SAGEDUSRUUM

LOTI.05.064 DIGITAALNE SIGNAALITÖÖTLUS TARTU|2021 (6 EAP)

Janno Jõgeva

TÄNASED TEEMAD

TÄNASED TEEMAD

- Organisatoorne info

TÄNASED TEEMAD

- Organisatoorne info
- Fourier' pööre

TÄNASED TEEMAD

- Organisatoorne info
- Fourier' pööre
- Sagedused ja faas graafikul

TÄNASED TEEMAD

- Organisatoorne info
- Fourier' pööre
- Sagedused ja faas graafikul
- Fourier' pöördteisendus

KORRALDUSLIK INFO

PUNKTID

Moodlesse on lisatud seni praktikumide eest saadud punktid

7. PRAKTILINE TÖÖ

Avaldatakse järgmisel nädalal

Ei kuulu vahearvestuse alla

FOURIER' PÖÖRE

DFT SAGEDUSKOMPONENDID

DFT SAGEDUSKOMPONENDID

$$X[k] = \frac{1}{N}\sum_{n=0}^{N-1} x[n]e^{\frac{-j2\pi kn}{N}}$$

DFT SAGEDUSKOMPONENDID

$$X[k] = \frac{1}{N}\sum_{n=0}^{N-1} x[n]e^{\frac{-j2\pi kn}{N}}$$

$$\downarrow \quad \downarrow$$

DFT SAGEDUSKOMPONENDID

$$X[k] = \frac{1}{N}\sum_{n=0}^{N-1} x[n]e^{\frac{-j2\pi kn}{N}}$$

$$\downarrow \; \downarrow$$

$$X[k] = \frac{1}{N}\sum_{n=0}^{N-1} x[n]\left(\cos\left(\frac{2\pi kn}{N}\right) - j\sin\left(\frac{2\pi kn}{N}\right)\right)$$

SAGEDUSLAHUTUS

NYQUIST–SHANNONI TEOREEM

Ajas pideva signaali diskreetimisel peab kasutama >2 korra kõrgemat sagedust kui esineb algses signaalis

Sellisel juhul on tulemuses tagatud diskreetmoonutuse puudumine aga võivad esineda teised moonutused

NYQUISTI TEOREEMI AJALUGU

- Harry Nyquist ei ole ainuke ega ka esimene inimene kes selle omaduse avastas
- Näiteks järgmised inimesed on samuti nende teadmiste formaliseerimise juures rolli mänginud
  - Claude Shannon
  - Vladimir Kotelnikov
  - E. T. Whittaker

OSTSILLOSKOOP

Sämplimise sagedust soovitatakse vähemalt 5 korda kõrgemat kui kõige kõrgem sagedus mõõdetavas signaalis

OSTSILLOSKOOP

Sämplimise sagedust soovitatakse vähemalt 5 korda kõrgemat kui kõige kõrgem sagedus mõõdetavas signaalis

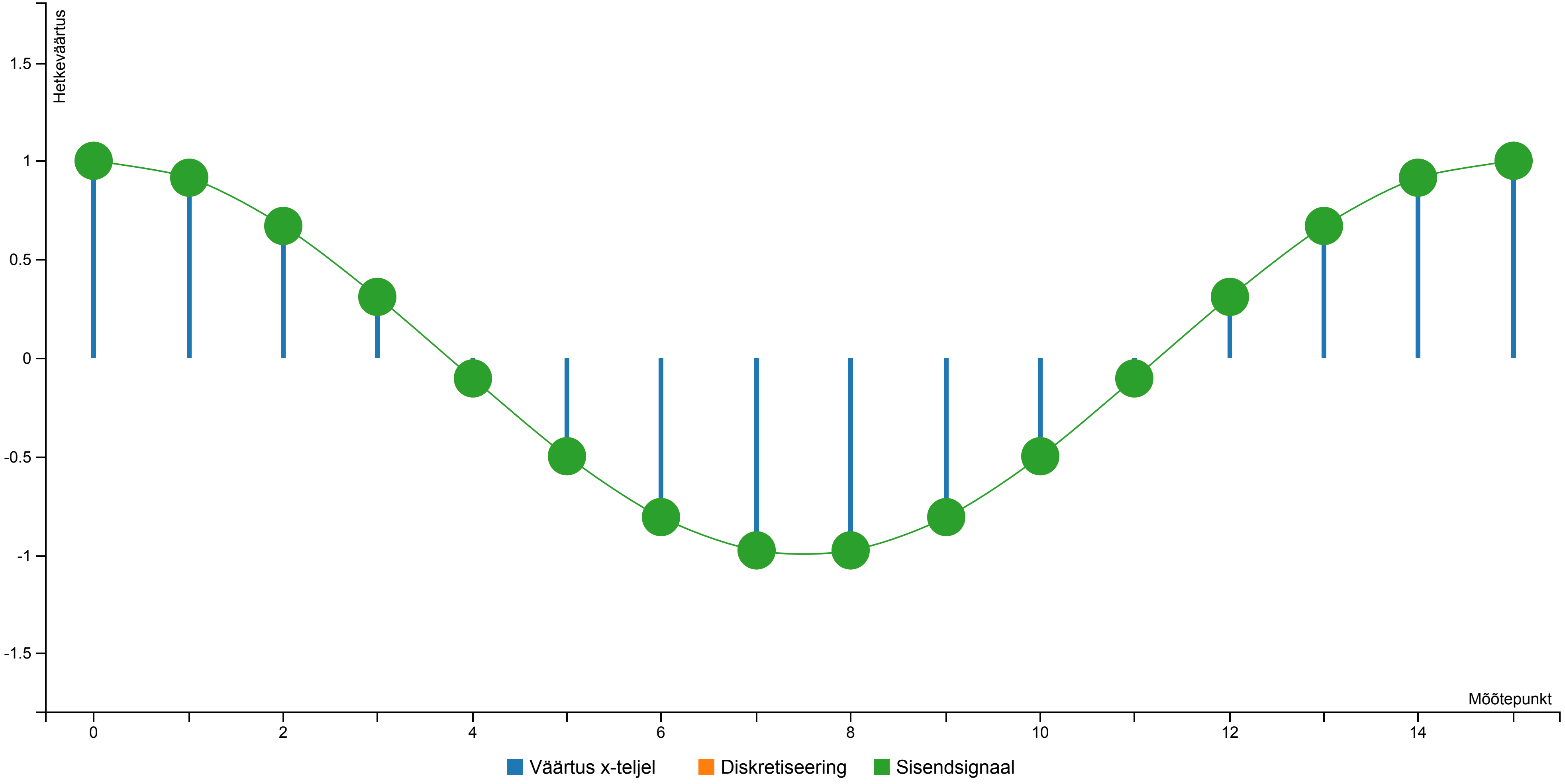
Miks on see nii?

DFT SAGEDUSLAHUTUS

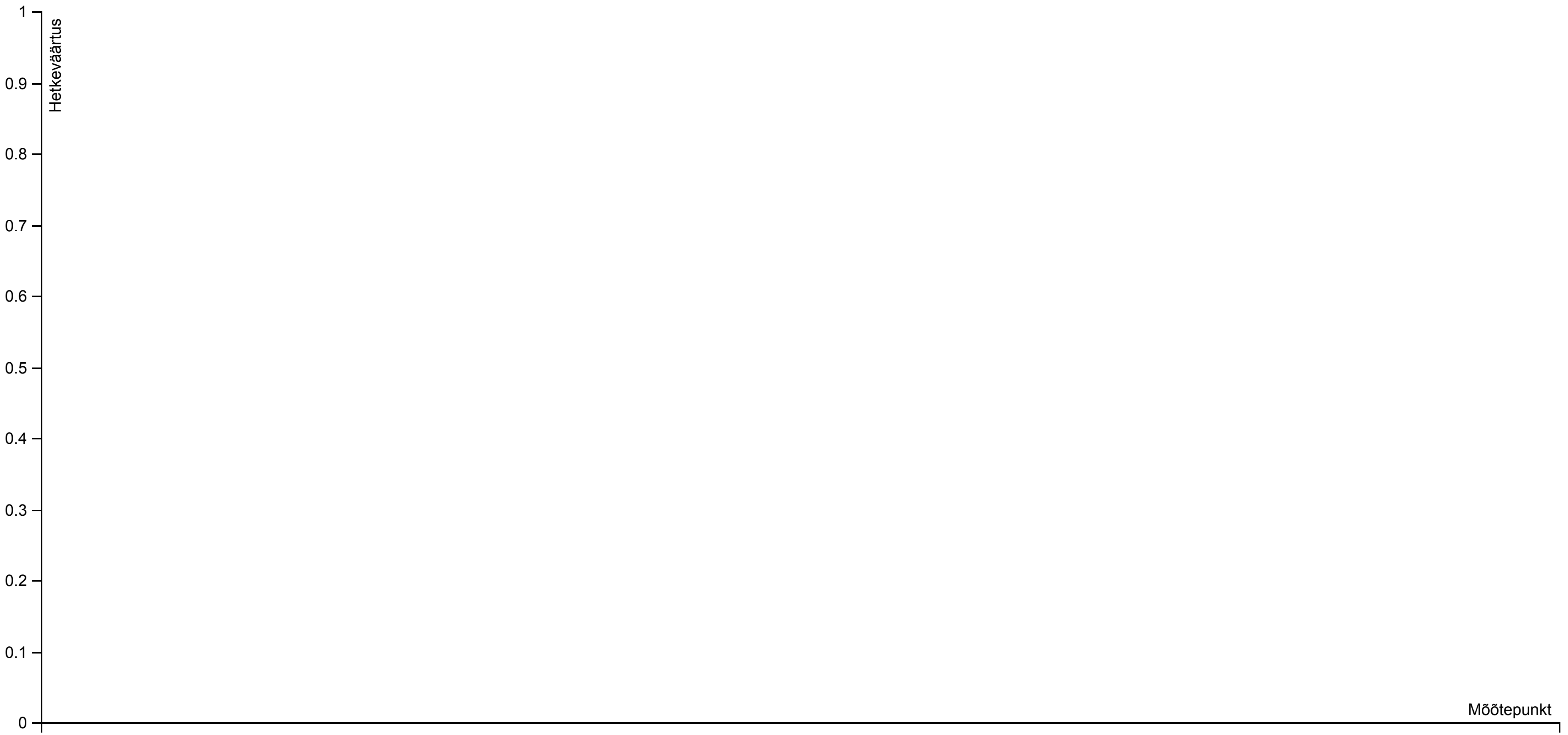
MILLISEID SAGEDUSI SUUDAME ERISTADA?

Võtame sisendsignaali milles on 16 punkti

KÕIGE MADALAM SAGEDUS



KÕIGE KÕRGEM SAGEDUS?



KÕIGE MADALAM SAGEDUS VALEMI JÄRGI

KÕIGE MADALAM SAGEDUS VALEMI JÄRGI

$$X[0] = \frac{1}{N}\sum_{n=0}^{N-1} x[n]\left(\cos\left(\frac{2\pi 0 n}{N}\right) - j\sin\left(\frac{2\pi 0 n}{N}\right)\right)$$

KÕIGE MADALAM SAGEDUS VALEMI JÄRGI

$$X[0] = \frac{1}{N}\sum_{n=0}^{N-1} x[n]\left(\cos\left(\frac{2\pi 0 n}{N}\right) - j\sin\left(\frac{2\pi 0 n}{N}\right)\right)$$

↓ ↓

KÕIGE MADALAM SAGEDUS VALEMI JÄRGI

$$X[0] = \frac{1}{N}\sum_{n=0}^{N-1} x[n]\left(\cos\left(\frac{2\pi 0 n}{N}\right) - j\sin\left(\frac{2\pi 0 n}{N}\right)\right)$$

$$\downarrow \ \downarrow$$

$$X[0] = \frac{1}{N}\sum_{n=0}^{N-1} x[n](\cos(0) - j\sin(0))$$

KÕIGE MADALAM SAGEDUS VALEMI JÄRGI

$$X[0] = \frac{1}{N}\sum_{n=0}^{N-1} x[n]\left(\cos\left(\frac{2\pi 0 n}{N}\right) - j\sin\left(\frac{2\pi 0 n}{N}\right)\right)$$

$$\downarrow \ \downarrow$$

$$X[0] = \frac{1}{N}\sum_{n=0}^{N-1} x[n](\cos(0) - j\sin(0))$$

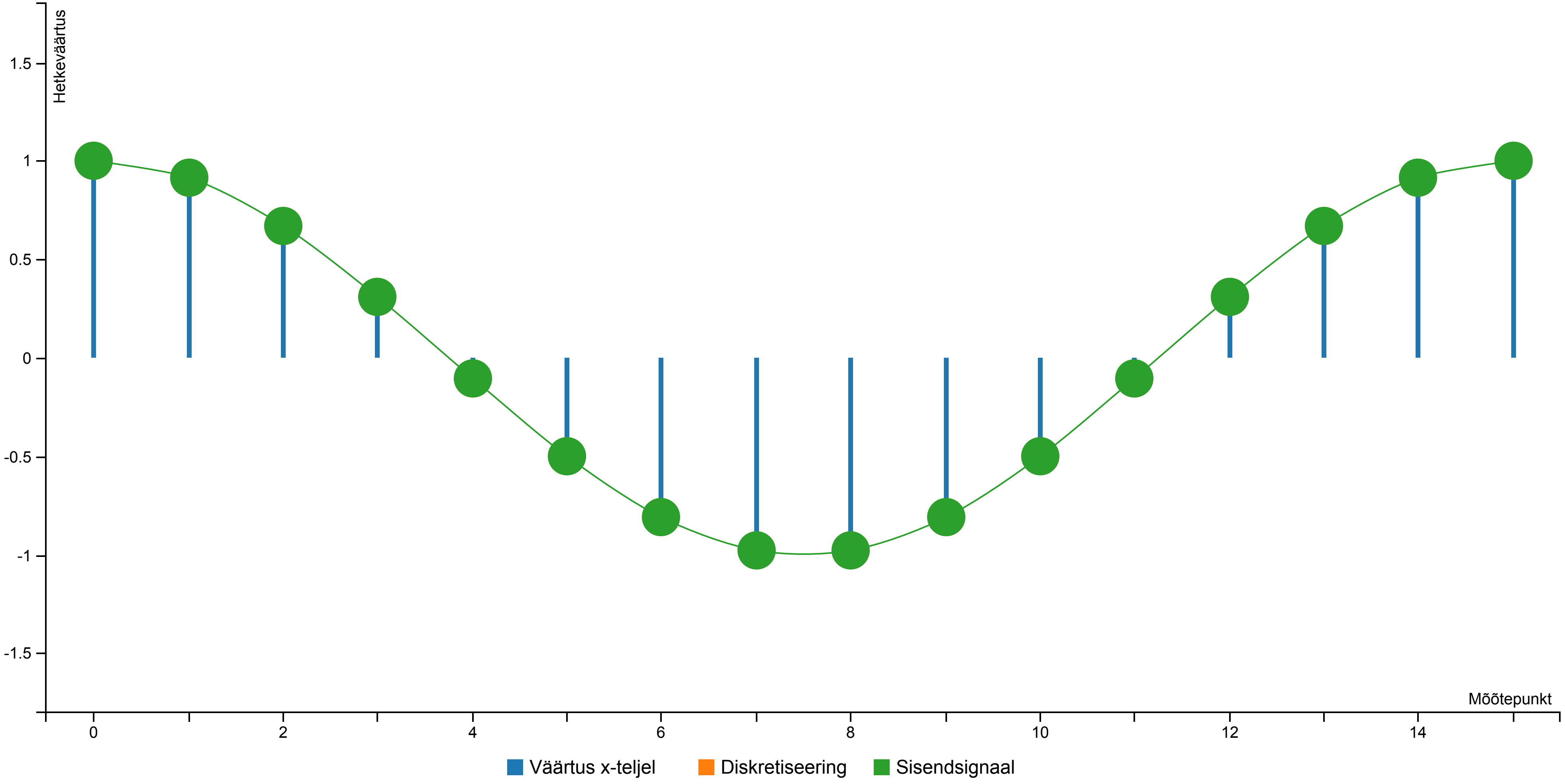
Mis valemiga on tegu?

KAS OLETE LOENGUSSE KIRJA PANDUD?

LIVE DEMO

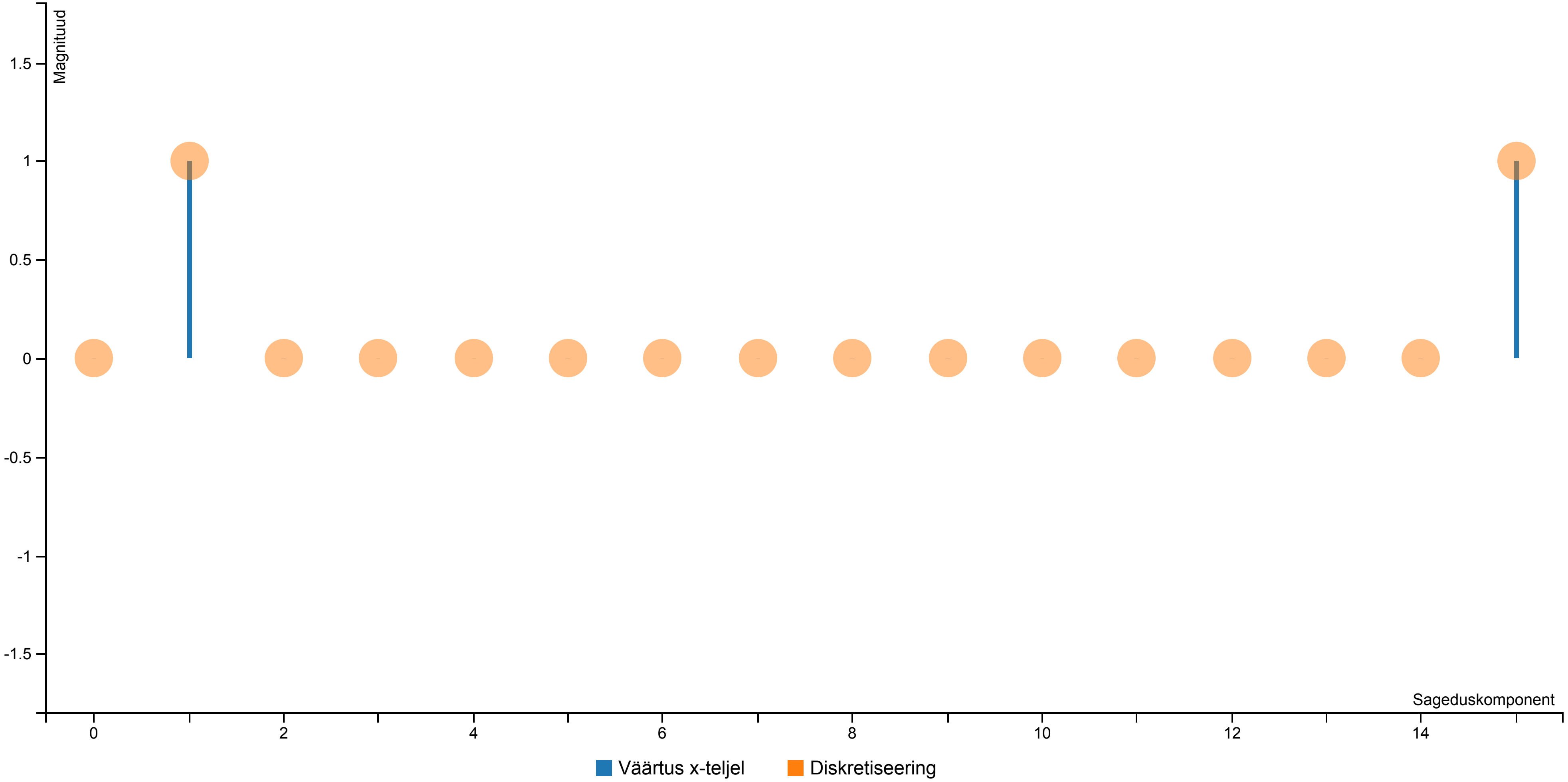
SAGEDUSRUUMI PUNKTID

SIGNAAL 1

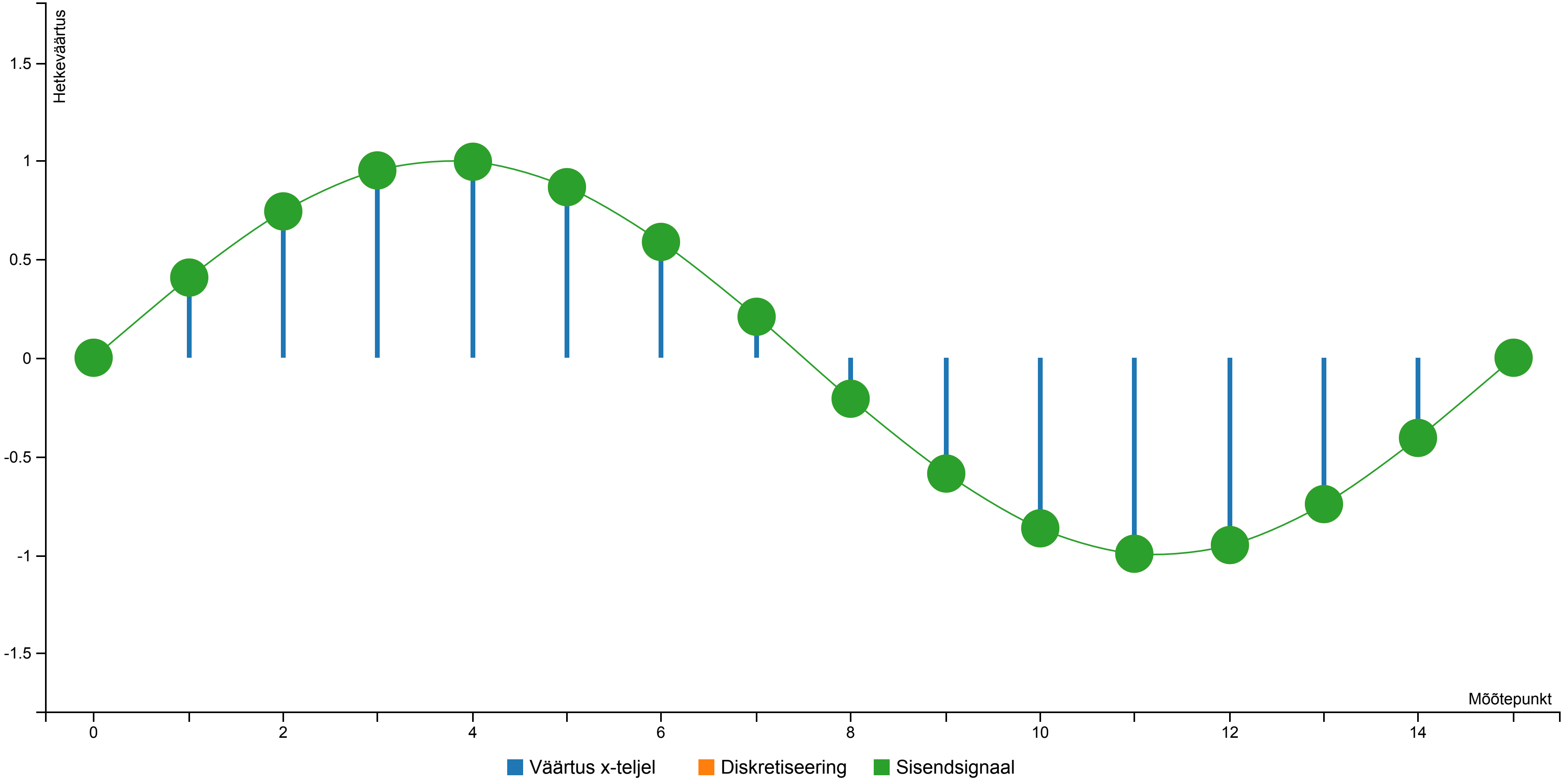


Hetkeväärtus
1.5
1
0.5
0
-0.5
-1
-1.5
Mõõtepunkt
0
2
4
6
8
10
12
14
Väärtus x-teljel
Diskretiseering
Sisendsignaal

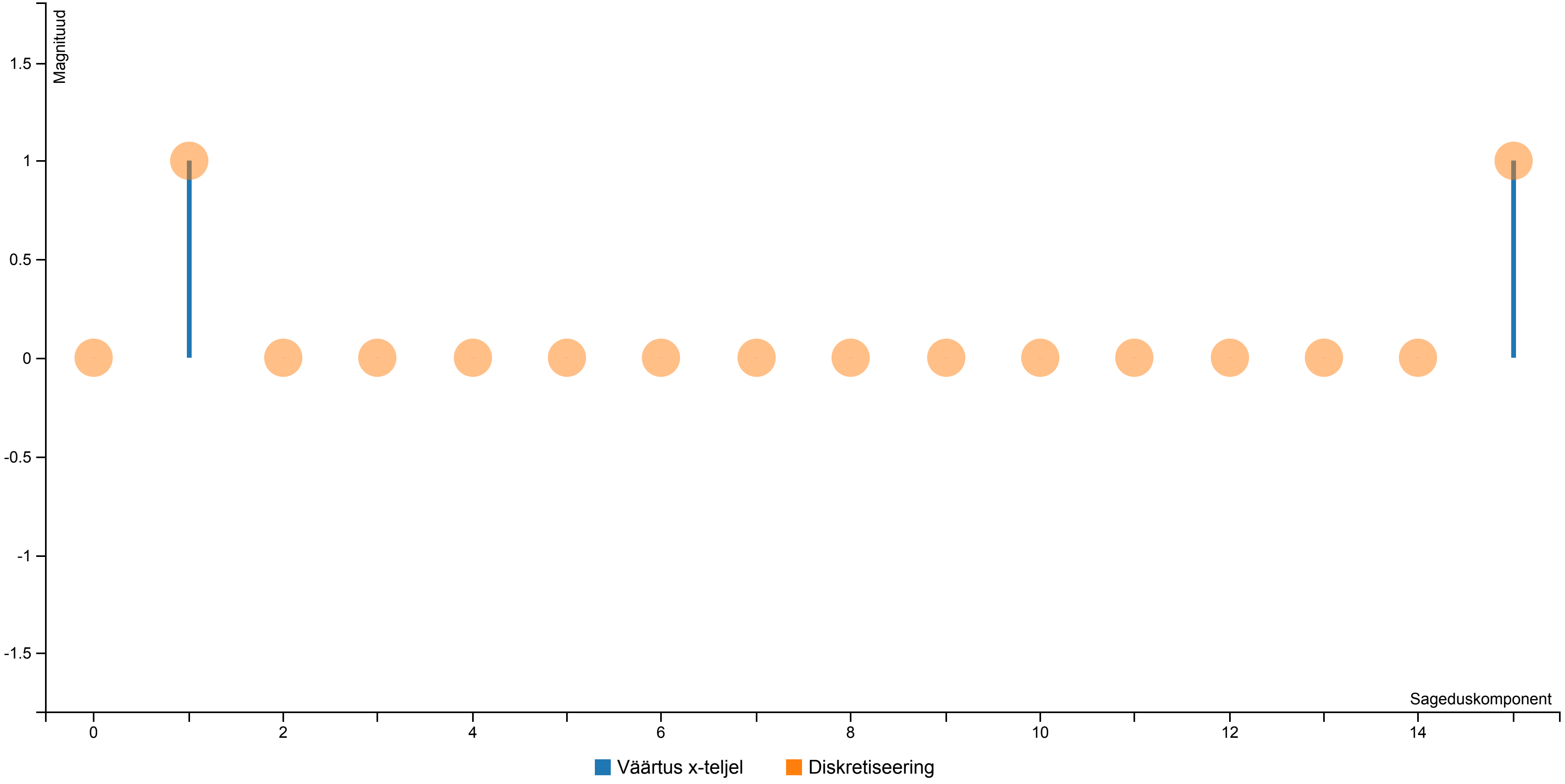
SAGEDUSRUUM



SIGNAAL 2

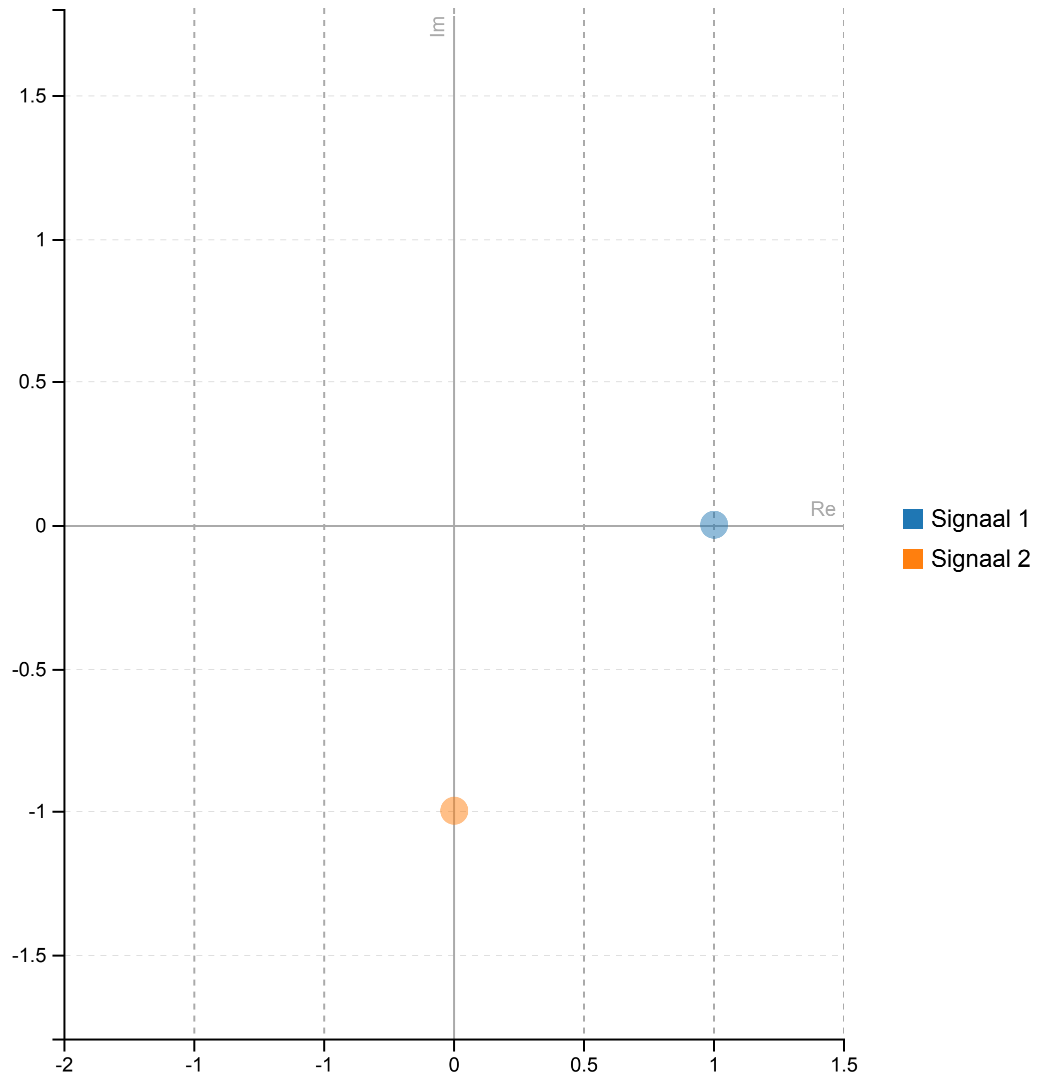

Hetkeväärtus
1.5
1
0.5
0
-0.5
-1
-1.5
Mõõtepunkt
0
2
4
6
8
10
12
14
Väärtus x-teljel
Diskretiseering
Sisendsignaal

SAGEDUSRUUM



FAAS?

FAAS $k = 1$



ARVUTÜÜBID PYTHONIS

- int - `type(1)`
- float - `type(1.0)`
- complex - `type(1+0j)`

TAGASI AEGRUUMI

FOURIER' PÖÖRE

FOURIER' PÖÖRE

$$X[k] = \frac{1}{N}\sum_{n=0}^{N-1} x[n]e^{\frac{-j2\pi kn}{N}}$$

FOURIER' PÖÖRE

$$X[k] = \frac{1}{N}\sum_{n=0}^{N-1} x[n]e^{\frac{-j2\pi kn}{N}}$$

Signaali pikkus: N

FOURIER' PÖÖRE

$$X[k] = \frac{1}{N}\sum_{n=0}^{N-1} x[n]e^{\frac{-j2\pi kn}{N}}$$

Signaali pikkus: N

k on nüüd sagedusvahemik

PÖÖRDTEISENDUS

PÖÖRDTEISENDUS

$$x[n] = \sum_{k=0}^{N-1} X[k] e^{\frac{j2\pi kn}{N}}$$

PÖÖRDTEISENDUS

$$x[n] = \sum_{k=0}^{N-1} X[k] e^{\frac{j2\pi kn}{N}}$$

Signaali pikkus: N

JÄRGMISEL KORRAL

DFT SENISE IMPLEMENTATSIOONI PROBLEEM

See on praktilistes rakendustes väga aeglane

KOKKUVÕTVALT

MIS ON VAJA TEIL ÄRA TEHA?

- 5. praktiline töö
- 5. kodutöö
- Alustada 6. praktilise tööga

SAGEDUSRUUM: LOTI.05.064 DIGITAALNE SIGNAALITÖÖTLUS TARTU|2021 (6 EAP)

Janno Jõgeva