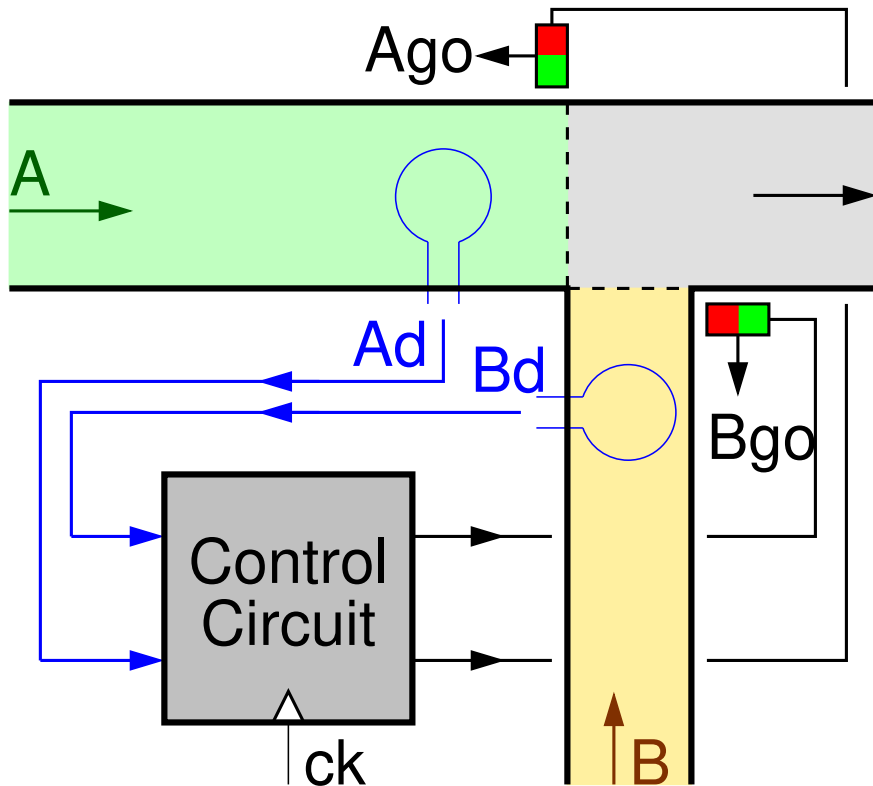


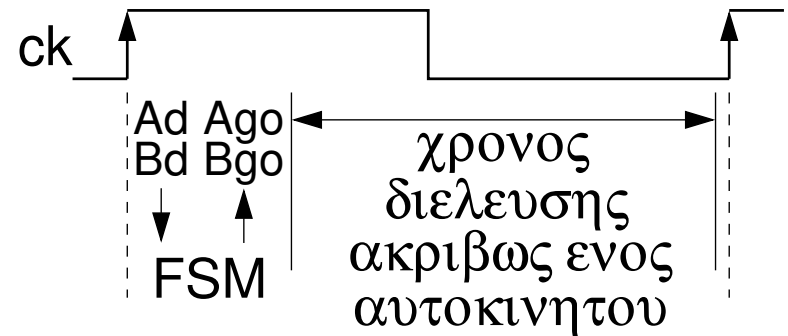
Παράδειγμα 1: Διαχείριση Πόρων – προτεραιότητες και FSM για κυκλική εναλλαγή

10b (§10.3 - 10.4) – 27 Νοε. 2020 – Μανόλης Κατεβαίνης

Παράδειγμα: Φωτεινοί Σηματοδότες σε Διασταύρωση

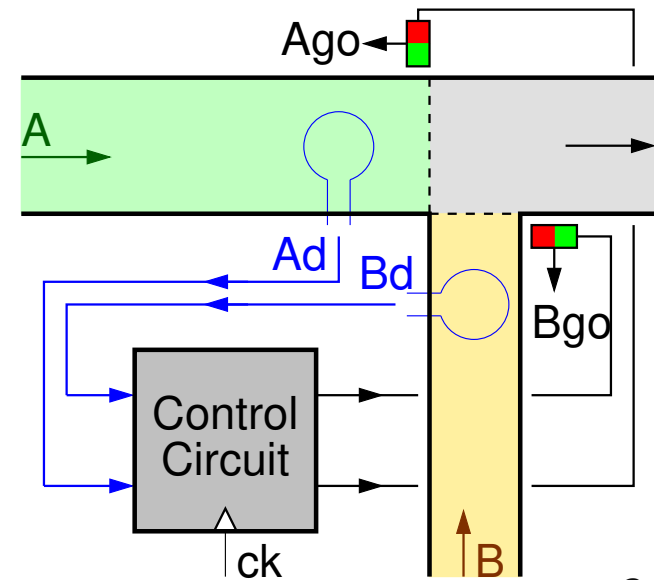


- Διασταύρωση δύο μονόδρομων
- A: κεντρικός, B: δευτερεύων
- Ανιχνευτές κίνησης Ad, Bd
- Φωτεινοί σηματοδότες Ago, Bgo
- Απλοποιητική παραδοχή χρονισμού:



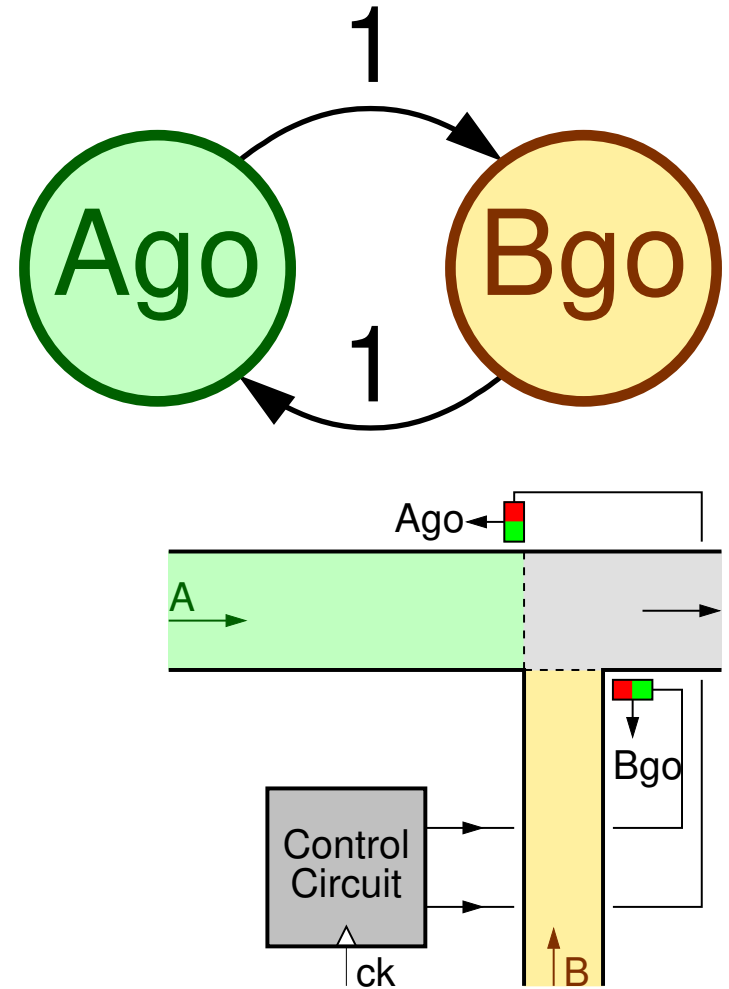
Μοντέλο Διαχείρισης Κοινόχρηστων Πόρων, γενικότερα

- Ομοίως στα Δίκτυα Υπολογιστών/Επικοινωνιών
 - Στους δρομολογητές, ταυτόχρονη άφιξη πακέτων από διαφορετικές εισόδους που όλα θέλουν να βγούν από την ίδια έξοδο
 - Όπως και τα αιτήματα στους Διαιτητές τρικατάστατων λεωφόρων
- Ομοίως στα Λειτουργικά Συστήματα
 - Πολυπρογραμματισμός: ποιά επόμενη διεργασία (process) να τρέξει;
- Ομοίως και στην κοινωνία γενικά
 - Πολλοί περιμένουν για έναν κοινόχρηστο πόρο (resource)
 - Ποιός να εξυπηρετηθεί πρώτος;

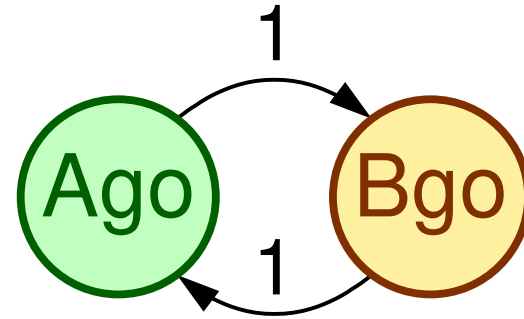
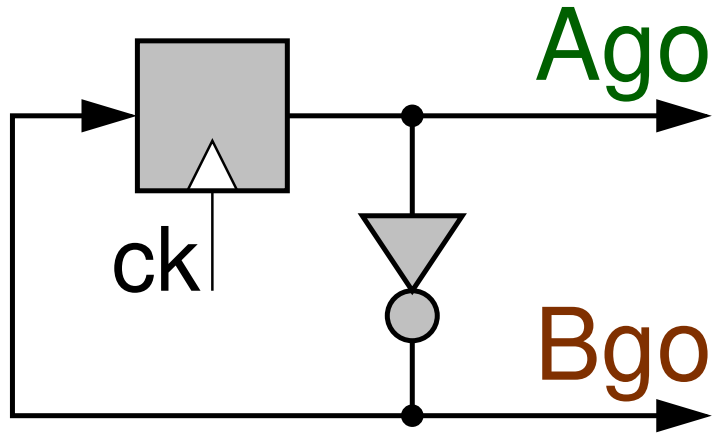


1. Κλασικά Φανάρια, χωρίς ανιχνευτές, αναλογία 1:1

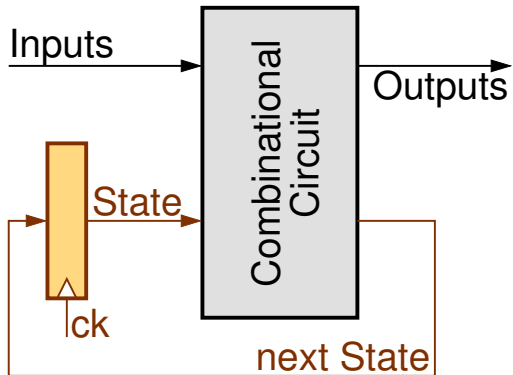
- Συνηθισμένοι (στην Ελλάδα) φωτεινοί σηματοδότες, χωρίς ανιχνευτές κίνησης στο οδόστρωμα («τυφλός έλεγχος»)
- Ίσος χρόνος πράσινου-κόκκινου και στους δύο δρόμους (αναλογία 1:1)
 - παρ' ότι ο A είναι κεντρικός και ο B είναι δευτερεύων)
- FSM: “1” = μετάβαση «πάντα»



Υλοποίηση FSM για αναλογία 1:1, χωρίς εισόδους



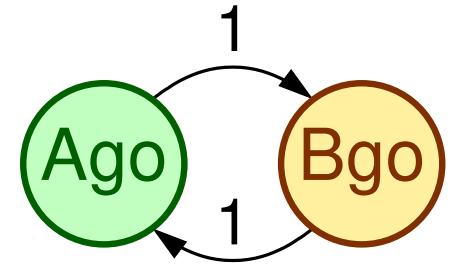
Sequential Circuit:



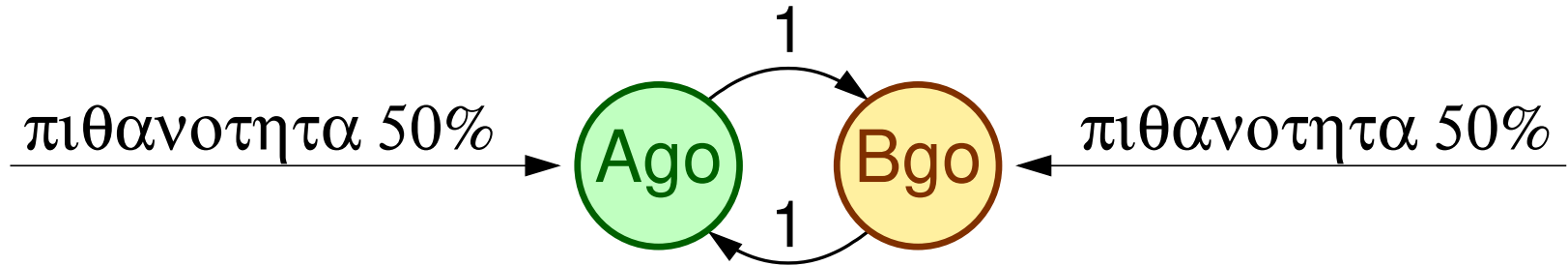
- Δύο καταστάσεις \Rightarrow ένα bit “state” αρκεί για να τις παραστήσει
- Δεν υπάρχουν εξωτερικές εισοδοι
- Επόμενη κατάσταση: πάντα η «άλλη»
- Δεν χρειάζεται reset – τυχαία αρχική

Ανάλυση Επιδόσεων της «τυφλής» FSM Αναλογίας 1:1

- *Ελαφρύ Φορτίο*: Καθυστερήσεις;
 - Ελάχιστη κίνηση αυτοκινήτων
 - Υπάρχουν καθυστερήσεις άνευ λόγου τότε;
- *Βαρύ Φορτίο*: Δικαιοσύνη;
 - Πάρα πολλά αυτοκίνητα, περισσότερα απ' όσα μπορεί να εξυπηρετήσει το σύστημα (ο δρόμος εξόδου) – Υπερφόρτωση
 - Πόσα αυτοκίνητα από τον έναν δρόμο και πόσα από τον άλλον;
- *Ασύμμετρο Φορτίο*: Αξιοποίηση πόρων;
 - Πολλά αυτοκίνητα από τη μία, λίγα από την άλλη
 - Υπάρχει περίπτωση να μην τα αφήνει, παρ' ότι θα χωρούσαν;



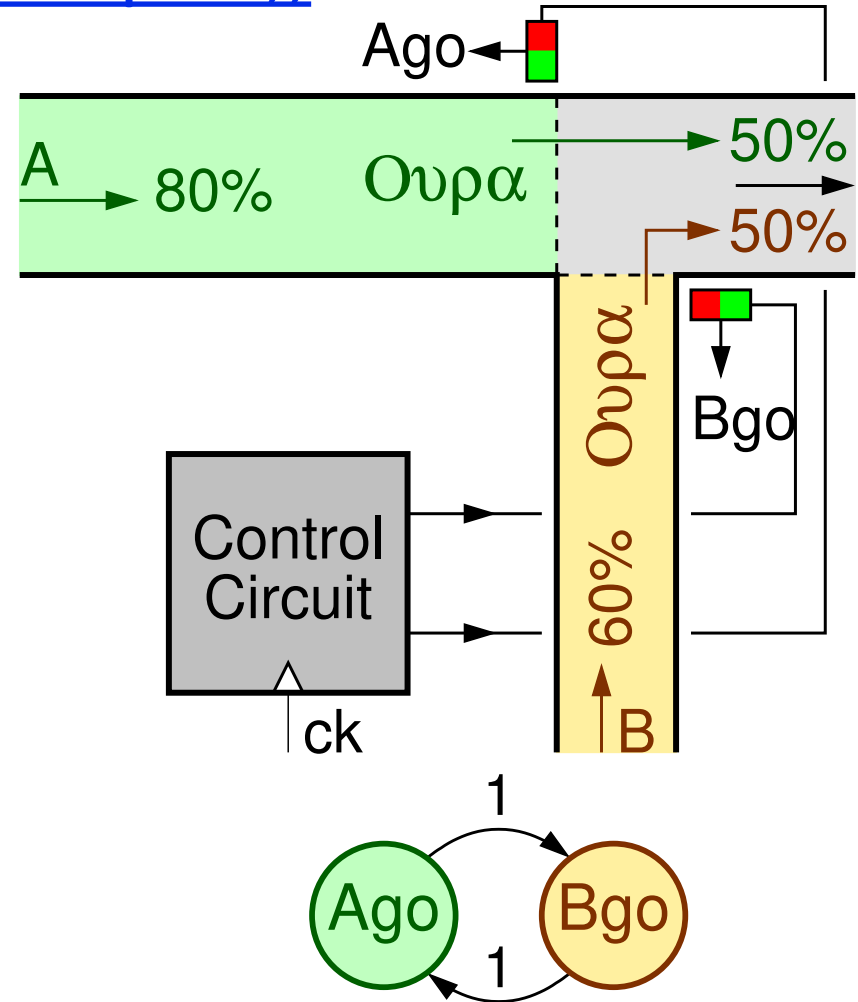
Καθυστερήσεις υπό Ελαφρύ Φορτίο



- Ελαφρύ φορτίο \Rightarrow τη στιγμή που φτάνω στη διασταύρωση μάλλον κανένα άλλο αυτοκίνητο δεν βρίσκεται εκεί
- Πιθανότητα 50% να έχω εγώ πράσινο και 50% ο άλλος
- Μέση καθυστέρηση = $50\% \times \text{μηδέν (εάν έχω εγώ πράσινο)} + 50\% \times \text{ένας κύκλος ρολογιού (εάν έχει ο άλλος)} = 0.5 \text{ κύκλοι ρολογιού κατά μέσον όρο}$

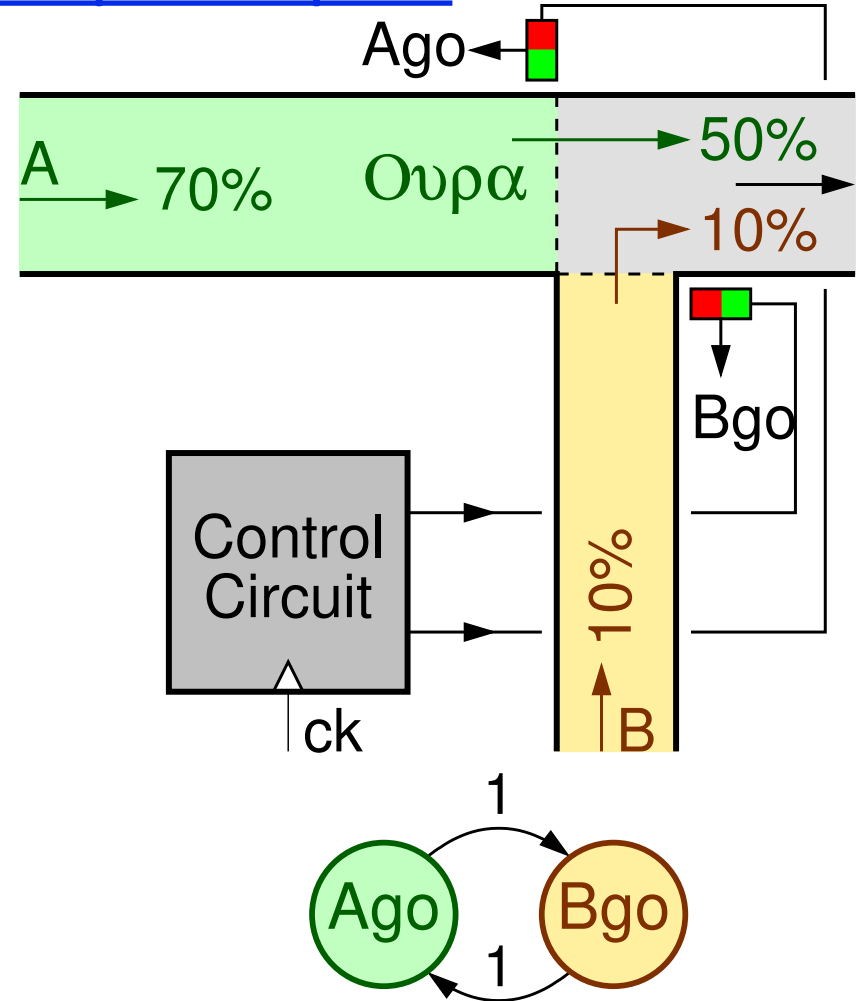
Δικαιοσύνη υπό Βαρύ Φορτίο;;

- Τα φανάρια με αναλογία 1:1 αφήνουν το πολύ ένα αυτοκίνητο ανά 2 κύκλους από τον κάθε δρόμο
- Είναι δίκαιο το 50% - 50% ;
 - Ναι, εάν το θεωρήσουμε «δημοκρατικό»
 - Όχι, εάν θεωρήσουμε ότι η οδός A είναι κεντρική ενώ η B δευτερεύουσα

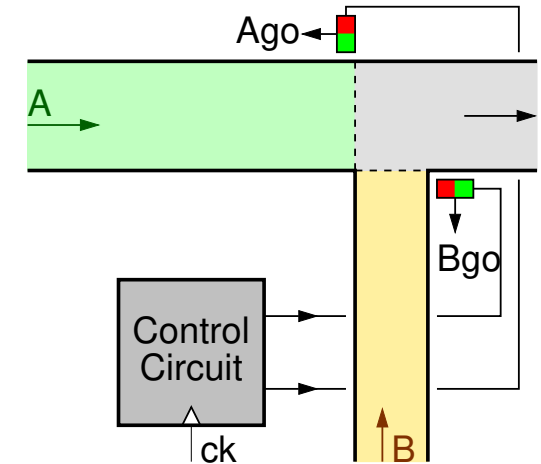
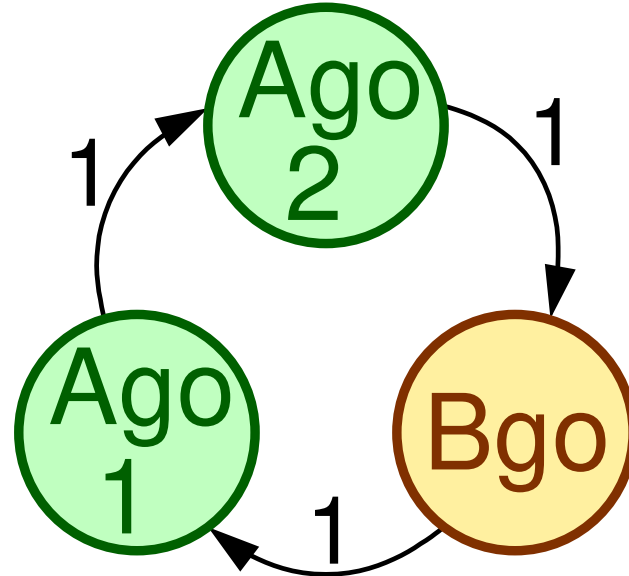


Υποαπασχόληση υπό Ασύμμετρο Φορτίο

- Χωρίς ανιχνευτές, και με αναλογία 1:1 \rightarrow το πολύ ένα αυτοκίνητο ανά 2 κύκλους από κάθε δρόμο
 - Όταν πράσινο στον B, η ουρά στον A περιμένει άνευ λόγου και αιτίας!
- \Rightarrow Υποαπασχόληση του πόρου (οδός εξόδου)

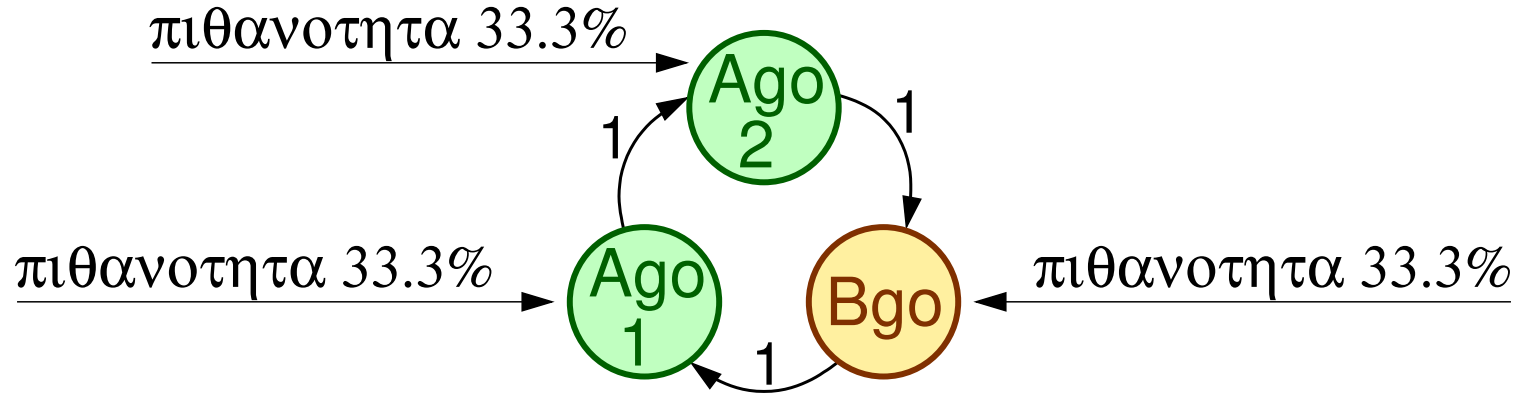


2. Κλασικά Φανάρια, χωρίς ανιχνευτές, αναλογία 2:1



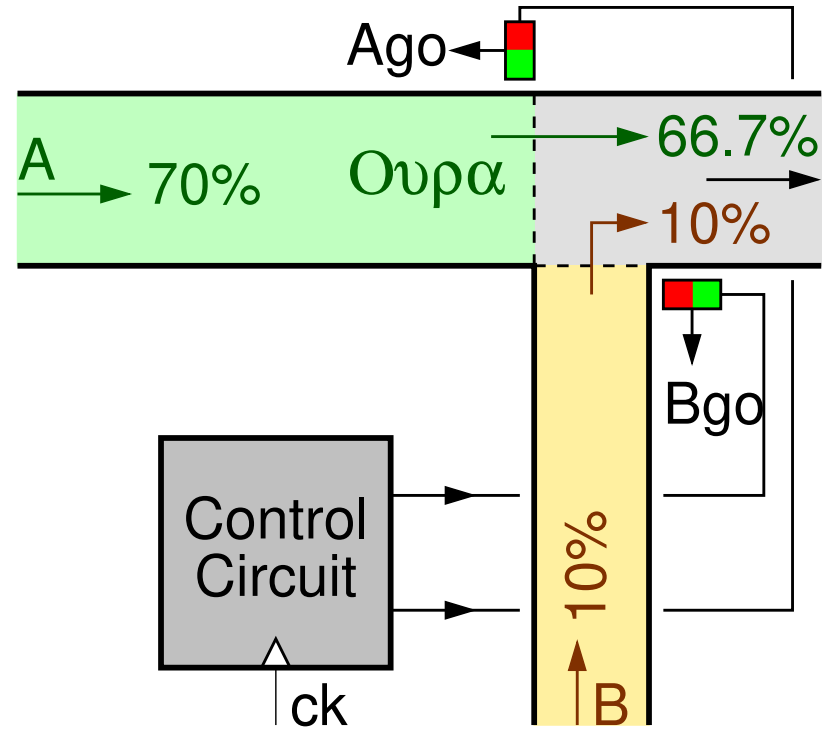
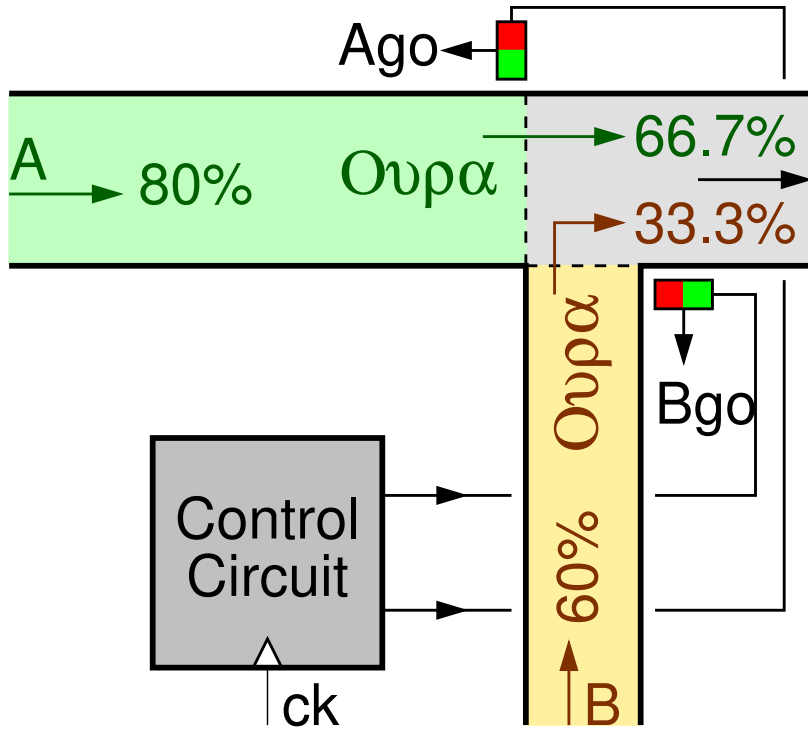
- Ο A είναι κεντρικός, ο B δευτερεύων
- Διπλάσιος χρόνος στον κεντρικό
- Αναλογία 2:1 (θα ήταν δυνατές και άλλες αναλογίες, με περισσότερες καταστάσεις της FSM)

Καθυστερήσεις υπό Ελαφρύ Φορτίο στην αναλογία 2:1



- Μέση καθυστέρηση A = $33.3\% \times 0 + 33.3\% \times 0 + 33.3\% \times 1$
= 0.33 κύκλοι ρολογιού (μικρότερη από πριν)
 - Μέση καθυστέρηση B = $33.3\% \times 2 + 33.3\% \times 1 + 33.3\% \times 0$
= 1.0 κύκλος ρολογιού (μεγαλύτερη από πριν)
- ⇒ ευνοήσαμε τον A, εις βάρος του B

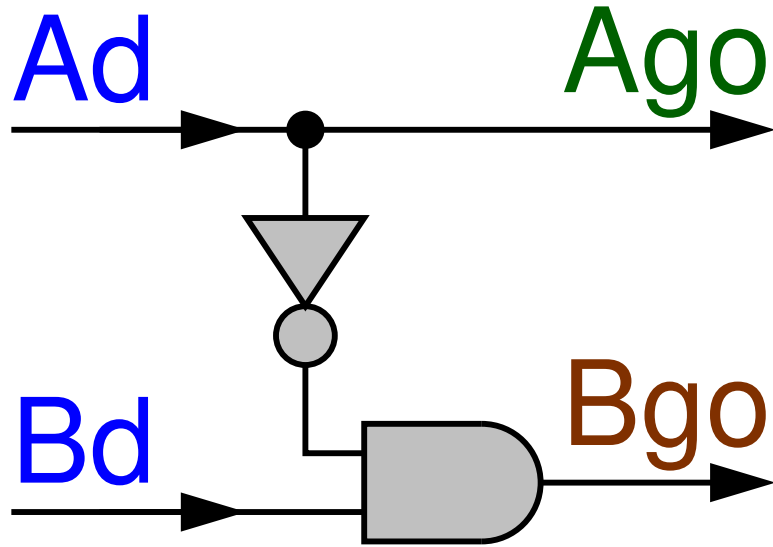
Βαρύ ή Ασύμμετρο φορτίο στην αναλογία 2:1



• Βαρύ φορτίο: δίκαιη κατανομή του πόρου, τώρα

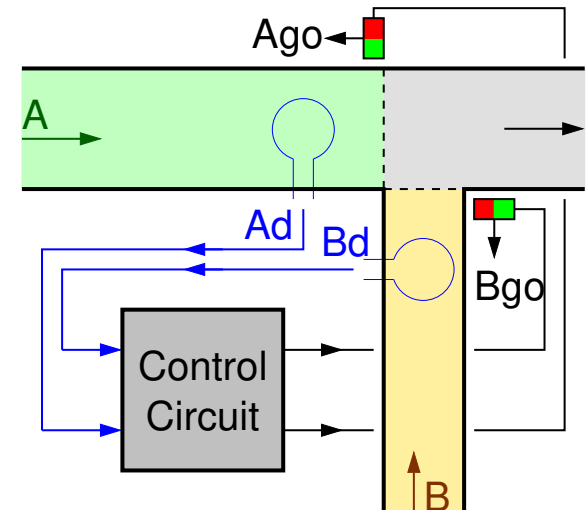
• Ασύμμετρο φορτίο: παραμένει το πρόβλημα υποαπασχ.

3. Με ανιχνευτές, χωρίς μνήμη: Στατική Προτεραιότητα



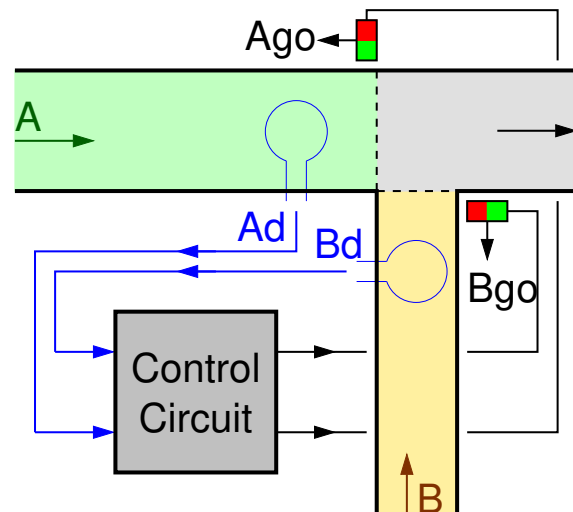
- Κλασικό “STOP” σε διασταύρωση
- Η κεντρική οδός A έχει πάντα προτεραιότητα

- Χωρίς μνήμη: δεν θυμάται πόσοι έχουν περάσει «κολλητά» από τον A
- Συνδυαστικό κύκλωμα – όχι FSM



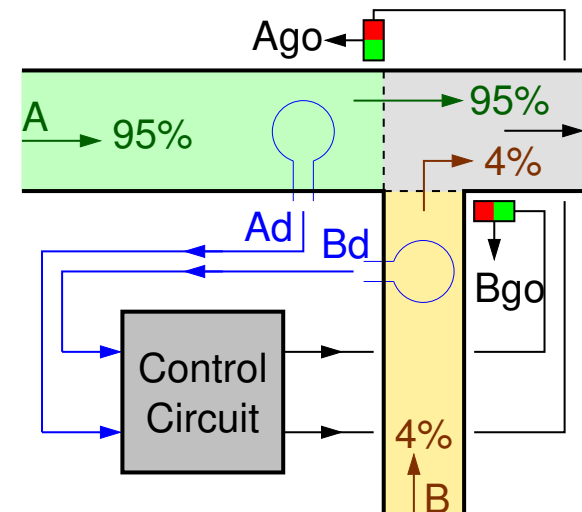
Με Ανιχνευτές: “Work-Conserving” Policy

- *Work-Conserving Service Policy*
(πολιτική εξυπηρέτησης χωρίς σπατάλη χρόνου εργασίας):
όποτε υπάρχει δουλειά να γίνει, πάντα γίνεται
μία από τις δουλειές που περιμένουν να γίνουν
 - Τώρα που ξέρουμε εάν υπάρχουν αυτοκίνητα σ’ ένα δρόμο, μπορούμε να εξασφαλίσουμε ότι ποτέ δεν θα αφήνουμε ένα από αυτά να περιμένει άνευ λόγου, δηλ. χωρίς να υπάρχει αυτοκίνητο στον άλλο δρόμο



Work Conserving \Rightarrow ποτέ υποαπασχ/καθυστ. άνευ λόγου

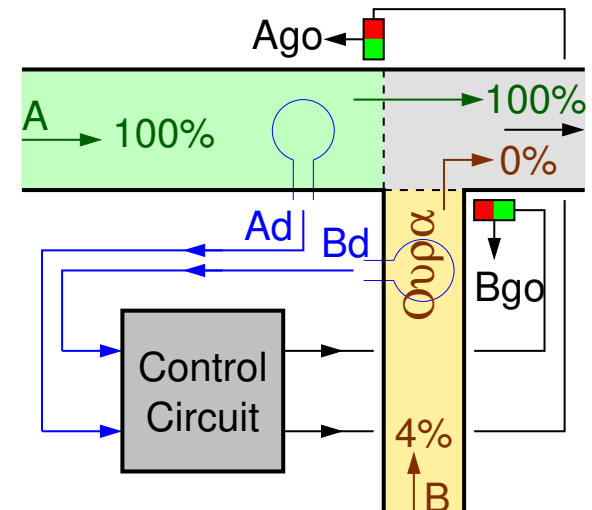
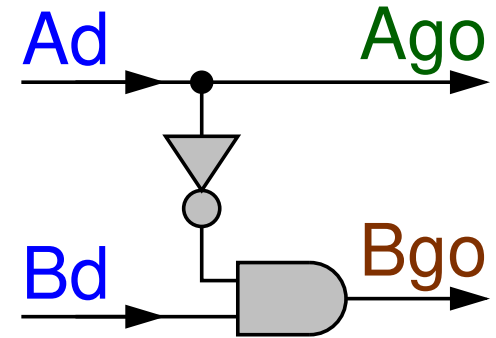
- Μηδέν καθυστερήσεις υπό ελαφρύ φορτίο:
 - Ελαφρύ φορ. \Rightarrow όταν φτάνω, σχεδόν ποτέ δεν υπάρχει άλλος εκεί
 - Work conserving \Rightarrow όταν μόνον ένας, αυτός πάντα περνά αμέσως
- Κάθε «εφικτό» φορτίο περνά πάντα:
 - Feasible load: ολικά αιτήματα $\leq 100\%$
 - Work conserving: πάντα δουλεύει 100%
όποτε έχει μείνει κάποια δουλειά \Rightarrow
κάθε εφικτό φορτίο εξυπηρετείται πλήρως
 \Rightarrow Ποτέ δεν θα συμβεί υποαπασχόληση
(έργο < ολικά αιτήματα) υπό οιοδήποτε
εφικτό φορτίο, ανεξ. τυχόν ασυμμετρίας



Στατική Προτεραιότητα \Rightarrow Λιμοκτονία (Starvation)

- Πάντοτε προτεραιότητα ο A («στατική» προτεραιότητα)
- Εάν ο A έχει συνεχώς φορτίο (100%)
 \Rightarrow Συνεχώς θα εξυπηρετείται ο A και ποτέ ο B (!)
- \Rightarrow Λιμοκτονία (Starvation) για B

- Για να το διορθώσουμε: κυκλική εναλλαγή προτεραιοτήτων (επόμενες διαφάνειες – διατηρώντας και τον χαρακτήρα Work Conserving)



4. Εναλλαγή Προτεραιοτήτων (προσαρμοστικός έλεγχος)

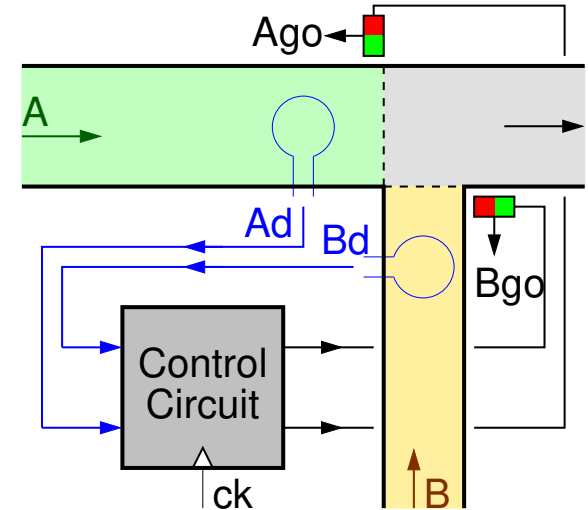
Να κρατήσουμε τα καλά, να διορθώσουμε τα κακά

- Work Conserving = καλό
 - όποτε υπάρχει τουλάχιστον ένα αυτοκίνητο, πάντα περνάει ένα
 - απαιτεί ανιχνευτές κίνησης Ad, Bd
- Στατική προτεραιότητα A, άρα αδικία / κινδ. λιμοκτονίας B = κακό

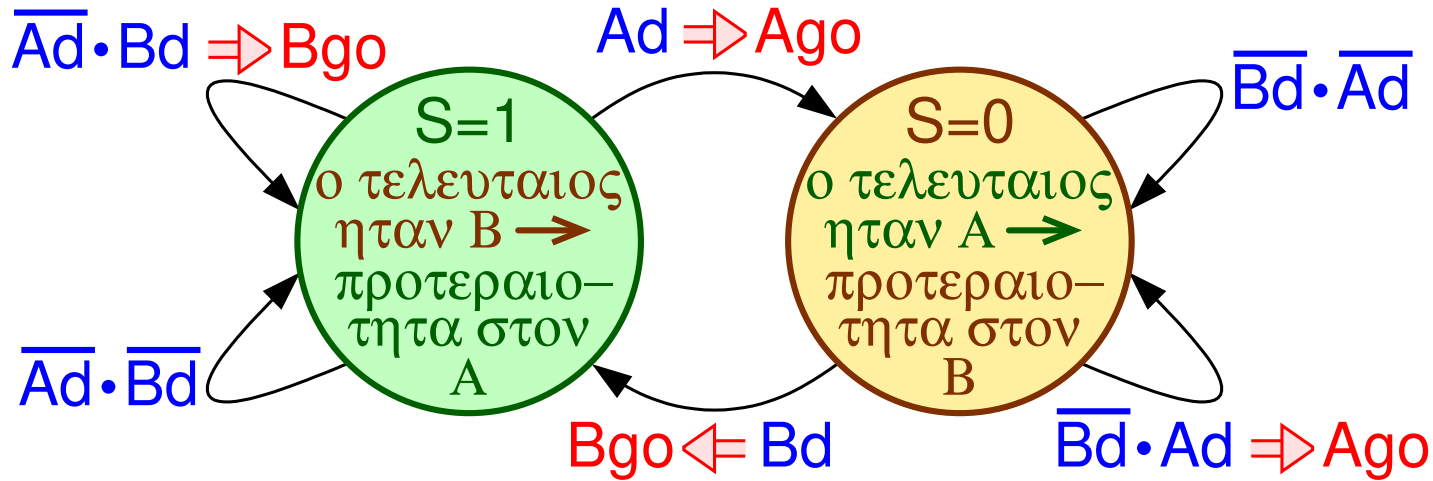
⇒ εναλλαγή προτεραιοτήτων, βάσει του ποιός πέρασε «πρόσφατα»

– απαιτείται μνήμη για το «ποιός πέρασε πρόσφατα» ⇒ FSM

– αρχικά, 1 bit μνήμης, για απλότητα ⇒ αναλογία 1:1



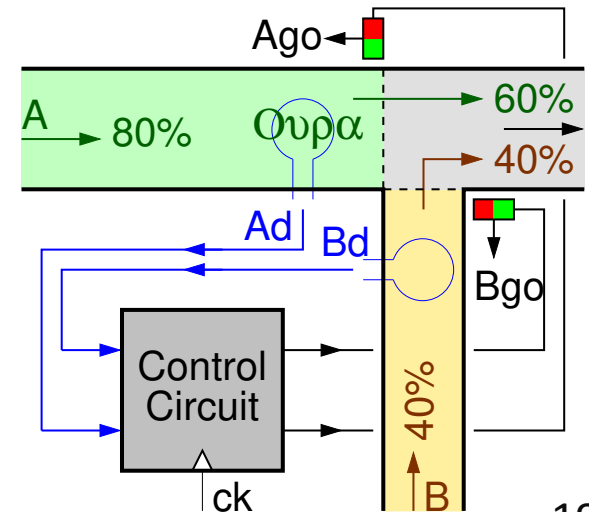
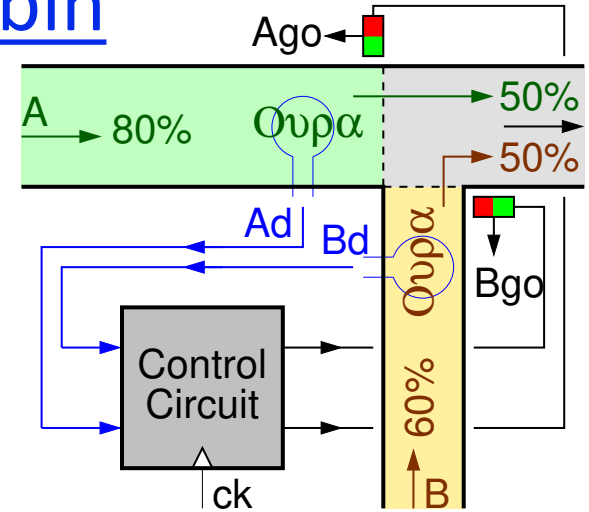
Εναλλαγή Προτεραιοτήτων (αναλ. 1:1) – Round-Robin



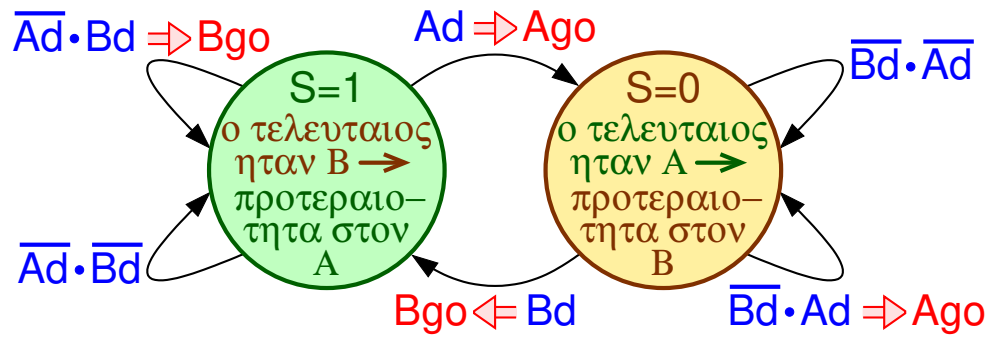
- Μετά από ένα αυτοκίνητο που περνά από έναν δρόμο, προτεραιότητα έχει ο άλλος δρόμος – *Round-Robin / Γύρω-Γύρω Όλοι*
- Εάν υπάρχει αυτοκ. στον δρόμο προτεραιότητας, τότε αυτό περνά
- Αλλιώς, εάν υπάρχει στον άλλον, περνά από εκεί (work conserving)
- Επόμενη κατάσταση = από εκεί που πέρασε αυτοκ., αλλιώς η ίδια

Ανάλυση Επιδόσεων του Round-Robin

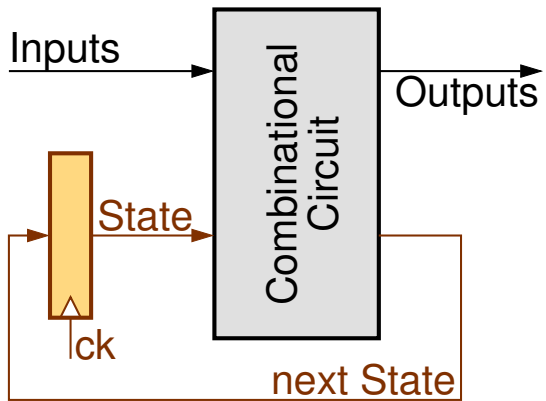
- **Work-conserving:**
⇒ μηδενικές καθυστ. υπό ελαφρύ φορτίο, κάθε εφικτή κίνηση περνά πλήρως: ποτέ υποαπασχόληση
- **Υπό Βαρύ Φορτίο – Round-Robin (1:1)**
 - Έως 50%, ό,τι ζητά η κάθε οδός το παίρνει λόγω προτεραιότητας τις μισές φορές
 - Πέραν του 50%, λόγω work-conserving παίρνει και ό,τι περισσεύει από την άλλη
 - Π.χ. στο κάτω σενάριο, 40% κίνηση από A περνά με $S=1$ επειδή προηγ. πέρασε B, και 20% κίνηση A περνά με $S=0$ & $(Bd' \cdot Ad)$



Υλοποίηση της FSM για Round-Robin με αναλογία 1:1

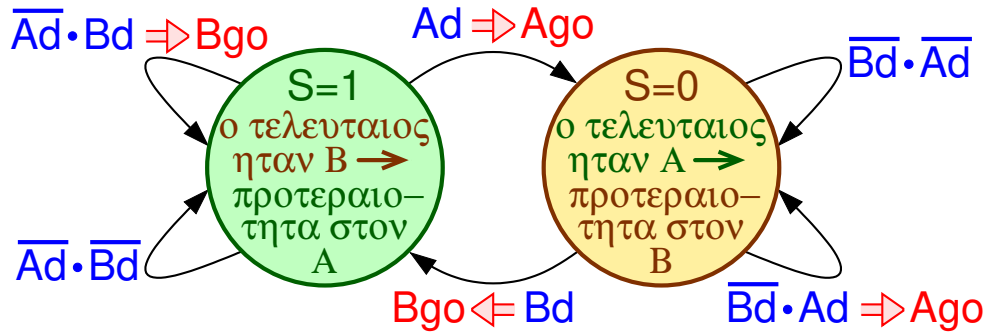


Sequential Circuit:

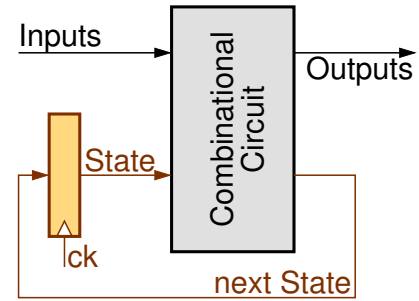


S	Ad	Bd	Ago	Bgo	nS
0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	1	1
0	1	0	1	0	0
0	1	1	0	1	1
1	0	0	0	0	1
1	0	1	0	1	1
1	1	0	1	0	0
1	1	1	1	0	0

Κύκλωμα της FSM για Round-Robin με αναλογία 1:1



Sequential Circuit:



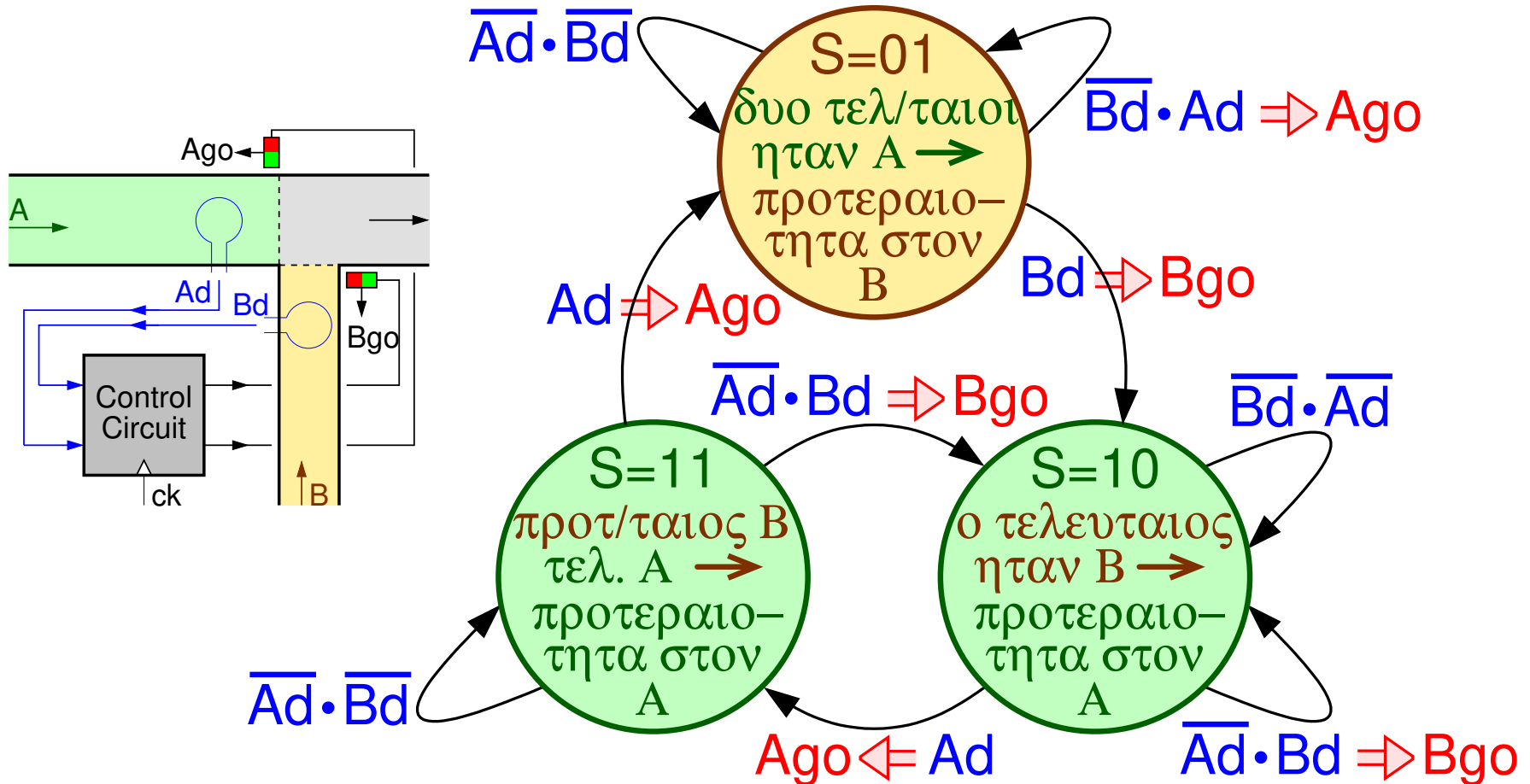
S	Ad	Bd	Ago	Bgo	nS
0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	1	1
0	1	0	1	0	0
0	1	1	0	1	1
1	0	0	0	0	1
1	0	1	0	1	1
1	1	0	1	0	0
1	1	1	1	0	0

- $Ago = Ad \cdot (S + Bd')$
- $Bgo = Bd \cdot (S' + Ad')$
- $nextS = S \cdot Ad' + S' \cdot Bd$
- Δεν χρειάζεται reset (δεν πειράζει να ξεκινήσει σε οιαδήποτε κατάσταση)

5. Εναλλαγή Προτεραιοτήτων με αναλογία 2:1

- Μοναδικό εναπομένον μειονέκτημα της πολιτικής Round-Robin (1:1) η αναλογία 50-50 για τον κύριο δρόμο A έναντι του δευτερεύοντος B υπό βαρύ φορτίο
- Για να το διορθώσουμε και αυτό:
 - Μετά από ένα αυτοκίνητο B, συνεχίζουμε να δίνουμε προτεραιότητα στον A – όμως:
 - Για να ξαναπάρει προτεραιότητα ο δευτερεύων B, τώρα θα απαιτούμε δύο αυτοκίνητα από τον A
 - Χρειαζόμαστε μία επιπλέον κατάσταση για να μετράμε πόσα αυτοκίνητα A πέρασαν χωρίς ενδιάμεσο B

FSM Εναλλαγής Προτεραιοτήτων με αναλογία 2:1



Ανάλυση Επιδόσεων: WRR (2:1)

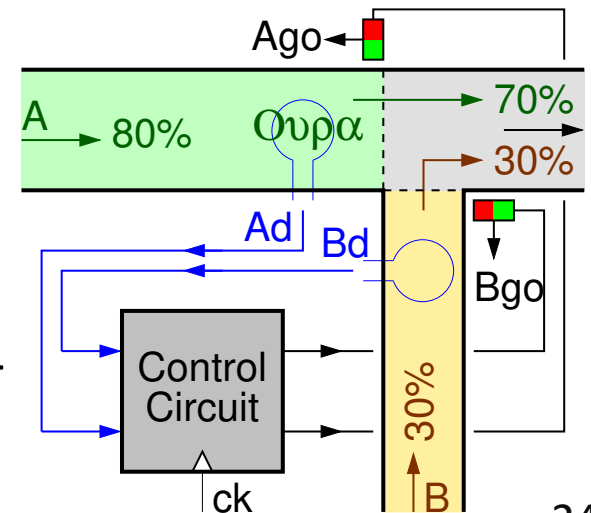
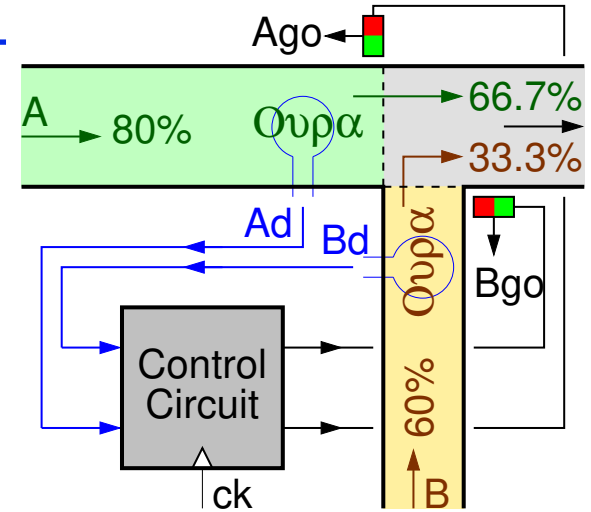
- Work-conserving:

⇒ μηδενικές καθυστ. υπό ελαφρύ φορτίο, κάθε εφικτή κίνηση περνά πλήρως: ποτέ υποαπασχόληση

- Υπό Βαρύ Φορτίο:

Weighted Round-Robin – WRR (2:1)

- Έως 66.7%, ό,τι ζητά η οδός A το παίρνει λόγω προτεραιότητας τα 2/3 των φορών
- Έως 33.3%, ό,τι ζητά η οδός B το παίρνει λόγω προτεραιότητας το 1/3 των φορών
- Πέραν αυτών, λόγω work-conserving, παίρνουν και ό,τι περισσεύει από την άλλη



Λεπτομέρεια Υλοπ.: η Αχρησιμοποίητη Κατάσταση

- *Reset* δεν είναι απαραίτητο, διότι δεν μας πειράζει από οιαδήποτε από τις (τρεις νόμιμες) καταστάσεις κι αν ξεκινήσει η FSM – όμως:
- Επειδή χρειάζονται (τουλάχιστο) δύο flip-flops για την κωδικοποίηση της κατάστασης, θα υπάρχει (τουλάχισ.) μία αχρησιμοποίητη κατάσταση
- Κατά τη σχεδίαση του κυκλώματος (άσκηση!) βολεύει οι έξοδοι, στην αχρησιμοποίητη κατάσταση, να είναι “*don't care*”
- Μετά το τέλος αυτής της σχεδίασης, όμως, πρέπει να επαληθεύσουμε ότι εάν το κύκλωμα ξεκινήσει από την αχρησιμ. κατάσταση: (α) δεν θα μείνει «κλειδωμένο» σε αυτήν (ή αυτές), και (β) δεν θα ανάβει ποτέ πράσινο και στις δύο οδούς στην αχρησιμ. κατάσταση

