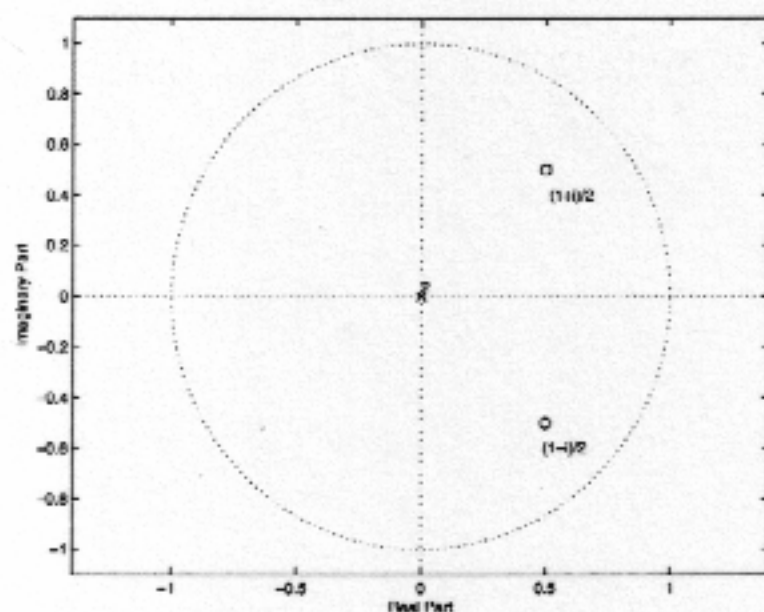


- (b) Millä vakion  $a$  arvoilla järjestelmä on stabiili?  
 (c) Piirrä napa-nollakuvio tapauksessa  $a = \frac{1}{2}$ .
4. Signaalin näytteenottotaajuus on 48000 Hz ja se halutaan tallentaa laitteelle, joka käyttää 32000 Hz:n näytteenottotaajuutta siten, että taajuudet 13000 Hertsiin saakka säilytetään.
- (a) Piirrä lohkokaavio järjestelmästä, joka suorittaa muunnoksen. (2p)  
 (b) Piirrä a-kohdassa tarvittavien suodinten amplitudivasteet riittävällä tarkkuudella, että rajataajuudet tulevat ilmi. (2p)  
 (c) Piirrä esimerkkikuvat käsiteltävästä signaalista a-kohdan muunnoksen eri vaiheissa aika- ja taajuustasossa. (2p)
5. (a) Laske käsin lukujonon  $x(n) = (1, 5, -3, 2)$  diskreetti Fourier-muunnos. (2p)  
 (b) Mikä on diskreetin Fourier-muunnoksen matriisi tapauksessa  $N = 2$ ? (1p)  
 (c) Tarkastellaan kausaalista FIR-suodinta, jonka napanollakuvio on alla olevassa kuvassa. Mikä on suotimen siirtofunktio, kun  $H(1) = 1$ ? (3p)



Suodintyyppi	Impulssivaste kun	
	$n \neq 0$	$n = 0$
Alipäästö	$2f_c \text{sinc}(2\pi f_c n)$	$2f_c$
Ylipäästö	$-2f_c \text{sinc}(2\pi f_c n)$	$1 - 2f_c$
Kaistanpäästö	$2f_2 \text{sinc}(2\pi f_2 n) - 2f_1 \text{sinc}(2\pi f_1 n)$	$2(f_2 - f_1)$
Kaistanesto	$2f_1 \text{sinc}(2\pi f_1 n) - 2f_2 \text{sinc}(2\pi f_2 n)$	$1 - 2(f_2 - f_1)$

Ikkuna-funktion nimi	Siirtymäkaistan leveys (normalisoitu)	Päästökaistan värähtely (dB)	Estokaistan minimivaimennus (dB)	Ikkunan lauseke $w(n)$ , kun $ n  < (N-1)/2$
Suorakulmainen	$0.9/N$	0.7416	21	1
Bartlett	$3.05/N$	0.4752	25	$1 - \frac{2 n }{N-1}$
Hanning	$3.1/N$	0.0546	44	$0.5 + 0.5 \cos\left(\frac{2\pi n}{N}\right)$
Hamming	$3.3/N$	0.0194	53	$0.54 + 0.46 \cos\left(\frac{2\pi n}{N}\right)$
Blackman	$5.5/N$	0.0017	74	$0.42 + 0.5 \cos\left(\frac{2\pi n}{N}\right) + 0.08 \cos\left(\frac{4\pi n}{N}\right)$