

6.CHIPSET-URI PENTRU TERMINALE GSM/GPRS

Sistemul GSM (Global System for Mobile communications) a fost introdus oficial în 1992, după o muncă de elaborare a standardului de către ETSI (European Telecommunications Standards Institute) de mai bine de cinci ani. Banda de frecvență alocată comunicației GSM, a fost inițial între 890 - 915 MHz pentru transmisie și între 935 - 960 MHz pentru recepție. Banda a fost ulterior extinsă la așa numitele benzi E-GSM (880-915 MHz pentru transmisie și 925-960 MHz pentru recepție). Apoi, pentru lărgirea și mai tare a canalului de comunicație, s-a alocat încă o bandă de frecvență, pentru serviciile de comunicații digitale (DCS), 1710-1785 MHz pentru transmisie și 1805-1880 MHz pentru recepție.

În prezent, standardul GSM este acceptat în 140 de state, fiind utilizat în peste 200 de rețele. Receptoarele GSM actuale, trebuie să aibă o putere maximă de ieșire de 2W și trebuie să poată recepționa semnale de până la -102 dBm (sub o zecime de picowatt).

6.1. Chipset-ul GSM DCS TCM4400 (producător Texas Instruments)

Circuitul de interfață de bandă de bază de radio-frecvență (RF) TCM4400 (figura 6.1.) este destinat comunicațiilor mobile GSM 900, PCS1900 și DCS 1800 (European Digital Cellular Telecommunication Systems).

Circuitul realizează interfațarea și procesarea semnalelor vocale, generează semnalele de bandă de bază I ("in-phase" - componenta reală) și Q ("quadrature" - componenta imaginară) și controlează semnalele dintre un procesor digital de semnale (DSP) și circuitele asociate de radio-frecvență (RF).

Prin intermediul acestei interfețe, un microcontroller (MCU) poate accesa toți regiștrii interni (accesibili prin interfața serială digitală DSP). Această opțiune este utilizabilă în aplicațiile în care o parte din software este implementată în microcontroller.

Pentru utilizarea unui simulator GSM, este pusă la dispoziție o interfața audio digitală (DAI) cu un port paralel de patru pini dedicat.

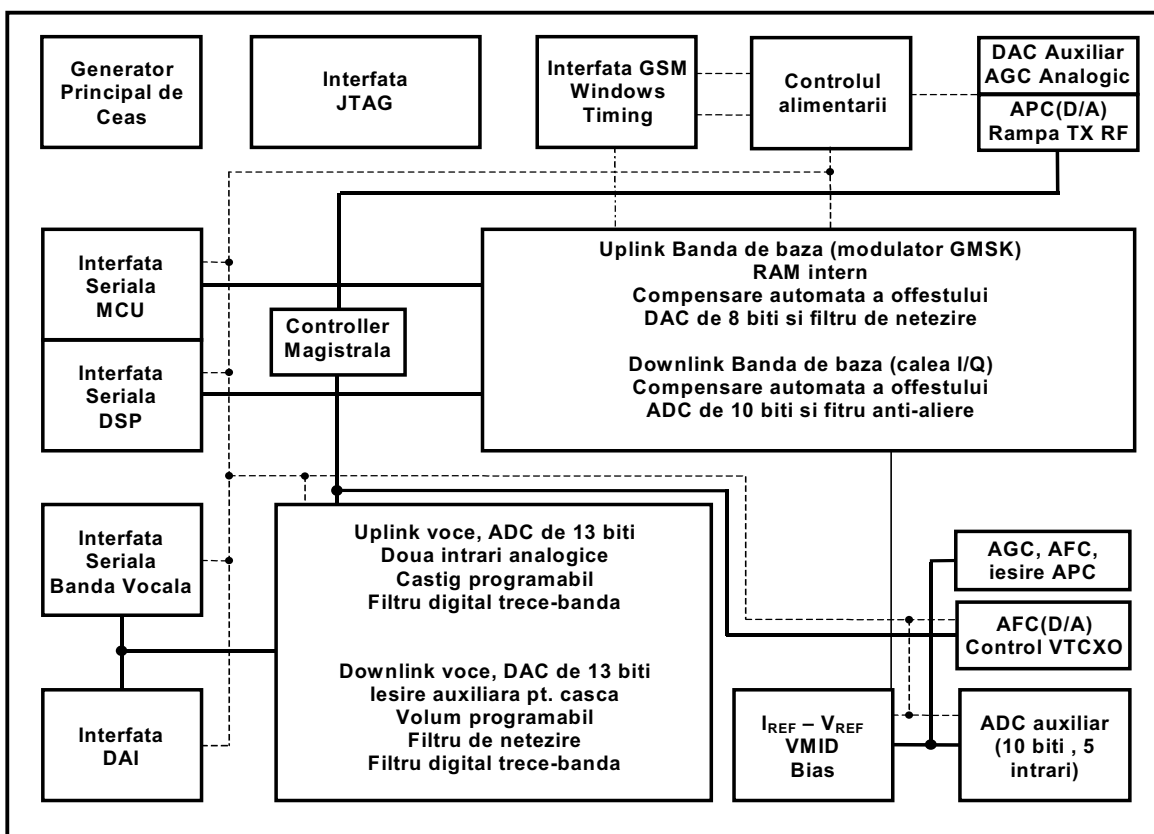


Fig. 6.1. Circuitul TCM4400 al firmei Texas Instruments

Partea responsabilă cu procesarea semnalului vocal include amplificatoare de microfon și cască, convertoare A/D și D/A, filtre digitale și un port serial.

Porțiunea responsabilă cu procesarea de bandă de bază ("baseband") include o cale de transmisie ("uplink") cu două canale, o cale de recepție ("downlink") cu două canale, un port paralel și un port serial. Calea de uplink efectuează o modulație GMSK ("Gaussian Minimum Shift Keying"), conversii D/A și filtrări de netezire pentru furnizarea către circuitul extern de RF a semnalelor de bandă de bază I și Q. Calea de downlink efectuează filtrări antialiere, conversii A/D, filtrări de separare a canalelor I și Q. Portul serial permite schimbul de semnale de bandă de bază cu DSP iar portul paralel controlează temporizările semnalelor.

TCM440E conține de asemenea funcții auxiliare precum AFC (controlul automat de frecvență), AGC (controlul automat al câștigului), controlul puterii și monitorizarea semnalelor analogice externe.

Calea de downlink pentru semnale de bandă de bază

Calea de downlink bandă de bază conține două circuite identice pentru procesarea componentelor de bandă de bază I și Q generate de circuitele de RF. Prima etapă din calea de downlink conține un filtru anti-aliere de ordinul doi (vezi Figura 3) ce previne fenomenul de aliere datorat eșantionării din ADC. Acest filtru servește de asemenea la adaptarea de impedanță între circuit și mediul exterior.

Filtru anti-aliere este urmat de un modulator sigma-delta ce efectuează o conversie A/D la o frecvență de eșantionare de 6.5 MHz. Convertorul ADC furnizează cuvinte de 3 biți ce sunt introduse într-un filtru digital ce realizează decimarea pentru scăderea frecvenței la 270.8 KHz.

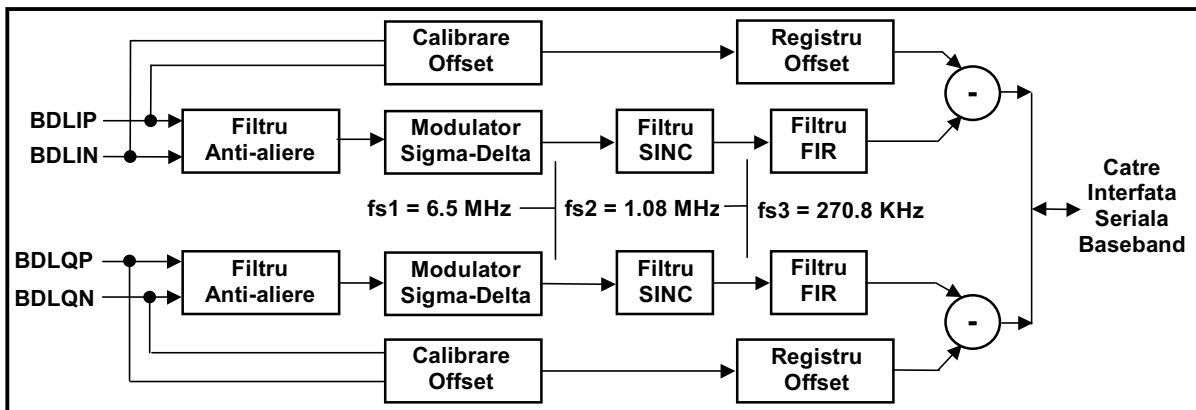


Fig. 6.3. Calea de downlink pentru semnale de bandă de bază în TCM4400

Calea de downlink conține de asemenea și un registru de offset în care se stochează valoarea offset-ului de curent continuu. Această valoare este scăzută din semnalul de la ieșirea filtrului digital, înainte ca eșantioanele să fie transmise către DSP prin interfața serială.

Pentru a se preveni transmiterea de date nerelevante, corespunzătoare timpului de stabilire a filtrului digital, primele 8 eșantioane I și Q nu sunt transmise către DSP.

Funcții de RF auxiliare implementate

Circuitul de RF implementează și unele funcții auxiliare, cum sunt:

- *Automatic Frequency Control* (AFC): constă într-un DAC de 13 biți optimizat pentru conversie dc de înaltă rezoluție. Interfața digitală include doi regiștri ce pot fi scriși prin intermediul interfeței seriale. Conținutul lor controlează DAC-ul al cărui scop este să corecteze deplasările în frecvență ale oscilatorului. Optimizarea

funcționării AFC depinde de tipul de oscilator folosit precum și de condiția de programabilitate a frecvenței de esantionare.

- *Auxiliary Analog Converter* (AGC- Automatic Gain Control): Convertorul analog auxiliar conține un registru ce poate fi înscris prin interfața serială și un DAC de 10 biți ce furnizează un semnal de control pentru stabilirea câștigului amplificatorului de recepție din partea de RF
- *RF power control*: conține un registru accesibil prin interfața serială. Un DAC de 8 biți procesează conținutul acestui registru pentru determinarea câștigului în amplificatorul de putere din circuitul de RF. Referința pentru DAC-ul de 8 biți este furnizată de formatorul de rampă (DAC de 5 biți) controlat prin regiștrii localizați în memoria RAM.
- *Monitoring*: secțiunea de monitorizare conține un convertor ADC de 10 biți și un registru rezultat ce permite monitorizarea a cinci valori analogice externe, cum sunt temperatura și tensiunea bateriei. Selectarea intrării și citirea regiștrilor se face prin interfața serială.

Codificarea semnalului vocal

Codorul/decodorul (codec) de semnal vocal procesează semnalul audio analogic în calea de uplink și transmite acest semnal prin interfața serială pentru eventuale modulații de bandă de bază. În calea de downlink, circuitul de codare transformă semnalul vocal recepționat prin interfața serială în semnal analogic audio.

Calea de downlink pentru semnale vocale

Calea de downlink pentru semnale vocale recepționează eșantioane cu o rată de 8 KHz de la interfața serială vocală și le convertește în semnale analogice pentru traductorul vocal extern.

Semnalul vocal digitalizat provenit de la interfața serială vocală este mai întâi trecut printr-un filtru IIR ("speech-digital infinite-duration impulse response"), care are două funcții principale (vezi Fig.4).

Prima funcție îndeplinită de filtru este de a interpola semnalul de intrare și de a crește frecvența de eșantionare de la 8 KHz la 1 MHz pentru a face posibilă conversia A/D printr-o modulație cu supraeșantionare. Cea de-a doua funcție îndeplinită este de limitare a benzii semnalului vocal cu ajutorul unui filtru trece-jos (FTJ).

Semnalul interpolat și limitat în bandă este trecut printr-un modulator sigma-delta de ordinul doi și esantionat la 1 MHz pentru a genera semnal supraeșantionat ce conduce convertorul DAC. Datorită conversiei și a supraeșantionării, semnalul analogic obținut la ieșirea DAC este amestecat cu zgomot de înaltă frecvență. Zgomotul este filtrat cu ajutorul unui filtru trece-jos de ordinul trei cu capacități comutate iar semnalul filtrat este amplificat cu un amplificator cu câștig programabil (PGA) pentru controlul volumului. Controlul volumului se

realizează în trepte de 6 dB, de la 0 la -24 dB. În starea de "mute" atenuarea este mai mare de 40 dB. Ajustarea fină a câștigului este posibilă în gama -6 dB..6 dB cu trepte de 1 dB pentru calibrarea sistemului, în funcție de caracteristicile traductorului vocal extern. Configurația este programabilă prin intermediul regiștrilor.

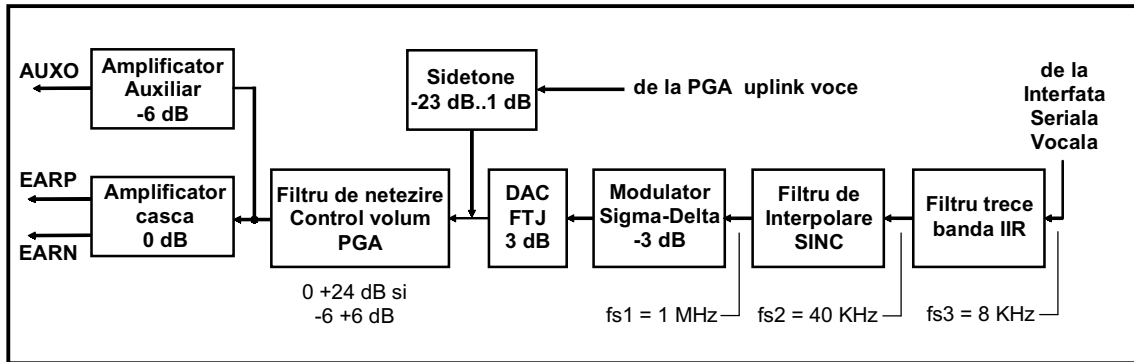


Fig. 6.4. Calea de downlink pentru semnale vocale în TCM4400

Ieșirea PGA este trecută prin două etaje separate : amplificatorul de cască ("earphone") ce furnizează semnal diferențial terminalelor EARP/EARN și un amplificator auxiliar ce furnizează semnal terminalului AUX0. Ambele amplificatoare pot fi active simultan.

Între ieșirea PGA din calea de uplink vocal și intrarea PGA din calea de downlink vocal este conectată o cale de "sidetone". Termenul de sidetone denumește transmiterea în cască a sunetului recepționat în microfon, pentru a se preveni situația în care utilizatorul, datorita faptului ca auzul îi este partial obturat de cască, vorbește mai tare în microfon. Calea de sidetone ofera 7 nivele de câștig programabile (1 dB, -2dB, - 5 dB, -8 dB, -11 dB, - 14 dB, -17 dB, -20 dB, - 23 dB) și o poziție de "mute".

Calea de uplink pentru semnale vocale

Calea de uplink pentru semnalul vocal conține două etape principale (Figura 6.5).

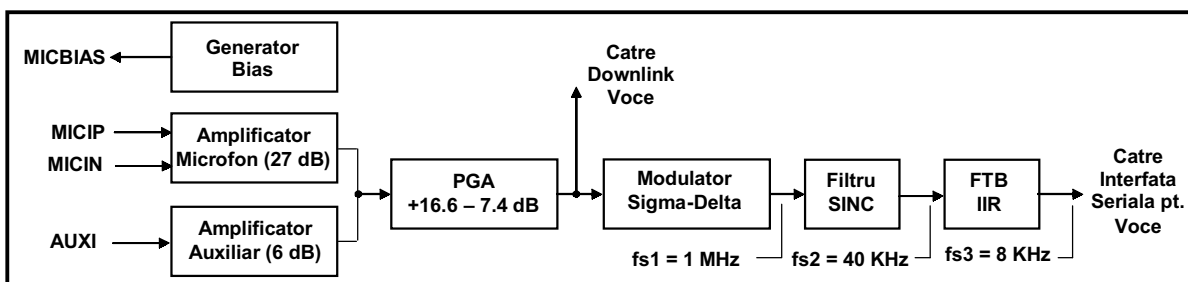


Fig.6.5. Calea de uplink pentru semnale vocale în TCM4400

Prima etapă conține un amplificator al semnalului obținut de la microfon. Amplificatorul are un câștig de 27 dB și furnizează o tensiune externă între 2 și 2.5 V circuitului de polarizare a microfonului (BIAS). Intrarea audio auxiliară poate fi folosită ca sursă alternativă pentru un semnal vocal cu nivel mai înalt. În această etapă se efectuează o conversie la semnal diferențial cu un câștig de 6 dB. Când este folosită intrarea audio auxiliară, intrarea microfonului este dezactivată și alimentarea acestuia este oprită. Dacă ambele amplificatoare (cel de microfon și cel auxiliar) sunt în funcțiune, doar semnalul de la microfon este amplificat și transmis căii de uplink vocal.

Semnalul diferențial rezultat este furnizat unui amplificator cu câștig programabil (PGA) ce permite ajustarea nivelului la gama dinamică a convertorului ADC, determinată de valorile tensiunii interne de referință. Câștigul programabil poate fi stabilit la una din valorile din gama -12dB..+12 dB cu trepte de 1 dB și este programabil prin regiștrii. Conversia analag-digitală este realizată cu un modulator sigma-delta de ordinul trei la o rată de eșantionare de 1 MHz. Ieșirea convertorului A/D este furnizată unui filtru digital ce realizează o decimare la 8 KHz și limitează banda semnalului prin filtrare trece-jos. Eșantioanele obținute sunt apoi transmise DSP-ului prin intermediul interfeței seriale vocale la o rata de 8 KHz. Funcțiile programabile ale căii de uplink pentru semnalul vocal (pornire, selecția intrării, câștig) sunt controlate de DSP sau MCU prin intermediul interfeței seriale.

6.2. Chipset-uri GSM produse de firma Analog Devices

Producătorul american Analog Devices a realizat un chipset pentru receptoarele de telefonie celulară format din două circuite principale (vezi Figura 6): circuitul de prelucrare semnale în bandă de bază SoftFone™ și transceiverul de semnale de radio-frecvență Othello™. În continuare, sunt descrise cele două componente ale chipset-ului, cu descrierea succintă a modului de funcționare a transceiverului de semnale RF.

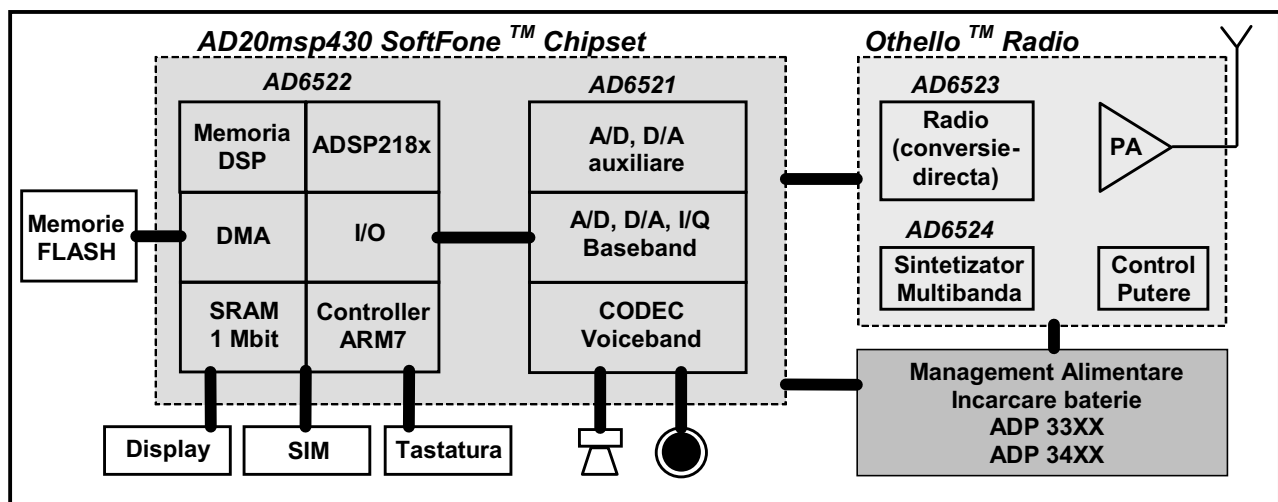


Fig. 6.6. Chipset-ul GSM produs de firma Analog Devices

Arhitectura SoftFone™ (AD20msp430)

SoftFone este un circuit de prelucrare de semnale în bandă de bază utilizabil în receptoarele GSM, GPRS, DCS1800, și PCS1900. Circuitul de bandă de bază AD20msp430 este compus din două circuite separate: procesorul de semnale de bandă de bază AD6522 și codec-ul de semnale mixte A/D de bandă vocală. Împreună cu transceiverul de radio-frecvență Othello™ formează un chipset complet pentru receptoare multibandă, având mai puțin de 200 de componente incluse pe o suprafață de numai 20 cm² (implementare pe un PCB "single sided"). Din punct de vedere al costului implementării, întregul chipset costă cu 20-30% mai puțin decât soluțiile anterioare.

Arhitectura SoftTone™ este bazată în totalitate pe memorie RAM. Software-ul este încărcat din memoria FLASH și este executat din memoria RAM on-chip. Aceasta permite cicluri de dezvoltare mai rapide, nefiind utilizate memoriile ROM, software-ul putând fi foarte ușor actualizat (un terminal GSM dual-band cu funcții de bază necesită 8 Mb de memorie FLASH on-chip).

Procesorul DSP utilizat are un "core" (miez sau nucleu) de ADSP218x ce operează la 65 MIPS (million instructions per second).

Caracteristici:

- suportă toți algoritmi de codare vocală (FR- full rate, EFR- enhanced full rate și HR- half rate) pentru compatibilitate cu toate rețelele GSM
- oferă servicii de date în modurile standard circuit-switched (14.4 kbps), HSCSD (57.6 kbps) și GPRS (max. 115 kbps)
- 1 Mb de memorie SRAM on-chip plus 8 Kb memorie de program, 8 Kb memorie de date și 4 Kb de memorie cache pentru DSP
- curentul de standby de 1 mA permite o funcționare de până la 6 săptămâni între reincărcări (pentru baterii de 1000 mAh)
- stivă software de protocol completă, disponibilă pentru aplicațiile de voce și date
- suită completă de unelte de evaluare/dezvoltare
- interfață programabilă Universal Sistem Connector

SoftTone conține un procesor digital de semnal (DSP) puternic, echivalent cu ADSP-218x pentru prelucrarea datelor provenite de la convertoarele A/D sau trimise către convertoarele D/A de bandă vocală. Asupra datelor se execută operații de criptare, întretesere, pachetizare, transmisie, recepție, de-pachetizare, separare, decriptare și decodare.

Cu ajutorul unui microcontroller (ARM sau Hitachi H8) și al unui procesor, se implementează multiplexarea cu divizare în timp (TDMA - "Time-Division Multiple Access") și funcțiile de salt în frecvență pentru menținerea unei convorbiri telefonice pe un anumit canal de timp și frecvență. Microcontrollerul implementează de asemenea interfața cu utilizatorul uman și implementează protocoalele de comunicație cu stațiile de bază ("base stations").

Arhitectura radio Othello™

Majoritatea telefoanelor celulare actuale conțin cel puțin o cale de conversie ("downconversion") în lanțul de procesare de semnal. Aceasta realizează conversia de frecvență a semnalului din banda de RF alocată (de ex. 900 MHz) la o frecvență intermediară mai scăzută (IF) unde selecția canalelor se face cu ajutorul unui filtru cu bandă de trecere mai îngustă, de obicei filtre cu undă mecanică de suprafață (SAW - Surface Acoustic Wave) sau cu filtre ceramice. Semnalul astfel filtrat este apoi convertit către o frecvență intermediară IF sau direct către banda de bază, unde este digitizat și demodulat în cadrul procesorului de semnal DSP.

Ideea utilizării conversiei directe pentru receptoare a exercitat dintotdeauna un real interes pentru proiectanții de circuite RF. Motivul este evident: etapele de conversie sunt costisitoare și ocupă o suprafață considerabilă din suprafața chip-ului. Fiecare etaj de conversie necesită un oscilator local (adesea fiind necesar și un sintetizor de frecvență pentru menținerea oscilațiilor locale într-o anumită bandă de frecvență), un mixer, un filtru și (posibil) un amplificator. Astfel, receptoarele cu conversie directă sunt o variantă deosebit de atractivă. Toate etajele intermediare sunt eliminate, reducându-se costurile, volumul și greutatea receptoarelor.

Circuitul radio Othello reduce numărul de componente chiar mai mult, prin integrarea amplificatorului de zgomot redus (LNA) pentru GSM. Acesta elimină necesitatea utilizării filtrării RF (filtrarea "imaginii").

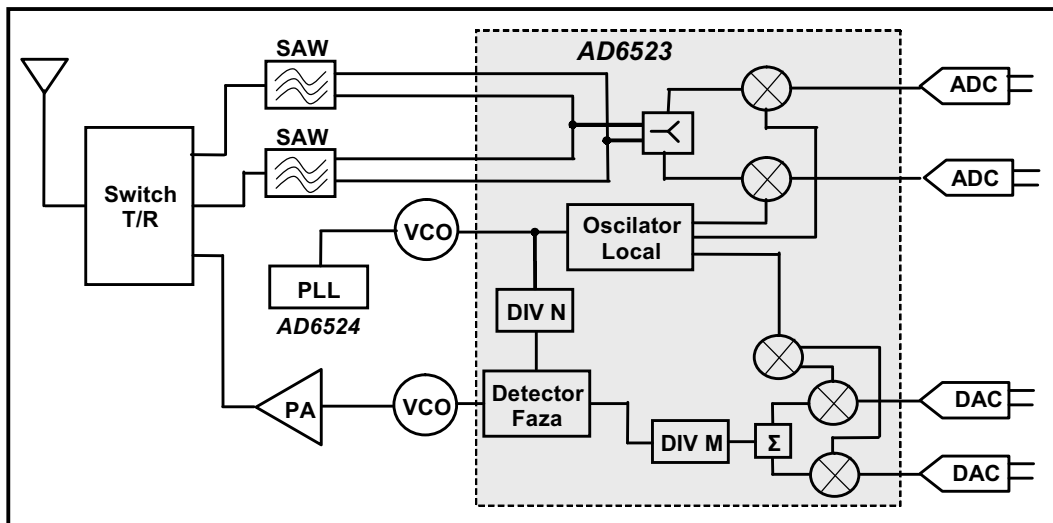


Fig. 6.7. Chipset-ul GSM produs de firma Analog Devices

Diagrama bloc a arhitecturii GSM dual-band Othello este prezentată în Figura 6.7. Secțiunea de recepție este reprezentată în partea superioară a schemei. De la conectorul de antenă, semnalul achiziționat intră în circuitul de comutare (switch) recepție/transmisie și iese spre calea de recepție corespunzătoare (925-960 MHz pentru banda GSM sau 1805-1880 pentru DCS). Semnalul este apoi trecut printr-un filtru de RF, așa numitul "filtru de acoperire" ce servește la trecerea întregii benzi a semnalului util și atenuarea tuturor frecvențelor din afara

benzii acestuia (FTB de tip SAW) pentru prevenirea saturației componentelor active. Acesta este prima componentă cu câștig din sistem, reducând contribuția etapelor ulterioare la zgomotul din sistem. După LNA, mixerul de conversie directă translatează semnalul util din frecvență RF în semnal de bandă de bază prin multiplicarea semnalului util cu semnalul de la ieșirea oscilatorului local (LO). Ieșirea mixerului este apoi trimisă în cuadratură (pe canale I și Q) către amplificatorul de bandă de bază cu câștig variabil (VGA - Variable Gain Amplifier). VGA realizează de asemenea o filtrare a canalelor adiacente și atenuarea semnalelor din bandă, altele decât canalul curent, aflate la o distanță de 3 MHz sau mai mare. Filtrarea acestor semnale este importantă pentru prevenirea saturației convertoarelor A/D. După etapa de amplificare, semnalul util este digitizat de un convertor A/D. Secțiunea de transmisie are ca intrări canalele multiplexate I ("in-band", partea reală) și Q ("quadrature", partea imaginară).

GSM este un sistem cu multiplexare în timp (TDD-"Time Division Duplex") deci receptorul și transmițătorul nu sunt niciodată active în același timp. Arhitectura radio Othello folosește acest lucru pentru a reduce cu patru numărul total de pini al capsulei. Semnalele de cuadratură I și Q intră în transmițător multiplexat prin pini de I/O. Aceste semnale sunt apoi modulate cu o purtătoare la o frecvență mai mare de 100 MHz. Ieșirea modulatorului intră într-un detector fază-frecvență (PFD) unde este comparată cu o frecvență de referință generată de un oscilator local extern. Ieșirea PFD este introdusă pe intrarea de acord a unui oscilator controlat în tensiune (VCO) cu gama de frecvențe pentru cele două benzi, GSM și DCS. Ieșirea VCO este trimisă în două direcții: către un amplificator de putere (PA) ce amplifică semnalul de la +3 dBm la +35 dBm și îl trimite către switch-ul de emisie/recepție și către un filtru trece jos ce atenuază armonicile amplificatorului de putere. Ieșirea VCO merge de asemenea către mixerul de reacție ("feedback") ce convertește semnalul la frecvență intermediară IF și îl folosește ca semnal de oscilator local pentru modulatorul transmițătorului.

Această modulație poartă mai multe denumiri, cea mai descriptivă fiind probabil "translation loop". Schema de modulație este GMSK (Gaussian-filtered minimum shift keying). Acest tip de modulație nu afectează amplitudinea anvelopei, ceea ce înseamnă că un amplificator de putere nu va afecta nici chiar la saturație semnalul GMSK.

GMSK poate fi generată în mai multe moduri. În standardul european pentru telefonie fără fir ("cordless"), GMSK este creată prin modulația directă a unui VCO cu un semnal trecut printr-un filtru Gauss. În GSM s-a ales modulația în cuadratură. Modulația în cuadratură crează semnale GMSK fără defazaje, dar anumite imperfecțiuni în circuitul modulator pot produce fluctuații de anvelopă ce pot apoi degrada traiectoria de fază atunci când amplificatoarele de putere sunt saturate. Pentru evitarea acestui neajuns, producătorii de terminale GSM au fost nevoiți să utilizeze amplificatoare cu o liniaritate crescută, reducând însă eficiența și timpul de convorbirilor între două încărcări ale bateriei.

Modulatorul "translation loop" combină avantajele oferite de modulația directă a unui VCO cu modulația în cuadratură. Astfel, schema implementează un PLL ("phase locked loop") format din modulator, semnalul LO, ieșirea VCO și mixerul de reacție. Rezultatul este o modulație directă a

VCO cu o anvelopă perfect constantă și o traiectorie de fază aproape perfectă. Erorile traiectoriei de fază măsurate la un transceiver AD6523 nu depășesc 1.5° .

6.3. Procesorul de bandă de bază ML2020 (producător Mobilink)

Procesorul Mobilink ML2020 este destinat procesării semnalelor în bandă de bază pentru receptoare GSM/GPRS. Implementările cu ML2020 pot folosi o tastatură și un display LCD sau interfața PCMCIA disponibilă. Datorită caracteristicilor sale, ML2020 este un procesor destinat în principal aplicațiilor de Internet Wireless.

Toate funcțiile de procesare (analogice și digitale) a semnalelor de bandă de bază sunt implementate într-un singur chip. Funcțiile de interfață și driverele sunt integrate pentru a putea conecta direct la porturile chip-ului toate componentele auxiliare (microfonul, difuzorul, display-ul, tastatura, SIM-ul și terminalul de date).

Interfața flexibilă de control pentru bandă de bază suportă toate tipurile de transceivere, în benzile de frecvență GSM850, E-GSM900, GSM1800 și GSM1900. Acceleratoarele hardware împreună cu software-ul HSCSD și GPRS permit viteze de transfer de date până la 57.6 Kbps și 84.4 Kbps. ML2020 conține de asemenea circuite de voce pentru aplicațiile vocale. Cu ajutorul procesorului ARM se implementează o compresie V.42 a datelor, ridicând de patru ori viteza de transfer a datelor în standard GPRS și HSCSD.

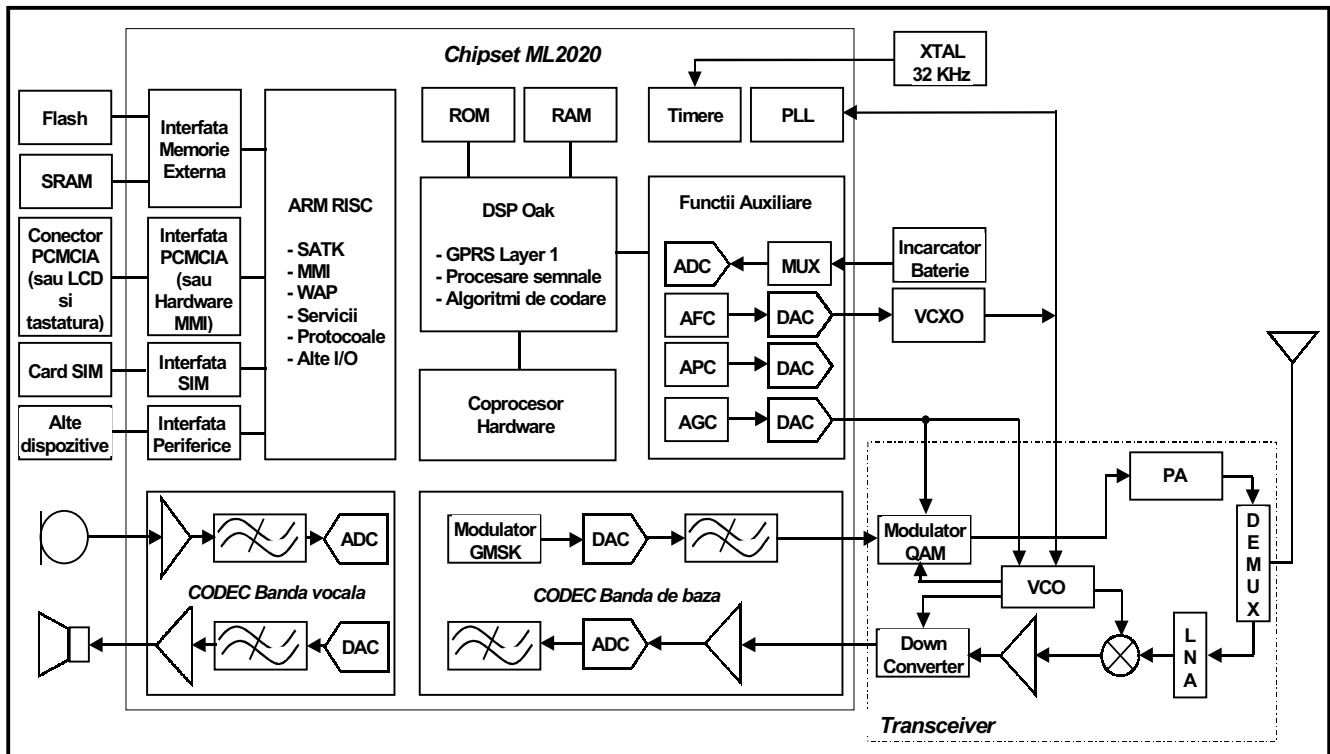


Fig. 6.8. Procesorul de bandă de bază ML20202 al firmei Mobilink

Procesorul ARM7TDMI rulează de asemenea aplicații software de nivel înalt, cum sunt SATK ("SIM Application Toolkit"), navigare WAP și interfața utilizator. Poate fi conectat la diferite chip-uri polifonice pentru sonerie și poate controla diferite display-uri LCD.

Procesorul de semnale Oak DSP implementează funcțiile de la nivelul fizic cum sunt CODEC vocal, CODEC de bandă de bază, controlul transceiverului RF/IF. Pentru reducerea consumului de putere, Oak DSP folosește un coprocesor hardware pentru calculul anumitor funcții de procesare.

Aplicabilitate:

- aplicații Wireless Internet (GPRS de înaltă viteză, în clasă 12)
- modem-uri wireless
- receptoare GPRS tip B, multi-bandă

Caracteristici:

- un singur chip 180 de pini, 12mm x 12mm
- funcționare în regim de terminal de voce GSM
- funcționare în regim de terminal de date :
 - GPRS (multi-slot, în clasă 12): până la 84.4 Kbps
 - HSCSD (multi-slot, în clasă 12): până la 57.6 Kbps
 - GSM (single-slot): până la 14.4 Kbps
- interfețe compatibile PCMCIA, IrDA și Multi-voltage SIM
- funcționare multi-bandă, în benzile de frecvență GSM850, E-GSM900, GSM1800 și GSM1900
- consum de putere scăzut: 3V I/O și 2V miez ("core") CMOS
- interfață integrată pentru display și tastatură
- trei porturi seriale UART pentru date/fax/testare
- interfață de control flexibilă pentru transceiverul RF: semnale neterminate sau modulate QAM, AGC ("Automatic Gain Control"), AFC ("Automatic Frequency Control") și interfață serială de control
- frecvențe flexibile de procesare: între 0 și 52 MHz atât pentru ARM7TDMI cât și pentru Oak DSP
- semnal de ceas în timp real

Platforma de dezvoltare Mobilink MDS-3200

MDS-3200 este o platformă de dezvoltare a sistemelor GSM/GPRS ce poate fi folosită pentru proiectarea receptoarelor de telefonie celulară și a interfețelor utilizator pentru acestea. Placa permite dezvoltarea de aplicații în domeniul receptoarelor de telefonie celulară în benzile de 900, 1800 și 1900 MHz. Sistemul conectează rapid și ușor placa de testare GSM/GPRS la orice calculator cu un port serial RS232. În total sunt disponibile trei porturi seriale pentru

conectarea altor accesorii, descărcarea software-ului și autentificari de protocol în timpul rulării. Sistemul de dezvoltare MDS-3200 conține :

- placa principală cu display LCD, tastatură, conector SIM, circuit FPGA cu ROM, analizor logic și conectori de semnale analogice, memorie SRAM de 512 KB și 4 MB de memorie Flash
- procesor GSM/GPRS model ML2020 și modul RF dual-band (GSM900 și GSM1800)
- SIM de testare, receptor de telefon, cabluri seriale și de alimentare
- CD cu software de dezvoltare precum și sursele C pentru driverele componentelor audio, parametrilor GSM/GPRS, etc

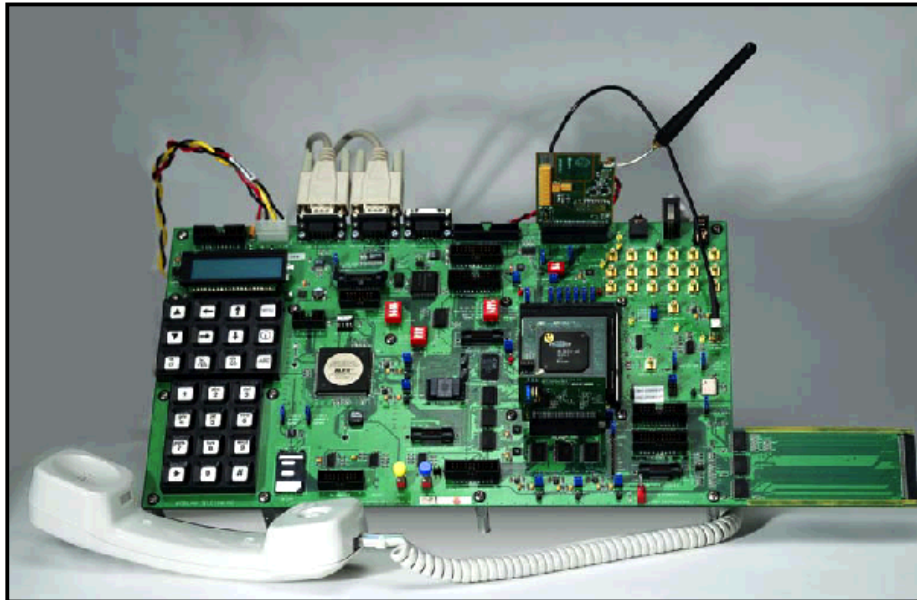


Fig. 6.9. Sistemul de dezvoltare MDS-3200 al firmei Mobilink

Link-uri utile

1. [<http://www.analog.com/technology/RFCComms/cellularHandsets/pdf/430chipset.pdf>] "Analog Devices AD20msp430 - GSM/GPRS/DCS1800/PCS1900 SoftFoneTM Baseband Chipset"
2. [<http://www.analog.com/library/analogDialogue/archives/33-10/othello/Othello.pdf>] "Othello™: A New Direct-Conversion Radio Chip Set Eliminates IF Stages", Dan Fague, Analog Devices 1999
3. [http://www.analog.com/technology/RFCComms/cellularHandsets/pdf/othello_brief.pdf] "Analog Devices AD6523/AD6524 - GSM Direct Conversion Radio Chip Set"
4. [<http://www.analog.com/technology/RFCComms/cellularHandsets/pdf/visualfone.pdf>] "Analog Devices VisualFoneTM Development Environment for Cellphones and Wireless Portable Computers"
5. [<http://www-s.ti.com/sc/ds/tcm4400.pdf>] "Texas Instruments TCM4400 - GSM/DCS Baseband and Voice A/D D/A Interface Circuit Data Manual", SLWS029B January 1998
6. [<http://www-s.ti.com/sc/ds/tcm4400e.pdf>] "Texas Instruments TCM4400E - GSM/DCS Baseband and Voice A/D and D/A RF Interface Circuit", SLWS082A–Revised March 2000
7. [<http://www-s.ti.com/sc/ds/trf1020.pdf>] "Texas Instruments TRF1020 - GSM Receiver", SLWS028B – Revised September 1998
8. [<http://www-s.ti.com/sc/ds/trf3520.pdf>] "Texas Instruments TRF3520 - GSM RF Modulator/Driver Amplifier", SLWS060A – May 1998
9. [<http://www.mobilinktel.com>] "Mobilink Telecom ML2020 - GSM & GPRS Single-Chip Baseband Processor", Mobilink Telecom, Inc.
10. [<http://www.mobilinktel.com>] "Mobilink Telecom MDS-3200 - GSM / GPRS Handset and Module Development System"