

Sampling och tidsdiskreta signaler Labbmoment

I denna laboration ska vi undersöka samplingens påverkan på signaler (kap. 4).

OBS! För att kunna se frekvensinnehåll i de samplade signalerna användes FFT (Fast Fourier Transform) i MATLAB. Spektrum och frekvensanalys med hjälp av FFT kommer vi närmare undersöka i kapitel 8. I detta labbmoment används FFT enbart för att kunna ta fram frekvensinnehåll i den samplade signalen.

1. Sampling av sinusoidala signaler

I denna uppgift ska vi studera vad som händer med sinusoidala signaler vid sampling. Kap. 4-1&4-2 i kursboken har den relevanta teorin. Betrakta MATLAB skriptet Sampling.m som genererar en samplad signal $s[n]$ (kodrad 13). Denna har ett antal parametrar så som amplitud, frekvens, fas och samplingsfrekvensen. I figur 1 kan referens sinussignalen $r(t)$ i röd färg betraktas. I samma figur visas även den samplad signal $s[n]$ med blåa staplar samt den ideellt rekonstruerad sinussignal $rec(t)$ i svart färg. I figur 2 och 3 plottas frekvenssvaret för den samplad signal $s[n]$. Eftersom signalen innehåller enbart reella värden plottas bara den positiva frekvensaxeln mellan 0 och π radianer. I figur 2 normaliseras frekvensaxeln till f/f_s och därför blir x-axeln mellan 0 och 0.5. I figur 3 anges frekvens i Hertz mellan 0 och $f_s/2$.

I detta experiment undersöker vi om Shannons samplingsteorem håller. Ändra parametern f (kodrad 10) eller f_s (kodrad 11). Vad händer när f är mindre, lika eller större än $f_s/2$? Testa även att välja f och f_s så att signalens frekvens viks mer än en gång. Vid val av f och f_s då vikning uppstår, överensstämmer den teoretiskt beräknat vikta frekvensen med den frekvens vi får i frekvensplotten?

OBS! Om du zoomar in i figuren 3 och toppen inte riktigt sammanfaller med den angivna frekvensen har det att göra med att denna frekvens ej faller exakt på sampel i frekvensdomän (mer om detta senare i kursen, kapitel 8).

2. Diskreta Fourier Serier

I de fall då vi har tillgång till det matematiska uttrycket för funktionen $x(t)$ som är en periodisk signal används integralen i ekv. 3.27 (s.95 i kursboken) för att beräkna a_k koefficienterna. I verkligheten är tyvärr detta inte ofta fallet. Många gånger har man tillgång till endast en samplad signal $x[n]$. Om denna innehåller en periodisk signal kan a_k koefficienterna skattas med hjälp av den Diskreta Fourier Serier Analysen som i detta fall kommer vara en ändlig summa enligt

$$a_k = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} x(n) e^{-j\frac{2\pi}{N}kn}, k = 0, 1, \dots, N-1$$

I skriptet CoeffConvergence.m demonstreras hur skattningen för den valda a_k koefficienten påverkas av valt antal sampel N över en hel period för en fyrkantsvåg. Man kan se att då N ökar, konvergerar estimatet till den teoretiskt beräknad värdet.

Din uppgift blir att först undersöka den givna exempel och sedan utifrån denna modifiera koden så att exemplet anpassas till koefficienterna för triangelformad signal samt minst en till valfri form. Antar att här bör du välja samma val du gjort i labbmomentet för Fourier serier. Observera att

exempel estimerar bara koefficient a_1 . Det är lämpligt att du börjar testa olika värden på k i exemplet.

Hur stort N behöver vara för att du ska anse att estimatet har konvergerat till dess teoretiska värde? Blir det samma värde på N för de olika a_k koefficienter i fyrkantsvågen när du anser att de har konvergerat? Finns det något mönster på värdet N när val av k ökar för samma vågform? Blir det samma värde på N för samma a_k koefficient fast för olika vågformer? Ge en liten sammanfattning utifrån dina svar på föregående frågor.

3. Inspelning av den egna rösten

I detta experiment ska MATLAB sampla ljudet från omgivningen via datorns mikrofoner.

Skriptet AudioSignal.m spelar upp ljudet, plottar tidssignalen och gör frekvensanalysen efter att all data blev inspelad. För att veta när man ska börja prata skrivs ut *Start speaking* i Comand Window så man vet när insamling av data har startat samt skrivs ut *End of recording* i Comand Window när inspelningen avslutats.

Undersök vad är den lägsta och högsta samplingsfrekvensen ni kan åstadkomma på datorn. MATLAB kommer att ge ett felmeddelande om ni underskridit eller överskridit den möjliga samplingshastigheten där den lägsta/högsta möjliga specificeras. Väljer ni samplingsfrekvens som finns mellan min och max kommer MATLAB ge ett varningsmeddelande att den närmaste möjliga samplingsfrekvensen har valts om ni inte angivit den stödda hastigheten. På min nuvarande dator är minimum 1000Hz och maximum 200000Hz. Vilka gränser får ni fram?

Välj en lämplig längd på inspelningstiden gärna något tiotal sekunder för att kunna fånga tillräckligt med ljuddata då ni säger en mening och/eller spelar upp musik. Detta gör ni med den lägsta och högsta (om minnet tillåter, annars gå ner något i samplingen) samplingshastigheten. Kan ni höra skillnaden i uppspelningen? Hur ser frekvensinnehållet ut?

Ett annat experiment kan vara att ni testat vissla med samma eller varierande ton (gå från låg till hög eller från hög till låg ton). Hur ser spektra ut för en sådan signal? (Här gäller det att man inte har allt för hög samplingshastighet.)

Vad händer om F_s ändras i `soundsc(audio, fs, nBits)` (kodrad 35). Hur låter det om F_s minskas eller ökas från dess ursprungliga värde? Vad blir effekten om $nBits$ ändras till 16 och 8, blir det stor skillnad på ljudkvaliteten?

4. Redovisning

Labbmomentet redovisas genom att du tillhandhåller alla modifierade skriptfilerna. Observera att dessa ska vara fullt körbara utan några fel. Dessutom skal frågorna besvaras och sammanställas i en mindre labbrapport. Studenter med Mac datorer kan ha lite problem med att besvara alla frågor i den sista uppgiften. Ni gör de ni kan om ni väljer att lösa uppgiften på Mac-dator.

Extra info om sampling (och rekonstruktion) i verkligheten

Nedan kan ni se ett typiskt blockschema för hela kedjan där både sampling av insignalen och rekonstruktion av utsignal förekommer. Antivikningsfilter tar bort frekvensinnehåll över $f_s/2$ och rekonstruktions filter jämnar ut signalen. Gällande uppgift 3 behöver ni därför inte bry er om vikningseffekten i den samplade signalen. Sampling hanteras av ljudkortet som ser till att frekvenserna över $f_s/2$ filtreras bort. Dock bör ni vara medvetna om att vid val av samplingsfrekvensen så begränsar ni även frekvensinnehållet i signalen till maximalt $f_s/2$.

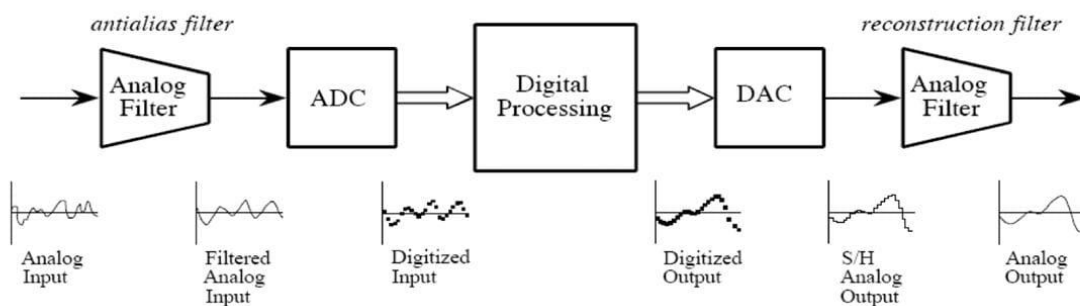


Figure 1: DSP Block Diagram