

2.5D Network on Chip Router

Νίκος Χαραλάμπους

ΤΗΜΜΥ ΑΠΘ

17 Δεκεμβρίου 2025

- 1 Συζητήθηκαν Προηγούμενως
- 2 Επιλογές Υλοποίησης
- 3 Arbitration (Διαιτησία)
 - Εισαγωγή
 - Είδη Δικαιοσύνης (Fairness)
 - Διαιτητής Προκαθορισμένης Προτεραιότητας
 - Επαναληπτικοί Διαιτητές Μεταβλητής Προτεραιότητας
- 4 Τέλος

- **Διαχείριση Flit και Credit**

- 1 Ξεχωριστές Ζεύξεις
- 2 Κωδικοποίηση σε επίπεδο Phit
- 3 'Piggybacking'

- **Στοιχεία Ροής Δεδομένων ενός Router**

- 1 Διαμέριση των Buffers
- 2 Δομές των Buffers
- 3 Μεταγωγείς (Switches)
 - Bus Switch
 - Crossbar Switch

Τοπολογία

- Προτιμάται η τοπολογία **πλέγματος** (4x4 mesh)
- **Θύρες (Ports)** : 5 (N,W,E,S,Local)

Δρομολόγηση (Routing)

- Minimal Adaptive Routing
- XY Routing στα εικονικά κανάλια **διαφυγής**
- **Αλγοριθμική** Δρομολόγηση
- Πρωτόκολλο **Duato**

Flow Control

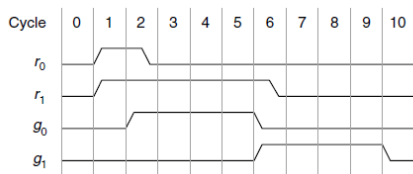
- **Virtual-Channel Flow Control** (π.χ. 2 VCs - 4 flit buffers)
- **Credit-Based Backpressure Mechanism**

- ❶ Συντηρητική επαναδέσμευση εικονικού καναλιού
- ❷ Ξεχωριστές ζεύξεις ανάμεσα σε credits και flits
- ❸ Ξεχωριστοί κυκλικοί buffers ανά εικονικό κανάλι
- ❹ 5×5 Crossbar με Separable Switch Allocator ($\text{Speedup} = 1$), με προοπτική επέκτασης
- ❺ Πιθανή χρήση Speculation (αξιολόγηση κατά την υλοποίηση)
- ❻ Round-Robin Arbitration

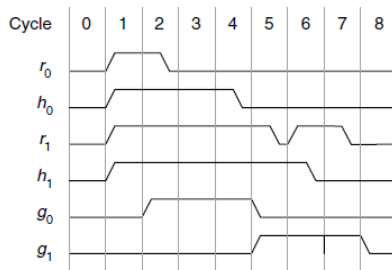
Arbitration (Διαιτησία)

Ορισμός

Οποτεδήποτε ένας πόρος μοιράζεται ανάμεσα σε **πολλαπλούς χρήστες**, ένας **‘διαιτητής’** είναι απαραίτητος για την ανάθεση πρόσβασης στον πόρο αυτό, σε έναν και μοναδικό χρήστη κάθε φορά.



Σχήμα: Χρονισμός διαιτησίας προκαθορισμένης συγκράτησης



Σχήμα: Χρονισμός διαιτησίας Μη προκαθορισμένης συγκράτησης

Είδη Δικαιοσύνης (Fairness)

Ασθενής Δικαιοσύνη

Κάθε αίτημα **σίγουρα** (κάποια στιγμή) ικανοποιείται.

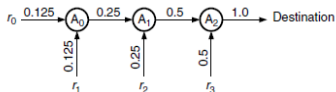
Ισχυρή Δικαιοσύνη

Κάθε αίτημα ικανοποιείται με μια **συγκεκριμένη συχνότητα**.

- Λειτουργία με **βάρη** (weighted fairness)

FIFO Δικαιοσύνη

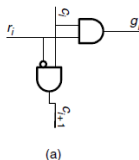
Κάθε αίτημα εξυπηρετείται **σειριακά**.



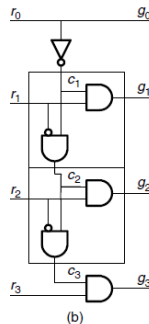
Σχήμα: Τοπικά αλλά ΟΧΙ Καθολικά Ισχυρή δικαιοσύνη

Στοιχεία

Δεν είναι δίκαιος ούτε υπό την ασθενή έννοια.



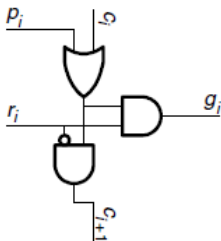
Σχήμα: Κελί
1-bit
επαναληπτικού
διαιτητή



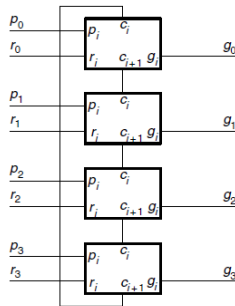
Σχήμα:
Διαιτητής 4-bit

Επαναληπτικοί Διαιτητές Μεταβλητής Προτεραιότητας

- Εισάγουμε ένα σήμα p_i , για την επιλογή εισόδου **υψηλότερης προτεραιότητας** σε **κυκλική αλυσίδα**.



(a)



(b)

Σχήμα: 1 κομμάτι του
διαιτητή

Σχήμα: Διαιτητής
Μεταβλητής
Προτεραιότητας

Αυθαίρετοι Διαιτητές (Oblivious Arbiters)

Ορισμός

Όταν το σήμα p δημιουργείται **χωρίς** να λαμβάνει υπόψη τα αιτήματα ή τις εγκρίσεις (r_i ή g_i), αυτό οδηγεί σε έναν **αυθαίρετο** διαιτητή.

Παράδειγμα

- **Κυκλικά** μεταβαλλόμενο διάνυσμα p ανά κύκλο.
- **Τυχαία** μεταβαλλόμενο διάνυσμα p ανά κύκλο.

Μειονέκτημα

Δεν είναι δίκαιοι υπό την ισχυρή έννοια.

- π.χ. Όταν υπάρχουν 2 διαδοχικοί αιτούντες και όλοι οι υπόλοιποι δεν αιτούνται, τότε ο 1ος σε σειρά κερδίζει $n - 1$ φορές σε σχέση με τον 2ο που κερδίζει μόνο για $p = 2$
- Λύση με Round-Robin Arbiters

Στοιχεία

Ένας round-robin διαιτητής λειτουργεί στη βάση ότι το **τελευταία ικανοποιημένο αίτημα** θα έχει τη **μικρότερη προτεραιότητα** στον επόμενο γύρο.

Ιδιότητες

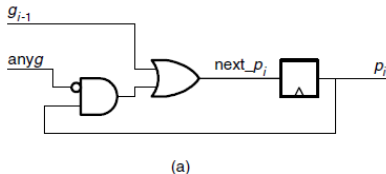
- Δημιουργεί το **επόμενο διάνυσμα p** , μέσω του **τρέχοντος διανύσματος g**
- Επιδεικνύει **ισχυρή δικαιοσύνη**

- Σε Verilog, ο κώδικας είναι :

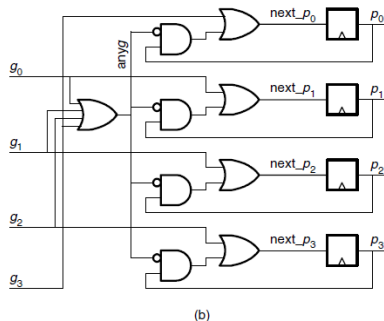
```
assign next_p = !g ? {g[n-2:0],g[n-1]} : p;
```

Διαιτητές Round-Robin

- Το **επόμενο** από το **εξυπηρετούμενο** αίτημα θα έχει την **υψηλότερη** προτεραιότητα, ενώ το τρέχον θα έχει τη **χαμηλότερη**.



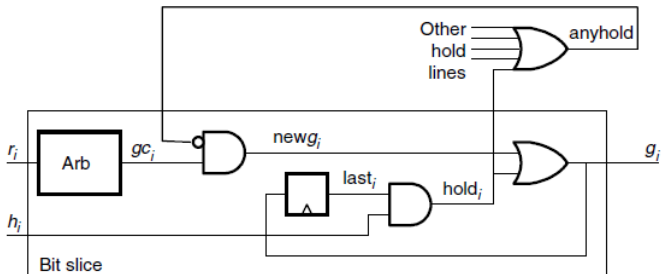
Σχήμα: 1 κομμάτι του διαιτητή



Σχήμα: Διαιτητής Round-Robin

Κύκλωμα Συγκράτησης Επίτρεψης

- Για συγκράτηση **πολλαπλών κύκλων**, υλοποιείται το παρακάτω κύκλωμα:



Σχήμα: Κύκλωμα Συγκράτησης Επίτρεψης

Ευχαριστώ για την προσοχή σας !

Ερωτήσεις;