

10. - Faasilukk

IRO0070 – Kõrgsageduslik signaalitöötlus

Loengu eesmärgid

- Faasiluku (PLL) kasutamine
 - Miks
 - Kus
- Faasiluku ehitus
- Faasiluku tööpõhimõte



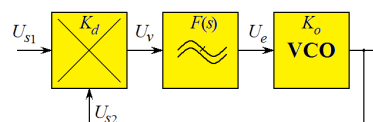
Faasiluku kasutusvaldkonnad

- Sünkroniseerimine
- Kandesignaali taastamine
 - AM, SSB, DSB-SC detektorid
 - Pilootooni taastamine
- Sageduse jagamine ja kordistamine
 - Sagedussüntesaator
- Demoduleerimine
 - FM ja PM signaali detektor
- Moduleerimine
 - FM ja PM signaali demodulaator

Faasiluku ehitus

Faasilukk koosneb kolmest komponendist:

- Faasidetektor
- Madalpääsfilter
- Pingega tüüritav ostsillaator (VCO)



Faasidetektor

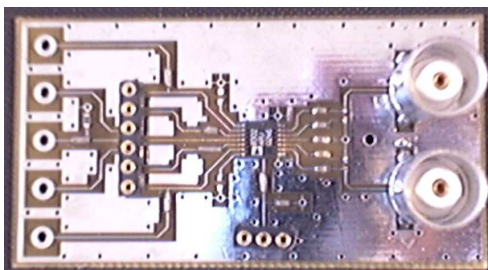


Foto: <http://www.netexpress.net/~bigbird/analog.htm>

Faasidetektor

- Faasidetektoriks on **korruti** võimendusega K_d .

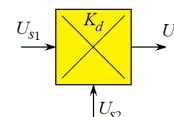
$$U_v = K_d U_{s1} U_{s2}$$

- Olgu detektori sisendsignaalid

$$U_{s1} = A_1 \sin(\omega t + \varphi_1(t))$$

ja

$$U_{s2} = A_2 \cos(\omega t + \varphi_2(t))$$



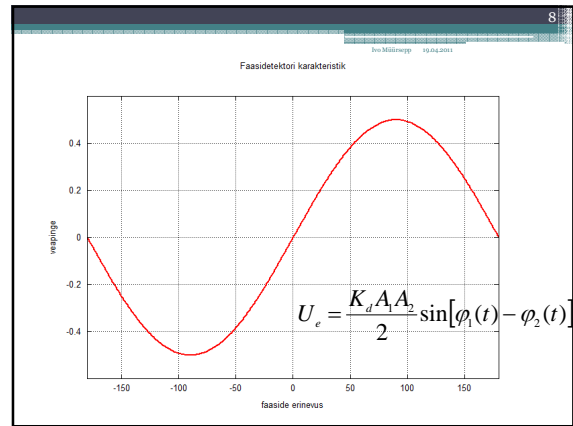
7

Faasidetektor

- Faasidetektori väljundpinge

$$U_v = K_d A_1 A_2 \sin(\omega t + \varphi_1(t)) \cos(\omega t + \varphi_2(t))$$
 ehk

$$U_v = \frac{K_d A_1 A_2}{2} [\sin(\varphi_1(t) - \varphi_2(t)) + \sin(2\omega t + \varphi_1(t) + \varphi_2(t))]$$



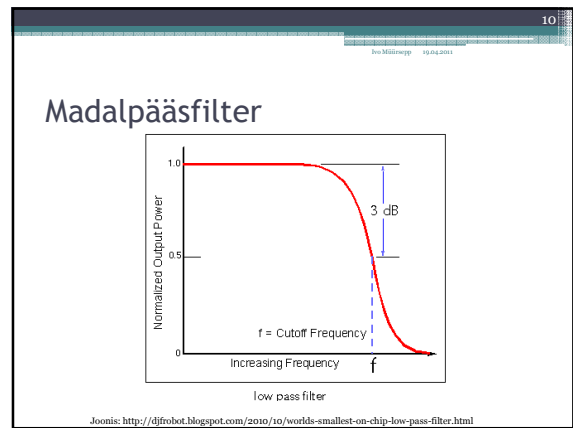
9

Faasidetektor

- Juhul, kui faaside erinevus $\varphi_1(t) - \varphi_2(t)$ on väike, siis

$$\sin[\varphi_1(t) - \varphi_2(t)] \approx \varphi_1(t) - \varphi_2(t)$$
- Seega veapinge

$$U_e = \frac{K_d A_1 A_2}{2} [\varphi_1(t) - \varphi_2(t)]$$



11

Madalpääsfilter

- NB! Filter määrab suures osas faasiluku siirdekarakteristikud!
- Lihtsaim passiivne RC-madalpääsfilter

$$F(s) = \frac{U_v}{U_s} = \frac{1}{1 + s\tau}$$

$$\tau = RC$$

12

Madalpääsfilter

- Praktikas leiab kasutust

$$F(s) = \frac{1 + s\tau_1}{1 + s\tau_2}$$

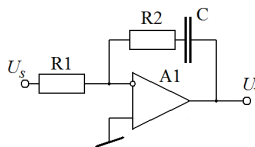
$$\tau_1 = R2C$$

$$\tau_2 = (R1 + R2)C$$

13

Madalpääsfilter

- Aktiivfilter



$$F(s) = \frac{1 + s\tau_1}{s\tau_2}$$

$$\tau_1 = R2C$$

$$\tau_2 = R1C$$

14

Pingega tüüritav ostsillaator



VCO

Foto: <http://rfic.eecs.berkeley.edu/142/labs.html>

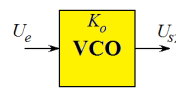
15

Pingega tüüritav ostsillaator (VCO)

- Pingega tüüritava ostsillaatori väljundsignaal

$$U_{s2} = A_2 \cos(\omega t + \varphi_2(t))$$

- Ostsillaatori sageduse muutust veapinge mõjul iseloomustab ülekanalitegur

$$K_o = \frac{d\omega}{dU_e}$$


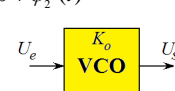
16

VCO

- Seega VCO väljundpinge hetksagedus on

$$\omega(t) = \omega + K_o U_e(t)$$

- Samas on teada, et signaali U_{s2} hetksagedus on

$$\omega(t) = \frac{d[\omega t + \varphi_2(t)]}{dt} = \omega + \varphi_2'(t)$$


17

VCO

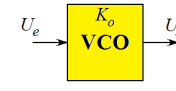
- Eelneva põhjal saame, et

$$\varphi_2'(t) = K_o U_e(t)$$

- Leiame Laplace'i teisenduse

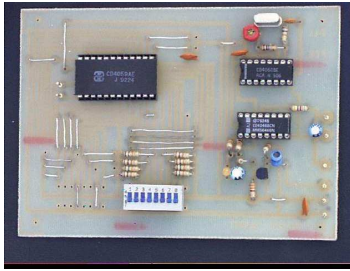
$$s\varphi_2(s) = K_o U_e(s)$$

- VCO ülekandefunktsioon

$$H_{vco}(s) = \frac{\varphi_2(s)}{U_e(s)} = \frac{K_o}{s}$$


18

Faasilukk



Joonis: http://www.gsl.net/z1wtt/old_mod.htm

19

Faasilukk

- Avatud ahela ülekandeegur

$$K = \frac{\varphi_2}{\varphi_1} = K_d F(s) \frac{K_o}{s}$$

20

Faasilukk

- Suletud tagasisideahela korral

$$\varphi_2 = K(\varphi_1 - \varphi_2)$$

- Ülekandeegur

$$\frac{\varphi_2}{\varphi_1} = H(s) = \frac{K}{1+K}$$

21

Faasilukk

- Tagasisidestatud faasiluku ülekanne

$$H(s) = \frac{K_d F(s) K_o}{1 + \frac{K_d F(s) K_o}{s}} = \frac{K_d F(s) K_o}{s + K_d F(s) K_o}$$

22

Ülekanne RC filtri korral

$$H(s) = \frac{K\tau_1 s + K}{\tau_2 s^2 + (1 + K\tau_1)s + K}$$

$$F(s) = \frac{1 + s\tau_1}{1 + s\tau_2}$$

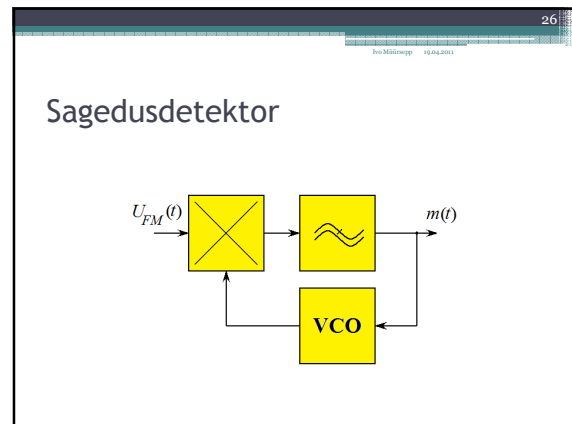
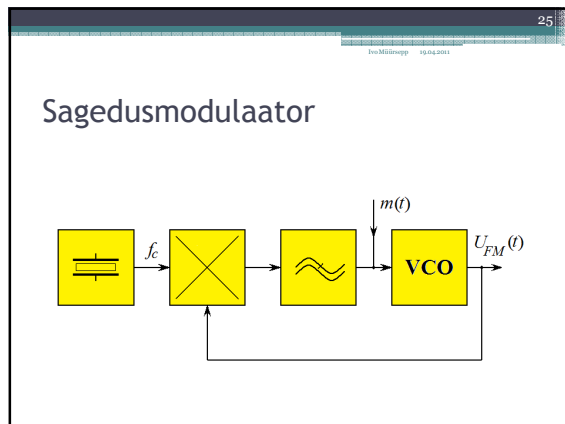
23

Faasiluku rakendus

Foto: <http://franitzasb.webs.com/transmitterandreviews.htm>

24

Sagedussüntesaator



- 27
- ### Kokkuvõte
- Faasilukk koosneb kolmest põhisõlmest:
 - Faasidetektor
 - Madalpääsfilter
 - Pingega tüüritav ostsillaator
 - Faasilukku saab kasutada
 - Kandesignaali taastamiseks, sünkroniseerimiseks
 - Moduleerimiseks ja demoduleerimiseks
 - Sageduse kordistamiseks ja jagamiseks

- 28
- ### Materjalid
- Charan Langton. Unlocking the Phase Lock Loop – part 1. <http://www.complextoreal.com/chapters/pll.pdf>, 16.04.2011.
 - Steven L. Maddy. **The Electrical Engineering Handbook**, Second Edition. Ch. 76 Phase-Locked Loop. CRC Press. 1997.

