



UNIVERSITÀ DI PISA

ELETTRONICA DEI SISTEMI WIRELESS

BRUNO NERI

Anno accademico	2020/21
CdS	INGEGNERIA ELETTRONICA
Codice	308II
CFU	9

Moduli	Settore/i	Tipo	Ore	Docente/i
ELETTRONICA DEI SISTEMI WIRELESS	ING-INF/01	LEZIONI	90	BRUNO NERI DANIELE ROSSI SERGIO SAPONARA

Obiettivi di apprendimento

Conoscenze

The course aims to guide the student to the advanced design of radio-frequency and microwave integrated circuits for consumer applications, mobile terminal, health care, low power RADAR etc. To this end, after some insights related to the integrated design of the main blocks (LNA, Mixer, Oscillator, filters etc), the most advanced CAD tools will be presented by the instructor and directly used by the students to design and simulate the main blocks of the radiofrequency front. In addition to circuit-level simulation, some system-level simulation examples and related work environments will also be presented.

Modalità di verifica delle conoscenze

In the oral exam the student's ability to explain correctly the main topics presented during the course at the board will be assessed. In the laboratory report the student must demonstrate the ability to utilize a specific CAD tool (ADS) for RFIC design and simulation.

Methods:

- Final oral exam
- Laboratory report

Further information:

33% Laboratory Report (CAD design and simulation + report); 67% Oral exam

Prerequisiti (conoscenze iniziali)

Knowledge of the contents of the Telecommunications Electronics (LM) program is required. It is highly recommended that you know the contents of Analog Electronics (LM)

Programma (contenuti dell'insegnamento)

Il corso è costituito da tre moduli gestiti dai Proff. Bruno Neri, Daniele Rossi e Sergio Saponara.

1. Principi di progettazione di front end integrati a radiofrequenza (B.Neri).

Rumore e dinamica: SNR e BER, Minimum Dynamic Sygnal e Maximum Dynamic range. Budget di potenza, equazione del collegamento, SNR, BER e raggio di copertura. Distorsioni da intermodulazioni del terzo ordine: definizione, setting di misura, rapporto con punto di compressione a 1 dB, esempio di misura con analizzatore di spettro. LNA a BJT con matching integrato: dal circuito di Giacoletto alla cifra di rumore, impedenza ottima per il rumore, scelta del punto di riposo e dell'area attiva, massimizzazione del guadagno a 50 Ohm. LNA cascode. tra configurazione differenziale e single ended. Richiami sul MOS a canale corto. Circuito equivalente per il rumore alle alte frequenze. Verso il matching integrato. Confronto dal punto di vista della cifra di rumore tra diverse configurazioni. Metodo di T.H. Lee per la ricerca della soluzione ottima condizionata al budget di potenza. Mixer integrati: Guadagno di conversione della cella di Gilbert a MOS con adattamento a 50 Ohm dell'ingresso RF. Mixer a MOS a commutazione. Oscillatori integrati a filtro risonante e ad anello e controllo della frequenza di oscillazione. Introduzione al rumore di fase da un punto di vista fenomenologico e sua misura mediante analizzatore di spettro. Estrazione del rumore di fase di un VCO mediante un PLL. Approccio classico, tempo invariante, al rumore di fase e discrepanze con le osservazioni sperimentali. Il modello tempo variante di Hajimiri, la Impulse Sensitivity Function e sua definizione, applicazioni al calcolo della componente $1/f^2$ e $1/f^3$. Rumore ciclostazionario e confronto tra oscillatore a filtro risonante e ad anello di fase. Effetto del sistema di regolazione dell'ampiezza sullo spettro del rumore in uscita ad un oscillatore. Phase Frequency Detector e sua superiorità nell'utilizzo con il PLL nella fase di aggancio (frequenza di riferimento e frequenza di uscita al VCO differenti). La soluzione a charge pump e sua realizzazione in tecnologia integrata. Il problema della dead zone e relativi rimedi. Effetto della divisione per N sul rumore di fase del PLL. PII N frazionale. Dual modulus prescaler e suo utilizzo nel PLL N frazionale. Il Direct Digital Syntetizer come modulatore universale. L'utilizzo come sintetizzatore di frequenza nel confronto col PLL. Fitri a microstriscia e simulazione di layout di circuiti a microonde.



UNIVERSITÀ DI PISA

1. Ambiente ADS e simulazione circuitale di front end a radiofrequenza (D.Rossi)

Presentazione del programma del laboratorio del corso. Blocchi principali di un sistema RF e relativi parametri di merito. Flusso di progetto di un circuito integrato RF. Ruolo dello strumento di simulazione nell'esplorazione dello spazio di progetto. Inadeguatezza degli algoritmi classici di simulazione, come SPICE. Peculiarità e requisiti per la simulazione di RFIC. Proprietà degli algoritmi di simulazione Periodic Steady State Analysis. Cenni al funzionamento degli algoritmi Shooting Method e Harmonic Balance. Presentazione del design-kit IHP SG25H4 (0,25 μm HBT BiCMOS). Introduzione all'uso del CAD ADS. Esempio guidato relativo alla simulazione delle caratteristiche statiche e all'analisi ai piccoli segnali di un transistor NMOS. Caratterizzazione del transistor bipolare in configurazione emettitore comune. Analisi AC e SP per la valutazione delle caratteristiche dinamiche e di rumore del transistor. Progettazione di un LNA bipolare in configurazione cascode: circuito di polarizzazione, applicazione della tecnica del matching integrato in ingresso, guadagno di trasduttore, analisi delle non linearità (punto di compressione a 1-dB, punto di intercetta del terzo ordine). Progettazione di un LNA CMOS in configurazione cascode: richiami sul metodo di Lee per dimensionare le dimensioni dei transistori, circuito di polarizzazione, applicazione della tecnica del matching integrato in ingresso, guadagno di trasduttore, analisi delle non linearità (punto di compressione a 1-dB, punto di intercetta del terzo ordine). Implementazione e simulazione di un Mixer a cella di Gilbert doppiamente bilanciato in tecnologia bipolare: punto di lavoro, impedenze viste alle tre porte RF, OL e IF, guadagno di conversione, analisi delle non linearità (punto di compressione a 1 dB, valutazione della cifra di rumore nel circuito realizzato tramite analisi di rumore non lineare, valutazione dell'intercetta del terzo ordine).

3. Simulazione di circuiti digitali e analogici veloci; simulazioni a livello di sistema (S.Saponara)

Progettazione RF per circuiti digitali veloci (Gbps). Contenuto frequenziale di segnali digitali e impulsivi. Logica CML con coppia differenziale e polarizzazione a specchio e confronto con CMOS. Inverter e latch CML per operare a frequenze superiori al GHz. Analisi sia single-ended che differenziale di dinamica e impedenza di uscita, dinamica di ingresso, consumo di potenza e polarizzazione, velocità di inverter e latch CML. Driver CML e adattamento di impedenza di uscita. Tecniche di progettazione per aumento frequenza massima di lavoro: inductive peaking, dimensionamento di cascata di driver per pilotaggio carichi e/o pad per chip. Esempio di progettazione di driver multi-stage in 65 nm e 28 nm. Regole di progetto di oscillatori integrati sia di tipo ring-oscillator che LC tank-oscillator. Esempio di tecniche di controllo di ampiezza e di frequenza di oscillazione. Esempio di progettazione di VCO integrati in 65 nm, analisi di realizzazione di induttori integrati, analisi PVT. Introduzione su modelli per analisi architetturale di sistemi elettronici wireless. Peculiarità progettazione ad alta frequenza vs approccio analogico o digitale a basse frequenze. Introduzione su nuovi trend per progettazione integrata elettronica -fotonica. Esempio di progettazione in tecnologia iSiPP50G di circuiti silicon-photonics (intervento Ing Cammarata) ad alta velocità, alta-frequenza. Uso di modelli Matlab/Simulink per modellizzazione a livello sistema di transceiver wireless. Esempio di progetto di un transceiver con trasmettitore e ricevitore omodina. Esempio di modelli a varie frequenze. Diversi modi per modellizzare LNA, Power amplifier, mixer, oscillatori. Uso parametri S con file touchstone da CAD tool ADS a Matlab/Simulink. Esempio analisi segnali nel dominio del tempo e spettro in frequenza.

Bibliografia e materiale didattico

Il seguente testo è raccomandato; altre fonti bibliografiche di Razavi e Voinigescu sono indicate durante il corso
Thomas H.Lee "The Design of CMOS Radiofrequency Integrated Circuits", Cambridge University Press, Second Edition, 2004
Inoltre verrà fornito materiale didattico dai docenti.

Indicazioni per non frequentanti

It is possible to attend online to the lessons

Modalità d'esame

Drafting of a design and simulation of RF integrated circuits of a front end cell (e.g. LNA, power amplifier, Mixer) using ADS tools. Simulation at level system (e.g. designed block inserted into a transceiver) in Matlab / Simulink
Oral exam to discuss the project and further question on theoretical aspects of the course not covered with the project

Ultimo aggiornamento 26/09/2020 13:28