



Τηλεφωνία

Αναλογικά Τηλεφωνικά Κέντρα



Τεχνολογίες

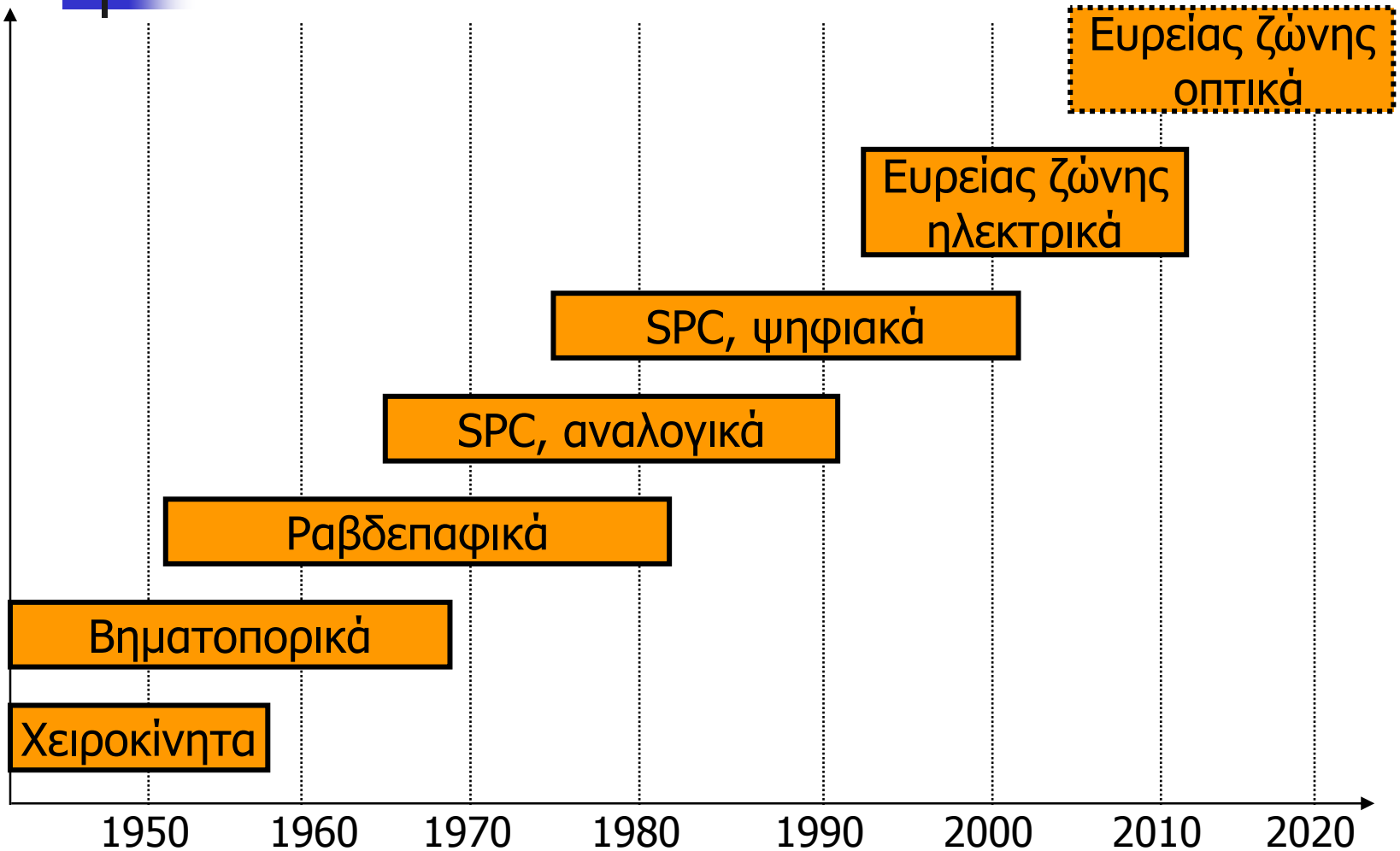
- Ο “πυρήνας” του τηλεφωνικού κέντρου ήταν
 - χειροκίνητος (τηλεφωνήτρια)
 - μετά ηλεκτρομηχανικός (Strowger)
 - μετά ρωστήρες (relay)
 - μετά ηλεκτρονικός
 - διακόπτες στον χώρο και χρόνο
 - με εισόδους και εξόδους ψηφιακής φωνής (TDM PCM)



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 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

Step-by-step switch



Ιστορικό

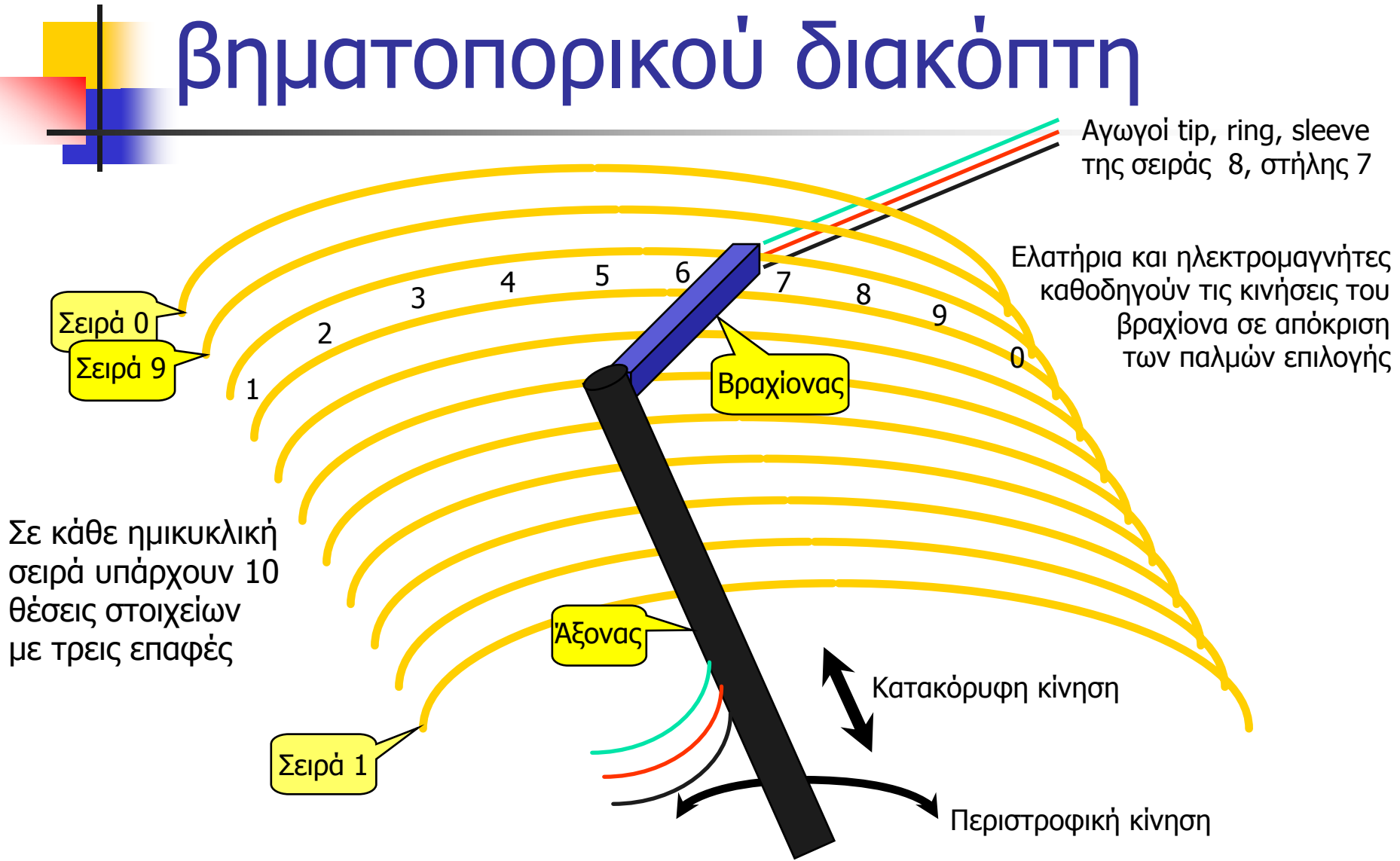
- Ο Almon B. Strowger, (γραφείο τελετών) στο Kansas City, KS, εφεύρε το πρώτο πρακτικό αυτόματο σύστημα μεταγωγής
 - Η περίφημη ιστορία: φοβούμενος ότι η τηλεφωνήτρια έστελνε τις κλήσεις στον ανταγωνιστή του, οδηγήθηκε στην εφεύρεση ενός αυτόματου διακόπτη που να ελέγχεται από τον χρήστη
 - Η πρώτη εγκατάσταση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



Αγωγοί tip, ring, sleeve της σειράς 8, στήλης 7

Ελατήρια και ηλεκτρομαγνήτες καθοδηγούν τις κινήσεις του βραχίονα σε απόκριση των παλμών επιλογής

Βραχίονας

Άξονας

Κατακόρυφη κίνηση

Περιστροφική κίνηση

Σειρά 0
Σειρά 9

Σειρά 1

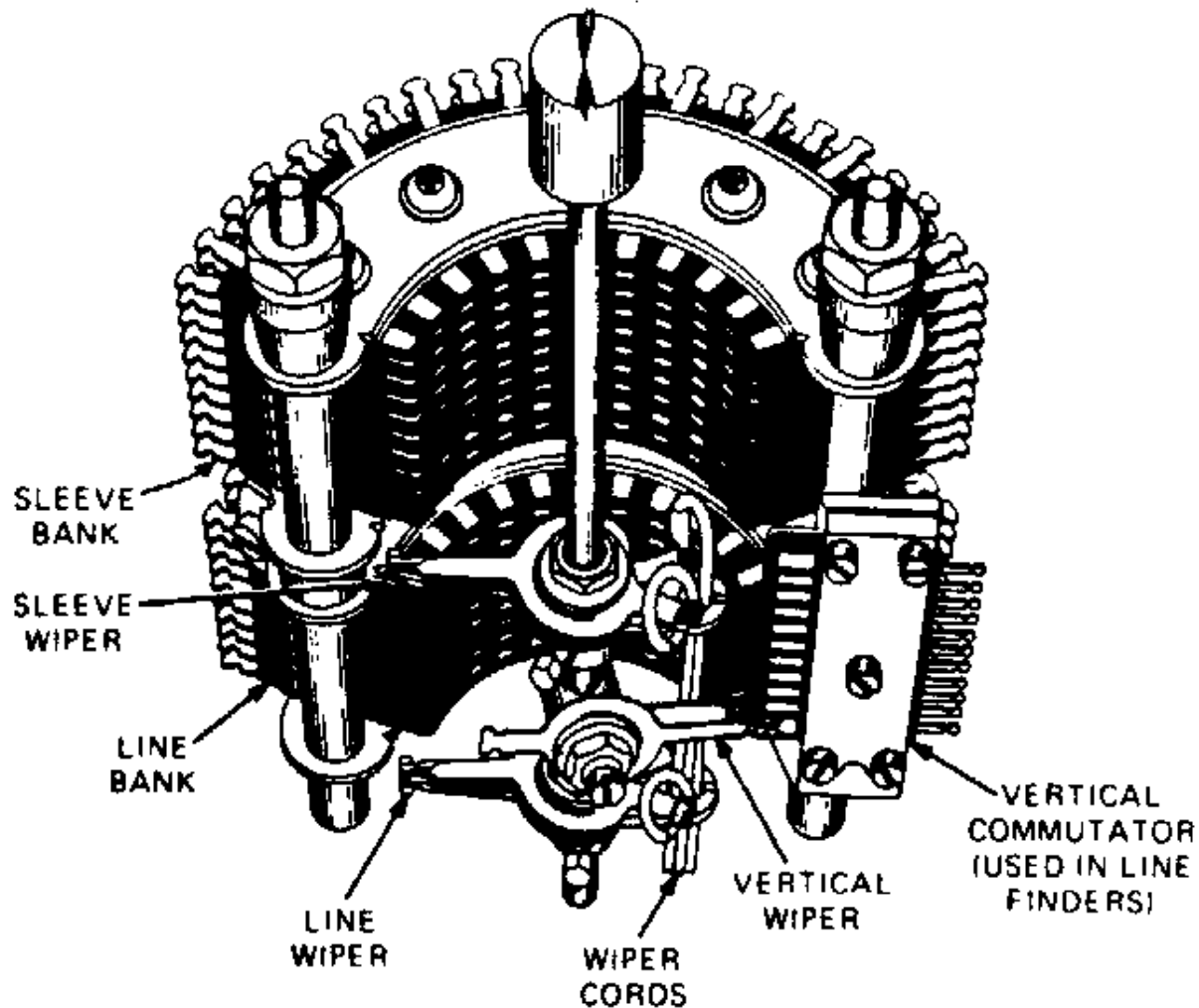
Σε κάθε ημικυκλική σειρά υπάρχουν 10 θέσεις στοιχείων με τρεις επαφές



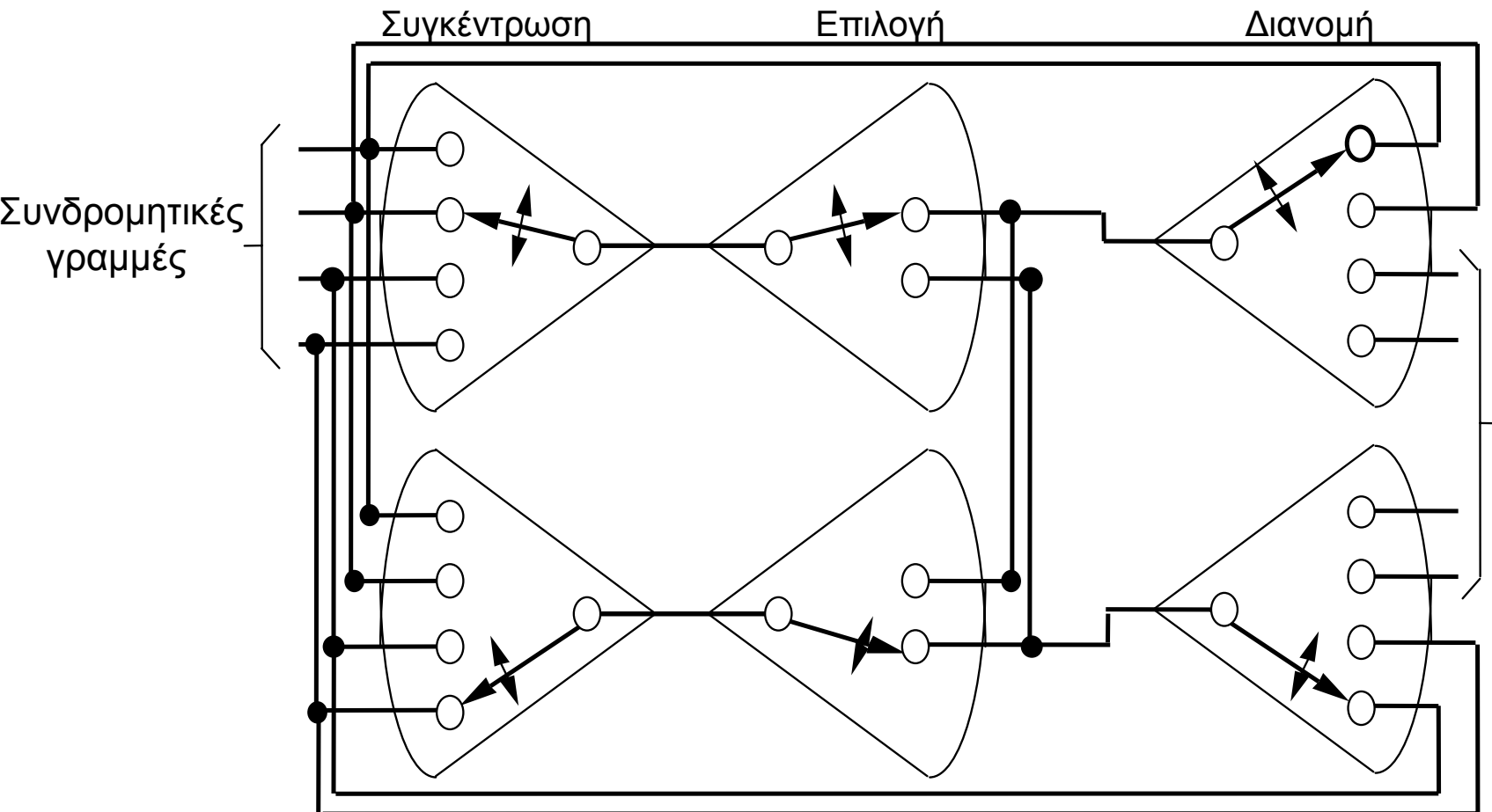
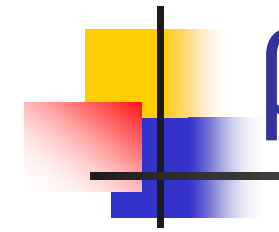
Βηματοπορικοί διακόπτες

- 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

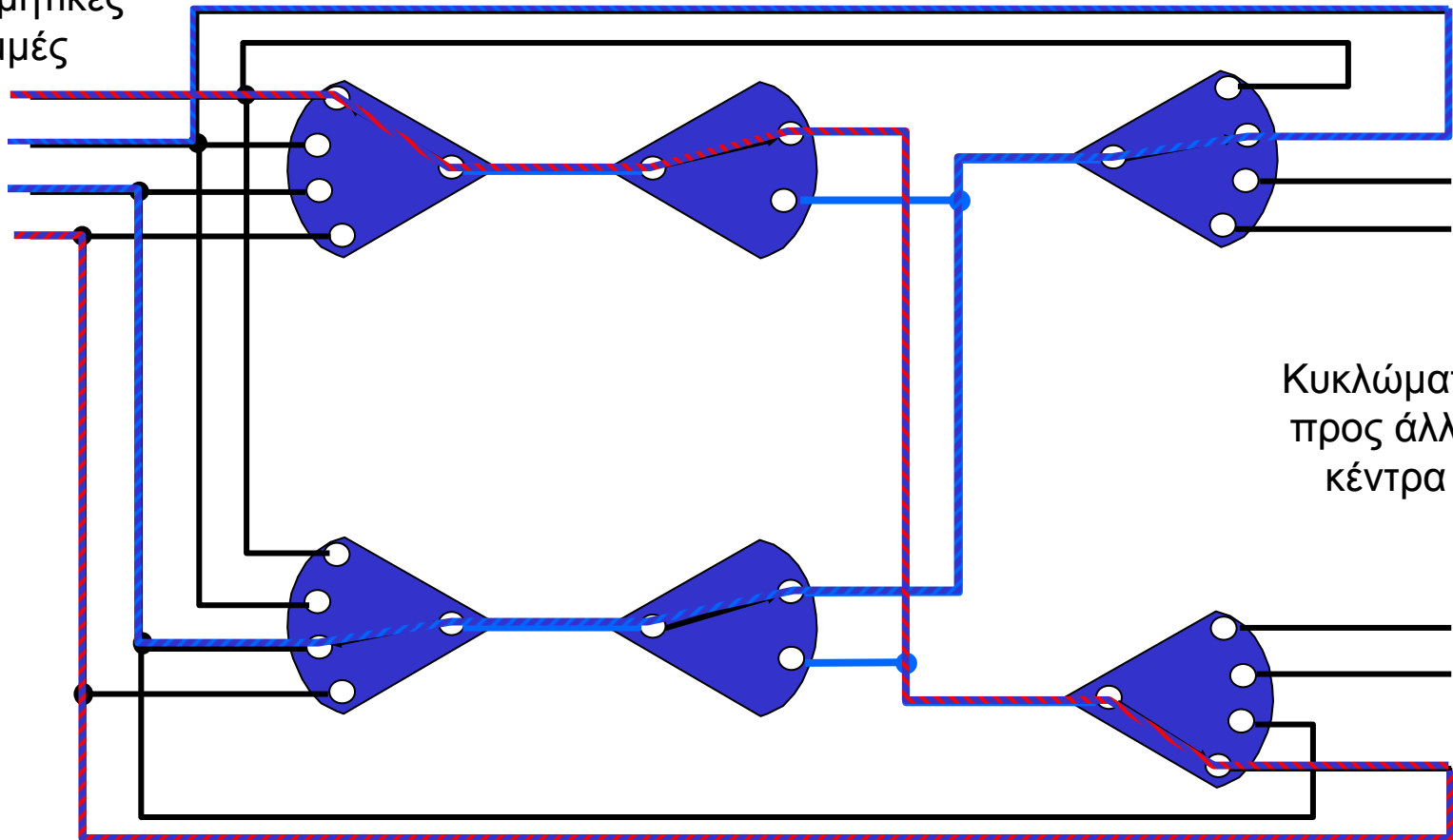


Τηλεφωνικό κέντρο βηματοπορικού συστήματος



Εγκατάσταση κλήσης

Συνδρομητικές
γραμμές



Κυκλώματα
προς άλλα
κέντρα



Διακόπτες 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”



Διακόπτες 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 διακόπτες (1)

- Η έξοδος του κλησηθήρα μέσω μετασχηματιστή κυκλώματος (“cord circuit”)
 - συνδέεται στην γεννήτρια τόνων μέχρι την επιλογή του πρώτου ψηφίου
 - μετά η σύνδεση μεταάγεται 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



Επιλογικοί διακόπτες (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
- 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, καθαρίσμα, 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 $\sim 1/50^\circ$ του χώρου σε σχέση με τα υψοστροφικά και $\sim 1/10^\circ$ του χώρου σε σχέση με τα ραβδεπαφικά (crossbar)



Ραβδεπαφικός διακόπτης

Crossbar switch

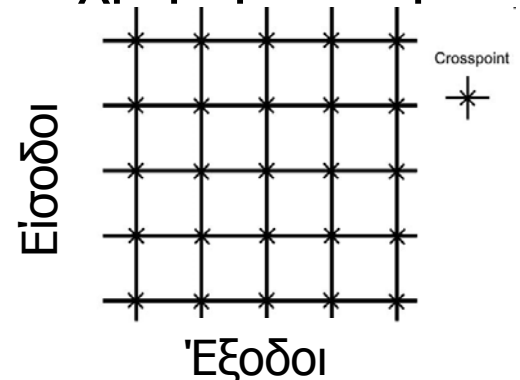


Μερικοί άλλοι τύποι διακοπών

- 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

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

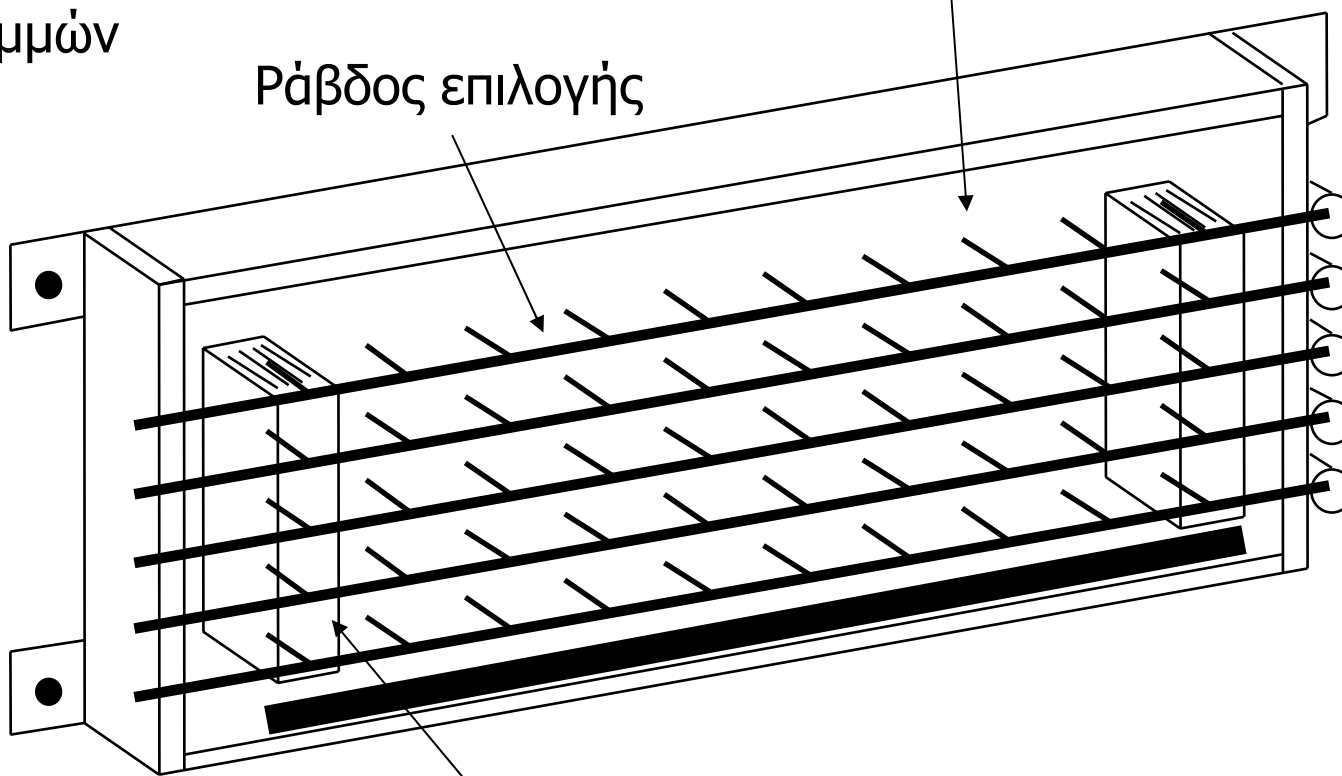
Ραβδεπαφικός διακόπτης

Σύνολα επαφών
γραμμών

Επιλογικά δάκτυλα

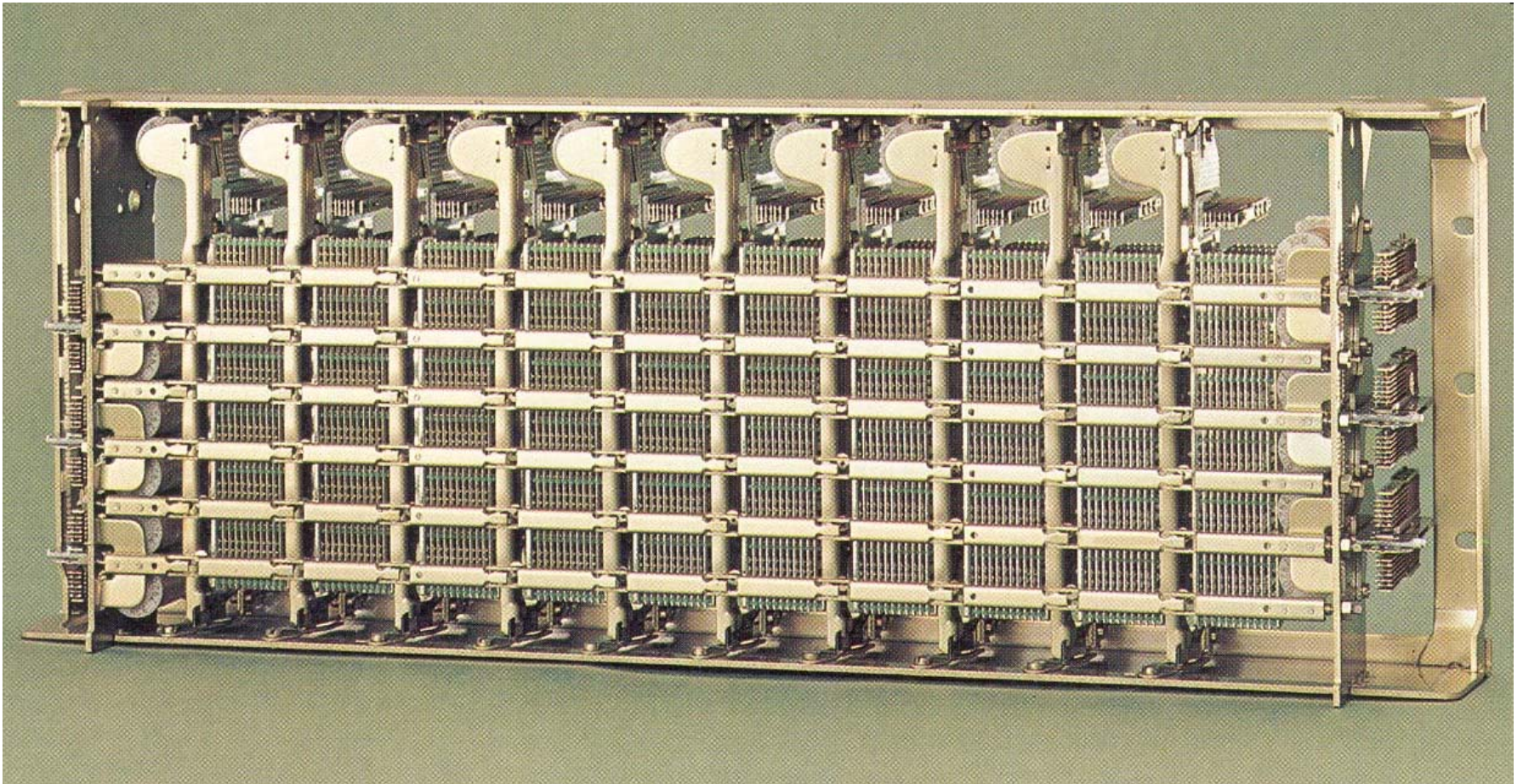
Ρωστήρες
λειτουργίας

Ράβδος επιλογής



Ράβδος συγκράτησης

Ραβδεπαφικός διακόπτης



Ραβδεπαφικός διακόπτης



Λειτουργία ραβδεπαφικού διακόπτη

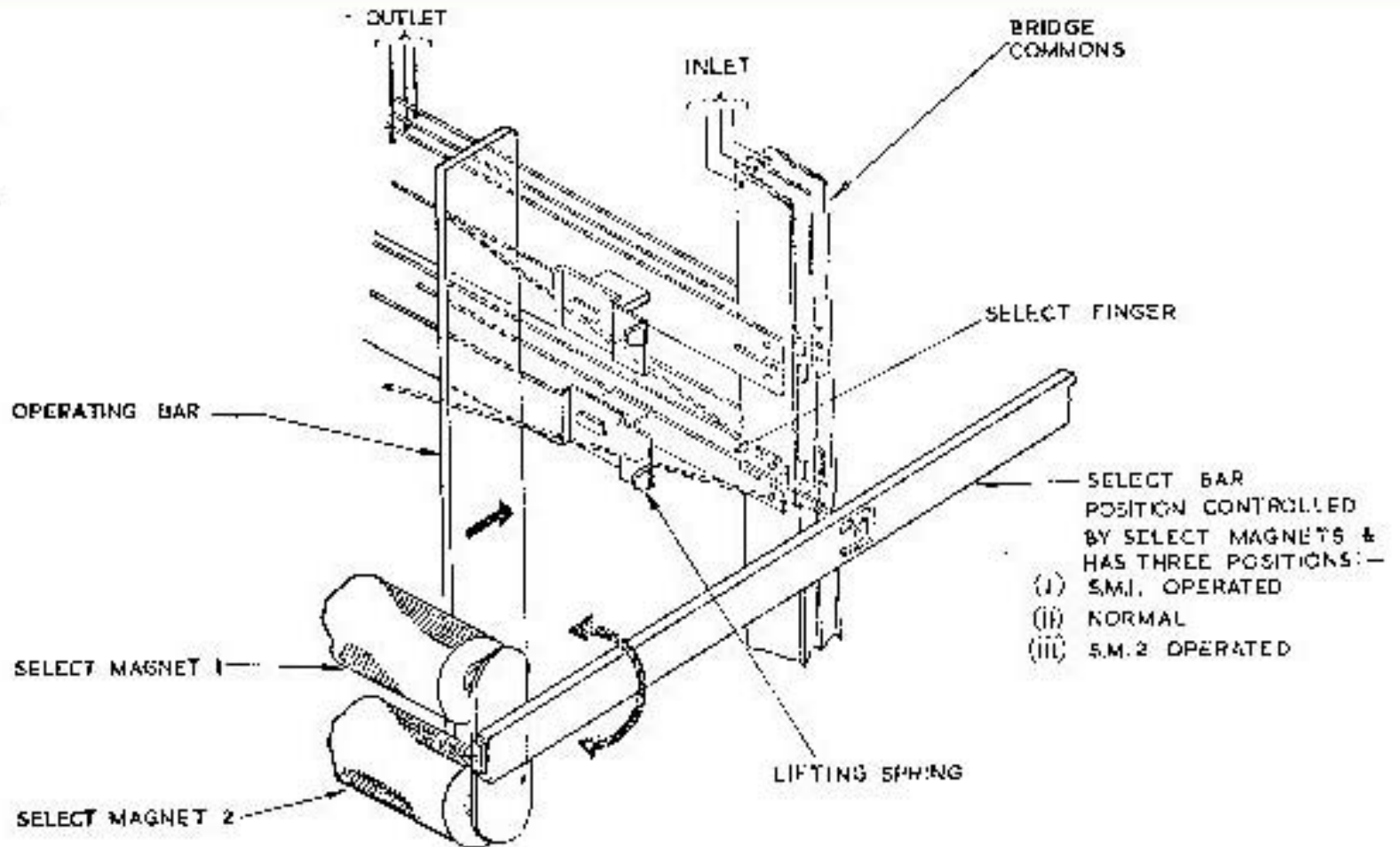
- Υπάρχουν 5 ή 6 οριζόντιες επιλογικές ράβδοι που μπορούν να κινηθούν επάνω ή κάτω
 - Επιτρέποντας δύο κινήσεις ανά ράβδο μειώνουμε το αναγκαίο πλήθος στο μισό
- Κάθε οριζόντια ράβδος έχει 10 επιλογικά δάκτυλα που στηρίζονται σε αυτή με εύκαμπτο υλικό (ελατήριο)
- Ανά κάθετη ράβδο υπάρχουν 10 ή 12 σετ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

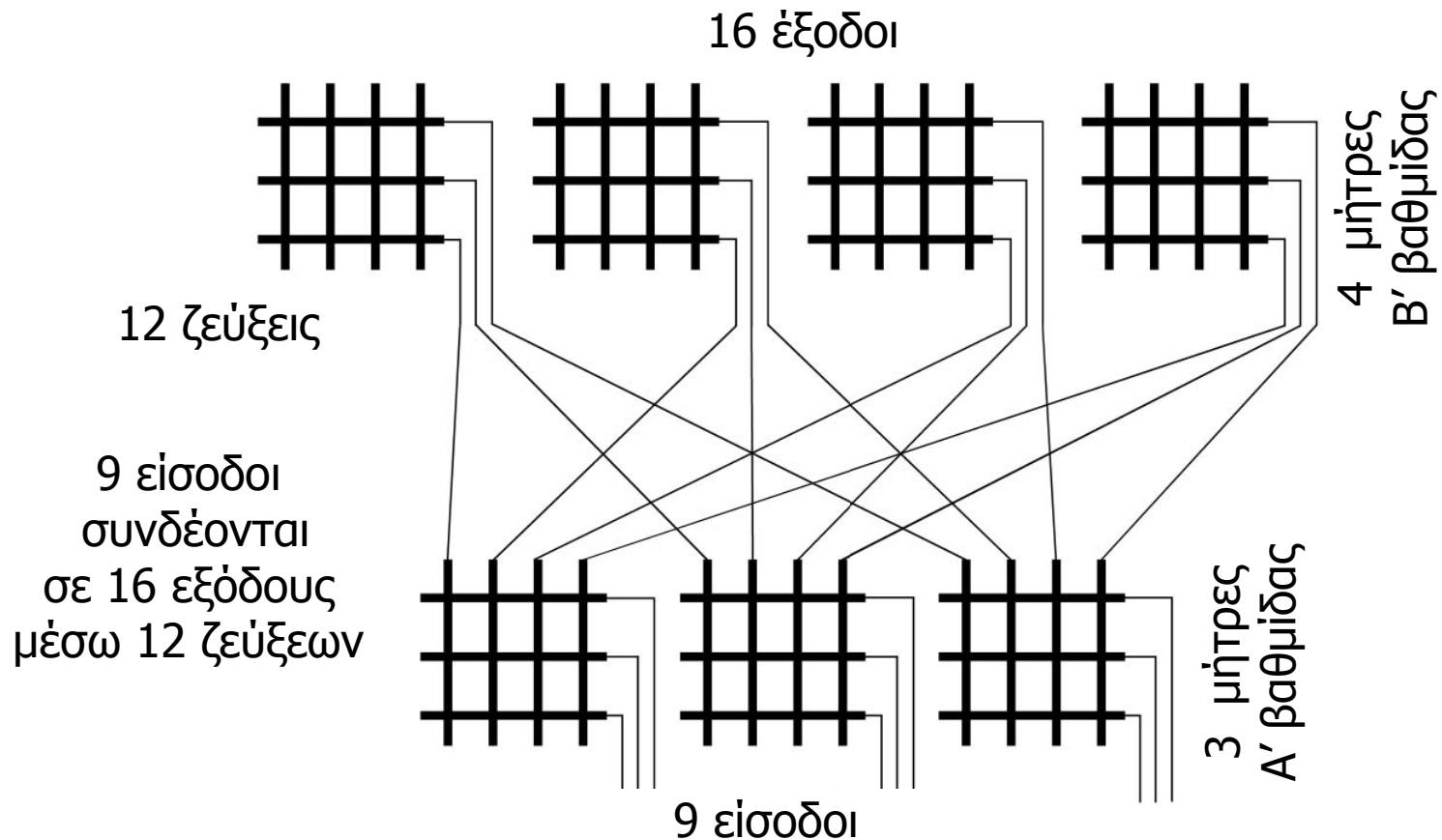




Το ζευκτικό πεδίο

- 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 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 “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