



## Lucrare de laborator 1, 2 – Adalm-Pluto și MATLAB

Ș.I. dr. ing. Zsuzsanna Șuta

### SDR

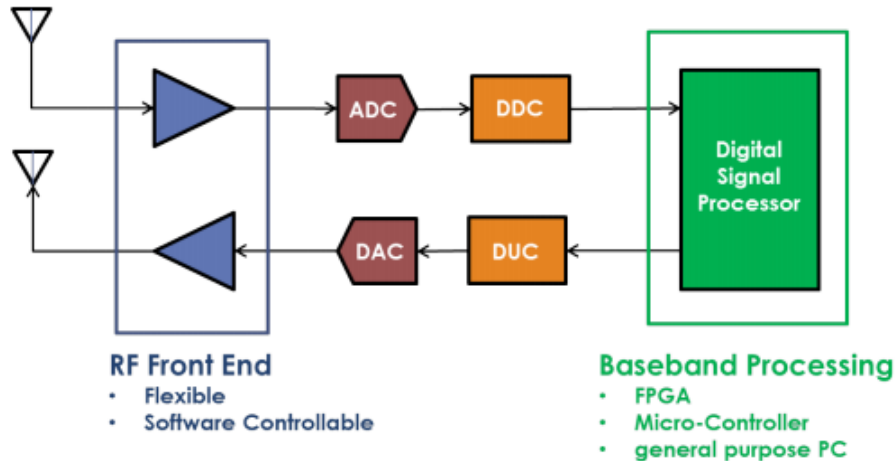
SDR provine de la Software Defined Radio. SDR este folosit de câteva decenii în aplicații militare și comerciale. Printre primele SDR putem aminti transceiverul SpeakEasy care a fost dezvoltat pentru armata SUA. Scopul era crearea unui singur sistem radio care să poată interopera cu oricare dintre sistemele de comunicații folosite de armată. Dezvoltarea SpeakEasy a început în 1991, iar primul demo a fost prezentat în 1994. Termenul SDR a apărut prima dată în 1992 într-o lucrare științifică.

Dezvoltările din ultima perioadă au oferit performanțe ridicate, ușurință în configurare și costuri reduse. SDR este folosit în momentul de față pentru o gamă largă de aplicații, cum ar fi: sisteme de comunicație, radar, identificare RF, etc. Conform unor organizații din domeniul SDR va deveni tehnologia dominantă în comunicațiile radio.

SDR este o platformă hardware flexibilă în care majoritatea funcționalităților radio este implementată în software. Dacă echipamentele radio tradiționale bazate pe hardware erau proiectate pentru una sau un număr redus de aplicații, funcționalitatea unui singur SDR poate fi modificată prin actualizări de firmware și prin schimbările procesării semnalului în back-end pentru o gamă largă de sisteme. Sistemele SDR se situează între electronica RF, sisteme embedded și procesarea digital de semnale.



Receptoarele SDR moderne au inclus un convertor A/D urmat de un hardware pentru procesarea digitală a semnalelor, cum ar fi un microprocesor sau FPGA. SDR păstrează semnalul în domeniul digital cât se poate de mult, permițând astfel implementarea software a majorității funcționalităților radio.



Atât în receptorul cât și în emițătorul SDR un hardware RF flexibil oferă interfața între ADC/DAC și antena. Multe arhitecturi SDR actuale conțin și un DDC (digital down-conversion) care face translația de la frecvența intermediară în banda de bază înainte de blocurile de procesare bandă bază. Similar, transmițătoarele SDR au un bloc de DUC (digital up-conversion) inclus. Procesorul digital de semnale este complet programabil și permite implementarea operațiilor de filtrare, modulare și demodulare, codare și decodare, egalizare.

## ADALM-PLUTO

Adalm-Pluto (Analog Devices Active Learning Module-Pluto Software Defined Radio sau PlutoSDR) este bazat pe dispozitivul RF Analog Devices AD9363. A fost dezvoltat special în scopuri didactice. Adalm-Pluto este alimentat prin USB și poate fi controlat printr-o serie de aplicații, cum ar fi MATLAB/Simulink sau GNU Radio. Sistemele de operare permise includ Linux, Windows sau OS X, ceea ce permite folosirea PlutoSDR pe mai multe platforme.



Pentru Windows trebuie instalate driverele, iar pe Linux modulele necesare sunt incluse în distribuție. După instalarea driverelor Windows, PlutoSDR apare ca un dispozitiv de stocare date. Prin deschiderea paginii info.html se pot obține informații suplimentare legate de PlutoSDR de pe pagina wiki de la Analog Devices.



Pentru folosirea PlutoSDR cu MATLAB/Simulink este necesară instalarea Communication Toolbox și a add-on-ului Communications Toolbox Support Package for Analog Devices ADALM-PLUTO Radio. Versiunea de MATLAB trebuie să fie cel puțin 2017a. După conectarea PlutoSDR la calculator se poate verifica comunicarea dintre PlutoSDR și Matlab prin comanda:

```
findPlutoRadio
```

În cazul conectării cu succes mesajul returnat va conține RadioID și SerialNUM:

```
RadioID: 'usb:0'
```

```
SerialNum: '104400b8399100091a001900040c657dde'
```

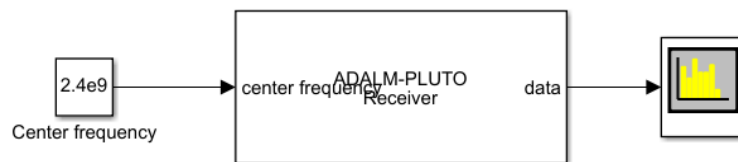
## Analizor spectral

Se va crea un analizor spectral folosind PlutoSDR ca sursă a datelor.

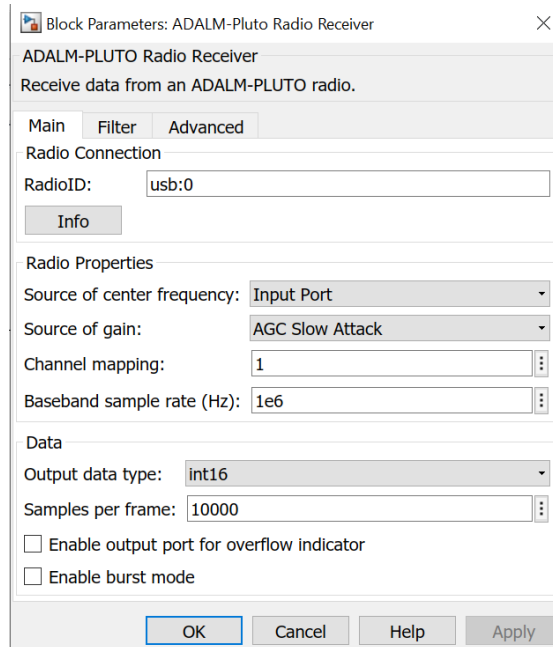
Se construiește un model Simulink care folosește dispozitivul PlutoSDR. Modelul va fi configurat astfel încât frecvența centrală să se poată modifica

Pașii pentru implementarea modelului:

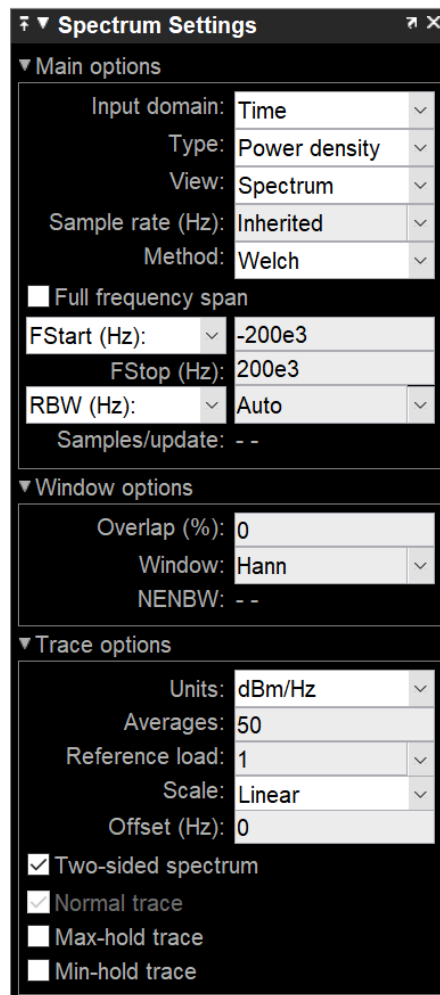
1. Se creează un model Simulink nou. Componentele folosite sunt:
  - ADALM-Pluto Radio Receiver
  - Spectrum Analyzer
  - Constant



2. Timpul de oprire al simulării se configurează cu "inf"
3. Se configurează receptorul ADALM-Pluto conform figurii următoare. Setările cele mai importante sunt:
  - Frecvența centrală / sursa frecvenței centrale: controlează frecvența centrală a dispozitivului. Prin selecția opțiunii Input Port, frecvența centrală poate fi ajustată cu ușurință. Blocul Constant corespunzător se setează pe 2.4e9.
  - Frecvența de eșantionare bandă de bază (Hz): controlează frecvența de eșantionare a datelor trimise către PC prin portul USB. Se setează pe 1e6.
  - Număr de eșantioane pe cadru: specifică lungimea cadrelor de date procesate de Simulink. Se setează pe 10000, dar se poate reduce până la 3660.

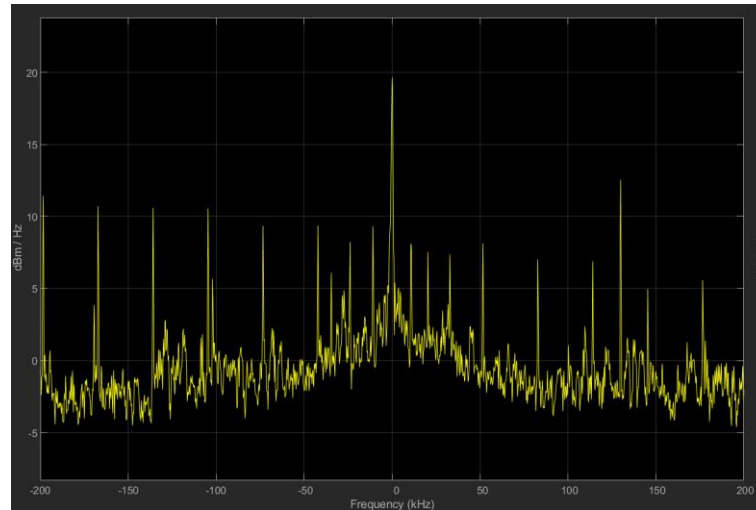


4. Analizorul spectral se configurează conform următoarei figuri.





5. Începe simularea prin apăsarea butonului Run. După câteva momente se va afișa spectrul semnalului în timp real a unei benzi de frecvențe de 400 kHz centrate în jurul frecvenței de 2.4 GHz. Pe axa de frecvență valoarea 0 corespunde frecvenței centrale a SDR-ului.



## Receptor radio FM

Se va crea un receptor Radio FM folosind ADALM-Pluto. Se construiește un model Simulink care folosește dispozitivul PlutoSDR. Modelul va fi configurat astfel încât frecvența postului radio să se poată modifica.

Pașii pentru implementarea modelului:

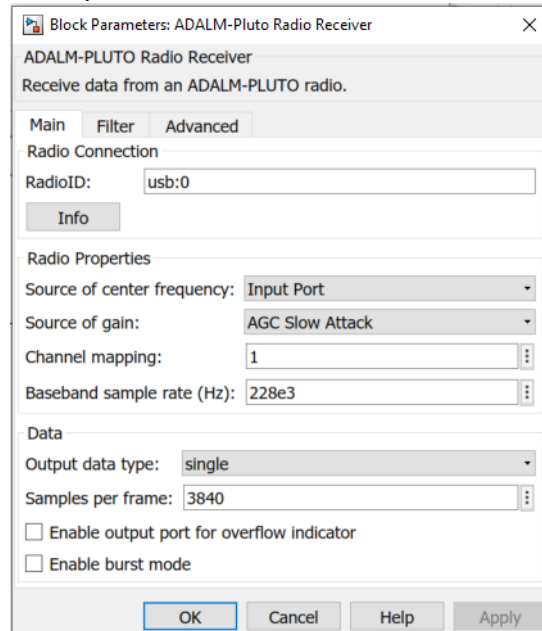
1. Se creează un model Simulink nou. Componentele folosite sunt:
  - ADALM-Pluto Radio Receiver
  - Constant
  - Slider Gain
  - FM Broadcast Demodulator Baseband
  - Audio Device Writer



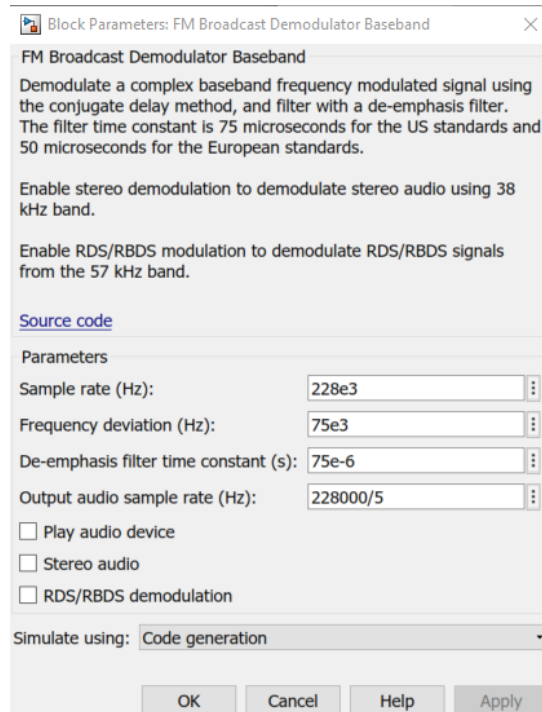
2. Timpul de oprire al simulării se configurează cu "inf"
3. Se configurează receptorul ADALM-Pluto conform figurii următoare. Setările cele mai importante sunt:
  - Frecvența centrală / sursa frecvenței centrale: controlează frecvența centrală a dispozitivului. Prin selecția opțiunii Input Port, frecvența centrală poate fi ajustată cu ușurință. Blocul Slider Gain corespunzător se setează pe 88.8, iar blocul Constant va avea valoarea 1e6 cu sample time -1.
  - Frecvența de eșantionare bandă de bază (Hz): controlează frecvența de eșantionare a datelor trimise către PC prin portul USB. Se setează pe 228e3.



- Număr de eşantioane pe cadru: specifică lungimea cadrelor de date procesate de Simulink. Se setează pe 3840.



4. Blocul slider gain va avea valoarea Low de 87.9, iar valoarea High de 107.9.
5. Se configurează blocul FM Broadcast Demodulator cu:
  - Sample rate: 228e3
  - Frequency deviation: 75e3
  - Filter time constant: 75e-6
  - Output audio sample rate: 228000/5





6. Se configurează blocul Audio Device Writer, la driver se alege DirectSound, iar la Device se selectează placa audio din listă.
7. Începe simularea prin apăsarea butonului Run. După câteva momente se va aude postul radio al cărui frecvență a fost configurată.

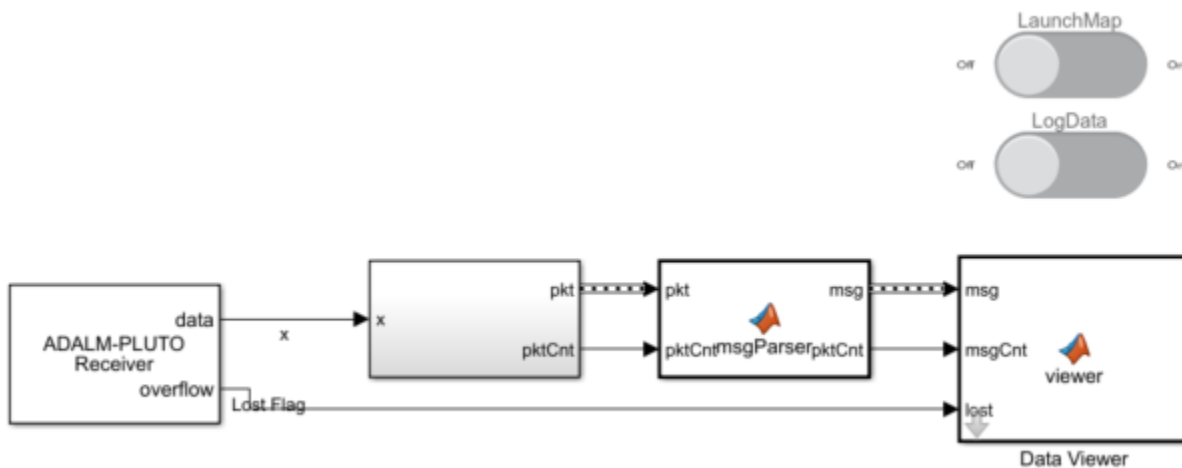
## Receptor semnale ADS-B (Automatic Dependent Surveillance – Broadcast)

Avioanele folosind navigație prin satelit determină propria poziție și viteză și trimite periodic (1s) aceste informații. Mesajul ADS-B include informații și despre identificarea avionului, altitudine, orientare. Semnalul ADS-B se poate recepționa pe sol, fiind posibilă urmărirea avioanelor. De asemenea aceste semnale pot fi recepționate de alte avioane. În SUA toate avioanele de pasageri trebuie echipate cu ADS-B începând din ianuarie 2020, iar în Europa echipamentul este obligatoriu din 2017.

Se va crea un receptor de semnale ADS-B folosind ADALM-Pluto. Se construiește un model Simulink care folosește dispozitivul PlutoSDR.

Pașii pentru implementarea modelului:

1. Se deschide modelul existent plutoradioADSBSimulinkExample și se salvează sub un alt nume.
2. Modelul se modifică, astfel încât datele de intrare să fie recepționate de la ADALM-Pluto.



3. Timpul de oprire al simulării se configurează cu "inf"
4. Se mută slider-ul LaunchMap pe poziția On.
5. Începe simularea prin apăsarea butonului Run. După câteva momente se va afișa lista avioanelor detectate cu informațiile despre ele. De asemenea pe hartă se vor afișa avioanele detectate cu pozițiile lor.





ADS-B Aircraft Tracking

Packet statistics

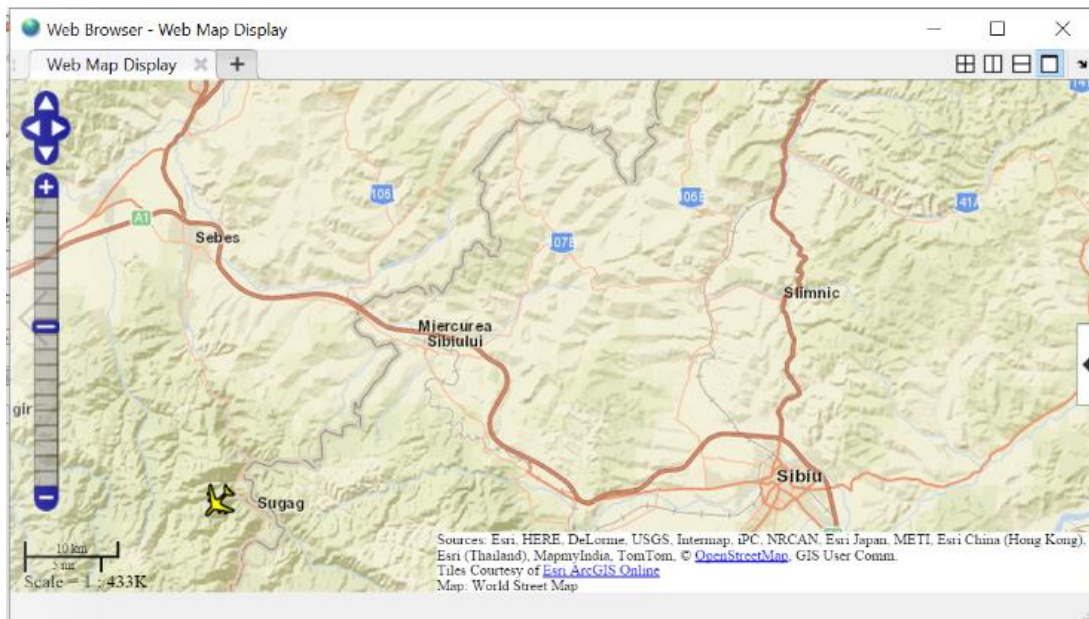
	Detected	Decoded	PER (%)
Short squitter:	862	7	99.2
Extended squitter:	478	24	95.0
Other Mode-S Packets:	9919	N/A	N/A

	Last	Aircraft ID	Flight ID	Latitude(°)	Longitude(°)	Altitude(ft)	Speed(kn)	Heading(°)	Vertical Rate(ft/min)	Time
1	✓	471F80	WZZ4JN	45.7797	23.5927	36000	460	244 (SW)	0	09:28:04
2		4BAAC5								09:27:34
3		732542								09:27:34
4		424489								09:27:41
5		4BAB46								09:27:45
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										

Lost Flag: 1

Stopped



## Experimente

1. Creați modelul în Simulink pentru monitorizarea semnalelor radio din jur folosind receptor Adalm-Pluto și analizor spectral. Vizualizați pe osciloscop următoarele semnale:
  - a. Radio FM (88-108 MHz)





- b. Echipamente personale: cheie mașină sau cheie ușă garaj (315 MHz)
  - c. Telefoane mobile (700-2500 MHz)
  - d. GPS (1227-1575 MHz)
  - e. WiFi (2400 MHz)
  - f. Bluetooth (2400 MHz)
  - g. HDTV broadcast (canale UHF 470-860 MHz)
2. Creați modelul în Simulink pentru un receptor radio FM. Porniți simularea și ascultați postul radio preferat. Frecvențe radio Cluj-Napoca:
- a. Radio România Actualități 88.8 MHz
  - b. Magic FM 89.4 MHz
  - c. Kiss FM 89.9 MHz
  - d. Rock FM 92.2 MHz
  - e. Virgin Radio 93.2 MHz
  - f. Pro FM 99.8 MHz
  - g. Radio Impulse 101.5 MHz
  - h. Radio Dance FM 103 MHz
  - i. Digi FM 104.5 MHz
  - j. Radio Europa FM 106.6 MHz
  - k. Radio Itsy Bitsy 107.5 MHz
3. Adaptați modelul de exemplu de receptor ADS-B din Matlab, astfel încât să proceseze doar semnalele recepționate de Adalm-Pluto. Studiați configurarea blocurilor și codul sursă aferent. Rulați modelul și urmăriți informațiile recepționate.