



# Τηλεφωνία

---

Ψηφιακά Τηλεφωνικά Κέντρα



# Τεχνολογίες Μεταγωγής

---

- 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)

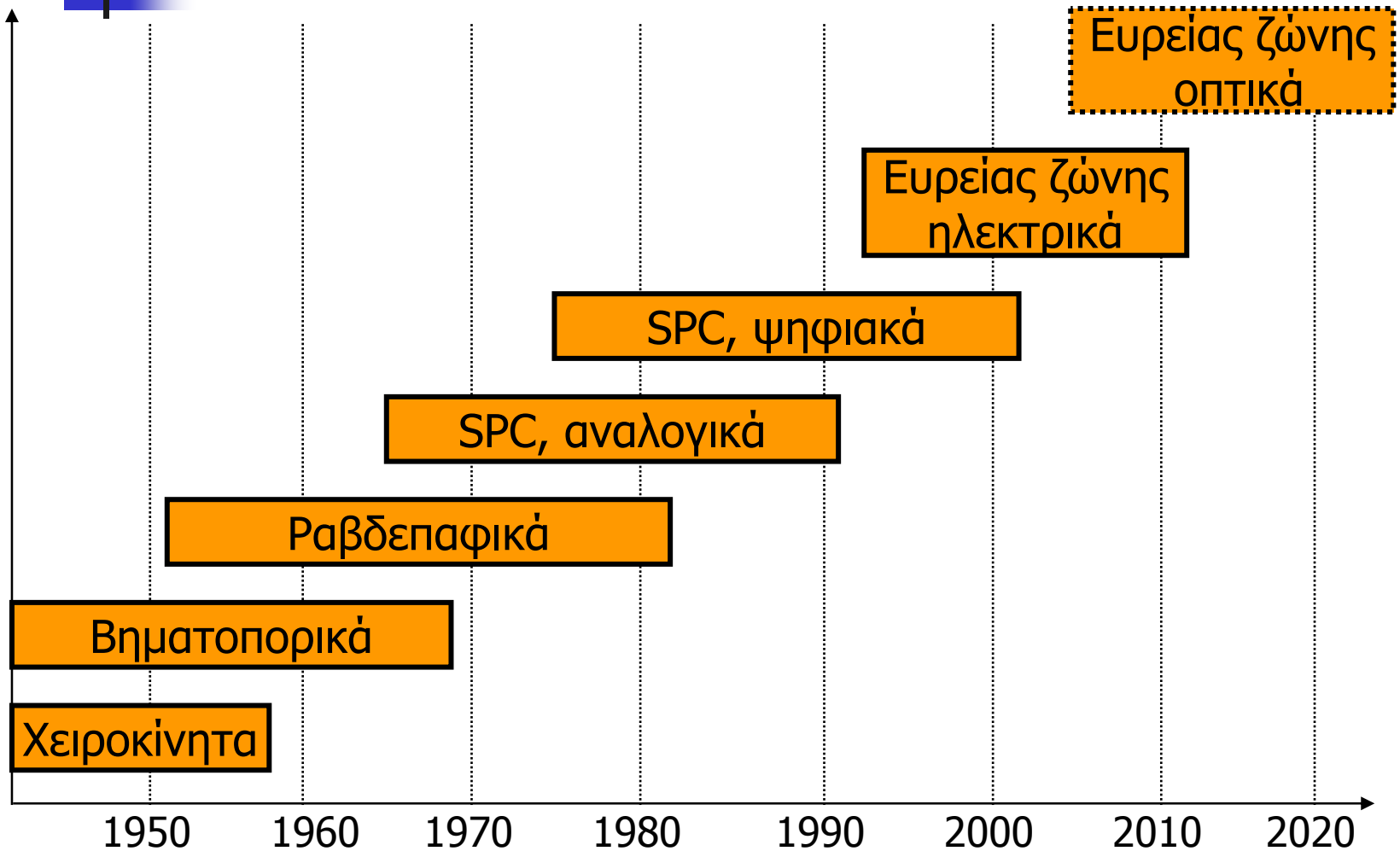


# Πρόοδος της τεχνολογίας

---

- 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 της μεταγωγής στα τηλεφωνικά κέντρα



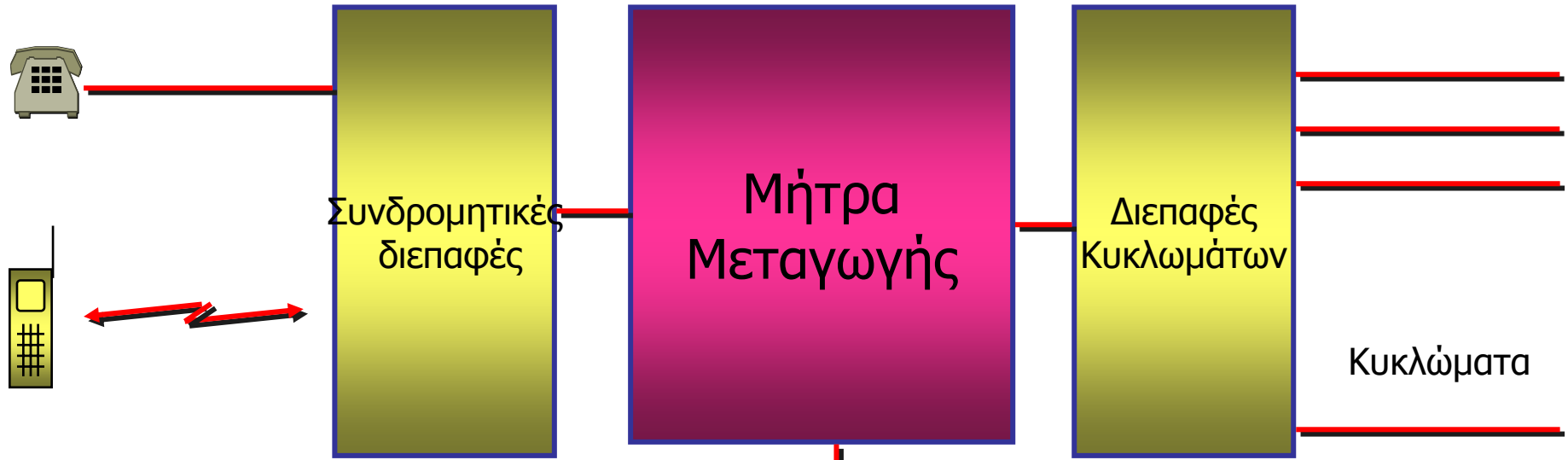


# Ψηφιακή μεταγωγή

---

- Γιατί η μεταγωγή είναι ψηφιακή?
  - Η μετάδοση είναι ψηφιακή πλέον
  - Η ποιότητα του σήματος είναι καλύτερη
  - Εκμετάλλευση της πυκνότητας των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων
  - Παροχή προηγμένων υπηρεσιών και χαρακτηριστικών μέσω λογισμικού
  - Ολοκλήρωση υπηρεσιών φωνής και δεδομένων

# Δομή ψηφιακού κέντρου

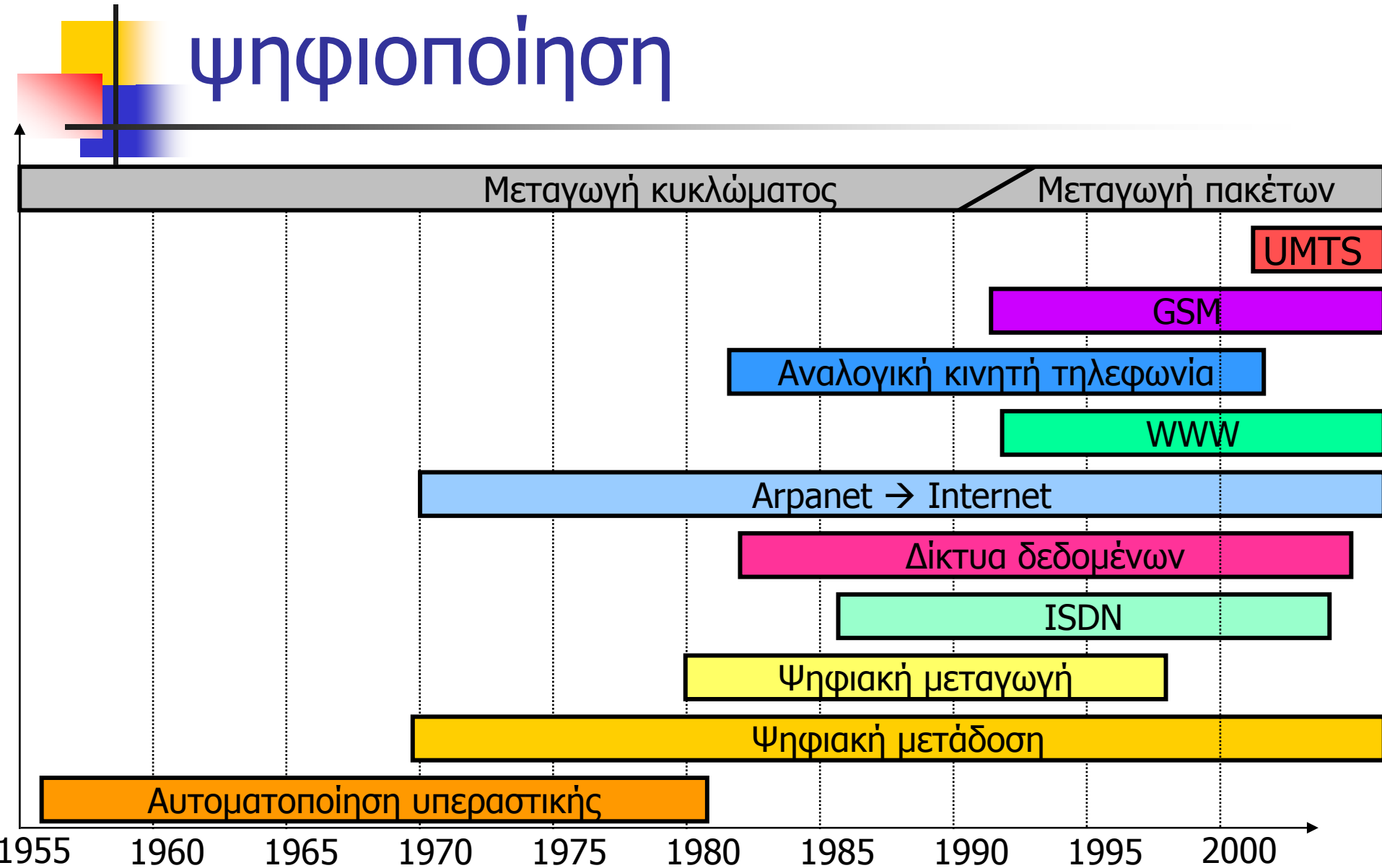


**Σύστημα ελέγχου**

Λογισμικό στο σύστημα ελέγχου:

- Σηματοδοσία και έλεγχος κλήσης
- Χρέωση και στατιστικά
- Συντήρηση

# Η πορεία προς την ψηφιοποίηση





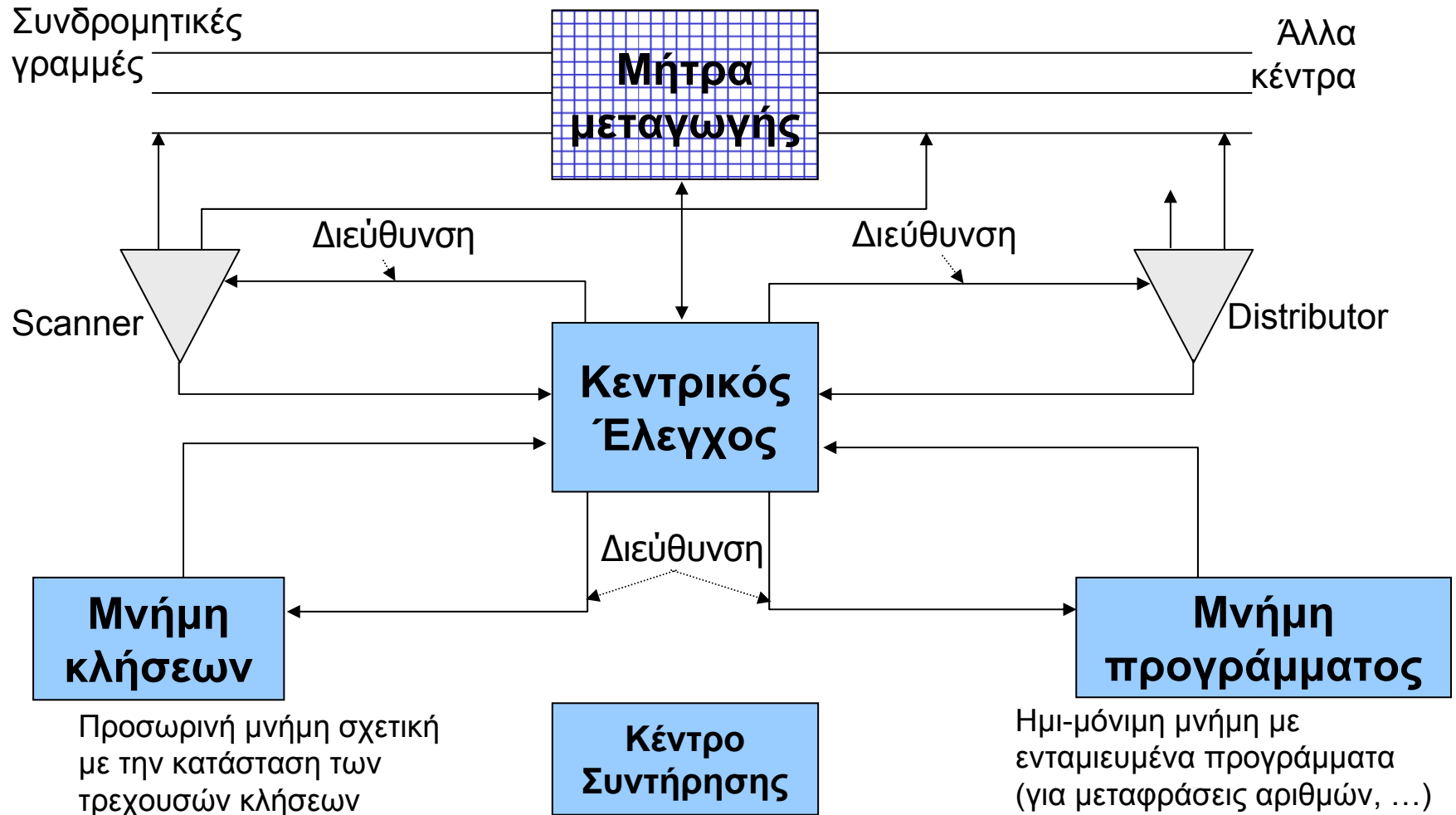
# Τηλεφωνικά κέντρα ενταμιευμένου προγράμματος

---

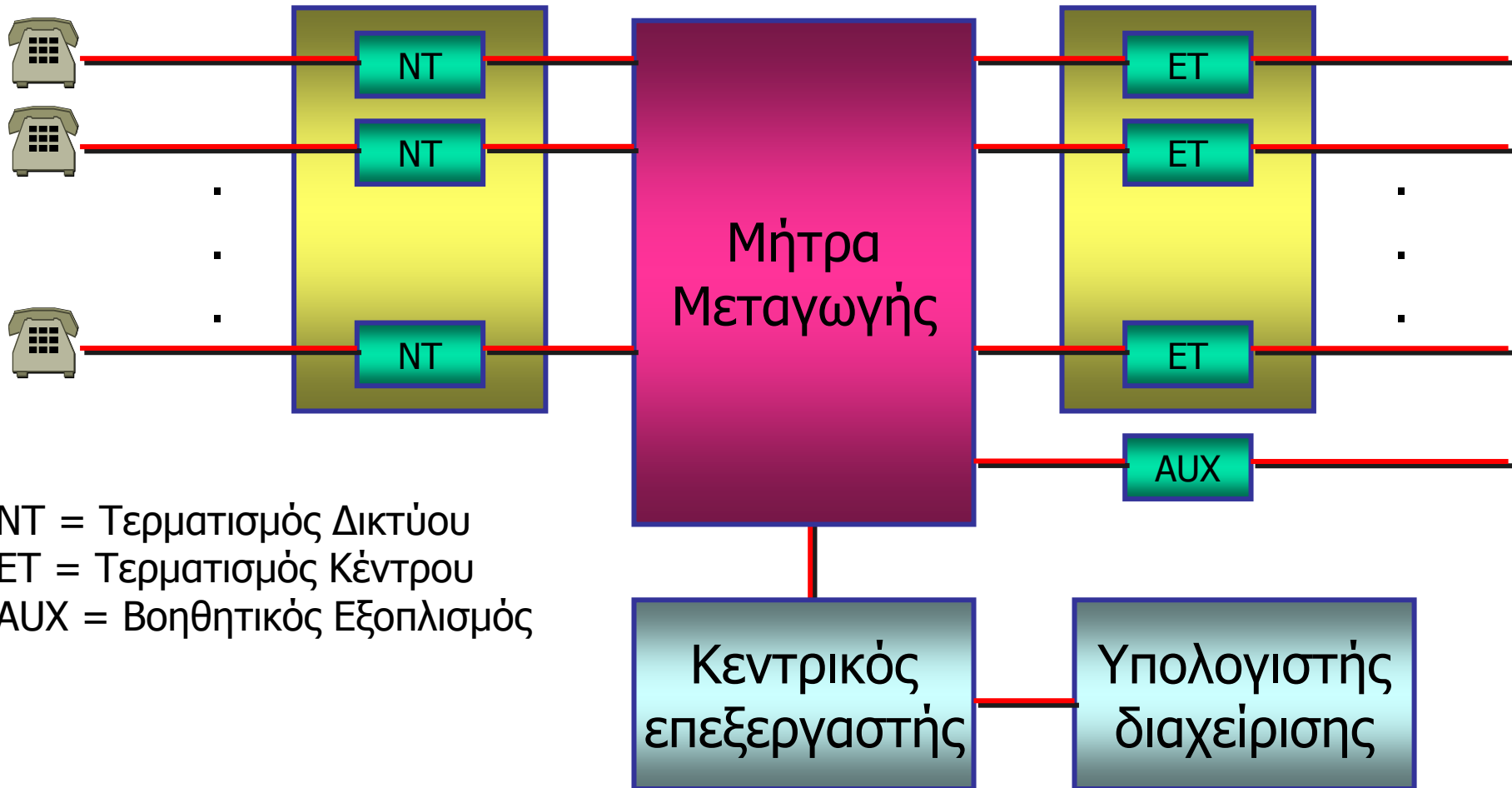
- Τα ψηφιακά τηλεφωνικά κέντρα είναι γνωστά ως «κέντρα ενταμιευμένου προγράμματος» SPC (Stored Program Control)
  - Ελέγχονται από λογισμικό που είναι αποθηκευμένο σε υπολογιστή ή ομάδα υπολογιστών (microprocessors)
  - Τα προγράμματα περιέχουν την ευφυΐα προκειμένου να επιτελέσουν τις λειτουργίες ελέγχου
  - Το λογισμικό χωρίζεται σε καλώς ορισμένα πακέτα για να είναι εφικτή η λιγότερο πολύπλοκη συντήρηση και επέκταση
- Κύριες δομικές μονάδες
  - Διεπαφές συνδρομητών και κυκλωμάτων
  - Μήτρα μεταγωγής
  - Έλεγχος κλήσεων



# Έλεγχος ενταμιευμένου προγράμματος



# Παράδειγμα



# Τύποι συνδρομητικής πρόσβασης

Απευθείας συνδέσεις στο κέντρο

- αναλογικές και
- ISDN

Συνδρομητική μονάδα

Πολυπλέκτης

V2 (1:1) 2/8/34M

Σηματοδοσία συνδρομητών κατά δίαυλο

V5.1 (1:1) 2/8/34M

Σηματοδοσία συνδρομητών βασισμένη σε μηνύματα

V5.2 (συγκέντρωση N:1)

Σηματοδοσία συνδρομητών βασισμένη σε μηνύματα

Σηματοδοσία ιδιοκατασκευή

Δίκτυο πρόσβασης

Τοπικό κέντρο

Διεπαφή V2

Διεπαφή V5.1

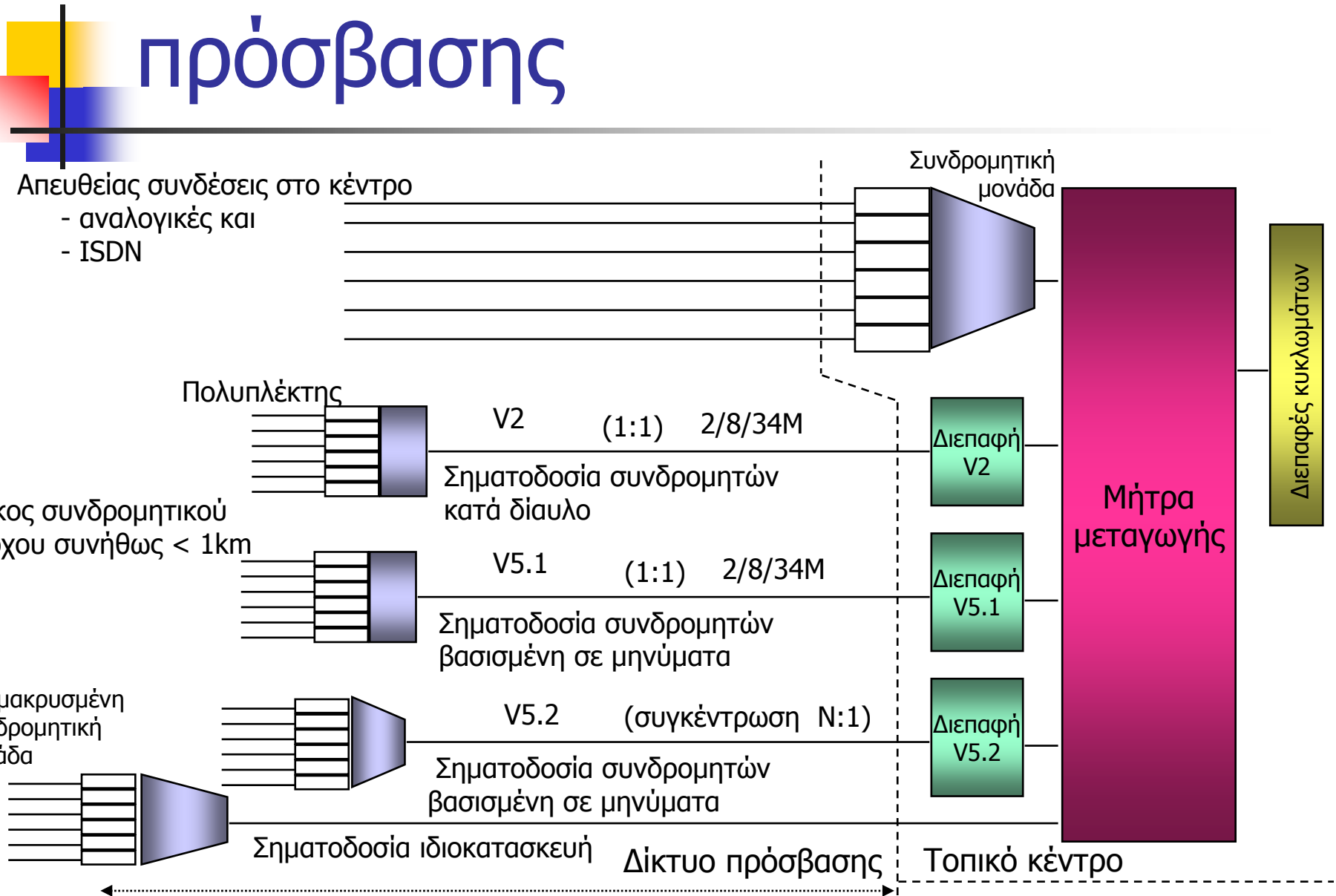
Διεπαφή V5.2

Μήτρα μεταγωγής

Διεπαφές κυκλωμάτων

Μήκος συνδρομητικού βρόχου συνήθως < 1km

Απομακρυσμένη συνδρομητική μονάδα





# Σύστημα Ελέγχου

---

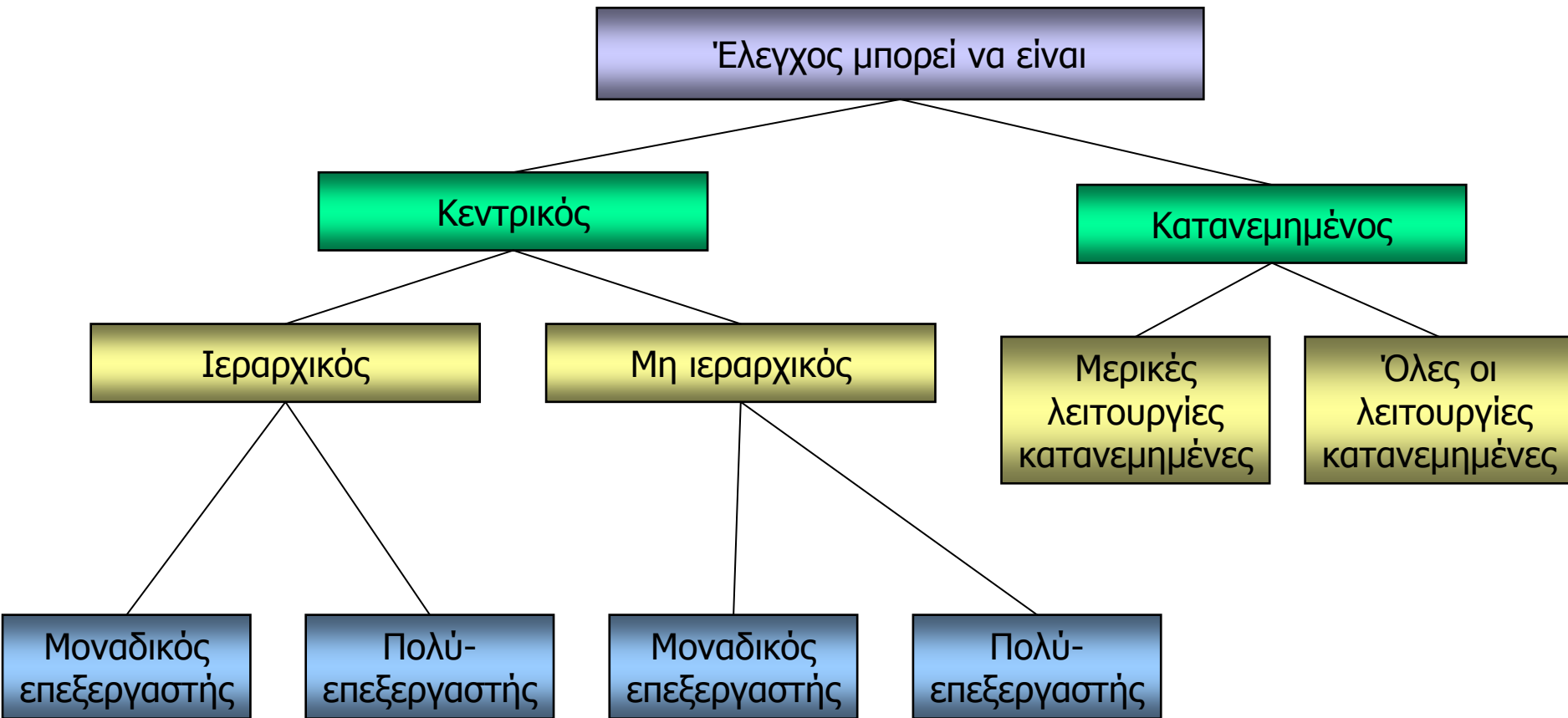
## ■ Κεντρικό

- Όλες οι λειτουργίες που απαιτούνται για την εγκατάσταση και απόλυση κλήσεων εκτελούνται σε κεντρική μονάδα επεξεργασίας
- Το έργο συνήθως μοιράζεται σε πολλούς επεξεργαστές
- Ιεραρχική ή μη ιεραρχική αρχιτεκτονική

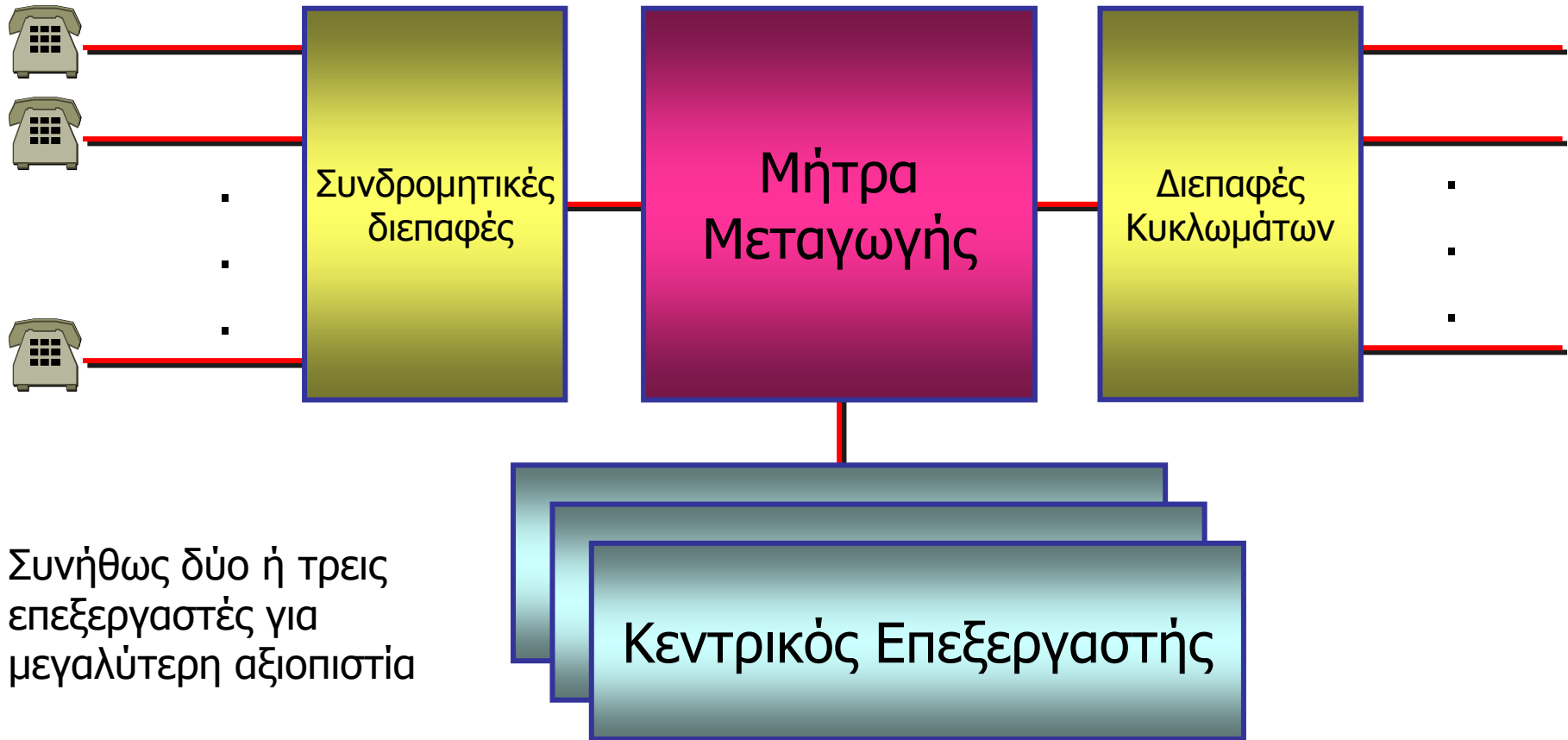
## ■ Κατανεμημένο

- Οι λειτουργίες μοιράζονται μεταξύ μονάδων επεξεργασίας που είναι εν πολλοίς ανεξάρτητες μεταξύ τους
- Το κέντρο χωρίζεται σε ένα αριθμό μονάδων και κάθε μονάδα έχει τον επεξεργαστή της

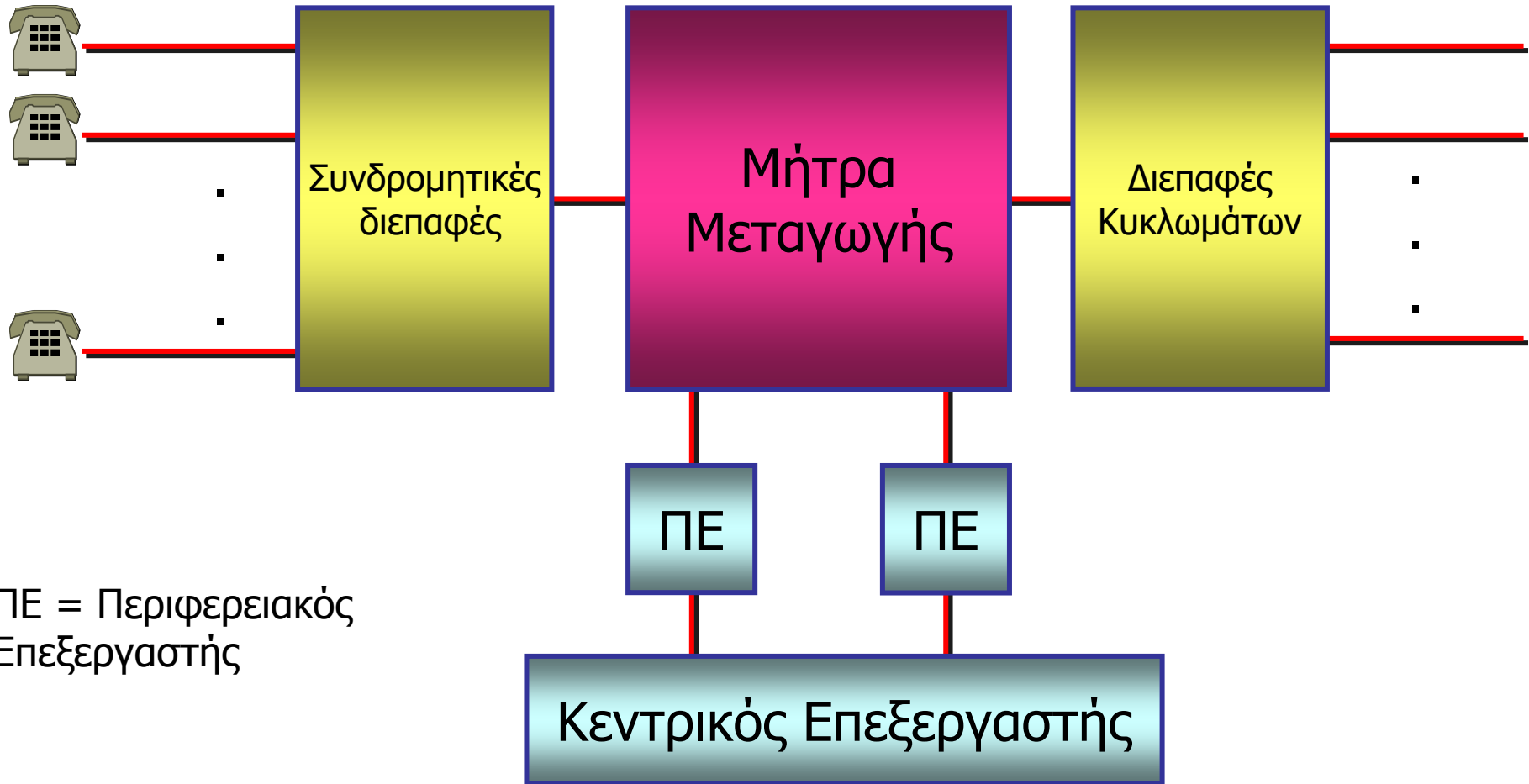
# Σύστημα Ελέγχου



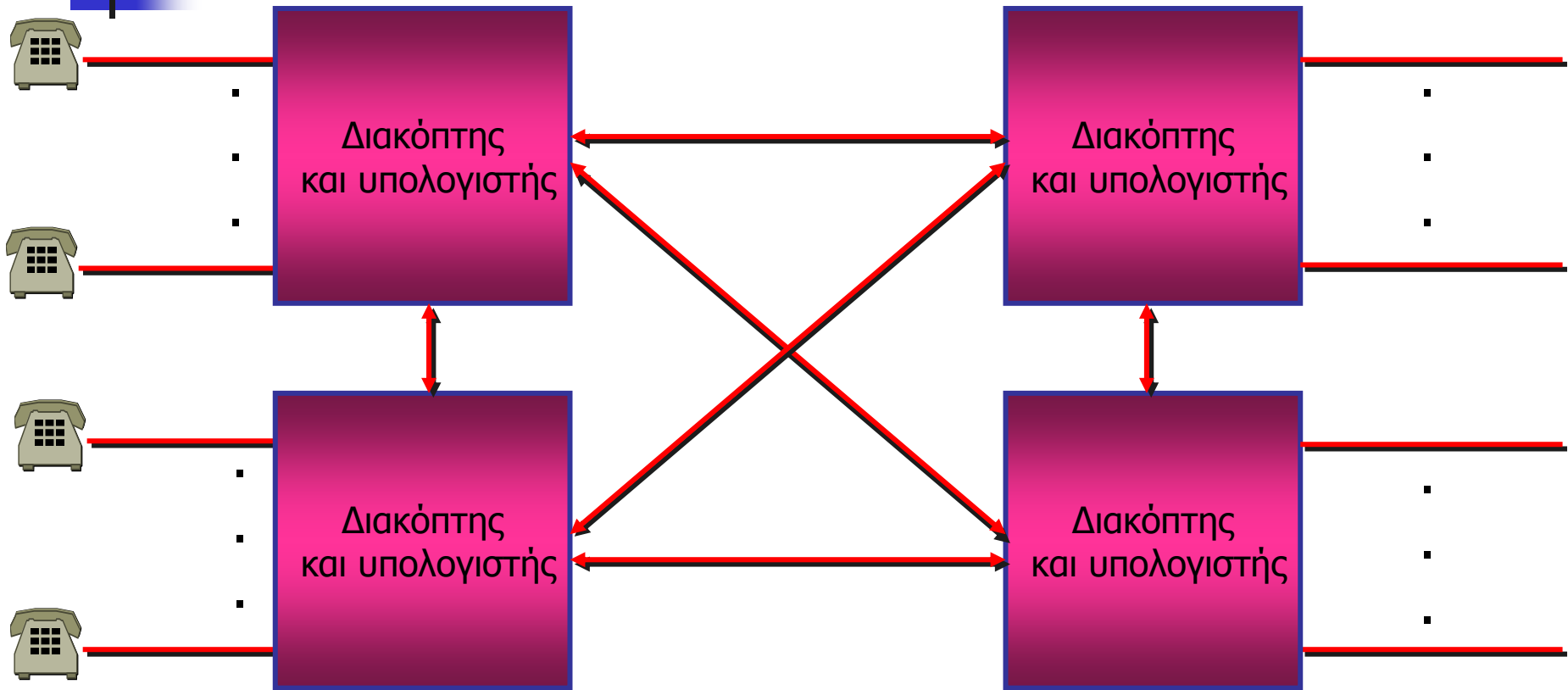
# Κεντρικός έλεγχος (μη ιεραρχικός)



# Κεντρικός έλεγχος (ιεραρχικός)

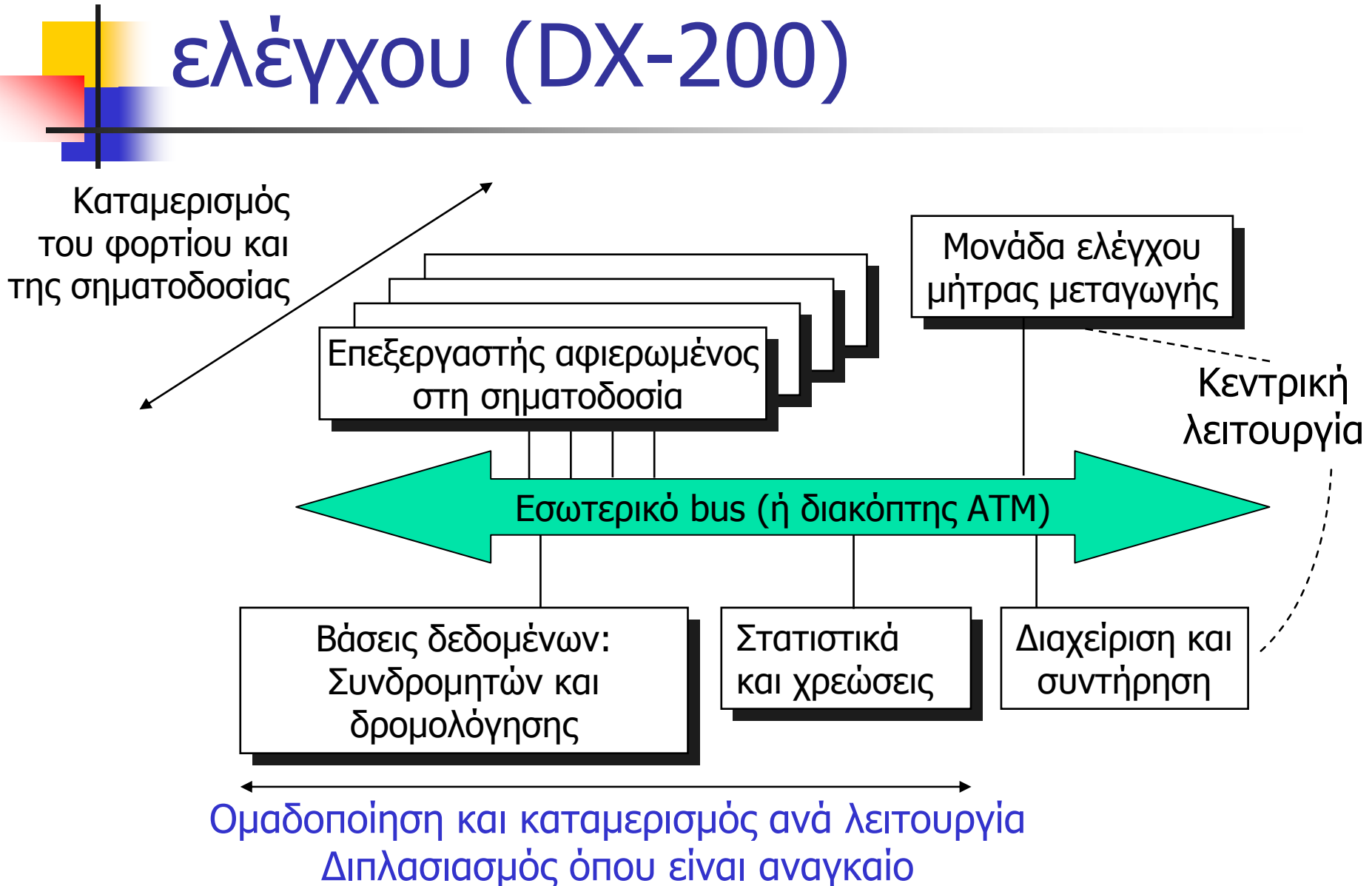


# Κατανεμημένος έλεγχος

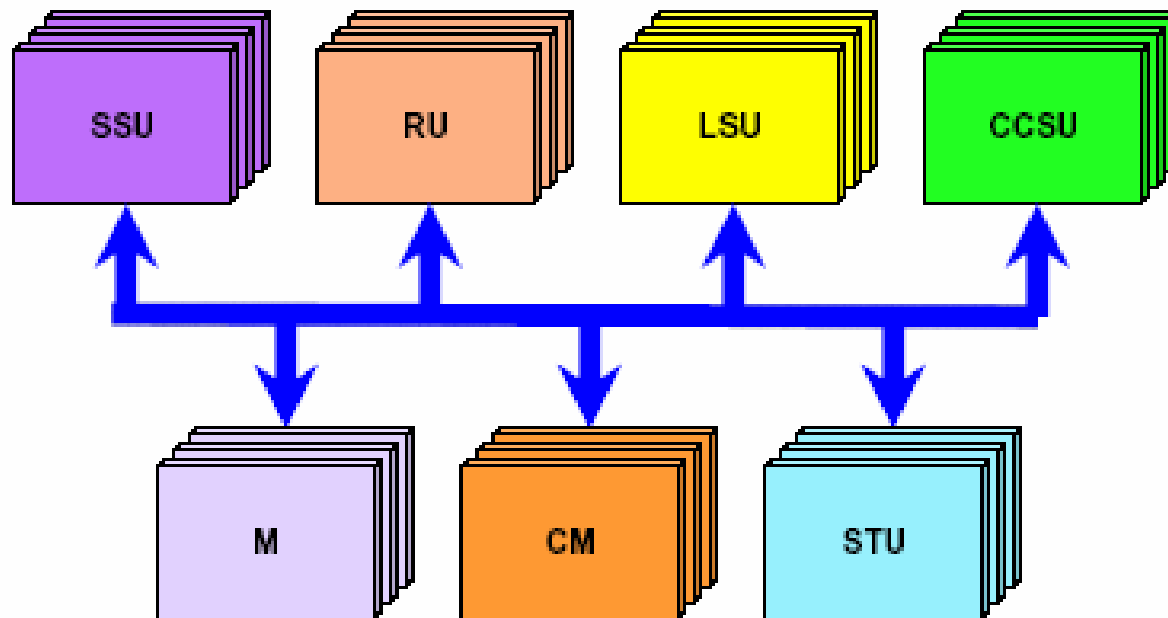




# Παράδειγμα κατανεμημένου ελέγχου (DX-200)



# Παράδειγμα επεξεργαστή κλήσεων



CCSU - Common Channel Signaling Unit  
CM - Central Memory  
LSU - Line Signaling Unit  
M - Marker

RU - Registering Unit  
SSU - Subscriber Stage Unit  
STU - Statistics Unit

# Μονάδες επεξεργαστή κλήσεων



---

- Common Channel Signaling Unit (CCSU)
  - Επεξεργασία μηνυμάτων σηματοδοσίας SS7
- Central Memory (CM)
  - Κοινή μνήμη για όλες τις μονάδες
- Line Signaling unit (LSU)
  - Επεξεργασία σηματοδοσίας συνδρομητών
- Marker (M)
  - Έλεγχος συνδέσεων
- Register Unit (RU)
  - Καταχωρητές με στοιχεία για κλήσεις και χρέωση
- Subscriber Stage Unit (SSU)
  - Έλεγχος συνδρομητών
- Statistics Unit (STU)
  - Επεξεργασία στατιστικών στοιχείων

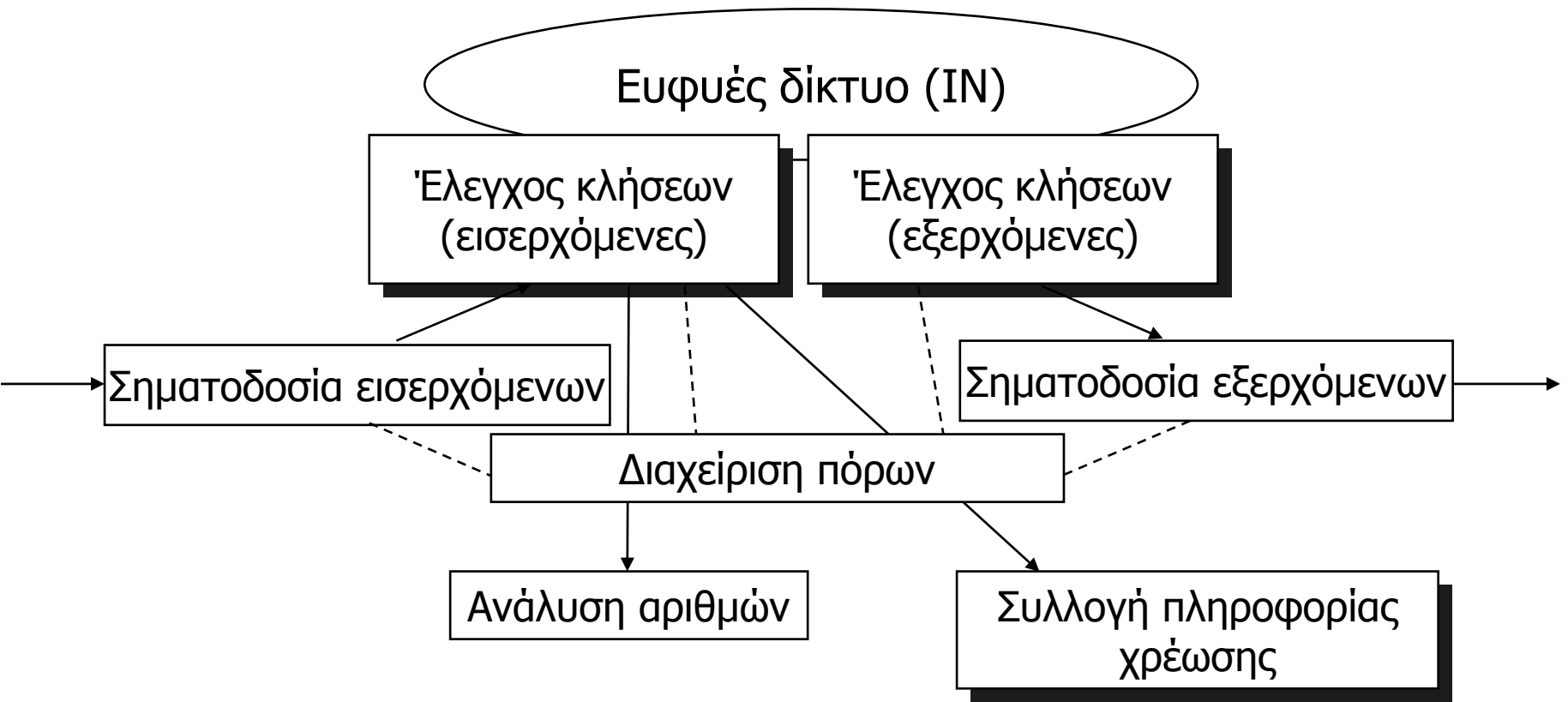


# Λογισμικό Μεταγωγής

---

- Το λογισμικό ελέγχου διακρίνεται σε:
  - Σηματοδοσία και έλεγχο κλήσεων
  - Χρεώσεις και στατιστικά
  - Συντήρηση και διαχείριση

# Κύριες λειτουργίες λογισμικού μεταγωγής





# Λογισμικό Μεταγωγής

---

- Το λογισμικό των μοντέρνων ψηφιακών μεταγωγέων είναι πραγματικού χρόνου (switching software) και οδηγούμενο από γεγονότα (event-driven):
  - γεγονότα είναι οι ενέργειες των τελικών χρηστών, όπως η επιλογή ψηφίων, σήκωμα ή κατέβασμα ακουστικού, ...
- Το λογισμικό της μεταγωγής κυκλωμάτων φωνής μιμείται την συμπεριφορά των ιστορικών ηλεκτρομηχανικών κέντρων
  - περιλαμβανομένων θεμάτων όπως η καθυστέρηση μετά την επιλογή σε διεθνής κλήσεις, ο μη συμμετρικός χειρισμός των σε σχέση με την απόλυση της κλήσης, ...

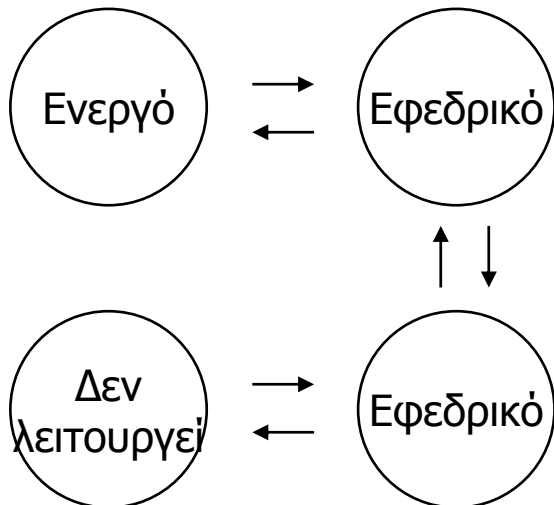
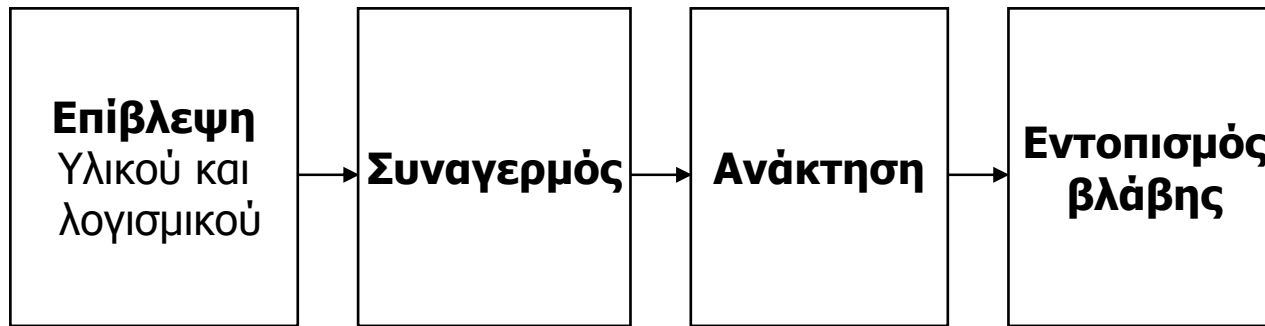


# Τα κέντρα είναι ανθεκτικά σε σφάλματα (fault tolerant)

---

- Το λογισμικό διαχείρισης ελέγχει την κατάσταση των στοιχείων και προγραμμάτων στο κέντρο
- Τα κρίσιμα μέρη του εξοπλισμού είναι διπλά
  - Εφεδρεία 2N
- Η μετάπτωση από το ενεργό στοιχείο στο εφεδρικό γίνεται χωρίς να διαταράσσονται οι κλήσεις
- Η ανοχή στα σφάλματα λαμβάνεται υπόψη κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης του λογισμικού
- **Μη διαθεσιμότητα < 2...3 min/έτος**

# Τα κέντρα είναι ανθεκτικά σε σφάλματα (fault tolerant)





# Αρχές λειτουργικού καταμερισμού

- Με διαίρεση των εισερχόμενων και εξερχόμενων γραμμών στατικά ή δυναμικά
  - Π.χ.  $2N$  ή  $N+1$  μονάδες σηματοδότησης (που μπορούν να αντικατασταθούν ανεξάρτητα σε περίπτωση βλάβης)
- Με δυναμικό καταμερισμό του φορτίου ανά λειτουργία και χρονική στιγμή
  - Καταμερισμός φορτίου σε  $N+1$  επεξεργαστές
- Με ανάθεση υπηρεσιών (χωρίς πληροφορία κατάστασης) σε πολλούς επεξεργαστές



# Το 80% του κόστους ανάπτυξης αφορά το λογισμικό

---

- Το μέγεθος του λογισμικού είναι 3 ... 10 γραμμές κώδικα
- Η προσαρμογή του στις ιδιαίτερες συνθήκες μιας χώρας απαιτεί εργασία ~50 ΜΥ
- Οι δυσκολίες οφείλονται:
  - Ο έλεγχος των κλήσεων γίνεται σε πραγματικό χρόνο
  - Υπάρχει μεγάλη ποικιλία σηματοδοσιών και εθνικών παραλλαγών
  - Υπάρχει μεγάλη ποικιλία υπηρεσιών και χαρακτηριστικών
  - Πρέπει να υφίσταται ανοχή σε σφάλματα
  - Ο κώδικας αλλά και το σύστημα πρέπει να είναι συντηρήσιμος και επεκτάσιμος



# Ψηφιακοί διακόπτες

---

- Οι ψηφιακοί διακόπτες μπορούν να βασίζονται σε μήτρες μεταγωγής στον χώρο ή μεταγωγής στον χρόνο
- Οι μήτρες μεταγωγής στον χρόνο είναι οι πιο συνηθισμένες
  - Ευέλικτη κατασκευή
  - Τα πλεονεκτήματα της τεχνολογίας IC επιτρέπουν μεγάλες μήτρες μεταγωγής

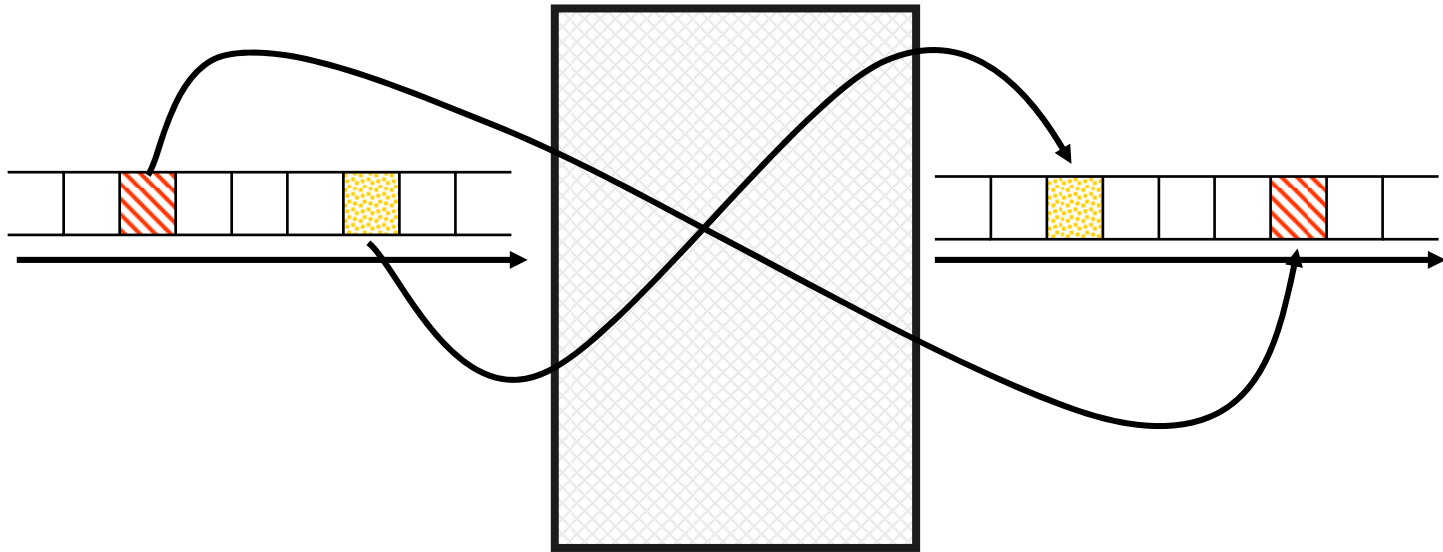


# Ψηφιακοί διακόπτες

---

- Οι μήτρες μεταγωγής πρέπει να είναι επεκτάσιμες χωρίς παρενόχληση των υπάρχουσών συνδέσεων
  - Βήμα επέκτασης π.χ. 64 PCM
- Για λόγους αξιοπιστίας συνήθως είναι διπλές

# Μεταγωγή διαίρεσης χρόνου

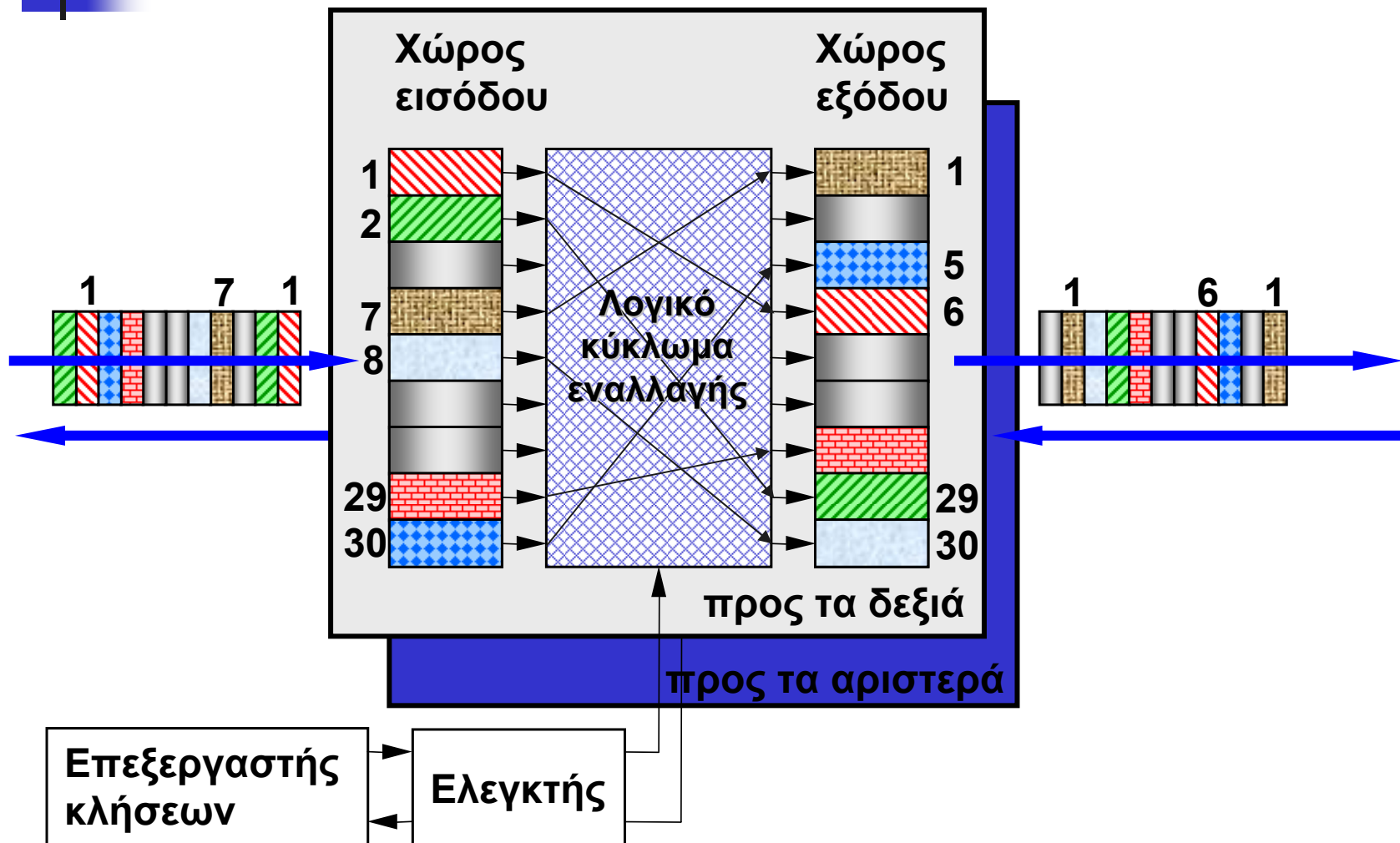


# Διακόπτης πεδίου χρόνου

- Ο διακόπτης μετάγει μια χρονοσχισμή ενός μοναδικού διαύλου εισόδου σε μια άλλη χρονοσχισμή του διαύλου εξόδου
- Ισοδυναμεί με διακόπτη  $n \times n$  μεταγωγής διαίρεσης χώρου
  - $n$  το πλήθος των χρονοσχισμών στο πλαίσιο



# Time Slot Interchanger (TSI) Εναλλάκτης χρονοσχισμών





# Λειτουργία TSI

---

- Ο TSI είναι ένα στοιχείο που αποθηκεύει προσωρινά  $n$  εισερχόμενες χρονοσχισμές, π.χ. 32 χρονοσχισμές σε πλαίσια φορέων E1 (24 χρονοσχισμές πλαίσια φορέων T1) και τα αναπροσαρμόζει ώστε να σταλούν με νέα σειρά σε  $n$  χρονοσχισμές
- Οι χρονοσχισμές αποθηκεύονται στη μνήμη δεδομένων φωνής είτε με τη σειρά που φτάνουν είτε με τη σειρά που πρέπει να φύγουν
  - Απαιτείται λογική ελέγχου για να αποφασισθεί σε ποια θέση της μνήμης εξόδου ή της μνήμης εισόδου πρέπει να αποθηκευθεί η εισερχόμενη χρονοσχισμή





# Μνήμη δεδομένων φωνής

---

- RAM με χωρητικότητα ικανή να αποθηκεύσει ένα πλήρες πλαίσιο
  - Για φορείς T1 1.544 Mbps (24 χρονοσχισμές των 8 bit), η μνήμη φωνής είναι 24 byte
  - Για φορείς E1 2.048 Mbps (32 χρονοσχισμές των 8 bit), η μνήμη φωνής είναι 32 byte



# Μνήμη ελέγχου

---

- RAM που αποθηκεύει μια λέξη (διεύθυνση) για κάθε χρονοσχισμή που προσδιορίζει τη χρονοσχισμή
  - Για φορείς T1 αρκούν 24 λέξεις των 5 bit
    - Συνολικά  $24 \times 5 = 120$  bit
  - Για φορείς E1 αρκούν 32 λέξεις των 5 bit
    - Συνολικά  $32 \times 5 = 160$  bit

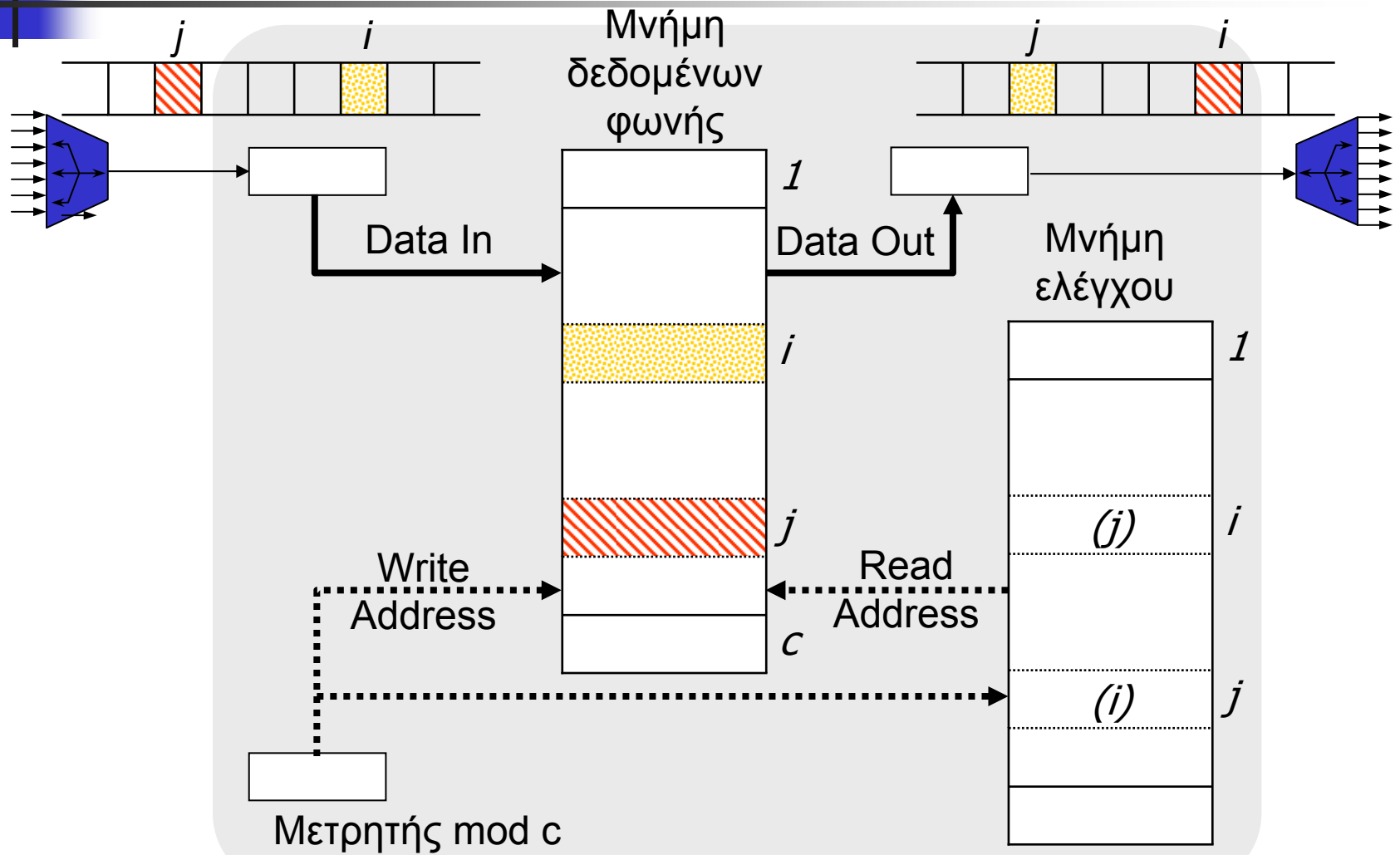


# Ελεγκτής

---

- Στην είσοδο
  - Ακολουθιακή ανάγνωση
  - Τυχαία εγγραφή
  
- Στην έξοδο
  - Τυχαία ανάγνωση
  - Ακολουθιακή εγγραφή

# Λειτουργία ελέγχου TSI στην έξοδο



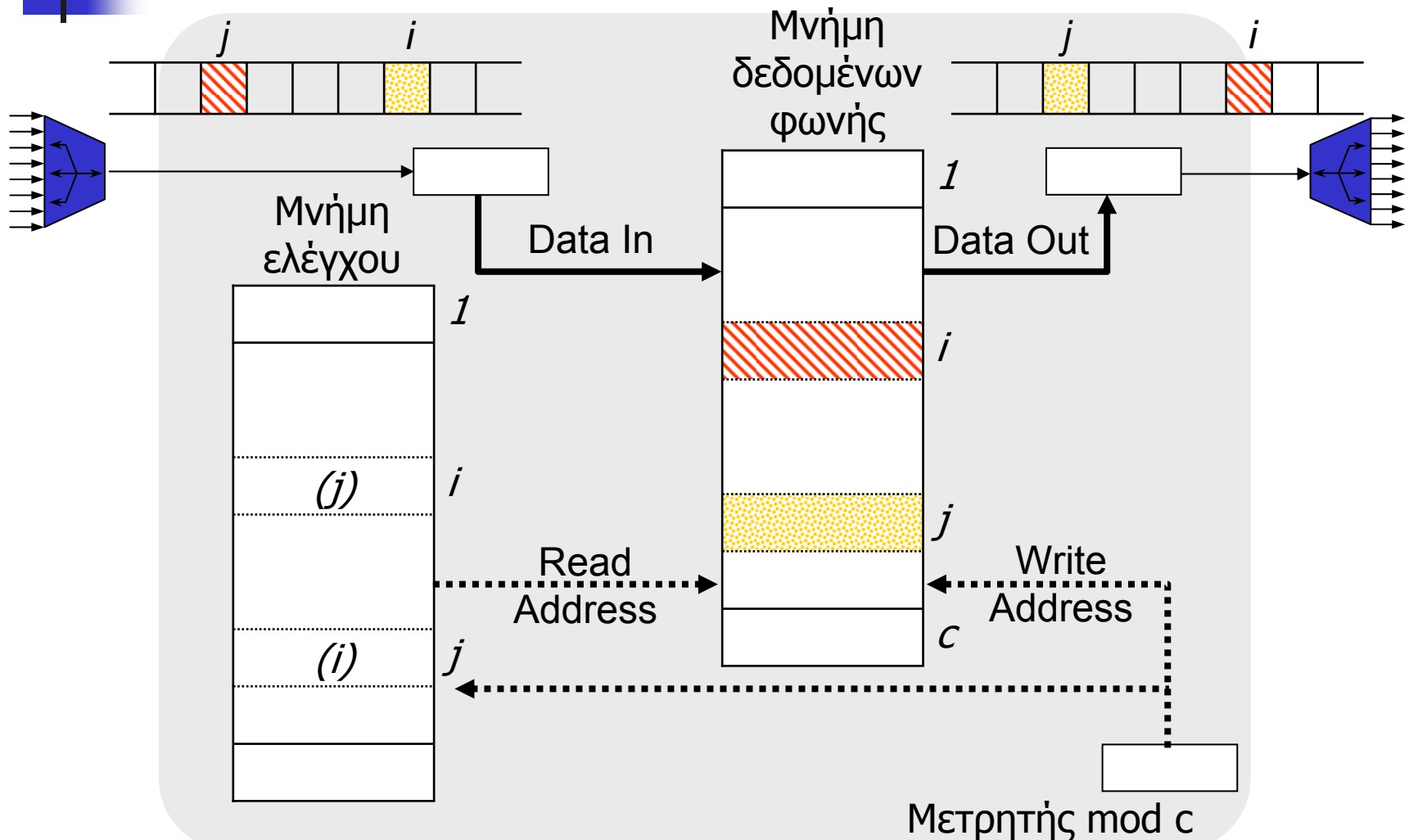


# Λειτουργία ελέγχου TSI στην έξοδο

---

- Οι εισερχόμενες χρονοσχισμές γράφονται κυκλικά στη μνήμη δεδομένων φωνής
- Η λογική εξόδου διαβάσει κυκλικά τη μνήμη ελέγχου που περιέχει ένα δείκτη που δείχνει την χρονοσχισμή εξόδου
  - Ο δείκτης ορίζει για κάθε εισερχόμενη χρονοσχισμή την αντίστοιχη εξερχόμενη χρονοσχισμή

# Λειτουργία ελέγχου TSI στην είσοδο





# Λειτουργία ελέγχου TSI στην είσοδο

---

- Οι εισερχόμενες χρονοσχισμές γράφονται στη μνήμη δεδομένων φωνής χρησιμοποιώντας ως διεύθυνση εγγραφής αυτήν που δείχνει η μνήμη ελέγχου
- Η μνήμη ελέγχου περιέχει ως δείκτη τη διεύθυνση όπου πρέπει να εγγραφεί η εισερχόμενη χρονοσχισμή
  - Οι χρονοσχισμές εξόδου διαβάζονται κυκλικά από την μνήμη δεδομένων φωνής



# Ιδιότητες TSI

---

- Ο προσωρινός χώρος αποθήκευσης (buffer) για την εισερχόμενη κίνηση γεμίζει με την ταχύτητα εισόδου των χρονοσχισμών
- Ο αντίστοιχος προσωρινός χώρος αποθήκευσης για την εξερχόμενη κίνηση γεμίζει με την ταχύτητα εξόδου των χρονοσχισμών
- Ταχύτητα μεταγωγής
  - Ανάγνωση των χρονοσχισμών εισόδου και εγγραφή των χρονοσχισμών εξόδου μέσα σε ένα κύκλο





# Ιδιότητες TSI

---

- Η μνήμη δεδομένων φωνής εξυπηρετεί όλες τις εισόδους και εξόδους και πρέπει να λειτουργεί στη συνολική ταχύτητα εισόδου και εξόδου όλων των γραμμών
  - Η ταχύτητα της μνήμης δεδομένων φωνής είναι κρίσιμη παράμετρος στους διακόπτες πεδίου χρόνου και περιορίζει την επίδοση του διακόπτη
  - Η χρήση μετατροπής σειριακού σε παράλληλο μπορεί να μειώσει τις απαιτήσεις (π.χ. διαίρεση για 8)



# Ιδιότητες TSI

---

- Οι απαιτήσεις ταχύτητας της μνήμης ελέγχου είναι το μισό αυτής της μνήμης δεδομένων φωνής (στην πραγματικότητα λίγο περισσότερο για να επιτρέψει την ενημέρωση των δεδομένων ελέγχου)
- Στη διάρκεια ενός πλαισίου πρέπει να γίνουν όλες οι εγγραφές και αναγνώσεις
- Υποθέτοντας ότι η ανάγνωση και εγγραφή στη μνήμη παίρνει τον ίδιο χρόνο
  - Μέγιστος αριθμός καναλιών που μπορούν να μεταχθούν
  - = διάρκεια πλαισίου/2/(χρόνος μνήμης)



# Ιδιότητες TSI

---

- Η ταχύτητα της μνήμης καθορίζει τη μέγιστη χωρητικότητα
- Το μέγεθος του διακόπτη μεγαλώνει γραμμικά:
  - Σε σχέση με το πλήθος χρονοσχισμών εισόδου και εξόδου
- Απλή και οικονομική λύση για όσο επαρκεί η ταχύτητα της μνήμης

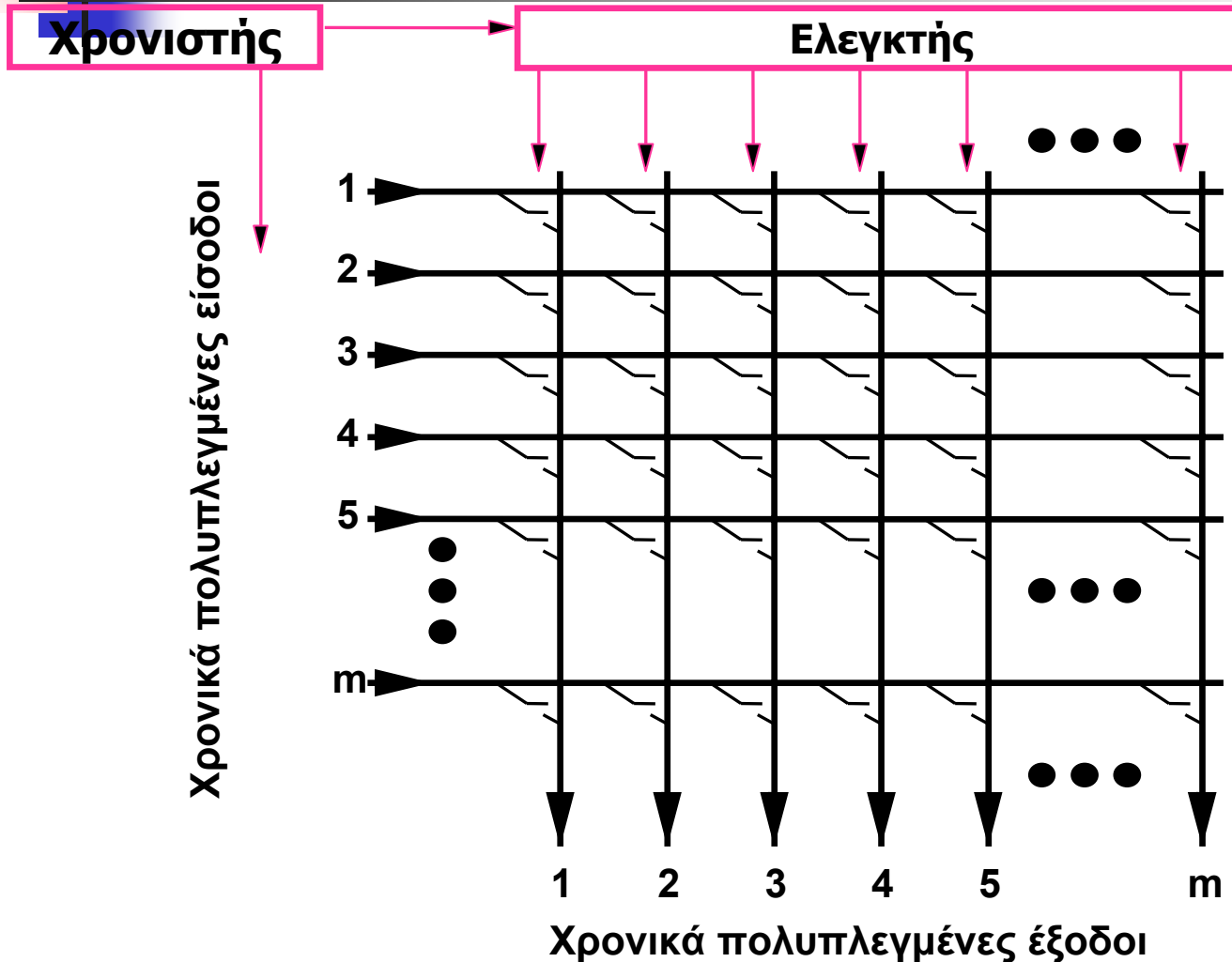


# Μεταγωγή διαίρεσης χώρου

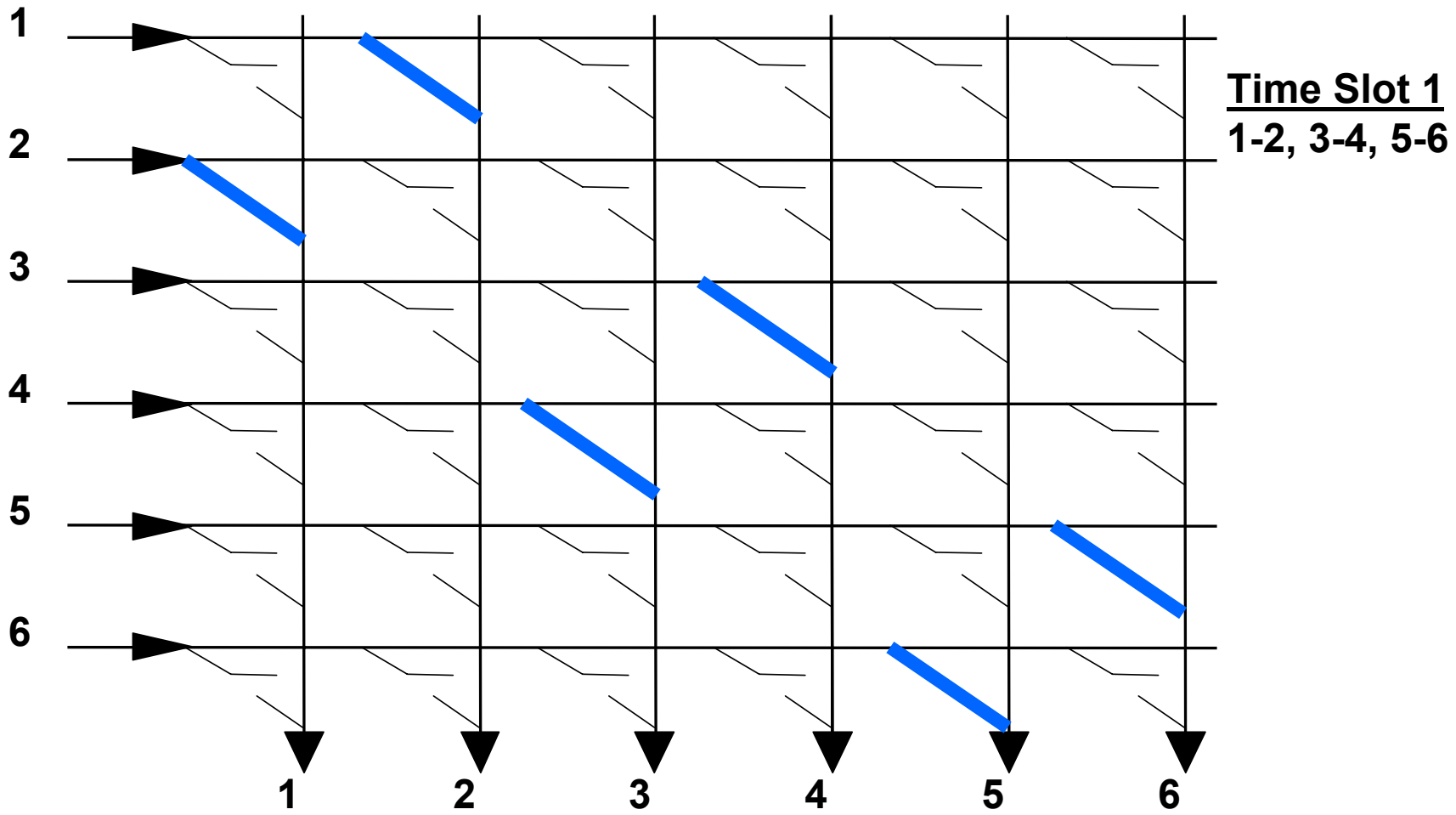
---

- Ο διακόπτης πεδίου χώρου έχει πολλές φυσικές θύρες εισόδου και εξόδου
  - Μπορεί να αναδιατάσσεται ανά χρονική στιγμή
- Τα δεδομένα μεταάγονται έτσι ώστε κάθε χρονική στιγμή συγκεκριμένες εισοδοί να μεταάγονται σε συγκεκριμένες εξόδου
- Δεν αναδιατάσσει χρονοσχισμές!

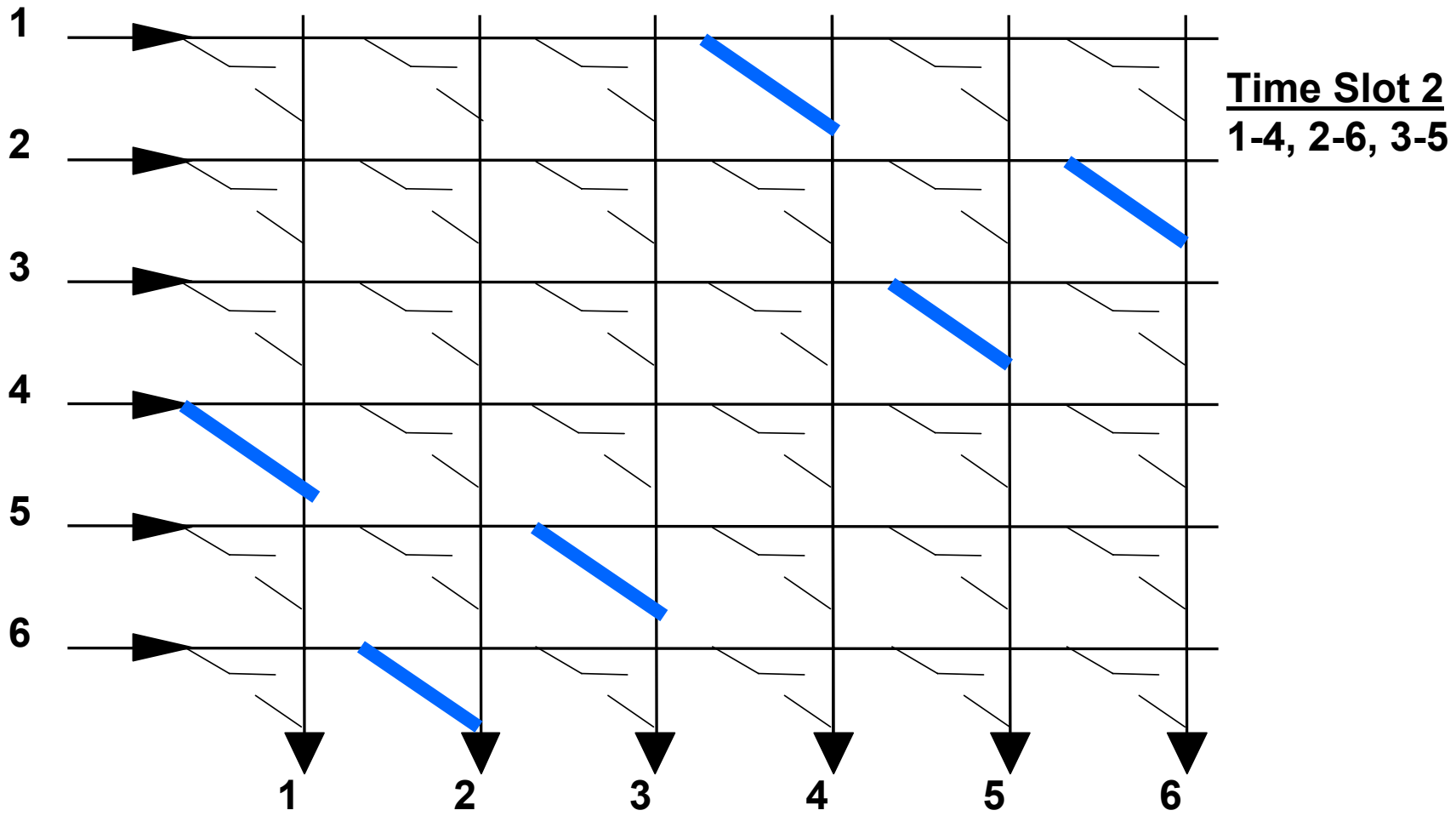
# Time Multiplexed Switch (TMS) Διακόπτης πολυπλεξίας χρόνου



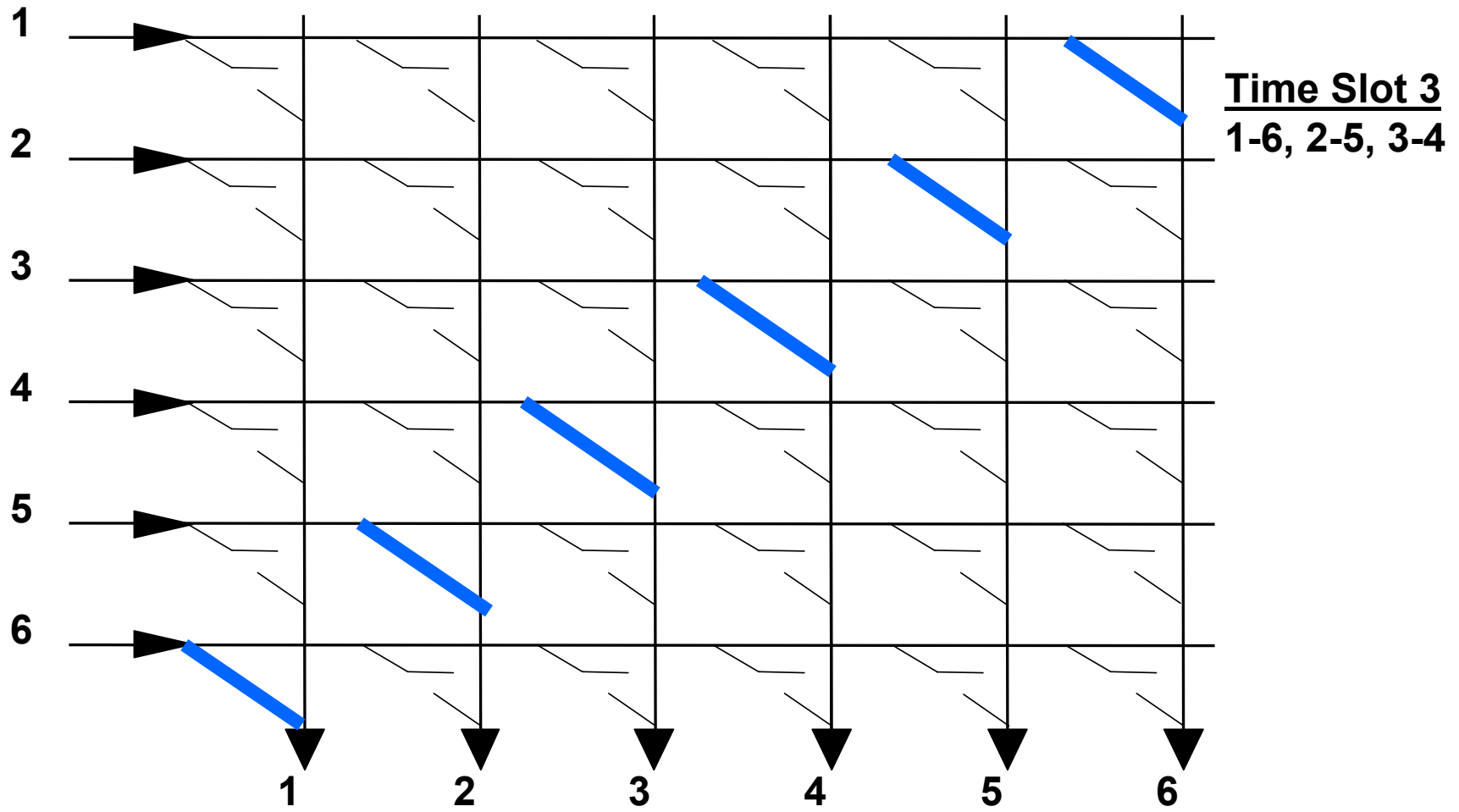
# Λειτουργία TMS



# Λειτουργία TMS

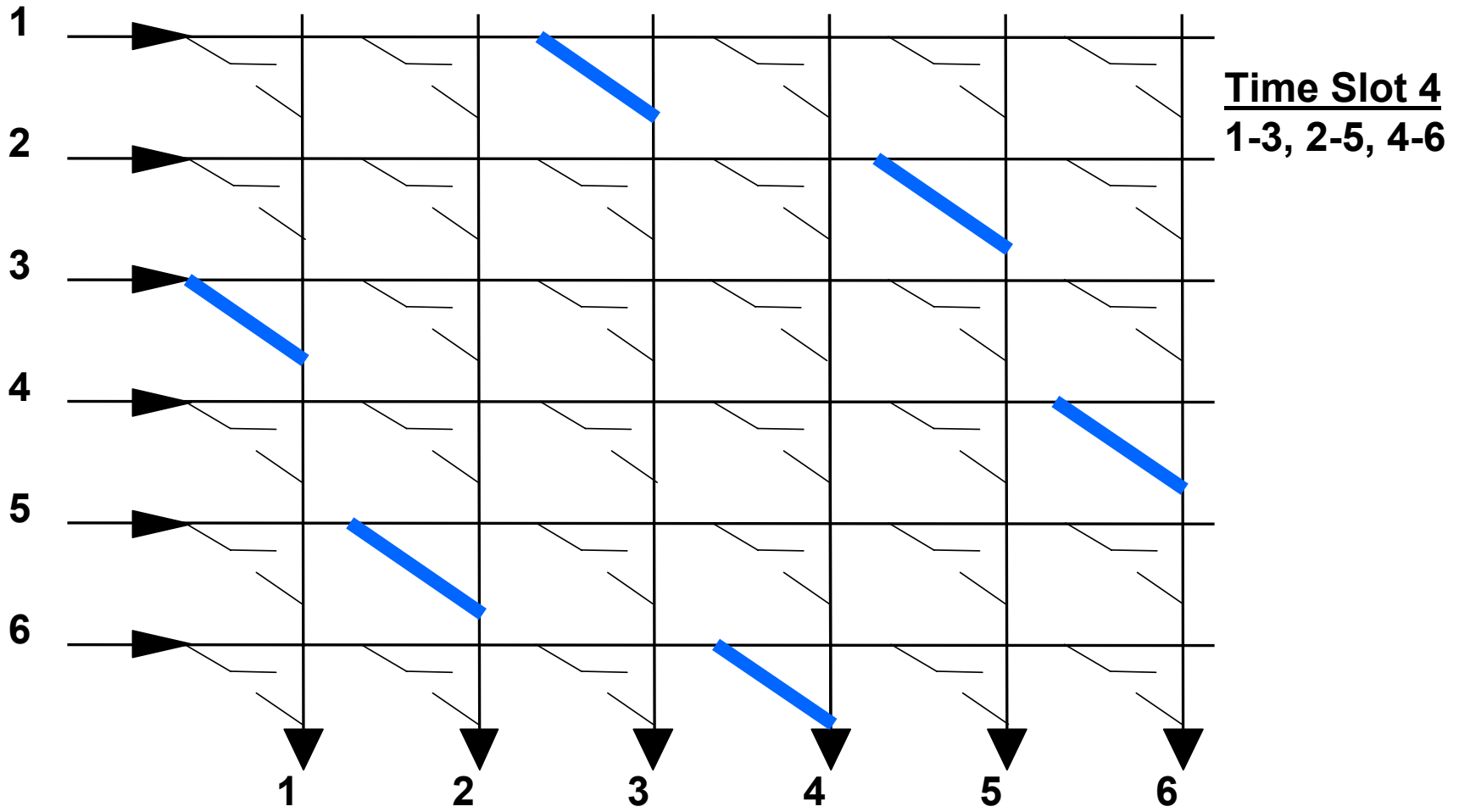


# Λειτουργία TMS

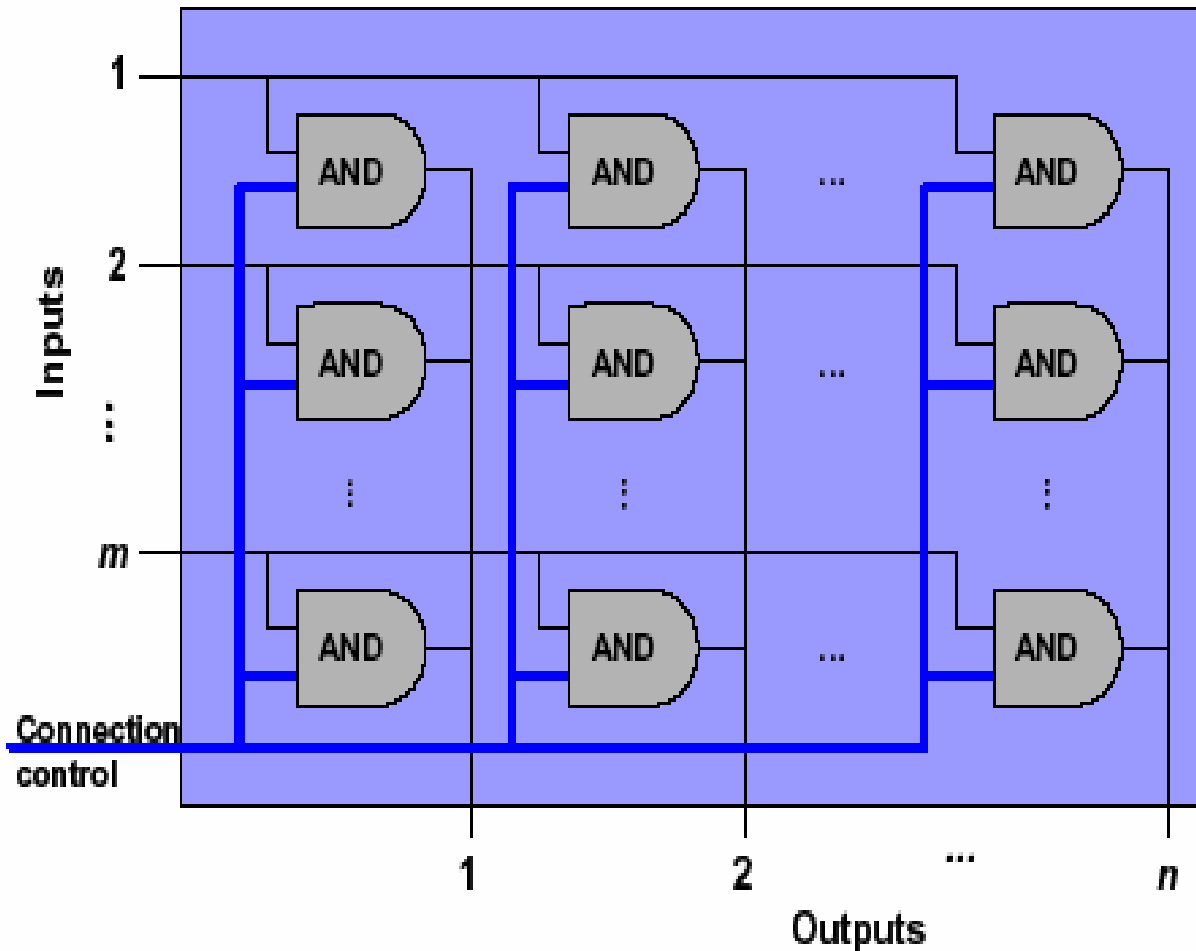




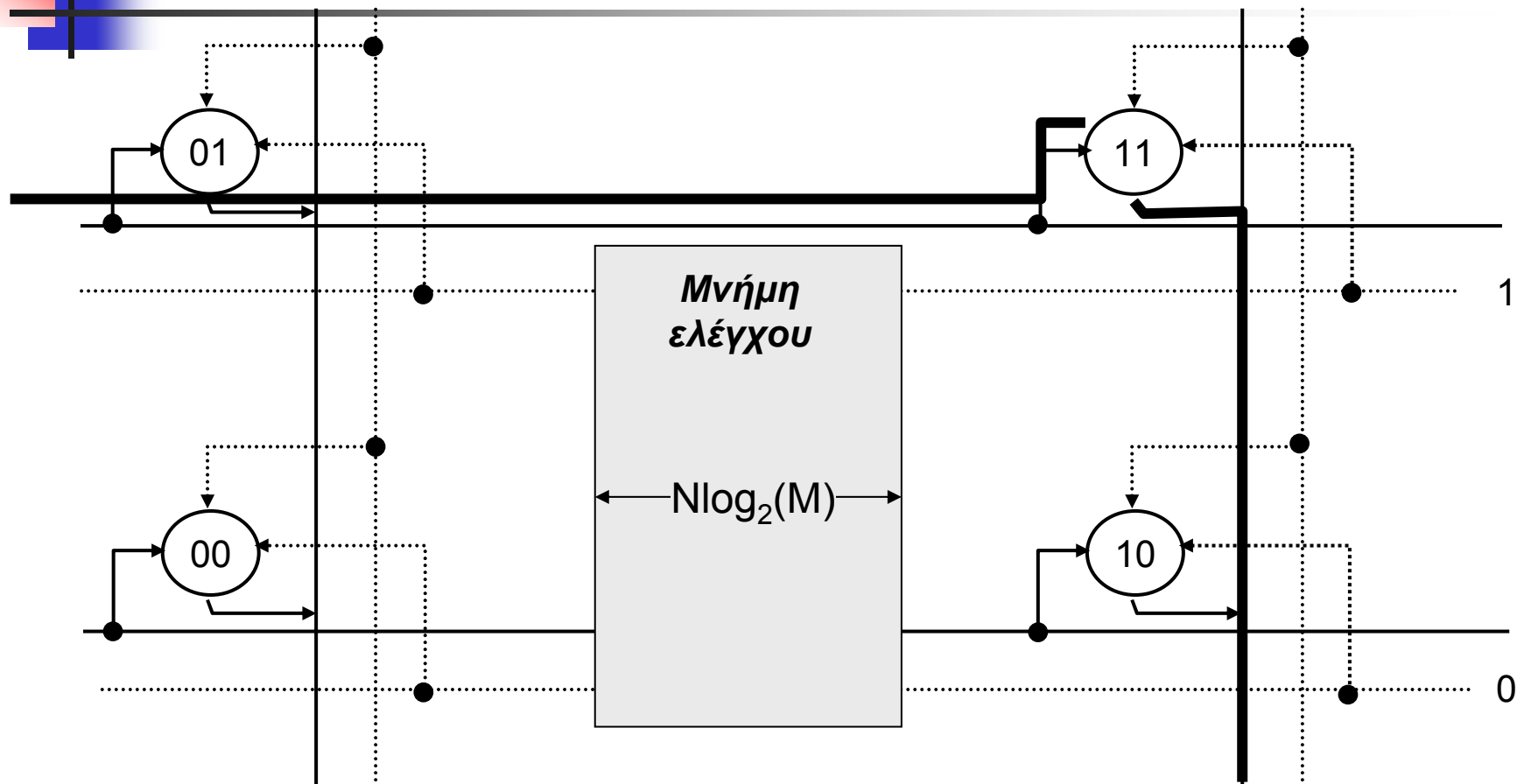
# Λειτουργία TMS



# Υλοποίηση με λογικές πύλες



# Λειτουργίες ελέγχου TMS<sub>1</sub>



..... Έλεγχος  
— Σήμα

Δύο είσοδοι, Δύο έξοδοι

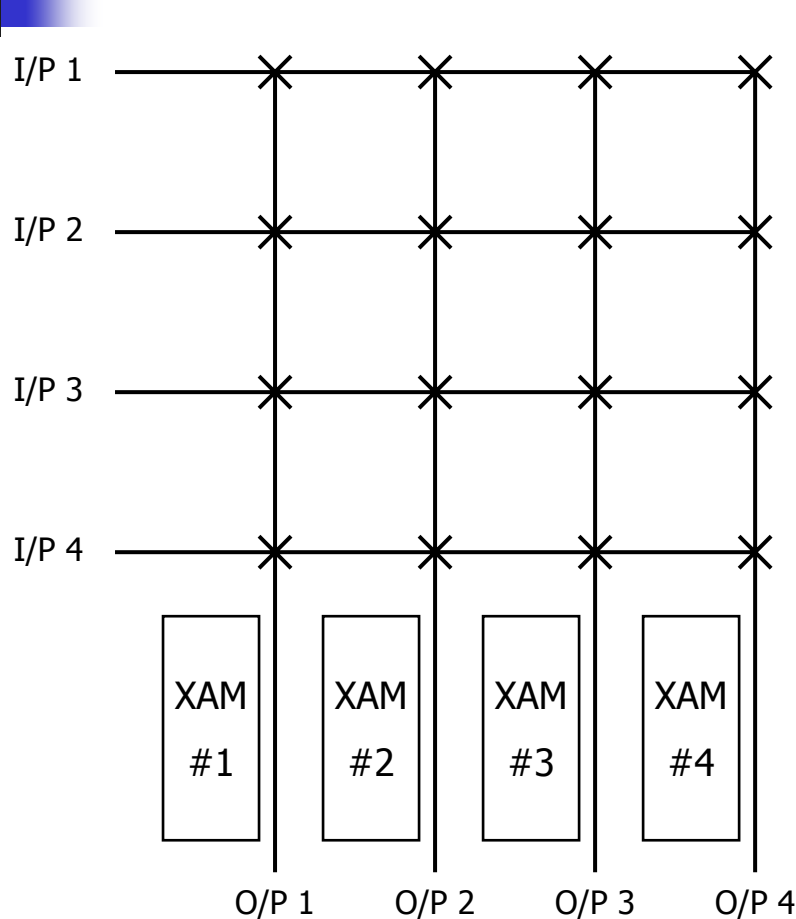


# Λειτουργίες ελέγχου TMS

---

- Η πληροφορία ελέγχου αποθηκεύεται σε μια μνήμη που αποκαλείται XAM (cross-point address memory)
  - Είναι RAM με χωρητικότητα ικανή να αποθηκεύσει μια λέξη για κάθε χρονοσχισμή
  - Η λέξη προσδιορίζει τη συγκεκριμένη φυσική θύρα με την οποία θα γίνει η σύνδεση
- Η ενημέρωση της XAM είναι αποτέλεσμα των σημάτων σηματοδότησης
- Ο TMS αναδιατάσσεται δυναμικά ώστε σε κάθε χρονοσχισμή να γίνουν οι σωστές συνδέσεις
- Η μεταγωγή είναι μεταξύ θυρών, όχι χρονοσχισμών

# Λειτουργία ελέγχου TMS ανά στήλη



1
2
3
4
<b>XAM</b>
RAM = 32 x 5 bit
31
32

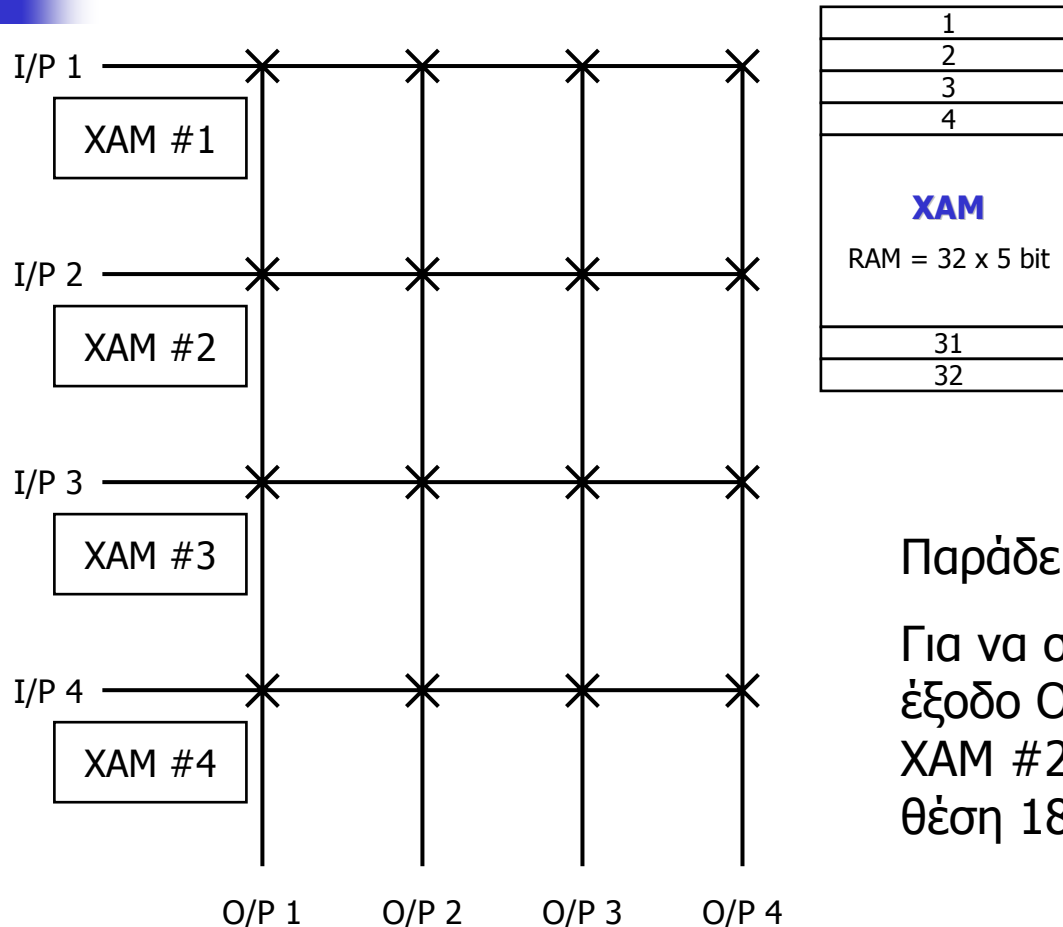
Η XAM αποθηκεύει τον αριθμό της εισόδου στην οποία θα συνδεθεί η δεδομένη έξοδος για κάθε χρονοσχισμή

Παράδειγμα:

Για να συνδεθεί η είσοδος I/P 2 στην έξοδο O/P 4 για τη χρονοσχισμή 18, η XAM #4 αποθηκεύει την τιμή "2" στη θέση 18

- “Από ποια είσοδο λαμβάνω?”

# Λειτουργία ελέγχου TMS ανά γραμμή



Η XAM αποθηκεύει τον αριθμό της εξόδου στην οποία θα συνδεθεί η δεδομένη είσοδος για κάθε χρονοσχισμή

Παράδειγμα:

Για να συνδεθεί η είσοδος I/P 2 στην έξοδο O/P 4 για τη χρονοσχισμή 18, η XAM #2 αποθηκεύει την τιμή "2" στη θέση 18

- "Σε ποια έξοδο παραδίδω?"



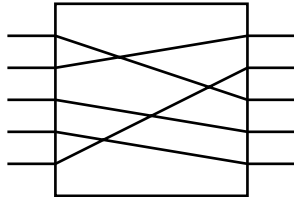
# Ιδιότητες TMS

---

- Το πλήθος των διασταυρώσεων (πύλες AND) μεγαλώνει όπως το **γινόμενο** του αριθμού εισόδων και εξόδων
- Ο ρυθμός εξόδου καθορίζει την ταχύτητα των στοιχείων μεταγωγής
- Οι αρτηρίες (bus) εισόδου και εξόδου καθιστούν τον εντοπισμό βλαβών δύσκολο
- Επειδή η μεταγωγή είναι λογική πράξη, το πλήθος των διασταυρώσεων δημιουργεί προβλήματα απαγωγής θερμότητας (στα ολοκληρωμένα κυκλώματα)
- Το μεγάλο πλήθος διεπαφών οδηγεί με μακριές αρτηρίες που με τη σειρά τους απαιτούν μεγαλύτερη κατανάλωση ισχύος

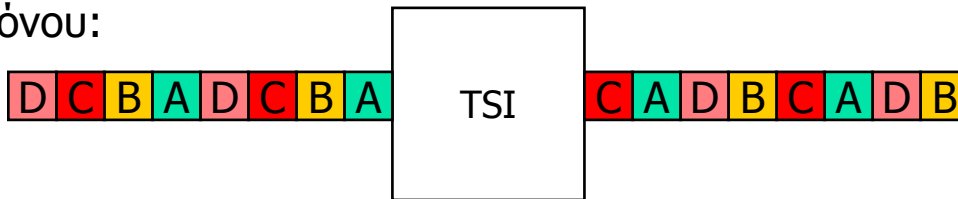
# Διακόπτης Time-Space-Time (TST)

Διακόπτης πεδίου  
Χώρου:



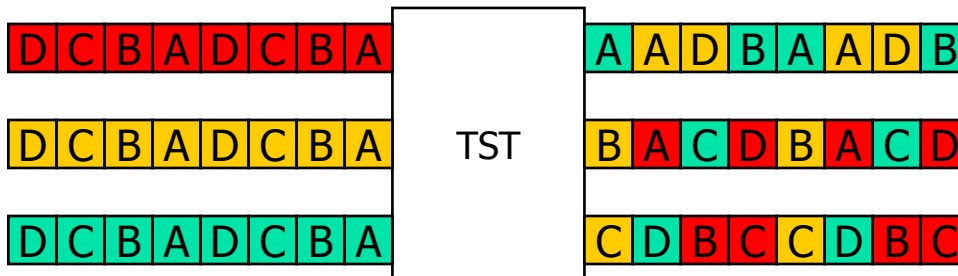
Οι φυσικές εισοδοι συνδέονται σε φυσικές  
εξόδους

Διακόπτης πεδίου  
Χρόνου:



Οι χρονοσχιμές  
αναδιατάσσονται στην ίδιο  
φυσικό φορέα (T1 ή E1)

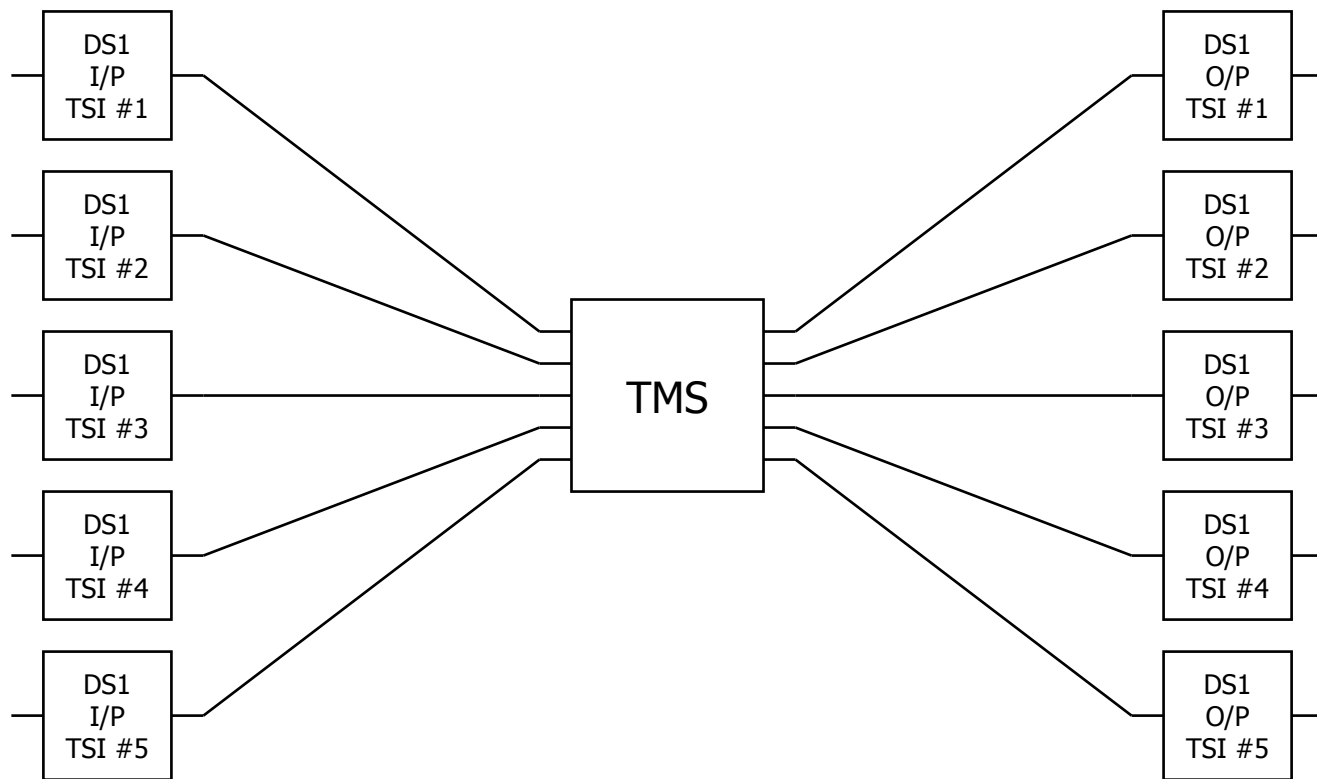
Διακόπτης Time-Space-Time:



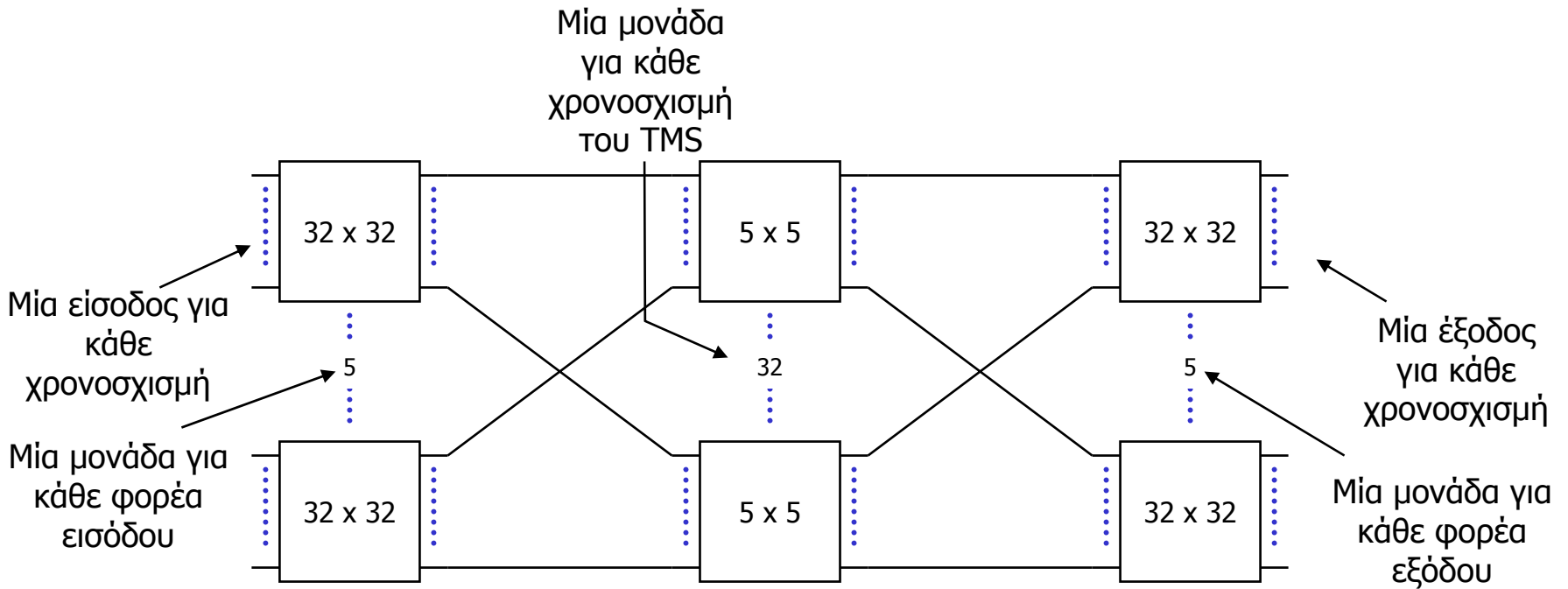
Τα δεδομένα αναδιατάσσονται  
μεταξύ φυσικών φορέων και  
χρονικών σχισμών



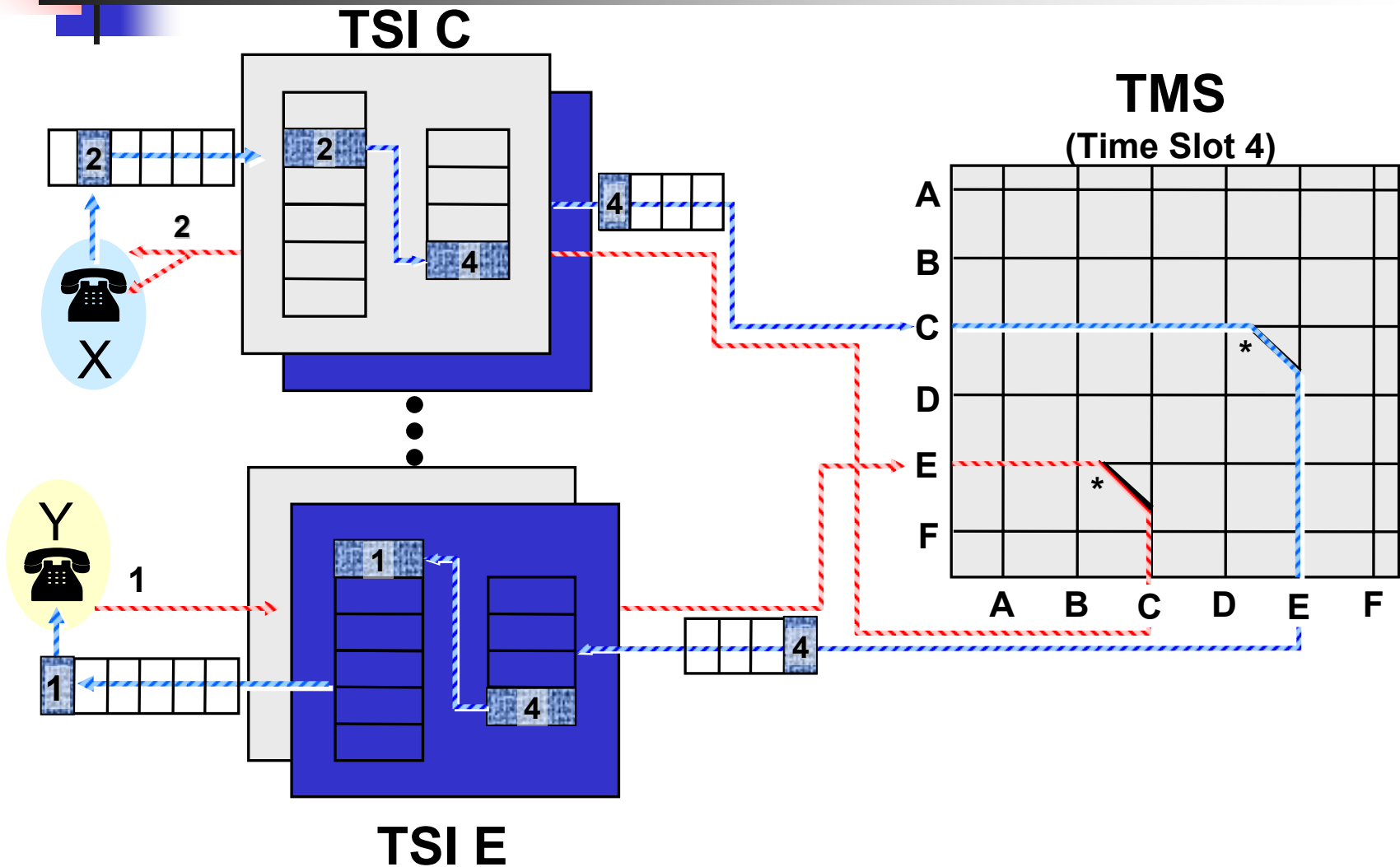
# Διακόπτης TST



# Ισοδύναμος διακόπτης στο χώρο



# Διακόπτης TST



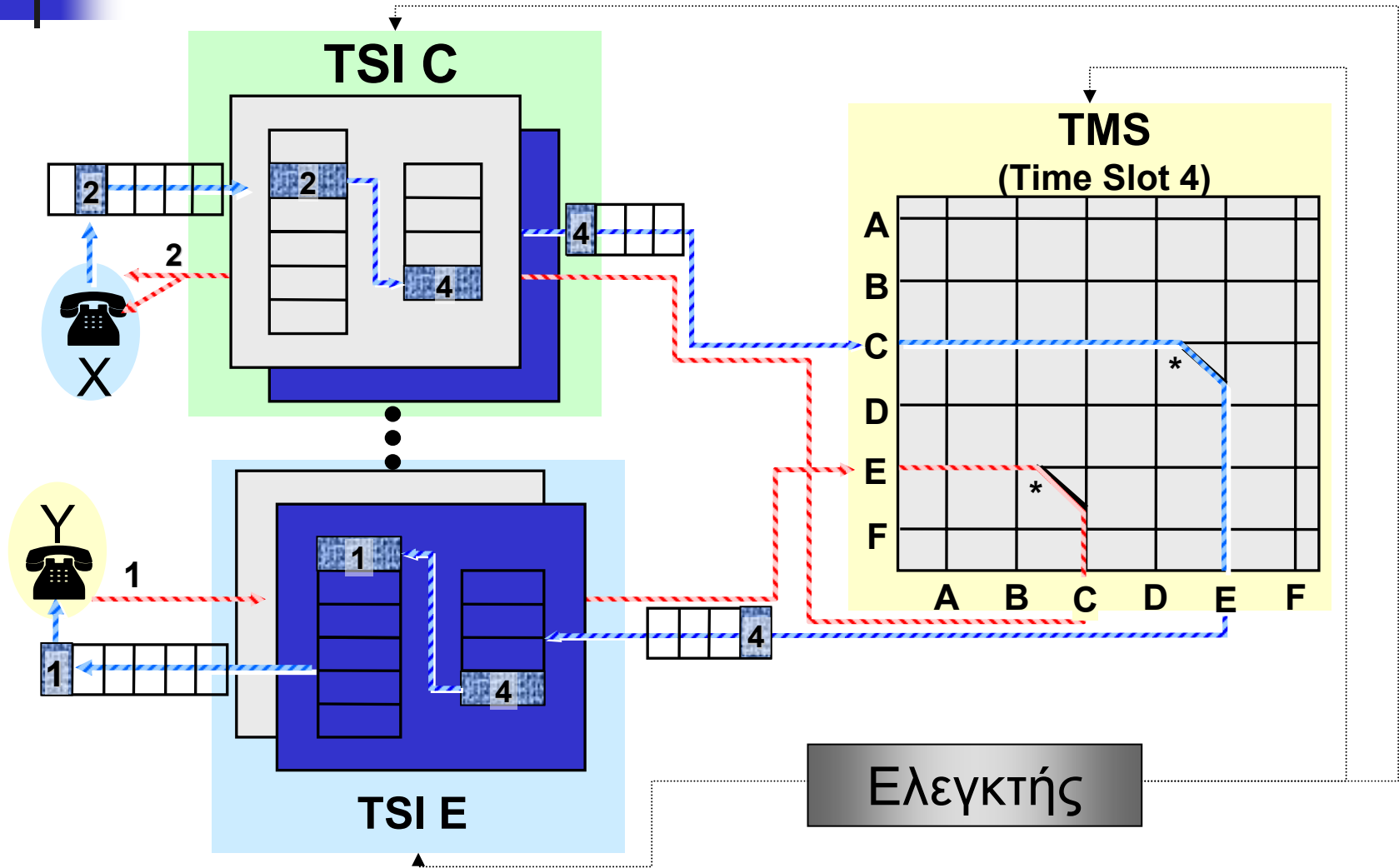


# Έλεγχος διακόπτη TST

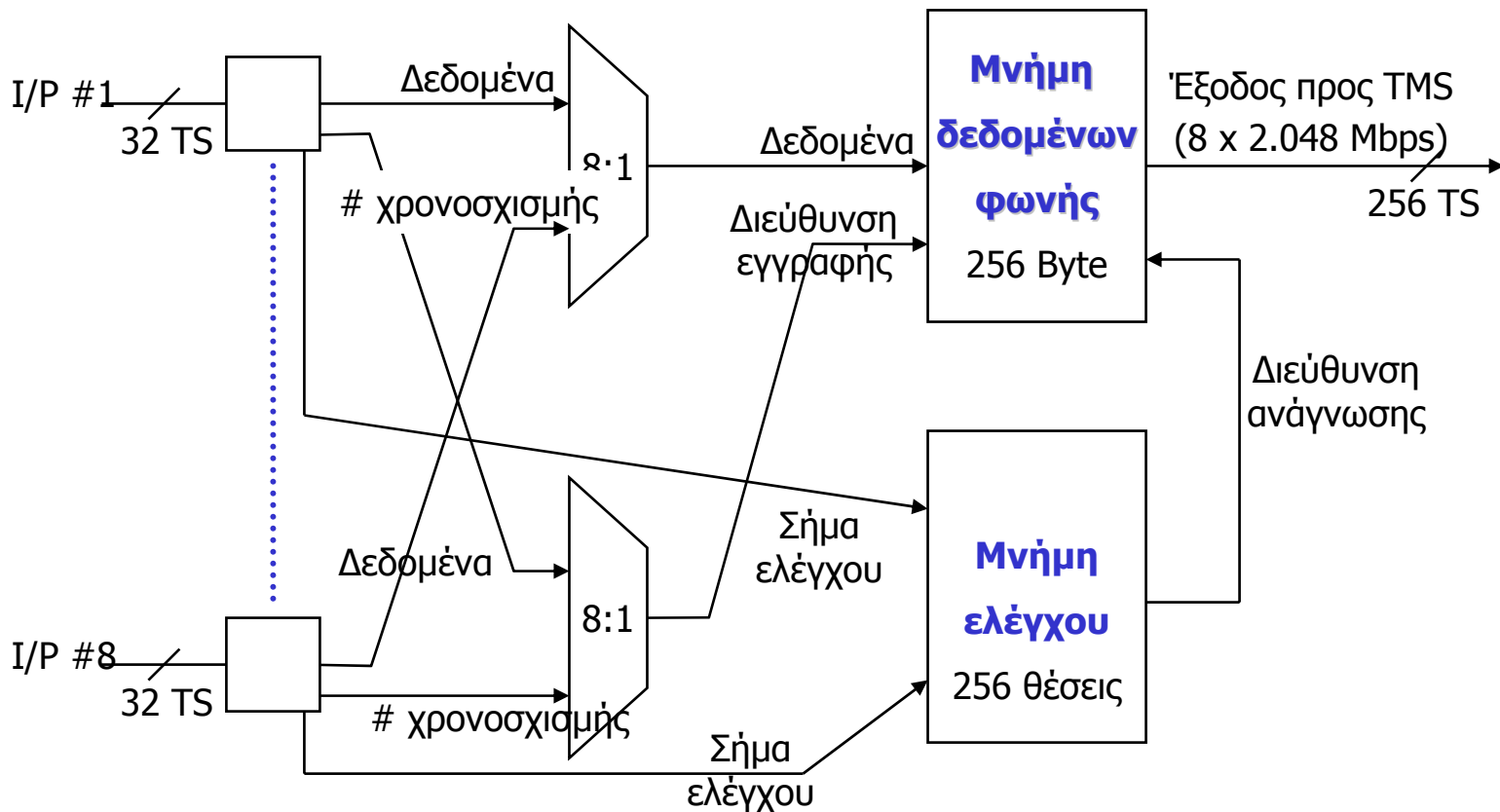
---

- Πρώτα βρίσκουμε μια ελεύθερη χρονοσχισμή από το TSI εισόδου στο TMS και από το TMS προς το TSI εξόδου
- Μετά, αναδιατάσσουμε τη χρονοσχισμή εισόδου στην εν λόγω ελεύθερη χρονοσχισμή
- Μετά στο TMS συνδέουμε την σωστή γραμμή εισόδου με την σωστή γραμμή εξόδου κατά τη διάρκεια της εν λόγω χρονοσχισμής
- Τέλος, στο TSI εξόδου αναδιατάσσουμε την εν λόγω ελεύθερη χρονοσχισμή με τη χρονοσχισμή εξόδου

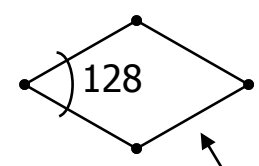
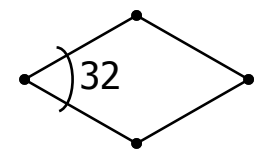
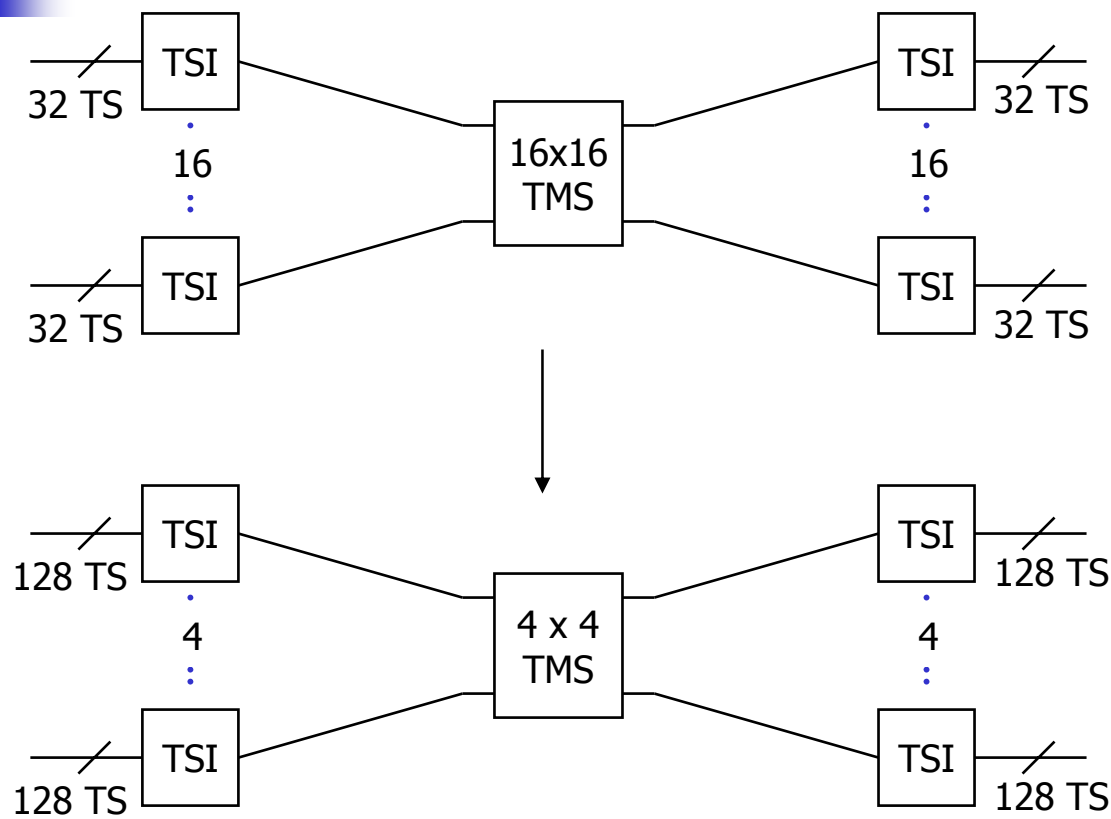
# Έλεγχος διακόπτη TST



# Πολυπλεξία μονάδων TSI



# Κέρδος από την πολυπλεξία



Μικρότερη πιθανότητα αποκλεισμού