

# Lösningförslag till räkneuppgifterna i kursbrev 5

## 1. Brus i OPA 111

Här gäller det helt enkelt att sätta in i det generella brusuttrycket

$$e_N = \sqrt{e_n^2 + 4kRT + i_n^2 R^2}$$

$e_n=6 \text{ nV/ Hz}$ , och  $i_n=0.4 \text{ fA/ Hz}$

a)	R=1k	T=300K	=>	$e_N=$	7.2 nV/ Hz
b)	R=1M	T=300K	=>	$e_N=$	128 nV/ Hz
c)	R=1G	T=300K	=>	$e_N=$	4080 nV/ Hz
d)	R=1k	T=4K	=>	$e_N=$	6 nV/ Hz
e)	R=1G	T=4K	=>	$e_N=$	616 nV/ Hz

## 2. NF(Noise Figure) för alternativen i uppgift 1

Kom ihåg att NF beskriver hur mycket brus som förstärkaren adderar jämfört med det termiska bruset från sensorn Ett värde nära 0 dB betyder att förstärkaren inte bidrar till det totala bruset.

Använd definitionen:

$$NF = 10 \log \frac{e_N^2}{e_R^2} = 20 \log \frac{e_N}{e_R}$$

Vi får:

a)	$NF = 20 \log \frac{7.2}{4.1} = 5.0 \text{ dB}$
b)	0.01 dB
c)	0.04 dB
d)	22 dB
e)	2.4 dB

Om man inte tar med tillräckligt med decimaler i beräkningen kan man lätt få avrundningsfel om NF är nära 0 dB.

Notera att fallet d) som ger det lägsta bruset totalt faktiskt är det fall som ger högst NF. Detta visar det bedrägliga i att eftersträva så låg NF som möjligt.

## 3. Brus temperatur för bra förstärkare.

Här kan man naturligtvis extrahera bruset ( $e_n$  och  $i_n$ ) från asymptoterna i diagrammet och räkna ut brustemperaturen från definitionen, för olika förstärkare vid  $R_{opt}=e_n/i_n$ . Ett betydligt enklare sätt är dock att jämföra hur nära varje kurva kommer dom diagonala  $e_R$  linjerna. Då ser vi enkelt att OPA 129 kommer närmast 50 mK kurvan, men att ingen annan OP kommer lika nära. Alltså har OPA 129 den lägsta brustemperaturen  $T^* = 50\text{mK}$  vid  $R_s = 200\text{M}$

## 4. Strömbruset från en FET-transistor med 10pA i ingångsström

Strömbruset vid låg frekvens ges för en FET helt enkelt av hagelbruset på ingången. Se ekvation 10.29 och 10.39

$$i_n = \sqrt{2qI_G} = \sqrt{2 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19} \cdot 10^{-11}} = 1.8 \text{ fA}/\sqrt{\text{Hz}}$$

Tyvärr blandar van Putten friskt mellan den spektrala brusdensiteten  $i_n$ , som har enheten A/ Hz, och det totala strömbruset  $i_n \cdot B$  om har enheten A. Det totala strömbruset kan man lämpligen kalla  $I_n$  istället. När bruset är "vitt" (dvs att den spektrala brusdensiteten är oberoende av frekvensen) är det naturligtvis enklast att ange den spektrala brusdensiteten.