

*Chalmers Lindholmen
Elektroingenjörslinjen*

TENTAMEN I ANALOG KONSTRUKTION KURS LET563

- Datum:** Torsdag 12e april, 2012, eftermiddag
- Hjälpmedel:** Kursbok, valfri miniräknare eller laptop, slides från föreläsningar samt allt annat material som har delats ut under kursen via kurshemsidan, egna minnesanteckningar är också okej.
- Betygsgränser:** För godkänt krävs 8p
Betyg på kursen baseras på poäng från både tenta och projekt enligt modell i kurs-pm
- Allmän info:** *Tentan utgörs av fem uppgifter om vardera fyra poäng. Uppgifterna består av deluppgifter (a, b, c, ...). Om föregående deluppgift ej har lösts så godtas antagna värden nödvändiga för att lösa nästkommande uppgift under förutsättning att dessa värden är fysikaliskt rimliga.*
- Frågor:** *Om ni har frågor på någon uppgift så hänvisas till telefonnummer nedan*
- Examinator:** Dan Kuylenstierna, [tel:031 772 17 98](tel:0317721798)

Du har efter avslutad examen börjat jobba på ett företag som tillverkar mikrovågskomponenter baserade på PCB substrat och ytmonterade komponenter. I första hand använder ni en transistor från Mitsubitshi, datablad finns bifogat. Din uppgift är nu att designa ett antal komponenter enligt nedan baserade bland annat på denna transistor.

Lycka till!

1. Innan du börjar designa gör du en utredning kring olika substrat. Du har också friheten att välja frekvens för en av dina förstärkare.
 - a) Substrattillverkaren kan leverera substrat med godtycklig tjocklek inom spannet $t=0.2-10\text{mm}$ och relativ permittivitet $\epsilon_r=1.5-10$. Välj ϵ_r och t , motivera ditt val!
 - b) Välj också frekvens för förstärkaren, med utgångspunkt från databladet.
 - c) Motivera varför a) och b) inte kan behandlas var för sig utan påverkar varandra

OBS: Denna uppgift kan ha flera svar. Visa med din argumentation att du har förstått de avvägningar som behöver göras. Skriv lagom långt. Felaktig argumentation ger poängavdrag, man kan dock inte få under 0p på uppgiften.

(4p)

2. En av företagets standardprodukter är max-gain förstärkare för 2.5GHz.
 - a) Undersök om transistorn MGF1305 är stabil vid 2.5GHz
 - b) Om nej, föreslå lämplig metod för stabilisering
 - c) Utför stabiliseringen och härled nya S-parametrar

(4p)

3. För en specifik stabiliseringsmetod blir transistorns S parametrar efter stabilisering

$$[S] = \begin{bmatrix} 0.72 \angle -49^\circ & 0.05 \angle 57^\circ \\ 2.6 \angle 135^\circ & 0.66 \angle -39^\circ \end{bmatrix}$$

Designa en max-gain förstärkare baserat på den stabiliserade transistorn

- a) Bestäm optimal käll/last reflektion
- b) Vad blir maximalt gain?
- c) Designa enkelstubbsmatchningsnät för utgång. *Ledningslängd kan anges i våglängd*

(4p)

4. En annan viktig produkt för företaget är lågbrusförstärkare. Företagets lågbrusförstärkare är baserade på en transistor som vid 2.4GHz har S-parametrar och brusparametrar

$$[S] = \begin{bmatrix} 0.94 \angle 155^\circ & 0.003 \angle 30^\circ \\ 1.7 \angle 30^\circ & 0.62 \angle -90^\circ \end{bmatrix}$$

$$F_{\min} = 0.9 \text{ dB}, \Gamma_{\text{opt}} = 0.7 \angle 70^\circ \text{ och } R_N = 40 \Omega.$$

Din uppgift är att baserat på ovanstående transistor designa en förstärkare som har brusfaktor $F < 2 \text{ dB}$ och gain $G > 5 \text{ dB}$

- a) Är det möjligt? Motivera svaret.
b) Designa diskret matchningsnät för ingången. Om svaret på a) är nej, designa matchningsnäten för högsta möjliga gain med $F = 2 \text{ dB}$ brusfaktor

(4p)

5. Ett generellt problem hos företagets lågbrusförstärkare är att de har dåligt gain, då de är optimerade för minimal brusfaktor. För att lösa detta problem kopplas ofta flera förstärkarsteg i kaskad. En av företagets produkter innehåller fyra förstärkare med gain och brusfaktor enligt nedan

Förstärkare	Gain	Brusfaktor
A	3 dB	1 dB
B	7 dB	5 dB
C	12 dB	7 dB
D	5 dB	1 dB

- a) I vilken ordning skall de kopplas för att erhålla minimal brusfaktor, beräkna gain och brusfaktor för denna koppling
b) Vad blir gain och brusfaktor om förstärkarna istället kopplas i ordningen ADBC?

(4p)

**FOR MICROWAVE LOW-NOISE AMPLIFIERS
N-CHANNEL SCHOTTKY BARRIER GATE TYPE****DESCRIPTIONS**

The MGF1305 is a super low-noise GaAs FET with an N-channel Schottky gate, which is designed for use in S- to Ku-band amplifiers. The hermetically sealed metal-ceramic package assures minimum parasitic losses, and has a configuration suitable for microstrip circuit.

FEATURES

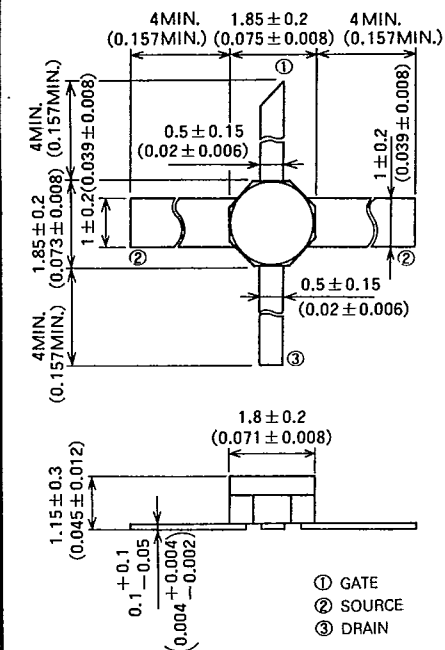
- Low noise figure $NF = 1.6$ (MAX.) @ $f = 12$ GHz
- High associated gain $G_s = 8.5$ dB (MIN.) @ $f = 12$ GHz
- High reliability and stability

APPLICATION

S- to Ku-band super low noise amplifiers

QUALITY GRADE

- GG

OUTLINE DRAWING Unit: millimeters (inches)**ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS** ($T_a = 25^\circ\text{C}$)

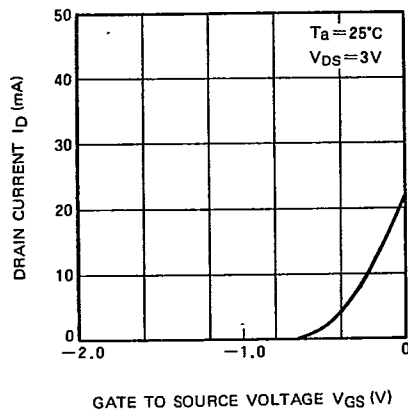
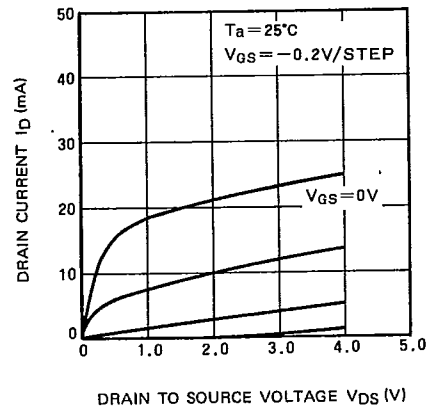
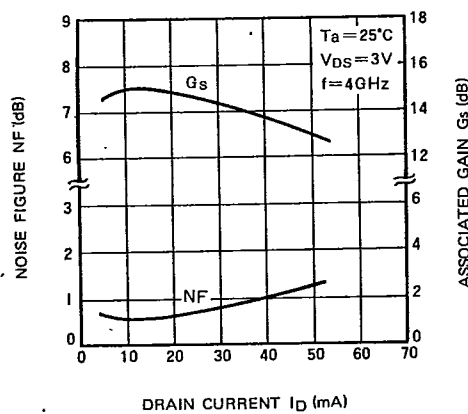
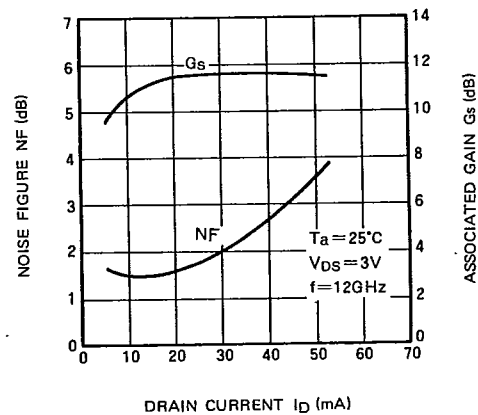
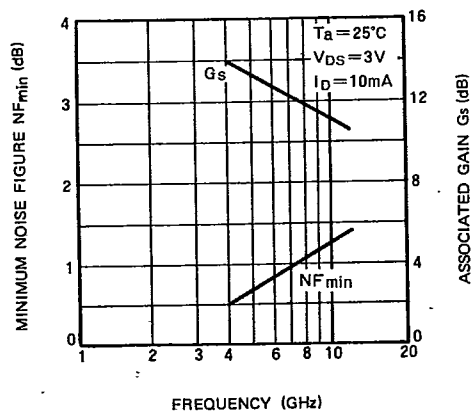
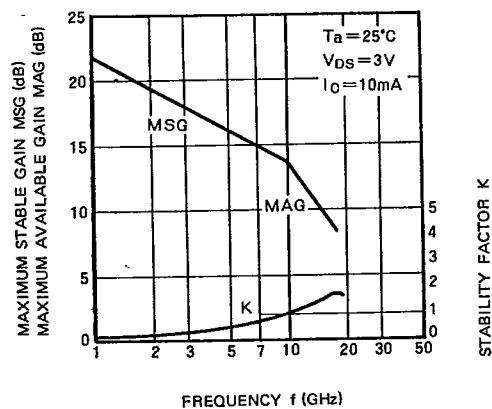
Symbol	Parameter	Rating	Unit
V_{GDO}	Gate to drain voltage	-6	V
V_{GSO}	Gate to source voltage	-6	V
I_D	Drain current	70	mA
P_T	Total power dissipation	200	mW
T_{ch}	Channel temperature	150	$^\circ\text{C}$
T_{stg}	Storage temperature	-55 ~ +150	$^\circ\text{C}$
$R_{th(oh-a)}$	Thermal resistance	625	$^\circ\text{C/W}$

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_a = 25^\circ\text{C}$)

Symbol	Parameter	Test conditions	Limits			Unit
			Min	Typ	Max	
$V_{(BR)GDO}$	Gate to drain breakdown voltage	$I_G = -100\mu\text{A}$	-6			V
$V_{(BR)GSO}$	Gate to source breakdown voltage	$I_G = -100\mu\text{A}$	-6			V
I_{GSS}	Gate to source leakage current	$V_{GS} = -3\text{V}, V_{DS} = 0\text{V}$			10	μA
I_{DSS}	Saturated drain current	$V_{GS} = 0\text{V}, V_{DS} = 3\text{V}$	13	30	70	mA
$V_{GS(off)}$	Gate to source cut-off voltage	$V_{DS} = 3\text{V}, I_D = 100\mu\text{A}$	-0.3		-3.5	V
g_m	Transconductance	$V_{DS} = 3\text{V}, I_D = 10\text{mA}$	25	45		mS
G_s	Associated gain	$V_{DS} = 3\text{V}, I_D = 10\text{mA}$	$f = 4\text{GHz}$	13.0		dB
			$f = 12\text{GHz}$	8.5		
NF_{min}	Minimum noise figure	$V_{DS} = 3\text{V}, I_D = 10\text{mA}$	$f = 4\text{GHz}$		0.6	dB
			$f = 12\text{GHz}$		1.6	

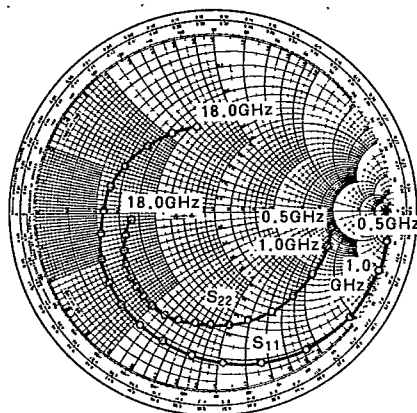
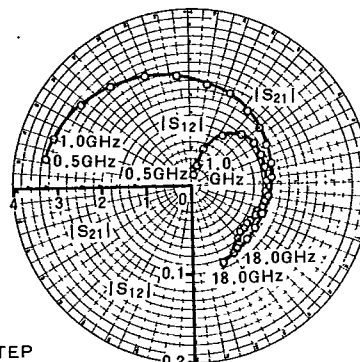
FOR MICROWAVE LOW-NOISE AMPLIFIERS
N-CHANNEL SCHOTTKY BARRIER GATE TYPE

T-31-25

 I_D vs. V_{GS}  I_D vs. V_{DS} NF & G_s vs. I_D ($f = 4\text{GHz}$)NF & G_s vs. I_D ($f = 12\text{GHz}$) NF_{min} & G_s vs. f MSG, MAG & K vs. f 

**FOR MICROWAVE LOW-NOISE AMPLIFIERS
N-CHANNEL SCHOTTKY BARRIER GATE TYPE**

T-31-25

 S_{11}, S_{22} vs. f  S_{12}, S_{21} vs. f 

$T_a = 25^\circ\text{C}$
 $V_{DS} = 3\text{V}$
 $I_D = 10\text{mA}$
 $f = 1\text{GHz/STEP}$

S PARAMETERS ($T_a = 25^\circ\text{C}$, $V_{DS} = 3\text{V}$, $I_D = 10\text{mA}$)

f (GHz)	S_{11}		S_{12}		S_{21}		S_{22}	
	Magn.	Angle (deg.)	Magn.	Angle (deg.)	Magn.	Angle (deg.)	Magn.	Angle (deg.)
0.5	0.992	-10.0	0.011	83.0	3.330	169.0	0.668	-8.0
1.0	0.989	-20.0	0.022	75.1	3.255	160.0	0.665	-17.0
1.5	0.977	-29.1	0.032	67.6	3.162	150.9	0.658	-25.1
2.0	0.958	-38.1	0.043	60.8	3.072	142.5	0.653	-32.6
2.5	0.939	-47.9	0.055	54.2	2.985	132.5	0.649	-40.5
3.0	0.917	-56.8	0.067	47.7	2.884	127.0	0.643	-46.3
3.5	0.894	-66.0	0.073	41.3	2.786	119.1	0.638	-53.7
4.0	0.871	-73.5	0.079	35.3	2.691	111.0	0.634	-60.0
4.5	0.851	-80.0	0.081	29.1	2.600	103.8	0.632	-66.2
5.0	0.832	-87.3	0.083	23.7	2.521	95.4	0.629	-72.4
5.5	0.817	-93.4	0.084	17.6	2.441	87.6	0.628	-78.0
6.0	0.802	-99.3	0.084	12.0	2.371	80.0	0.629	-83.1
6.5	0.788	-106.0	0.084	6.1	2.307	72.3	0.630	-87.5
7.0	0.776	-112.1	0.084	1.2	2.239	65.6	0.631	-92.0
7.5	0.763	-118.0	0.084	-3.9	2.163	59.0	0.632	-96.3
8.0	0.753	-124.1	0.084	-7.8	2.101	52.7	0.635	-100.5
8.5	0.744	-129.5	0.083	-10.8	2.049	46.2	0.635	-104.8
9.0	0.733	-135.6	0.083	-13.8	1.995	40.4	0.633	-108.7
9.5	0.722	-140.8	0.083	-16.1	1.950	34.4	0.631	-112.5
10.0	0.712	-146.1	0.082	-18.4	1.916	28.5	0.629	-116.7
10.5	0.701	-151.7	0.081	-20.7	1.872	22.0	0.626	-120.0
11.0	0.690	-157.0	0.080	-22.8	1.841	15.5	0.624	-123.5
11.5	0.678	-163.0	0.079	-25.2	1.820	9.0	0.618	-126.6
12.0	0.666	-169.2	0.079	-27.5	1.793	3.2	0.617	-130.0
12.5	0.653	-175.3	0.078	-29.8	1.772	-3.8	0.614	-133.7
13.0	0.640	179.0	0.077	-32.1	1.748	-9.7	0.611	-136.8
13.5	0.624	172.6	0.077	-33.5	1.738	-16.0	0.605	-140.0
14.0	0.607	166.0	0.076	-35.0	1.732	-22.0	0.599	-142.7
14.5	0.591	159.0	0.076	-36.9	1.728	-27.9	0.589	-146.3
15.0	0.573	151.5	0.075	-39.6	1.728	-34.2	0.579	-150.3
15.5	0.555	143.3	0.075	-41.0	1.734	-40.1	0.569	-154.0
16.0	0.542	134.5	0.076	-44.4	1.738	-46.2	0.556	-157.6
16.5	0.525	126.0	0.077	-47.2	1.764	-52.3	0.542	-161.8
17.0	0.513	118.0	0.079	-50.2	1.786	-58.2	0.525	-166.0
17.5	0.500	109.7	0.083	-54.5	1.816	-64.2	0.504	-170.0
18.0	0.487	101.5	0.089	-60.0	1.841	-69.3	0.479	-174.4

**FOR MICROWAVE LOW-NOISE AMPLIFIERS
N-CHANNEL SCHOTTKY BARRIER GATE TYPE**
NOISE PARAMETERS ($V_{DS}=3V$, $I_D=10mA$)

Freq. (GHz)	Γ_{opt}		R_n (Ω)	NFmin (dB)
	Mag.	Angle(deg)		
4	0.633	52.0	18.5	0.55
8	0.598	105.1	10.0	1.13
12	0.503	159.2	9.5	1.55
14	0.464	-168.0	11.5	1.67
18	0.411	-97.0	20.0	1.92

HANDLING PRECAUTIONS FOR GaAs FETs
1. Check of Electrical Characteristics

(1) Measurement of DC Characteristics by Curve Tracer
Many curve tracers, if not properly grounded, exhibit a high leakage current from the high-voltage transformer, which can be a prime cause of failure or degradation of the FET. Measurement of the DC characteristics using a curve tracer is therefore not recommended. However, when tests using a curve tracer are required, first of all, check that the curve tracer is grounded to earth.

(2) Measurement of RF Characteristics

Before measurement, check that the measuring instruments are grounded to earth. Many instruments to measure RF characteristics such as RF power meters, network analyzers and so on, if not properly grounded to earth, sometimes allow a high AC leakage of up to several tens volts, which can be a cause of failure or degradation of the FET.

2. Installation of GaAs FET

When GaAs FET is soldered on a microstrip circuit, the following should be attended to,

(1) Properly ground the soldering iron to earth.

Leakage current from the soldering iron could cause failure or degradation of the FET.

(2) Solder the FET as promptly as possible at a low temperature. For a criterion, soldering in less than 8 seconds at a temperature of less than 250°C is recommended for each soldering process.

3. Bias Procedure and Conditions

When GaAs FET is biased, the following procedure is recommended.

(1) Slowly adjust the gate to source voltage, V_{GS} , to about -1V.

(2) Gradually increase the drain to source voltage, V_{DS} , from zero to a desired value.

(3) Adjust the drain current, I_D , to a desired value by controlling the gate to source voltage, V_{GS} .

When bias is released, the reverse procedure is recommended.

Be careful that the FET is not operated under conditions exceeding absolute maximum ratings.

4. Guaranteed Characteristics

All the graphic characteristics illustrated in this catalog are typical examples. The characteristics of individual devices as specified in the tables of absolute maximum ratings and electrical characteristics are guaranteed under the specified conditions.