

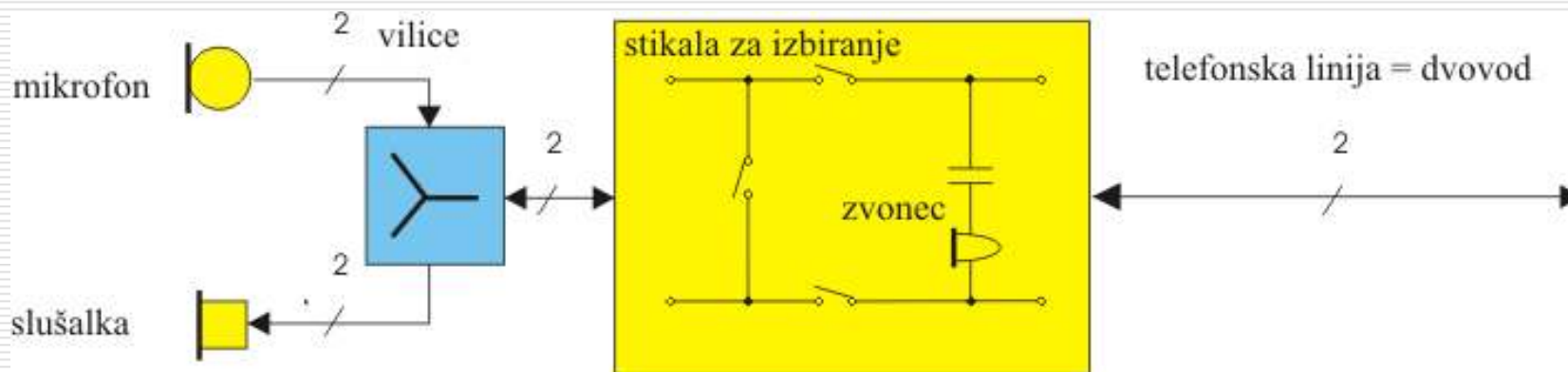
Digitalne komunikacije

Anton Umek

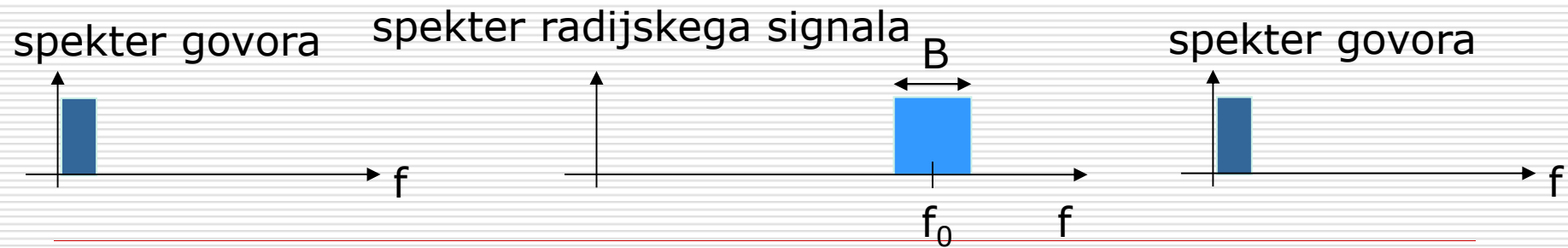


Univerza v Ljubljani
Fakulteta *za elektrotehniko*

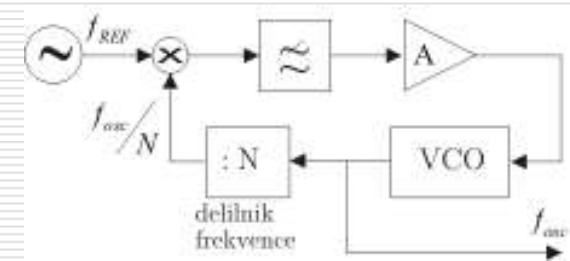
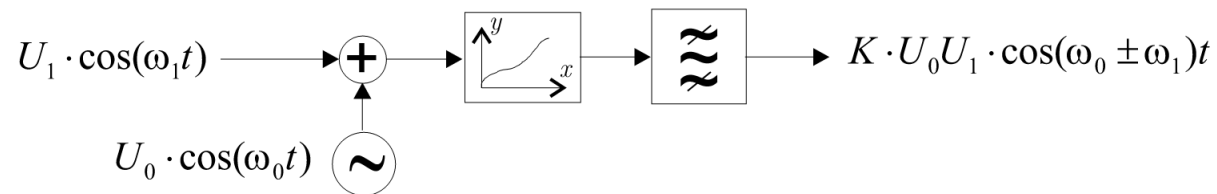
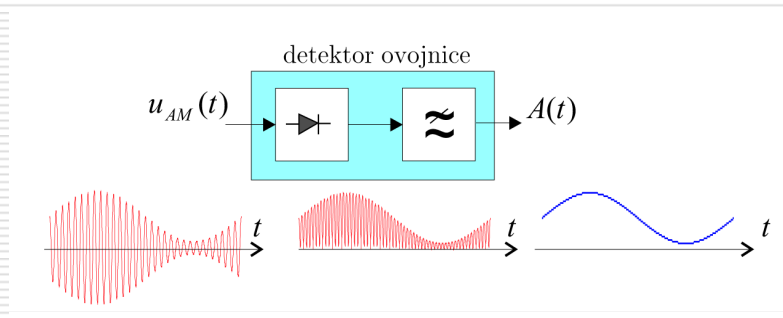
Analogni telefon



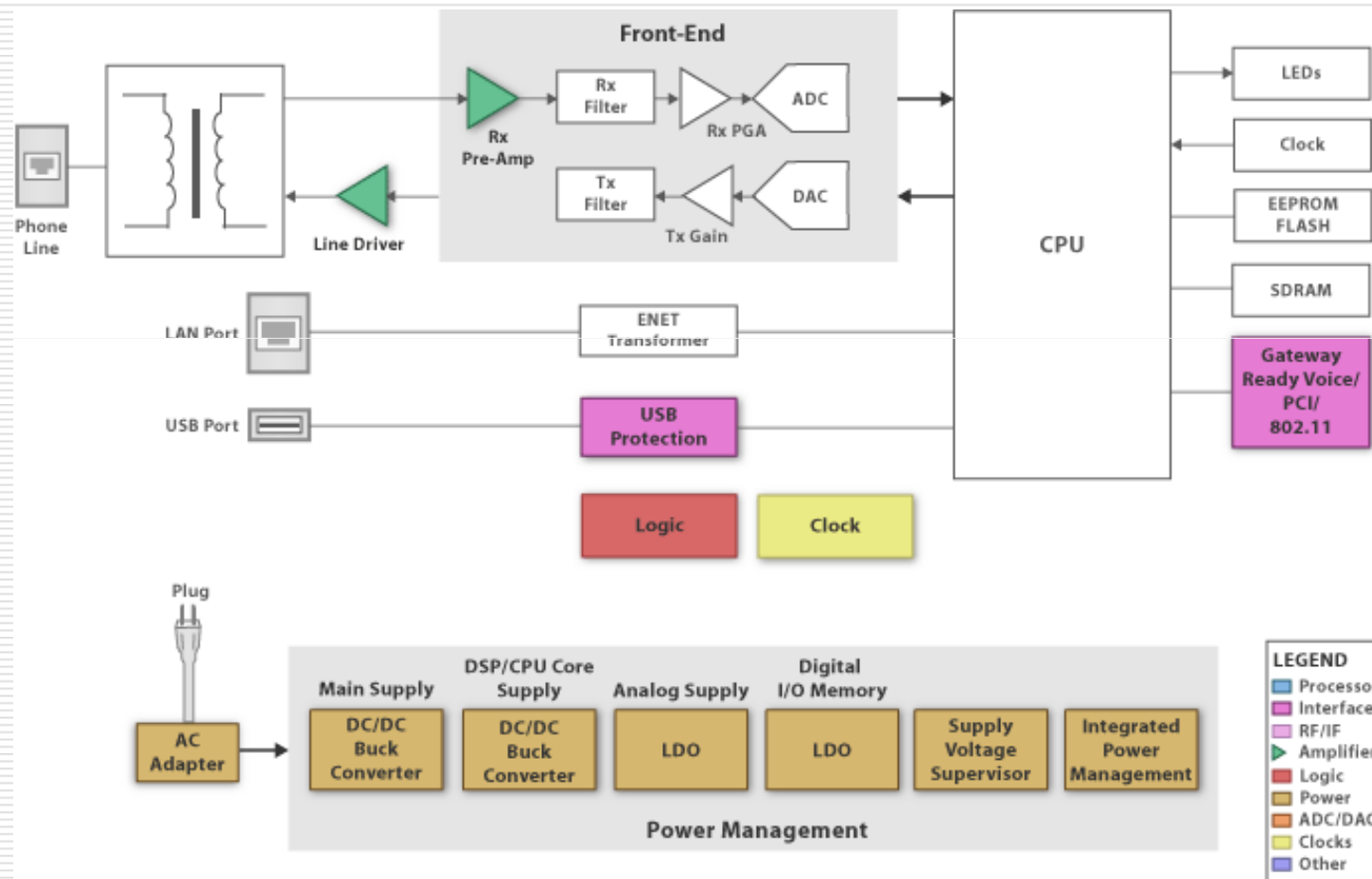
Analogni radio



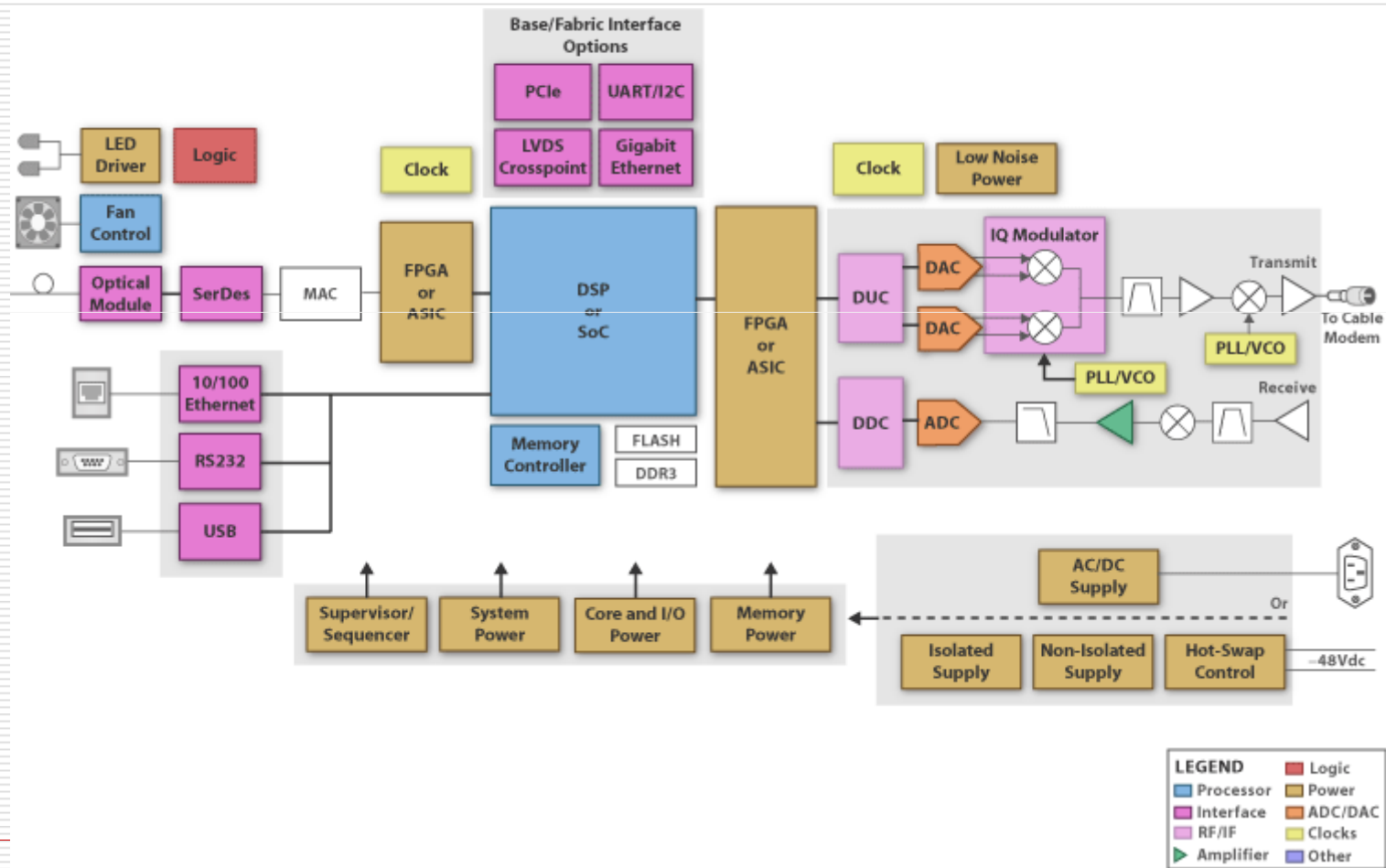
Preprosta komunikacijska vezja



xDSL modem



CABLE modem - DOCSIS



WLAN

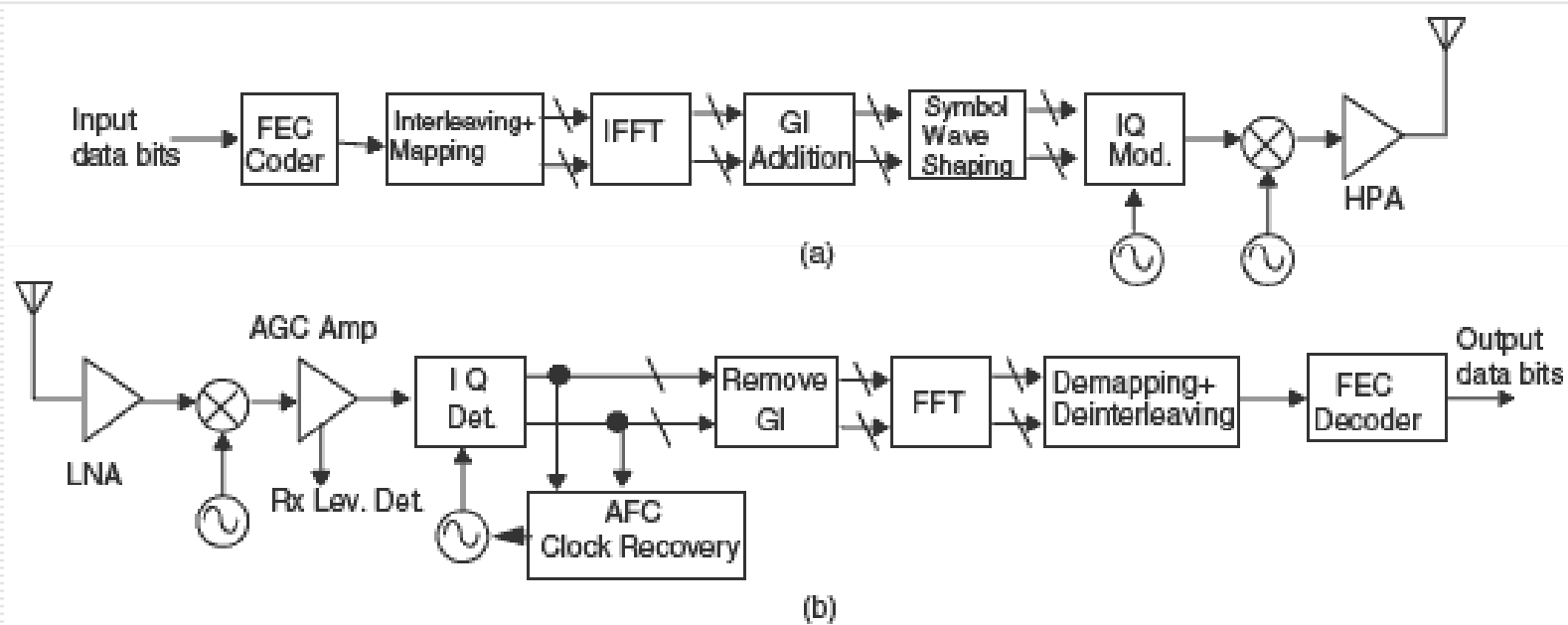
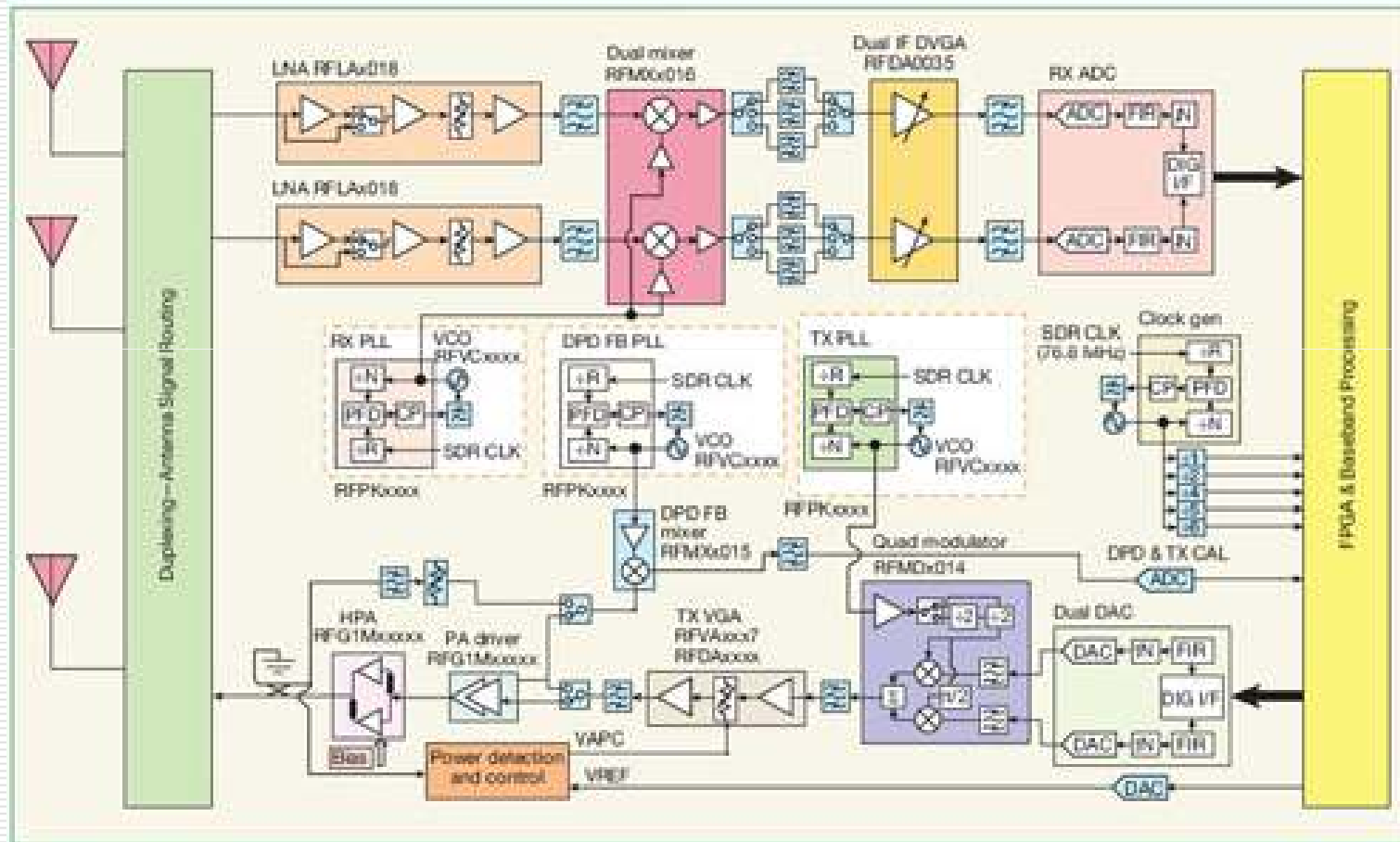
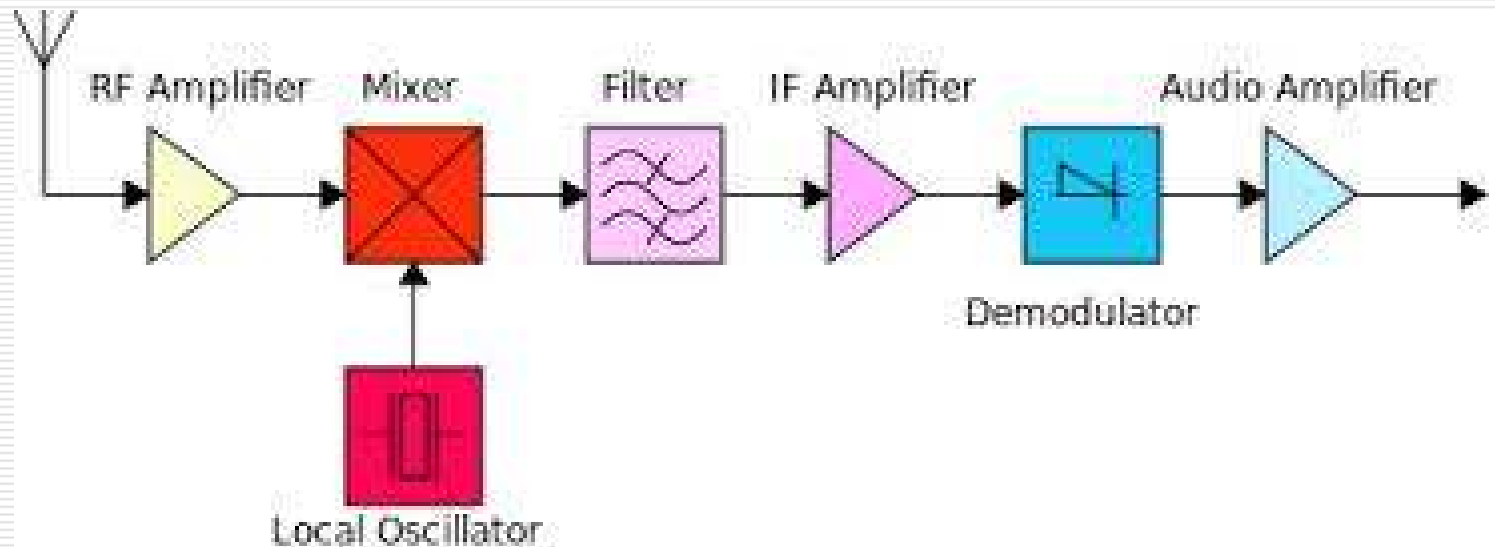


Figure 1 Block diagram of IEEE 802.11a PHY, (a) Transmitter, (b) receiver, taken from [2]

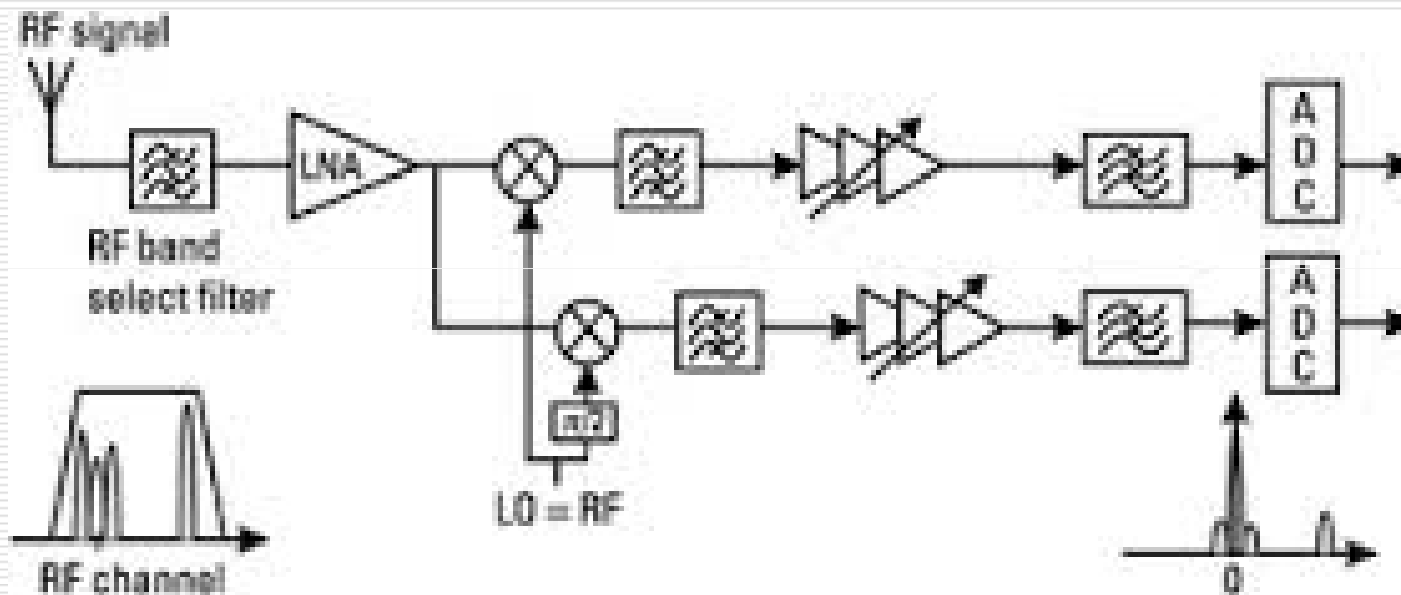
RF komponente bazne postaje



Sprejemnik z mešalnikom



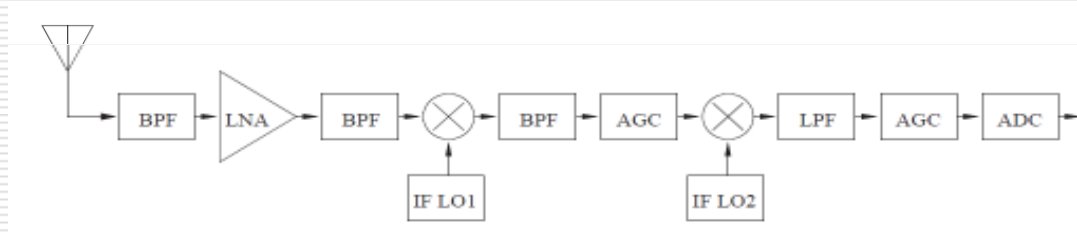
Sprejemnik z mešalnikom (zero IF)



SDR z mešalnikom (IF)

Mešalnik na vmesno frekvenco (intermediate frequency)

Mešalnik z množilnikom izvaja premik frekvenčnega spektra navzdol za izbrano mešalno frekvenco $f_m = f_0 \pm f_{vm}$. Širino preslikanega frekvenčnega pasu (B) določa pasovno prepustno sito (f_{vm}, B) za množilnikom. Rezultat mešanja je pasovno omejen signal ($f_{vm} - B/2, f_{vm} + B/2$) na izhodu vmesno-frekvenčnega sita. Preslikava frekvenčnih pasov je $B \rightarrow B$. Vsa informacija signala v zajetem frekvenčnem pasu se ohranja v enem signalu na izhodu mešalnika.



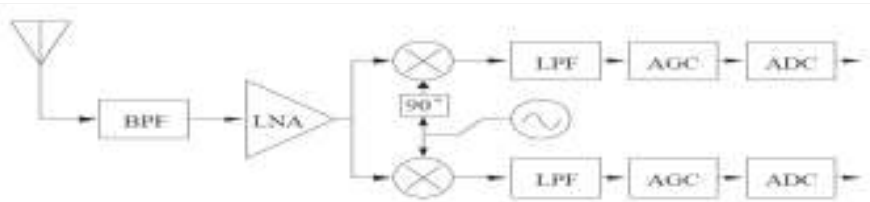
Vmesna frekvenca omejuje območje frekvenc v katerem lahko izvajamo enolično preslikavo. Omejitev spektra na vходу mešalnika je nujna zaradi izločitve signalov zrcalnih frekvenc, ki se preslikajo hkrati z želenim signalom: $f_0^z = f_0 \pm 2f_{vm}$. Signali na vходу mešalnika se torej lahko nahajajo le v omejenem frekvenčnem območju, ki ne sme biti širše od $2f_{vm}$.

Sprejemnik z mešalnikom na vmesno frekvenco (z eno ali več mešalnih stopenj) imenujemo **heterodinski sprejemnik**.

SDR z neposrednim mešanjem

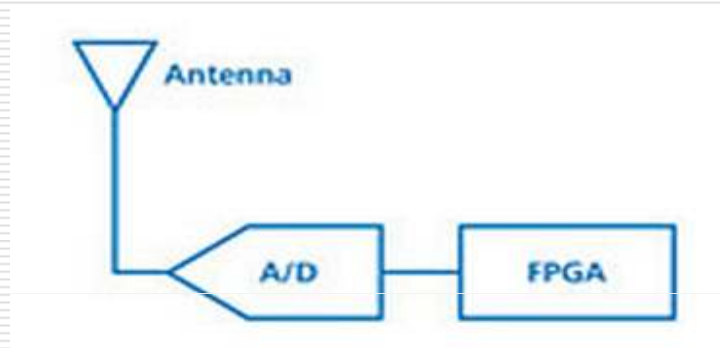
(direct conversion), mešalnik na ničelno vmesno frekvenco (zero IF mixer) kvadrturni mešalnik

Mešalnik izvaja premik frekvenčnega spektra navzdol za izbrano mešalno frekvenco $f_m = f_0$. Širino zajetega frekvenčnega pasu (B) določa nizkopasovno sito ($f_{zg} = B/2$) za množilnikom. Premik spektra signala se izvaja v dveh ločenih vejah, kjer se uporabljata ortogonalna harmonična pomožna signala. Rezultat mešanja sta dva frekvenčno omejena signala ($0, B/2$) na izhodu nizkopasovnih sit kompleksnega mešalnika. Preslikava frekvenčnih pasov je $1 \times B \rightarrow 2 \times B/2$. Par nizkopasovnih signalov vsebuje vso informacijo o spektru znotraj zajetega frekvenčnega pasu.

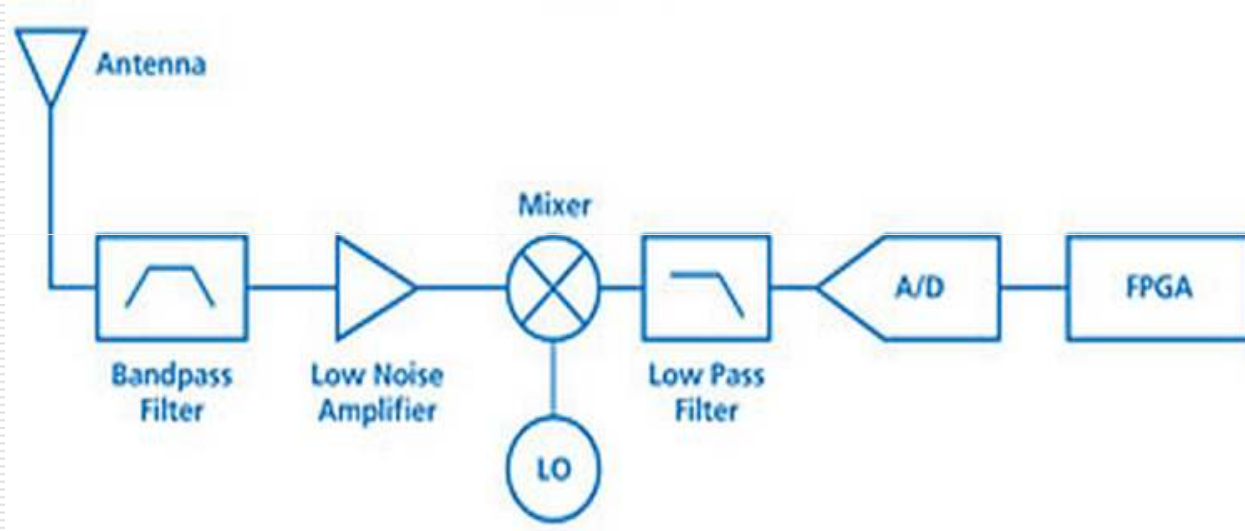


Koncept z direktnim mešanjem je zaradi nižje frekvence signalov na izhodu kvadrturnega mešalnika primernejši za nadaljno digitalno obdelavo signalov. Problem lahko povzroči interferenca lokalnega oscilatorja z vhodnim signalom mešalnika. Sprejemnik z direktnim mešanjem (Direct Conversion Receiver) na ničelno vmesno frekvenco imenujemo **homodinski sprejemnik**.

Soft - radio ?



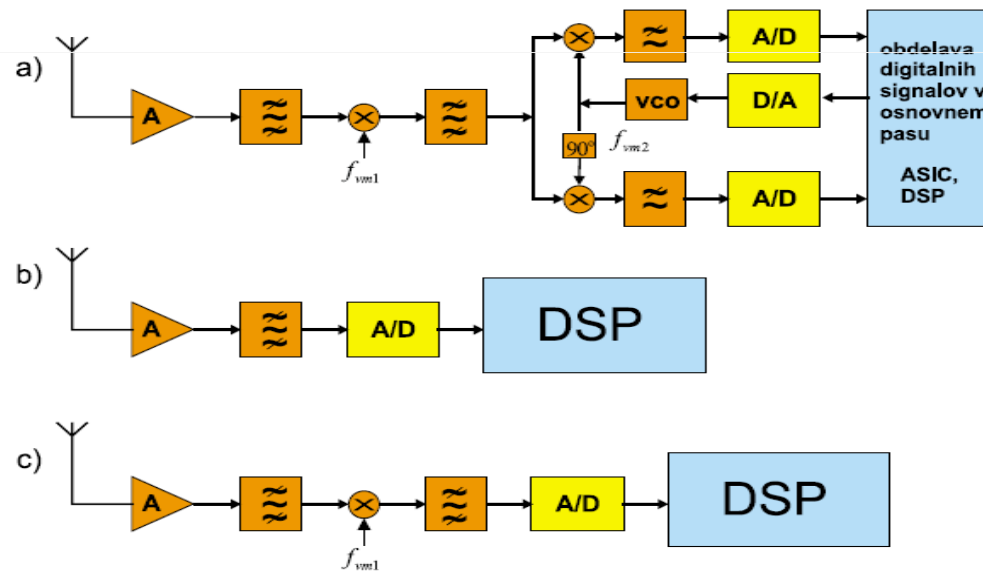
Software-defined radio SDR



Digitalizacija sprejemnika

Digitalna obdelava signalov se postopoma seli

- iz NF segmenta (kodiranje audio signala, baseband modem)
- v VF radijski del (modulacija, kodiranje).



Software Defined Radio (SDR)

idejo je leta 1992 prvi v članku predstavil Joe Mitola.

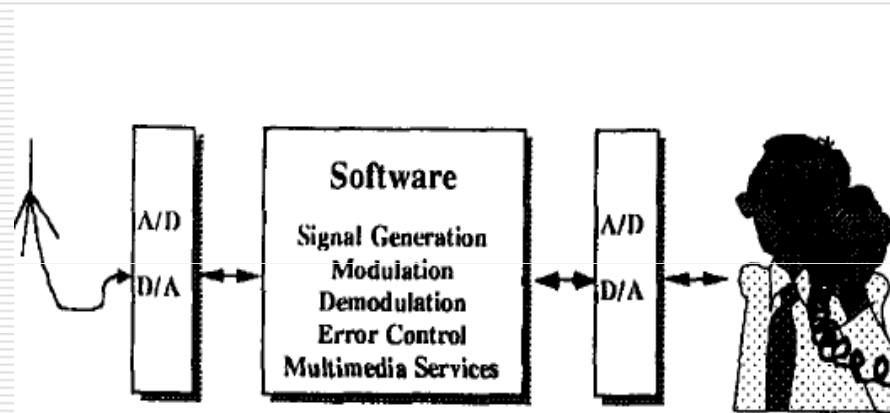
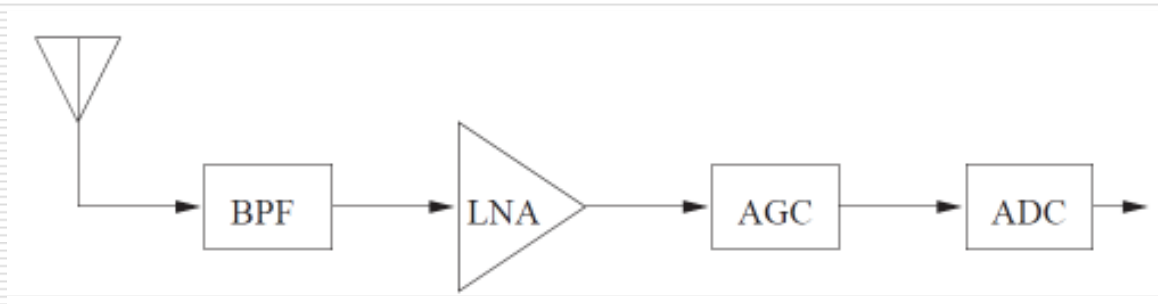


Fig. 1. An Idealized Software Radio

Malo kasneje je predlagal tudi **Cognitive Radio (CR)**: inteligentni radio zaznava spremembe na radijskem kanalu in se prilagaja tako, da avtomatsko spreminja prenosne parametre (npr. frekvence kanalov, vrsto modulacije itn).

Software radio provides an ideal platform for the realization of cognitive radio.
J. Mitola, 1998

SDR brez mešalnika ?

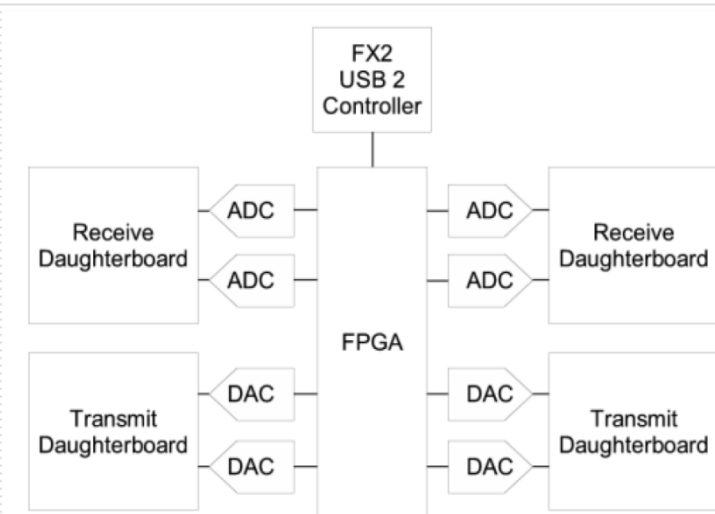


- *Minimalno število analognih gradnikov pred vzorčevalnikom lahko omejimo na anteno, nizkošumni ojačevalnik + ARO, in niskopasovno sito.*
 - Za digitalizacijo RF signala potrebujemo izjemno hitre A/D pretvornike in tudi zelo hitro digitalno obdelavo signalov vsaj v prvih nekaj stopnjah do decimacije na nižje vzorčevalne frekvence.
 - Pasovne širina digitaliziranega signala je navzgor omejena z dinamičnim območjem A/D pretvornika !
-

SDR projekti

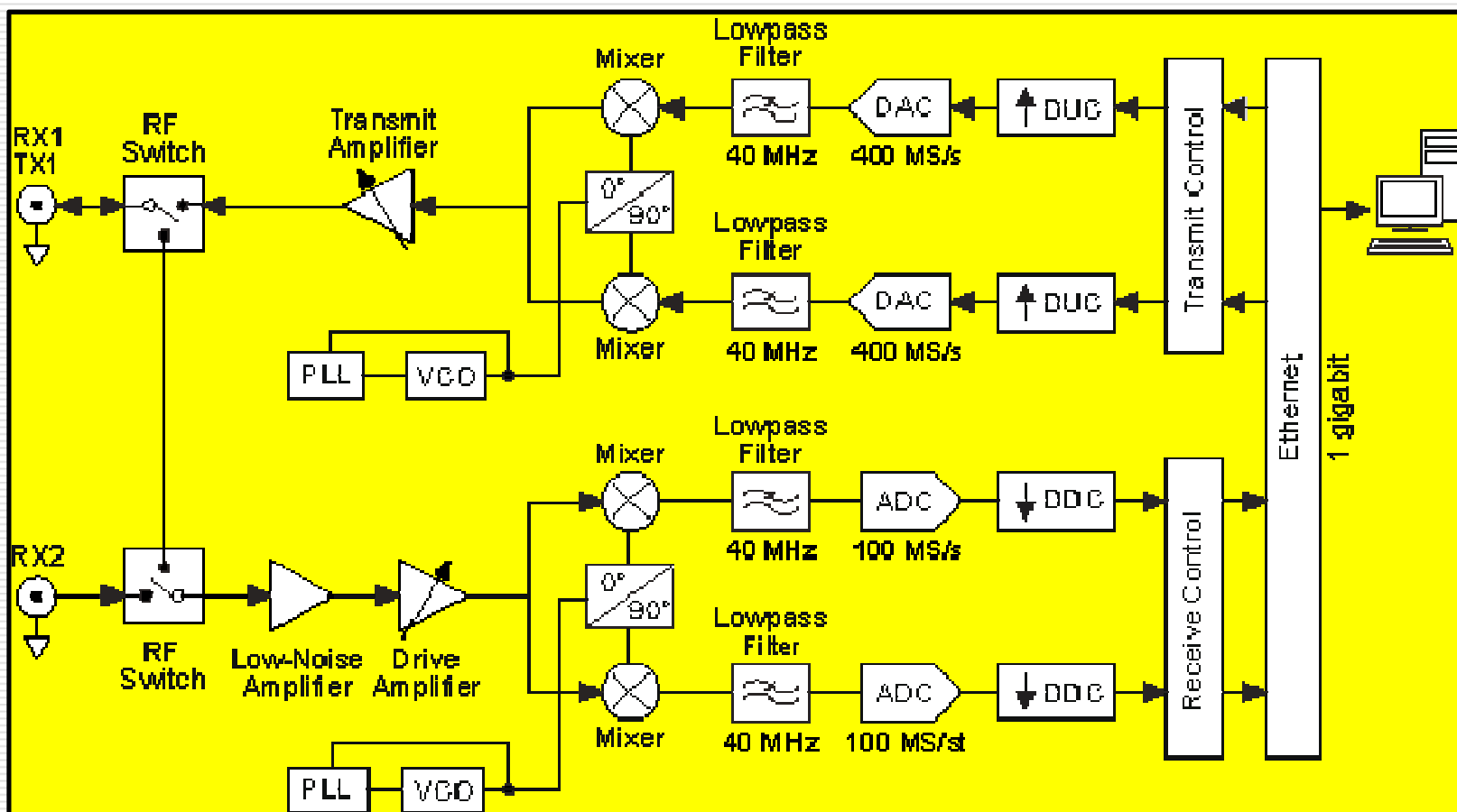
so bili prvotno namenjeni predvsem za vojaško opremo:

- SPEAKeasy (US Department of Defence program)
- Joint Tactical Radio System (vojaški SDR)
- EU SDR projekti znotraj ACTS (Advanced Communications Technologies and Services)
-
- **GNU Radio** (open source !!)
 - SDR HW arhitektura = Universal Software Radio Peripheral (**USRP**)

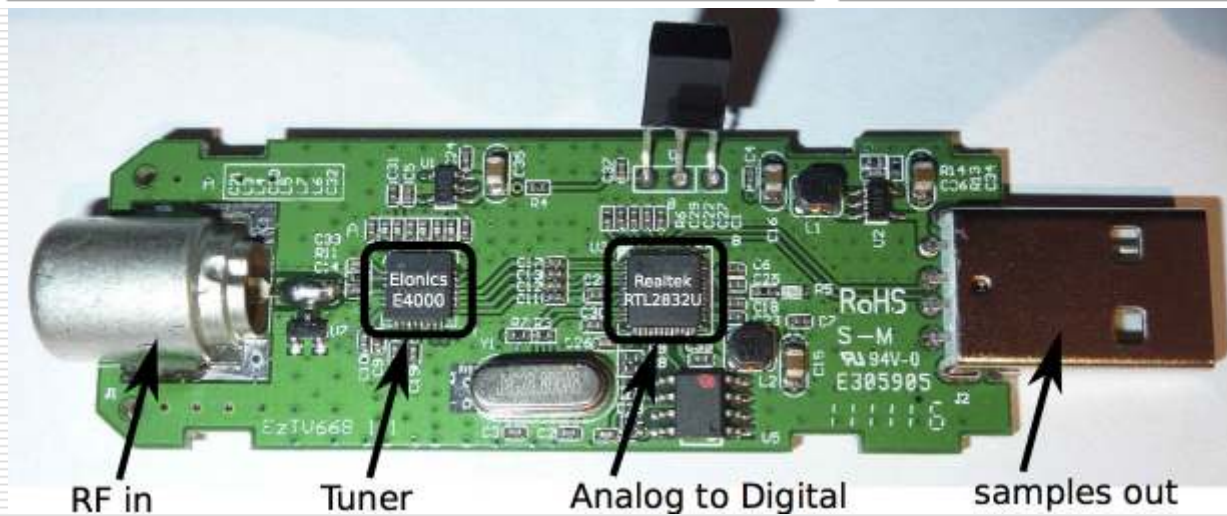
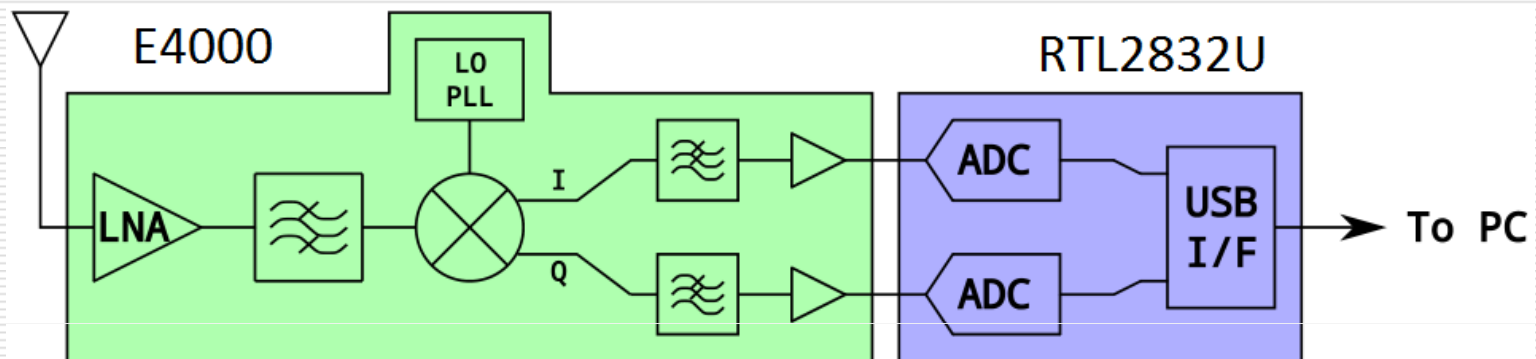


Universal Software Radio Peripheral - USRP

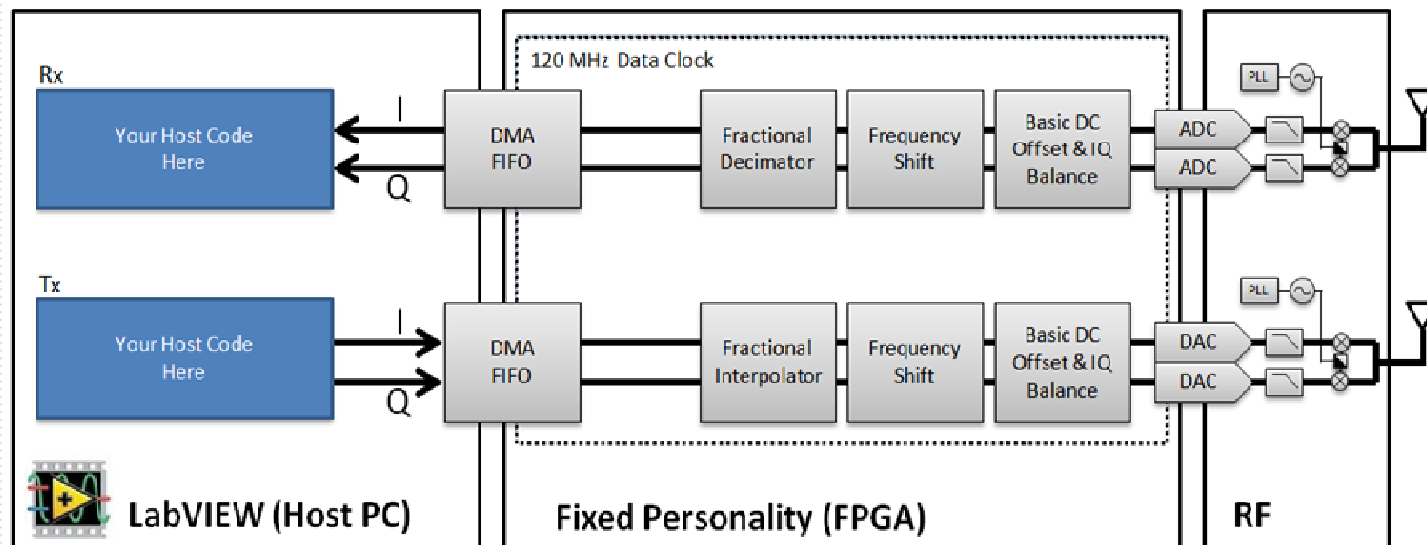
Ettus Research, National Instruments



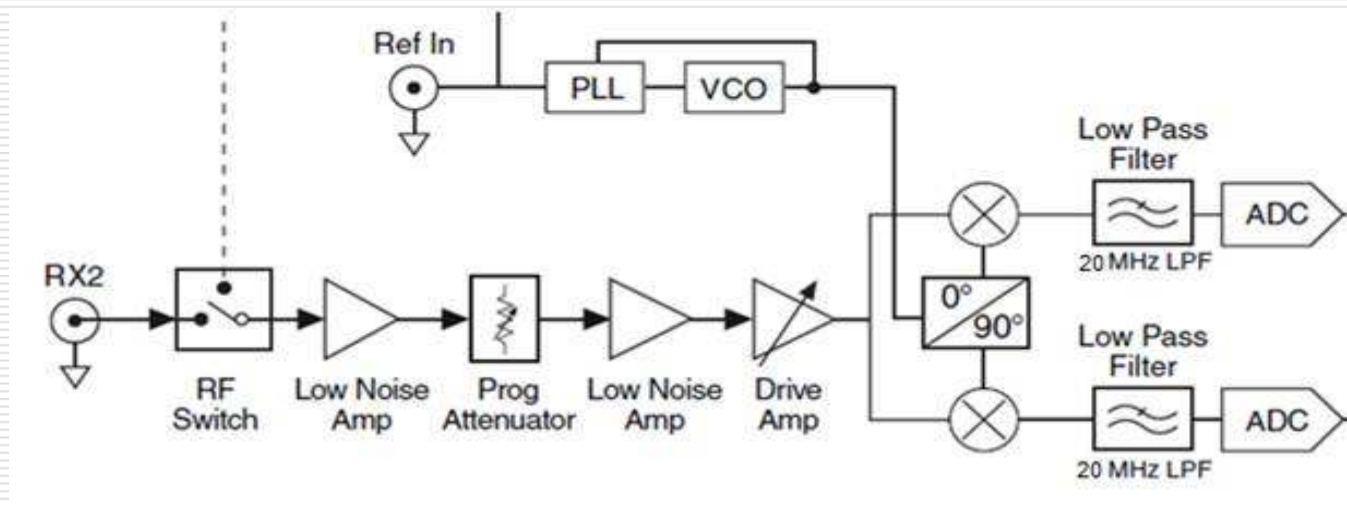
RTL-SDR



NI USRP



NI USRP 2920 sprejemnik



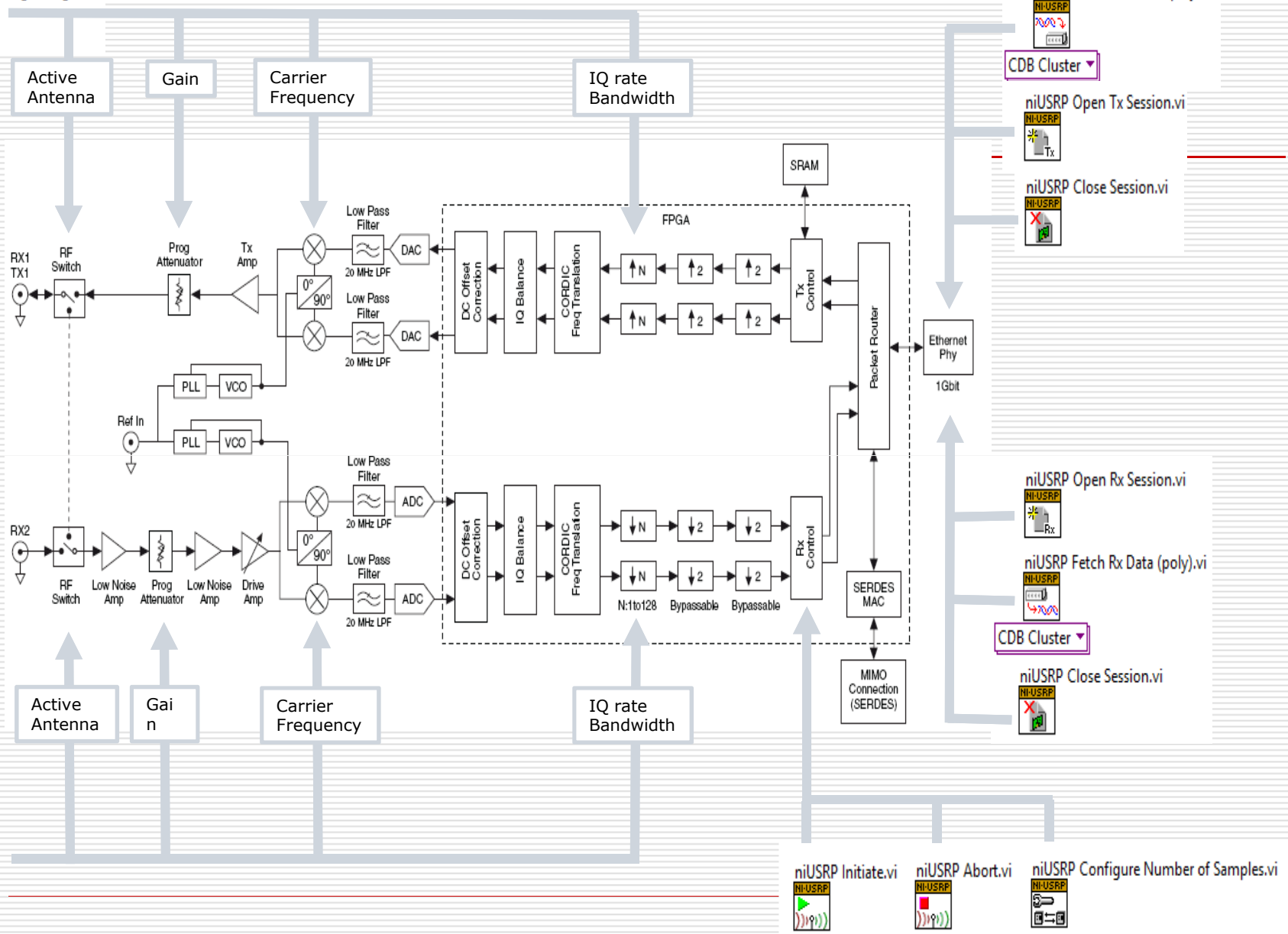
ojačenje 0-30dB

14 bit ADC, 1Vpp

ADC-IQ rate: 25MS/s->200kS/s

povezava na izhodu: Gigabit Ethernet

niUSRP Configure Signal.vi



Upravljanje NI USRP v programskem okolju LabVIEW

Zajet signal - FREKVENČNA DOMENA

WaveformGraph

IQ rate

DBL

Nosilna frekvenca

DBL

IP Naprave

212.235.190.231

Čas zajemanja [sekunde]

DBL

Nastavi skalo grafa

WFGraph (strict)
XScale.Offset

Zajet signal - ČASOVNA DOMENA

Zajet signal - FREKVENČNA DOMENA

NI-USRP

NI-USRP

NI-USRP

NI-USRP

NI-USRP

NI-USRP

NI-USRP

NI-USRP

RX1

CDB VDT

CDB VDT

Velikost meritve [samplov]

I64

I64

0,6

Vzpostavi povezavo z USRP

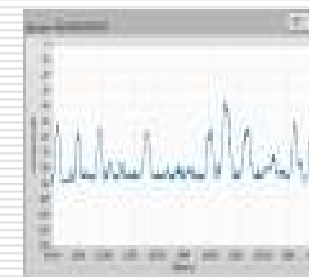
Zažene zajemanje podatkov

Nam vrača zajete podatke

Prikaz zajetih signalov

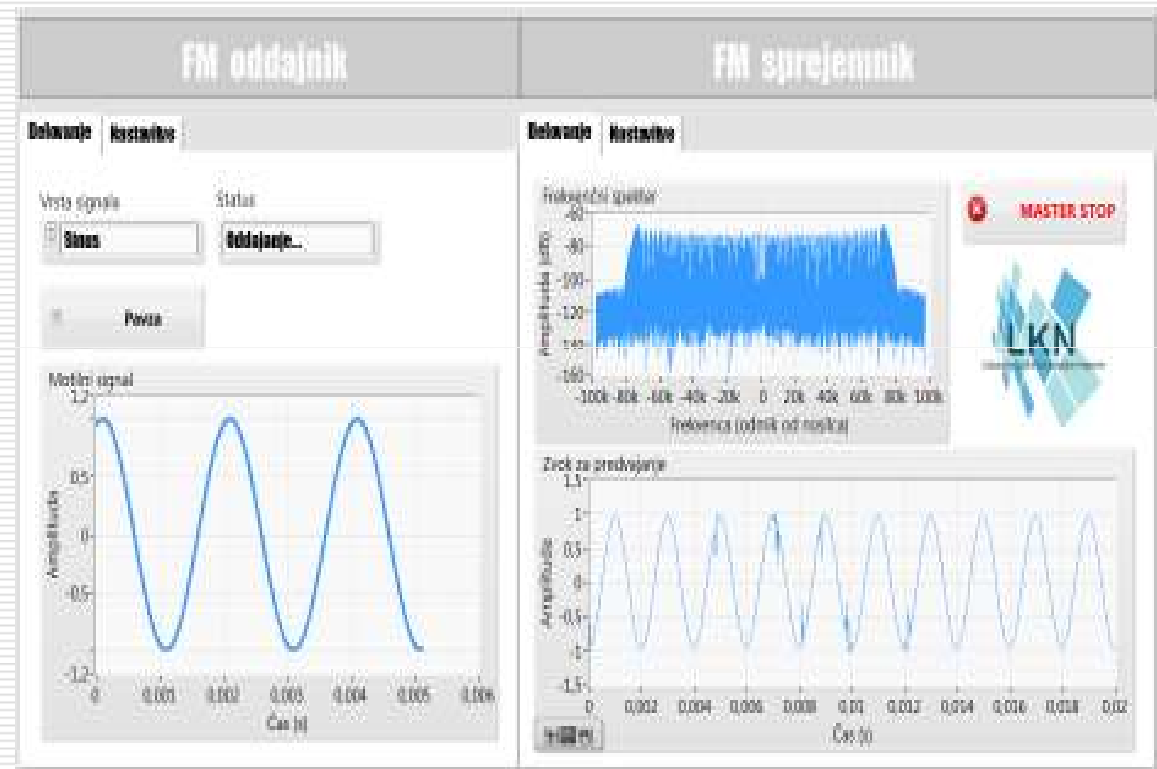
Konfigurira parametre za zajem podatkov

Začetno iznihanje signala -zavrže podatke



Načrtovanje FM prenosnega sistema

- FM sprejemnik:
 - Povezava z napravo (IP, antena)
 - Zajem signala
 - FM demodulacija
 - Decimacija na FS zvočne kartice
 - Pošiljanje signala v medpomnilnik zvočne kartice
- FM oddajnik
 - Povezava z napravo (IP, antena)
 - Generiranje signala
 - Interpolacija signala na FS USRP naprave
 - Pošiljanje signala v medpomnilnik USRP naprave



USRP FM oddajnik

