ΠΑΡΑΛΛΗΛΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

ΑΓΩΓΟΙ & ΔΙΑΝΥΣΜΑΤΙΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΕΣ

ΣΥΓΚΡΟΥΣΕΙΣ ΣΕ ΑΓΩΓΟΥΣ &
ΜΕΓΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ & ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΥΨΗΛΩΝ ΕΠΙΔΟΣΕΩΝ

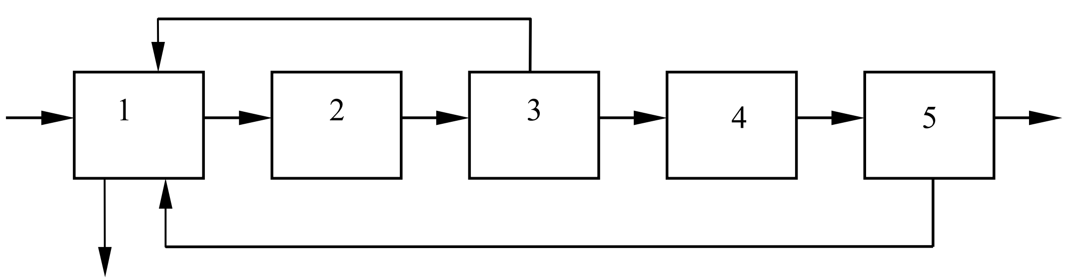
Σχεδιασμός Αγωγού

Συγκρούσεις σε αγωγούς και μεγιστοποίηση παραγωγής

Πίνακες κρατήσεων (reservation tables)

Για τον βέλτιστο σχεδιασμό αγωγού ο οποίος θα υλοποιεί συγκεκριμένο έργο, είναι απαραίτητος ο σχεδιασμός ενός πίνακα στον οποίο αποτυπώνεται η εκτέλεση του έργου, στα στοιχεία (επεξεργαστές) του αγωγού, σε συνάρτηση με το χρόνο που χρειάζεται για την εκτέλεση των υποέργων. Ονομάζουμε τον πίνακα αυτό, Πίνακα Κρατήσεων (ΠΚ).

Έτσι ο ΠΚ για ένα απλοποιημένο αγωγό σαν αυτό που φαίνεται στο σχήμα που ακολουθεί και για συγκεκριμένο έργο μπορεί να είναι:



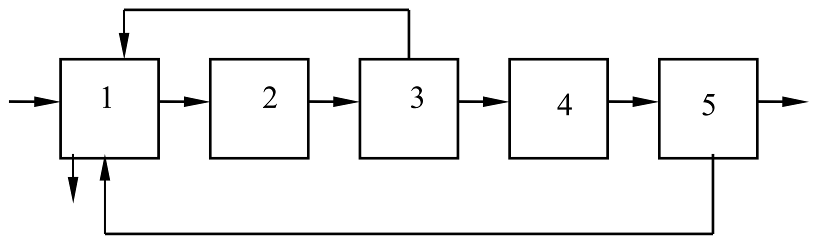
Συγκρούσεις σε αγωγούς και μεγιστοποίηση παραγωγής (συν.)

	0	1	2	3	4	5	6	7	8
1	X			X					X
2		X			X				
3			X			X			
4				X			X		
5								X	

Υποθέτουμε επίσης ότι ο ελάχιστος χρόνος που απαιτεί κάθε μονάδα του αγωγού είναι t^0 . Οι στήλες του ΠΚ δηλώνουν χρονικά διαστήματα επεξεργασίας μήκους t^0. Ενώ οι γραμμές δηλώνουν επεξεργαστές ή υποέργα.

Αντιστοιχίες Αγωγού & ΠΚ

	0	1	2	3	4	5	6	7	8
1	X			X					X
2		X			X				
3			X			X			
4				X			X		
5								X	



Είναι απαραίτητο να προηγείται ο σχεδιασμός του ΠΚ και μετά του αγωγού. Σε κάθε αγωγό μπορεί να αντιστοιχούν διαφορετικοί ΠΚ.

Όταν υπάρχουν κρατήσεις στην ίδια γραμμή σε συνεχόμενες στήλες σημαίνει ότι ο αντίστοιχος επεξεργαστής χρειάζεται περισσότερες από μία χρονικές μονάδες για να διεκπεραιώσει το έργο του. Είναι προφανές ότι κάθε φορά που θα ενεργοποιείται εκ’ νέου ο ίδιος επεξεργαστής θα εμφανίζεται ο ίδιος αριθμός διαδοχικών κρατήσεων στην ίδια γραμμή του πίνακα.

Όταν εμφανίζονται πάνω από μία κρατήσεις στην ίδια στήλη, σημαίνει ότι το εξαγόμενο του επεξεργαστή της προηγούμενης στήλης τροφοδοτείται σε πάνω από έναν επεξεργαστές.

Με την χρήση του ΠΚ μπορούμε να εντοπίσουμε πότε μπορεί να αρχίσει η επόμενη εκτέλεση ή για το ποιος είναι ο καλύτερος δυνατός σχεδιασμός διαδοχικών εκτελέσεων ώστε να μεγιστοποιηθεί ο ρυθμός παραγωγής.

ΠΚ & Ρυθμός Παραγωγής

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	1			1		2			1,2					2
2		1			1		2			2				
3			1			1		2			2			
4				1			1		2			2		
5								1					2	

Ας συμβολίσουμε με 1 την πρώτη εκτέλεση του έργου στον προηγούμενο ΠΚ και με 2 την δεύτερη.

Αν η πρώτη αρχίσει τη χρονική στιγμή *0* και η δεύτερη τη χρονική στιγμή *3* παρατηρούμε ότι θα έχουμε σύγκρουση των δύο εκτελέσεων αφού τη χρονική στιγμή *3* η πρώτη μονάδα του αγωγού είναι απασχολημένη με την εκτέλεση του πρώτου έργου. Παρατηρούμε πως δεν είναι απασχολημένη τη χρονική στιγμή *5*.

Αν προσπαθήσουμε να αρχίσουμε την εκτέλεση του 2^{ου} έργου τη χρονική στιγμή *5,* θα έχουμε σύγκρουση στην πρώτη μονάδα του αγωγού κατά τη χρονική στιγμή 8 όπως φαίνεται στον παραπάνω πίνακα.

ΠΚ & Ρυθμός Παραγωγής

Παρατηρούμε ότι η χρονική στιγμή *5* που διαλέξαμε να αρχίσουμε την εκτέλεση του δεύτερου έργου, είναι η διαφορά (8 –3) δύο διαφορετικών χρονικών στιγμών κατά τις οποίες η ίδια μονάδα ασχολείται με την εκτέλεση του προηγούμενου έργου.

•Από την παρατήρηση αυτή προκύπτει ότι υπάρχει ένα απαγορευμένο σύνολο χρονικών στιγμών για την έναρξη εκτέλεσης νέων έργων.

•Για την **1**η μονάδα οι στιγμές 3-0=3, 8-3=5 και 8-0=8
•Για την **2**η μονάδα οι στιγμές 4-1=3
•Για την **3**η μονάδα οι στιγμές 5-2=3
•Για την **4**η μονάδα οι στιγμές 6-3=3
•Για την **5**η μονάδα δεν υπάρχουν διαφορές.
• ΄Αρα το απαγορευμένο σύνολο είναι: *Απαγ.= {3,5,8}*

ΠΚ & Ρυθμός Παραγωγής

- Το επιτρεπόμενο σύνολο είναι : *Επιτρ.= {1,2,4,6,7}*

  Η χρονική στιγμή *0* δεν συμπεριλαμβάνεται γιατί τότε αρχίζει η εκτέλεση της 1ης. Αν ωστόσο αρχίζαμε μετά την *8η* δεν θα είχαμε χρονική επικάλυψη στα έργα, άρα δεν θα είχαμε αγωγό.
- Επίσης σημειώνουμε ότι κάθε φορά που αρχίζουμε σε μία επιτρεπτή χρονική στιγμή *τ* δημιουργείται ένα νέο απαγορευμένο σύνολο $(Απαγ.)_τ = \{3+τ,\ 5+τ,\ 8+τ\}$.
- Ποια είναι όμως η καλύτερη χρονική στιγμή για να αρχίσει η επόμενη εκτέλεση;

Αναζήτηση Μεθόδου

Ας υποθέσουμε ότι καλή μέθοδος για τον εντοπισμό της καλύτερης χρονικής στιγμής για την εκτέλεση του επόμενου έργου είναι η μέθοδος της απληστίας. Σύμφωνα λοιπόν με τη μέθοδο αυτή που προσπαθεί να μεγιστοποιεί τα οφέλη σε κάθε επιμέρους βήμα, ελπίζοντας στην συνολικά βέλτιστη λύση, Θα επιλέγαμε για το προηγούμενο παράδειγμα μας να αρχίσουμε τη χρονική στιγμή 1. Αυτό θα μας όριζε τα εξής απαγορευμένα σύνολα:

$(Απαγ.)_0 = \{3,5,8\}$ (το αρχικό σύνολο)

$(Απαγ.)_1 = \{4,6,9\}$ (αρχή εκτέλεσης του $2^{ου}$ έργου),

ενώ η επόμενη χρονική στιγμή για να αρχίσει το $3^{ο}$ έργο, ακολουθώντας τη μέθοδο της απληστίας είναι η 2. Αυτή η επιλογή θα παράξει το ακόλουθο απαγορευμένο σύνολο.

$(Απαγ.)_2 = \{5,7,10\}$

Αναζήτηση Μεθόδου

- Αν ακολουθήσουμε τη διαδικασία αυτή θα δούμε ότι οι επόμενες επιτρεπτές χρονικές στιγμές είναι οι 11, 12, 13 και μετά οι 22,23,24 κλπ. Παράγουμε δηλαδή τρία (3) αποτελέσματα ανά 11 χρονικές μονάδες.
- Έχουμε δηλαδή ρυθμό παραγωγής αποτελεσμάτων $r=3/11=0.27$ αποτελέσματα / χρονική μονάδα.
- Αν όμως στο παράδειγμα μας είχαμε ακολουθήσει μία λιγότερο άπληστη πολιτική, και είχαμε επιλέξει να αρχίσουμε την εκτέλεση του *2ου* έργου, τη χρονική στιγμή 2 αντί της 1, ακολουθώντας δε μετά τον αλγόριθμο της απληστίας, θα είχαμε $r=4/13=0.31$, που είναι καλύτερος ρυθμός παραγωγής από τον προηγούμενο.

Μέθοδος

- Για την ανεύρεση του καλύτερου δυνατού σχεδιασμού ενός αγωγού που θα εκτελεί προκαθορισμένο και συγκεκριμένο έργο, χρησιμοποιούμε την μέθοδο των “Διανυσμάτων Σύγκρουσης” (ΔΣ).
- Ένα ΔΣ αποτελείται από *n bits* $\sigma=b_n, b_{n-1}, \ldots, b_1$, όπου *n* είναι ο μέγιστος απαγορευτικός αριθμός που θα προκύψει από το πρώτο απαγορευμένο σύνολο χρονικών στιγμών.
- Κάθε φορά που επιλέγεται μία νέα χρονική στιγμή *τ* για να αρχίσει την εκτέλεση ένα νέο έργο, κατασκευάζουμε ένα νέο ΔΣ *σ* το οποίο θα εκφράζει τις νέες απαγορευμένες και επιτρεπόμενες χρονικές στιγμές.
- Αυτό εκφράζεται με τη συνθήκη $b_i=1$ αν απαγορευμένη τιμή είναι αυτή που ακολουθεί σε χρόνο it^0 μετά την *τ*, δηλαδή η στιγμή $it^0 + \tau$ από την αρχή του πρώτου έργου. Αλλιώς $b_i=0$.

Μέθοδος

- Για να κατασκευάσουμε το νέο *σ* αφού επιλεγεί η *τ* σαν η νέα αρχή των χρόνων και αρχή του πιο πρόσφατου έργου, βρίσκουμε τις στιγμές μετά την *τ* που απαγορεύεται να αρχίσει ένα νέο έργο.
- Οι απαγορευμένες στιγμές είναι πρώτα αυτές που έχουν κληρονομηθεί από το προηγούμενο *σ* και βρίσκονται μετά τη χρονική στιγμή *τ*.
- Αυτό επιτυγχάνεται με μια μετακίνηση του *σ* προς τα δεξιά κατά *τ*, εισάγοντας *τ* μηδενικά στις εκκενούμενες θέσεις (δηλαδή επιτρεπτές στιγμές).
- Αν δηλαδή, $\sigma=b_n \ldots b_{\tau+1}\ b_\tau\ \ldots\ b_1$, τότε $[\sigma]_\tau = 0 \ldots 0\ b_n \ldots b_{\tau+1}$

Μέθοδος

- Στο προηγούμενο παράδειγμά μας οι αρχικές απαγορευμένες στιγμές είναι αυτές που προκύπτουν από τον ΠΚ, δηλαδή οι *{3, 5, 8}*. Οι στιγμές αυτές δίνουν το αρχικό ΔΣ $\sigma=\sigma_0$, δηλαδή σ_0 = 10010100.
- Ο Αλγόριθμος είναι:

  αρχικοποίηση: $\sigma=\sigma_0$

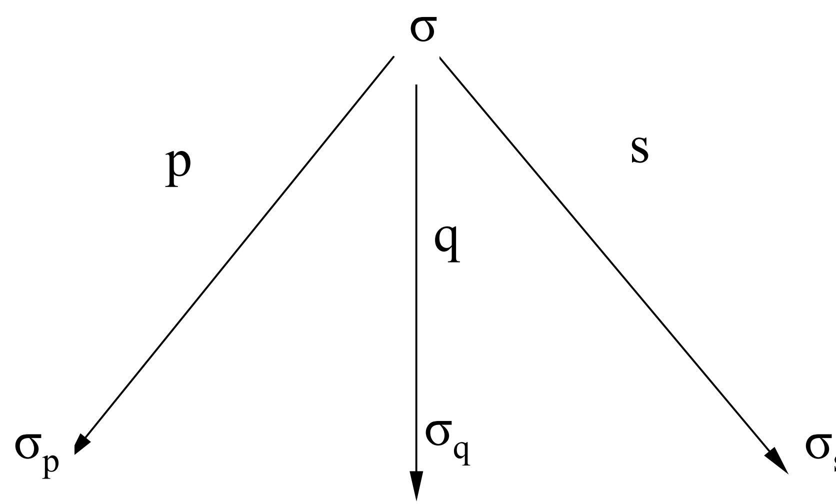
  τ = επιτρεπτή χρονική στιγμή (bit $b_\tau=0$ *στο σ)*

  νέο $\sigma=[\sigma]_\tau$ OR σ_0.

- Από τον ορισμό του *n* ισχύει $b_n=1$ για όλα τα *σ*.

Μέθοδος

Ας υποθέσουμε ότι στο τρέχον $\sigma=b_n, b_{n-1}, \ldots, b_1$, ισχύει ότι $b_{n'}=0$ για τις χρονικές στιγμές $\tau=p<q<s$, $s\neq n$. Σε κάθε μία από αυτές τις στιγμές μπορεί να αρχίσει να εκτελείται ένα νέο έργο, και για το καθένα θα παραχθεί ένα νέο σ.



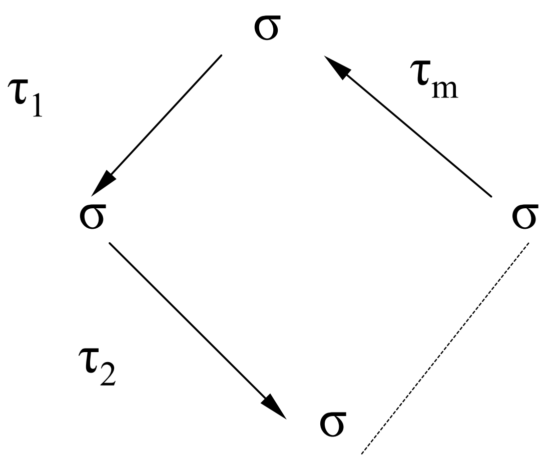
Παρατηρούμε ότι το πλήθος των παραγομένων σ για *n bit* είναι πεπερασμένο.

Μέθοδος

Αφού το πλήθος των ΔΣ είναι πεπερασμένο για *n bits*, η συνεχής παραγωγή νέων *σ,* με την εξάντληση κάθε φορά όλων των δυνατών επιτρεπομένων χρονικών στιγμών, θα αρχίσει να αναπαράγει τα ίδια *σ*.

Θα καταλήξουμε σύντομα σε ένα πεπερασμένο γράφημα με κύκλους όπως στο παρακάτω σχήμα

Θεωρώντας ένα οποιοδήποτε κόμβο του κύκλου σαν αρχικό ΔΣ παρατηρούμε ότι η εμφάνιση του κύκλου στο γράφημα σημαίνει ότι θα εκτελούνται συνεχώς *m* έργα ανά χρονικό διάστημα $T=\tau_1+\ldots+\tau_m$.
Δηλαδή θα έχουμε ένα ρυθμό παραγωγής για τον κύκλο αυτό $r=m/T$.
Συνεπώς ό μέγιστος Ρυθμός Παραγωγής θα επιτευχθεί με τη σύγκριση των τιμών *r* των κύκλων.



Παράλληλα Συστήματα
Αγωγοί και Διανυσματικοί Υπολογιστές

- Άσκηση 3
  Δίνεται ο παρακάτω πίνακας κρατήσεων για έναν εντολικό αγωγό με 4 επεξεργαστές:

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1		X					X				
2				X						X	
3			X								X
4	X							X			

i) Να βρεθεί το γράφημα διανυσμάτων σύγκρουσης

Παράλληλα Συστήματα
Αγωγοί και Διανυσματικοί Υπολογιστές

- Υπολογισμός Απαγορευμένου Συνόλου

  Γραμμή 1: $6 - 1 = 5$

  Γραμμή 2: $9 - 3 = 6$

  Γραμμή 3: $10 - 2 = 8$

  Γραμμή 3: $7 - 0 = 7$

  $$\mathbf{F} = \{\mathbf{8},\ \ \mathbf{7},\ \ \mathbf{6},\ \ \mathbf{5}\}$$

- Άρα
  - $\mathbf{Max}\{\mathbf{F}\} = \mathbf{8} \quad \Rightarrow$

    Αρχικό διάνυσμα συγκρούσεων έχει 8 bits

  - $\boldsymbol{\sigma_0} = \mathbf{11110000}$

Παράλληλα Συστήματα
Αγωγοί και Διανυσματικοί Υπολογιστές

- Υπολογισμός νέων σ
  - Ολίσθηση του σ_0 προς τα δεξιά έως ότου χαθεί κάποιο 0

$\sigma_1 = [\sigma_0]_1$ OR σ_0 = 01111000 OR 11110000 = 11111000

$\sigma_2 = [\sigma_0]_2$ OR σ_0 = 00111100 OR 11110000 = 11111100

$\sigma_3 = [\sigma_0]_3$ OR σ_0 = 00011110 OR 11110000 = 11111110

$\sigma_4 = [\sigma_0]_4$ OR σ_0 = 00001111 OR 11110000 = 11111111

Παράλληλα Συστήματα
Αγωγοί και Διανυσματικοί Υπολογιστές

- Από $\sigma_4 = 11111111$ δεν υπολογίζονται νέα σ

- Από $\sigma_3 = 11111110$
$[\sigma_3]_1$ OR $\sigma_0 = 01111111$ OR $11110000 = 11111111$ $(= \sigma_4)$

- Από $\sigma_2 = 11111100$
$[\sigma_2]_1$ OR $\sigma_0 = 01111110$ OR $11110000 = 11111110$ $(= \sigma_3)$
$[\sigma_2]_2$ OR $\sigma_0 = 00111111$ OR $11110000 = 11111111$ $(= \sigma_4)$

Παράλληλα Συστήματα
Αγωγοί και Διανυσματικοί Υπολογιστές

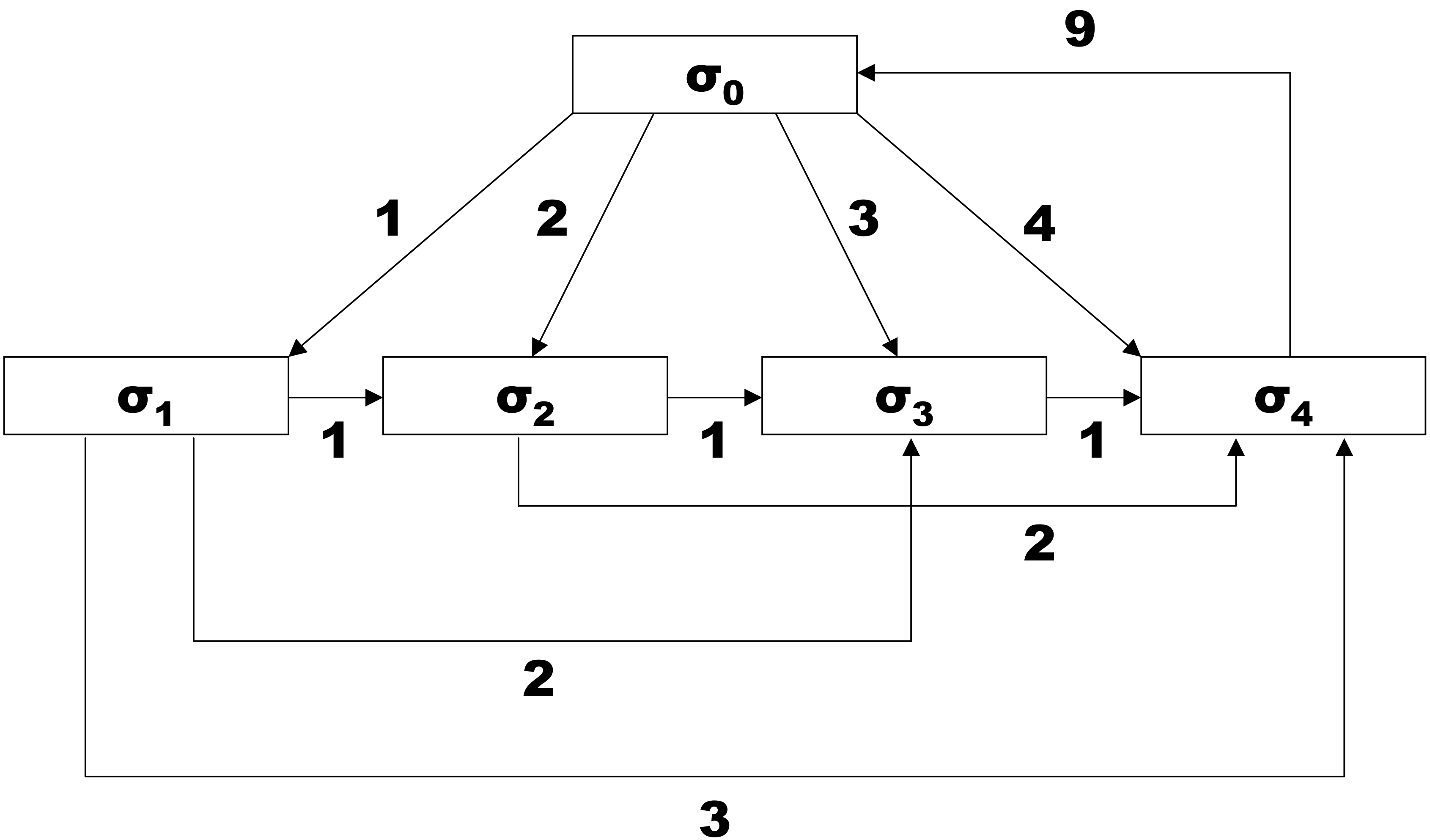
- Από $\sigma_1 = 11111000$

  $[\sigma_1]_1$ OR $\sigma_0 = 01111100$ OR $11110000 = 11111100$ $(= \sigma_2)$

  $[\sigma_1]_2$ OR $\sigma_0 = 00111110$ OR $11110000 = 11111110$ $(= \sigma_3)$

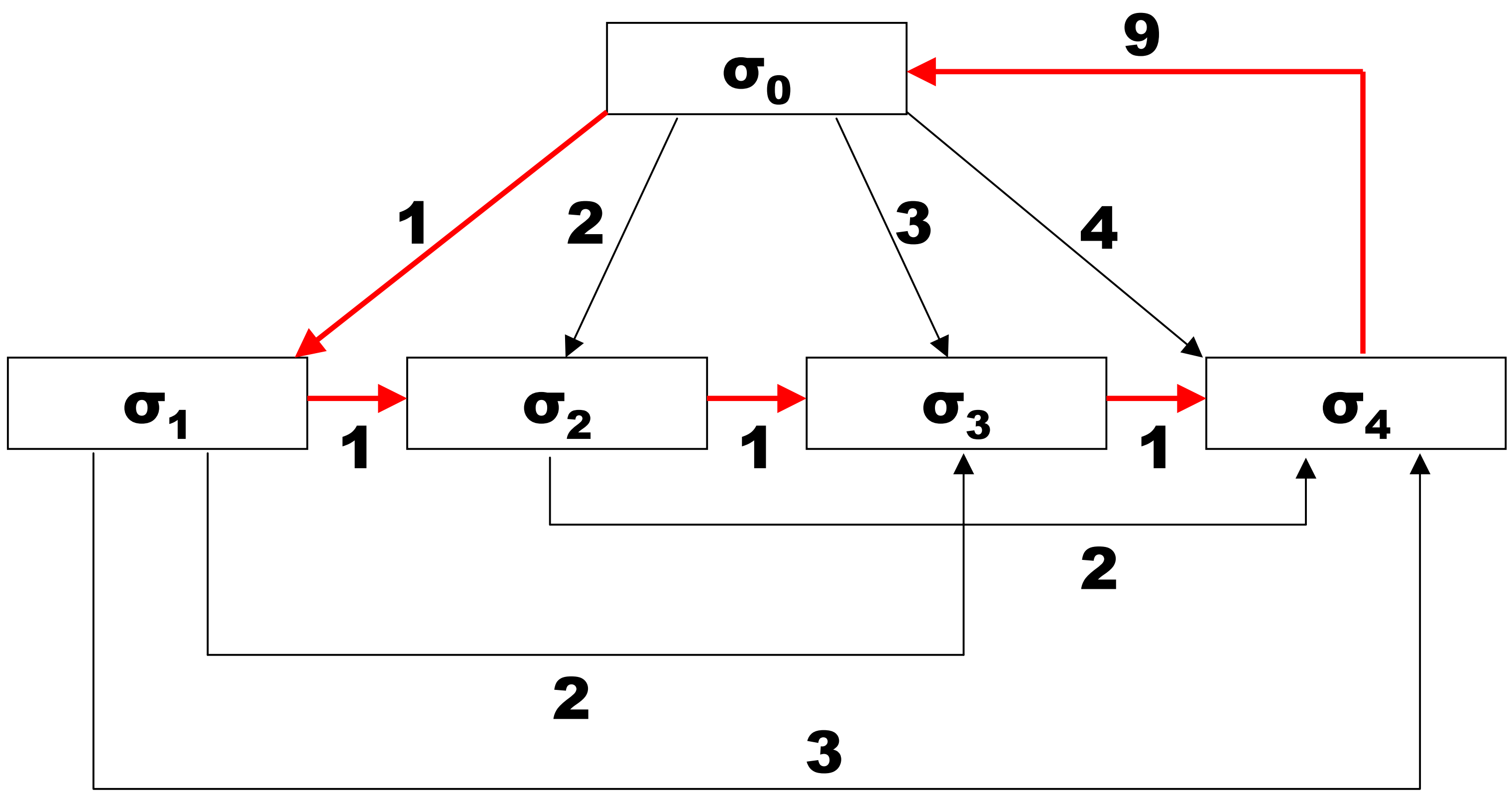
  $[\sigma_1]_3$ OR $\sigma_0 = 00011111$ OR $11110000 = 11111111$ $(= \sigma_4)$

Παράλληλα Συστήματα
Αγωγοί και Διανυσματικοί Υπολογιστές



Παράλληλα Συστήματα
Αγωγοί και Διανυσματικοί Υπολογιστές

ii) Να βρεθεί ο μέγιστος ρυθμός παραγωγής αποτελεσμάτων



- $r_{max} = 5 / (1 + 1 + 1 + 1 + 9) = 5 / 13$

Παράλληλα Συστήματα
Αγωγοί και Διανυσματικοί Υπολογιστές

iii) Εάν τ είναι ο κύκλος ρολογιού του αγωγού σε πόσο χρόνο θα εξαχθούν τα πρώτα 3 αποτελέσματα;

- 11 κύκλοι για το πρώτο αποτέλεσμα
- +1 κύκλος για το δεύτερο αποτέλεσμα
- +1 κύκλος για το τρίτο αποτέλεσμα

Παράλληλα Συστήματα
Αγωγοί και Διανυσματικοί Υπολογιστές

iv) Εάν τ είναι ο κύκλος ρολογιού του αγωγού σε πόσο χρόνο θα εξαχθούν τα πρώτα 7 αποτελέσματα;

- 13 κύκλοι για τα 3 πρώτα αποτελέσματα
- +1 κύκλος για το τέταρτο αποτέλεσμα
- +1 κύκλος για το πέμπτο αποτέλεσμα
- +9 κύκλοι για το έκτο αποτέλεσμα
- +1 κύκλος για το έβδομο αποτέλεσμα