



# FPGA + radio ger 60 GHz-länk för småceller

En FPGA och en radiokrets är (nästan) allt som behövs för att skapa en 60 GHz-länk som kan koppla upp en pikobasstation

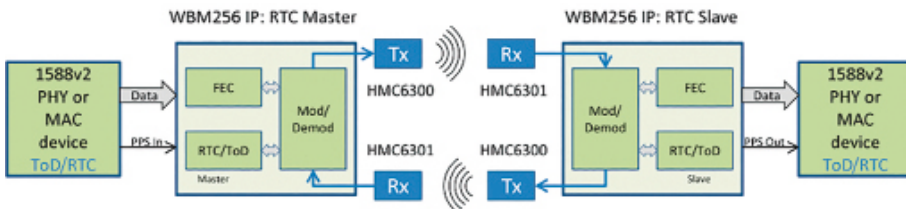
Av John Kilpatrick, Robbie Shergill, Analog Devices och Manish Sinha, Xilinx



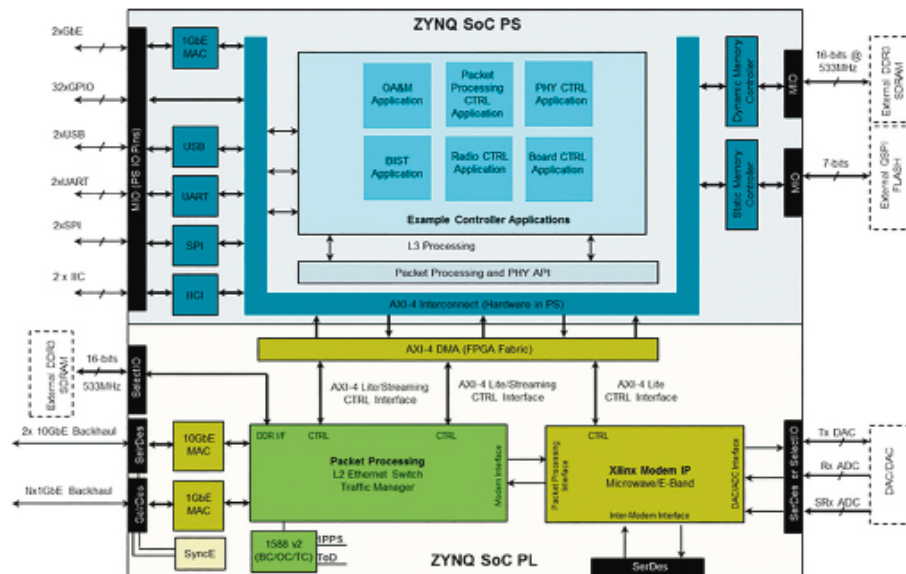
**John Kilpatrick** är rf-specialist inom kommunikationsområdet med över 25 års erfarenhet. Han har lett avancerade projekt inom trådlös kommunikation inklusive utveckling av både hård- och mjukvara, signalbehandlingsalgoritmer och nu senast utveckling av integrerade RF-kretsar.

**Robbie Shergill** blev ansvarig för applikationer på Analog Devices kontor i Kalifornien så sent som i juli 2014. Tidigare har han arbetat på Hittite, Texas Instruments och National Semiconductor.

**Manish Sinha** har arbetat med produktmarknadsföring på Xilinx sedan 2012.



Figur 1. Blockdiagram över den kompletta tvåvägs kommunikationslänken.



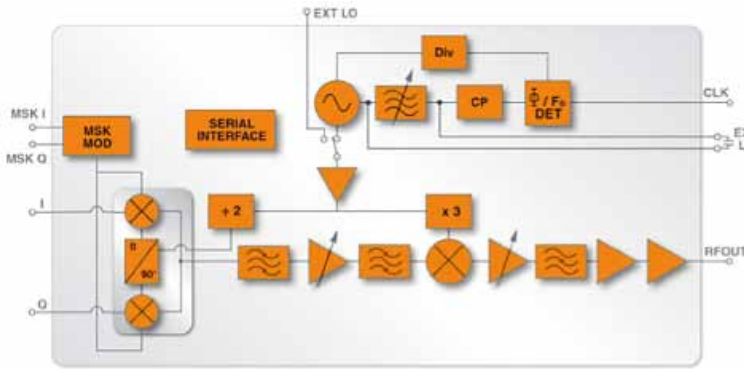
Figur 2. FPGA-baserad systemkrets för modemtillämpningar.

Den ständigt ökande datatrafiken i världens mobilnät medför att operatörerna behöver nya lösningar för att kunna öka kapaciteten 5 000 gånger fram till 2030. En del i lösningen är fler celler som i många fall placeras inomhus där en stor del av trafiken genereras. Optisk fiber är det vanligaste valet för att ansluta sajterna men det finns många platser – framförallt utomhus – där det inte är praktiskt möjligt eller blir för dyrt. I dessa fall är mikrovågslänkar ett bra alternativ.

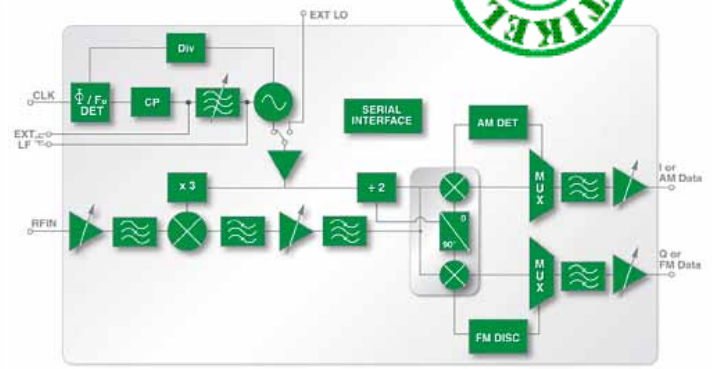
Det finns olicensierat spektrum på 5 GHz-bandet som inte kräver fri sikt mellan sändare och mottagare. En svaghet är att bandbredden är begränsad och att man måste räkna med störningar från andra användare särskilt som det nyttjas hårt och antennloberna ofta är breda.

**SOM ETT ALTERNATIV** för att koppla upp dessa sajter börjar det komma kommunikationslänkar på 60GHz. Det högre spektrumet är olicensierat och i motsats till det som finns under 6 GHz har det band på upp till 9 GHz. Dessutom gör de högre frekvenserna det möjligt att skapa smala antennlobar som är mindre känsliga för störningar.

Xilinx har tillsammans med Hittite Microwave (numera en del av Analog Devices) utvecklat en komplett tvåvägs datalänk på



Figur 3. Blockdiagram för sändarkretsen HMC6300 60.



Figur 4. Blockdiagram för mottagarkretsen HMC6301.

60GHz som passar perfekt för att koppla upp små celler. Xilinx stod för de digitala delarna av modemmet och Analog Devices för millimetervågsradion.

Som framgår av figur ett behövs två noder för att skapa länken. Varje nod innehåller en sändare inklusive modulator och tillhörande analog sändkedja (Tx) plus en mottagare inklusive demodulator liksom tillhörande mottagarkedja (Rx).

**MODEMKORTET HAR OSCILLATORER** (DPLL module) för att klara noggrannheten i frekvenssyntesen och alla digitala delar körs i en FPGA eller systemkrets. Den här modemkärnan för en bärvåg stödjer modulationsformer från QPSK till 256 QAM med kanalbandbredder upp till 500MHz vilket ger datatakter på 3,5 Gbit/s. Modemet stödjer också FDD (frequency-division duplex) och TDD (time-division duplex). En robust modemdesign minskar påverkan av fasbruset i lokaloscillatorn och kraftfull LDPC-kodning används för att förbättra prestanda och länkbudget.

Xilinx lösning för millimetervågsmodem gör det möjligt för tillverkare av infrastrukturprodukter att utveckla flexibla, kostnadseffektiva och anpassningsbara länkar för mobilnäten. Lösningen är skräddarsydd för systemkretsarna Zynq-7000 All Programmable SoC eller Kintex-7 som båda

tillverkas i en process på 28-nm.

Lösningen är fullt anpassningsbar, drar låg effekt och tar liten plats på kretskortet. De kan användas för punkt-till- punktlänkar både inomhus och utomhus liksom från en punkt till flera mottagare. Precis som med kretsarna har Xilinx mycket aggressiva planer för sin modemplösning för millimetervågsområdet som ger operatörerna en unik möjlighet att bygga skalbara system som går att uppgradera i fält.

**FIGUR TVÅ VISAR** fler detaljer i modemmet som implementerats i en Zynqkrets. Bredvid den programmerbara logiken finns två hårda processorkärnor i form av Arm Cortex-A9. De har integrerade minneskontroller liksom in- och utgångar för olika bussar. Plattformen är extremt flexibel. I det här exemplet används den för att göra olika operationer på data och styrsignaler liksom för hårdvaruacceleration. Ett integrerat millimetervågsmodem komplett med PHY, kontroller, systemgränssnitt och paketprocessor visas i figur 2. Beroende på kraven kan man addera, uppdatera eller ta bort olika moduler. Anta att du vill ha en kombinerad av XPIC-typ så att du kan använda modemmet med korspolariserade signaler tillsammans med andra modem. Lösningen är implementerad i den programmerbara logiken där Serdes liksom in- och utgångar

används för olika datavägar bland annat de mellan modemmet och paketprocessorn, mellan paketprocessorn och minnet, intern i modemmet eller mellan AD- och DA-omvandlare.

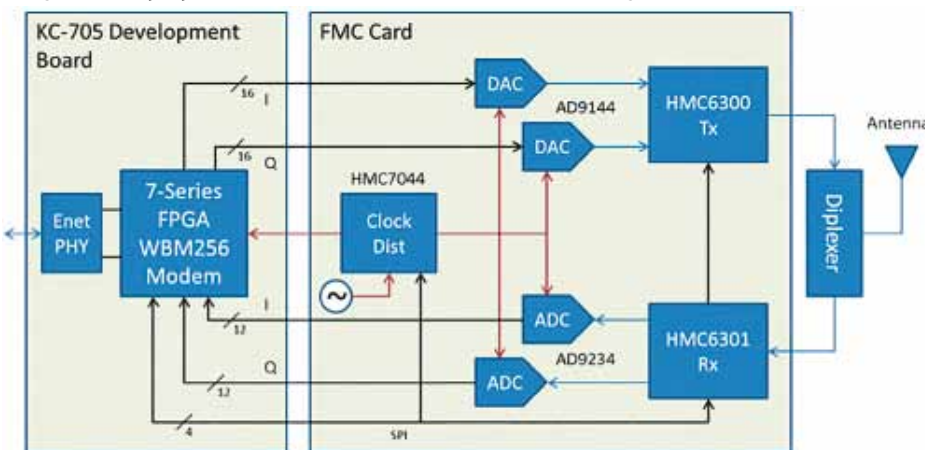
En del av de andra intressanta funktionerna i Xilinx IP-block inkluderar automatisk tillståndsswitchning utan fel genom adaptiv kodning och modulation (ACM) för att hålla länken i drift. Adaptiv och återkopplad fördistorsion (DPD) förbättrar effektivitet och linjäritet, synkron Ethernet (SyncE) används för att få klocksynchronisering, Reed-Solomon eller LDPC (low-density parity check) används för felkorrigering. Vad man väljer beror på designkraven. LDPC är standard i länkar till mobilnät medan Reed-Solomon är att föredra i applikationer med korta fördröjnings-tider som i accessdelen av nätet.

**IMPLEMENTATIONEN AV LDPC** är starkt optimerad och drar nytta av den parallellitet som FPGA:an erbjuder för beräkningar vid kodning och avkodning. Resultatet märks i en förbättring av signal-till-brusförhållandet. Man kan få olika grader av parallellism genom att variera antalet iterationer av LDPC-kärnan. På så sätt går det att optimera storleken och effektförbrukningen för avkodaren. Man kan också modellera lösningen utgående från kanalbandbredd och begränsningar i överföringen.

Xilinx modemplösning kommer med ett kraftfullt grafiskt gränssnitt som kan användas både för att studera signalerna och för avlusning. Det har högnivåfunktioner som kanalbandbredd eller val av modulation men också lågnivåfunktioner som att sätta lågnivåregister. För att nå 3,5 Gbit/s för lösningen i figur ett körs modemets IP-block med 440MHz klockhastighet. Det använder fem transceivers med gigabit-hastighet för kommunikation med AD- och DA-omvandlare och ytterligare ett par för datatrafiken på 10Gbit/s och kommunikation via CPRI-gränssnittet.

I slutet av 2014 lanserade Analog Devices den andra generationen av sitt kretspaket på 60GHz som tillverkas i en kiselgermaniumprocess. Det är kraftigt förbättrat vad

Figur 5. Exempel på en referenskonstruktion med Xilinx och Analog Devices kretsar.



gäller funktioner för länkar till småceller. Sändarkretsen HMC6300 är en komplett uppkonverterare från det analoga basbandet till millimetervågssignalerna. En förbättrad och syntetiserad oscillator täcker frekvensområdet 57GHz till 66GHz i steg om 250MHz. Fasbruset är lågt och lösningen stödjer modulation upp till 64QAM. Uteffekten har ökat till cirka 18dBm medan den integrerade effektdetektorn övervakar effekten så att den inte överstiger tillåten nivå.

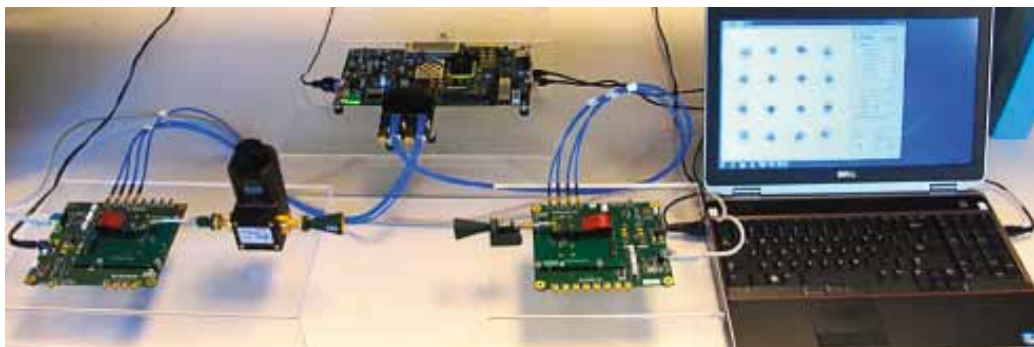
**SÄNDARKRETSEN TILLÅTER** antingen analog eller digital styrning av förstärkningen av mellanfrekvens (IF) och uteffekt (RF). Analog styrning behövs vid modulation med många nivåer eftersom en diskret förändring av förstärkningen kan misstas för amplitudmodulation vilket leder till bitfel. Digital styrning av förstärkningen stöds av det inbyggda SPI-gränssnittet.

För applikationer som kräver en mer avancerad modulation i smalare kanaler går det att ansluta en extern faslåst och spänningsstyrd oscillator med lägre fasbrus som ersätter den interna oscillatoren.

Sändaren stödjer en bandbredd upp till 1,8GHz. Som tillval finns en MSK-modulator som ger datakommunikation upp till 1,8Gbit/s utan dyra och effekthungriga DA-omvandlare.

Den tillhörande mottagarkretsen HMC6301 är även den optimerad för länkar till småceller. Mottagaren har en kompressionspunkt på -20dBm och den tredje ordningens skärningspunkt är -9dBm för att klara kommunikation på korta avstånd med parabolantenner som ger höga signalnivåer.

**ANDRA FUNKTIONER** inkluderar en låg brusfaktor på 6dB vid maximal förstärkning, justerbara lågpas- och högpassfiler för basbandet, samma syntetiserade oscillator som i sändarkretsen som stödjer 64QAM på 57GHz till 66GHz liksom analog eller digital styrning av amplituden i mellanfrekvensen och radiodelen.



Figur 6. En fungerande demonstrator.

Ett blockdiagram av mottagarkretsen HMC6301 finns i figur fyra. Notera att mottagaren också har en AM-detektor för att demodulera amplitudmodulationer som OOK (on/off keying). Det finns också en FM-diskriminator som kan demodulera enkla FM- eller MSK-signaler. Det är i tillägg till IQ-demodulatoren som används för att återvinna basbandets kvadratur signaler med QPSK eller mer komplexa modulationsmetoder av typen QAM.

Både sändaren HMC6300 och mottagaren HMC6301 finns i en BGA-liknande WLP-kapsel på 4x6 mm.

**ETT BLOCKDIAGRAM** på millimetervågsmodemmet inklusive radiosystem finns i figur 5. Förutom FPGA, modemmjukvara och kretsar för millimetervågssdelen innehåller konstruktionen ett antal andra komponenter. De inkluderar AD9234, en tvåkanalig och 12-bitars AD-omvandlar på 1GSa/s, AD9144, en fyrkanalig och 16-bitars DA-omvandlare på 2,8Gbit/s för sändaren liksom HMC7044 en klocksyntes krets med ultralågt jitter med stöd för det seriella datagränssnittet JESD204B på både AD- och DA-omvandlaren.

Xilinx och Analog Devices har tillsammans skapat en demonstrationsplattform med ett FPGA-baserat modem på Xilinx

utvecklingskort KC705 som innehåller AD-omvandlare, DA-omvandlare och klockkretsar liksom två kort för att utvärdera radiodelarna. Plattformen inkluderar en dator för att styra modemen och för att se resultaten. Vidare finns en styrbar dämpare som emulerar förlusterna i millimetervågskanalen. Xilinx utvecklingskort innehåller en Kintex-7 XC7K325T-2FFG900C som exekverar IP-blocket för modemet kallat WBM256. Det finns en standardkontakt för mezzaninkort på utvecklingskortet som kan användas för att ansluta till basbandet och radiokorten.

**MILLIMETERVÅGSMODULERNA** snäpps fast i basbandskortet. Modulerna har MMPX-kontakter för 60GHz-gränssnittet liksom SMA-kontakter om man vill ha en extern lokaloscillator.

Plattformen har all hårdvara och mjukvara som behövs för att demonstrera en punkt-till-punktlänk i mobilnätet med upp till 1,1Gbit/s i kanaler på 250MHz i varje riktning i ett frekvensmultiplexerat system.

FPGA:er blir allt vanligare i olika lösningar för radiolänkar eftersom plattformar som baseras på dem kan göras kraftigt modulära och anpassningsbara vilket reducerar den totala systemkostnaden för tillverkarna. ■