

PROGRAMMA DI ELETTRONICA PER TELECOMUNICAZIONI

INDICE DELLE DISPENSE

Anno accademico 1999/2000

1. ASPETTI DI SISTEMA: caratteristiche e concetti base

- schema base di un sistema di telecomunicazioni
- struttura di un ricetrasmettitore: aspetti di sistema e commerciali
- definizione del sistema: schemi di multiplexing, schemi di accesso al canale e applicazioni principali, vantaggi delle microonde
- definizione del front-end in funzione dell'applicazione
- applicazioni ed esempi di un Rx/Tx
- definizione, caratteristiche, caratterizzazione e struttura base di un ricevitore
- ricevitore a rivelazione diretta
- ricevitore singola conversione
- ricevitore rigenerativo
- ASH
- radio digitale
- lo studio del sistema e progetto
- i componenti base reali concentrati e ideali
- dipendenza dalle frequenze dei componenti e loro quasi linearità (esempio)
- dimensionalità dei componenti: componenti distribuiti (esempi, concetti base, proprietà)
- componenti attivi: modello fisico, circuitale, matriciale (proprietà e misurabilità)
- definizione della matrice S: significato fisico di 'a' e 'b', interpretazione di S e sue proprietà
- rappresentazione dei generatori con i parametri S
- potenza disponibile di un generatore
- i grafi di flusso
- la regola di Mason ed esempi applicativi
- la carta di Smith

2. CIRCUITI QUASI LINEARI: principi generali

(dal libro: MICROWAVE TRANSISTOR AMPLIFIER. Guillermo Gonzales)

- progetto di un amplificatore
- specifiche di un sistema elettronico
- specifiche di un amplificatore
- scelta della tecnologia
- definizione del problema del progetto
- calcolo dei coefficienti di riflessione al carico
- condizione di massimo trasferimento
- il problema della stabilità
- verifica della stabilità (sia dal punto di vista grafico che analitico)
- la stabilità incondizionata
- guadagno (le 3 forme equivalenti per valutare il guadagno di trasduzione)
- guadagno e unilaterali
- figura unilaterale di merito
- cerchi a guadagno costante (caso unilaterale e generale)
- varie espressioni del guadagno
- il rumore (termico o Johnson, shot o Schottky, flicker o excess noise o 1/f)
- modello del rumore: il BJT
- cifra di rumore (definizione)
- cifra di rumore di una cascata
- rumore nei sistemi lineari
- cerchi a cifra di rumore costante
- diagramma di flusso del progetto

3. CIRCUITI QUASI LINEARI: aspetti tecnologici

- diagramma di flusso del progetto realizzativo
- substrati (definizione di alcuni tipi)
- scelta del substrato
- substrati : rigidi e plastici
- maschere: materiali usati
- fotolitografia
- incisione (etchback e plate-up)
- connessioni di massa (via hole, wrap-around, bonding)
- GaAs MMIC Implementation (schema elettrico e lay-out)

4. CIRCUITI QUASI LINEARI: amplificatori a banda stretta

- premesse
- i componenti concentrati
- criterio di adattamento
- risonanza parallela e serie
- reti a L
- reti a T e a π
- reti a doppio L
- uso della carta di Smith
- reti a 3 e 4 componenti : vantaggi e svantaggi
- componenti distribuiti (impedenza di una linea)
- il trasformatore a $\lambda/4$ ed esempio di adattamento
- gli stub
- uso dei componenti distribuiti (circuito equivalente di una linea di trasmissione)
- discontinuità: step in width, allungamento equivalente, gap, giunzione a T
- i componenti distribuiti : riassunto e conclusioni

5. CIRCUITI QUASI LINEARI: amplificatori a banda larga

- premesse
- approccio diretto al problema
- modelli dei dispositivi attivi (modello completo e semplificato del BJT CE e dei MESFET)
- tecniche di feedback
- retroazione serie-parallelo
- retroazione serie-parallelo reattiva
- adattamento con perdite
- problema generale dell'adattamento
- adattamento e banda: limite di Fano
- modelli e limiti di Fano
- applicazione del limite di Fano e significato fisico
- circolatori e isolatori e applicazioni come metodo alternativo per l'adattamento
- giunzioni a 4 porte
- ibrido a 90° (accoppiatore simmetrico)
- ibrido a scala (branch-line hybrid)
- matrice di trasmissione (definizione, esempi e formule di trasformazione nella matrice di scattering)
- proprietà del branch-line
- amplificatori bilanciati
- divisori di potenza (Wilkinson)
- amplificatori bilanciati
- amplificatori a resistenza negativa ed esempio realizzativo utilizzando un circolatore
- disegno della Rete di Adattamento
- amplificatori a resistenza negativa ed esempio realizzativo utilizzando un disegno bilanciato con ibrido a 90°
- amplificazione distribuita
- vantaggi e limiti dell'amplificazione distribuita

6. CIRCUITI QUASI LINEARI: principali ibridi e accoppiatori

- linee accoppiate (definizione e studio)
- accoppiatori a linee accoppiate
- ibrido di Lange (Lange Coupler)
- ibrido a 180° : anello ibrido o rat-race
- il trasformatore

7. CIRCUITI QUASI LINEARI: attenuatori e sfasatori

- dinamica di un ricevitore
- controllo automatico del guadagno (AGC)
- attenuatori
- il diodo PIN (definizione, caratteristiche immediate, capacità di transizione, resistenza)
- la conduzione, i 3 possibili comportamenti e il modello del diodo PIN
- applicazioni del diodo PIN
- sfasatori
- sfasatori a linea commutata
- sfasatori a riflessione (schema basato su circolatore e su ibrido a 90°)
- sfasatori a linea caricata
- sfasatori con componenti reattivi
- interruttori SPST (single pole single throw)riflettivi : schema base serie e parallelo
- perdita di inserzione (definizione generale e applicazione negli interruttori SPST schema serie)

- isolamento (definizione generale e applicazione negli interruttori SPST schema serie)
- potenza e corrente di picco nel diodo nell'interruttore SPST schema serie
- interruttori SPDT (single pole double throw): schema di riferimento
- interruttori SPST con diodo in parallelo: calcolo dell'isolamento, perdita di inserzione, potenza e corrente di picco nel diodo
- interruttori SPDT con diodo in parallelo
- strutture composte: SPST e struttura a L e a Tee
- strutture risonanti: struttura serie e parallelo
- switch d'antenna (con struttura risonante e a banda larga)
- attenuatori (definizione e caratteristiche)
- attenuatori riflettenti
- attenuatori adattati
- attenuatori a quarto d'onda
- attenuatori bridged Tee

8. CIRCUITI QUASI LINEARI: misure vettoriali

- analizzatore vettoriale di reti
- direttività
- disadattamenti
- risposta in frequenza (tracking)
- isolamento (cross-talk)
- tipi di calibrazione (calibrazione a 1 porta o correzione a 3 termini, calibrazione a 2 porta o correzione a 12 termini, calibrazione TRL)
- accuratezza e verifica
- misure nel dominio del tempo

9. CIRCUITI NON LINEARI: principi generali

(dal libro: NONLINEAR MICROWAVE CIRCUITS. Stephen A. Maas)

- approccio al problema
- un semplice modello
- tipi di non linearità
- effetti della non linearità
- proprietà delle non linearità composte (connessione antiparallelo, antiserie e serie di non linearità)
- principali metodologie
- analisi nel dominio del tempo con rappresentazioni integro-differenziali (SPICE): definizione, vantaggi e svantaggi
- metodo del bilanciamento armonico e sue derivazioni: scomposizione circuitale e definizione dell'algoritmo
- metodi di risoluzione della matrice di bilanciamento armonico algoritmi per la soluzione del H.B.
- limiti del metodo H.B.
- metodo della serie di Volterra: applicazione del metodo per la stima del punto di compressione ad 1 dB
- metodo della serie di Volterra: caso bidimensionale
- metodo della serie di Volterra: applicazione del metodo per il calcolo dell'intercetta del 3° ordine
- metodo della serie di Volterra: generalizzazione (soluzione di circuiti a debole non linearità)

10. CIRCUITI NON LINEARI : i mixer

- definizioni
- la miscelazione
- intermodulazione (esemplificazione grafica)
- specifiche di un ricevitore GSM
- requisiti del primo mixer
- la 'famiglia' dei mixer (mixer passivi ed attivi)
- il diodo Schottky (definizione, modello, parametri del modello)
- cenni sul diodo MOTT
- il mixer single-ended (circuito ideale e reale, definizione del problema, la procedura di disegno, la procedura di innesco, le terminazioni)
- la perdita di conversione nei mixer single-ended
- il rumore nei mixer
- cifra di rumore SSB e DSB
- mixer singolarmente bilanciati
- mixer doppiamente bilanciati
- mixer bilanciati con ibridi a 90° e 180°: spiegazione degli schemi circuitali e considerazioni
- mixer a reiezione di immagine
- mixer a recupero di immagine
- mixer in sub-armonica
- mixer con transistor
- mixer a risposta quadratica
- mixer a singolo bilanciamento
- mixer a doppio bilanciamento
- la cella di Gilbert ed evoluzioni successive
- degenerazione e linearità

- una configurazione innovativa
- trasformatori monolitici
- stima del guadagno di conversione e impedenza di ingresso nella cella di Gilbert
- tensioni e correnti a P_{1dB}
- relazione tra P_{1dB} e IIP_3

11. CIRCUITI NON LINEARI: rivelatori di ampiezza

- generalità
- il video detector: definizione
- funzionamento
- le perdite nel diodo
- la sensibilità
- parametri forniti dal costruttore (residenza video e sensibilità in tensione γ)

12. CIRCUITI NON LINEARI: moltiplicatori di frequenza

- generalità
- moltiplicatori resistivi (definizione, schema base, funzionamento, polarizzazione, equazioni)
- moltiplicatori resistivi bilanciati
- moltiplicatori resistivi a BJT
- moltiplicatori a FET
- moltiplicazione reattiva
- relazioni di Manley Rowe
- reattanze N.L. : il varactor
- reattanze N.L. : step recovery diode (SRD)
- moltiplicatori a varactor (schema di riferimento, tecnica di disegno, efficienza di conversione, potenza di uscita)
- moltiplicatori a SRD (principio di funzionamento, rappresentazione equivalente del circuito, andamento delle tensioni e correnti)
- moltiplicatori a PLL
- amplificatori parametrici

13. CIRCUITI NON LINEARI: sintesi di frequenza

- principi generali (rappresentazione circuitale, instabilità circuitale, condizioni di innesco delle oscillazioni)
- condizioni di innesco e sostenimento delle oscillazioni
- generalizzazione delle condizioni di innesco
- stabilità della oscillazione (teoria di Kurokawa)
- pulling di frequenza (caratteristica qualificante degli oscillatori: definizione, valutazione e minimizzazione)
- stabilità delle oscillazioni (rumore sistematico e random)
- tipi di stabilità
- stabilità a breve termine: definizione e misura delle 4 grandezze caratteristiche
- modello del rumore di fase
- risonatori
- oscillatori a 3 punti (struttura base, equazioni generali e tipi: Armstrong, Hartley, Colpitt, Clapp-Gouriet)
- oscillatori a resistenza negativa
- VCO (voltage controlled oscillator)
- configurazioni del VCO integrati
- oscillatori integrati
- specifiche di un oscillatore
- specifiche di un VCO
- multichip packaging off-chip
- sintesi di frequenza (caso generale)
- sintesi diretta di frequenza (3 schemi circuitali differenti)
- sintesi coerente diretta in frequenza
- sintesi indiretta di frequenza (schema circuitale base e suo comportamento)
- schemi più frequentemente adoperati nella sintesi indiretta di frequenza alle microonde basse e alte
- sintesi diretta digitale (cenni)