

Ei vekottimia, ei omia matskuja. Tehtävien numerointi vastaa pikkukokeiden numerointia. Älä suttaa vain lainaksi saamaasi kaavastoa.

Tehtävä 0. Hakamettässä alkaa klo 18.30 kiakko-ottelu *Ilves-Kärpät*. Arvaa sen lopputulos. Se olkoon sitten illan viimeinen arvauksesi, sillä järjestelmien ohjauksessa arvaaminen saattaa olla hyvin vaarallista!

Tehtävä 1. Opintojakson **LAB**-työssä lämmitettiin vettä läpivirtaussäiliössä, jonka sisällä oli lämmitysvastus. Piirrä lohkokkaavio, joka kuvaa myötäkytken ja takaisinkytkennän yhteiskäyttöä lämmityksen ohjauksessa. Dokumentoi sekä alisysteemit että niiden **I/O**-funktiot sekä sovelluskohtaisia erisnimiä että tieteenalan määrittelemiä yleisnimiä (termejä) käyttäen.

Tehtävä 2

- a) Erään suotimen muodostaman funktion (suodatustuloksen) f_{out} riippuvuus suodatettavasta funktiosta f_{in} on alla. Esitä suotimelle sovittua *piirto & matematiikka*-formaattia noudattava **alkeislohkokkaavio**.

$$2 \cdot \dot{f}_{out}(t) + f_{out}(t) = f_{in}(t) \quad 2p.$$

- b) Viisi metriä pitkä ja vakionopeudella neljä metriä sekunnissa liikkuva kuljettimen hihna siirtää (varastosii-
lostasta pudotettavaa) jähmeää elintarvikemassaa sekoitussäiliöön. Massan massavirtaus varastosäiliöstä kuljet-
timelle olkoon q_{in} , ja massan massavirtaus kuljettimelta sekoitussäiliöön olkoon q_{out} . **Johda** ja esitä
funktion q_{out} hetken t näytearvolle $q_{out}(t)$ funktion q_{in} sopivaan näytearvoon viittaava kaava. **2p.**

Tehtävä 3

- a) Pystysuoraan nousevan raketin nopeuden $v = v(t)$ riippuvuutta raketin työntövoimasta $u = u(t)$ kuvataan joskus lyhyehköllä aikavälillä oheisella vakioparametrisella mallilla, jossa huomioidaan gravitaatiovoima mg ja ilmanvastus mutta ei esimerkiksi massan m pienenemistä polttoaineen vähenemisen vuoksi. Nopeuden haluttu tasapainoarvo olkoon v_0 . **Johda** tämän tasapainon ylläpitoon vaadittava työntövoiman vakioarvo u_0 sekä **lineaarinen differentiaaliyhtälömalli**, jonka avulla voidaan (likimääräisesti) arvioida työntövoiman poikkeaman $u(t) - u_0$ aiheuttamaa nopeuspoikkeamaa $v(t) - v_0$.

$$m \cdot \dot{v} = u - mg - k \cdot v^2 \quad 2p.$$

- b) Pyörivän puomin (vrt. kovalevyaseman käsivarsi) kääntymiskulma θ riippuu puomin kulmanopeudesta $\omega = \dot{\theta}$, joka riippuu puomin kulmakihtyvyydestä $\alpha = \dot{\omega}$. Esitä kulman θ simulointiin sopiva **matriisi-notaatioinen tilamalli**. Määrittele/esitä mallin **aikariippuvat vektorit** sekä **vakiomatriisit** (vektorit ja skalaarit ovat myös matriiseja!) huolellisesti ja selkeästi. **2p.**

Tehtävä 4

- a) Tutki sopivalla **matriisioperaatiota** ja **matriisikäsitteitä** hyödyntävällä standardilaskelmalla oheisen tilamallin **tarkkailtavuutta**. Esitä lopullinen vastauksesi (päätelmäsi) perusteluineen selvästi. **2p.**

$$\dot{x} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \cdot x + \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} \cdot u, \quad y = [0 \quad 1] \cdot x$$

- b) Laske ja sievennä mahdollisimman pitkälle a-kohdan tilamallin **siirtofunktio matriisioperaatioilla**. Esitä lopullinen sievä vastauksesi selvästi. **2p.**