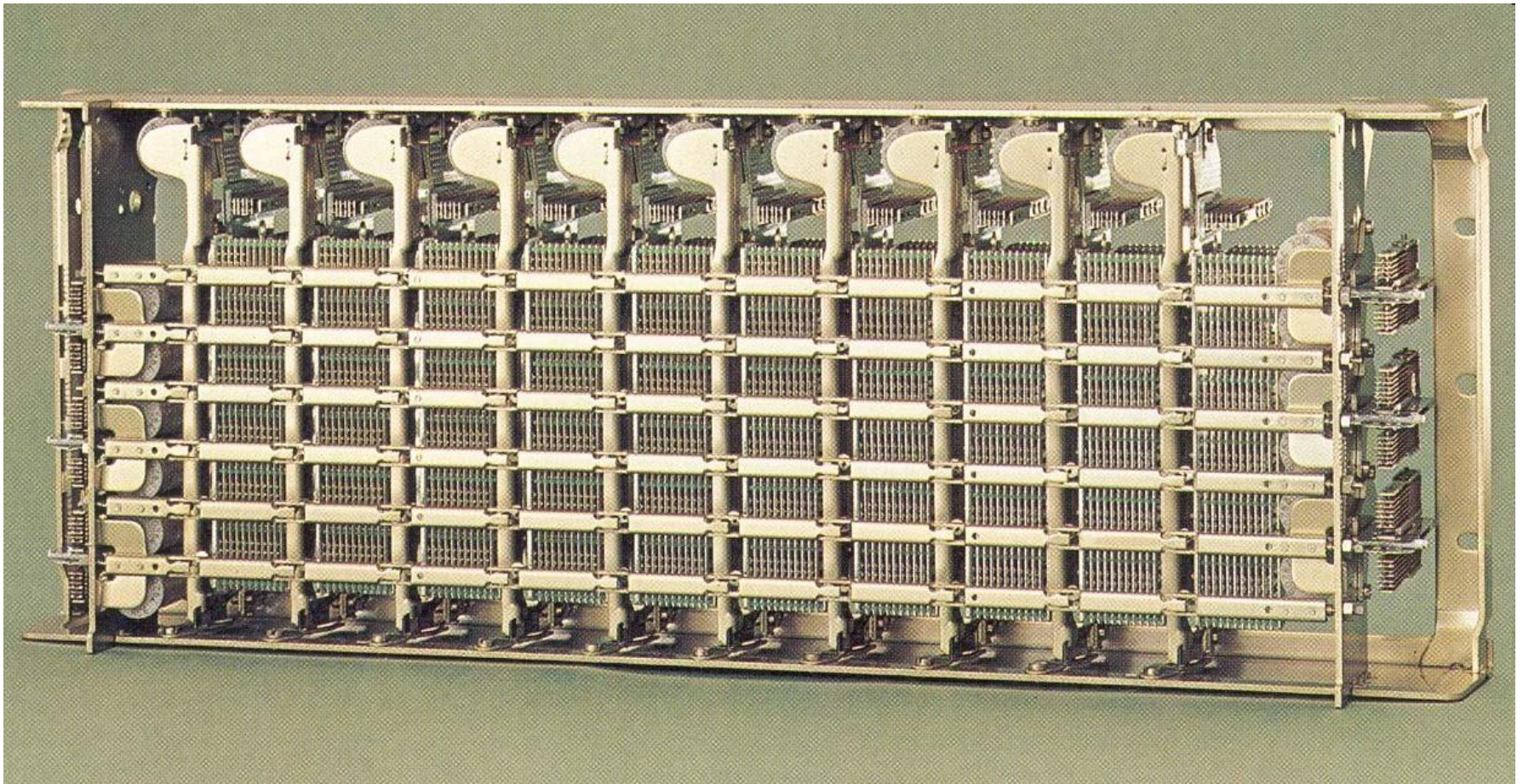
Ρωστήρες  
λειτουργίας

Ράβδος επιλογής



Ράβδος συγκράτησης

# Ραβδεπαφικός διακόπτης



# Ραβδεπαφικός διακόπτης



# Λειτουργία ραβδεπαφικού διακόπτη

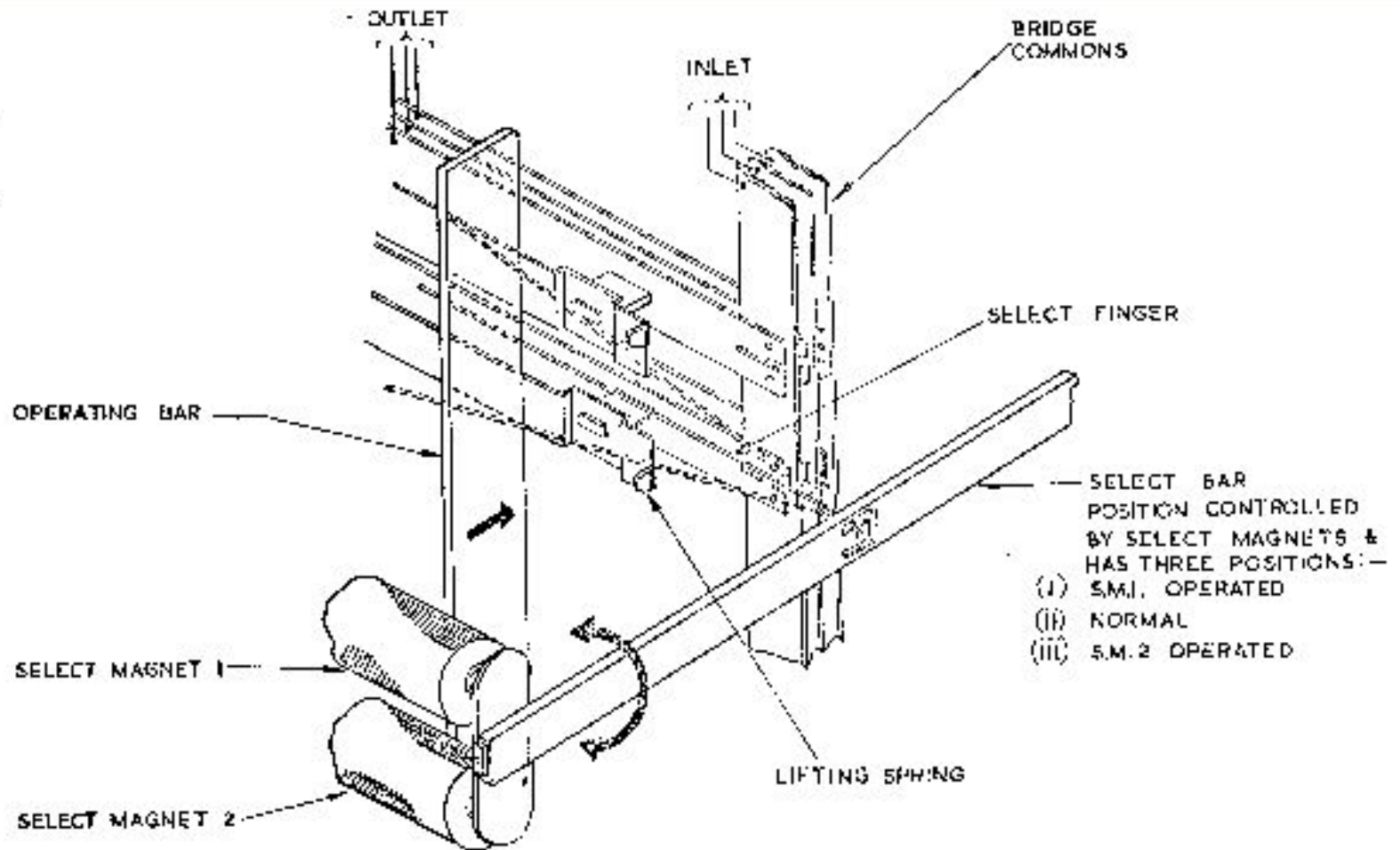
- Υπάρχουν 5 ή 6 οριζόντιες επιλογικές ράβδοι που μπορούν να κινηθούν επάνω ή κάτω
  - Επιτρέποντας δύο κινήσεις ανά ράβδο μειώνουμε το αναγκαίο πλήθος στο μισό
- Κάθε οριζόντια ράβδος έχει 10 επιλογικά δάκτυλα που στηρίζονται σε αυτή με εύκαμπτο υλικό (ελατήριο)
- Ανά κάθετη ράβδο υπάρχουν 10 ή 12 σετ επαφών
- Οι επαφές κλείνουν όταν ενεργοποιηθούν τα πηνία των αντίστοιχων ράβδων

# Λειτουργία ραβδεπαφικού διακόπτη

- Πρώτα ενεργοποιείται η οριζόντια (επιλογική) ράβδος
  - Τα επιλογικά δάκτυλα μετακινούνται προς τις αντίστοιχες επαφές
- Κατόπιν ενεργοποιείται η κάθετη ράβδος (συγκράτησης)
  - Πιέζει το επιλογικό δάκτυλο που με τη σειρά του πιέζει και κλείνει τις επαφές
- Η οριζόντια ράβδος ελευθερώνεται και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για άλλη σύνδεση
- Η κατακόρυφη ράβδος παραμένει ενεργή καθόλη τη διάρκεια της κλήσης



# Κατασκευαστική λεπτομέρεια



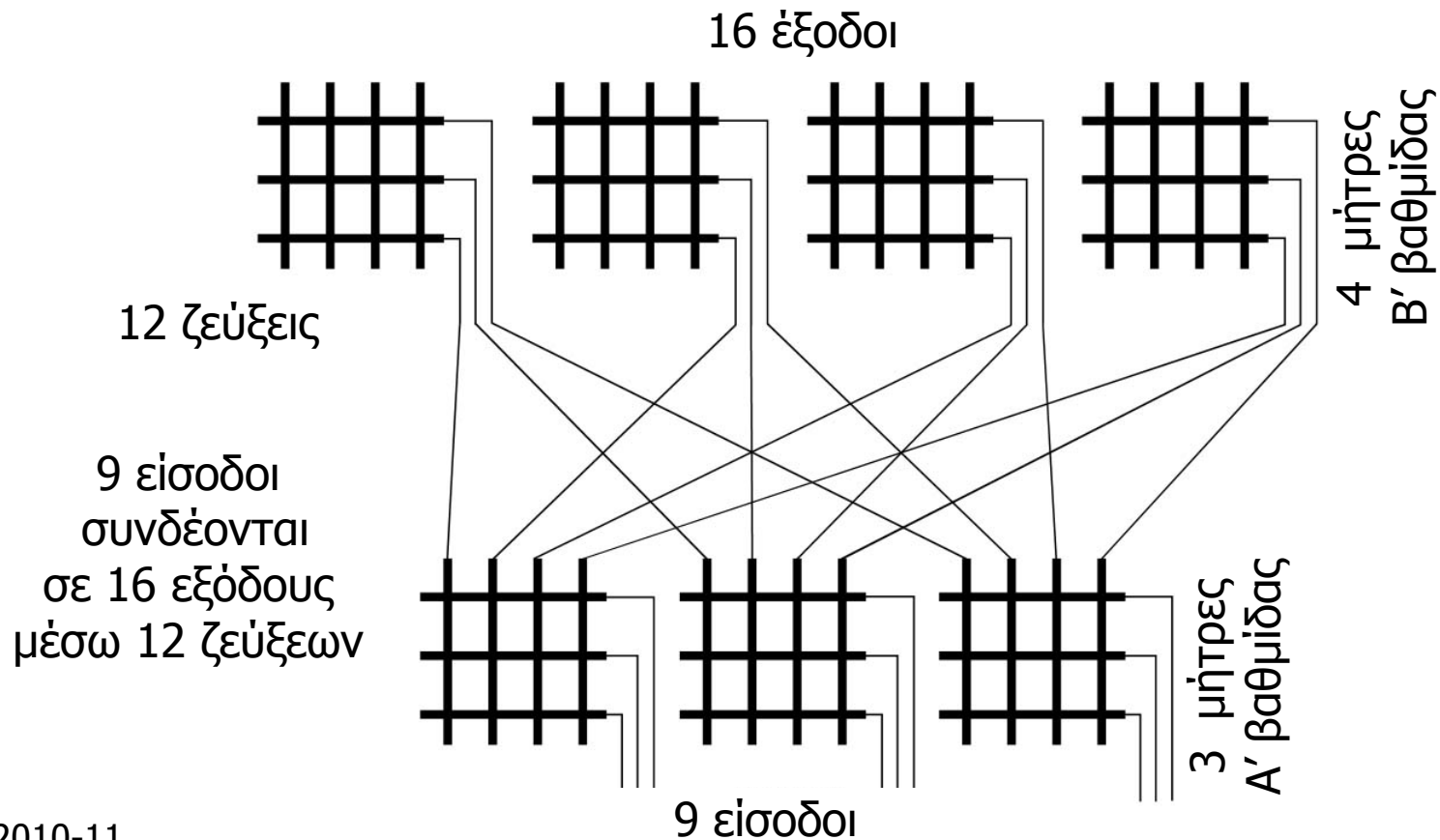


# Το ζευκτικό πεδίο

---

- Για πρακτικούς και οικονομικούς λόγους το μέγεθος των ραβδεπαφικών διακοπών επαφής είναι μικρό
- Για το σχηματισμό μεγάλων τηλεφωνικών κέντρων διασυνδέονται μέσω ζευκτικών κυκλωμάτων (link trunks)
- Οι έξοδοι της πρώτης βαθμίδας συνδέονται στις εισόδους της δεύτερης βαθμίδας
  - Με κατάλληλο σχεδιασμό του ζευκτικού πεδίου μπορεί να επιτευχθεί συγκέντρωση ή αποκέντρωση με την επιθυμητή πιθανότητα αποκλεισμού

# Το ζευκτικό πεδίο





---

# Έλεγχος της μεταγωγής



# 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)



# 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 “μετέφραζε” 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, έξοδο για τις εσωτερικές κλήσεις και την κατάλληλη ομάδα κυκλωμάτων για τις διερχόμενες κλήσεις
  - Επιλέγεται το πρώτο ελεύθερο κύκλωμα