Lucrarea de laborator 7 Observarea semnalelor AM și DSBSC în domeniul de frecvențe

Discuții preliminare

Experimentele 5 și 6 utilizează Emona DATEx pentru a demonstra diferențele pe care dorim să le vizualizăm pe un osciloscop între ieșirile semnalelor unui modulator AM și DSBSC. Pentru a vă împrospăta memoria, fig.1 de mai jos arată semnalele AM și DSBSC care vor fi produse de intrări identice (de exemplu, o undă sinusoidală de 1kHz pentru un mesaj și o undă sinusoidală pentru transport).



Cele două semnale arată diferit deoarece conțin unde sinusoidale diferite. Asta înseamnă că au o compoziție spectrală diferită. Motivul acesteia este explicat de către modelele matematice a lui AM și DSBSC. Pe de-oparte, este ușor să vizualizăm că și ecuațiile diferă puțin.

AM = (DC + mesaj) x transport DSBSC = mesaj x transport

Şi, când ecuațiile sunt rezolvate pentru intrările de prag specificate, vom afla că semnalele AM și DSBSC vor consta în următoarele:

AM	DSBSC	Descriere
100 kHz	-	O undă sinusoidală la frecvența purtătoare
101 kHz	101 kHz	O undă sinusoidală cu o frecvență egală cu suma de frecvențe purtătoare și mesaj (laterală superioară sau USB)
99 kHz	99 kHz	O undă sinusoidală cu o frecvență egală cu diferența de frecvențe purtătoare și mesaj (laterală inferioară sau LSB)

După cum vedeți, semnalele AM includ un semnal de transport, în timp ce semnalele DSBSC nu includ.

Când vă găndiţi la aceasta, un ecran al unui osciloscop este, de fapt, un grafic de timp (pe axa X) în funcţie de voltaj (pe axa Y). Important este că aceste grafice reprezentate în acest fel sunt redactate în domeniul de timp.

O altă metodă de-a reprezenta semnalele, precum semnalele AM şi DSBSC, implică desenarea tuturor undelor sinusoidale cere le conțin pe un graphic care are frecvența pe axa X în loc de cea de timp. Cu alte cuvinte, sunt desenate în domeniul de frecvențe. Când semnalele AM şi DSBSC din fig.1 au fost desenate în acest fel, vom avea alt graphic în fig.2 de mai jos:



Figura 2

Reprezentarea domeniilor de frecvenţe a semnalelor complexe sunt foarte utile pentru a ne gândi la compoziţia lor spectrală. Vă oferă un instrument pentru vizualizarea undelor sinusoidale din care este alcătuit un semnal. Ele ajută, de asemenea, să vedeţi cât de mult ocupă semnalul în spectrul de frecvenţe. Aceasta este lumgimea de bandă a semnalelor, şi este o problemă critică în comunicații și telecomunicații.

Lungimea de bandă a semnalelor AM și DSBSC pot fi calculate în două moduri. Graficul domeniului de frecvențe din fig.2 arată că semnalele ocupă o porțiune din spectrul inferior lateral pâna la cel superior lateral. Acesta fiind cazul în care lungimea de bandă se poate afla, folosind următoarea ecuație:

$$\mathsf{BW} = \mathsf{USB} - \mathsf{LSB}$$

Folosind această ecuație, vom afla că lungimea de bandă a semnalelor AM și DSBSC din fig.2 sunt de 2kHz. În situațiile în care benzile laterale sunt formate din mai mult de o sinusoidă, va trebui rezolvată ecuația, folosind frecvența cea mai înaltă pentru USB, și frecvența cea mai joasă pentru LSB.

Acum, comparăm lungimea de bandă a semnalelor din fig.2 (2kHz) cu semnale originale folosite pentru producerea lor (acestea fiind, un mesaj de 1kHz şi un transport de 100kHz). Observaţi că lungimea lor de bandă este de două ori frecvenţa mesajului lor. Aceasta ne oferă o a doua ecuaţie pentru calcularea lungimii de bandă:

BW =
$$2 \times f_{m}$$
, unde f_{m} = frecvenţa mesajului

În situațile în care mesajul este format din mai mult de o sinusoidă, trebuie rezolvată ecuația, folosind frecvența cea mai înaltă din mesaj.

Experimentul

În acest experiment vom utiliza Emona DATEx pentru a genera semnale AM şi DSBSC reale, apoi analizăm elementele spectrale dintre cele două semnale folosind NI ELVIS Dynamic Signal Analyser.

Vă va lua aproximativ 50 de minute pentru a efectua acest experiment.

Echipament

- Computer personal
- NI ELVIS și cabluri de conectare
- Unitate NI Data Acquisition precum şi USB-6251 (sau un osciloscop dual-channel de 20MHz)
- Modulul incorporat de experiment Emona DATEx
- 2 cabluri coaxiale de 2mm tip banană BNC
- Cabluri de conectare asorate de 2mm tip banană

Modul de lucru

Partea A - Configurarea modulatorului AM

Pentru a experimanta cu un analizor spectral AM, avem nevoie de un semnal AM. Prima parte a experimentului vă va ghida spre a seta unul.

- 1. Asigurati-vă că butonul de pornire/oprire din spatele unitații NI ELVIS este pe off (oprit).
- 2. Cu grijă, conectați modulul incorporat Emona DATEx la unitatea NI ELVIS.
- 3. Setați butonul *Control Mode* de la modulul DATEx (poziționat colț dreapta sus) la *PC Control*.
- 4. Verificați dacă unitatea NI Data Acquisition este pe off (oprită).
- Conectaţi NI ELVIS la nitatea NI Data Acquisition (DAQ), şi apoi conectatil la computerul personal (PC).
- 6. Setați pe on (pornire) butonul de alimentare al NI ELVIS din spate, apoi setați pe on butonul de alimentare din față al *Prototyping Board Power.*
- 7. Porniți PC-ul, și lăsați-l să boot-eze.
- 8. Odată ce procesul de boot-are este complet, porniţi DAQ, apoi uitaţivă/ascultaţi indicaţiile pe care vi le va recunoaşte PC-ul.
- 9. Lansați programul NI ELVIS.
- 10. Lansați soft-ul panoului principal DATEx (SFP), și verificați dacă aveți softul de control al plăcii DATEx.
- 11. Glisați comutatorul Variable Power Supplies NI ELVIS de ieșire negativă *Control Mode*, astfel încât să nu mai fie în poziția *Manual*.
- 12. Lansați Variable Power Supplies VI.
- 13. Modificați ieșirea negativă de control *Voltage* al Variable Power Supplies la mijlocul cursei, apoi minimizați fereastra.
- 14. Localizați modulul Adder pe panoul principal DATEx și reglați fin butoanele de control G și g total în sens invers acelor de ceasornic.
- 15. Conectați setările de conectare arătate în fig.3 de mai jos.



- 16. Lansați NI ELVIS DMM VI (ignorați mesajul despre maximă acuratețe, dând click pe OK).
- 17. Setați DMM VI pe domeniul DC voltaj.
- 18. Conectati ieșirea modulului Adder la intrarea *HI* al DMM și ajustați fin butonul de control *g* pentru a obține la ieșire 1V DC.
- 19. Închideți DMM VI.
- 20. Glisați comutatorul *Control Mode* al generatorului de funcții NI ELVIS astfel încât să nu mai fie în poziția *Manual*.
- 21. Lansați generatorul de funcții VI.
- 22. Apăsați controlul de ON / OFF al generatorului de funcții pentru a-l porni.
- 23. Ajustați generatorul de funcții folosind controlul fin pentru o ieșire având următoarele specificații:
 - Waveshape: Sinusoidal
 - Frequency: exact 10kHz (cum este indicat de contorul de frecvenţă)
 - Amplitude: cam la jumătatea cursei
 - DC Offset: 0V
- 24. Veți folosi din nou generatorul de funcții VI mai târziu, dar, deocamdată minimizați fereastra aplicației.
- 25. Lansați aplicația osciloscopului NI ELVIS VI.
- 26. Setați osciloscopul ca și în procedura Experimentului 1, cu următoarele schimbări:
 - Controlul Trigger Source la Immediate în locul canalului A
 - Controlul Coupling al canalului A la poziția DC în loc de AC
 - Controlul Scale al canalului A la poziţia 500mV/div în loc de 1V/div
 - Controlul Timebase la poziția 50µs/div în loc de 500µs/div

- 27. Ajustați modulul Adder prin controlul fin a lui *G* pentru a obține o sinusoidă de 1V_{v-v}.
- 28. Setați controlul *Trigger Source* al osciloscopului la canalul A, și setați-i controlul *Trigger Level* la 1V.
- 29. Activați intrarea canalul B al osciloscopului pentru a vizualiza ambele mesaje și transportul modulat.

Autoverificare: Dacă controlul *Scale* al osciloscopului pentru canalul B este setat la poziția 1V/div, osciloscopul ar trebui acum să arate un semnal AM cu anvelope care au aceeași formă și mărime ca și mesajul. Dacă nu. Repetați procesul, pornind de la Pasul 11.

Set-up-ul poate fi reprezentat de diagrama bloc în fig.4 de mai jos. Ea implementează ecuația:

 $AM = (1VDC + 1V_{p-p} \ 10kHz \ sinusoidal) \ x \ 4V_{p-p} \ 100kHz \ sinusoidal$



Întrebarea 1:

Pentru intrările date la modulul *Multiplier*, care sunt frecvențele pentru cele trei curbe de la ieșire?

Întrebarea 2:

Folosiți această informație pentru a calcula lungimea de bandă a semnalului AM. **Sfat:** Dacă nu sunteți siguri cum se procedează, citiți discuțiile preliminare.

Part B – Setarea NI ELVIS Dynamic Signal Analyzer

- 30. Închideți osciloscopul VI.
- 31. Lansați NI ELVIS Dynamic Signal Analyzer VI.

Notă: Dacă Dynamic Signal Analyser VI a fost lansat cu succes, pe monitor ar trebui să afişeze Fig.5 de mai jos.



Figura 5

32. Ajustați setările Signal Analyzer după cum urmează:

General

Sampling pe Run

Input Settings

• Source Channel pe Scope CH B

FFT Settings

- Frequency Span pe 150,000
- Resolution pe 400
- Window pe 7 Term B-Harris

Triggering

• Triggering pe FGEN SYNC_OUT

Frequency Display

- Units la db
- RMS/Peak pe RMS
- Scale pe Auto

• Voltage Range pe ±10V

Averaging

- Mode pe RMS
- Weighting pe Exponential
- # of Averages pe 3
- Markers pe OFF (pentru moment)

Notă: Dacă Signal Analyzer VI a fost setat corect, pe ecran ar trebui să arate ca în fig.6 de mai jos.



Figura 6

Display-ul Signal Analyzer-lui are nevoie de câteva explicații. De fapt, sunt două display-uri, unul mare, sus, și unul mai mic în spatele lui. Cel mic reprezintă domeniul de timp a intrării (cu alte cuvinte, display-ul este un osciloscop). Notați că acesta arată semnalul AM pe care l-ați setat mai înainte, și văzut la pasul 29.

Cel mai mare dintre aceste două display-uri este domeniul de frecvenţe a intrării. Notaţi că arată similar cu cel al domeniului de frecvenţe din graficul semnalului AM din Fig.2 (în discuţiile preliminare). Display-ul Signal Analyzerului nu are linii singure ascuţite pentru fiecare undă sinusoidală prezentă în semnal, pentru implementarea practică a FFT-ului nu este la fel de precisă ca şi explicaţia teoretică.

Part C – Analiza Spectrală a semnalului AM

Următoarea parte a acestui experiment vă lasă să analizați reprezentarea domeniului de frecvențe a semnalului AM, să vedeți dacă componenta frecvenței corespunde cu valorile pe care le-ați prezis matematic pentru Întrebarile 1 și 2.

33. Activați marker-le Signal Analyzer-ului, apăsând butonul Markers.

Nota 1: Când veți proceda, butonul ar trebui să arate cuvântul "ON" în loc de "OFF".

Nota 2: Liniile verzi orizontale și verticale ar trebui să apară pe display-ul domeniului de frecvențe al Signal Analyzer-ului. Dacă nu puteți vizualiza ambele linii, comutați butonul *Markers* pe "OFF", și înapoi o perioadă de timp în timp ce vizualizați display-ul.

NI ELVIS Dynamic Signal Analyzer-ul are două marker-e *M1* și *M2* care setează implicit partea predominant stângă a display-ului, când NI ELVIS este pornit pentru prima dată. Sunt repoziționate prin "tragerea" liniilor lor verticale cu mouse-ul, mișcând mouse-ul la stânga sau dreapta.

34. Folosiți mouse-ul pentru a trage și-a muta încet marker-ul *M1*.

Notă: După ce procedați, observați că marker-ul *M1* se mişcă de-alungul trasei Signal Analyzer-ului, și aceasta pe liniile verticale orizontale se mişcă, și așa, ele mereu de intersectează cu *M1*.

35. Repetați pasul 34 pentru marker-ul M2.

Notă: Controlul fin asupra poziției marker-ului este obținut prin utilizarea controlului *Marker Position* al Signal Analyzer-ului poziționat sub butonul Markers *ON/OFF* (și chiar deasupra butonului HELP).

NI ELVIS Dynamic Signal Analyzer-ul include un intrument pentru a măsurara *diferența* în mărime și frecvență dintre cele două marker-e. Această informație este afișată pe verde între cele două părți a display-ului, cea de sus și cea de jos.

- 36. Mutați marker-ele în timp ce vizualizați citirea măsurării pentru a observa efectul.
- 37. Poziționați marker-ele astfel încât ele să fie în partea de sus a fiecăruia și notați măsurătorile.

Notă: Când veți proceda, măsurătoarea diferențelor în mărime și frecvență ar trebui să fie amândouă zero.

Util, când unul dintre marker-e este mutat la extrema stângă a displaz-ului, poziția lui pe axa X este zero. Aceasta înseamnă că marker-ul este situat pe OHz. De asemenea mai înseamnă că citirea măsurătorii ne dă o valoare absolută a frecvenței pentru celălalt marker. Aceasta are sens, dacă stați bine să vă gândiți, pentru că citirea ne dă diferența în frecvență între cele două marker-e, însă unul dintre ele este zero.

- 38. Mutați M2 la extrema stângă a display-ului.
- 39. Aliniați *M*2 cu punctul cel mai înalt din laterala benzii joase a semnalului AM.

Notă: Aceasta este sinusoida din partea cea mai stângă a display-ului a celei mai largi unde sinusoidale.

- 40. Măsurați frecvența undei sinusoidale, și memorați-o în tabelul 1 de pe pagina următoare.
- 41. Aliniați *M*2 cu punctul cel mai înalt în transportul semnalului AM și repetați pasul 40.

Notă: Aceata este cea mai mare undă sinusoidală de pe display.

42. Aliniați *M*2 cu punctul cel mai înalt din laterala benzii înalte a semnalului AM și repetați Pasul 40.

Notă: Aceasta este unda sinusoidală cea mai în dreapta din transport.

43. Aliniați *M1* cu punctul cel mai înalt din laterala benzii joase a semnalului AM și măsurați lungimea de bandă a semnalului AM.

Tabel 1			
Frecvența LSB			
Frecvența transportului			
Frecventa USB			
Lungimea de bandă			

Întrebarea 3

Cum se compară valorile măsurate în Tabel 1 cu valorile predictive teoretice ale voastre (vedeți Întrebările 1 și 2)? Explicați orice diferență.

Pe o parte, la acest punct arată precum ne-am gândit că lateralele bandei sunt aproape la fel de mari ca și transportul. Mai mult, arată ca și cum ar fi și alte sinusoide substanțiale în semnalul de ieșire al modulului Multiplier. Cu toate acestea, este un fapt înșelător deoarece axa vericală este logaritmică (asta însemnând că este non-liniară). Lateralele bandei a componentelor frecvenței sunt mult mai mici decât transportul. Aceasta poate fi demonstrată ca urmare a:

44. Setați controlul Units al Signal Analyzer-ului pe Linear în loc de dB.

Notă: Aceasta setează axa vericală pe o măsurătoare simplă a voltajului liniar în loc de decibeli.

- 45. Notați mărimile relative ale sinusoidei în semnal.
- 46. Restaurați butonul Units pe dB.

- 47. Maximizați Generatorul de Funcții VI și măriți-i frecvența de ieșire la 20kHz.
- 48. Folosiți cele două marker-e ale Signal Analyzer-ului pentru a găsi noua lungime de bandă a semnalului AM. Memorați aceasta în Tabel 2. de mai jos.

Notă: Va dura aproximativ 30 de secunde pentru afişare ca să fie updatate pe deplin schimbările, pentru că există o medie a acestor trei sweep-uri.

- 49. Măriți frecvența de ieșire a generatorului de funcții la 30kHz.
- 50. Găsiți și memorați noua lungime de bandă a semnalului AM.

Tabel 2				
Lățimea de bandă pentru fm = 20kHz				
Lățimea de bandă pentru fm = 30kHz				

Întrebarea 4

Care este legătura dintre frecvența acestui semnal și lungimea de bandă a semnalului AM?

- 51. Restaurați frecvența de ieșire a generatorului de funcții la 10kHz.
- 52. Aştepaţi până când domeniul frecvenţei Signal Analyzer-ului este updatată pe deplin, apoi deconectaţi ştecherul banana al intrării *X* de la modulul Multiplier.
- 53. Aştepaţi până când afişajul este updatat pe deplin, apoi investigaţi frecventa celei mai semnificative sinusoide a ieşirii modulului Multiplier.

Întrebarea 5

Ce este acest semnal?

- 54. Reconectați ștecherul bananei la intrarea X a modulului Multiplier.
- 55. Deconectați ștecherul bananei la intrarea Y a modulului Multiplier.
- 56. Aştepaţi până când afişajul este updatat pe deplin, apoi investigaţi frecventa celei mai semnificative sinusoide a ieşirii modulului Multiplier.

Întrebarea 7

Ce este acest semnal?

Întrebarea 8

De ce lipsesc lateralele bandei când există un mesaj?

Part D – Setarea modulatorului DSBSC

Pentru a experimenta cu un analizor spectral DSBSC, aveți nevoie de un semnal DSBSC. Aceasta parte a experimentului vă va dirija în a seta unul.

- 57. Dezasamblați setările curente.
- 58. Închideți Signal Analyzor-ul VI.
- 59. Maximizași generatorul de funcții VI și verificați dacă frecvența de ieșire a fost restaurată la 10kHz.
- 60. Setați ieșirea generatorului de funcții la $1V_{v-v}$.
- 61. Conecați set-up-ul arătat în Fig.7 de mai jos:



Acest set-up pote fi reprezentat printr-o diagramă bloc din Fig.8 de mai jos. Implementează ecuația:

DSBSC = $1V_{v-v}$ sinusoidal de 10 kHz x $4V_{v-v}$ sinusoidal de 100kHz.



- 62. Lansați osciloscopul NI EVLIS VI.
- 63. Setați osciloscopul precum în procedura ca în Experimentul 1, asigurându-vă că controlul *Trigger Source* este setat pe canalul A.
- 64. Ajustați controlul *Timebase* (bază de timp) al osciloscopului pentru a vizualiza trei sau câte cicluri a ieșirii Generatorului de Funcții.
- 65. Activați intrarea Canalului B a osciloscopului pentru a vizualiza semnalul DSBSC în afară de modulul Multiplier, la fel ca și semnalul mesaj.
- 66. Apăsați controlul Autoscalele a osciloscopului pentru ambele canale.

Autocontrol: Osciloscopul ar trebui să afişeze un semnal DSBSC cu jumătăți alternante a anvelopei, formând aceeași formă ca și mesajul, și care are aceeași mărime.

Întrebarea 9

Pentru intrarea dată a modulului Multiplier, care sunt frecvențele celor sinusoidale la ieșire?

Întrebarea 10

Folosiți această informație pentru a calcula lungimea de bandă a semnalului DSBSC.

Part E – Analiza spectrală pentru semnalul DSBSC

- 67. Închideți osciloscopul VI.
- 68. Lansaşi NI ELVIS Dynamic Signal Analyzer VI şi ajusaţi controrurile precum pasul 32.

Notă: Odată terminat, veți putea vizualiza clar cele două bande laterale a semnalului DSBSC.

De asemenea veşi vedea că semnalul are un transport. Oricum, în ciuda aparenţelor, aceste semnal este foarte mic în conformitate cu laterala bandei (reamintiţi-vă, scala pentru axa Y este cea a decibelilor, fiind o unitate de măsură logaritmică). Design limitation in implementing DSBSC înseamnă că acolo va exista o componentă de transport mică în semnalul DSBSC. De aceea al doilea "S" din DSBSC provine de la "suppressed" (suprimat).

- 69. Activați marker-ele Signal Analyzer-ului apăsând butonul Markers.
- 70. Aliniați *M1* cu laterala joasă a bandei a semnalului DSBSC.
- 71. Măsurați frecvența undei sinusoidale, și memorați aceasta în Tabel 3 de mai jos.
- 72. Aliniați *M1* cu laterala înaltă a bandei a semnalului DSBSC și repetați pasul 71.
- 73. Folosiți cele două marker-e ale Seignal Analyzer-ului pentru a determina și memora lungimea de bandă a semnalului DSBSC.

Tabel 3			
Frecvenţa LSB			
Frecvența USB			
Lungimea de bandă			

74. Găsiți lungimea de bandă a semnalului DSBSC pentru alte alte două mesaje cu frecvență (să zicem 20 kHz și 30 kHz).

Întrebarea 11

Care este legătura dintre frecvența semnalului mesaj și lungimea de bandă a semnalului DSBSC?

75.