



Τηλεφωνία

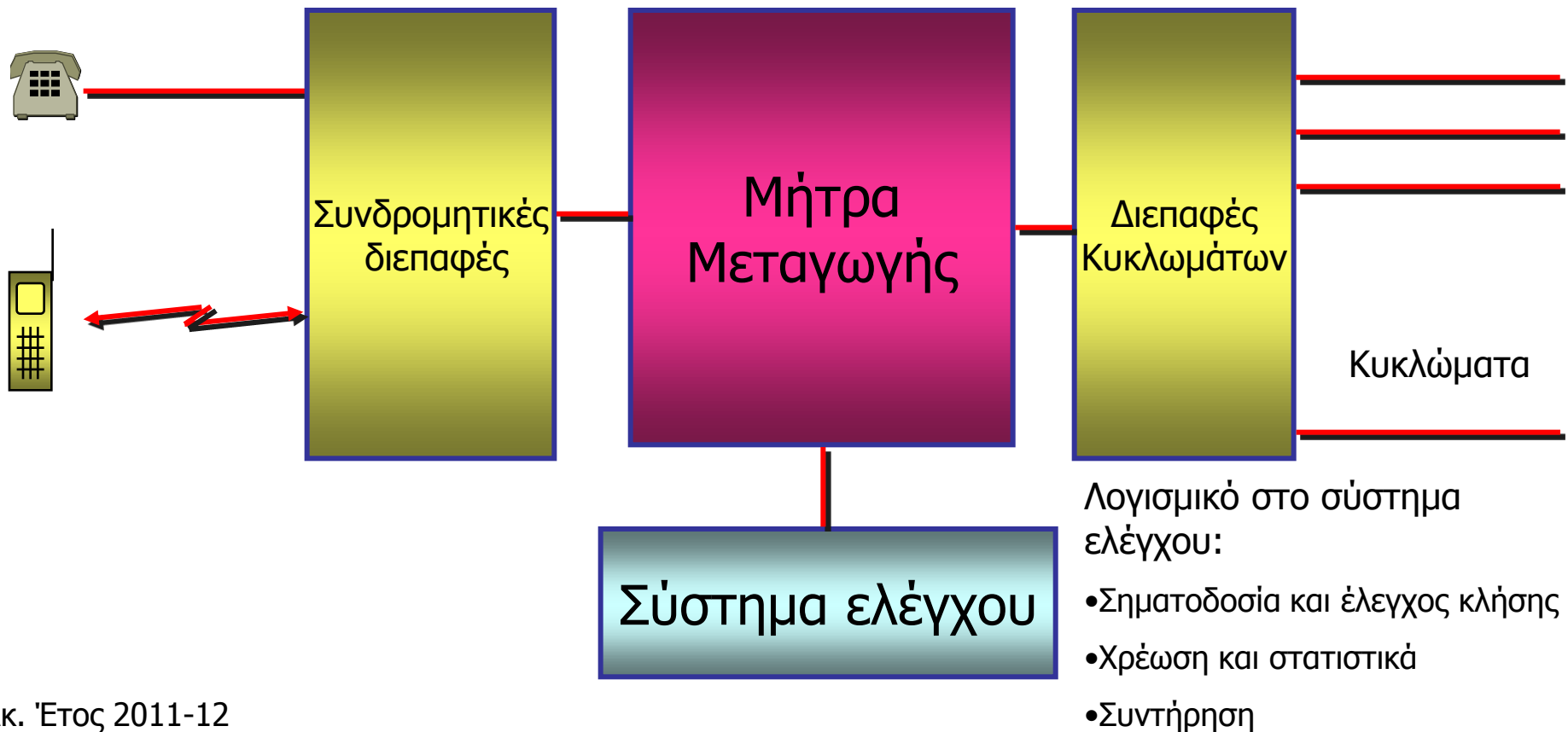
Ψηφιακά Τηλεφωνικά Κέντρα



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

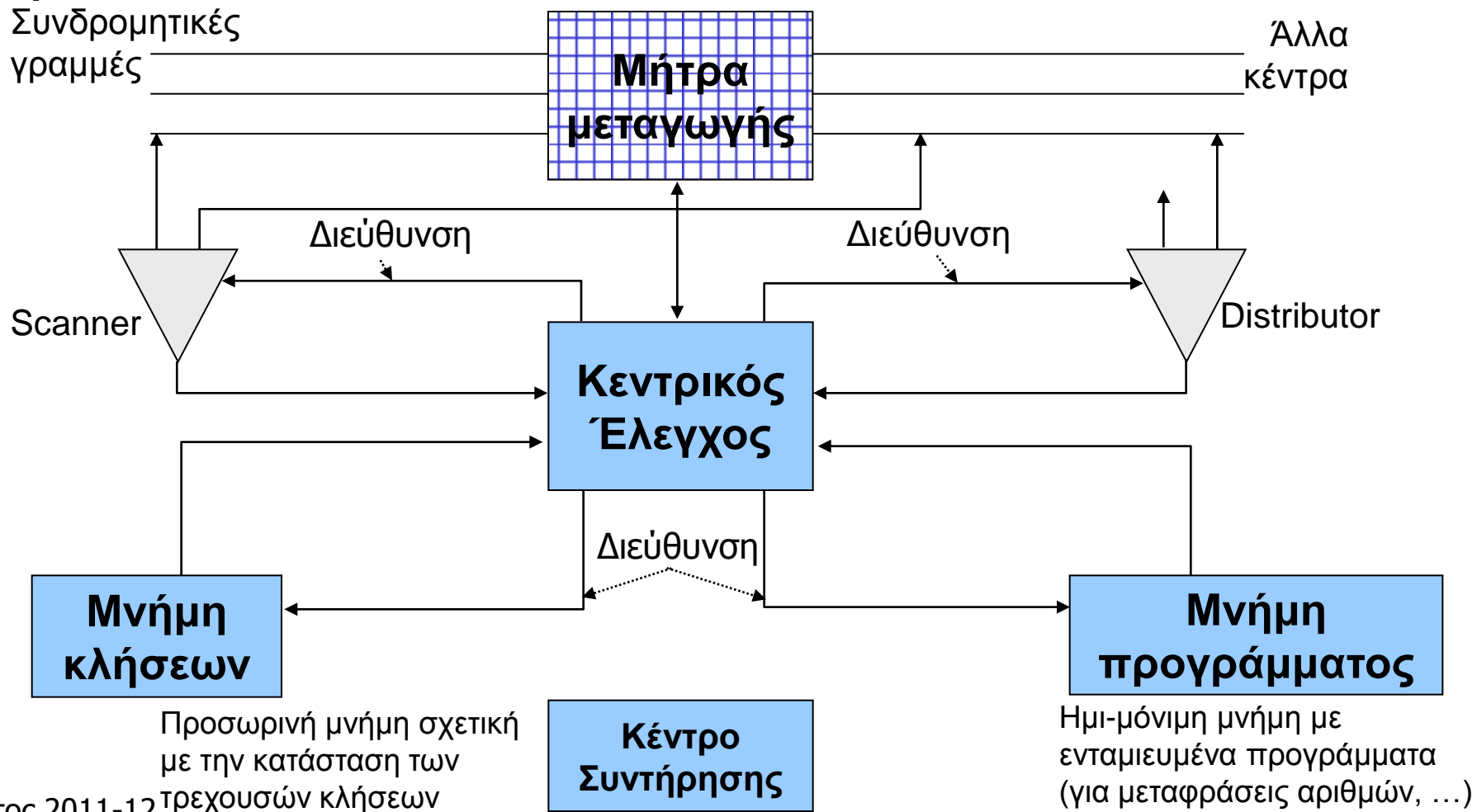




Τηλεφωνικά κέντρα ενταμιευμένου προγράμματος

- 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



Τύποι συνδρομητικής πρόσβασης

Απευθείας συνδέσεις στο κέντρο

- αναλογικές και
- ISDN

Συνδρομητική μονάδα

Πολυπλέκτης

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

Σηματοδοσία συνδρομητών κατά δίαυλο

Διεπαφή V2

Μήκος συνδρομητικού βρόχου συνήθως < 1km

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

Σηματοδοσία συνδρομητών βασισμένη σε μηνύματα

Διεπαφή V5.1

Απομακρυσμένη συνδρομητική μονάδα

V5.2 (συγκέντρωση N:1)

Σηματοδοσία συνδρομητών βασισμένη σε μηνύματα

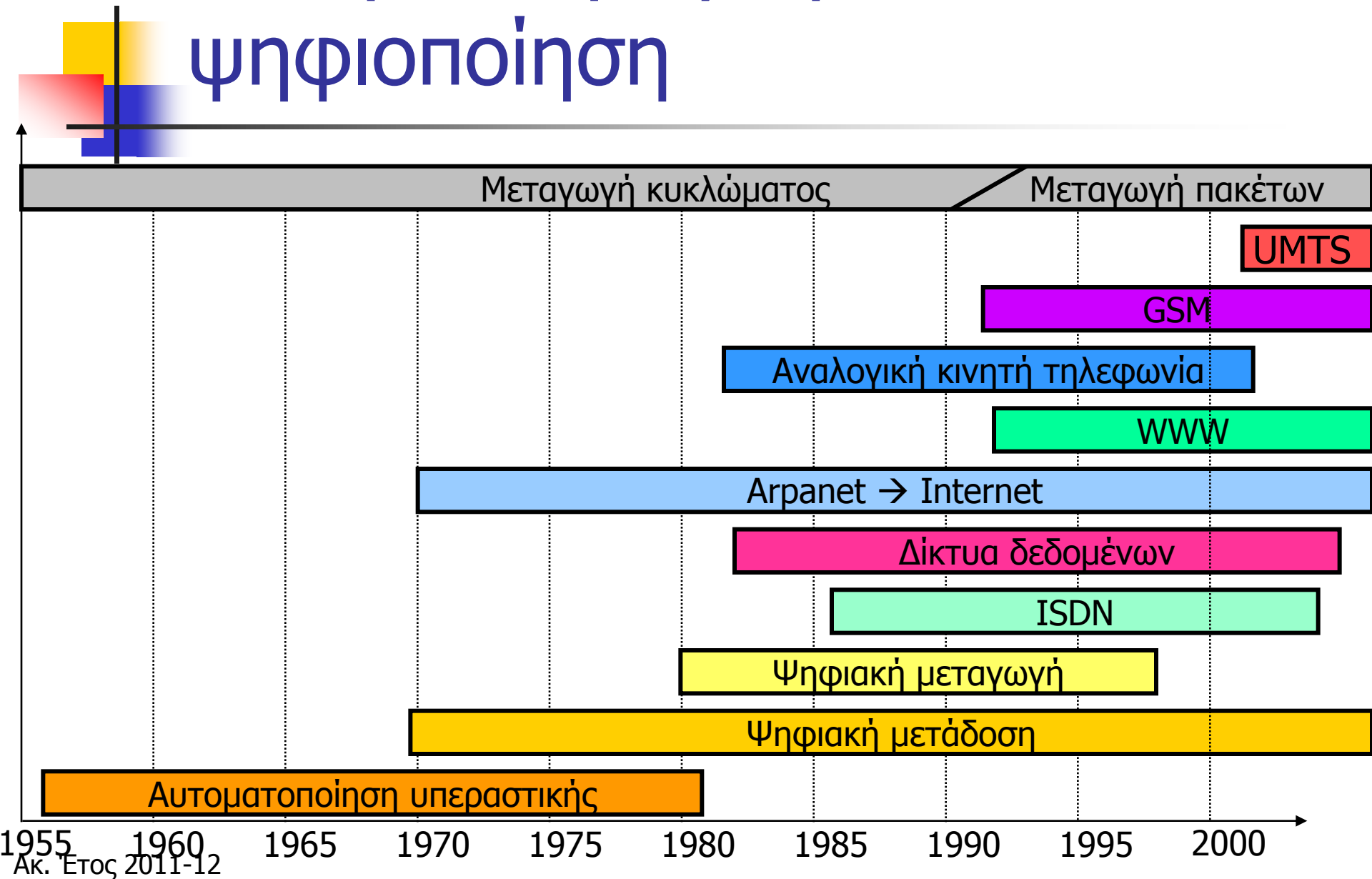
Διεπαφή V5.2

Μήτρα μεταγωγής

Διεπαφές κυκλωμάτων

Σηματοδοσία ιδιοκατασκευή Δίκτυο πρόσβασης Τοπικό κέντρο

Η πορεία προς την ψηφιοποίηση





Μήτρα μεταγωγής



Ψηφιακοί διακόπτες

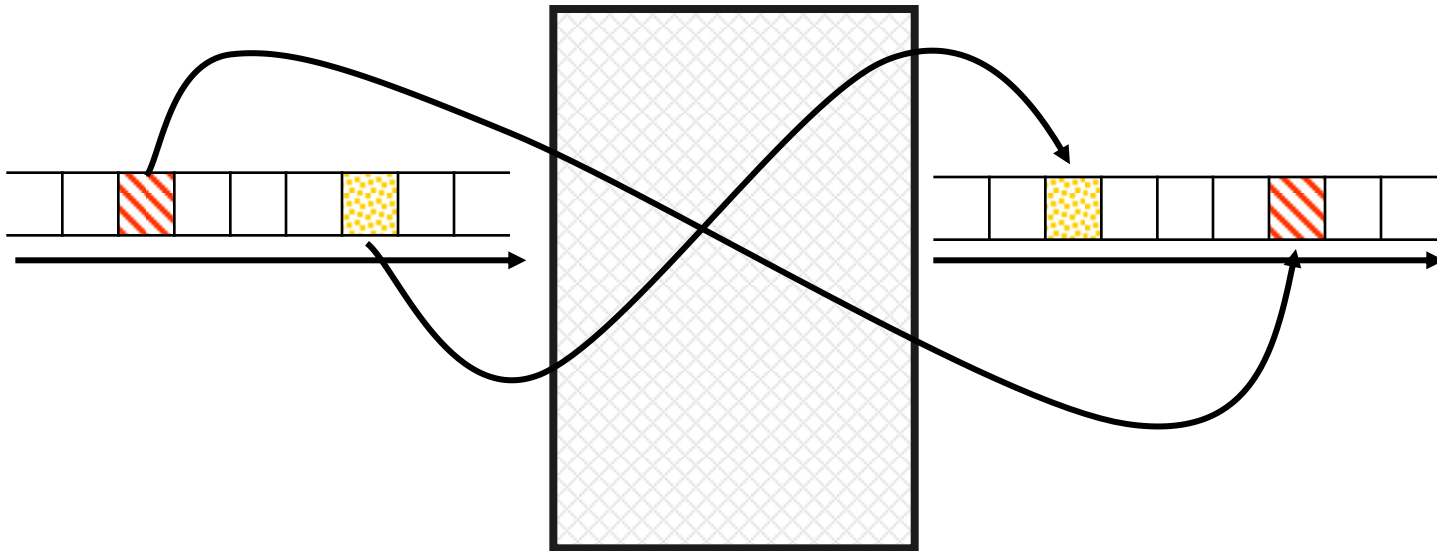
- Οι ψηφιακοί διακόπτες μπορούν να βασίζονται σε μήτρες μεταγωγής στον χώρο ή μεταγωγής στον χρόνο
- Οι μήτρες μεταγωγής στον χρόνο είναι οι πιο συνηθισμένες
 - Ευέλικτη κατασκευή
 - Τα πλεονεκτήματα της τεχνολογίας IC επιτρέπουν μεγάλες μήτρες μεταγωγής



Ψηφιακοί διακόπτες

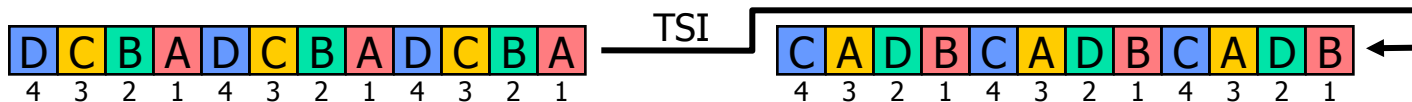
- Οι μήτρες μεταγωγής πρέπει να είναι επεκτάσιμες χωρίς παρενόχληση των υπάρχουσών συνδέσεων
 - Βήμα επέκτασης π.χ. 64 PCM
- Για λόγους αξιοπιστίας συνήθως είναι διπλές

Μεταγωγή διαίρεσης χρόνου

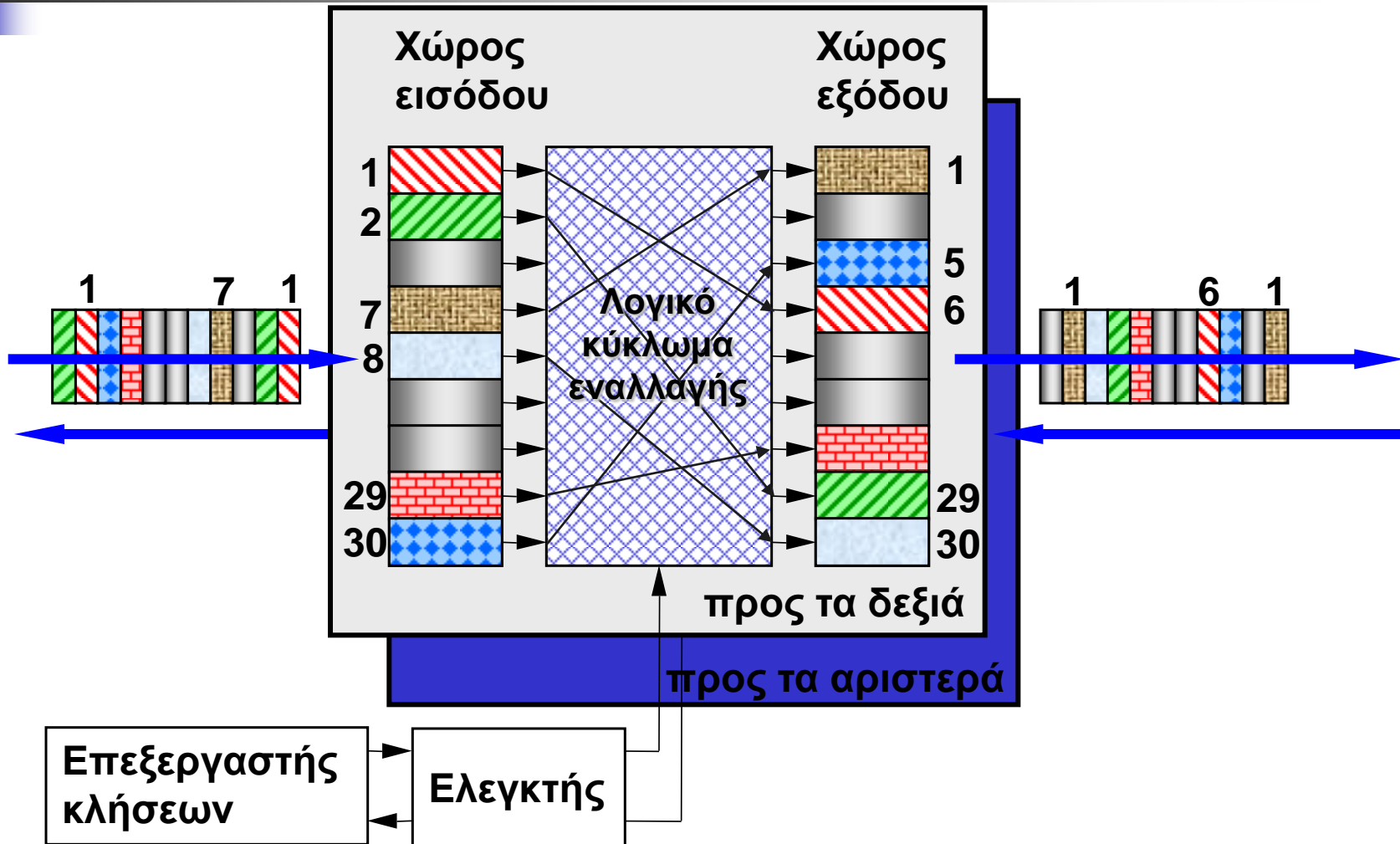


Διακόπτης πεδίου χρόνου

- 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 τις 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

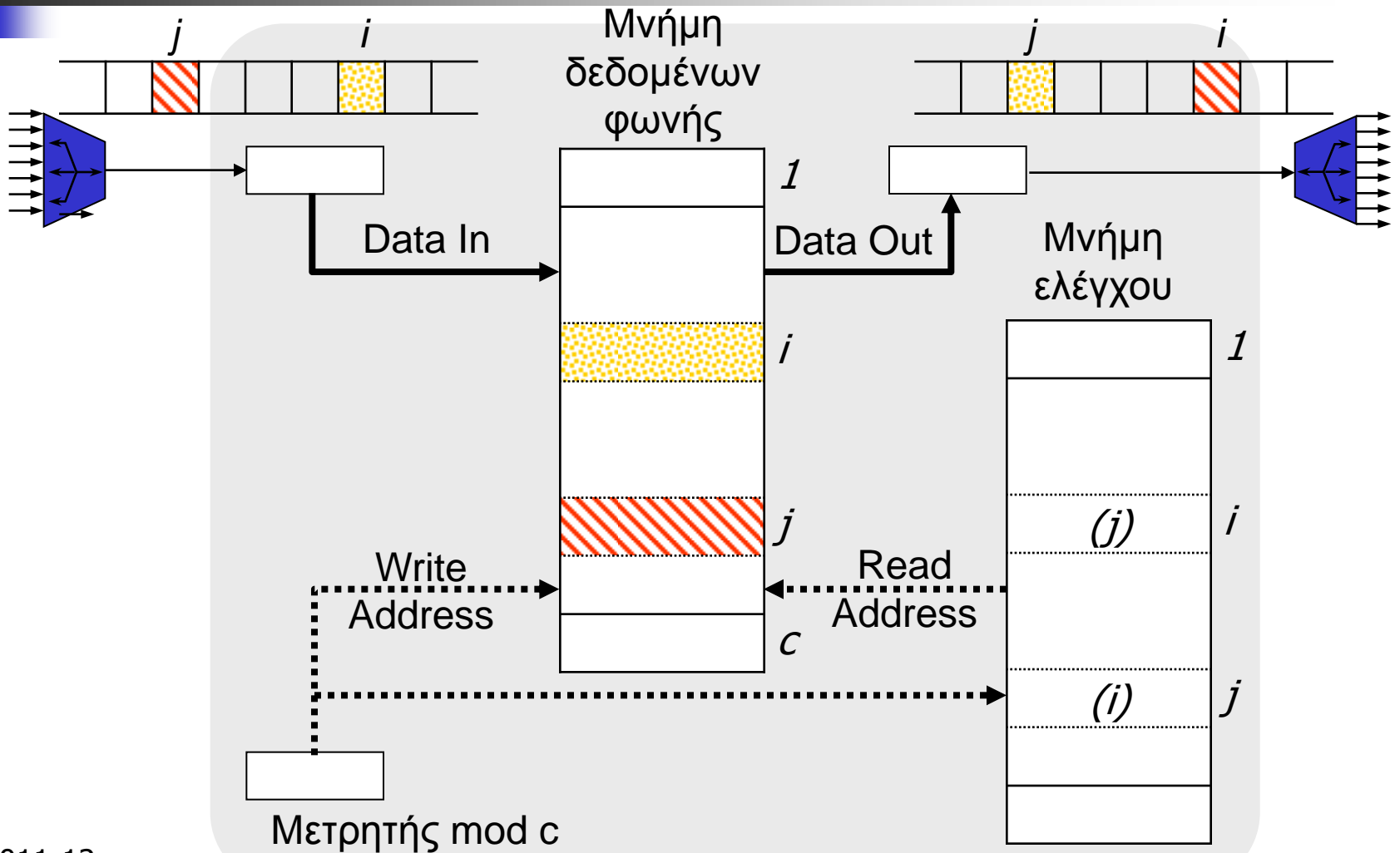


Ελεγκτής

- Στην είσοδο
 - Ακολουθιακή ανάγνωση
 - Τυχαία εγγραφή

- Στην έξοδο
 - Τυχαία ανάγνωση
 - Ακολουθιακή εγγραφή

Λειτουργία ελέγχου TSI στην έξοδο

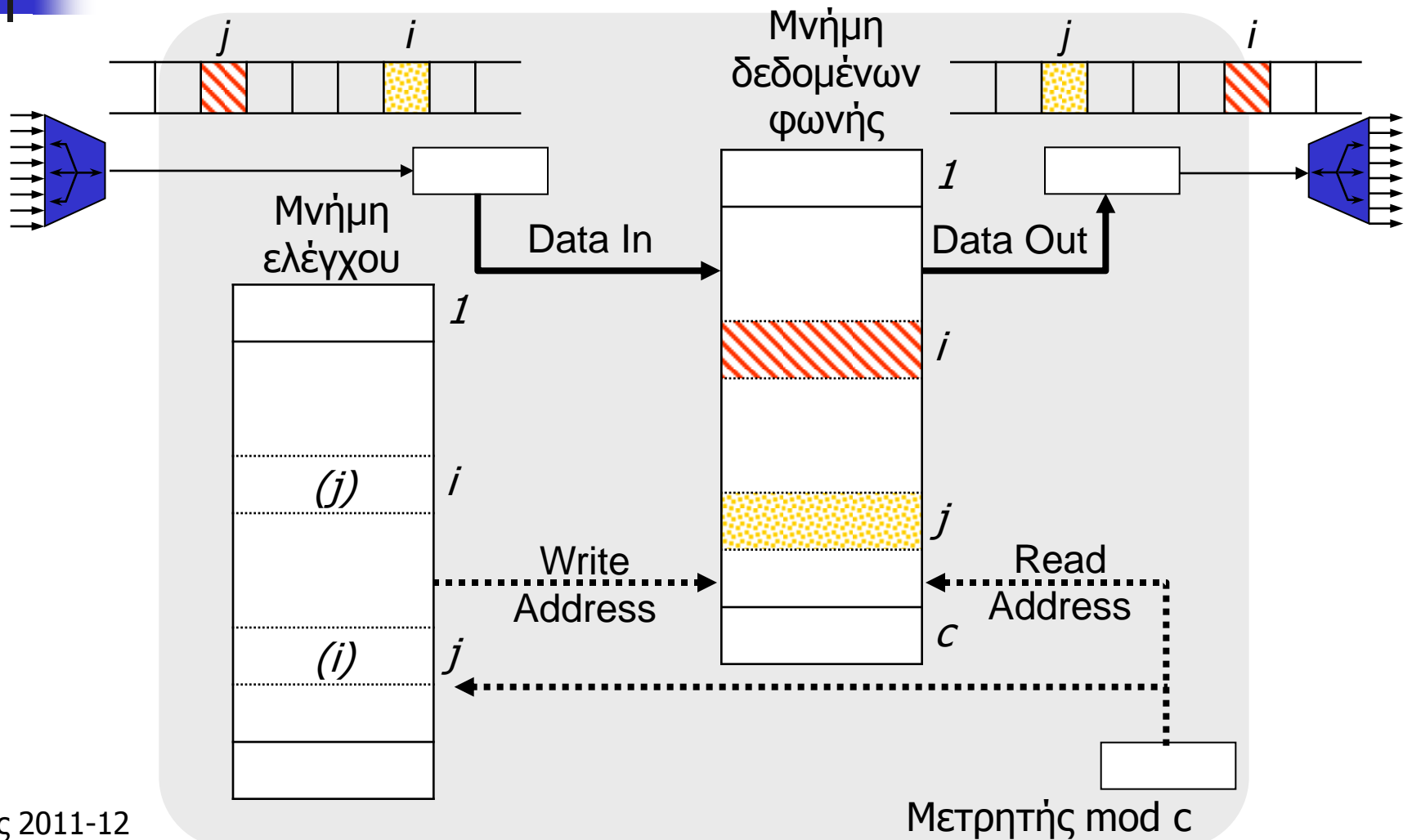


Λειτουργία ελέγχου TSI στην έξοδο



- Οι εισερχόμενες χρονοσχισμές γράφονται κυκλικά στη μνήμη δεδομένων φωνής
- Η λογική εξόδου διαβάζει κυκλικά τη μνήμη ελέγχου που περιέχει ένα δείκτη που δείχνει τη 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 τη 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 στη μνήμη δεδομένων
- 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

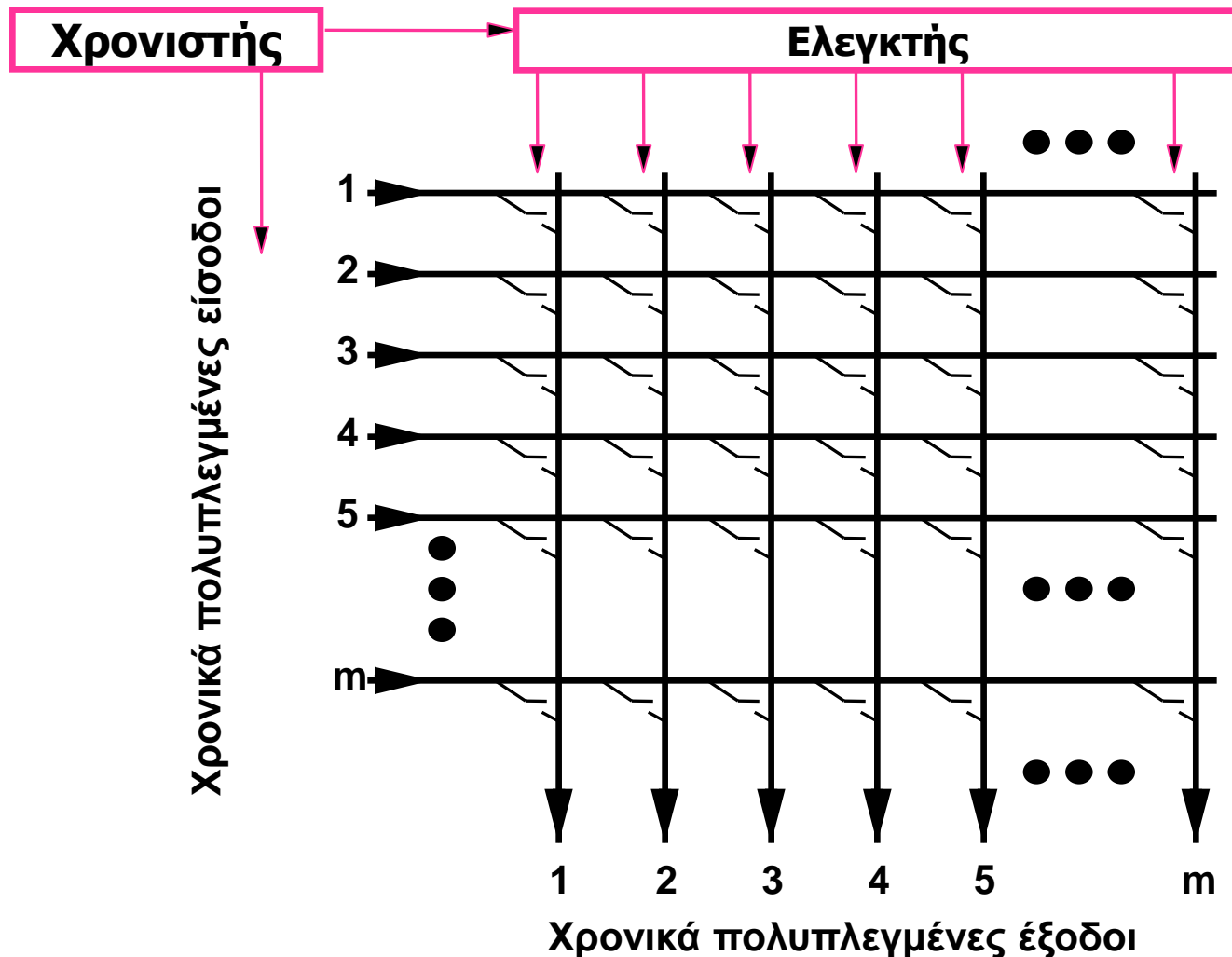
- Η ταχύτητα της μνήμης καθορίζει τη μέγιστη χωρητικότητα
- Το μέγεθος του διακόπτη μεγαλώνει γραμμικά:
 - Σε σχέση με το πλήθος χρονοσχισμών εισόδου και εξόδου
- Απλή και οικονομική λύση για όσο επαρκεί η ταχύτητα της μνήμης



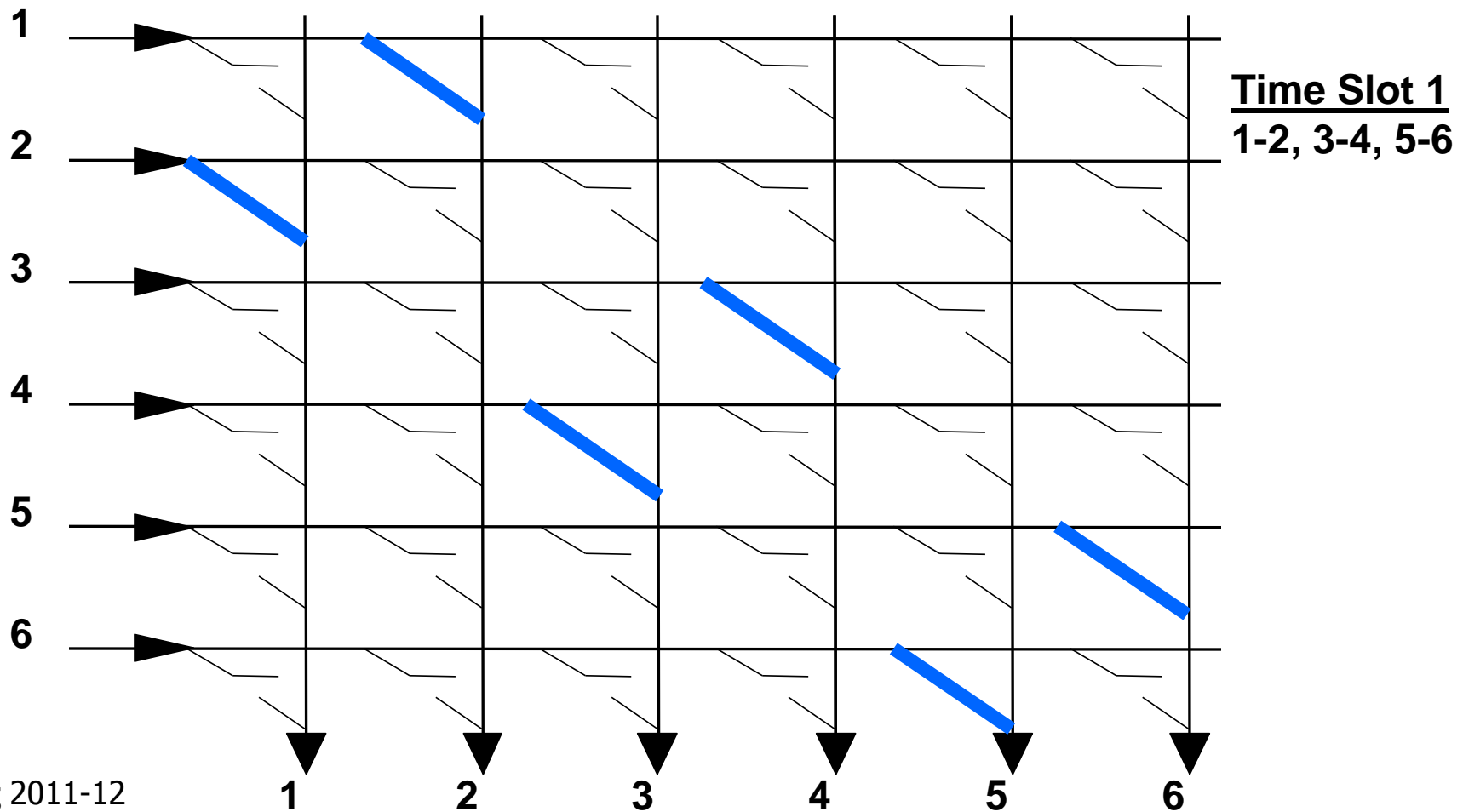
Μεταγωγή διαίρεσης χώρου

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

Time Multiplexed Switch (TMS) Διακόπτης πολυπλεξίας χρόνου

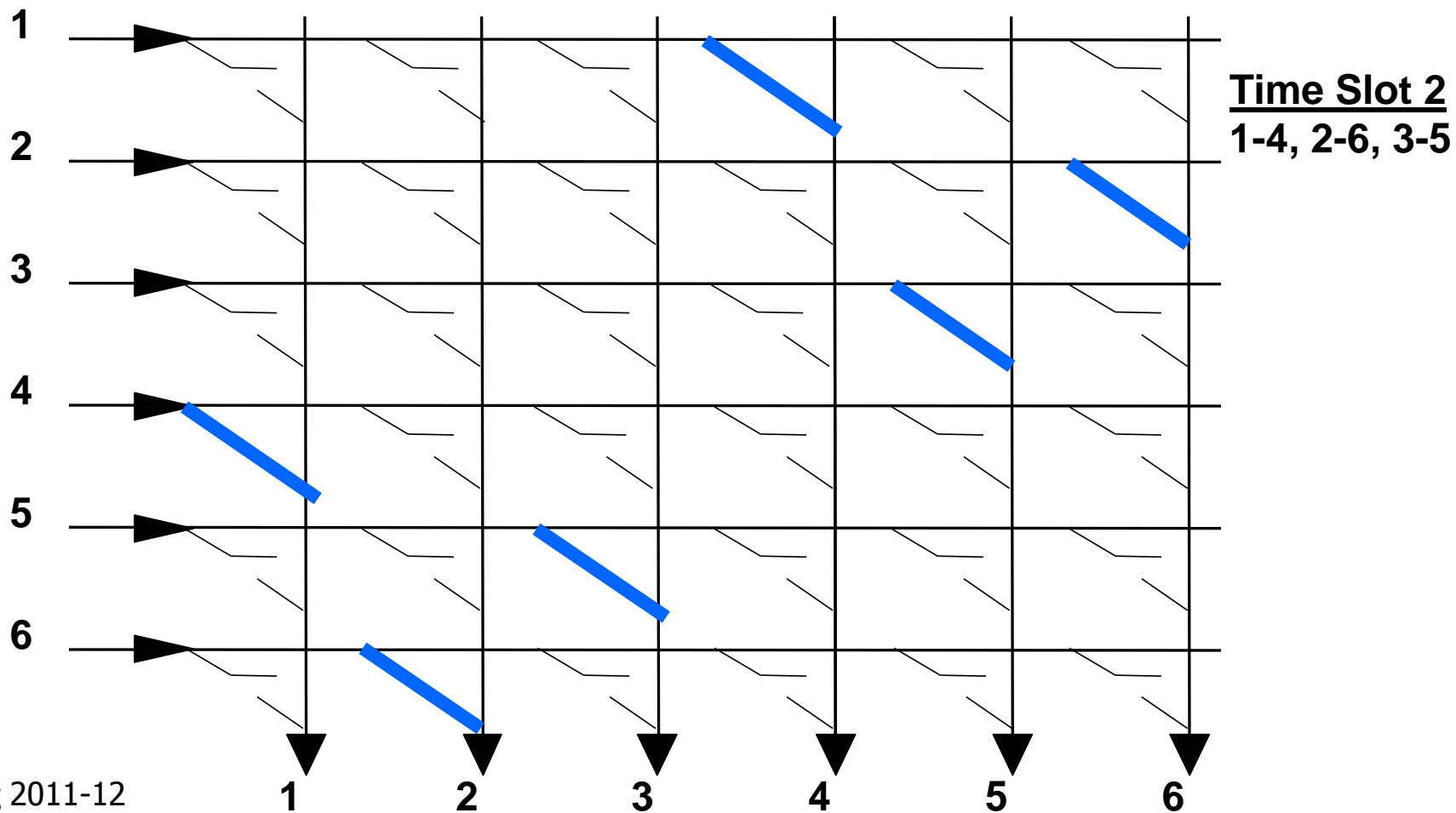


Λειτουργία TMS

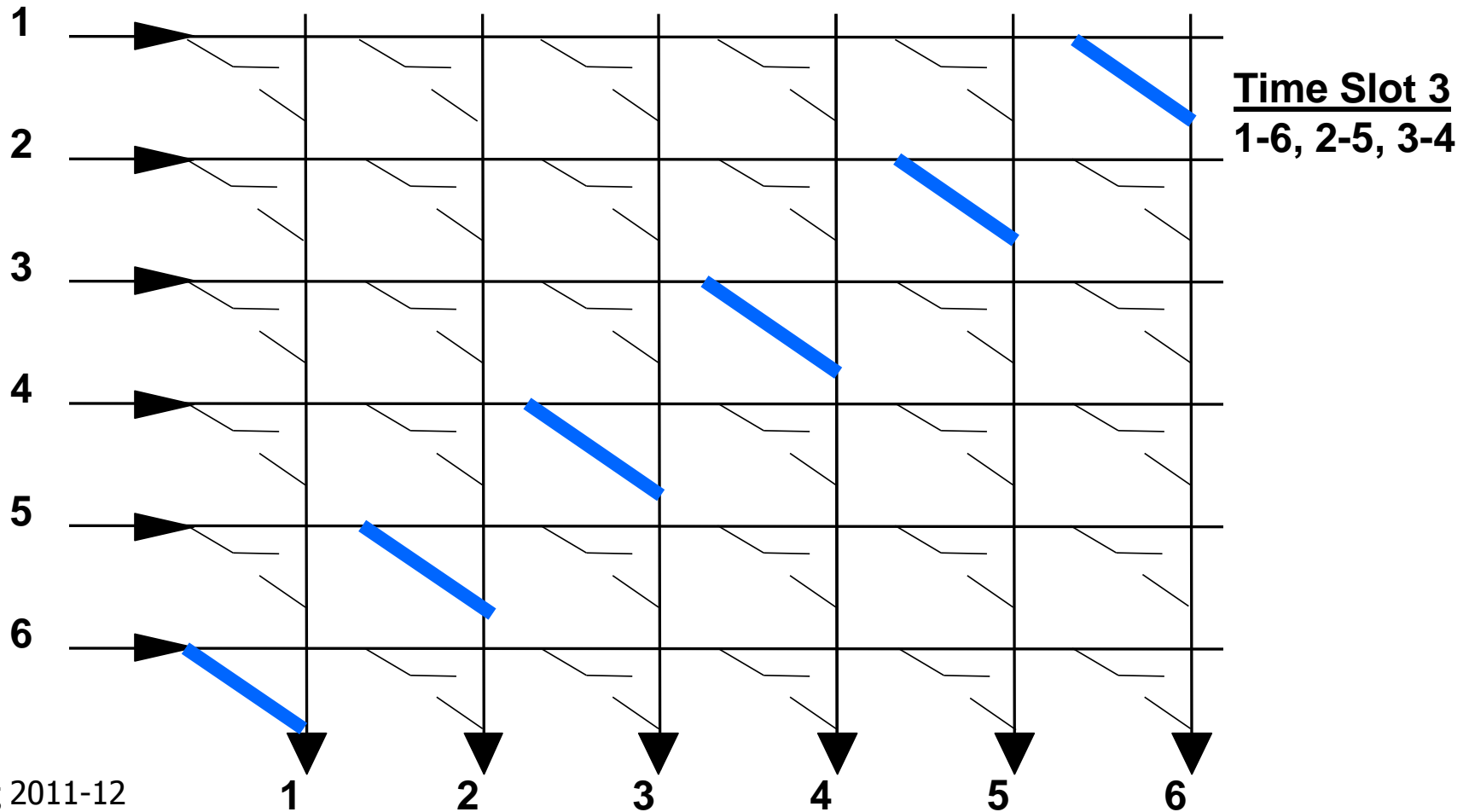


Time Slot 1
1-2, 3-4, 5-6

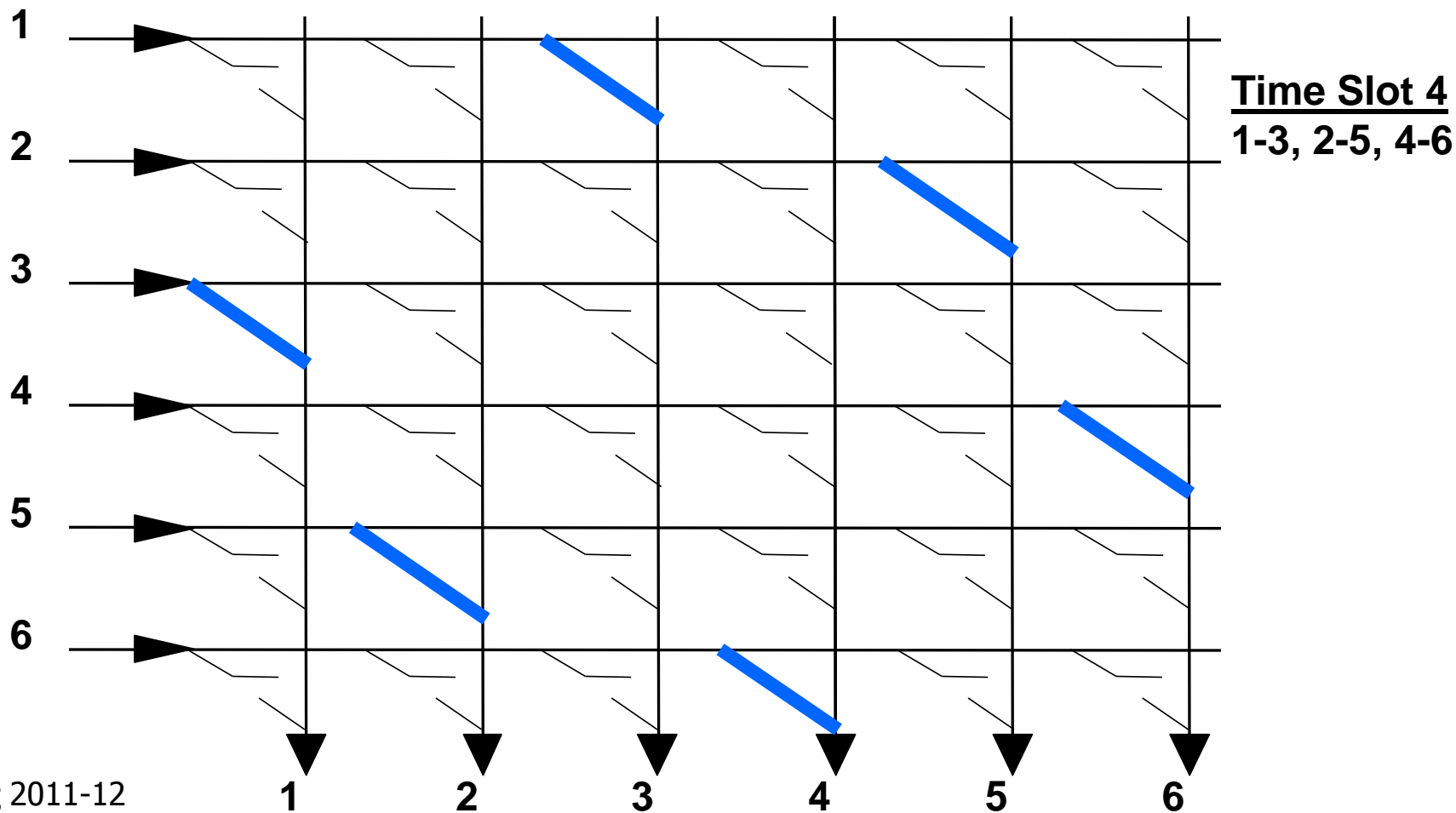
Λειτουργία TMS



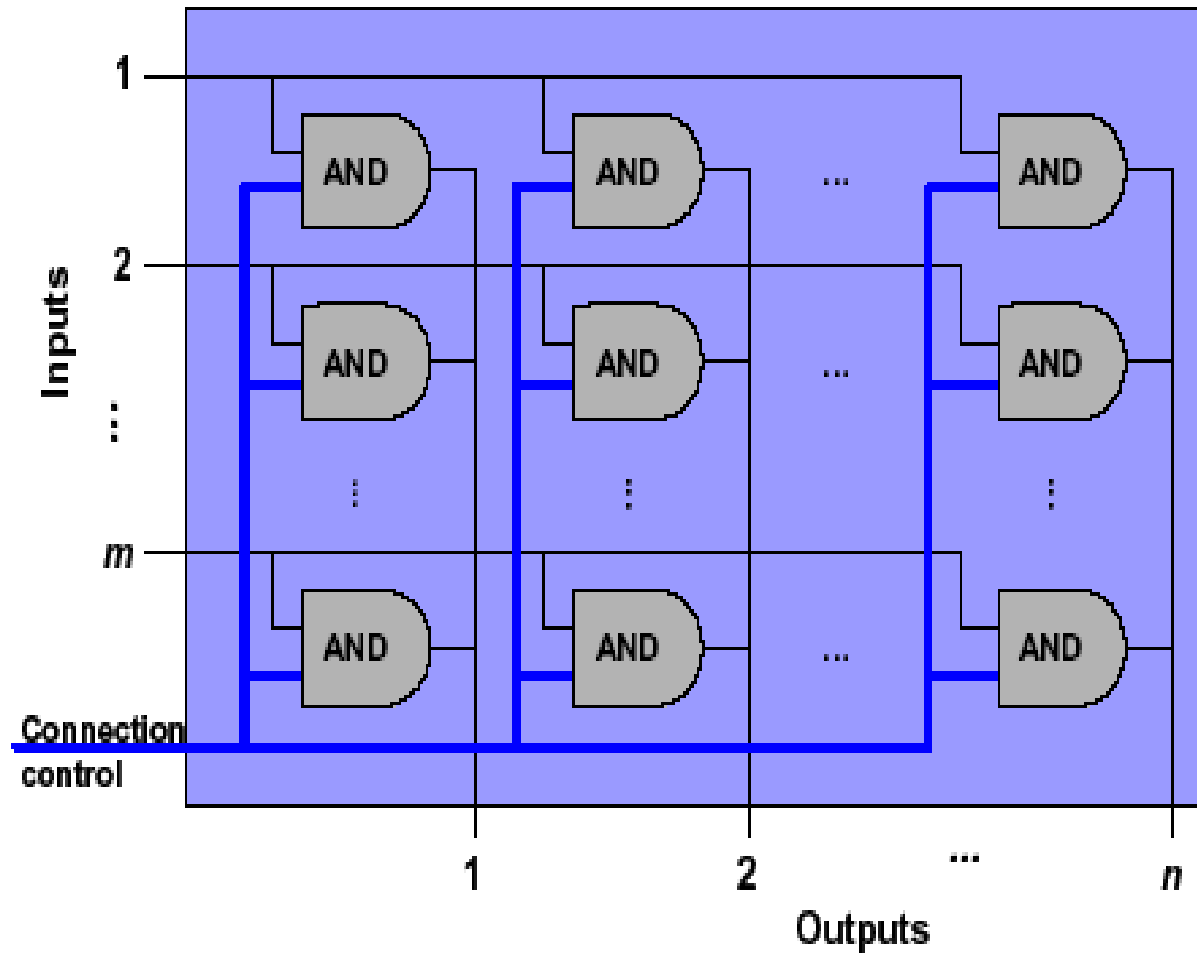
Λειτουργία TMS



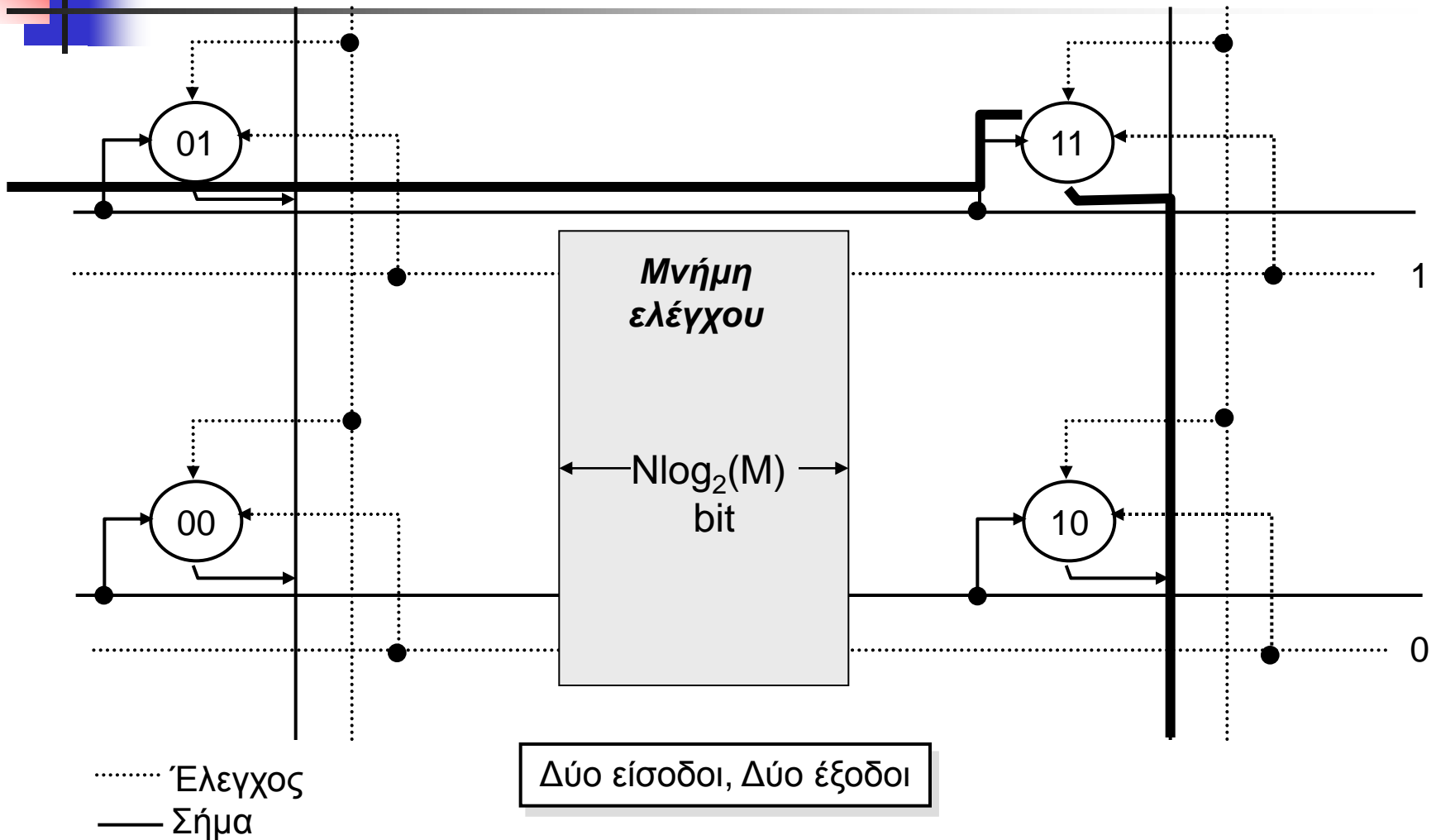
Λειτουργία TMS



Υλοποίηση με λογικές πύλες



Λειτουργίες ελέγχου TMS₁

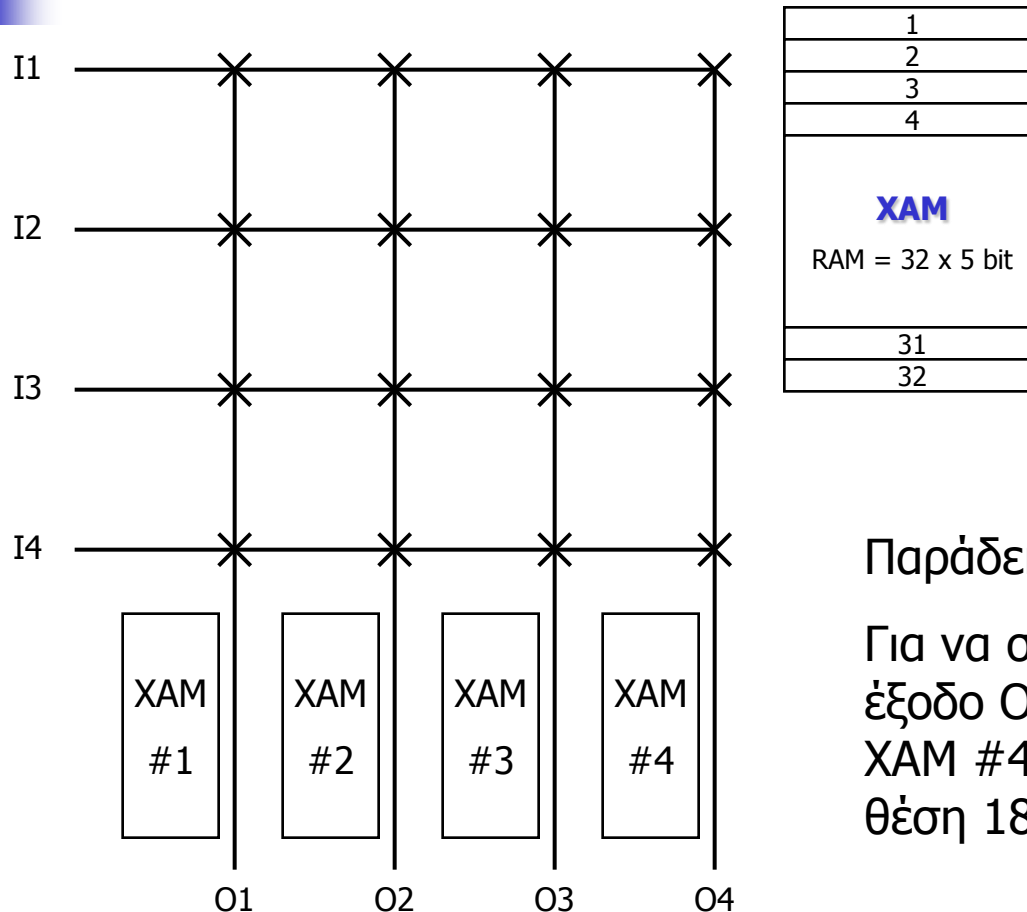




Λειτουργίες ελέγχου TMS

- 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 σηματοδοσίας
- 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



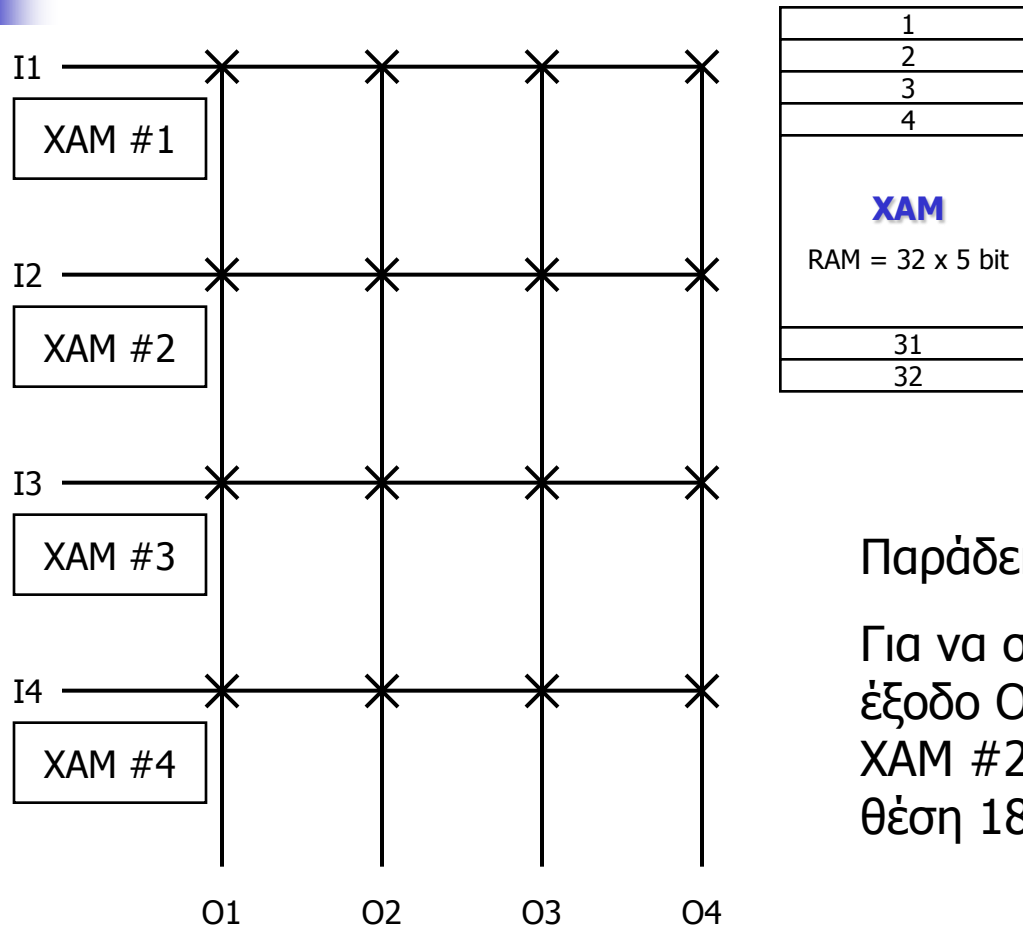
Η XAM αποθηκεύει τον αριθμό της εισόδου στην οποία θα συνδεθεί η δεδομένη έξοδος για κάθε χρονοσχισμή

Παράδειγμα:

Για να συνδεθεί η είσοδος I2 στην έξοδο O4 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 I2 στην έξοδο O4 για τη χρονοσχισμή 18, η XAM #2 αποθηκεύει την τιμή "4" στη θέση 18

"Σε ποια έξοδο παραδίδω?"

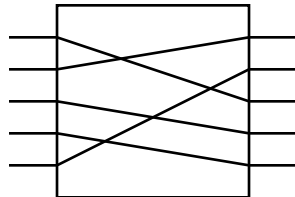


Ιδιότητες TMS

- 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

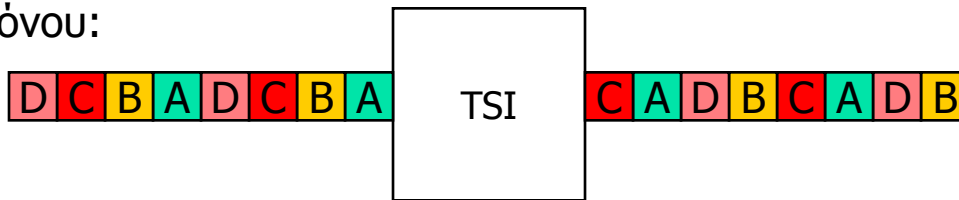
Διακόπτης Time-Space-Time (TST)

Διακόπτης πεδίου
Χώρου:



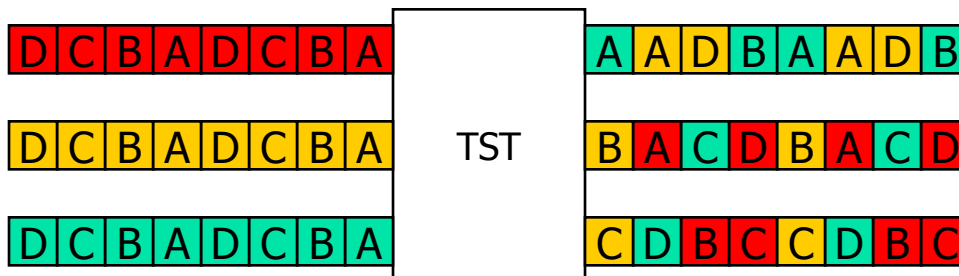
Οι φυσικές εισοδοι συνδέονται σε φυσικές
εξόδους

Διακόπτης πεδίου
Χρόνου:



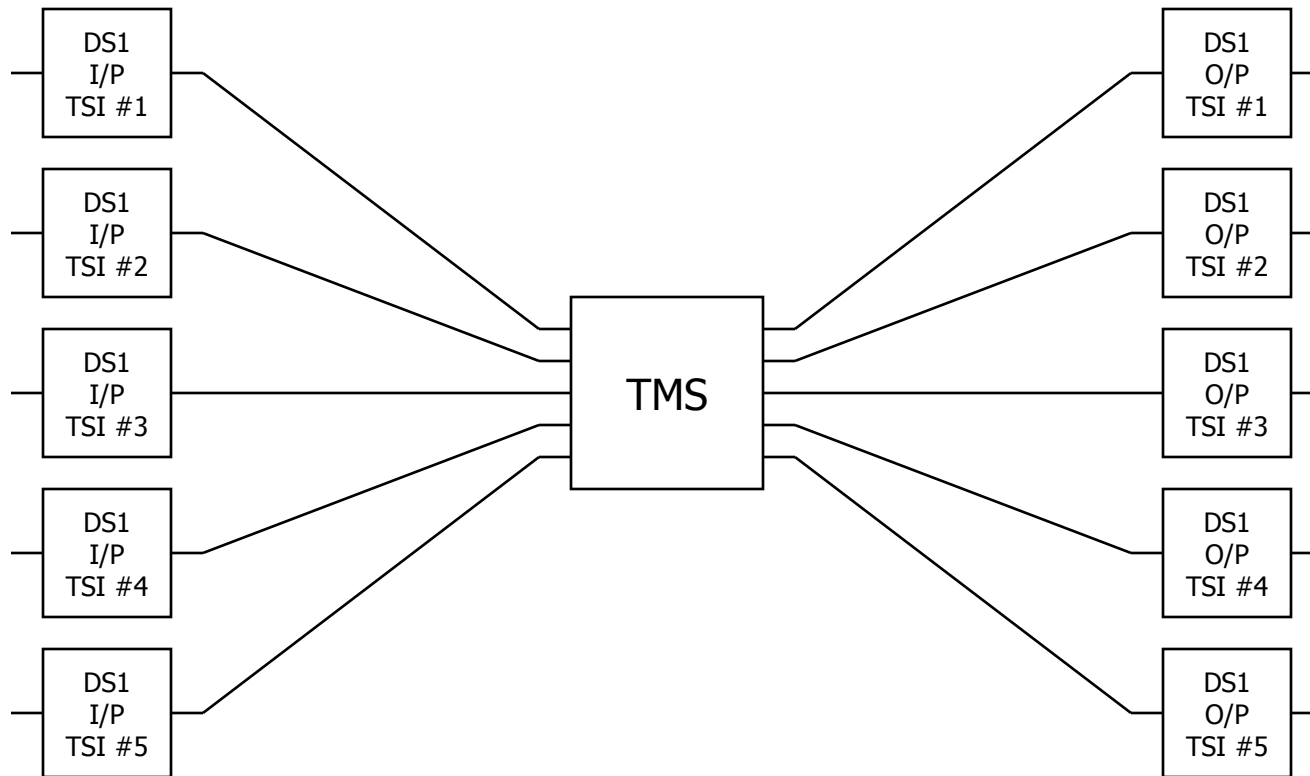
Οι χρονοσχιμές
αναδιατάσσονται στην ίδιο
φυσικό φορέα (T1 ή E1)

Διακόπτης Time-Space-Time:

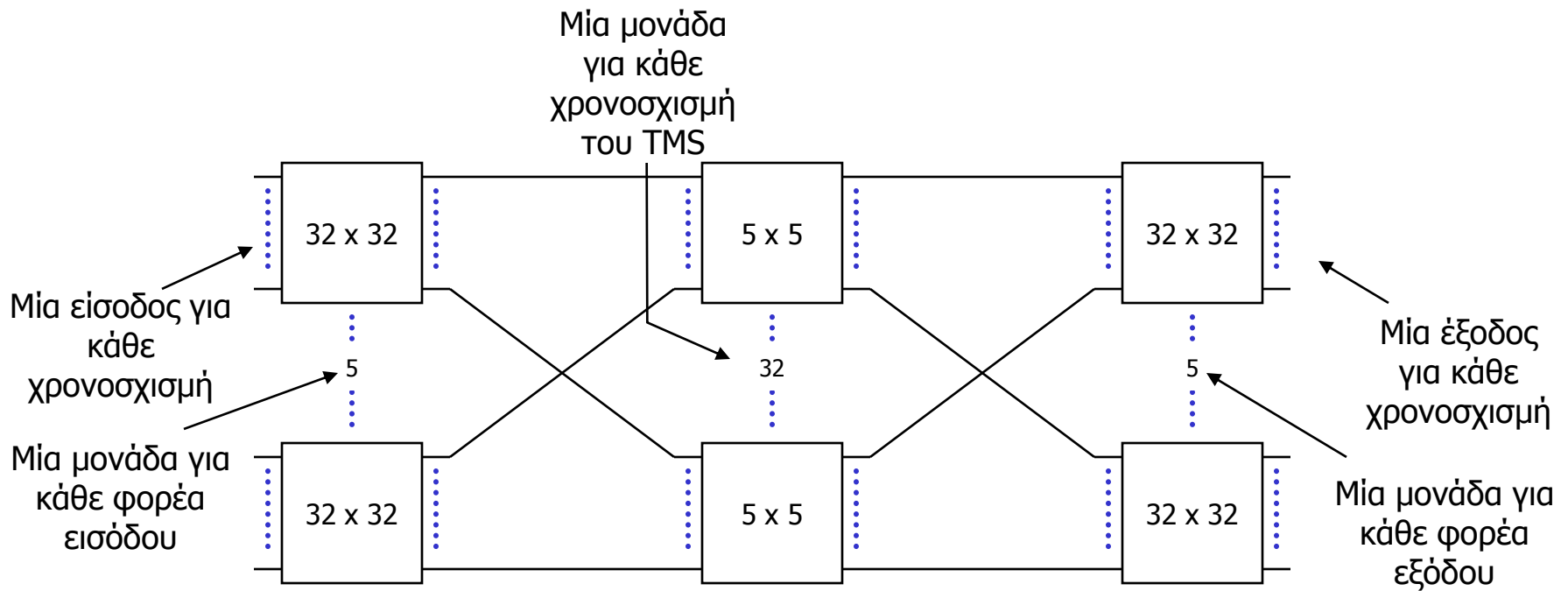
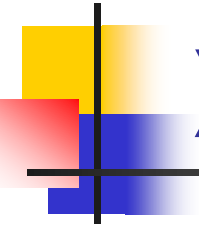


Τα δεδομένα αναδιατάσσονται
μεταξύ φυσικών φορέων και
χρονικών σχισμών

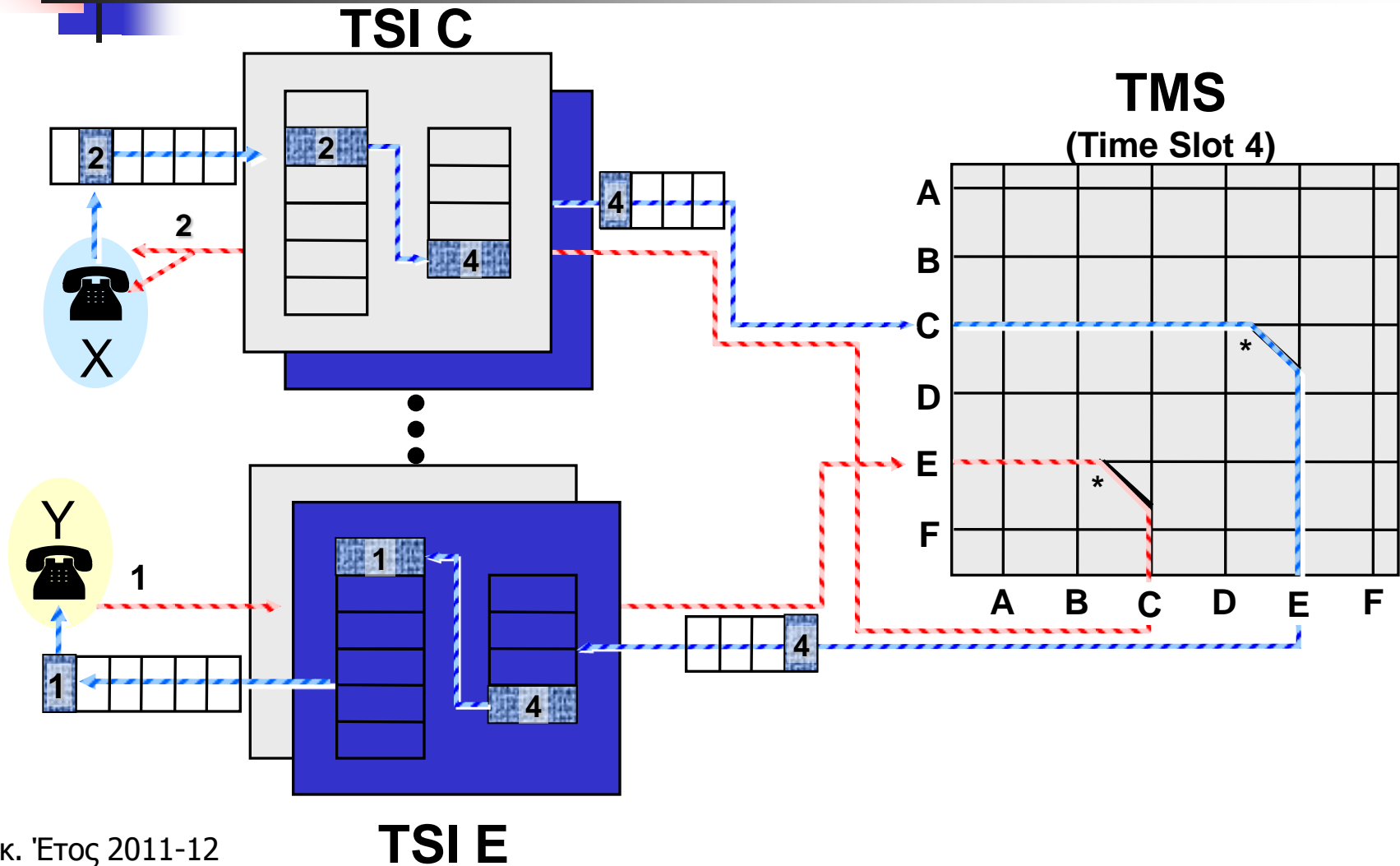
Διακόπτης TST



Ισοδύναμος διακόπτης στο χώρο



Διακόπτης TST

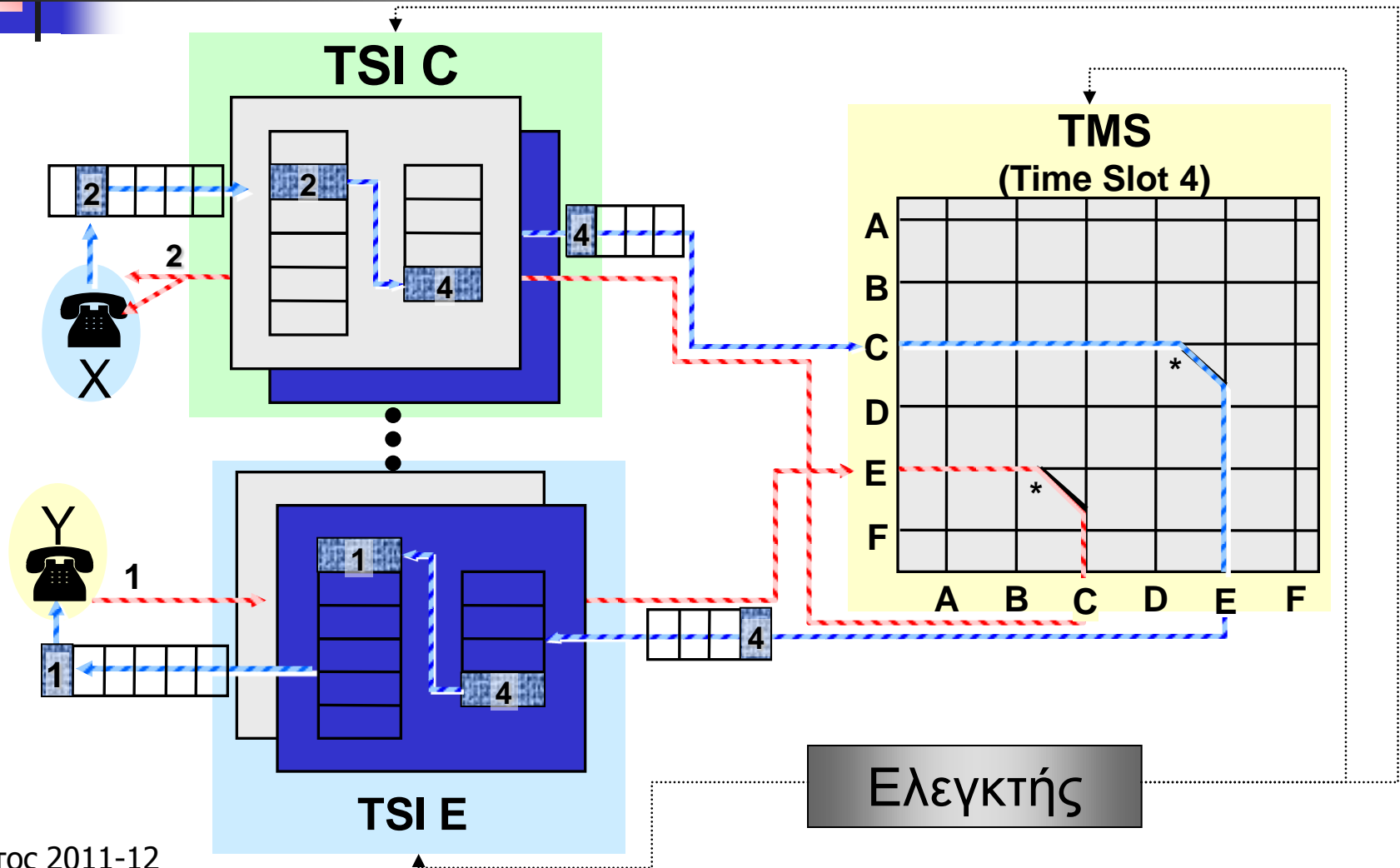




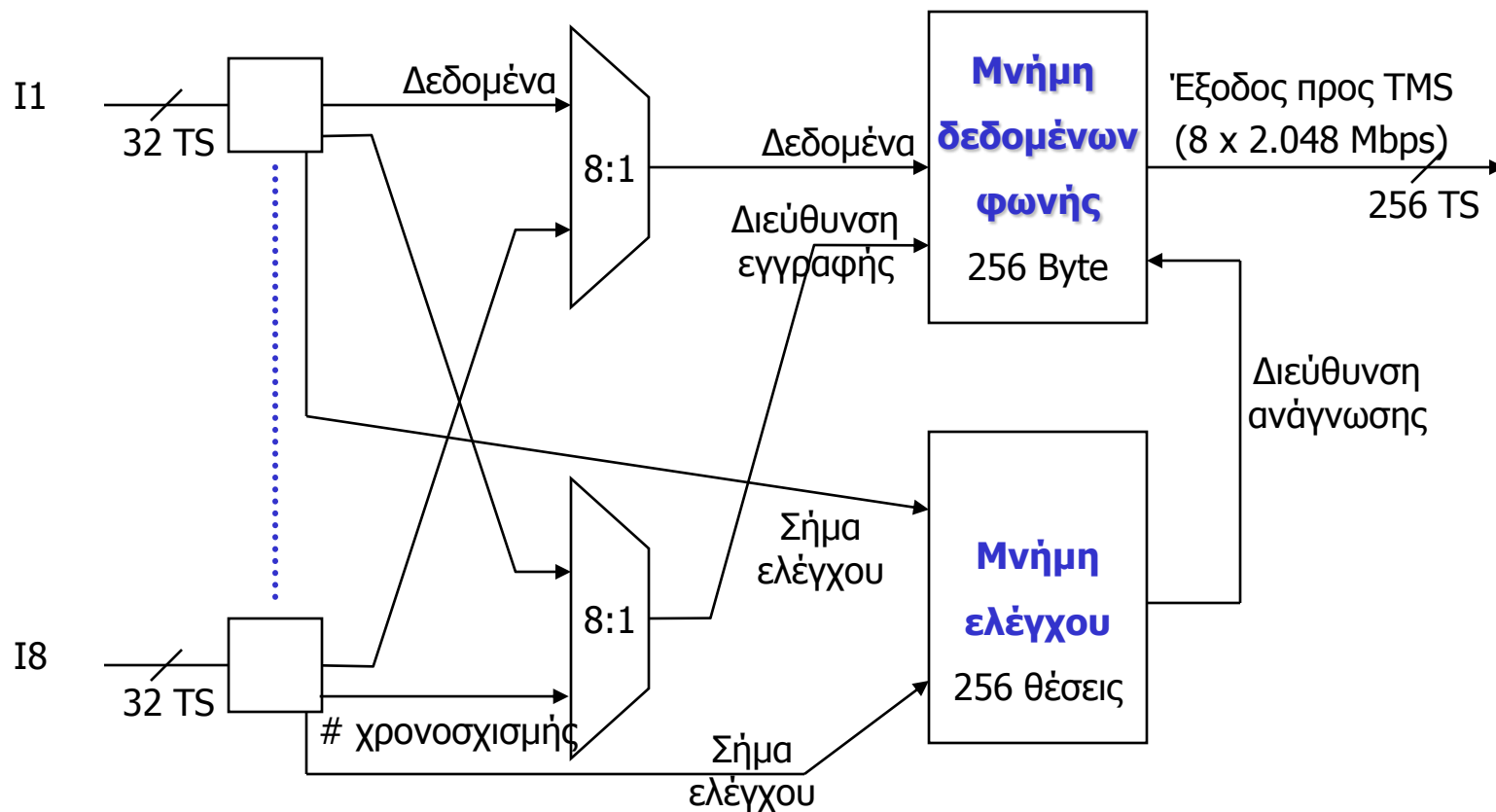
Έλεγχος διακόπτη TST

- 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 τη σωστή γραμμή εισόδου με τη σωστή γραμμή εξόδου κατά τη διάρκεια της εν λόγω χρονοσχισμής
- Τέλος, στο TSI εξόδου αναδιατάσσουμε την εν λόγω ελεύθερη χρονοσχισμή με τη χρονοσχισμή εξόδου

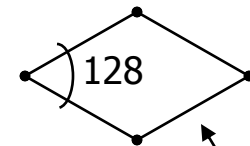
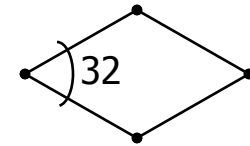
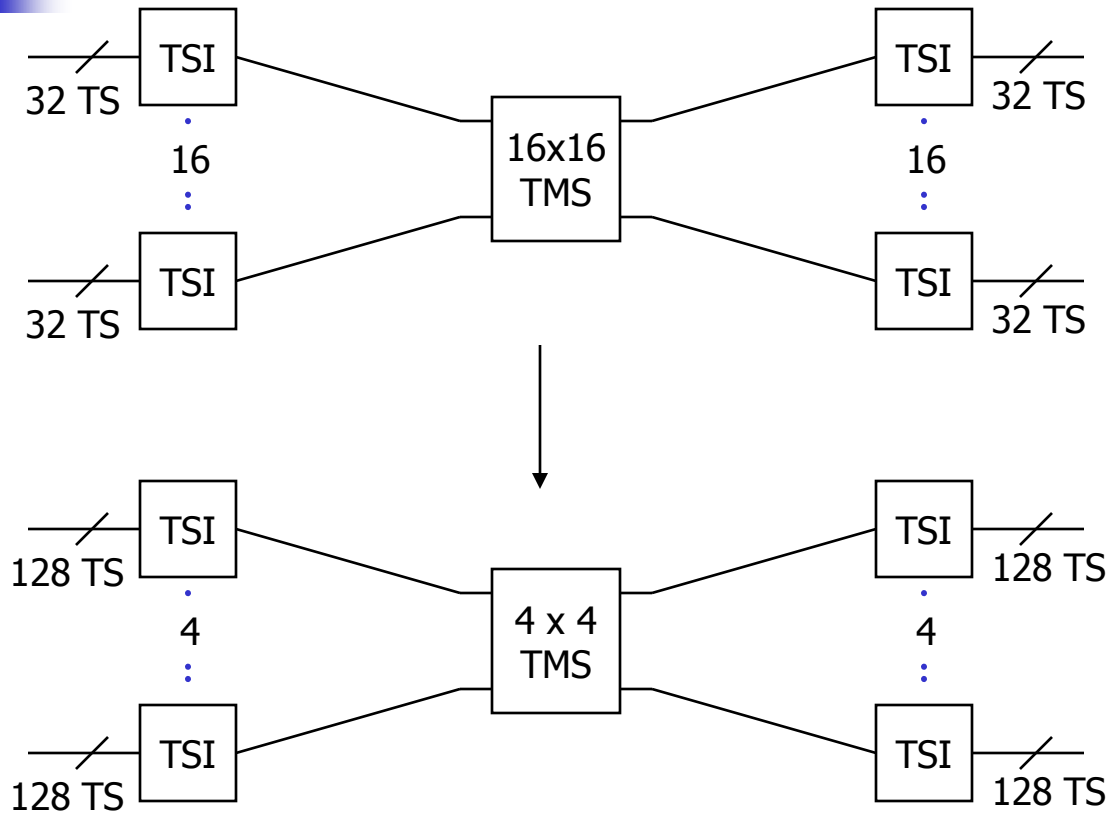
Έλεγχος διακόπτη TST



Πολυπλεξία μονάδων TSI



Κέρδος από την πολυπλεξία

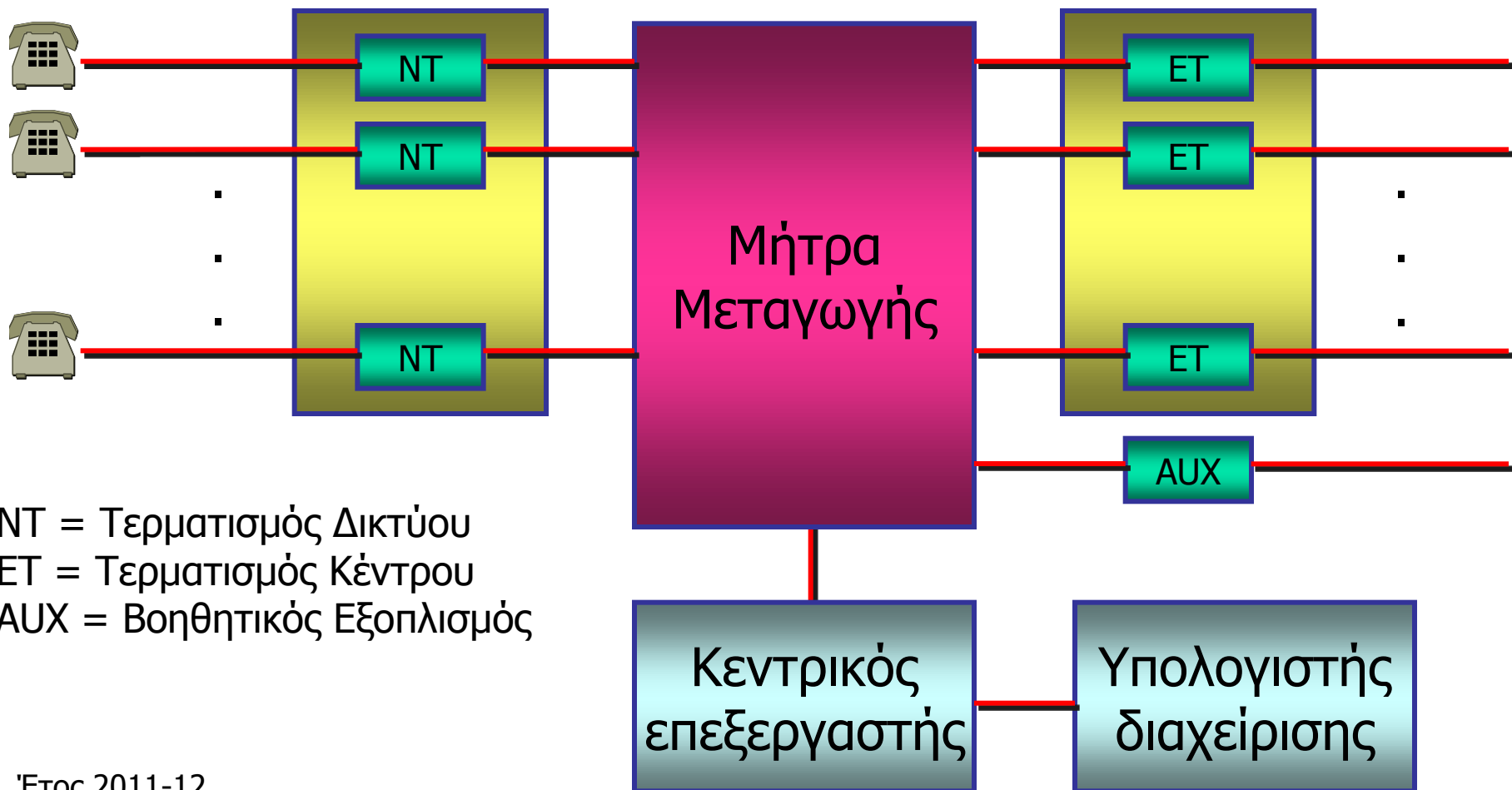


Μικρότερη
πιθανότητα
αποκλεισμού



Σύστημα ελέγχου

Παράδειγμα





Σύστημα Ελέγχου

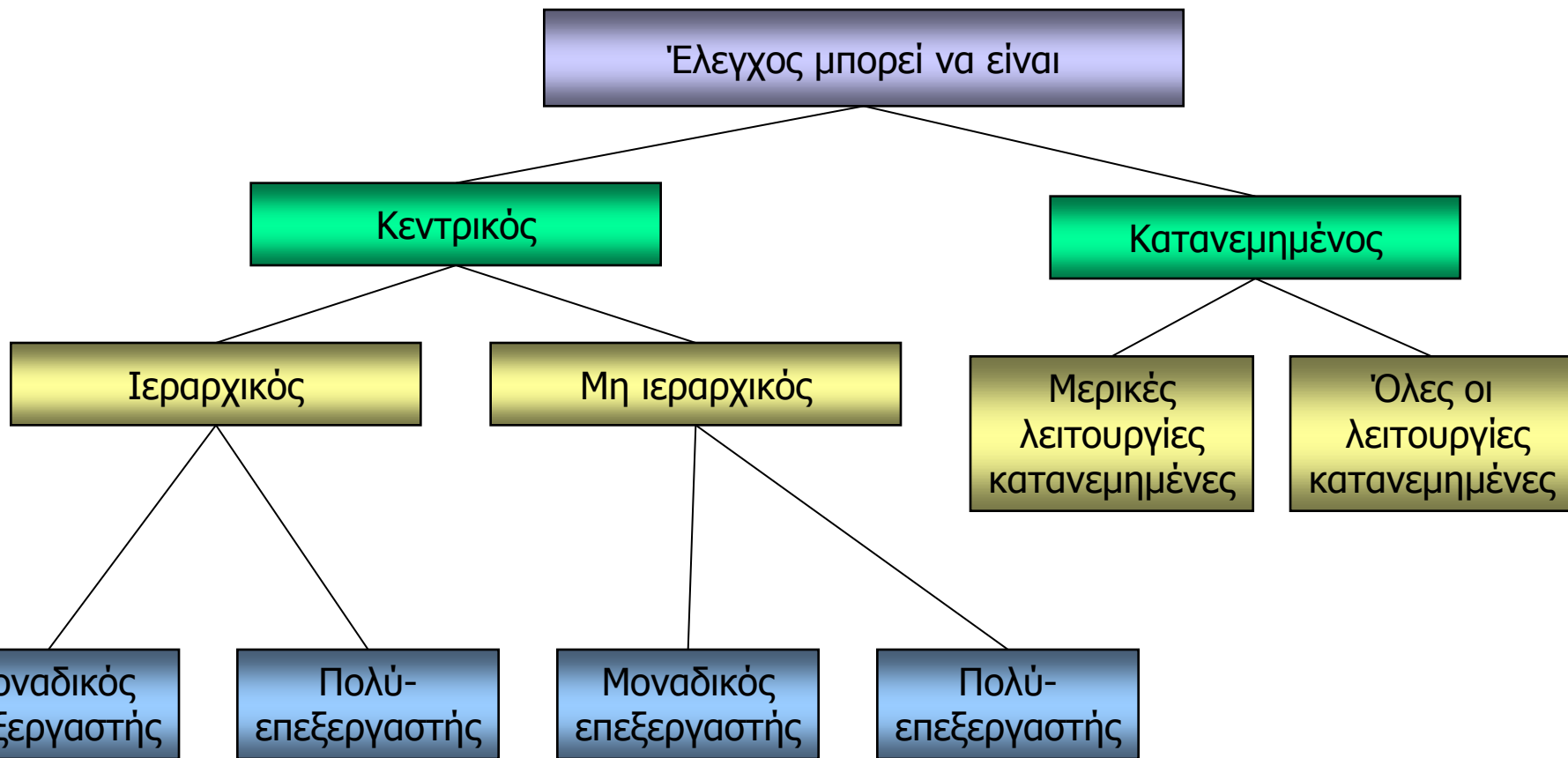
■ Κεντρικό

- 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

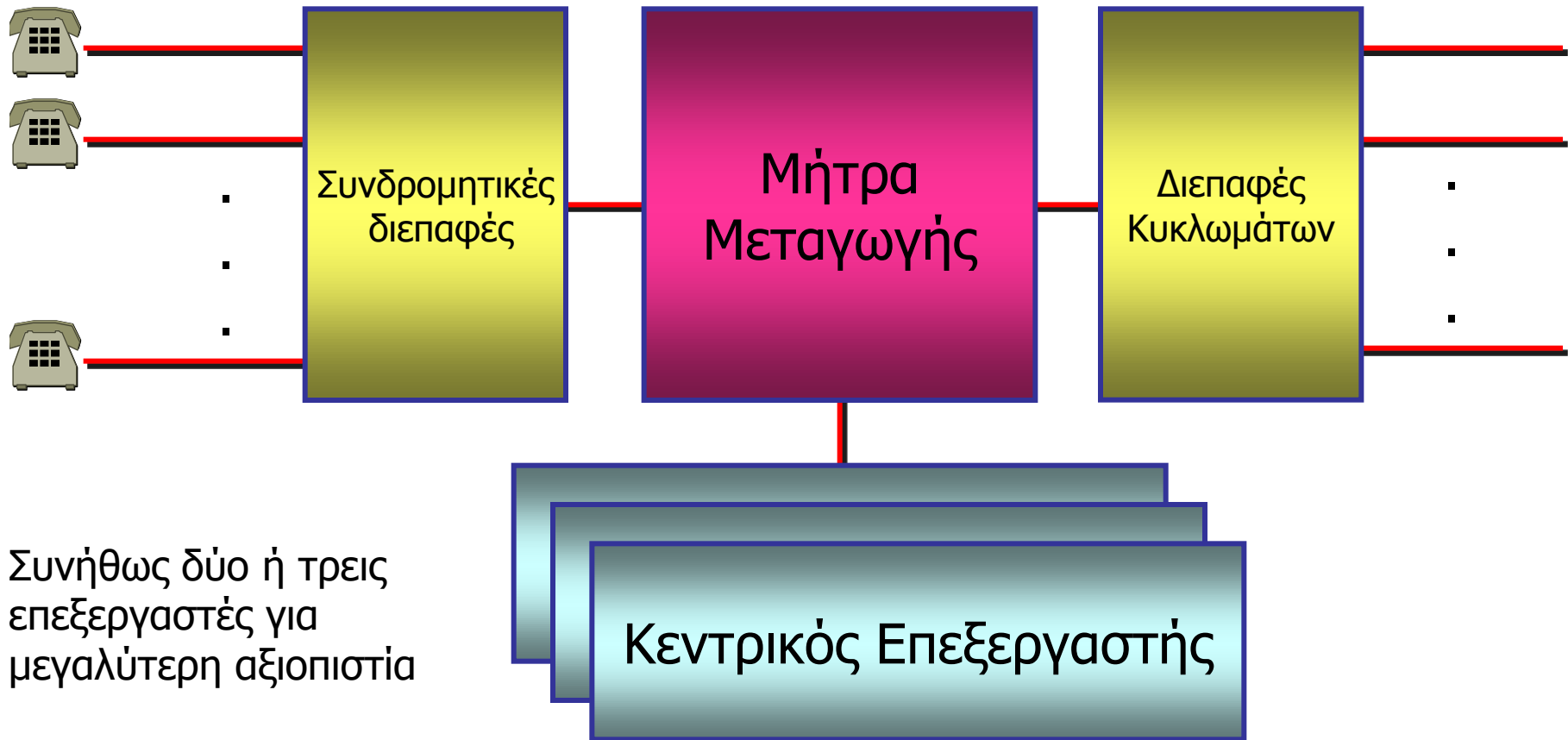
■ Κατανεμημένο

- 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

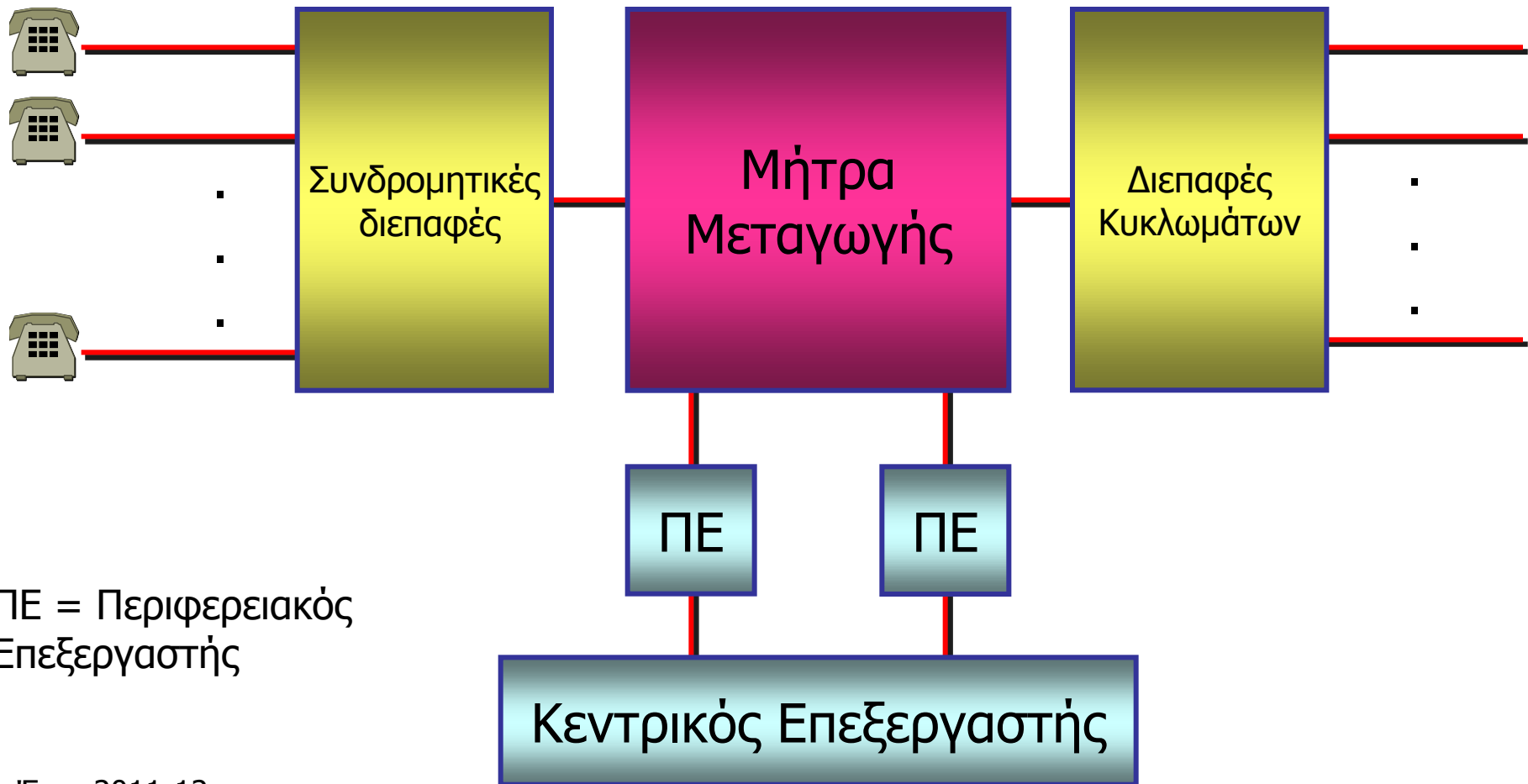
Σύστημα Ελέγχου



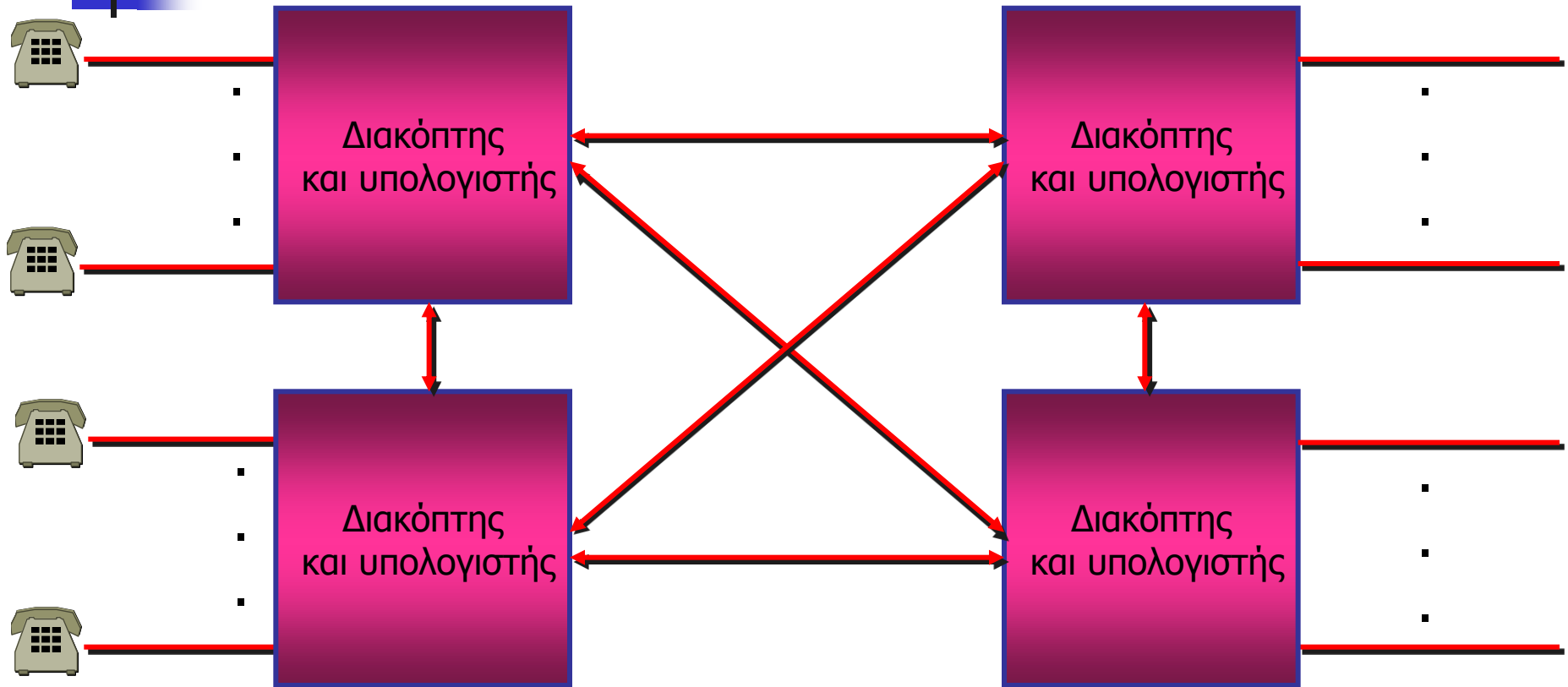
Κεντρικός έλεγχος (μη ιεραρχικός)



Κεντρικός έλεγχος (ιεραρχικός)

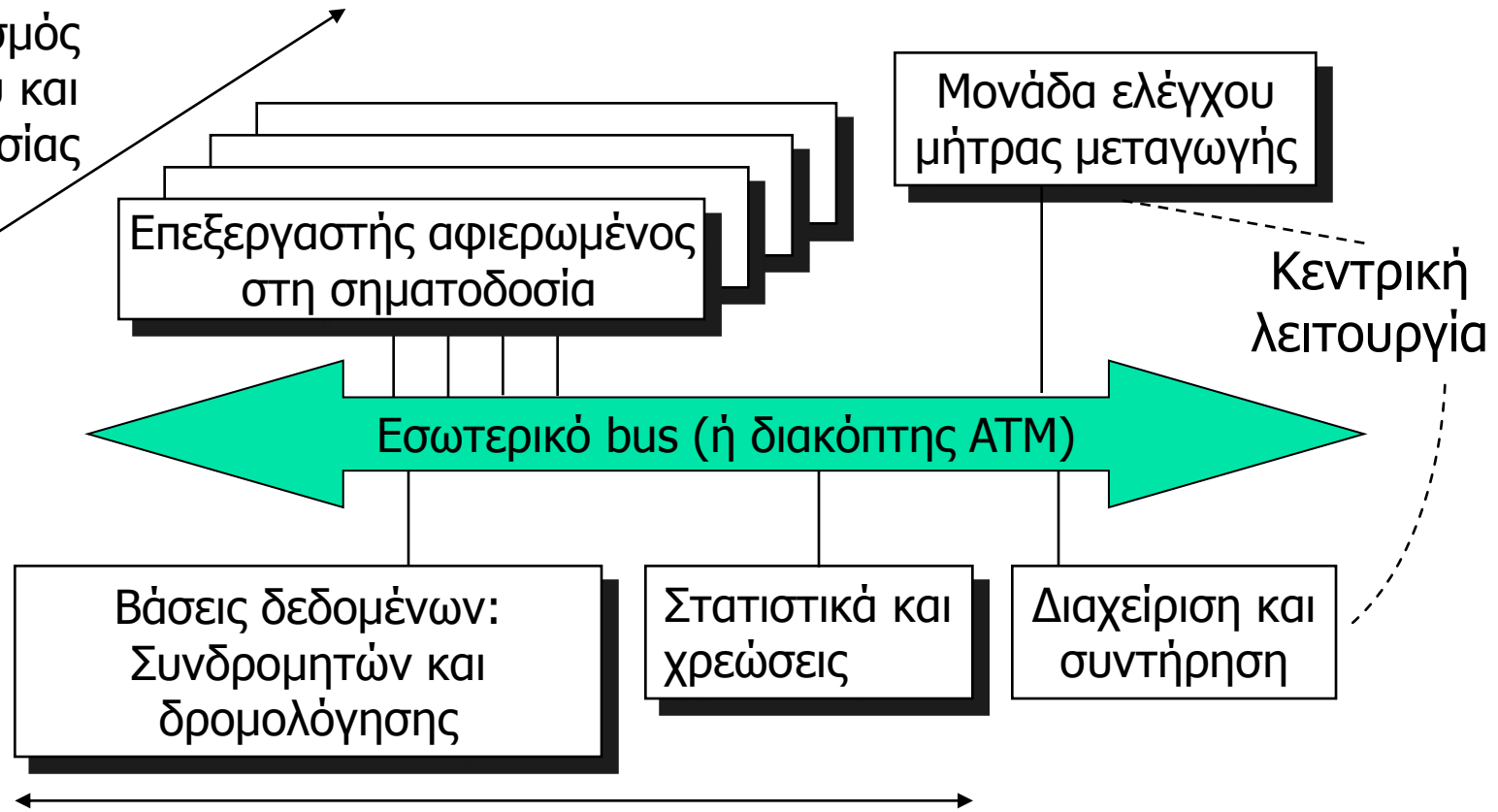


Κατανεμημένος έλεγχος



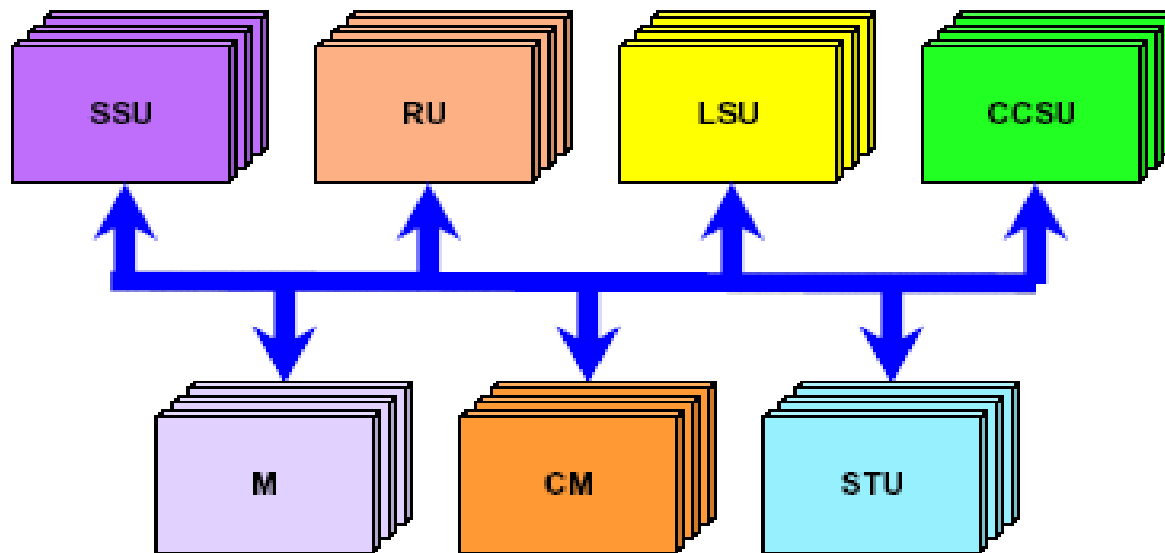
Παράδειγμα κατανεμημένου ελέγχου (DX-200)

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

DX200 / Nokia

Μονάδες επεξεργαστή κλήσεων

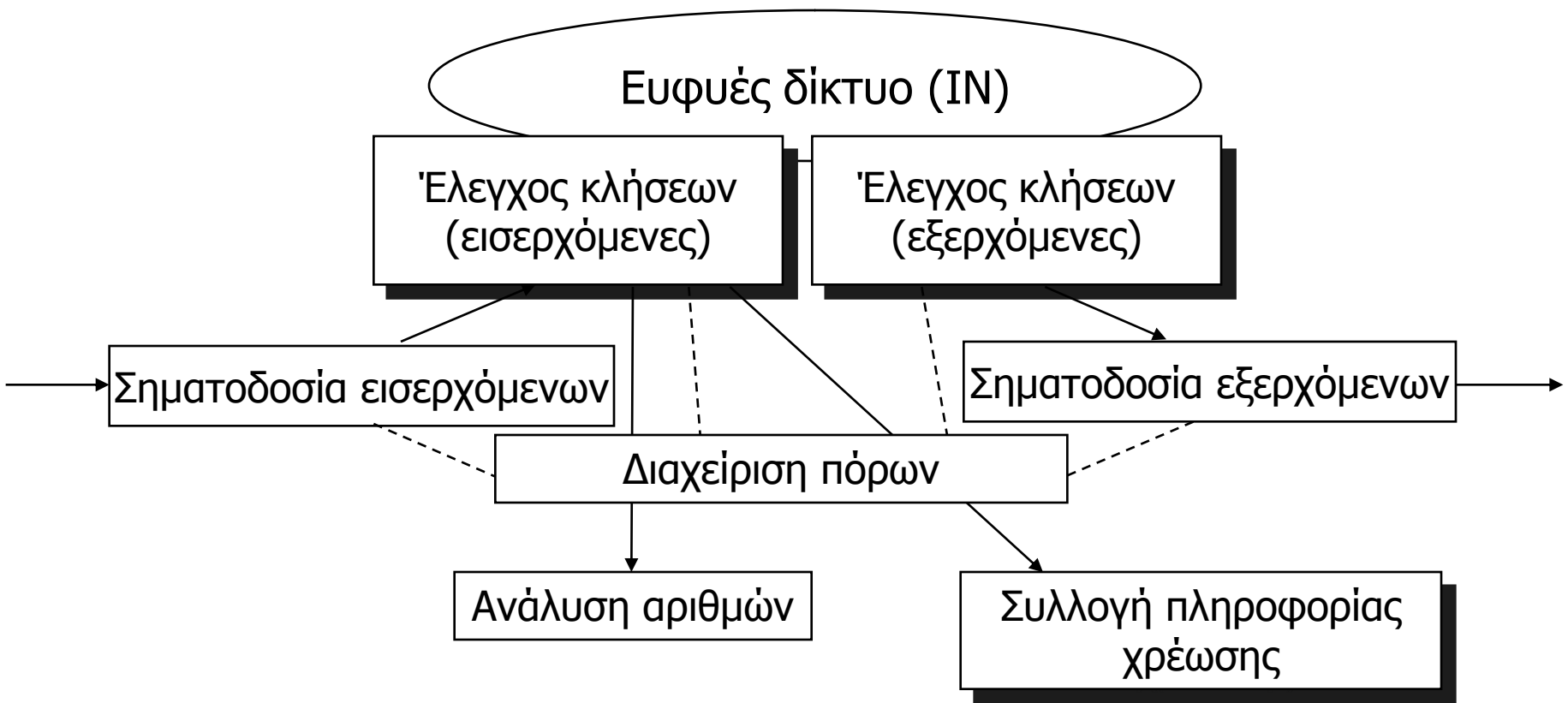
- Common Channel Signaling Unit (CCSU)
 - Επεξεργασία μηνυμάτων σηματοδοσίας SS7
- Central Memory (CM)
 - Κοινή μνήμη για όλες τις μονάδες
- Line Signaling unit (LSU)
 - Επεξεργασία σηματοδοσίας συνδρομητών
- Marker (M)
 - Έλεγχος συνδέσεων
- Register Unit (RU)
 - Καταχωρητές με στοιχεία για κλήσεις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





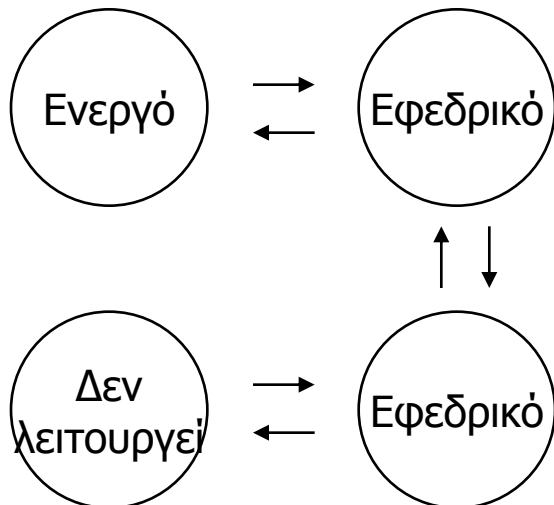
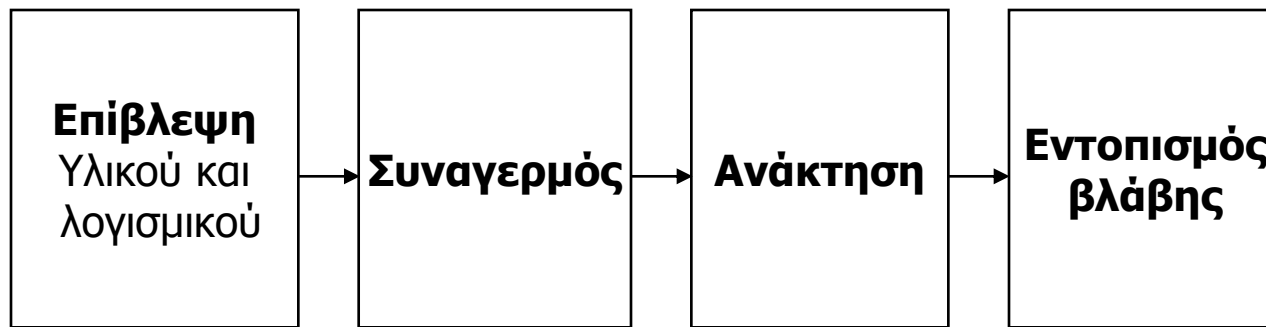
Λογισμικό Μεταγωγής

- Το λογισμικό των μοντέρνων ψηφιακών μεταγωγέων (switching software) είναι πραγματικού χρόνου και οδηγούμενο από γεγονότα (event-driven):
 - γεγονότα είναι οι ενέργειες των τελικών χρηστών, όπως η επιλογή ψηφίων, σήκωμα ή κατέβαση ακουστικού, ...
- Το λογισμικό της μεταγωγής κυκλωμάτων φωνής μιμείται τη συμπεριφορά των ιστορικών ηλεκτρομηχανικών κέντρων
 - περιλαμβανομένων θεμάτων όπως η καθυστέρηση μετά την επιλογή σε διεθνείς 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 M 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