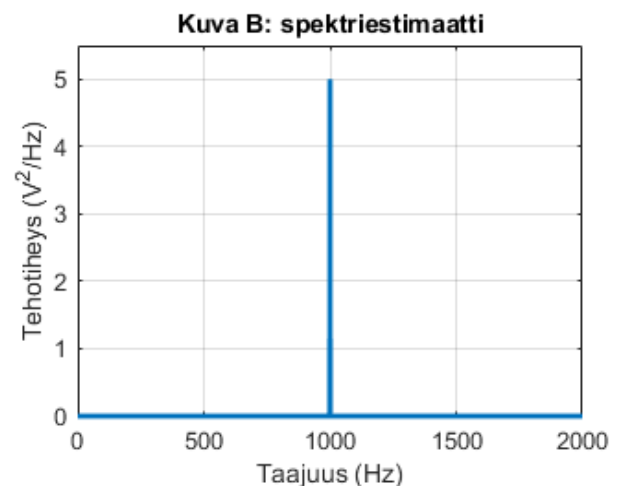
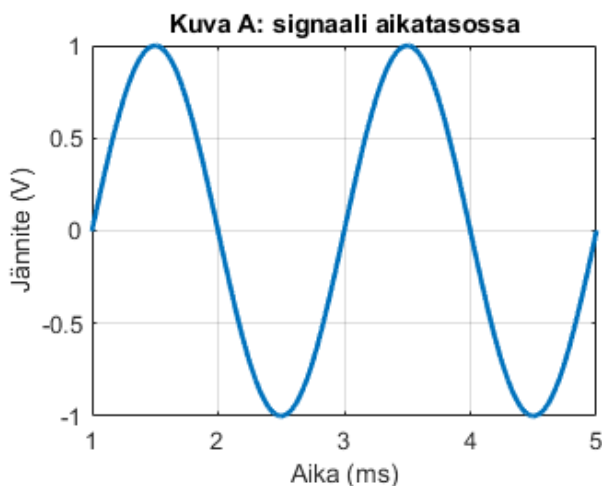


AUT.120 Mittaus A, BBT.028 Mittaus B, KONE.140 Mittaus K, MSE.230 Mittaus M

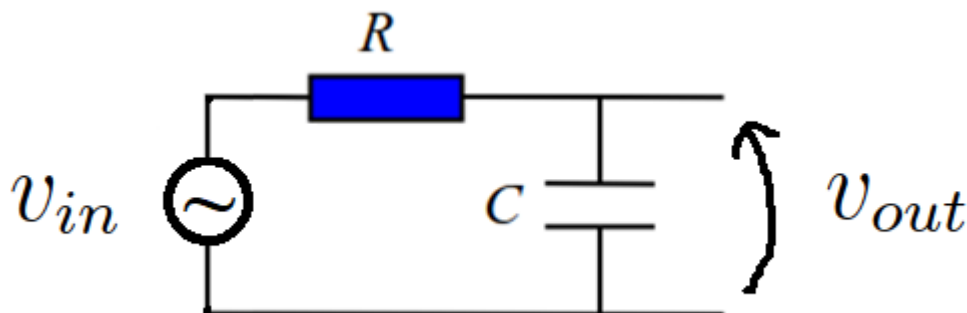
Vastaa kaikkiin tehtäviin. **Kaikki laskimet sallittu, ei materiaalia.** Kaikki tehtävät ovat 6 pisteen arvoisia. Viimeisellä sivulla on kaavakokoelma.

1. Vastaa seuraaviin väittämiin tosi tai epätosi. Vastauksia ei tarvitse perustella. Pisteytys: oikein +1p., väärin -0,5 p., tyhjä 0 p., kuitenkin siten että tehtävän minimipistemäärä on 0 p.
 - a) AD-muunnoksessa 100 hertsin näytteistystaajuus on riittävä, jos AD-muunnettavan signaalin sisältämä suurin taajuus on 100 Hz.
 - b) Kalibroinnin määritelmän mukaan kalibroinnissa arvioidaan mittauslaitteen soveltuvuutta aiottuun käyttötarkoitukseen.
 - c) Digitaalisen mittalaitteen aiheuttama pyöristysvirhe on esimerkki normaalijakaumaa noudattavasta virheestä.
 - d) Anturin herkkyys tarkoittaa pienintä mitattavan suureen arvoa, joka anturilla voidaan mitata.
 - e) Anturin ja mittauskohteen välillä siirtyy aina energiaa.
 - f) Yhdenkään SI-järjestelmän perusyksikön määritelmä ei ole enää nykyään sidottu tiettyyn fyysiseen kappaleeseen.
2. Data-analyysimenetelmät (yht. 6 p.):
 - a) Vastaa perustellen, voiko oikeanpuoleinen kuva B esittää vasemmanpuoleisessa kuvassa A ajan funktiona esitetyn jaksollisen signaalin spektriestimaattia.
 - b) Mitä tarkoitetaan lineaarisella pienimmän neliösumman menetelmällä ja millaisia funktioita sen avulla voidaan sovittaa?

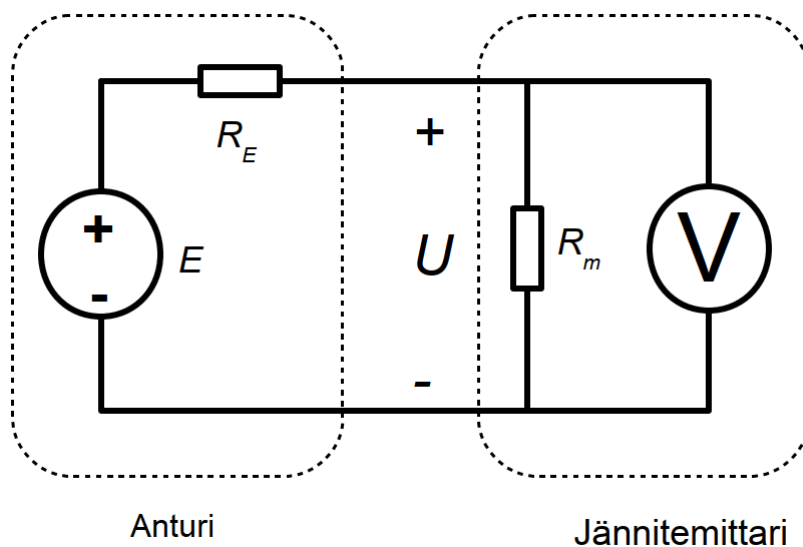


3. Mitä toimintalohkoja voidaan erotella tyypillisen mittausketjun mallista ja mitä toiminnallisuuksia eri lohkot tyypillisesti sisältävät? Vastaukseen kannattaa sisällyttää lohkokaavio tai muu vastaava piirros tyypillisen mittausketjun rakenteesta. (6 p.)

4. Kappaleen halkaisija on mitattu digitaalisella työntömitalla toistettavuuden mahdollistaneissa olosuhteissa 121 kertaa. Mittaustulosten keskiarvoksi on laskettu 15,65 mm ja otoskeskihajonnaksi 0,88 mm.
- Selitä lyhyesti, mitä tarkoitetaan kalibroinnin jäljitettävyydellä ja miksi se on tärkeää. (2 p.)
 - Laske tehtävän lähtötietojen perusteella kokeelliseen mittaussarjaan liittyvän tyyppin A standardiepävarmuuskomponentin suuruus. (1 p.)
 - Mittauksessa käytetyn mittalaitteen laajennettu epävarmuus on kalibrointitodistuksen mukaan 0,52 mm ($k = 2$). Määritä mittalaitteen (kalibrointi)epävarmuudesta aiheutuva tyyppin B standardiepävarmuuskomponentin suuruus. (1 p.)
 - Mittauksissa käytetyn digitaalisen työntömitan resoluutio on 0,05 mm. Määritä mittalaitteen pyöristysvirheestä aiheutuvan tyyppin B standardiepävarmuuskomponentin suuruus. (1 p.)
 - Määritä edellä laskettuja tietoja käyttäen mittaustuloksen yhdistetty standardiepävarmuus. (1 p.)
5. AD-muunninta edeltää oheisen kuvan mukainen vastuksen $R = 100 \text{ k}\Omega$ ja kondensaattorin $C = 0,47 \text{ }\mu\text{F}$ muodostama alipäästösuodin.
- Minkälaisina ilmiöinä tai epäideaalisuuksina dynamiikka ilmenee (mittaus)järjestelmissä? Entä voiko järjestelmien dynaamisista ominaisuuksista tai dynamiikasta olla hyötyä jossain tilanteessa tai sovelluksessa? (3 p.)
 - Määritä oheisen alipäästösuotimen siirtofunktion tai taajuusvasteen lauseke, kun kytkennän tulosuure on jännite v_{in} ja lähtösuure on jännite v_{out} . Kondensaattorin voi olettaa olevan varaamaton ajanhetkellä $t = 0 \text{ s}$. Kysytyn lausekkeen voi muodostaa itse valitsemallaan tavalla. (2 p.)
 - Kuinka suuri on kytkennän vahvistus taajuudella $f = 50 \text{ Hz}$ eli amplitudivasteen arvo taajuudella $f = 50 \text{ Hz}$? (Tästä kohdasta voi saada pisteitä myös, jos osaa ilmaista sanallisesti tai kaavamudossa, kuinka tämän kohdan vastaus saataisiin laskettua vaikka b)-kohdan lauseketta ei olisikaan osannut muodostaa). (1 p.)



6. Yleismittarin avulla tutkitaan anturia (lasista pH-elektrodia), joka tuottaa pH-arvosta riippuvaa tasajännitettä E . Tutkittavan anturin sähköistä toimintaa mallinnetaan sijaiskytkennällä, joka koostuu ideaalisen jännitelähteen E ja anturin lähtöresistanssia eli ”sisäistä resistanssia” edustavan vastuksen $R_E = 500 \text{ M}\Omega$ sarjaankytkennästä. Yleismittarin tuloresistanssi eli ”sisäinen resistanssi” on $R_M = 10 \text{ M}\Omega$.
- a) Eräessä tilanteessa anturi tuottaa $E = 100 \text{ mV}$ jännitettä ja yleismittari on kytketty mittaamaan tätä jännitettä tasajännitteen mittaustoiminnolla. Mikä on yleismittarin mittaustulos U ? (4 p.)
- b) Kuinka lasketaan mittausvirhe? Kuinka suuri on edellisen kohdan mittaustuloksen suhteellinen virhe? (2 p.)



$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i, \quad s^2(x) = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2, \quad u^2(\bar{x}) = \frac{s^2(x)}{N}, \quad u^2 = \frac{a^2}{3}, \quad u^2 = \frac{a^2}{6},$$

$$U(y) = ku_c(y), \quad u_c^2(y) = \sum_{i=1}^m \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} u(x_i) \right)^2, \quad y = f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_m)$$

$$u_r(x) = \frac{u(x)}{x}, \quad i_C(t) = C \frac{dV_C}{dt}, \quad u_L(t) = L \frac{di_L}{dt}, \quad Z_C = \frac{1}{j\omega C}, \quad Z_L = j\omega L,$$

$$U = ZI, \quad U = RI, \quad j^2 = -1, \quad \omega = 2\pi f, \quad x_{AC}(t) = x(t) - X_{DC}, \quad X_{AC} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_{\tau}^{\tau+T} x_{AC}^2(t) dt},$$

$$X_{DC} = \frac{1}{T} \int_{\tau}^{\tau+T} x(t) dt, \quad X_{RMS} = \sqrt{X_{AC}^2 + X_{DC}^2} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_{\tau}^{\tau+T} x^2(t) dt}, \quad X_{tka} = \frac{1}{T} \int_{\tau}^{\tau+T} |x(t)| dt,$$

$$y(t) = (h * x)(t), \quad Y(s) = H(s)X(s), \quad y(t) = AK(1 - \exp(-t/\tau)), \quad f_c = \frac{1}{2\pi RC},$$

$$R_T = R_0(1 + \alpha(T - T_0) + \beta(T - T_0)^2 + \gamma(T - T_0)^3 + \dots), \quad R_T = R_{T_0} \exp\left(\beta \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0}\right)\right),$$

$$E_{T_1, T_2}^{AB} = E_{T_1}^{AB} - E_{T_2}^{AB} = a_1(T_1 - T_2) + a_2(T_1^2 - T_2^2) + a_3(T_1^3 - T_2^3) + \dots,$$

$$\frac{\Delta R}{R} = Ge_L, \quad e_L = \frac{\Delta L}{L}, \quad \sigma = Ee_L, \quad e_T = -\nu e_L, \quad R = \frac{\rho l}{A}, \quad C = \epsilon_o \epsilon_r \frac{A}{d},$$

$$q = Av, \quad p + \frac{\rho v^2}{2} + \rho gh = \text{vakio}$$

Muunnospareja		
$f(t)$		$F(s) = \mathcal{L}\{f(t)\}$
15.	$\delta(t)$	1
16.	$a\varepsilon(t)$	$\frac{a}{s}$
17.	t	$\frac{1}{s^2}$
18.	$\frac{t^n}{n!}$	$\frac{1}{s^{n+1}}$
19.	e^{-at}	$\frac{1}{s+a}$
20.	$e^{-at} - e^{-bt}$	$\frac{b-a}{(s+a)(s+b)}$
21.	$\sin(\omega t)$	$\frac{\omega}{s^2 + \omega^2}$
22.	$\cos(\omega t)$	$\frac{s}{s^2 + \omega^2}$
23.	$\sinh(at)$	$\frac{a}{s^2 - a^2}$
24.	$\cosh(at)$	$\frac{s}{s^2 - a^2}$
25.	$e^{-at} \sin(\omega t)$	$\frac{\omega}{(s+a)^2 + \omega^2}$
26.	$e^{-at} \cos(\omega t)$	$\frac{s+a}{(s+a)^2 + \omega^2}$
27.	$\frac{e^{-at} t^n}{n!}$	$\frac{1}{(s+a)^{n+1}}$
28.	$\frac{t}{2\omega} \sin(\omega t)$	$\frac{s}{(s^2 + \omega^2)^2}$
29.	$[\varepsilon(t) - \varepsilon(t - \pi/\omega)] \sin(\omega t)$	$\frac{\omega}{(1 + e^{-\pi s/\omega}) (s^2 + \omega^2)}$

Laplace-muunnoksen ominaisuuksia		
$f(t)$		$F(s) = \mathcal{L}\{f(t)\}$
2.	$A_1 f_1(t) + A_2 f_2(t)$	$A_1 F_1(s) + A_2 F_2(s)$
3.	$\frac{d}{dt} f(t)$	$sF(s) - f(0)$
4.	$\frac{d^n}{dt^n} f(t)$	$s^n F(s) - \sum_{i=1}^n s^{n-i} f^{(i-1)}(0)$
5.	$\int_0^t f(\tau) d\tau$	$\frac{1}{s} F(s)$
6.	$(-t)^n f(t)$	$\frac{d^n}{ds^n} F(s)$
7.	$f(t-a)\varepsilon(t-a)$	$e^{-as} F(s)$
8.	$f(t+a)$	$e^{as}(F(s) - \int_0^a e^{-st} f(t) dt)$
9.	$e^{-at} f(t)$	$F(s+a)$
10.	$f(at)$	$\frac{1}{a} F\left(\frac{s}{a}\right)$
11.	jaksollinen funktio $f(t) = f(t+T)$	$\frac{F_1(s)}{1 - e^{-sT}}, F_1(s) = \text{yhden jakson muunnos.}$
12.	$f_1(t) * f_2(t) = \int_0^t f_1(\tau) f_2(t-\tau) d\tau$	$F_1(s) F_2(s)$
13.		$f(0^+) = \lim_{s \rightarrow \infty} sF(s)$
14.		$f(\infty) = \lim_{s \rightarrow 0} sF(s)$, jos loppuarvo on olemassa