

## Vaja 2

### Vzorčenje zveznih signalov

Ime in priimek: \_\_\_\_\_

V nalogi se bomo seznanili z osnovnimi problemi vzorčenja časovno zveznih signalov. Ogleдали si bomo problem prekrivanja frekvenc na primeru sinusnih signalov in linearno frekvenčno moduliranih signalov (ti "chirp").

Simulacija vzorčenja z MATLABom je nekoliko težavna, saj MATLAB ne pozna zveznih signalov. Edina oblika podatkov, ki jo MATLAB lahko prikaže, je zapis diskretnih signalov v obliki vektorjev. Zato bomo morali simulirati os časovnega poteka signala z diskretnim modelom. Zavedati se moramo razlike med  $\Delta t$ , ki smo ga uporabili za simulacijo zveznega signala in periodo vzorčenja  $T_s$ .

Vzorčenje signala  $x(t) = \sin(2\pi f_0 t + \Phi)$  s frekvenco  $f_s = \frac{1}{T_s}$  lahko simuliramo na naslednji način:

$$x[n] = x(t)|_{t=nT_s} = x(t)|_{t=n/f_s} = \sin(2\pi \frac{f_0}{f_s} n + \Phi) \quad (2.1)$$

Teorem vzorčenja in njegove posledice si lahko ogleamo pri različnih kombinacijah  $f_0$  in  $f_s$ .

**Naloga 1** Narišite sliko vzorčene sinusoide.  $f_0 = 300Hz$ , trajanje signala je  $10ms$ . Faznega zamaka ne upoštevajte ( $\Phi = 0$ ). Frekvenca vzorčenja je  $f_s = 8KHz$ .

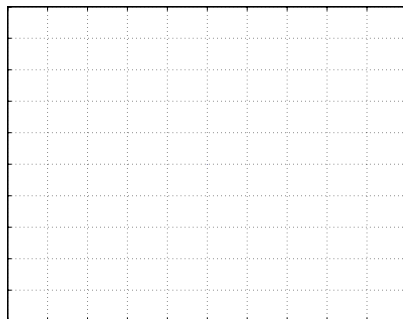
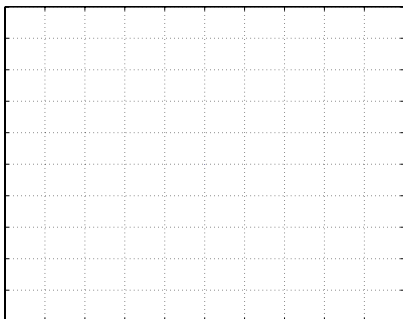
Koliko vzorcev potrebujemo?

\_\_\_\_\_

Napišite izraz v Matlabu, ki izračuna ustrezno sinusno krivuljo!

\_\_\_\_\_

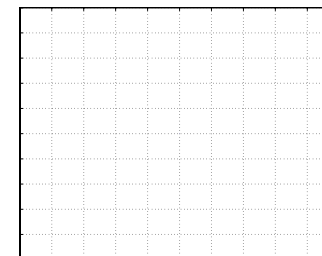
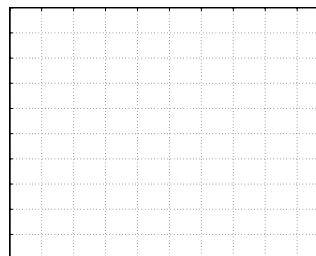
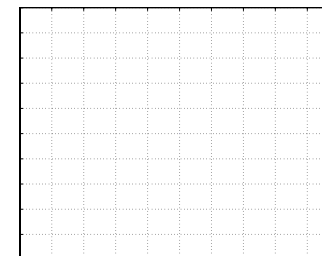
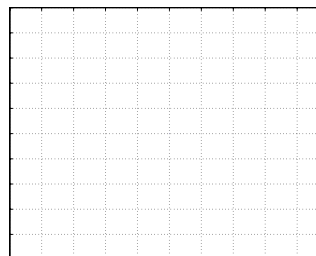
Narišite vzorčeno sinusoido s ukazom `stem` (levo) in z ukazom `plot` (desno).



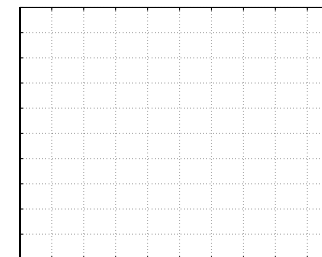
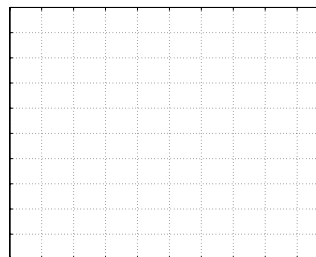
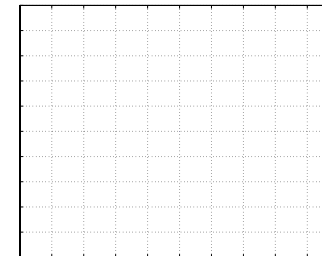
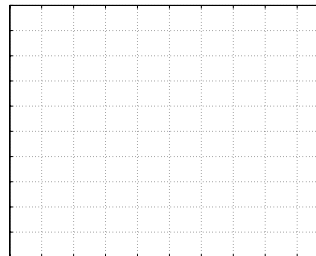
Ovojnica signala postane bolj očitna. Linearna aproksimacija nam v resnici ne daje rezultatov, ki jih predvideva teorem o vzorčenju, vendar je pogosto zadosti uporabna.

Po navedenih napotkih z uporabo funkcije `plot` prikažite tudi nekaj primerov čistih sinusnih signalov, npr.

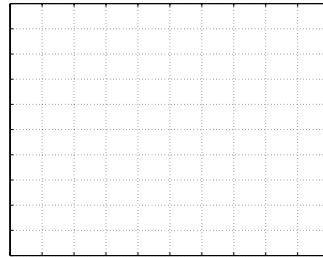
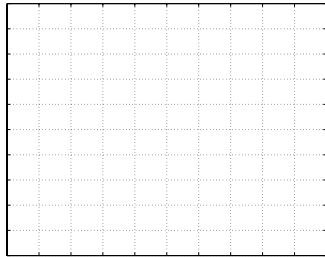
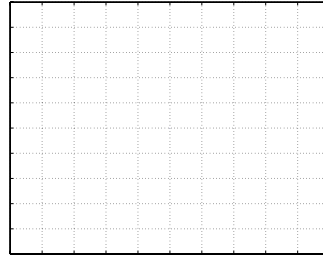
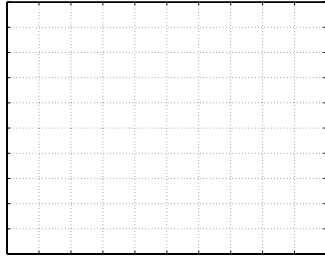
- $f = 100 - 475Hz$  v korakih po  $125Hz$



- $f = 7525 - 7900Hz$  v korakih po  $125Hz$



- $f = 32100 - 32475\text{Hz}$  v korakih po  $125\text{Hz}$



Komentirajte!

---



---

Na eni sliki predstavite učinek uporabe vzorčne frekvence, ki ne ustreza Nyquistovem kriteriju. Narišite sliko vzorčene sinusoide s frekvenco  $f_0 = 10\text{kHz}$ , trajanje signala naj bo  $2\text{ms}$ . Fazni zamik naj bo enak  $\Phi = 0$ . Uporabite dve vzorčevalni frekvenci,  $f_{s1} = 40\text{kHz}$  in  $f_{s2} = 9500\text{Hz}$ .

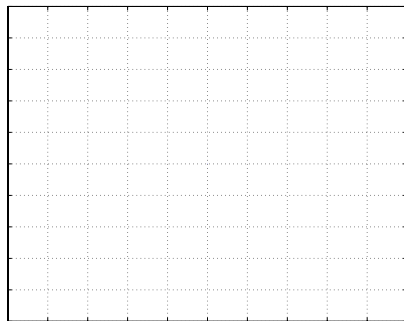
Koliko vzorcev potrebujemo glede na izbrano frekvenco vzorčenja?

$n1 = 0$ : \_\_\_\_\_;

$n2 = 0$ : \_\_\_\_\_;

Izračunajte vzorčena signala in narišite rezultat na eno sliko!

```
x1 = sin(n1*2*pi*f/fs1);
x2 = sin(n2*2*pi*f/fs2);
plot(n1/fs1,x1,'-',n2/fs2,x2,'o')
```



## 2.1 Vzorčenje linearno frekvenčno moduliranega signala

Linearno frekvenčno moduliran signal ("Chirp") je dober primer za prikaz problema prekrivanja spektra. Njegova matematična definicija je

$$c(t) = \cos(\pi\mu t^2 + 2\pi f_1 t + \psi) \quad (2.2)$$

Trenutno frekvenco signala predstavlja časovni odvod argumenta kosinusne funkcije

$$f_i(t) = \mu t + f_1 \quad (2.3)$$

kar predstavlja linearno povečevanje frekvence glede na čas.

**Naloga 2** Parametri linearno frekvenčno moduliranega signala naj bodo  $f_1 = 4\text{kHz}$  in  $\mu = 600\text{kHz/s}$ .  $\psi$  naj bo poljuben (lahko tudi 0). Če je skupna dolžina signala enaka  $50\text{ms}$ , izračunajte začetno in končno frekvenco signala po enačbi 2.3.

---

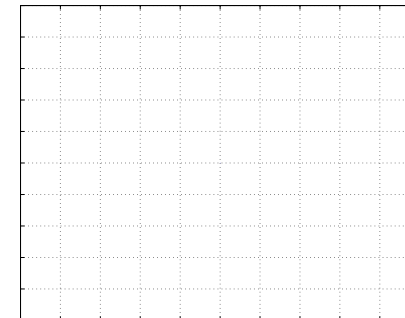
Vzorčna frekvenca naj bo enaka  $f_s = 8\text{kHz}$ . Izračunajte potrebno število vzorcev!

---

Podajte izraz za izračun signala v Matlabu!

---

Narišite signal  $c[n]$  v diskretnem prostoru z uporabo funkcije `plot`. Za uspešno delo boste morali zvezno definiran linearno frekvenčno moduliran signal vzorčiti po vzorcu 2.1.



Komentirajte, kje pride do prekrivanja!

Ponovite vajo tako, da dobljeni signal poslušate. Da bi slišali rezultat, bo potrebno podaljšati trajanje signala in zmanjšati parameter  $\mu$ . Vzorčna frekvenca, s katero MATLAB reproducira zvok, je enaka  $8192\text{Hz}$ . Priredite vrednosti  $\mu$  tako, da bo zvočni signal trajal vsaj  $2\text{sekundi}$ , pri tem pa naredil  $5\text{prehodov}$  prekrivanja!

---

Izračunajte potrebno število vzorcev!

---

Za poslušanje uporabite funkcijo `soundsc`!

Komentirajte vse dobljene rezultate!

---



---