



LUNDS TEKNISKA
HÖGSKOLA
Lunds universitet

Institutionen för
REGLERTEKNIK

FRTN20 – Market Driven Systems

Tentamen 26 maj 2010, 8.00 - 13.00

Poängberäkning och betygssättning

Lösningar och svar till alla uppgifter skall vara klart motiverade. Tentamen omfattar totalt 25 poäng. Poängberäkningen finns markerad vid varje uppgift. Preliminära betygsgränser:

Betyg 3: 12 poäng
4: 17 poäng
5: 22 poäng

Tillåtna hjälpmedel

Tentamensresultat

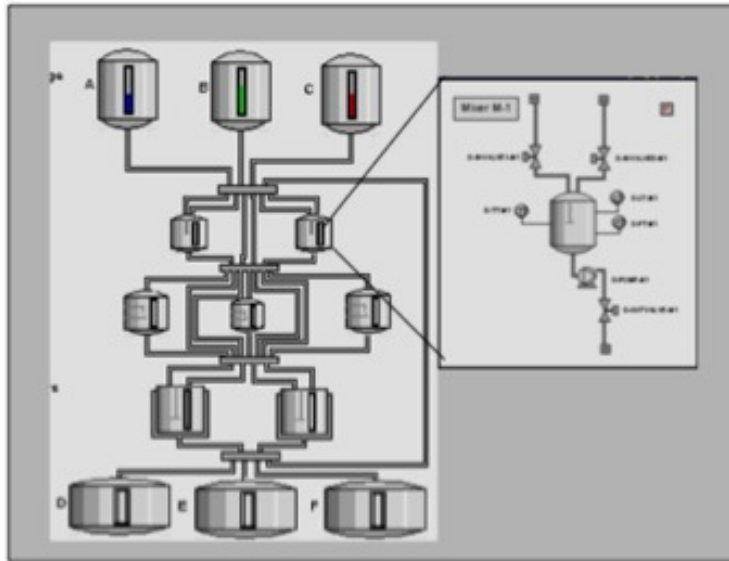
Resultatet anslås senast måndagen den 31 maj på institutionens anslagstavla på första våningen i Maskinhuset samt på institutionens hemsida. Visning den 31 maj kl 11.30–12.00 på reglerteknikinstitutionen, i M:2112A (Kristian Soltesz kontor), M-huset våning 2.

Lösningar till tentamen 26/05/10

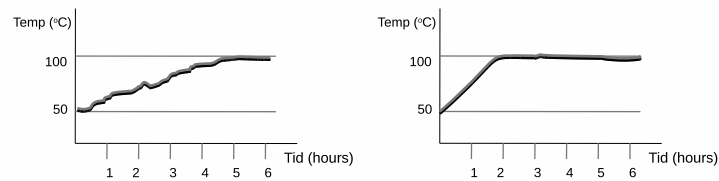
1. Industriella produktionssystem kan klassificeras på flera olika sätt.
 - a. Ett sätt är att klassificera dem enligt deras huvudsakliga produktionstyp. Det finns tre olika produktionstyper; diskret produktion, kontinuerlig produktion och batchproduktion. Förklara kortfattat. Redogör för likheter och olikheter mellan dessa tre produktionstyper. (1.5 p)
 - b. Ett annat sätt att klassificera industriella produktionssystem är enligt den industrisektor de arbetar. Sex exempel på sådana sektorer är; Fordon, läkemedel, livsmedel, gas, papper-massa, maskindelar. Redogör för vilken produktionstyp (kontinuerlig, batch, diskret) som är vanligast inom vardera av dessa sex industrisektorer. (1.5 p)

Solution

- a. Continuous production: In a continuous production process the raw materials are consumed in a continuous stream and a product result as a continuous outflow. Continuous production processes often have open-ended production runs, the process is often invisible. The equipment operate in steady-state.
Discrete production: A discrete production process is the assembly of piece parts into products. The product is a discrete entity. They have well defined production runs. The process is often visible. The equipment operate in an on-off manner.
Batch production: In a batch production process the product is made in batches or lots. There is often a discontinuous flow of materials. The production run is determined by time/end points. the production goes through steps of operations.
 - b. kontinuerlig produktion: gas och papper-massatillverkning
Diskret produktion: fordon och maskindelstillverkning
Batch produktion: läkemedel- och livsmedlesproduktion
2. På många produktionsanläggningar arbetar man med att förbättra styrningen och regleringen av olika produktionsparametrar. Då man utvärderar ett sådant arbete bör man beakta både den reglerförbättring, processförbättring samt ekonomiska förbättring som detta arbete lett till. Antag att vi har en batch-anläggning där vi tillverkar Ämne-D, Ämne-E och Ämne-F, se figur 1.
Enheterna i anläggningen är sammankopplade i en nätverksstruktur, dvs de är alla förbundna med varandra. Vi kan producera flera batcher per dygn i anläggningen. Batcherna produceras kampanjvis, dvs ett ämne i taget. Tiden för en kampanj är 4 dygn. Det tar 8 timmar att producera en batch av Ämne-D, 6 timmar att producera en batch av Ämne-E, samt 4 timmar att producera en batch av Ämne-F. Antag vidare att vi förbättrar temperaturregleringen i Mixer M-1 samt M-2. Figur 2 visar temperaturregleringen innan samt efter förbättringsarbetet.

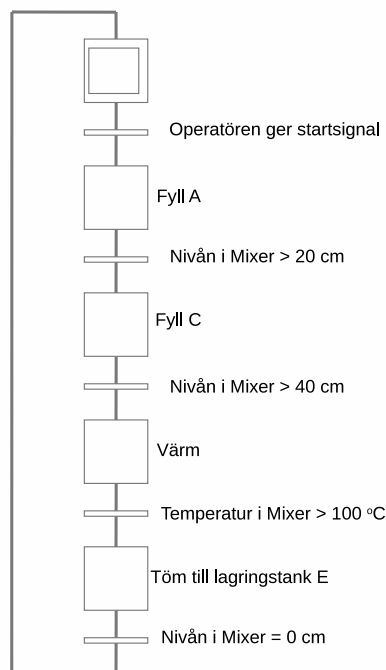


Figur 1 En batchanläggning.



Figur 2 Temperaturregleringen före (vänster) respektive efter (höger) förbättringsarbetet.

- a. Det är endast produktionen av Ämne-E som använder sig av en Mixer. En grov bild av receptet för produktion av Ämne-E finns i figur 3. Förklara om, och isåfall varför, en reglerförbättring av temperaturregleringen på mixer M-1 och M-2 leder till en processförbättring och en ekonomisk förbättring? (2 p)
- b. Redogör för tre vanliga nyckeltal som används för att mäta processförbättringar. (1.5 p)



Figur 3 En grov bild av receptet för tillverkning av Ämne-E.

Solution

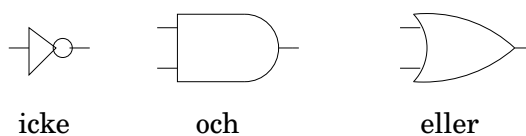
- a. Med den förbättrade temperaturregleringen kan man förkorta den fas i receptet som värmer produkten, från ca 5 timmar (se bild på hur temperaturregleringen gjordes tidigare) till ca 2 timmar (se bild på hur temperaturregleringen görs efter förbättringsarbetet). Eftersom produktionstiden för en batch tidigare var 6 timmar, blir den nu istället endast 3 timmar. Detta innebär att man kan producera 8 batcher per dygn istället för som tidigare endast 4 batcher per dygn. Produktionstakten ökar således, vilket ska ses som istället för att producera en processförbättring. Om de 4 extra batcher som man lyckas producera per dygn kan gå till försäljning så medför processförbättringen även en ekonomisk förbättring. Om de inte kan gå till försäljning så medför den däremot en negativ ekonomisk förbättring (dvs försämring) eftersom man har kostnader för produktionen.
- b. Throughput: produktionsvolym per tidsenhet
 Yield (utbyte): förhållande mellan mängden material som man stoppar in och mängden material som kommer ut
 Asset utilization (utnyttjandegrad an enheter): andel av tiden som enheten används för produktion

3. Förklara kortfattat vad MES är. (1 p)

Solution

MES betyder Manufacturing Execution Systems. MES är mellanskiktet mellan Process Control Systems och Affärssystem. Utvecklingen av MES började kring mitten av 1990-talet. MES tar typiskt hand om funktioner som; datainsamling, detaljerad schemulering, product definition, produktionsutvärdering, spårbarhet etc. MES behandlas i standarden ISA95.

4. I denna övning kommer vi använda logiska grindar för att konstruera ett 1-bits minne (en så kallad sr-vippa). Minnet har två ingångar: set-ingången s och reset-ingången r samt en utgång q . Då $r = 1$ och $s = 0$ sätts $q = 0$. Om istället $r = 0$ och $s = 1$ sätts utgången till $q = 1$. När $r = s = 0$ bevaras värdet på utgången. Insignalkombinationen $r = s = 1$ är förbjuden, och det spelar således ingen roll vilken utsignal den motsvaras av.
- a. Beteckna med q^+ utgångens kommande värde som följd av nuvarande värde q samt insignalerna r och s . Rita en sanningstabell som relaterar q^+ till r, s och q . (1 p)
- b. Vi har $q^+ = f(q, r, s)$. Skriv ner ett booleska uttrycket för f . (Använd $a + b$ för a eller b , $a \cdot b$ för a och b samt \bar{a} för *inte a*.) (1 p)
- c. Rita ett grindnät som realiserar sr-vippan. Grindarna du får använda finns återgivna i figur 4. (1 p)



Figur 4 Logiska grindar.

Solution

r	s	q	q^+
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
a. 0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	X
1	1	1	X

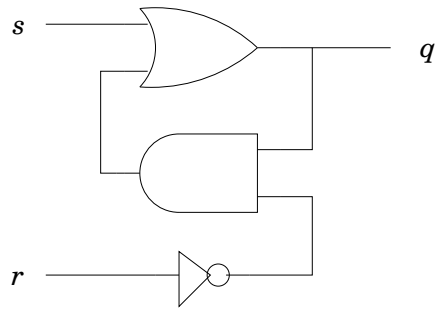
- b. Utifrån sanningstabellen kan man direkt skriva ner (till exempel)

$$q^+ = \bar{r} \cdot q + s$$

- c. En realisering är den i figur 5.

5.

- a. I kursen har vi använt flera sätt att beskriva sekvenser, däribland
- Petrinät
 - Grafcet
 - JGrafchart



Figur 5 Grindrealisering av sr-vippa.

Förklara kortfattat hur dessa verktyg hänger samman och vad skillnaden mellan dem är. (1 p)

- b.** Använd JGrafchart för att skriva/rita ett program för automatiserad kak-tillverkning i en fabrik, beskrivet nedan.

Utrustningen består av en ugn. Variabeln *heat*, med omfång 0-100, anger hur mycket ström som skall drivas genom ugnens värmeslingor. Variabeln *temp* anger ugnens temperatur i Celcius. En robot stoppar in en bakplåt i ugnen och stänger dörren. Detta indikeras av att variablerna *door* och *tray* får värden skilda från 0. När detta sker ska variabeln *ready* sättas till 0, varpå ett macro-steg för en P-regulator ska köras. Efter att macro-steget avslutats ska exekveringen återgå till starttillståndet och *ready* sättas till 1.

Innan en ny batch kan gräddas måste programmet kontrollera att dörren öppnats, plåten tagits ut, en ny plåt stoppats in samt att dörren stängts igen. (Man utgår från att det finns en tom plåt i ugnen och att dörren är stängd, då programmet startas.) (1 p)

- c. Implementera macrosteget för P-regulatorn. Det ska exekvera tills dess att timer har ett värde större än 40. (Timern startas automatiskt när ready sätts till 0.) Referenstemperaturen för gräddning är 225 °C. Regulatorn kör inte med en fix sampelhastighet, utan exekverar istället så fort det går. Regulatorns förstärkning ska vara 5. Tänk på att styrsignalen ej får överskrida 100 eller underskrida 0. (1 p)

Solution

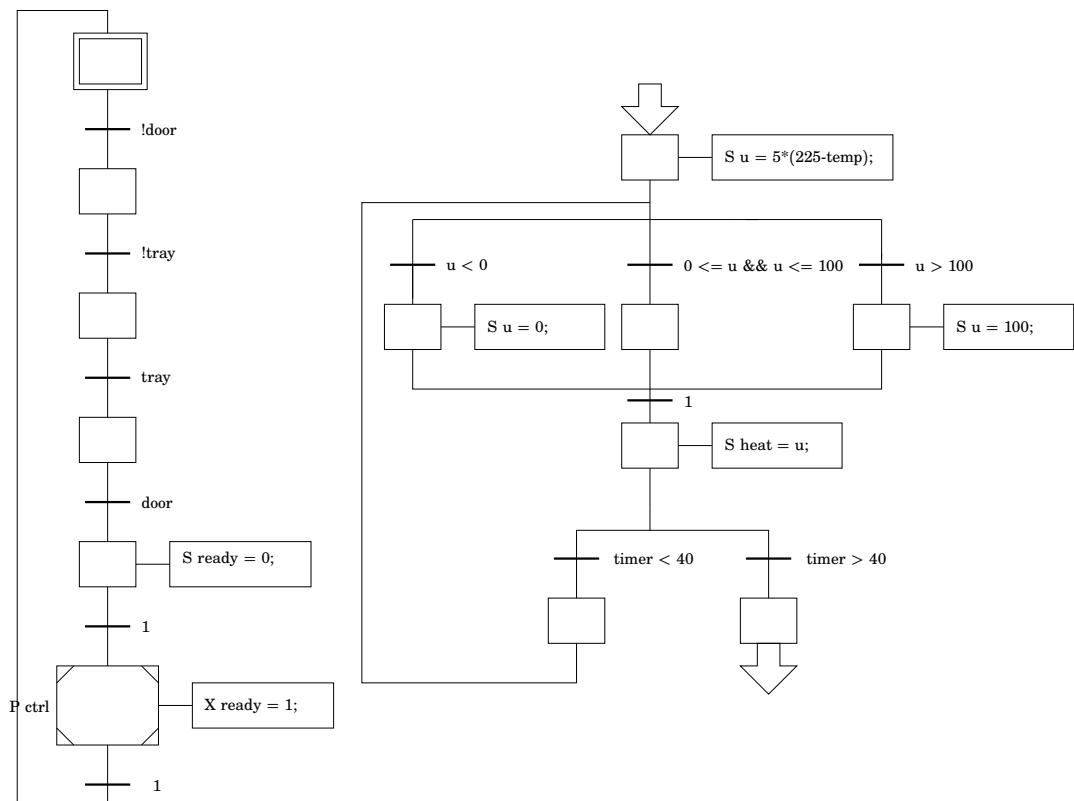
- a. Petrinät är ett teoretiskt modellerings- och simuleringsverktyg. Det finns en rik bakomliggande teori, varför Petrinät kan användas i avancerande analyser.

Grafcet är ett språk som bygger på samma grund som Petrinätet (tokens, platser och transitioner). Grafcet är emellertid mer applikationsinriktat och har variabler och kontrollstrukturer som Petrinätet saknar.

JGrafchart är en implementation av Grafcet. Det är alltså ett verktyg för att skriva program som bygger på Grafcet och sedan kan exekveras på riktig hårdvara.

- b. Se nästa delproblem.

- c. I figur 6 visas ett lösningsförslag. Huvudprogrammet till vänster i bilden, macrostegets innehåll till höger.



Figur 6

6.

a. Förklara korrekt och kortfattat vad följande (engelska) attribut innebär för ett Petrinät.

- live
- deadlock-free
- bounded

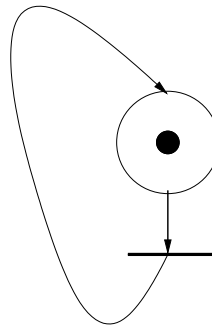
(1.5 p)

b. Rita ett Petrinät som är live, deadlock-free och bounded.

(1 p)

Solution

- a.
- I ett live-nät kan inga transitioner bli unfirable.
 - I ett deadlock-fritt nät finns alltid åtminstone en transition som kan avfyras.
 - Ett bounded nät har, vid varje tidpunkt, ett begränsat antal tokens.
- b. I figur 7 ges exempel på ett nät som har samtliga attribut.



Figur 7 Petrinätexempel.

7.

a. En snickare tillverkar bord och stolar. Marknadspriset är p_1 kronor per bord och p_2 kronor per stol. Råvaran är trä, och det går åt r_1 plankor per bord och r_2 plankor per stol. En planka kostar q kronor. Därtill kommer tillverkningsstiden som beräknas vara t_1 timmar per bord och t_2 timmar per stol. Att hålla snickeriet öppet kostar s kronor per timme.

Snickaren planerar att upphöra med möbeltillverkning och använda lokalen som bilverkstad. Först vill han dock göra sig av med det befintliga råvarulagret bestående av r plankor. Av schematekniska skäl får detta ta högst t timmar.

Ställ upp ett linjärt program, vars lösning maximerar förtjänsten. (1.5 p)

b. Efter att ha identifierat samtliga parametrar, står snickaren inför följande problem:

$$\begin{aligned} & \max_{x_1, x_2} && \begin{bmatrix} 2000 & 400 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} \\ \text{subject to} & && \begin{bmatrix} 20 & 10 \\ 24 & 4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} \preceq \begin{bmatrix} 200 \\ 120 \end{bmatrix}, \quad \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} \succeq \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix} \end{aligned}$$

Lös det åt honom. Vad representerar variablerna x_1 och x_2 ? (1.5 p)

- c. Beakta att det endast går att tillverka ett heltal bord respektive stolar. Kommentera hur detta påverkar din lösning från föregående deluppgift. Hur många bord respektive stolar ska snickaren tillverka. (1 p)

Solution

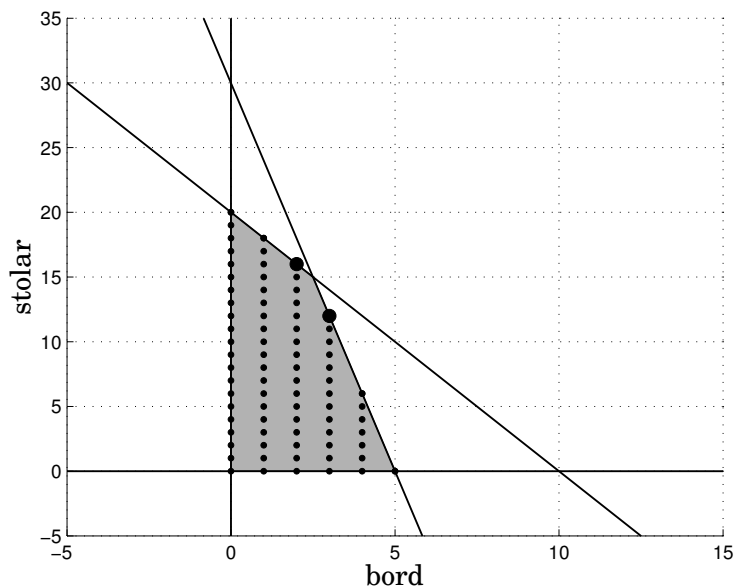
- a. Låt x_1 vara antalet bord som ska tillverkas och x_2 antalet stolar. Den totala förtjänsten, som snickaren önskar maximera, ges av $(p_1 - r_1q - t_1s)x_1 + (p_2 - r_2q - t_2s)x_2$.

Antalet tillverkade möbler får inte vara negativt, dvs $x_1 \geq 0$ och $x_2 \geq 0$. Därtill kommer den begränsade tillgången på plankor $r_1x_1 + r_2x_2 \leq r$ och tid $t_1x_1 + t_2x_2 \leq t$.

Detta motsvaras av det linjära programmet

$$\begin{aligned} \max_{x_1, x_2} & \quad \left[\begin{array}{cc} (p_1 - r_1q - t_1s) & (p_2 - r_2q - t_2s) \end{array} \right] \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} \\ \text{subject to} & \quad \begin{bmatrix} t_1 & t_2 \\ r_1 & r_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} \leq \begin{bmatrix} t \\ r \end{bmatrix}, \quad \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} \geq \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}. \end{aligned}$$

- b. Bivillkoren definierar det skuggade området i figur 8.



Figur 8 Linjära programmet i snickarens problem.

Hörnen på området är

$$x_a = (0, 0), \quad x_b = (5, 0), \quad x_c = (2.5, 15), \quad x_d = (0, 20)$$

Utvärdering av målfunktionen:

$$c^T x_a = 0, \quad c^T x_b = 10000, \quad c^T x_c = 11000, \quad c^T x_d = 8000$$

Alltså bör snickaren tillverka 2.5 bord och 15 stolar.

- c. Eftersom snickaren ej kan sälja ett halvt bort, kan man misstänka att materialet kan användas på bättre vis än vad lösningen till förra deluppgiften föreslår. Möjliga heltalslösningar är utritade som prickar i figur 8. Vår (konvexa) polygon begränsas nu av x_a , x_b , x_d samt två nya hörn

$$x_e = (2, 16), x_f = (3, 12)$$

Utvärdering av målfunktion:

$$c^T x_e = 10400, c^T x_f = 10800$$

Eftersom 10800 kr är mer än målfunktionsvärdet i något av heltalshörnen från föregående deluppgift drar vi slutsatsen att snickaren ska tillverka 3 bord och 12 stolar.

8.

a. Describe the connection between dual variables (in linear programming) and market prices by discussing an example. (1 p)

b. Consider the following linear programming problem

$$\begin{aligned} \max_{x_1 \geq 0, x_2 \geq 0} \quad & c_1^T x_1 + c_2^T x_2 \\ A_1 x_1 & \leq b_1 \\ A_2 x_2 & \leq b_2 \\ d^T (x_1 + x_2) & \leq 1 \end{aligned}$$

and describe how introduction of a price mechanism can be used to break down the optimization problem into two smaller distributed optimization problems.

(In the equations above x_1 and x_2 are production vectors chosen by two subdivisions of a firm. A_i are matrices and b_i, c_i and d are vectors of appropriate dimensions describing production constraints. The last equation describes the only common resource constraint.) (1 p)

9. The Cournot model of Duopoly has two production firms deciding on individual production quantities Q_1 and Q_2 . After the decisions Q_i are taken, the selling price per unit is decided by the market, for simplicity modeled here via the linear price curve $P(Q_1, Q_2) = a - (Q_1 + Q_2)$. Assuming both firms have equal unit production cost $c < a$, the revenue for firms i is hence

$$R_i(Q_1, Q_2) = Q_i(a - c - (Q_1 + Q_2))$$

Assume firm 1 is interested in maximizing revenue R_1 but that firm 2 is only interested in maximizing market share subject to not making a loss, i.e. maximizing Q_2 as long as $R_2 \geq 0$.

a. Determine the best response functions $B_1(Q_2)$ and $B_2(Q_1)$. (1.5 p)

b. Determine all Nash equilibria of this game. (1.5 p)

Solution

a.

$$\begin{aligned} B_1(Q_2) &= \max(0, (a - c - Q_2)/2) \\ B_2(Q_1) &= \max(0, a - c - Q_1) \end{aligned}$$

(2 p)

b. As is easily seen in a figure, the only intersection of the best response functions occurs at

$$(Q_1^*, Q_2^*) = (0, a - c)$$

This means that firm 2 increases production so much that the market price equals production cost. Revenue is zero, and firm 1 is pushed out of the market. (2 p)

