



Τηλεφωνία

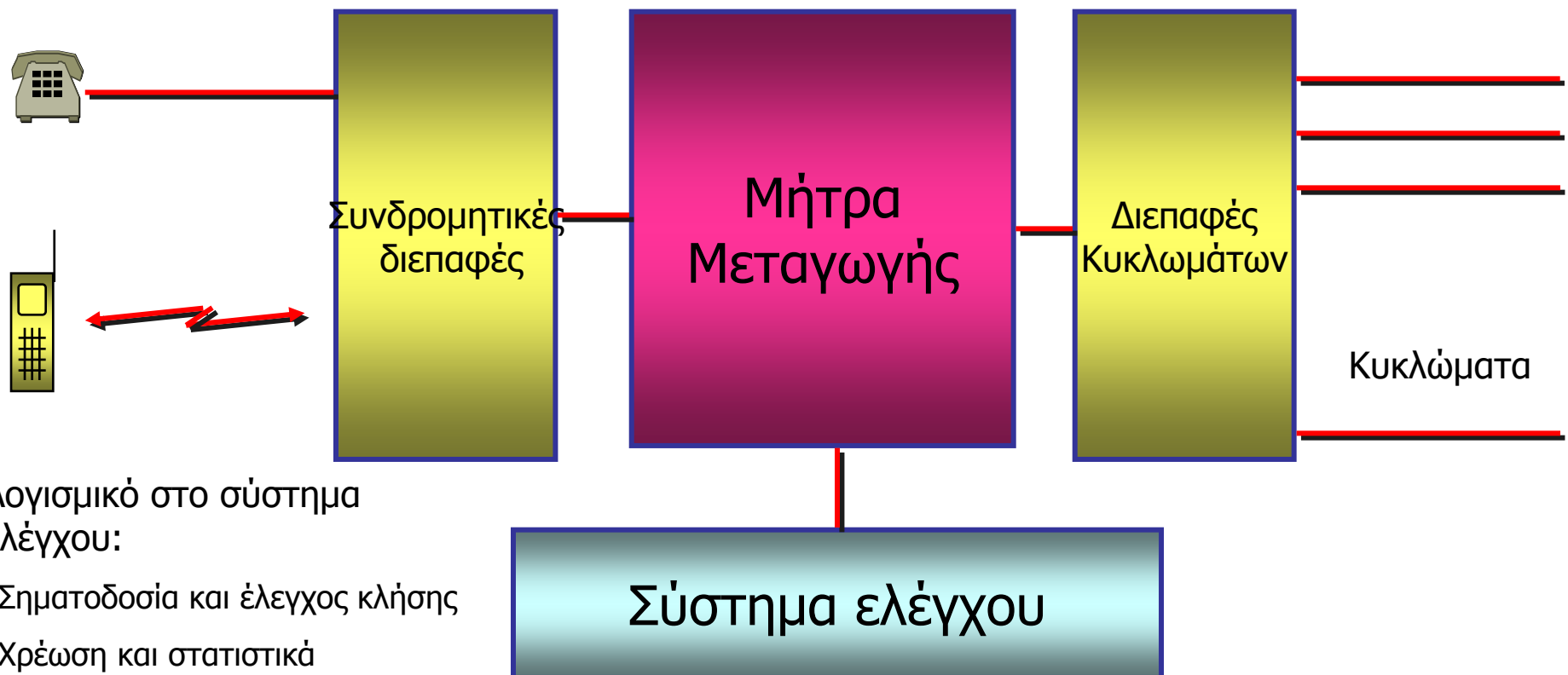
Ψηφιακά Τηλεφωνικά Κέντρα



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

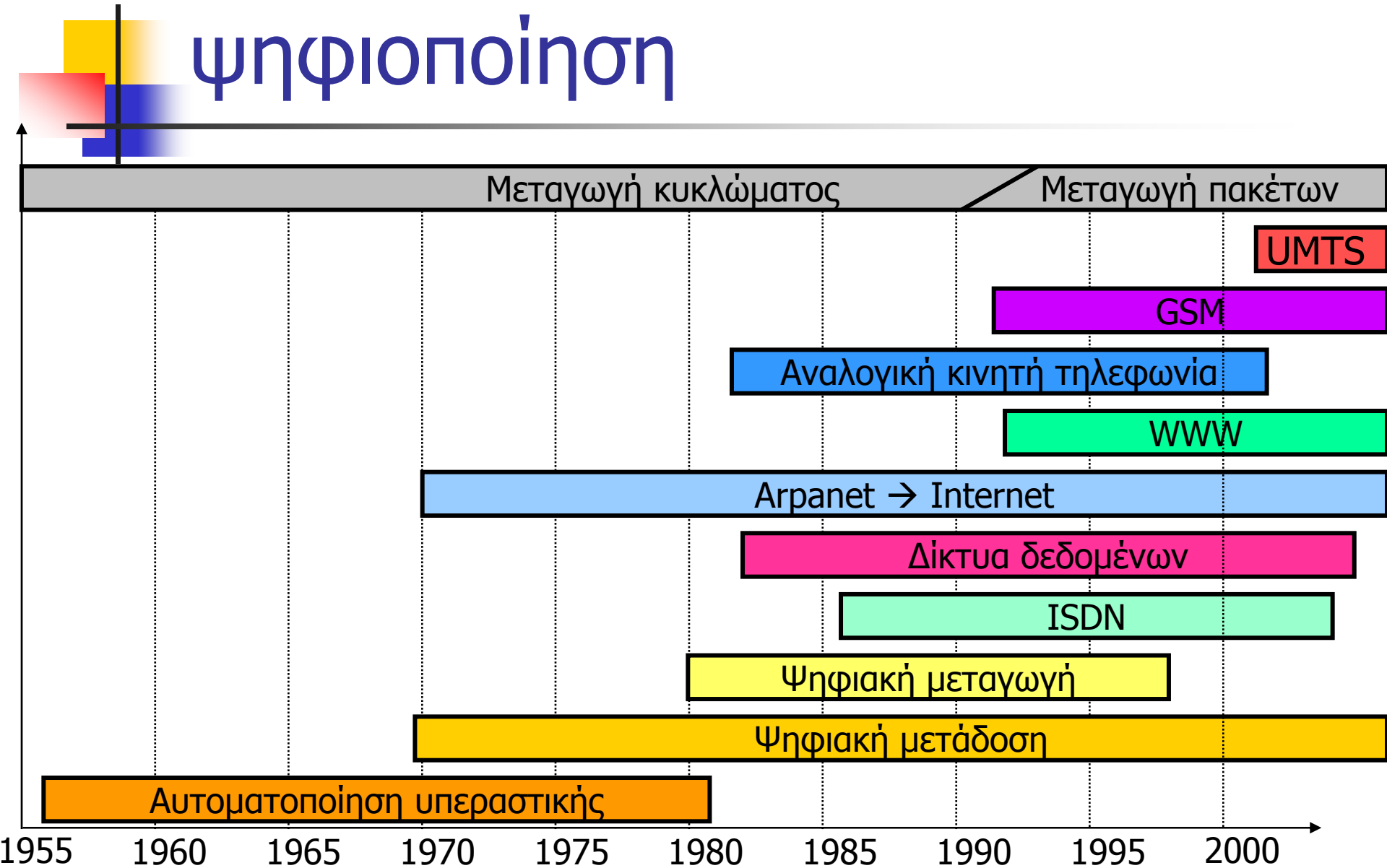
Δομή ψηφιακού κέντρου



Λογισμικό στο σύστημα ελέγχου:

- Σηματοδοσία και έλεγχος κλήσης
- Χρέωση και στατιστικά
- Συντήρηση

Η πορεία προς την ψηφιοποίηση

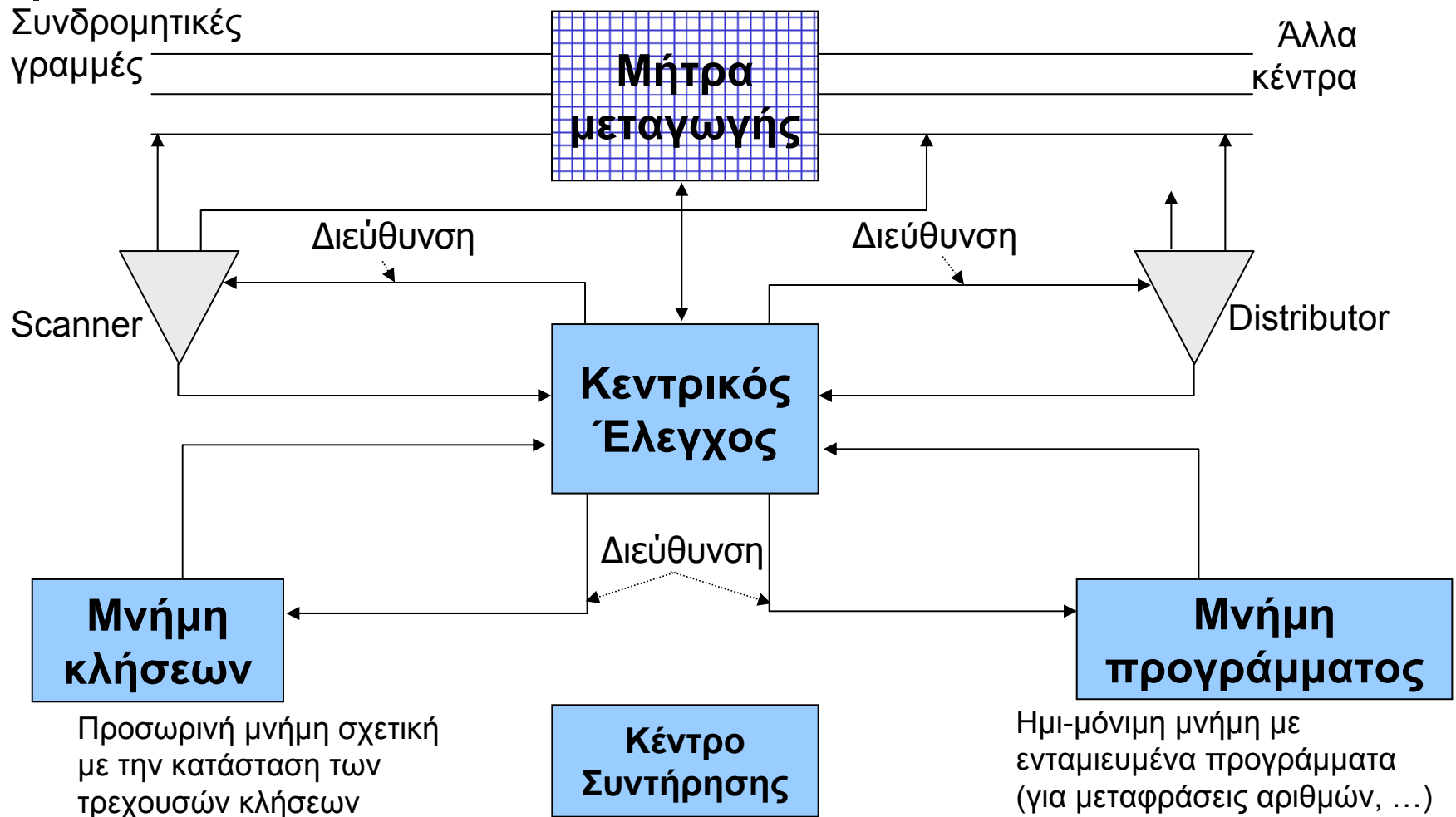




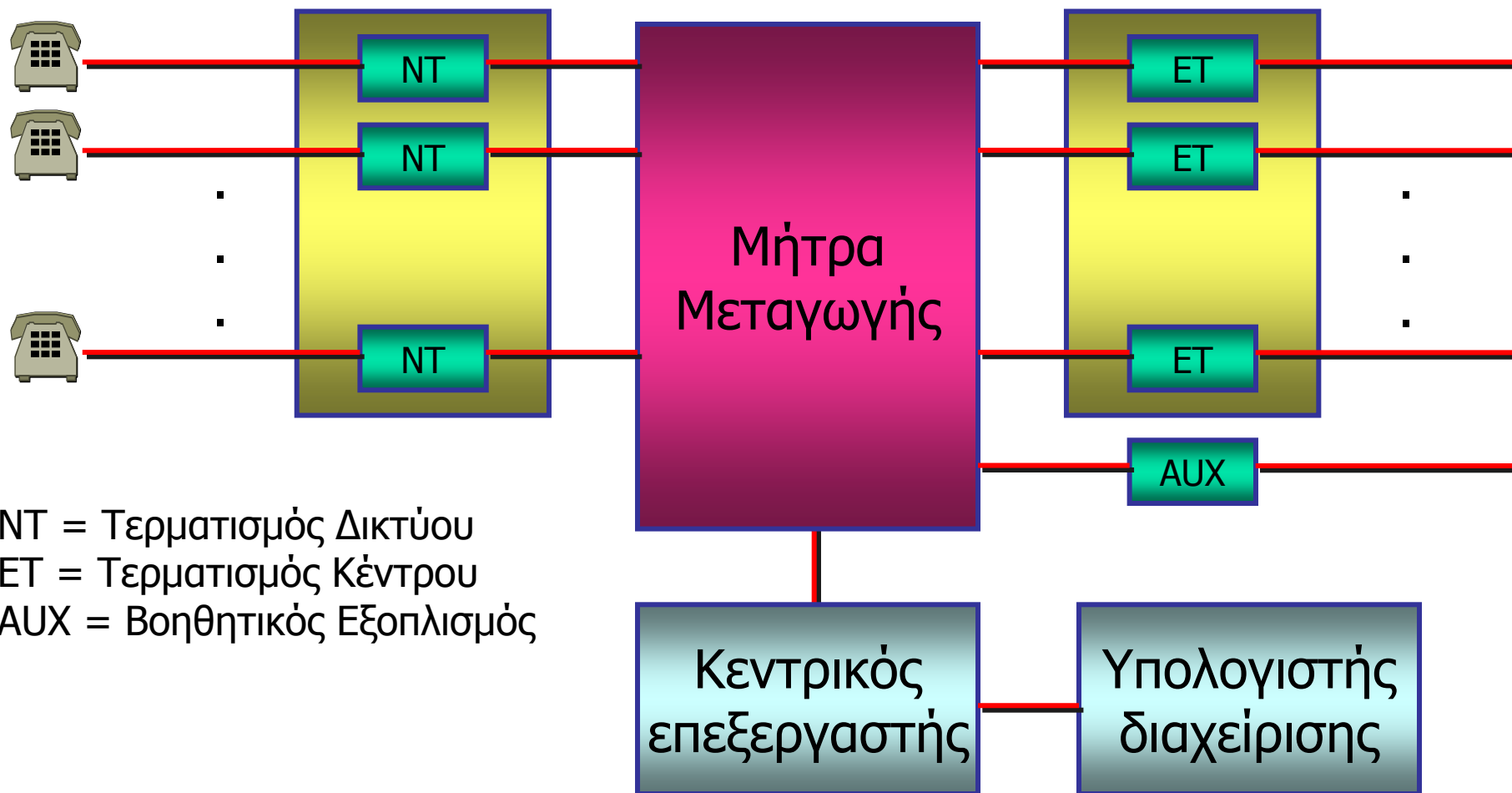
Τηλεφωνικά κέντρα ενταμιευμένου προγράμματος

- 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

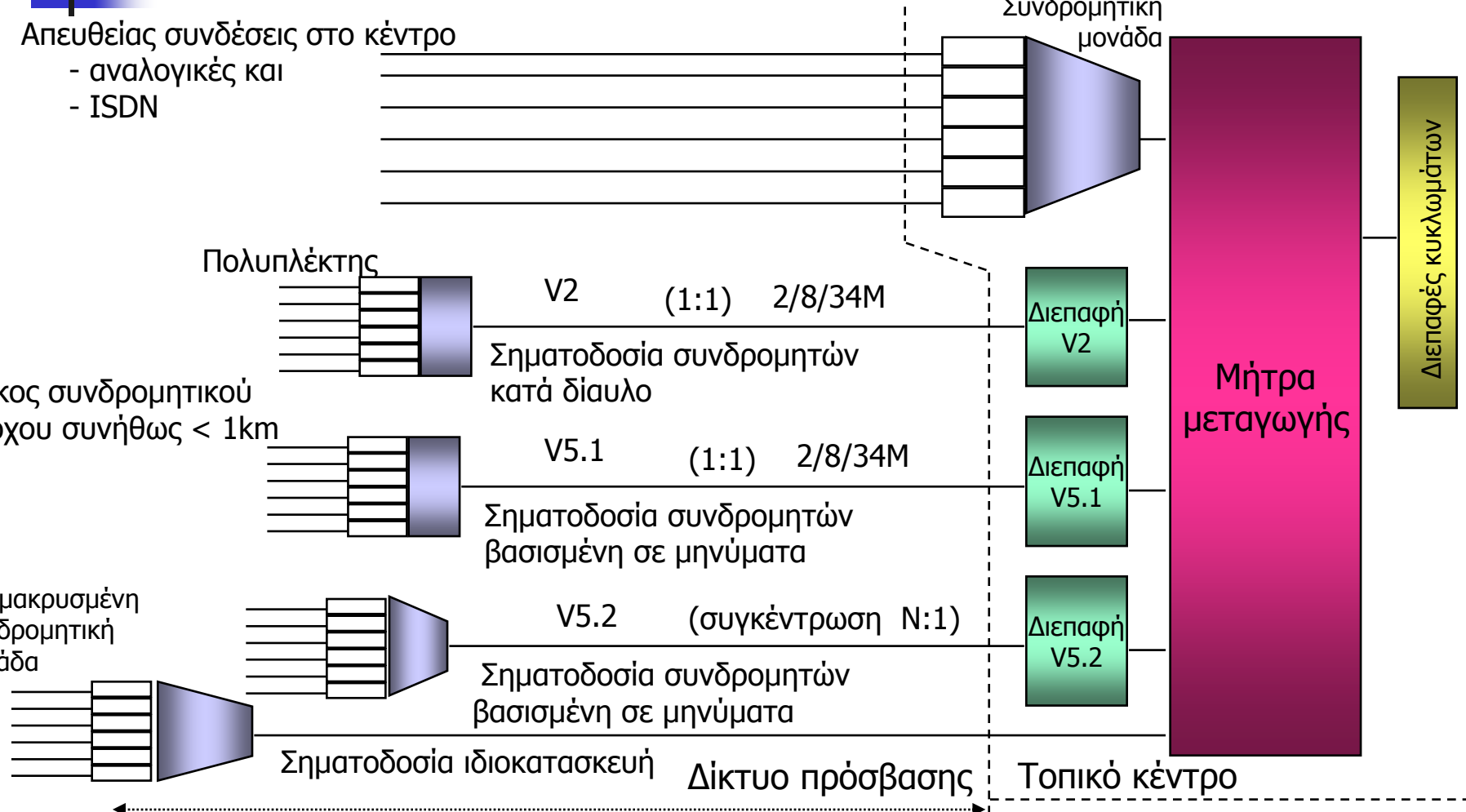
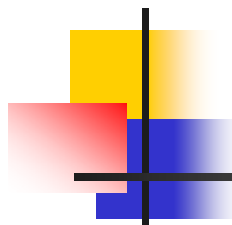
Διεπαφή V5.2

Μήτρα μεταγωγής

Διεπαφές κυκλωμάτων

Μήκος συνδρομητικού βρόχου συνήθως < 1km

Απομακρυσμένη συνδρομητική μονάδα





Σύστημα Ελέγχου

■ Κεντρικό

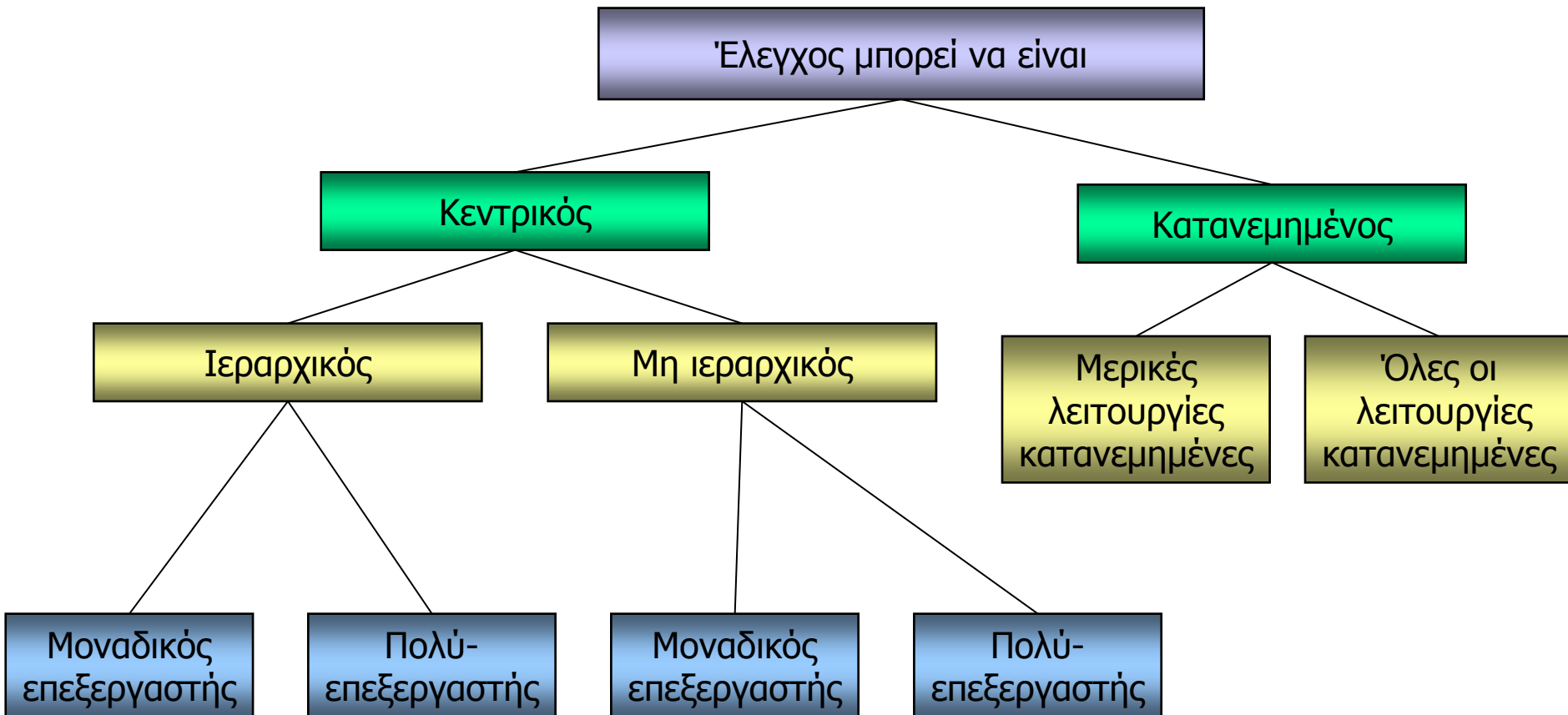
- Όλες οι λειτουργίες που απαιτούνται για την εγκατάσταση και απόλυση κλήσεων εκτελούνται σε κεντρική μονάδα επεξεργασίας
- Το έργο συνήθως μοιράζεται σε πολλούς επεξεργαστές
- Ιεραρχική ή μη ιεραρχική αρχιτεκτονική

■ Κατανεμημένο

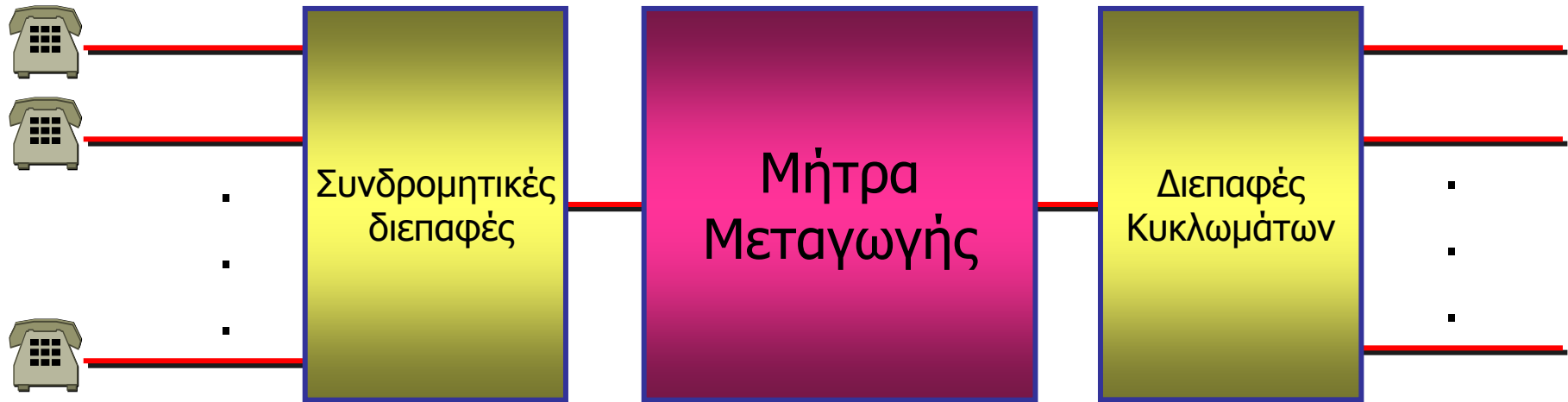
- Οι λειτουργίες μοιράζονται μεταξύ μονάδων επεξεργασίας που είναι εν πολλοίς ανεξάρτητες μεταξύ τους
- Το κέντρο χωρίζεται σε ένα αριθμό μονάδων και κάθε μονάδα έχει τον επεξεργαστή της



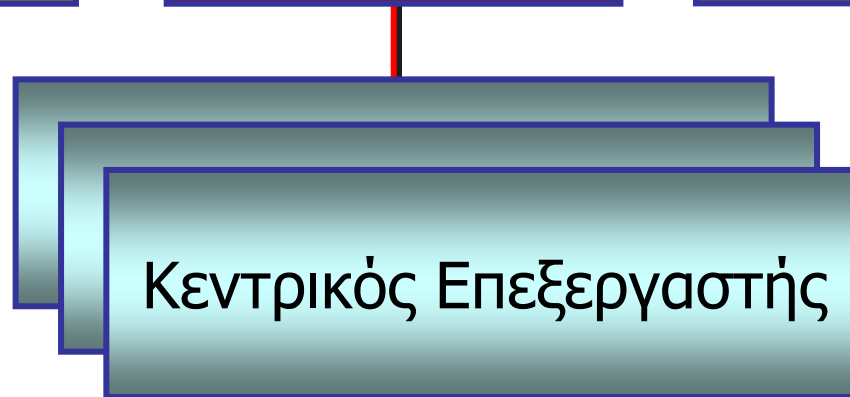
Σύστημα Ελέγχου



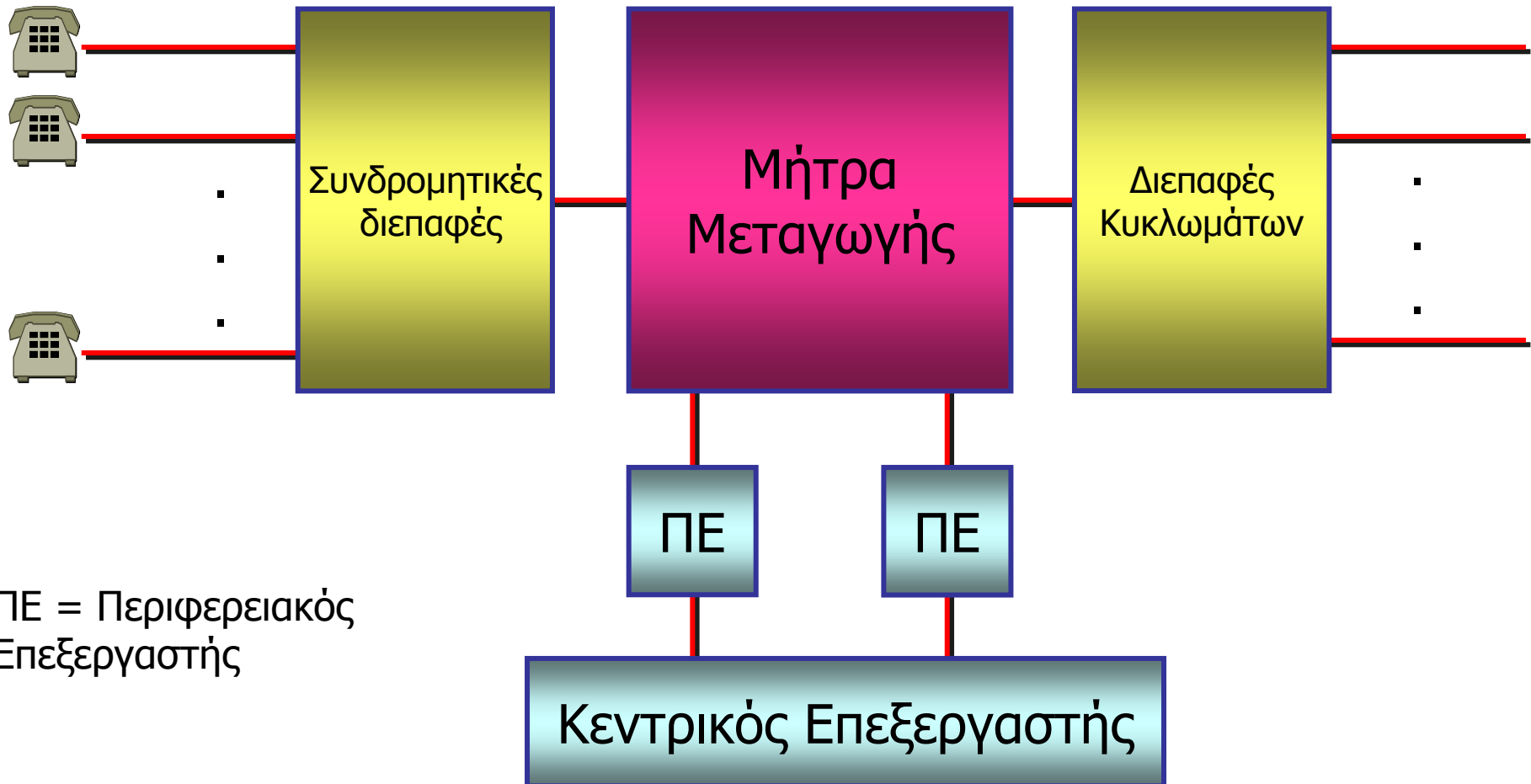
Κεντρικός έλεγχος (μη ιεραρχικός)



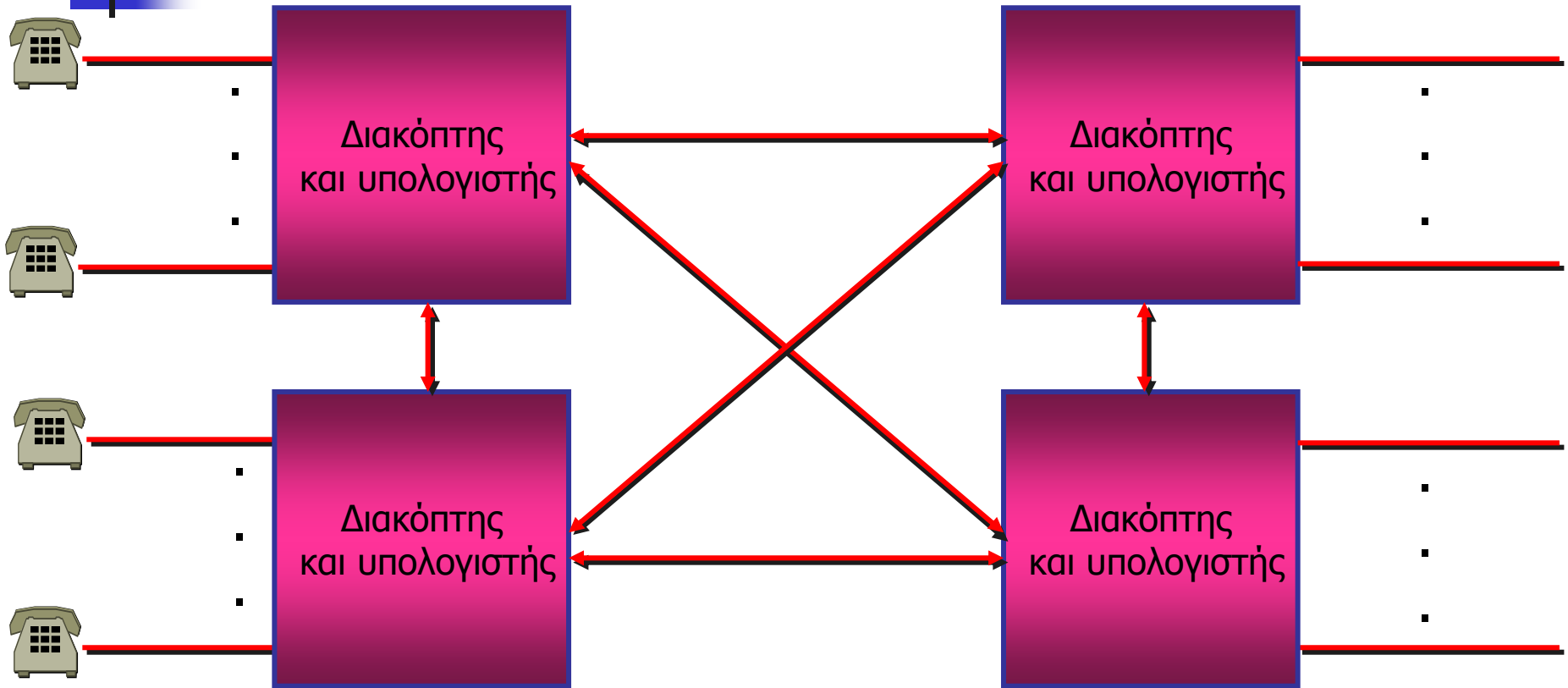
Συνήθως δύο ή τρεις επεξεργαστές για μεγαλύτερη αξιοπιστία



Κεντρικός έλεγχος (ιεραρχικός)

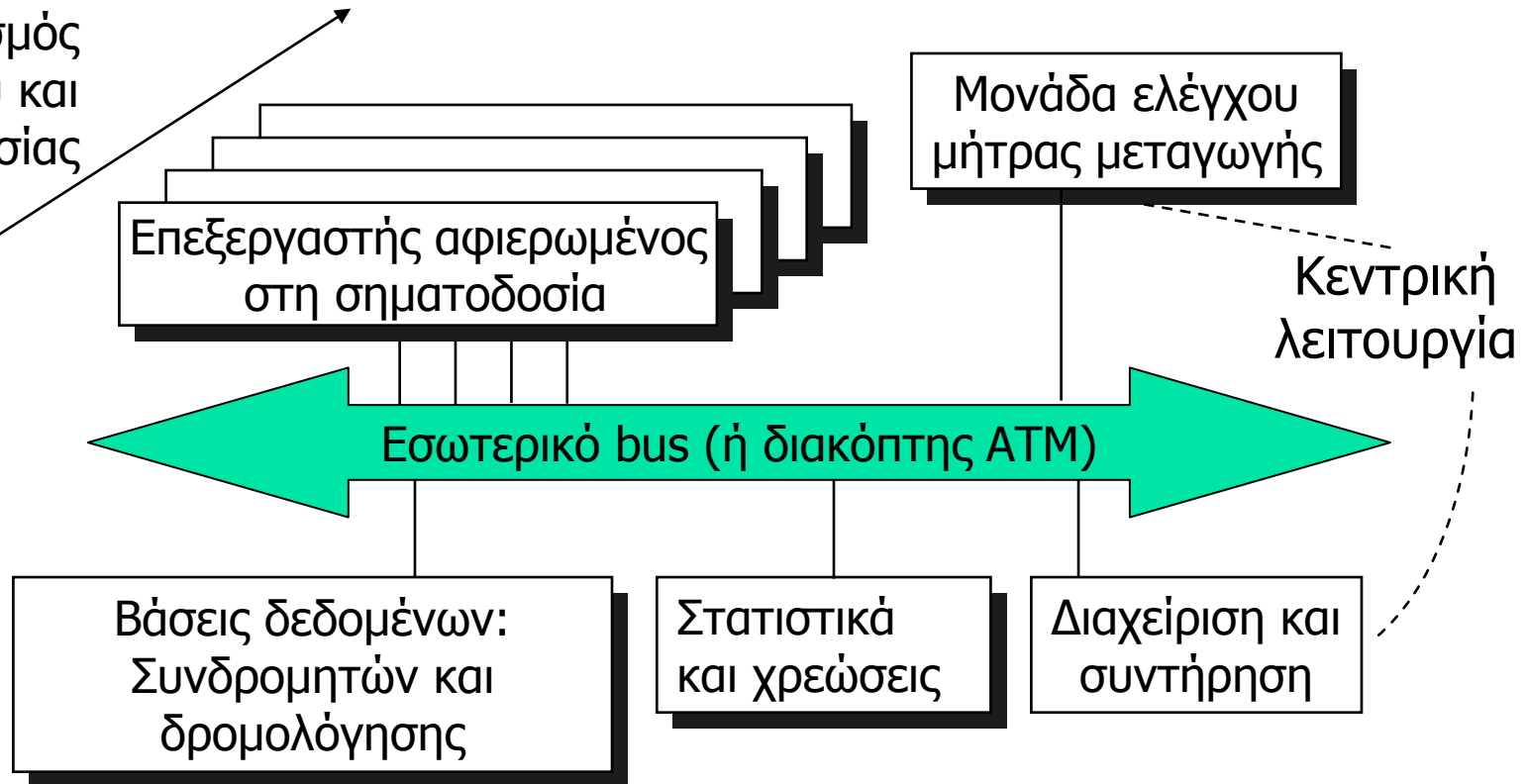


Κατανεμημένος έλεγχος



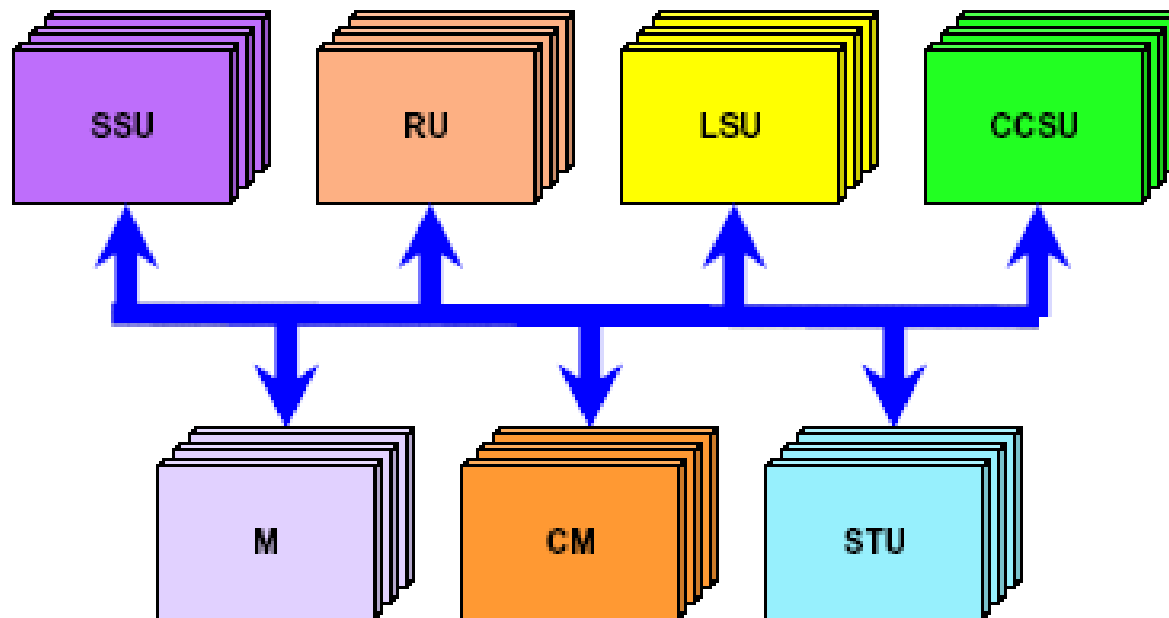
Παράδειγμα κατανεμημένου ελέγχου (DX-200)

Καταμερισμός του φορτίου και της σηματοδότησης



Ομαδοποίηση και καταμερισμός ανά λειτουργία
Διπλασιασμός όπου είναι αναγκαίο

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



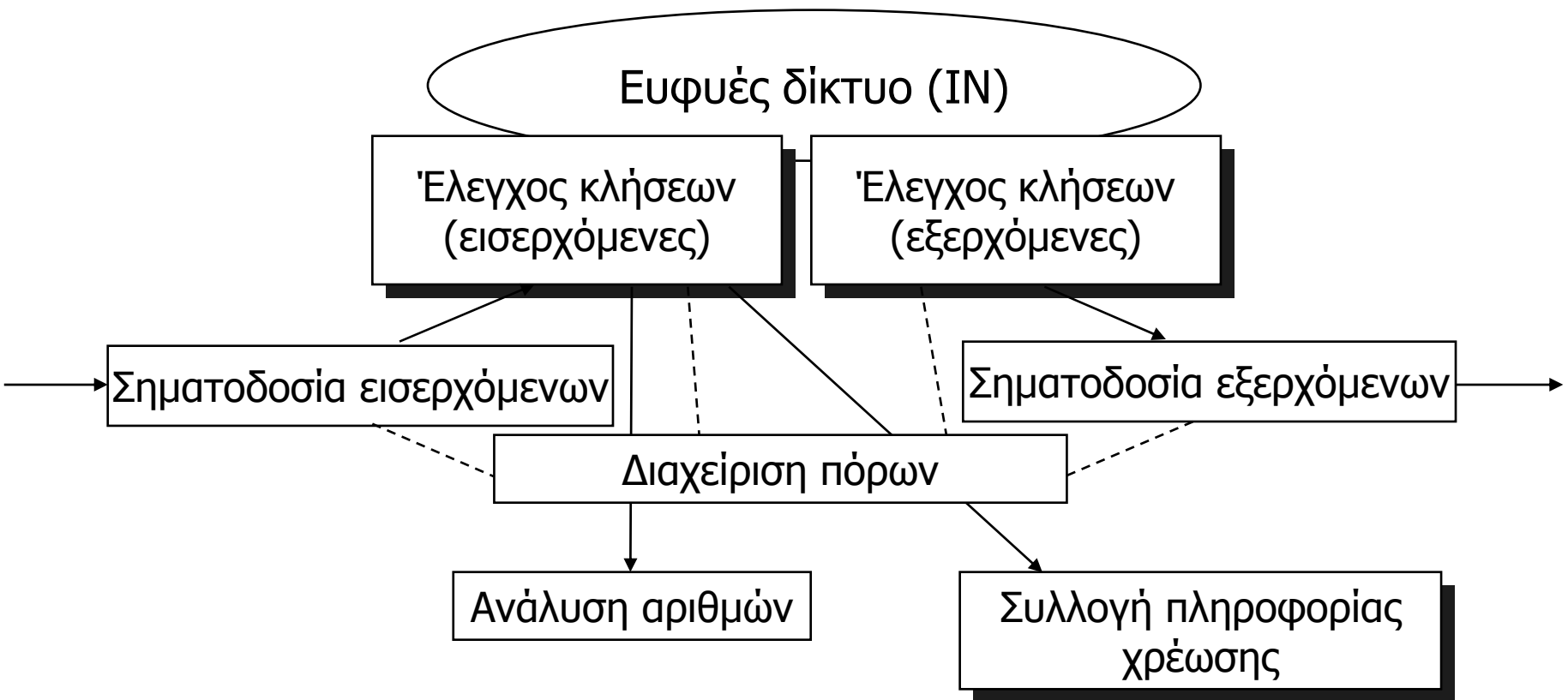
- Common Channel Signaling Unit (CCSU)
 - Επεξεργασία μηνυμάτων σηματοδοσίας SS7
- Central Memory (CM)
 - Κοινή μνήμη για όλες τις μονάδες
- Line Signaling unit (LSU)
 - Επεξεργασία σηματοδοσίας συνδρομητών
- Marker (M)
 - Έλεγχος συνδέσεων
- Register Unit (RU)
 - Καταχωρητές με στοιχεία για κλήσεις 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





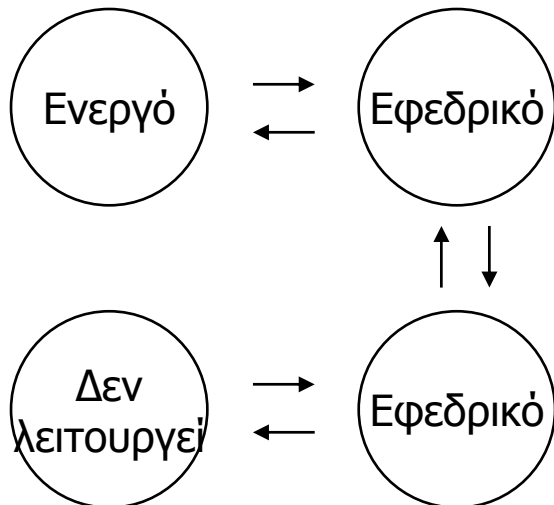
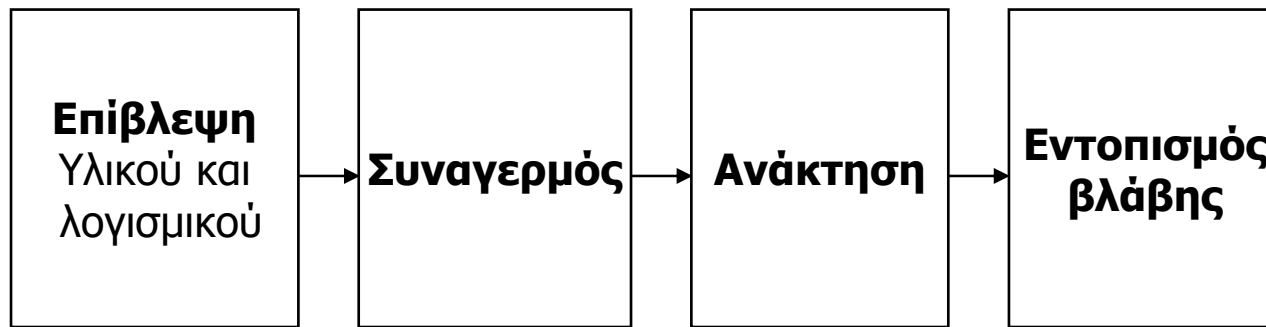
Λογισμικό Μεταγωγής

- 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 $< 2...3 \text{ min/έτος}$**

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

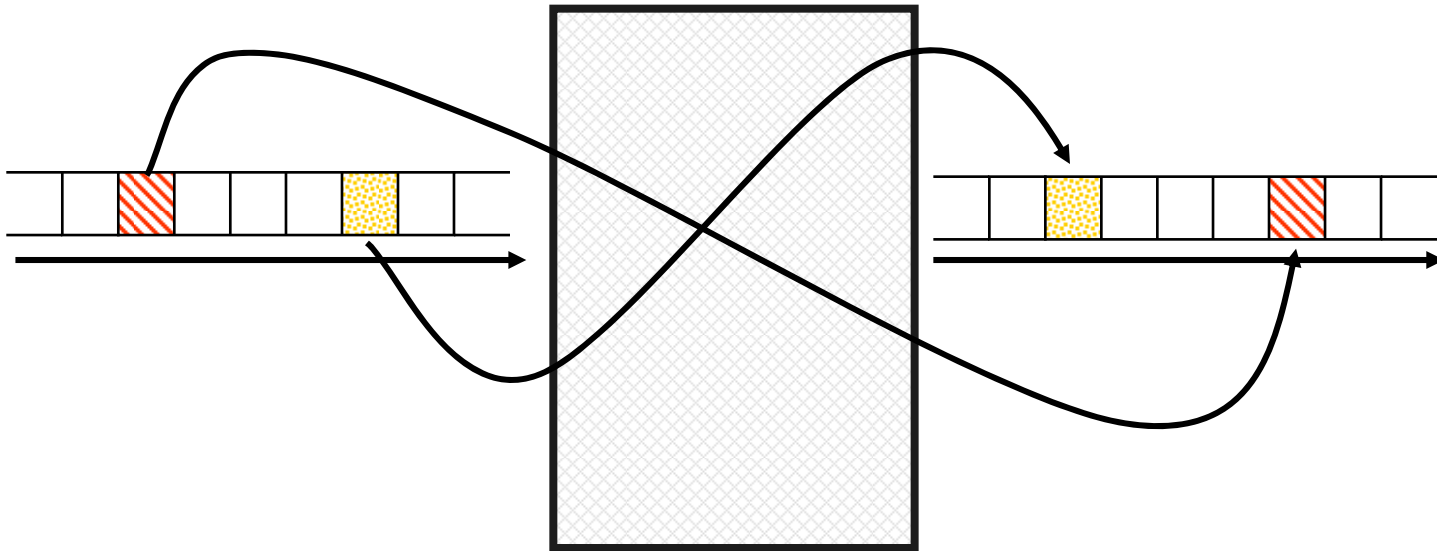
- Οι ψηφιακοί διακόπτες μπορούν να βασίζονται σε μήτρες μεταγωγής στον χώρο ή μεταγωγής στον χρόνο
- Οι μήτρες μεταγωγής στον χρόνο είναι οι πιο συνηθισμένες
 - Ευέλικτη κατασκευή
 - Τα πλεονεκτήματα της τεχνολογίας IC επιτρέπουν μεγάλες μήτρες μεταγωγής



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

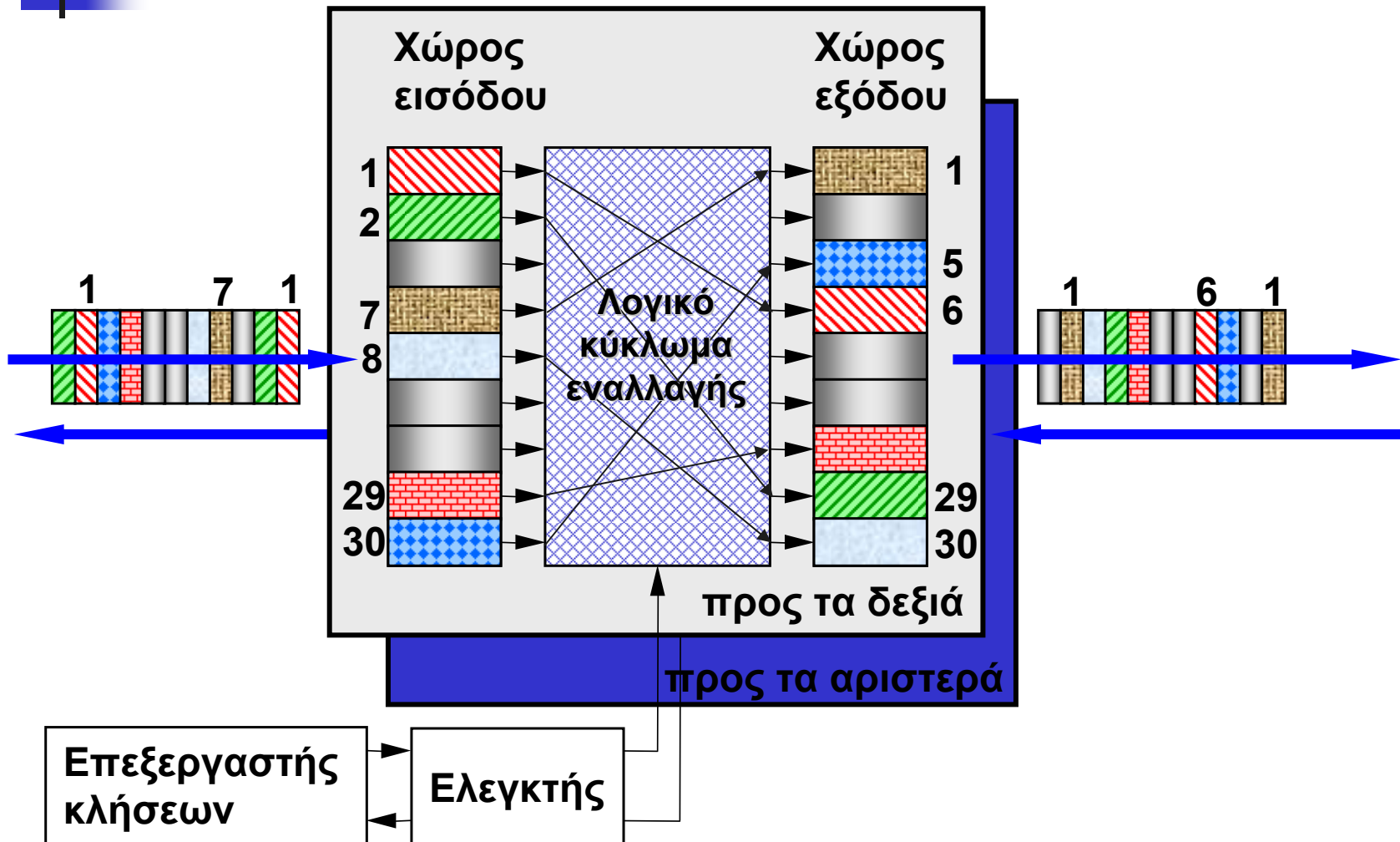


Διακόπτης πεδίου χρόνου

- 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

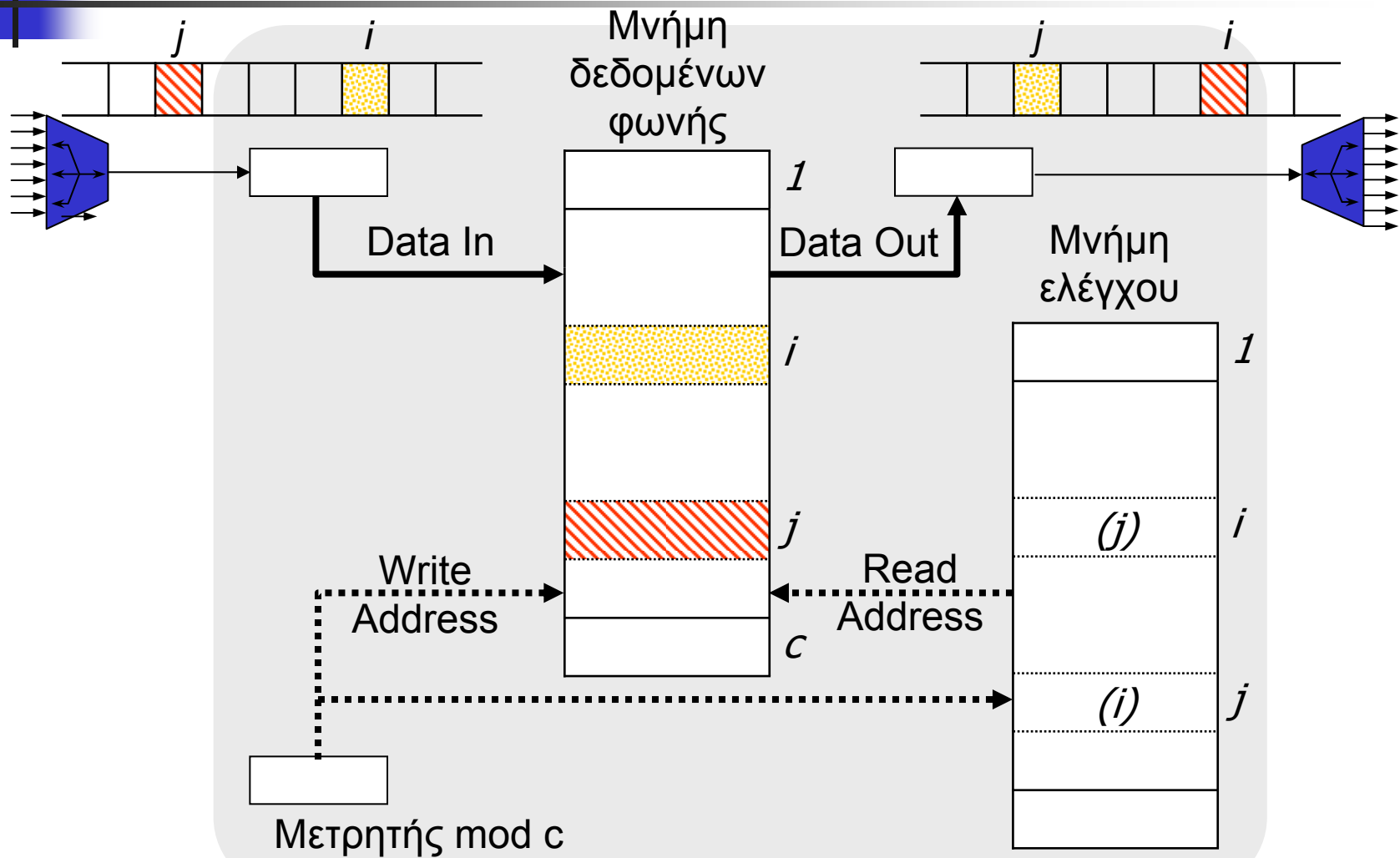
- RAM που αποθηκεύει μια λέξη (διεύθυνση) για κάθε χρονοσχισμή που προσδιορίζει τη χρονοσχισμή
 - Για φορείς T1 αρκούν 24 λέξεις των 5 bit
 - Συνολικά $24 \times 5 = 120$ bit
 - Για φορείς E1 αρκούν 32 λέξεις των 5 bit
 - Συνολικά $32 \times 5 = 160$ bit



Ελεγκτής

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

Λειτουργία ελέγχου TSI στην έξοδο

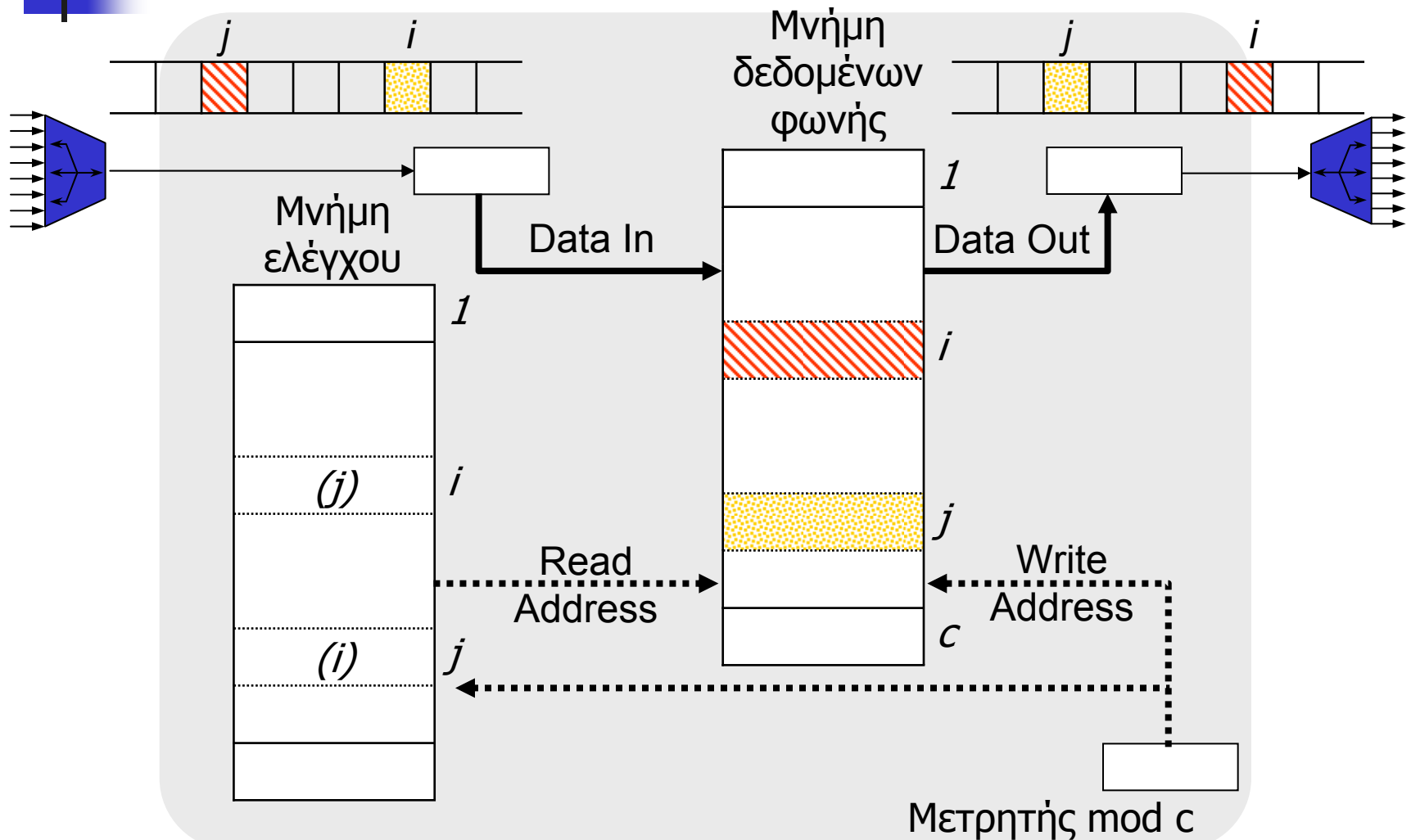




Λειτουργία ελέγχου TSI στην έξοδο

- Οι εισερχόμενες χρονοσχισμές γράφονται κυκλικά στη μνήμη δεδομένων φωνής
- Η λογική εξόδου διαβάζει 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

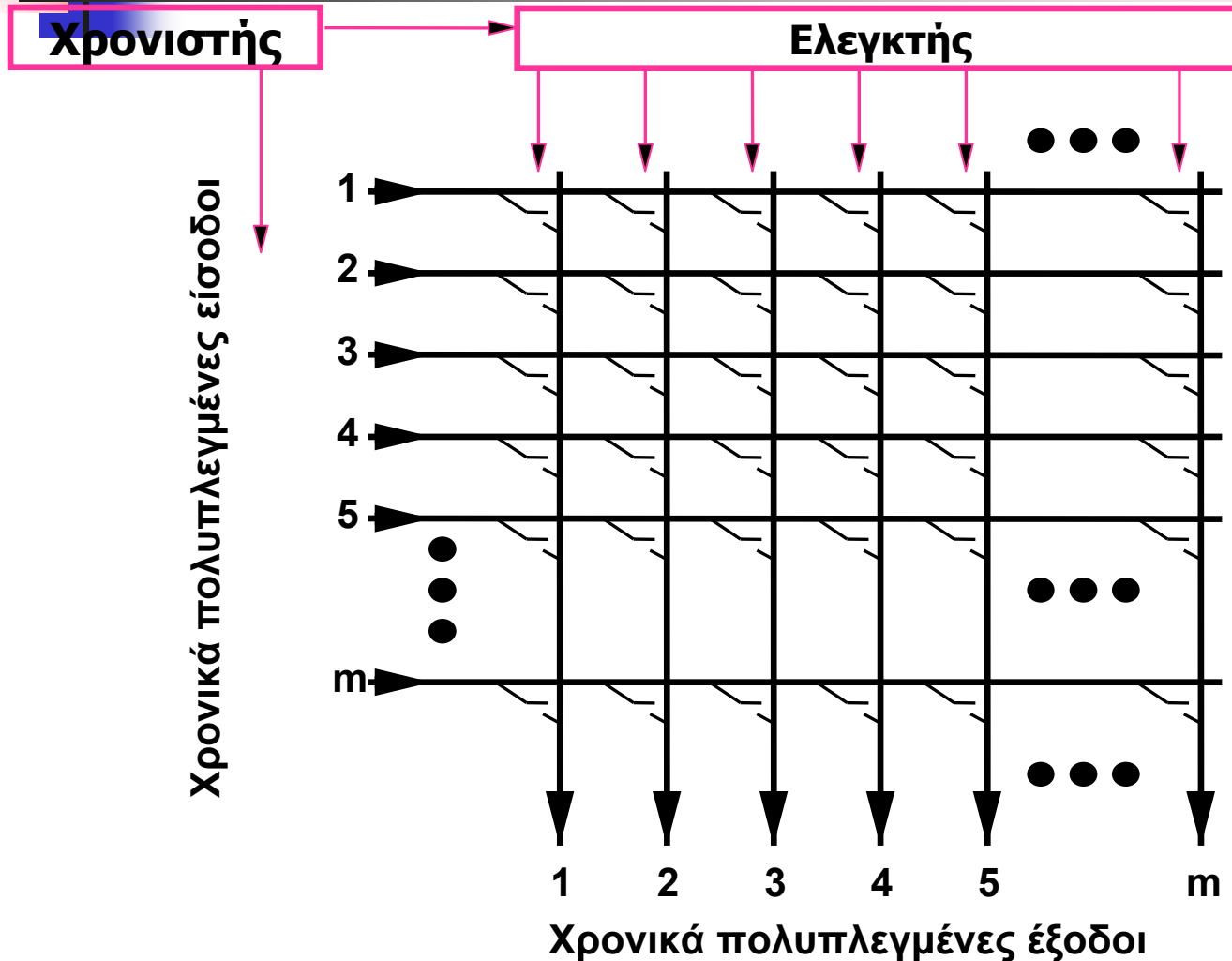
- Η ταχύτητα της μνήμης καθορίζει τη μέγιστη χωρητικότητα
- Το μέγεθος του διακόπτη μεγαλώνει γραμμικά:
 - Σε σχέση με το πλήθος χρονοσχισμών εισόδου και εξόδου
- Απλή και οικονομική λύση για όσο επαρκεί η ταχύτητα της μνήμης



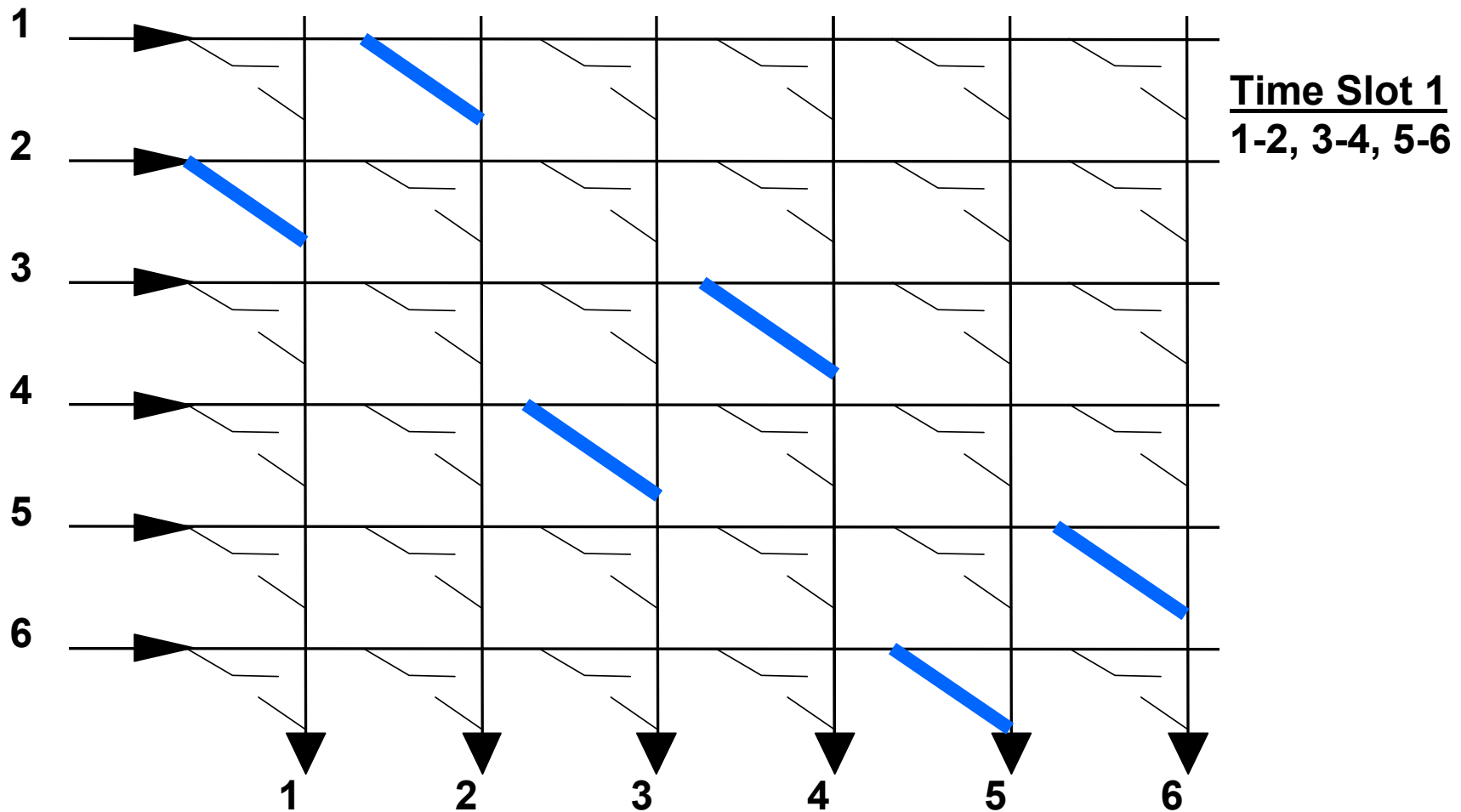
Μεταγωγή διαίρεσης χώρου

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

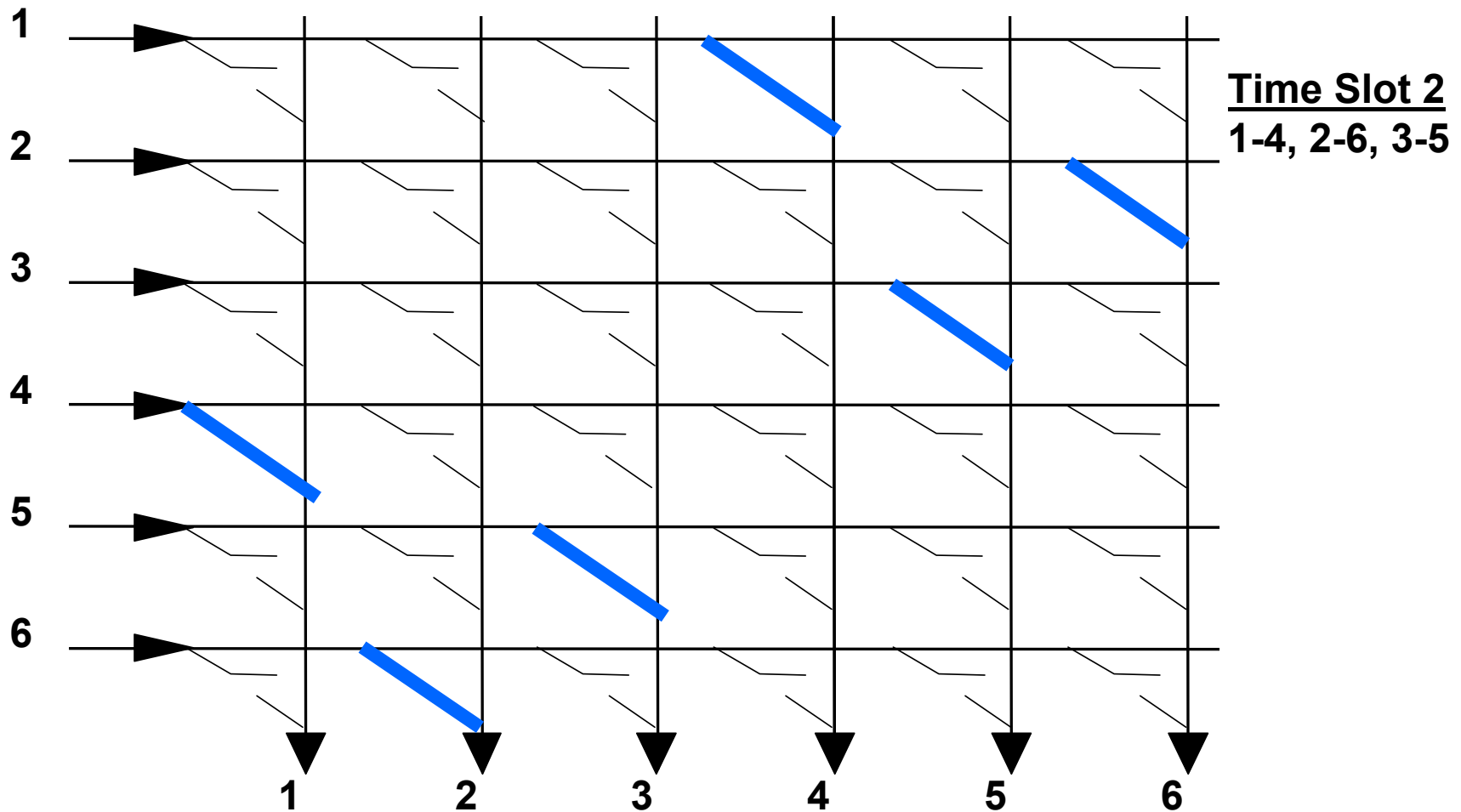
Time Multiplexed Switch (TMS) Διακόπτης πολυπλεξίας χρόνου



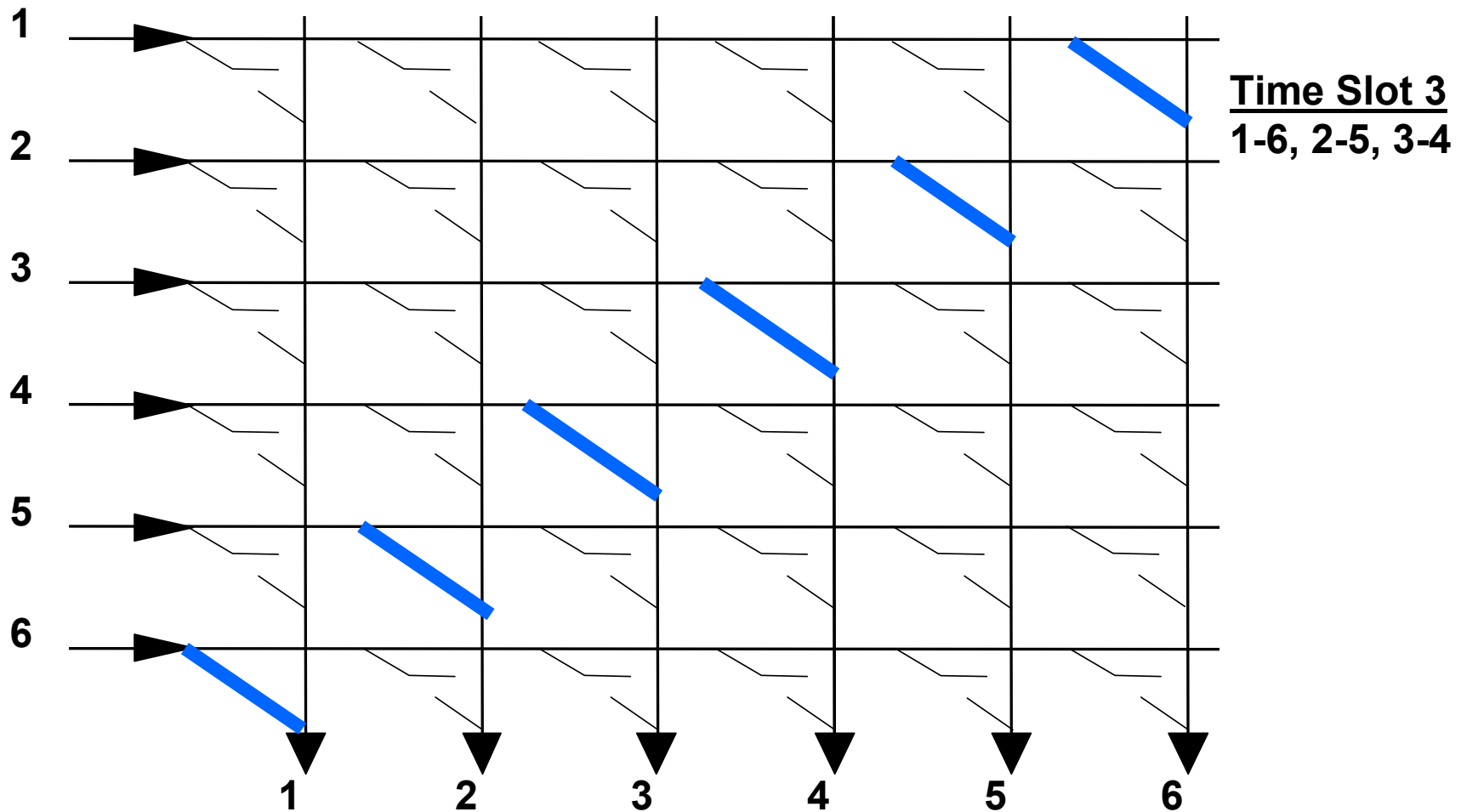
Λειτουργία TMS



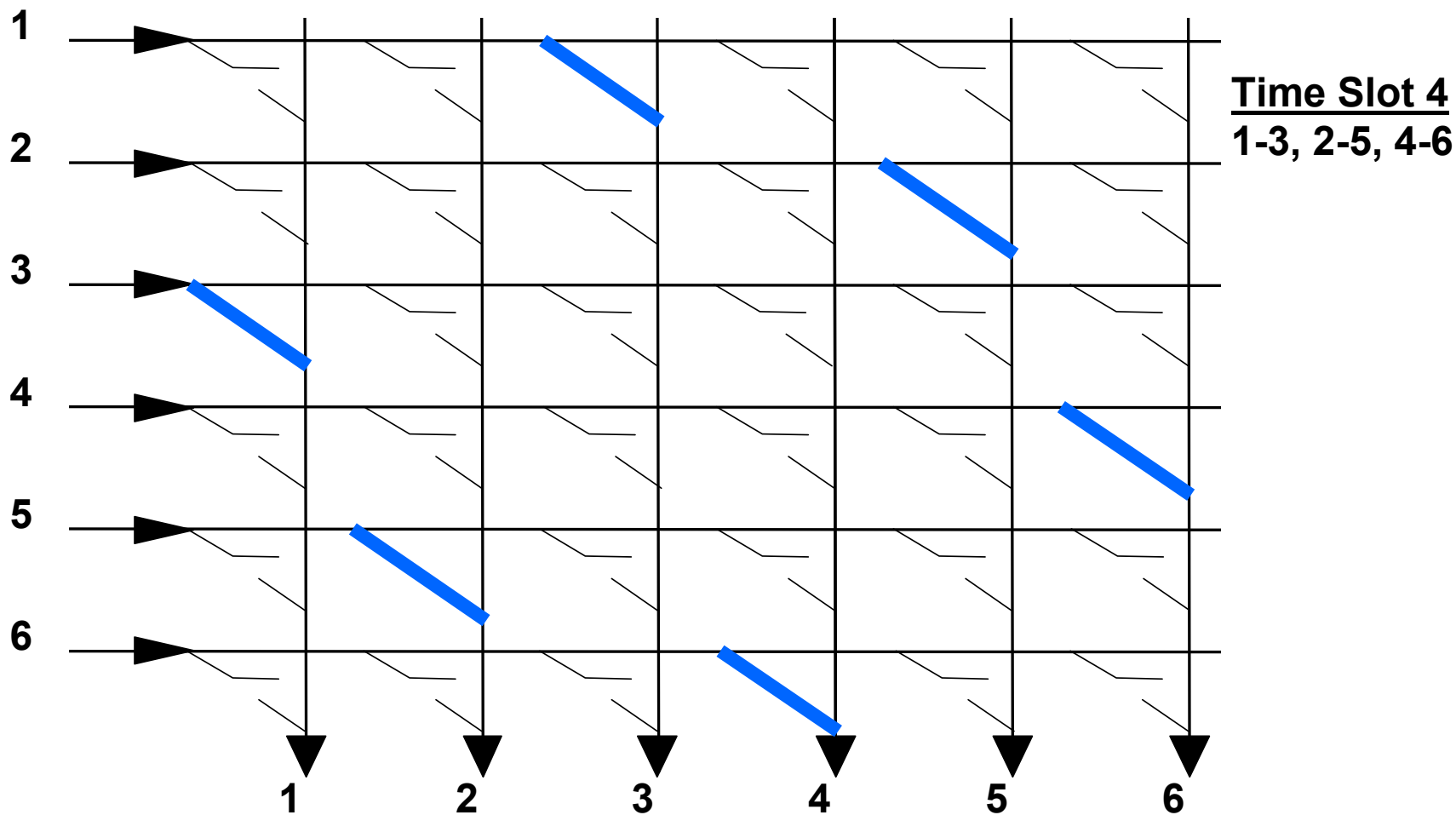
Λειτουργία TMS



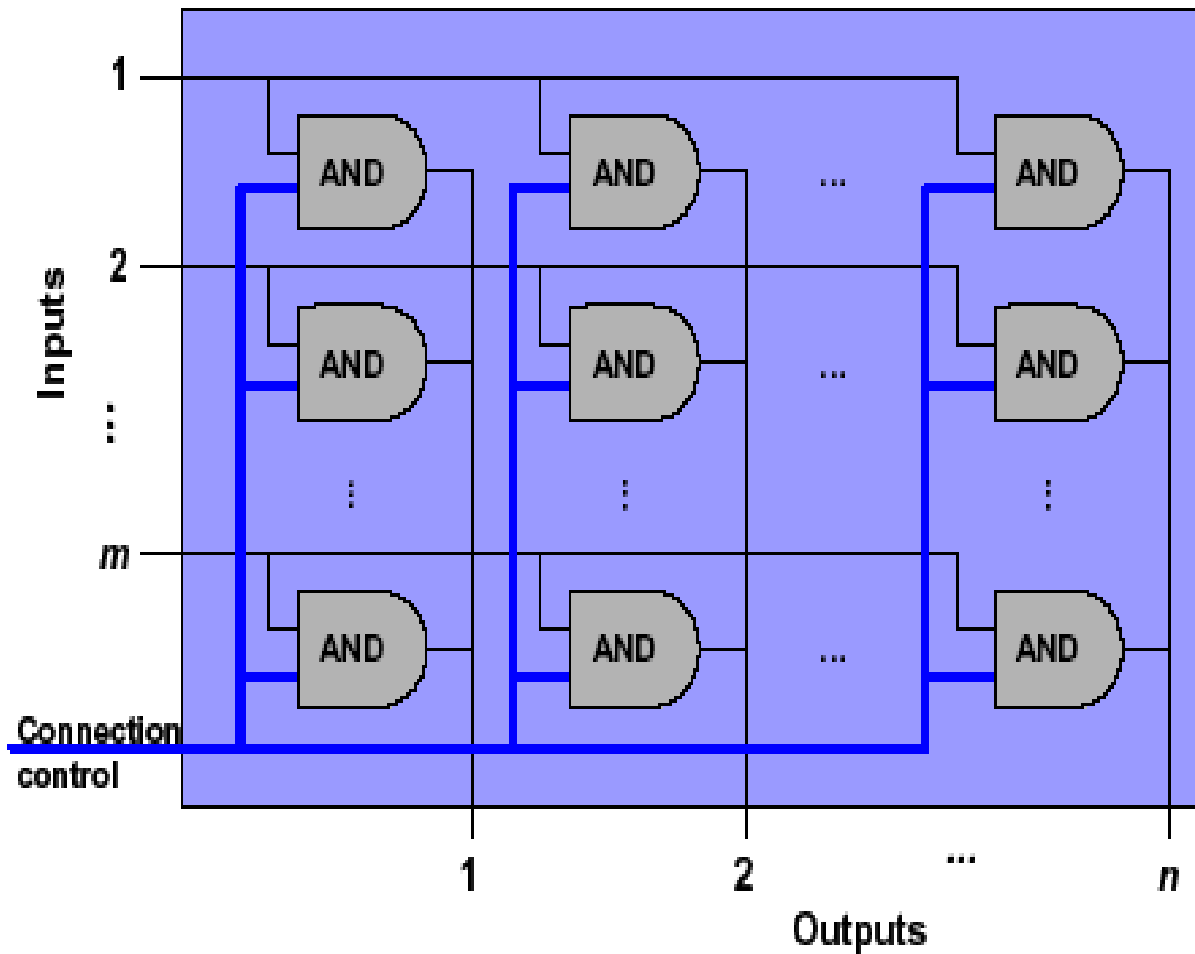
Λειτουργία TMS



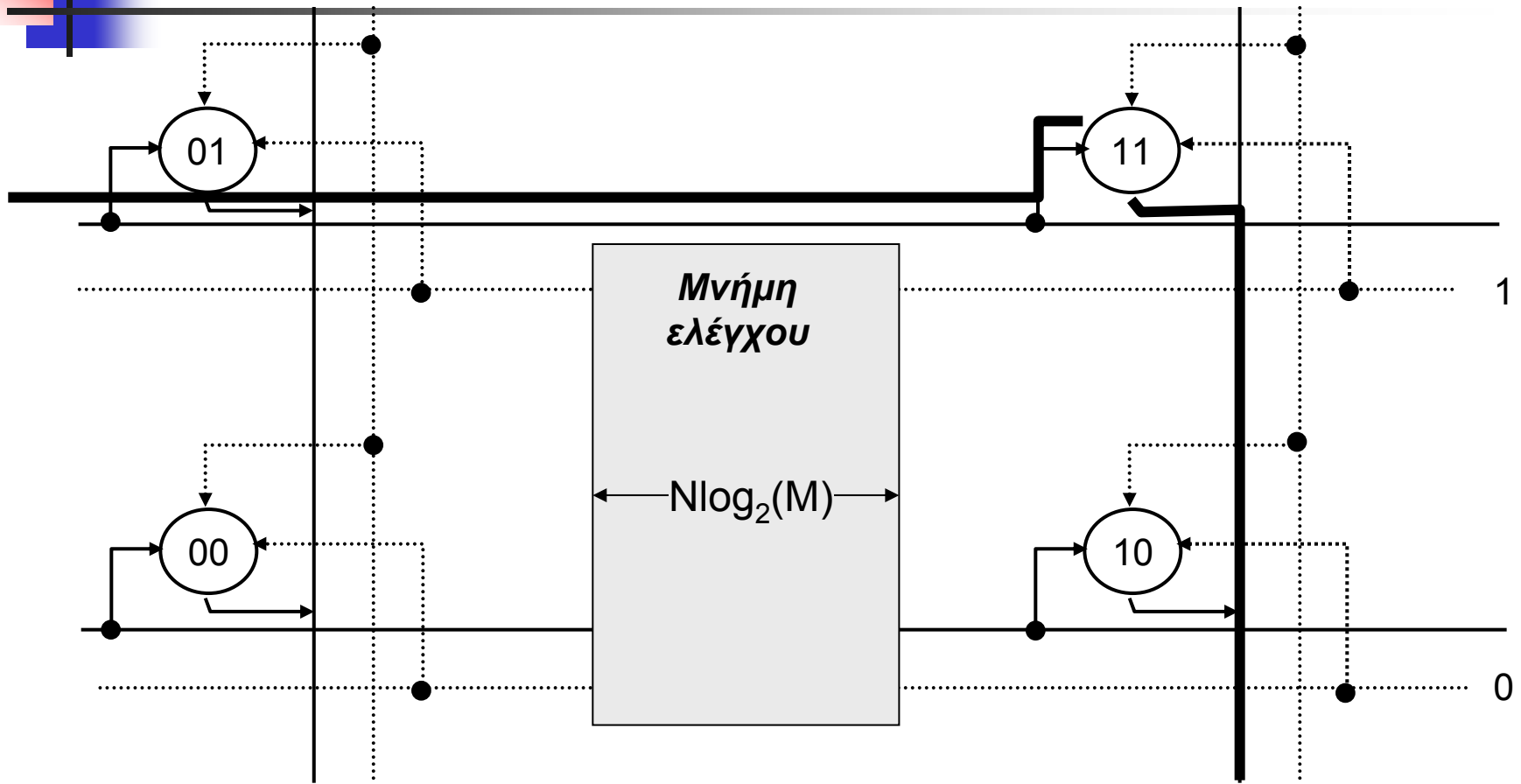
Λειτουργία TMS



Υλοποίηση με λογικές πύλες



Λειτουργίες ελέγχου TMS₁



..... Έλεγχος
— Σήμα

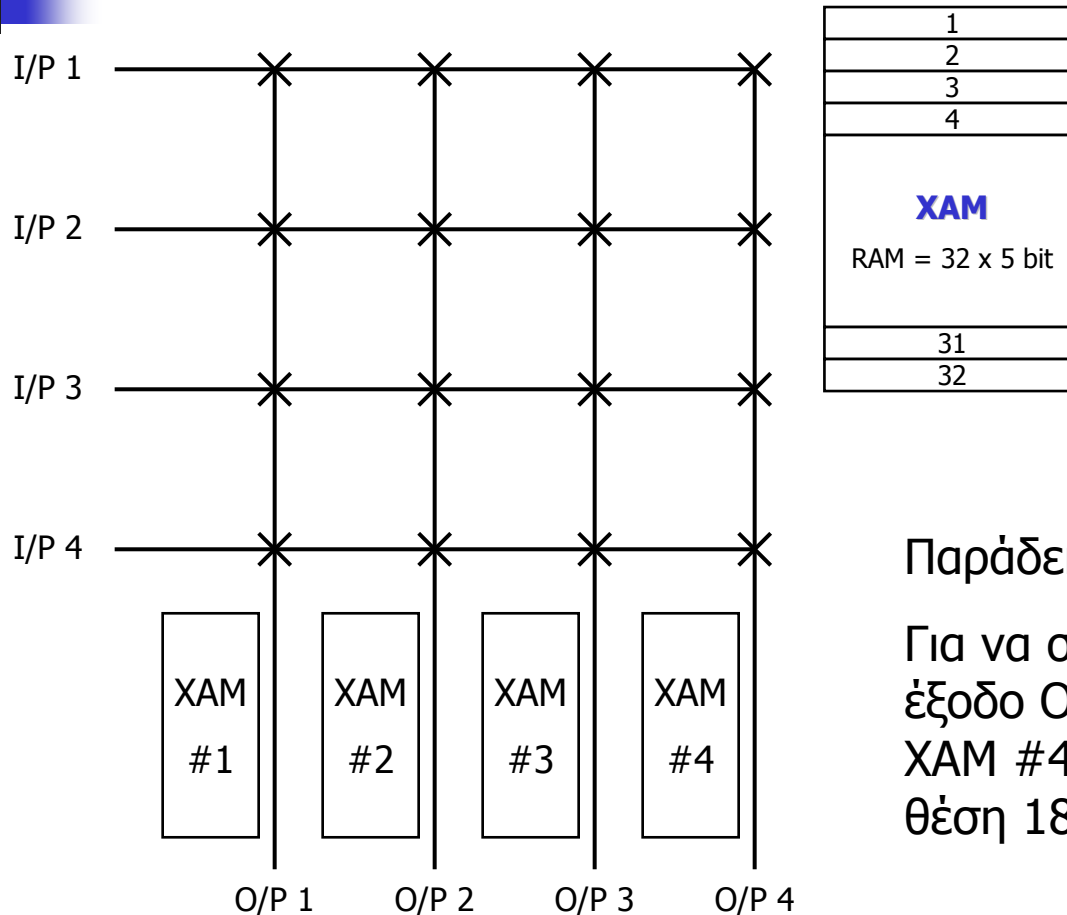
Δύο είσοδοι, Δύο έξοδοι



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



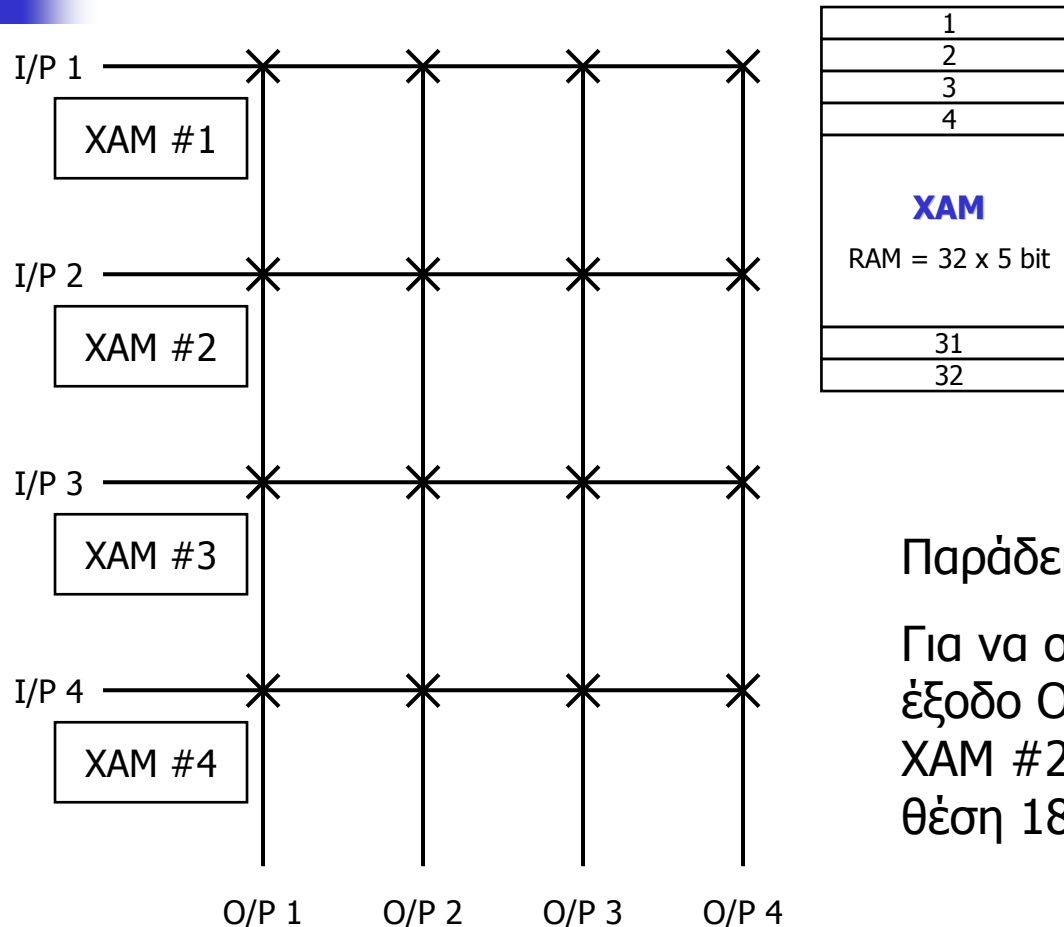
Η XAM αποθηκεύει τον αριθμό της εισόδου στην οποία θα συνδεθεί η δεδομένη έξοδος για κάθε χρονοσχισμή

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 "4" στη θέση 18

- "Σε ποια έξοδο παραδίδω?"

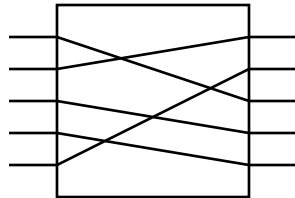


Ιδιότητες TMS

- 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

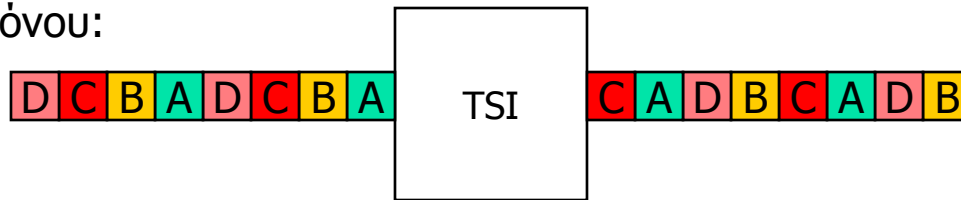
Διακόπτης Time-Space-Time (TST)

Διακόπτης πεδίου
Χώρου:



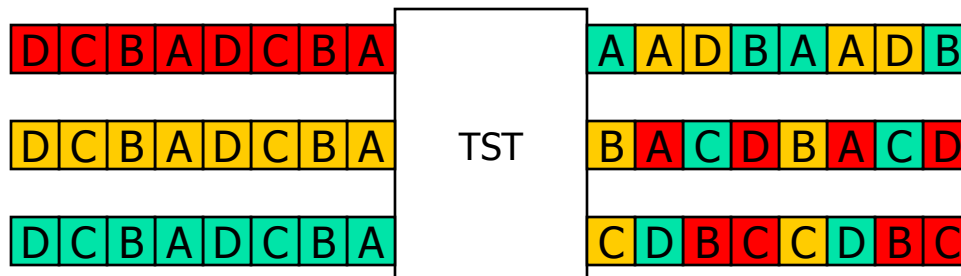
Οι φυσικές εισοδοι συνδέονται σε φυσικές
εξόδους

Διακόπτης πεδίου
Χρόνου:



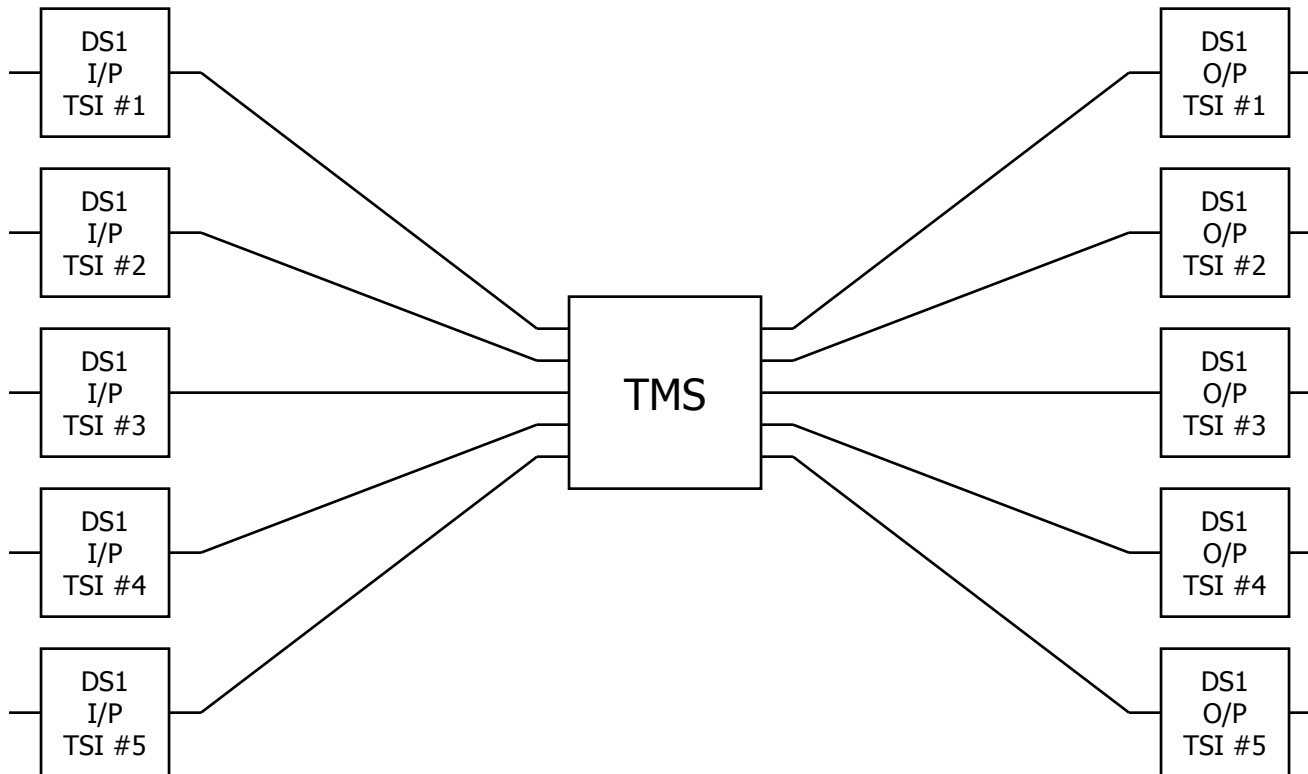
Οι χρονοσχιμές
αναδιατάσσονται στην ίδιο
φυσικό φορέα (T1 ή E1)

Διακόπτης Time-Space-Time:

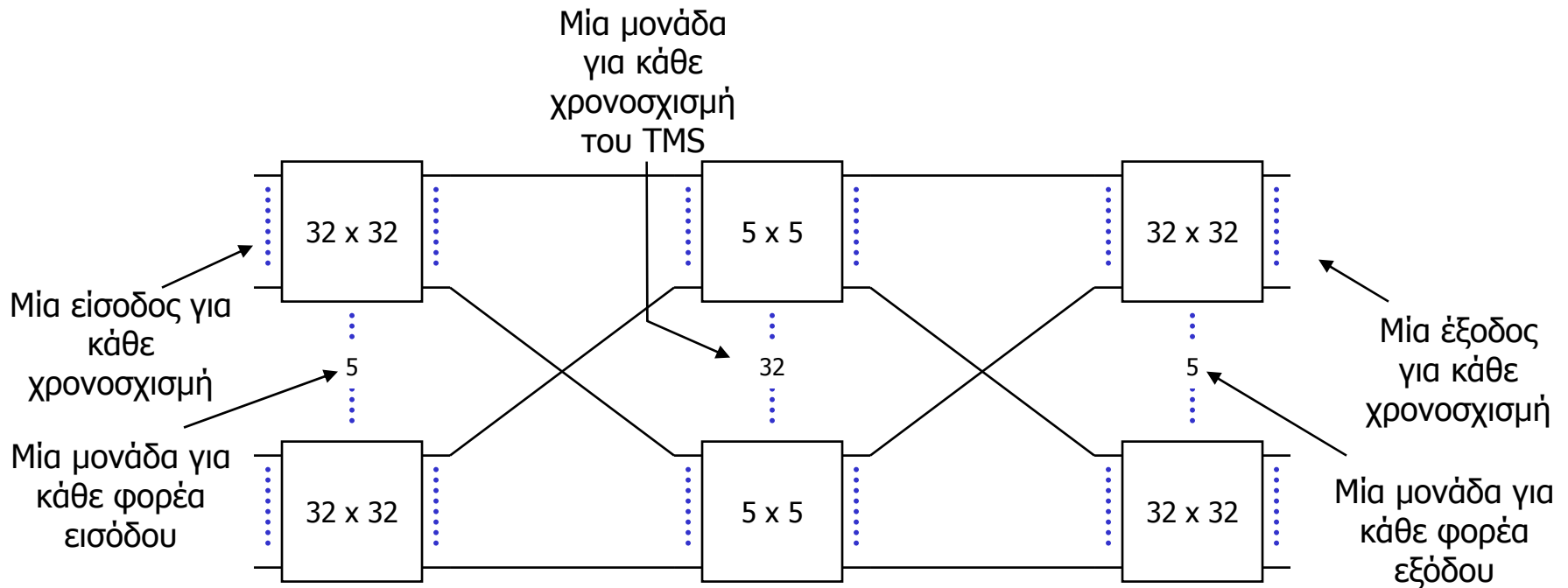


Τα δεδομένα αναδιατάσσονται
μεταξύ φυσικών φορέων και
χρονικών σχισμών

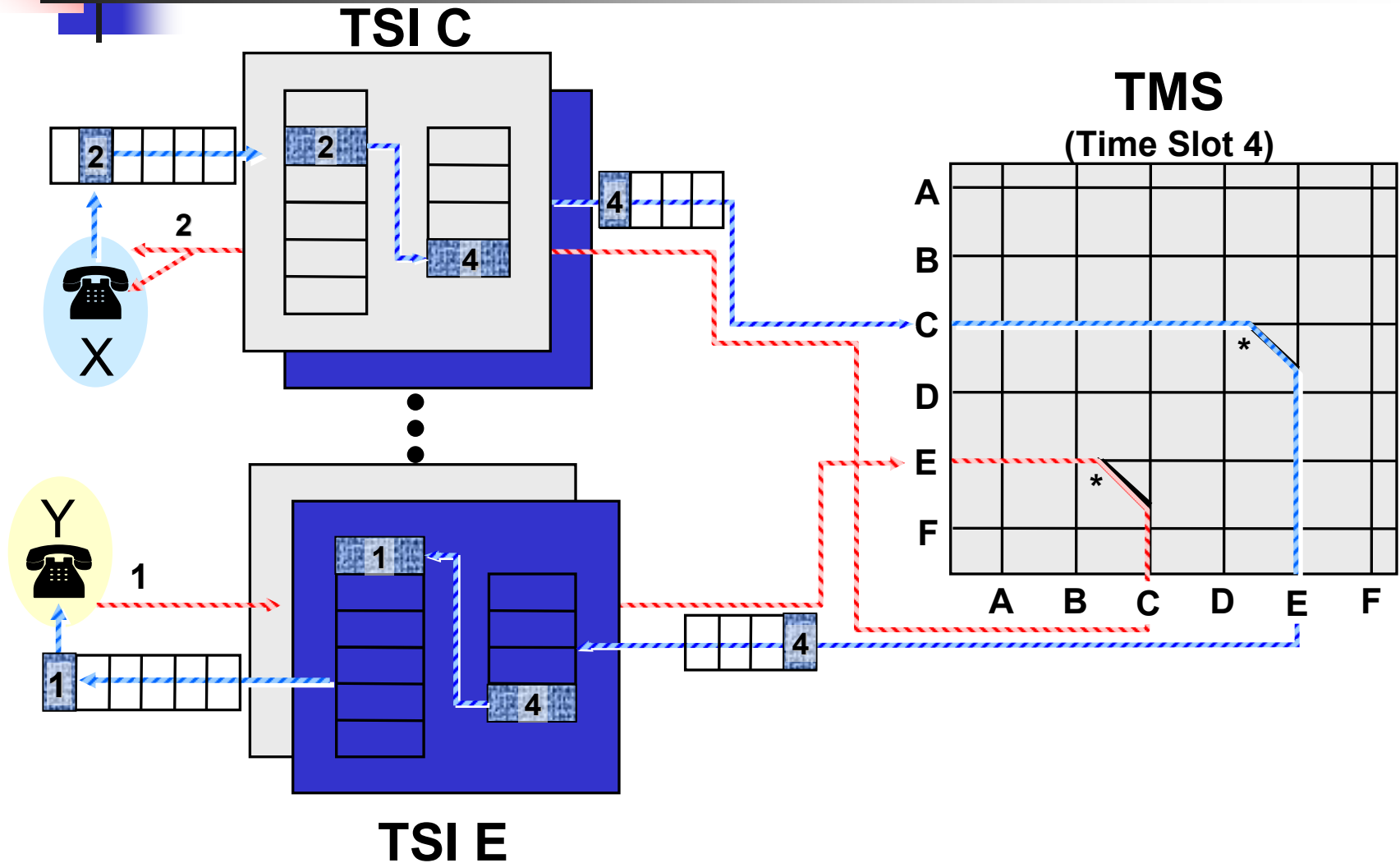
Διακόπτης TST



Ισοδύναμος διακόπτης στο χώρο



Διακόπτης TST

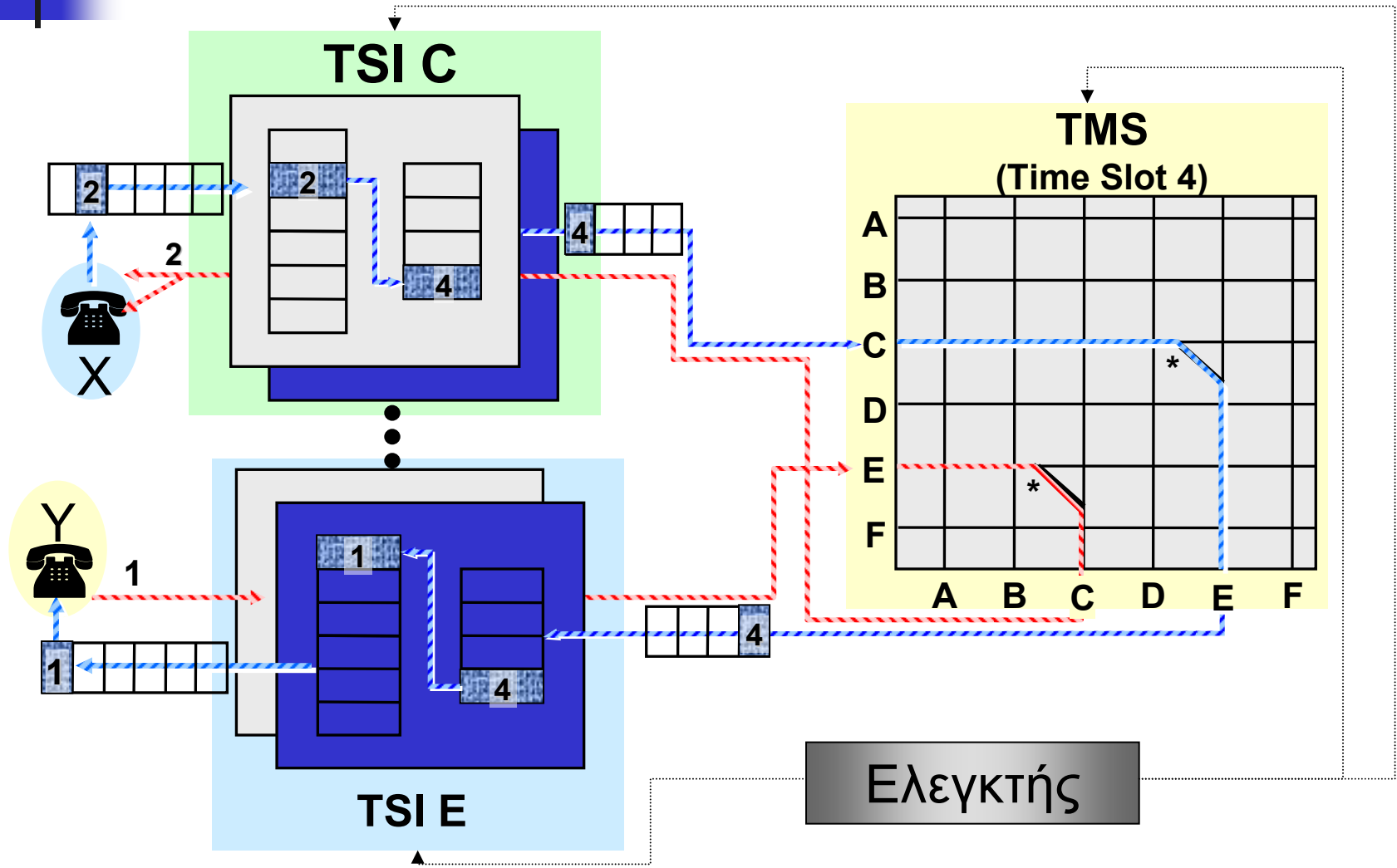




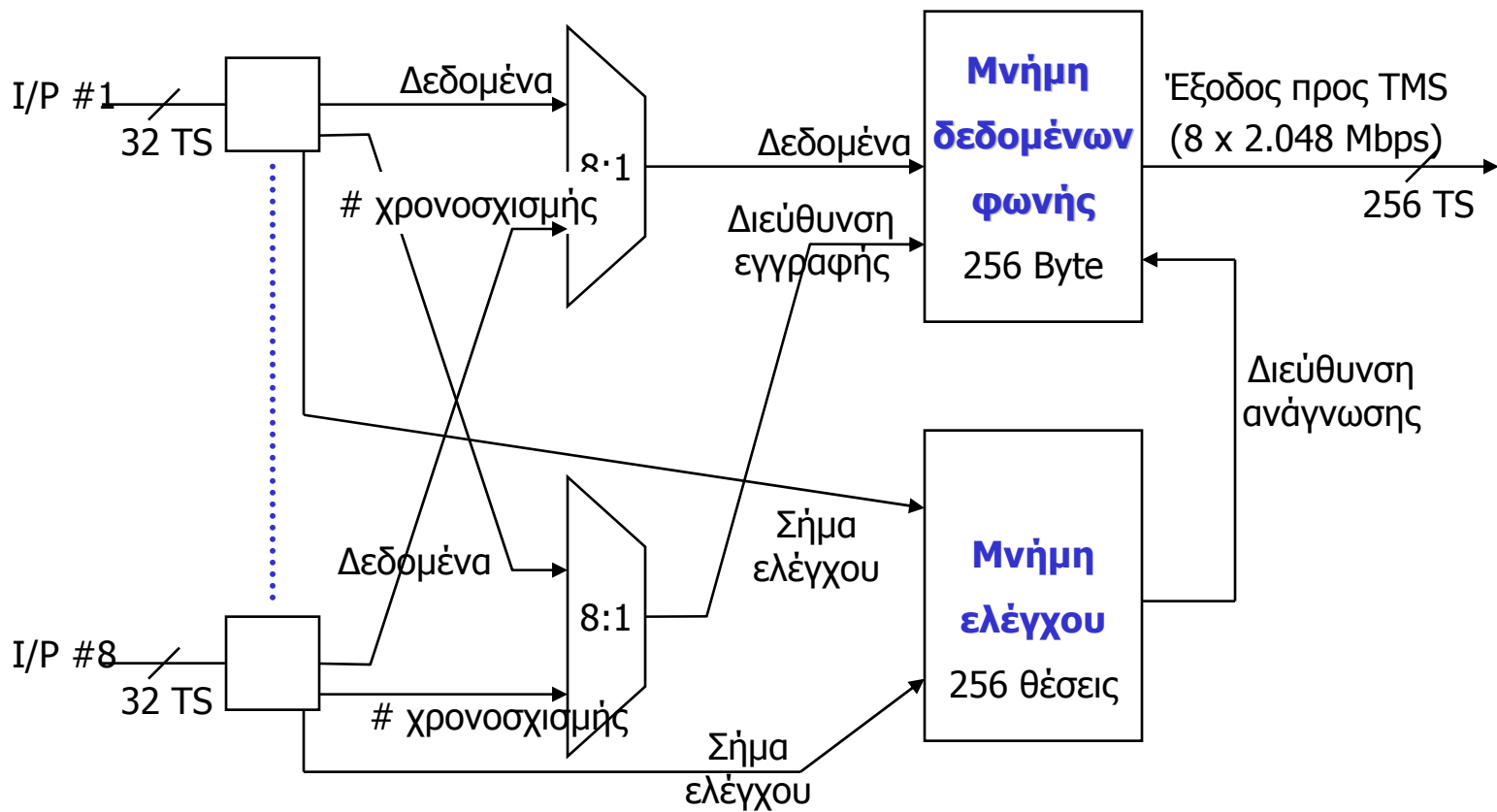
Έλεγχος διακόπτη TST

- 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

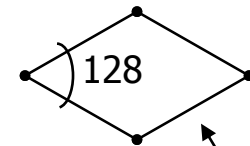
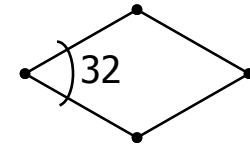
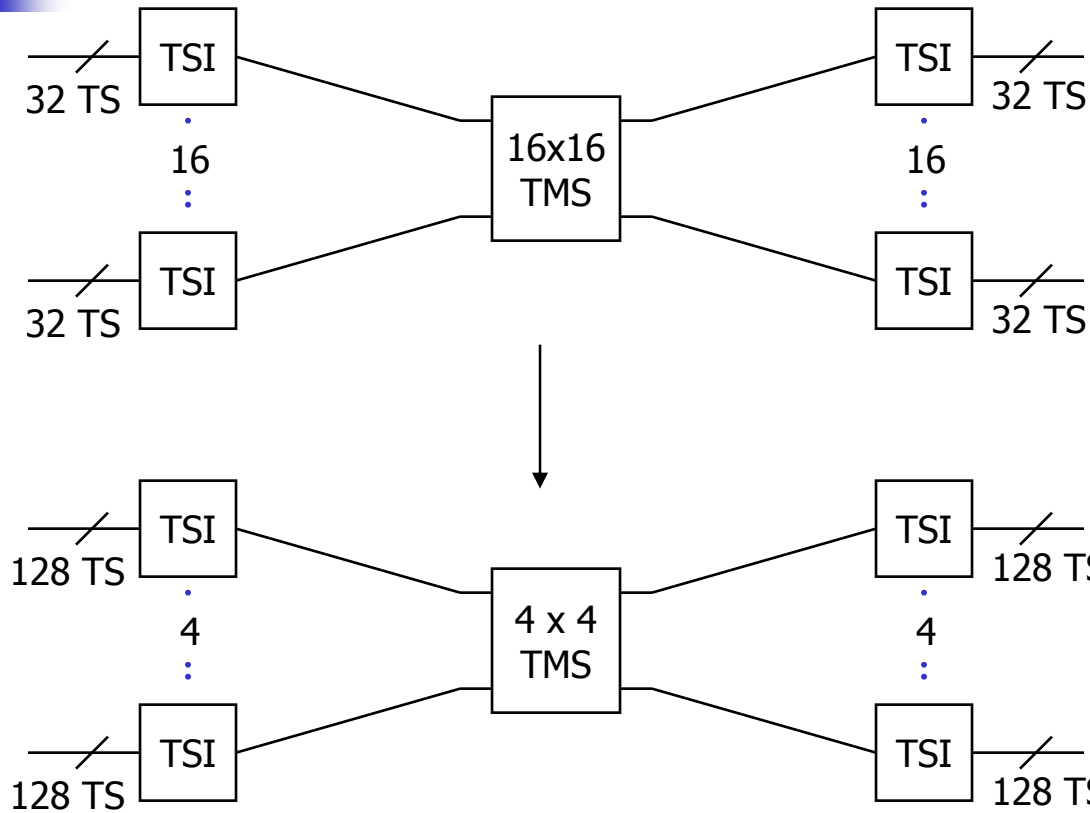
Έλεγχος διακόπτη TST



Πολυπλεξία μονάδων TSI



Κέρδος από την πολυπλεξία



Μικρότερη
πιθανότητα
αποκλεισμού