

# Tentamen Analysis of Manufacturing Systems 4C530

09/05/2007

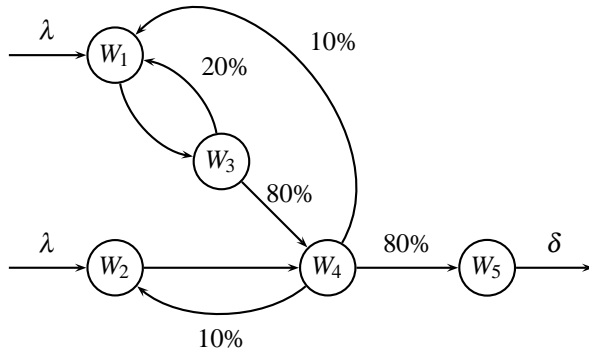
- Tijdens het tentamen is inkijken van dictaat, opgaven en eigen aantekeningen toegestaan. *Besteed niet te veel tijd aan opzoeken.*
- Het gebruik van zakrekenmachine en/of grafische rekenmachine is toegestaan.
- Het gebruik van een notebook is niet toegestaan.
- Het tentamen bestaat uit twee delen. Maak ieder deel op een apart blaadje en zet op ieder blad in ieder geval uw naam en studentnummer. **Ieder deel dient afzonderlijk te worden ingeleverd!**
  - Deel A bestaat uit Opgaven 1, 2 en 3.
  - Deel B bestaat uit Opgaven 4, 5, 6 en 7.
- Schrijf duidelijk en leesbaar. Onleesbaar werk kan niet worden gecorrigeerd.
- Werk de opgaven in stappen uit. Alleen het correcte antwoord, zonder uitwerking en tussenstappen, levert *geen* punten op!
- Daar waar bij Opgaven 6 en 7 gevraagd wordt een specificatie af te maken dient u de volledige specificatie van het betreffende proces of model over te nemen op uw papier. Een proces mag alleen op de daarvoor aangegeven plaatsen aangevuld worden (aangegeven met ...).
- Als u een gegeven mist dat noodzakelijk lijkt voor een berekening (omdat u bijvoorbeeld het vorige onderdeel van de opgave niet heeft kunnen maken), doe dan een redelijke aanname. Laat duidelijk blijken dat u die aanname maakt.
- Maak uw tentamen strategisch door uw tijdsinvestering in het beantwoorden van de vraag af te wegen tegen de score die u ermee kunt halen. Ter informatie, de punten verdeling is als volgt (totaal 100):

Opgave 1	7+6+2	= 15
Opgave 2	5+3+5+2	= 15
Opgave 3	4+3+7+3+3	= 20
Opgave 4	10	= 10
Opgave 5	3+2	= 5
Opgave 6	20	= 20
Opgave 7	15	= 15
- De uitwerkingen van het tentamen zullen na afloop van het tentamen via Studyweb beschikbaar gesteld worden.

## Deel A

### Opgave 1

In Figuur 1 is een fabricagesysteem weergegeven met twee ingaande kanalen. Via ieder kanaal komen lots binnen met een constante snelheid van  $\lambda$  lots/uur. De percentages die bij de pijlen staan geven aan welke fractie van de lots die route volgt. Bijvoorbeeld: van alle lots die werkstation  $W_4$  verlaten gaat 10% terug naar werkstation  $W_1$ , 10% terug naar  $W_2$ , en de rest (80%) naar  $W_5$ .



Werkstation	$t_0$ [uur]
$W_1$	4.0
$W_2$	5.0
$W_3$	4.0
$W_4$	3.2
$W_5$	3.1

Figuur 1: Fabricagesysteem

- Stel voor ieder werkstation de massa balans vergelijking op en druk de doorzet van elk van de werkstations  $W_1$ ,  $W_2$ ,  $W_3$ ,  $W_4$  en  $W_5$  uit als functie van  $\lambda$ .
- De bewerkingstijden voor ieder werkstation zijn gegeven in bovenstaande tabel. Bepaal van ieder werkstation de gemiddelde bezettingsgraad als functie van  $\lambda$  en geef aan welk werkstation de bottleneck is.
- Wat is de maximaal haalbare doorzet voor dit systeem?

### Opgave 2

Beschouw een fabricagelijne met vijf aaneengeschakelde werkstations. Ieder werkstation bestaat uit een oneindige FIFO buffer gevolgd door een of meerdere (identieke, parallelle) machines. In de tabel staan de bewerkingstijden van de machines en het aantal parallelle machines in ieder werkstation beschreven. Zowel het aankomstpatroon van lots als de bewerkingstijden van de machines zijn deterministisch.

Werkstation	$W_1$	$W_2$	$W_3$	$W_4$	$W_5$
Aantal parallelle machines	2	1	2	3	1
Bewerkingstijd per machine [uur]	3.6	2.2	6.0	4.8	1.7

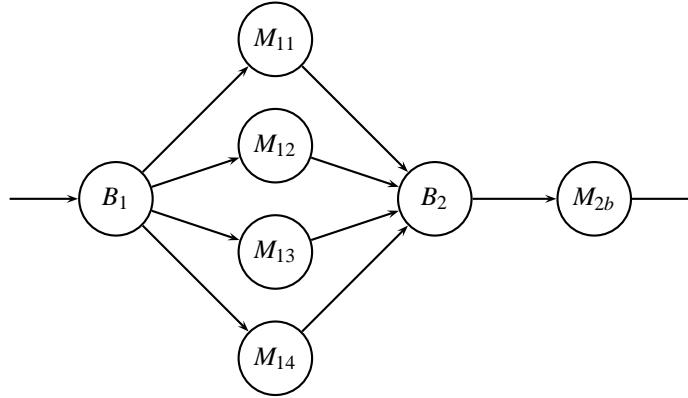
- Bepaal de maximale doorzet  $\delta_{\max}$  voor deze fabricagelijne.
- Wat is de gemiddelde doorlooptijd van de lijn, indien lots de lijn worden ingevoerd met een snelheid van  $\delta_{\max}$  lots/uur?

De eigenaar van de fabricagelijne heeft besloten te gaan investeren om de doorzet van zijn lijn te verhogen. Hij heeft besloten in totaal drie nieuwe machines aan te schaffen. Aangezien de machines uit de verschillende werkstations ongeveer even duur zijn, maakt het qua kosten niet uit in welk werkstation hij een nieuwe machine plaatst. De machines die hij aanschaft zullen parallel geplaatst worden aan de al aanwezige machines in een werkstation en hebben dezelfde bewerkingstijd als de aanwezige machines. Hij kan bijvoorbeeld drie machines in één werkstation erbij plaatsen, of de machines verdelen over meerdere werkstations.

- Beredeneer hoe de eigenaar de drie machines over de verschillende werkstations moet verdelen om een zo hoog mogelijke doorzet te kunnen halen, en bepaal de maximaal haalbare doorzet  $\delta_{\max, \text{new}}$  voor het systeem met de drie nieuwe machines.  
*Let op:* Het is niet de bedoeling dat je alle mogelijke nieuwe situaties gaat doorrekenen! Schrijf eerst in woorden op hoe je dit probleem gaat aanpakken, voordat je de berekening uitvoert.
- Wat is de gemiddelde doorlooptijd voor de nieuwe situatie, indien lots de lijn worden ingevoerd met een snelheid van  $\delta_{\max, \text{new}}$  lots/uur?

### Opgave 3

In deze opgave nemen we een push-bestuurde fabricagelijns met 2 werkstations onder de loep (zie Figuur 2). Het eerste workstation bestaat uit een oneindige FIFO buffer  $B_1$ , gevolgd door vier identieke parallelle machines  $M_{11}$ ,  $M_{12}$ ,  $M_{13}$  en  $M_{14}$  (gemiddelde bewerkingstijd  $t_0 = 6.4$  [uur], variatiecoëfficiënt  $c_0 = 1.5$ ). Het tweede workstation bestaat uit een oneindige FIFO buffer  $B_2$ , gevolgd door een batch-machine  $M_{2b}$  (gemiddelde bewerkingstijd  $t_{0,b} = 9.0$  [uur], variatiecoëfficiënt  $c_{0,b} = 0.8$ ). De batch-machine verwerkt altijd batches van 5 lots. Lots komen het systeem binnen met een gemiddelde tussen-aankomsttijd  $t_a = 2.0$  [uur] en een variatiecoëfficiënt van  $c_a = 1.0$ .



Figuur 2: Push-bestuurde fabricagelijns met 2 werkstations

- Bereken de utilisatie van alle machines.
- Wat is de gemiddelde wachttijd van lots in buffer  $B_1$ ?
- Wat is de gemiddelde wachttijd in buffer  $B_2$  (van het moment dat een lot binnenkomt, totdat het als onderdeel van een batch naar machine  $M_{2b}$  gaat)?
- Wat is de gemiddelde doorlooptijd van de gehele lijn?
- Wat is het gemiddelde wip-niveau in de hele lijn?

## Deel B

### Opgave 4

Wat is de uitkomst van het volgende programma? Leg uit waarom.

```
func f(val n: nat) -> nat =  
| [ ( n > 100 -> ret n - 10  
    | n <= 100 -> ret f(f(n + 11))  
    )  
] |
```

```
model P() =  
| [ !! f(99) ] |
```

### Opgave 5

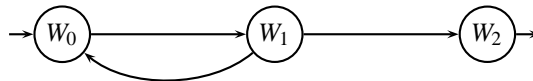
- Wat is de uitkomst van:
  - $(2.12, "s", +3) . 2$
  - $[(2.12, "s", +3), (12.0, "t", -1)] . 1 . 1$
  - $t1(t1(t1([(2.12, "s", +3), (12.0, "t", -1)])))$
- Wat is het type van de volgende data structuur:  $\langle [], [1], [1, 2], [1, 2, 3], [1, 2, 3, 4] \rangle$

## Opgave 6

Beschouw een re-entrant fabricagesysteem dat bestaat uit een batch werkstation  $W_1$  en single-lot werkstations  $W_0$  en  $W_2$ . Werkstation  $W_1$  bestaat uit oneindige buffer  $B_1$  gevolgd door batch machine  $M_1$ . Buffer  $B_1$  ontvangt lots via kanaal  $a$  van werkstation  $W_0$  en stuurt deze in batches van 3 lots door naar machine  $M_1$  via kanaal  $b$ , of als lots naar werkstation  $W_2$  via kanaal  $c$ . Machine  $M_1$  stuurt lots in batches naar werkstation  $W_0$  via kanaal  $d$ . Elk lot moet 4 keer op machine  $M_1$  bewerkt zijn voordat het doorgestuurd wordt naar werkstation  $W_2$ . Maak de onderstaande specificatie van de buffer af, gebruikmakend van de aanname dat het type lot is gedefinieerd als

```
type lot = (nat, real, nat)
```

waarin het eerste veld het lot nummer (id) bevat, het tweede veld de tijd is dat het lot het systeem is binnengegaan, en het derde veld het aantal keer is dat het lot machine  $M_1$  heeft bezocht (dit is nul op het moment dat het lot het systeem binnengaat en wordt telkens in machine  $M_1$  bijgewerkt). Het is voor een batch toegestaan om lots te bevatten die het werkstation een verschillend aantal keer bezocht hebben.



```

proc B1(.....) =
| [ var xs1: .....
    , xs2: .....
    , x : .....
  :: *( a?x; ( .....
        | .....
        )
        | .....
        | .....
        )
  ] |
  
```

## Opgave 7

Beschouw een assemblageproces  $AP$  dat de assemblage van drie verschillende type delen (type 0,1,2) beschrijft. Elk type deel wordt ontvangen via een afzonderlijk kanaal  $a_0, a_1, a_2$ . Om een assemblage te kunnen beginnen moet eerst één deel van type 0, één deel van type 1, en 33 delen van type 2 verzameld worden. De delen moeten in willekeurige volgorde ontvangen kunnen worden. Daarna duurt het assembleren van deze delen in totaal een half uur. De voltooide assemblage wordt daarna via kanaal  $b$  verzonden. Maak de onderstaande specificatie van het proces  $AP$  af, gebruikmakend van de aanname dat de volgende types zijn gedefinieerd

```
type part = (nat, real)
  , asmb = 3*[part]
```

waarbij het eerste veld van part het id-nummer is en het tweede veld de tijd is dat dit part het systeem is binnengegaan.

```

proc AP(chan a0?, a1?, a2?: part, b!: asmb) =
| [ var i: nat = 0, pts: asmb = <[], [], []>, p0, p1, p2: part
  :: *( .....
        .....
        .....
        .....
        .....
        .....
        ; delay 0.5
        ; b!pts
        ; pts:= <[], [], []>
        )
  ] |
  
```