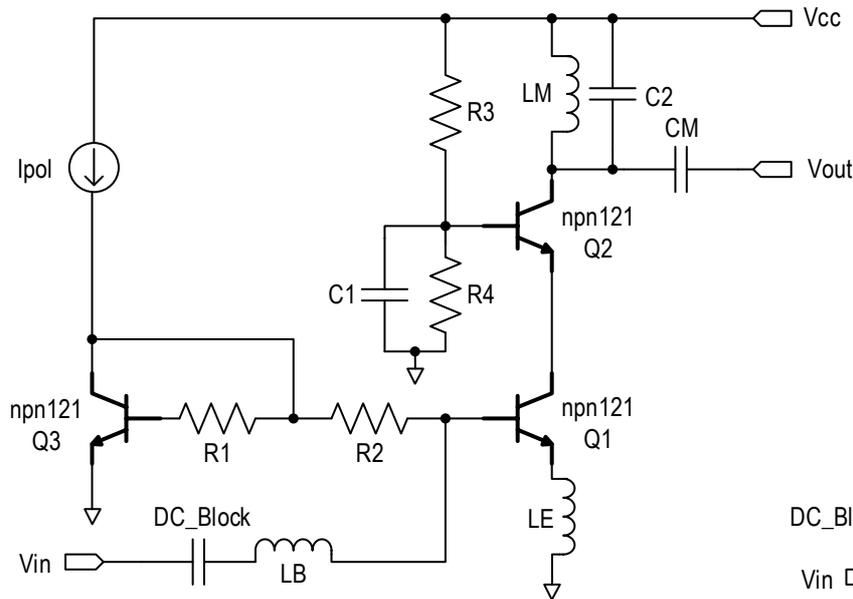
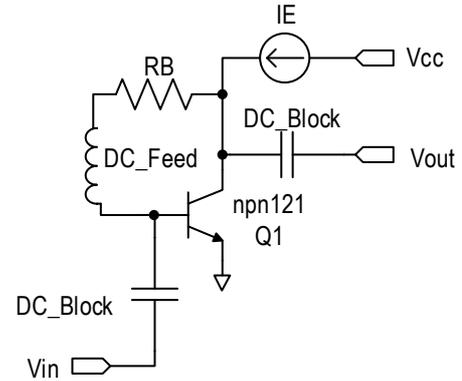


Elettronica dei Sistemi Wireless - Prova pratica 17 dicembre 2015

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



R1	$M \times R2$
R2	3 k Ω
R3	500 Ω
R4	2,5 k Ω
C1	15 pF
C2	4,5 pF
LM	1,5 nH
CM	15 pF



(a)

(b)

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 tra loro e pari a 50 Ω . I transistori bipolari HBT npn121 Q1-Q3 (presenti nella libreria PRIMLIB del design kit AMS S35) hanno tutti **lunghezza di emettitore fissata e pari a 14 μm** , **Q1 e Q2 hanno molteplicità M da determinare e Q3 è un transistoro singolo**. Il dimensionamento del circuito e il calcolo dei parametri di merito dell'LNA devono essere eseguiti alla **frequenza $f_0 = 1,95 \text{ GHz}$** e alla temperatura di 25 $^\circ\text{C}$, se non specificato diversamente nel seguito.

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

1. Matching integrato e valutazione parametri di merito lineari
 - a. Dimensionare la corrente di polarizzazione I_{pol} e la molteplicità M dei transistori, al fine di ottimizzare le prestazioni in termini di rumore dell'LNA. Si proceda valutando la densità di corrente ottima di collettore J_{Copt} di un singolo transistoro ($M = 1$) nella configurazione a emettitore comune, mediante il circuito mostrato in figura (b). Il valore della resistenza R_B è dato dall'espressione $R_B = 140/IE$, dove IE è il valore in ampere del generatore indipendente di corrente IE .
 - 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 transistoro ($M = 1$). Riportate per f_T il valore calcolato analiticamente a partire dagli altri parametri forniti nel punto di riposo dettagliato.
 - c. Valutare il punto di riposo dell'LNA e, in particolare, la corrente I_{C1} .
 - d. Dimensionare con analisi parametrica, a partire dai valori calcolati analiticamente, LE e LB in modo tale da avere il massimo trasferimento di potenza dalla sorgente all'amplificatore.
 - e. Sul circuito dimensionato valutare: l'impedenza di ingresso Z_{in} , quella di uscita Z_{out} il guadagno di trasduttore G_T 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} .
 - f. Determinare la frequenza f_C alla quale si ha il massimo guadagno di trasduttore G_{T0} e il limite inferiore f_L e superiore f_H di banda a -1 dB.
 - g. Determinare il guadagno di trasduttore G_{T1} quando in uscita è collegato il carico $Z_L = 400 - j500 \Omega$.
2. 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 ($f_1 < f_2$). 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 $P_{out2,-1}$ alla frequenza $2f_1 - f_2$.
3. Adattamento dell'impedenza di uscita
 - a. Dimensionare, se possibile, LM e CM affinché si abbia il massimo trasferimento di potenza in uscita sul carico $Z_L = 400 - j500 \Omega$. Riportare il valore dell'impedenza di uscita Z_{out} ottenuto e valutare il guadagno di trasduttore G_{T2} in questa condizione.

Prova pratica ESW del 17/12/2015	Nome:
Valutazione (max 31 punti)	
Tempo a disposizione: <u>2 ore</u>	

1. Matching integrato e valutazione parametri di merito lineari (19 punti)

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

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

	Dimensionamento analitico			Dimensionamento con analisi parametrica	
I_{C1}	LE	LB	$Z_{in}^{(a)}$	LE	LB

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

f_c	$G_{T0} @ f_c$	f_L	f_H	G_{T1}

2. Analisi della linearità (8 punti)

$iCP1dB$	$oCP1dB$

f_1	f_2	P_{AIN}	P_{out1}	$P_{out2,-1}$	$iIP3$	$oIP3$

3. Adattamento dell'impedenza di uscita (4 punti)

LM	CM	Z_{out}	G_{T2}

^(a)Risultato ottenuto dalla simulazione del circuito, utilizzando per i parametri circuitali LE e LB i valori calcolati analiticamente.

Prova pratica ESW del 17/12/2015	Nome: SOLUZIONE
Valutazione (max 31 punti)	
Tempo a disposizione: <u>2 ore</u>	

1. Matching integrato e valutazione parametri di merito lineari (19 punti)

Singolo transistoro ($M = 1$)				LNA	
I_{Copt}	J_{Copt}	NF_{opt}	Z_{opt}	M	I_{pol}
509 μ A	91 μ A/ μ m ²	0,739 dB	453 +j354 Ω	9	509 μ A

Parametri piccolo segnale del singolo transistoro ($M = 1$)			
g_m	c_π	c_μ	f_T (analitico)
19 mS	141 fF	23 fF	18,4 GHz

	Dimensionamento analitico			Dimensionamento con analisi parametrica	
I_{C1}	LE	LB	$Z_{in}^{(a)}$	LE	LB
4,35 mA	432 pH	4,8 nH	40 + j14 Ω	550 pH	3,66 nH

Z_{in}	Z_{out}	G_T	$NF @ 16,85^\circ C$	$NF_{min} @ 16,85^\circ C$	$Z_{opt} @ 16,85^\circ C$
50 Ω	13 - j188 Ω	16,7 dB	0,933 dB	0,877 dB	47 - j19 Ω

f_c	$G_{T0} @ f_c$	f_L	f_H	G_{T1}
1,77 GHz	17,9 dB	1,601 GHz	1,929 GHz	13,53 dB

2. Analisi della linearità (8 punti)

$iCP1dB$	$oCP1dB$
-16,3 dBm	-0,6 dBm

f_1	f_2	P_{AIN}	P_{out1}	$P_{out2,-1}$	$iIP3$	$oIP3$
1,9495 GHz	1,9505 GHz	-30 dBm	-13,4 dBm	-67,2 dBm	-3,2 dBm	13,5 dBm

3. Adattamento dell'impedenza di uscita (4 punti)

LM	CM	Z_{out}	G_{T2}
1,343 nH	184 fF	398 +j498 Ω	28,5 dB

^(a)Risultato ottenuto dalla simulazione del circuito, utilizzando per i parametri circuitali LE e LB i valori calcolati analiticamente.

Nota: Nella scelta di I_{pol} è stato trascurato l'errore dello specchio magnificatore di corrente usato per polarizzare lo stadio cascode costituito dai transistori Q1 e Q2. Il transistoro Q1 viene comunque a essere polarizzato con una densità di corrente di collettore pari a 86 μ A/ μ m², molto prossima a quella ottima ($J_{Copt} = 91 \mu$ A/ μ m²).