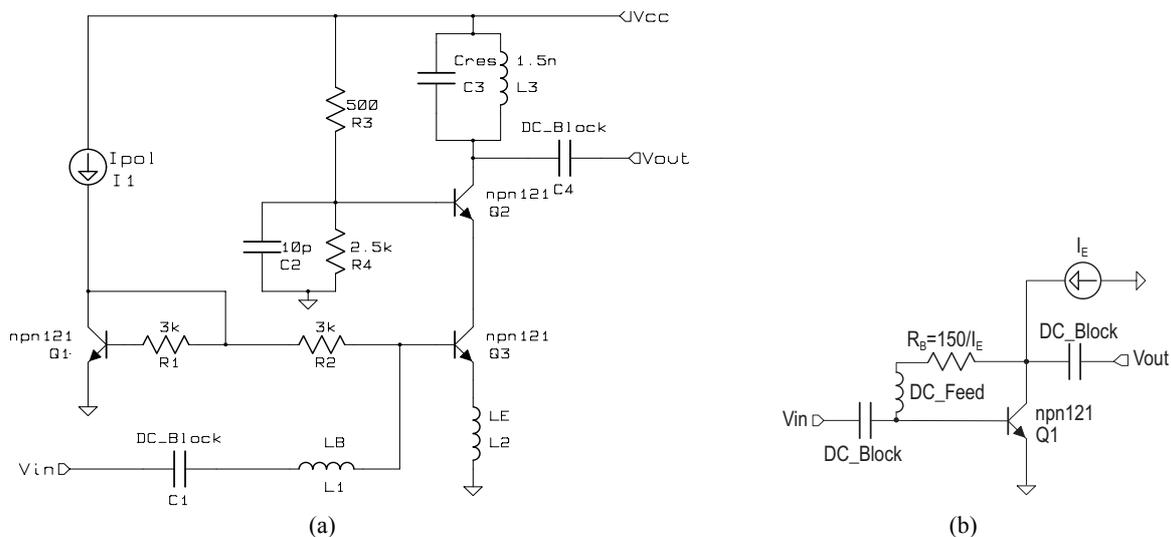


Elettronica dei Sistemi Wireless

Prova pratica del 17 dicembre 2013

Considerare lo schema dell'LNA riportato nella figura seguente (a).



La tensione di alimentazione V_{cc} del circuito è pari a 3 V e le resistenze di sorgente e di carico, non mostrate in figura, sono uguali a 50 Ω . I transistori bipolari HBT npn121 (disponibili nella libreria PRIMLIB del design kit AMS S35) sono tra loro identici e la loro lunghezza di emettitore è fissata a 10 μm .

Il dimensionamento del circuito e il calcolo dei parametri di merito dell'LNA devono essere eseguiti alla frequenza centrale $f_0 = 5,25$ GHz e alla temperatura di 25 $^\circ\text{C}$.

Facendo riferimento ai punti sotto elencati completare la scheda riportata sul retro del foglio.

1. Matching integrato

- a. Dimensionare la corrente di polarizzazione I_{pol} e la molteplicità M dei transistori, in modo tale da minimizzare la cifra di rumore minima e ottenere una corrispondente resistenza di sorgente ottima per il rumore prossima a 50 Ω . Si proceda valutando la densità di corrente ottima di collettore J_{Copt} di un singolo transistorore ($M = 1$) nella configurazione a emettitore comune, mediante il circuito mostrato in figura (b). Il valore della resistenza R_B è dato dall'espressione $R_B = 150/I_E \Omega$, dove I_E è il valore in ampere del generatore indipendente di corrente, che può essere fatto variare per determinare la densità di corrente di collettore ottima.
- b. Estrarre nel punto di lavoro "ottimo", i parametri g_m , c_{π} , c_{μ} , f_T (r_b può essere trascurata) del circuito per piccoli segnali relativo a un singolo transistorore ($M = 1$). Riportate per f_T il valore calcolato analiticamente a partire dagli altri parametri forniti nel punto di riposo dettagliato.
- c. Dimensionare con analisi parametrica, a partire dai valori calcolabili analiticamente, LE e LB in modo tale da avere il massimo trasferimento di potenza dalla sorgente all'amplificatore.

2. Guadagno di trasduttore

- a. Dimensionare con analisi parametrica, a partire dal valore calcolabile analiticamente, C_{res} in modo tale da massimizzare il guadagno di trasduttore alla frequenza centrale f_0 .
- b. Sul circuito completamente dimensionato valutare Z_{in} , e alla temperatura standard di 16,85 $^\circ\text{C}$, la cifra di rumore NF , la cifra di rumore minima NF_{min} e la corrispondente impedenza ottima di sorgente Z_{opt} .
- c. Supponendo che l'LNA sia seguito da un mixer alimentato con un'oscillazione locale a 5,5 GHz, determinare il guadagno di trasduttore alla frequenza immagine f_{IM} .

3. Analisi della linearità con la tecnica Harmonic Balance

- a. Valutare il punto di compressione a 1 dB in ingresso $iCP1dB$ e in uscita $oCP1dB$.
- b. Valutare il punto di intercetta del terzo ordine $iIP3$, utilizzando due toni f_1, f_2 centrati a f_0 e separati tra loro 1 MHz. Indicare la potenza disponibile P_{AIN} utilizzata per i due toni in ingresso, la potenza sul carico P_{out1} alla frequenza f_1 e quella P_{out21} alla frequenza $2f_1 - f_2$.
- c. Considerando i due toni in ingresso specificati al punto precedente, valutare l'ampiezza $|V_{out1}|$ della componente a frequenza f_1 del segnale di uscita, nei seguenti 2 casi:
 1) $P_{AIN1} = P_{AIN2} = -25$ dBm; 2) $P_{AIN1} = -25$ dBm e $P_{AIN2} = -5$ dBm.

Prova pratica ESW del 17/12/2013	Nome:
Valutazione (max 31 punti)	
Tempo a disposizione: <u>2 ore</u>	

1. Matching integrato (14 punti)

Singolo transistoro (M = 1)				LNA	
I_{Copt}	J_{Copt}	NF_{opt}	Z_{opt}	I_{pol}	M

Parametri piccolo segnale del singolo transistoro (M = 1)			
g_m	c_π	c_μ	f_T (analitico)

Dimensionamento analitico			Dimensionamento con analisi parametrica		
LE	LB	$Z_{in}^{(*)}$	LE	LB	Z_{in}

2. Guadagno di trasduttore (7,5 punti)

Analitico		Dimensionamento con analisi parametrica	
C_{res}	$G_T^{(**)}$	C_{res}	G_T

Z_{in}	$NF @ 16,85 \text{ }^\circ\text{C}$	$NF_{min} @ 16,85 \text{ }^\circ\text{C}$	$Z_{opt} @ 16,85 \text{ }^\circ\text{C}$

f_{IM}	$G_T @ f_{IM}$

3. Analisi della linearità (9,5 punti)

$iCP1dB$	$oCP1dB$

f_1	f_2	P_{AIN}	P_{out1}	P_{out21}	$iIP3$	$oIP3$

1) $ V_{out1} @ P_{AIN1} = P_{AIN2} = -25 \text{ dBm}$	2) $ V_{out1} @ P_{AIN1} = -25 \text{ dBm e } P_{AIN2} = -5 \text{ dBm}$

(*) risultato ottenuto dalla simulazione del circuito, utilizzando per i parametri circuitali LE , LB e C_{res} i valori calcolati analiticamente.

(**) risultato ottenuto dalla simulazione del circuito, utilizzando per i parametri circuitali LE e LB i valori dimensionati mediante analisi parametrica e per C_{res} il valore calcolato analiticamente.

Prova pratica ESW del 17/12/2013	Nome: SOLUZIONE
Valutazione (max 31 punti)	
Tempo a disposizione: <u>2</u> ore	

4. Matching integrato (14 punti)

Singolo transistoro (M = 1)				LNA	
I_{Copt}	J_{Copt}	NF_{opt}	Z_{opt}	I_{pol}	M
0,93 mA	0,23 mA/μm^2	1,296 dB	261+j179 Ω	4,65 mA	5

Parametri piccolo segnale del singolo transistoro (M = 1)			
g_m	c_π	c_μ	f_T (analitico)
33,8 mA/V	137 fF	17 fF	34,9 GHz

Dimensionamento analitico			Dimensionamento con analisi parametrica		
LE	LB	$Z_{in}^{(*)}$	LE	LB	Z_{in}
0,228 nH	1,115 nH	43,9+j4,2 Ω	267 nH	993 pF	49,9-j0,1 Ω

5. Guadagno di trasduttore (7,5 punti)

Analitico		Dimensionamento con analisi parametrica	
C_{res}	$G_T^{(**)}$	C_{res}	G_T
0,613 pF	13,85 dB	0,458 pF	14,11 dB

Z_{in}	$NF @ 16,85^\circ\text{C}$	$NF_{min} @ 16,85^\circ\text{C}$	$Z_{opt} @ 16,85^\circ\text{C}$
49,8 - j0,1 Ω	1,485 dB	1,464 dB	50,8-j10,2 Ω

f_{IM}	$G_T @ f_{IM}$
5,75 GHz	13,15 dB

6. Analisi della linearità (9,5 punti)

$iCP1dB$	$oCP1dB$
-13,455 dBm	-0,346 dBm

f_1	f_2	P_{AIN}	P_{out1}	P_{out21}	$iIP3$	$oIP3$
5,2495 GHz	5,2505 GHz	-25 dBm	-11,03 dBm	-74,16 dBm	6,43 dBm	20,54 dBm

1) $ V_{out1} @ P_{AIN1} = P_{AIN2} = -25 \text{ dBm}$	2) $ V_{out1} @ P_{AIN1} = -25 \text{ dBm e } P_{AIN2} = -5 \text{ dBm}$
88,8 mV	82,6 mV

(*) risultato ottenuto dalla simulazione del circuito, utilizzando per i parametri circuitali LE , LB e C_{res} i valori calcolati analiticamente.

(**) risultato ottenuto dalla simulazione del circuito, utilizzando per i parametri circuitali LE e LB i valori dimensionati mediante analisi parametrica e per C_{res} il valore calcolato analiticamente.