

# Esame di stato di abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere dell'Informazione

Seconda sessione dell'anno 2025

## Prova Pratica Tema di Biomedica

Un centro di ricerca intende investigare se esista una relazione tra il rilassamento ottenuto tramite tecniche di meditazione e l'efficacia nel risolvere alcuni task cognitivi come la soluzione di problemi matematici, somministrati subito dopo la sessione di meditazione.

Per farlo, si propone di utilizzare un sistema EEG multicanale in grado di acquisire l'attività elettrica cerebrale e di estrarre un marker del rilassamento basato sulle caratteristiche spettrali del segnale, in particolare la potenza in banda alpha.

Il marcatore che misura l'efficacia nel risolvere i task è il numero di risposte corrette date in test.

E' richiesto di progettare un dispositivo per il rilevamento del segnale EEG, un software di elaborazione per l'estrazione del marcatore spettrale ed un sistema per l'elaborare i dati sperimentali.

In particolare, dopo aver discusso l'architettura complessiva dello strumento di acquisizione (sensori, amplificazione, filtraggio, digitalizzazione e trasmissione dati), al candidato è richiesto di progettare e/o sviluppare almeno tre delle seguenti componenti:

1. Il circuito di acquisizione del potenziale EEG, comprendente un amplificatore differenziale a elevata impedenza d'ingresso e un filtro analogico passa-banda con frequenze di taglio inferiore e superiore rispettivamente pari a 0.1 e 100 Hz. Il candidato è tenuto a presentare lo schema elettrico e a dimensionare i componenti principali (resistenze, condensatori, guadagno).
2. Un filtro digitale passa-banda per l'isolamento della banda alpha (8–13 Hz). Si richiede di specificare l'architettura del filtro (ad esempio FIR o IIR), i coefficienti principali e la risposta in frequenza attesa.
3. Un modulo software per la stima della densità spettrale di potenza (PSD) del segnale EEG, ad esempio mediante la trasformata di Welch, e poi calcolare la potenza media nella banda alpha, ottenuta integrando la PSD su  $f \in [8,13]$ Hz:

$$P_{\alpha} = \int_8^{13} P_{xx}(f) df$$

4. Un modulo software che, a partire da un database contenente almeno 60 sessioni sperimentali, calcoli la correlazione tra il marcatore  $P_{\alpha}$  e un indice di efficacia cognitiva  $C$  uguale alla frazione di risposte corrette nel test matematico e valuti se questa è statisticamente significativa.

Esame di stato di abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere dell'Informazione

Seconda sessione dell'anno 2025

Prova Pratica

Tema di: TELECOMUNICAZIONI

Un sistema di comunicazione satellitare opera con satelliti LEO all'altezza di 1600 km rispetto al livello del mare. La visibilità del satellite è di 5 minuti. Si prevede un sistema integrato, ottico e a radiofrequenza (RF), in cui il sistema ottico rappresenta il canale per lo scambio di chiavi crittografiche e il sistema RF il canale dati. L'obiettivo principale per entrambi i sistemi è la massimizzazione del numero di bit trasmessi dal satellite nel suo periodo di visibilità, seguito dalla qualità in termini di probabilità d'errore. Il candidato progetti i due sistemi, in base alle seguenti specifiche.

Per il sistema ottico:

- Si può utilizzare un laser con lunghezza d'onda di 880 nm con potenza massima di 2 W oppure di 1550 nm, con potenza massima di 1 W.
- In trasmissione si usa un telescopio con diametro di 20 cm e in ricezione con diametro di 3 m.
- Il rivelatore a disposizione è un fotodiodo con efficienza quantica  $\eta = 70\%$  a entrambe le lunghezze d'onda e corrente al buio trascurabile.
- Si consideri trascurabile il rumore termico. Per il numero di fotoni ricevuti si confrontino i modelli Gaussiano e di Poisson e si utilizzi quello più opportuno.
- L'atmosfera introduce un'attenuazione aggiuntiva di 20 dB.

Per il sistema RF:

- Si ha a disposizione un canale RF con larghezza di banda di 4 MHz con frequenza della portante di 5 GHz oppure di 15 GHz.
- La modulazione utilizzabile è 4-PSK o 16-QAM.
- La potenza massima di trasmissione è di 5 W.
- L'antenna di trasmissione ha diametro massimo di 2 m e quella di terra di 10 m.
- Il ricevitore è raffreddato a 50 K (Kelvin) e ha una figura di rumore  $F = 2$  dB.

Per entrambi i sistemi si può utilizzare un codice (10, 6) che corregge 2 bit sulle parole codificate lunghe 10 oppure un codice (6, 4) che corregge 1 bit sulle parole codificate lunghe 6. Per il guadagno  $G$  di antenne e telescopi si usi la relazione

$$G = \frac{4\pi A}{\lambda^2}$$

con  $A$  area dell'apertura dell'antenna/telescopio e  $\lambda$  lunghezza d'onda.

Il candidato progetti i due sistemi e in particolare determini, motivando le risposte:

1. Lo schema a blocchi dei due sistemi.
2. La scelta della lunghezza d'onda per il sistema ottico e della frequenza della portante per il sistema RF.
3. Il tipo di modulazione adottata.
4. La probabilità d'errore per i due sistemi.
5. Il bit-rate e la quantità totale di bit trasmessi per i due sistemi.
6. Il tipo di codice utilizzato.

Esame di stato di abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere  
dell'Informazione

Seconda sessione dell'anno 2025

Prova Pratica

Tema di Informatica

Il candidato predisponga un sistema (hardware e software) per la gestione di una ZTL

- Si predisponga un diagramma funzionale del sistema.
- Si analizzino le componenti hardware e software.
- Si individuino i componenti di sistema del software e il software di sviluppo da utilizzare con particolare riferimento ai sistemi di archiviazione e ricerca dati nonché ai metodi di trasmissione.
- Si dedichi particolare attenzione alla continuità del servizio, alla sicurezza dei dati e alla privacy.
- Si preveda un sistema di rendicontazione con statistiche giornaliere/settimanali ecc.
- Deve essere prevista la visualizzazione della situazione in tempo reale.

Esame di Stato per l'Abilitazione all'Esercizio della Professione di  
Ingegnere dell'Informazione

Seconda Sessione dell'Anno 2025

Prova Pratica

Tema di Automatica

In un edificio si considerino tre stanze allineate e si assuma che ciascuna stanza scambi calore solamente con gli ambienti adiacenti. Siano  $x_1$ ,  $x_2$ , e  $x_3$  le temperature medie nelle tre stanze, e  $u_1$  e  $u_2$  le temperature imposte (tramite sistemi di riscaldamento/climatizzazione) alle due estremità, Figura 1. Si supponga che l'evoluzione temporale delle tre temperature sia approssimata dal seguente modello a parametri concentrati, lineare tempo-invariante (LTI):

$$\begin{aligned}\dot{x}_1(t) &= \beta[u_1(t) - x_1(t)] + \beta[x_2(t) - x_1(t)], \\ \dot{x}_2(t) &= \beta[x_1(t) - x_2(t)] + \beta[x_3(t) - x_2(t)], \\ \dot{x}_3(t) &= \beta[x_2(t) - x_3(t)] + \beta[u_2(t) - x_3(t)],\end{aligned}$$

con  $\beta = 1[\text{sec}^{-1}]$  costante che dipende dai fenomeni di scambio termico coinvolti.

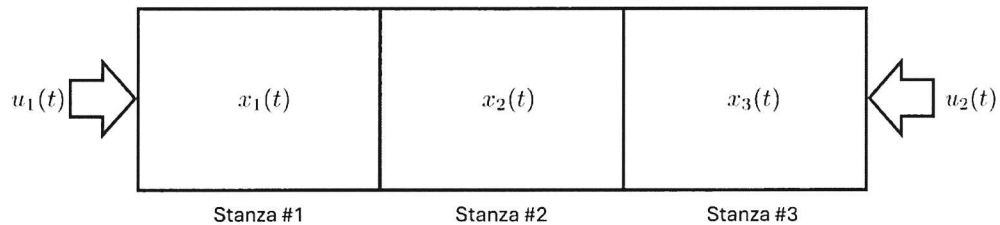


Figura 1: Le tre stanze disposte in fila.

Si vogliono controllare le temperature  $x_1$ ,  $x_2$ , e  $x_3$  agendo solamente sul sistema di riscaldamento/climatizzazione all'estremità sinistra, cioè usando l'ingresso  $u_1$ , mentre  $u_2 = 0$ .

- i) Verificare se, agendo su  $u_1$  è possibile ottenere un arbitrario profilo di temperatura, cioè arbitrari valori di  $x_1$ ,  $x_2$ , e  $x_3$ , a partire da condizioni iniziali assegnate, applicando una opportuna azione di controllo.
- ii) Si assuma di disporre di sensori di temperatura in tutte e tre le stanze, quindi  $x_1$ ,  $x_2$ , e  $x_3$  sono misurati ad ogni istante. Progettare una legge di controllo in retroazione dallo stato in modo che, a prescindere dallo stato iniziale, le temperature nelle tre stanze convergano a zero più rapidamente di  $e^{-3t}$ .
- iii) Diversamente dal caso precedente, si ipotizzi di installare un solo sensore di temperatura, quindi si può misurare direttamente solo una temperatura tra  $x_1$ ,  $x_2$  oppure  $x_3$ .
  - a) Stabilire quale scelta del punto di misura (prima, seconda oppure terza stanza) garantisce che il sistema sia osservabile.
  - b) Per un punto di misura che renda il sistema osservabile, progettare un osservatore di ordine ridotto per stimare gli stati non misurati (temperatura delle altre stanze), in modo che l'errore di stima converga a zero più rapidamente di  $e^{-3t}$ .

# Esame di stato di abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere dell'Informazione

Seconda sessione anno 2025

Prova pratica

Tema di Elettronica

Progettazione di un amplificatore differenziale

## **Parte 1: Definizione del circuito differenziale**

Si progetti un amplificatore differenziale a componenti discreti (senza usare amplificatori operazionali) che sfrutti una resistenza per la polarizzazione del nodo di source. L'amplificatore deve inoltre avere le seguenti caratteristiche:

- I dispositivi attivi impiegati devono essere MOSFET (vedasi data sheet allegati).
- La tensione di alimentazione deve essere massimizzata tenendo in considerazione le limitazioni dei dispositivi attivi.
- I componenti passivi scelti devono ottimizzare il valore di CMRR.
- Si garantisca mediante opportuna rete di polarizzazione la corretta tensione ai gate affinché i transistor operino nel corretto regime di funzionamento.
- I componenti devono essere scelti per ottimizzare la simmetria del circuito (i.e. basso mismatch tra i due rami della coppia differenziale) dimensionando coerentemente i dispositivi attivi e passivi del circuito.

Si commentino inoltre:

- L'effetto di una eventuale asimmetria nel circuito.
- L'impatto di eventuali non idealità legate al tipo di dispositivo attivo scelto (e.g. effetto di modulazione di lunghezza di canale).

## **Parte 2: Definizione di un circuito di polarizzazione con specchio di corrente**

Si modifichi il circuito di polarizzazione dell'amplificatore differenziale definito in Parte 1 introducendo uno specchio di corrente. Se ne dimensionino quindi la resistenza di reference, e si ricalcolino il punto di lavoro e il CMRR dello stadio differenziale.



**SIPMOS® Small-Signal-Transistor**
**Feature**

- P-Channel
- Enhancement mode
- Logic Level
- Avalanche rated
- dv/dt rated
- Pb-free lead plating; RoHS compliant
- Qualified according to AEC Q101
- Halogen-free according to IEC61249-2-21

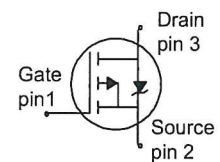
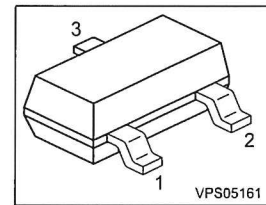


Halogen-Free

**Product Summary**

$V_{DS}$	-60	V
$R_{DS(on)}$	8	$\Omega$
$I_D$	-0.17	A

PG-SOT-23



Type	Package	Tape and Reel	Marking
BSS84P	PG-SOT-23	H6327:3000pcs/r.	YBs
BSS84P	PG-SOT-23	H6433:10000pcs/r.	YBs

**Maximum Ratings, at  $T_A = 25\text{ }^\circ\text{C}$ , unless otherwise specified**

Parameter	Symbol	Value	Unit
Continuous drain current	$I_D$		A
$T_A=25\text{ }^\circ\text{C}$		-0.17	
$T_A=70\text{ }^\circ\text{C}$		-0.14	
Pulsed drain current	$I_{D\text{ puls}}$	-0.68	
$T_A=25\text{ }^\circ\text{C}$			
Avalanche energy, single pulse	$E_{AS}$	2.6	mJ
$I_D=-0.17\text{ A}$ , $V_{DD}=-25\text{ V}$ , $R_{GS}=25\Omega$			
Avalanche energy, periodic limited by $T_{jmax}$	$E_{AR}$	0.036	
Reverse diode dv/dt	dv/dt	-6	kV/ $\mu\text{s}$
$I_S=-0.17\text{ A}$ , $V_{DS}=-48\text{ V}$ , $di/dt=-200\text{ A}/\mu\text{s}$ , $T_{jmax}=150\text{ }^\circ\text{C}$			
Gate source voltage	$V_{GS}$	$\pm 20$	V
Power dissipation	$P_{tot}$	0.36	W
$T_A=25\text{ }^\circ\text{C}$			
Operating and storage temperature	$T_j, T_{stg}$	-55... +150	$^\circ\text{C}$
IEC climatic category; DIN IEC 68-1		55/150/56	
ESD Class JESD22-A114-HBM		Class 0	

**Thermal Characteristics**

Parameter	Symbol	Values			Unit
		min.	typ.	max.	
<b>Characteristics</b>					
Thermal resistance, junction - soldering point (Pin 3)	$R_{thJS}$	-	-	200	K/W
SMD version, device on PCB:	$R_{thJA}$				
@ min. footprint		-	-	350	
@ 6 cm <sup>2</sup> cooling area <sup>1)</sup>		-	-	300	

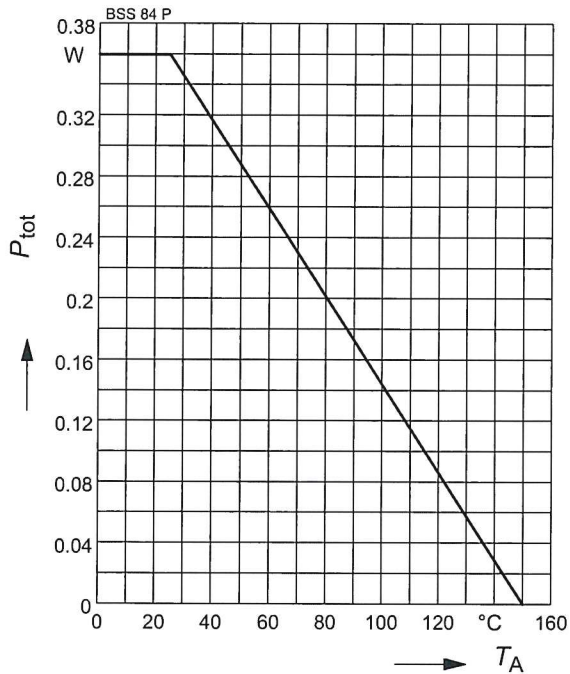
**Electrical Characteristics, at  $T_A = 25\text{ }^\circ\text{C}$ , unless otherwise specified**

Parameter	Symbol	Values			Unit
		min.	typ.	max.	
<b>Static Characteristics</b>					
Drain-source breakdown voltage $V_{GS}=0, I_D=-250\mu\text{A}$	$V_{(BR)DSS}$	-60	-	-	V
Gate threshold voltage, $V_{GS} = V_{DS}$ $I_D=-20\mu\text{A}$	$V_{GS(th)}$	-1	-1.5	-2	
Zero gate voltage drain current $V_{DS}=-60\text{V}, V_{GS}=0, T_A=25^\circ\text{C}$ $V_{DS}=-60\text{V}, V_{GS}=0, T_A=125^\circ\text{C}$	$I_{DSS}$	-	-0.1 -10	-1 -100	$\mu\text{A}$
Gate-source leakage current $V_{GS}=-20\text{V}, V_{DS}=0$	$I_{GSS}$	-	-10	-100	nA
Drain-source on-state resistance $V_{GS}=-4.5\text{V}, I_D=-0.14\text{A}$	$R_{DS(on)}$	-	8	12	$\Omega$
Drain-source on-state resistance $V_{GS}=-10\text{V}, I_D=-0.17\text{A}$	$R_{DS(on)}$	-	5.8	8	

<sup>1</sup>Device on 40mm\*40mm\*1.5mm epoxy PCB FR4 with 6cm<sup>2</sup> (one layer, 70  $\mu\text{m}$  thick) copper area for drain connection. PCB is vertical without blown air.

### 1 Power dissipation

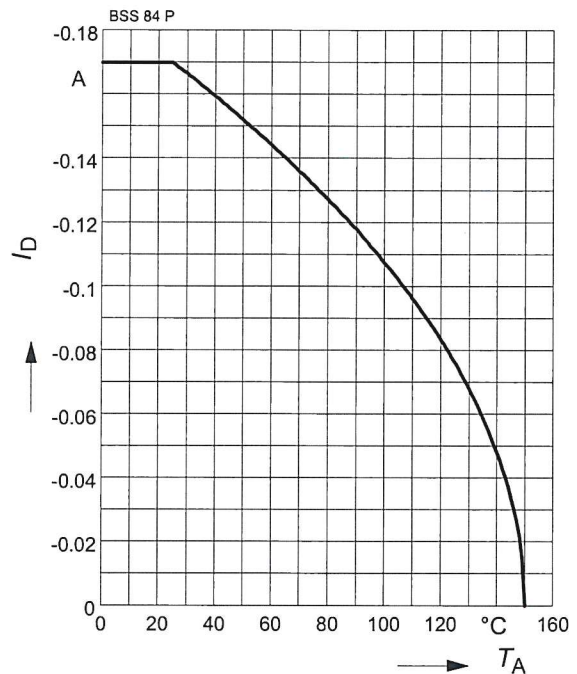
$$P_{\text{tot}} = f(T_A)$$



### 2 Drain current

$$I_D = f(T_A)$$

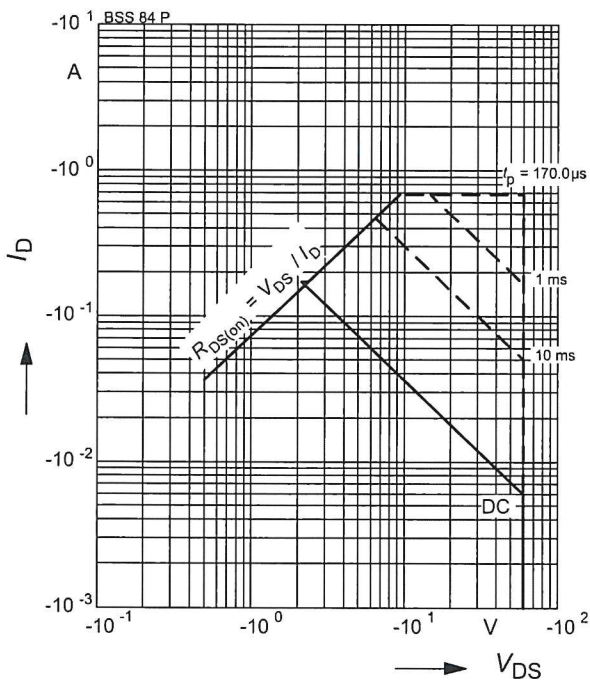
parameter:  $V_{GS} \geq 10 \text{ V}$



### 3 Safe operating area

$$I_D = f(V_{DS})$$

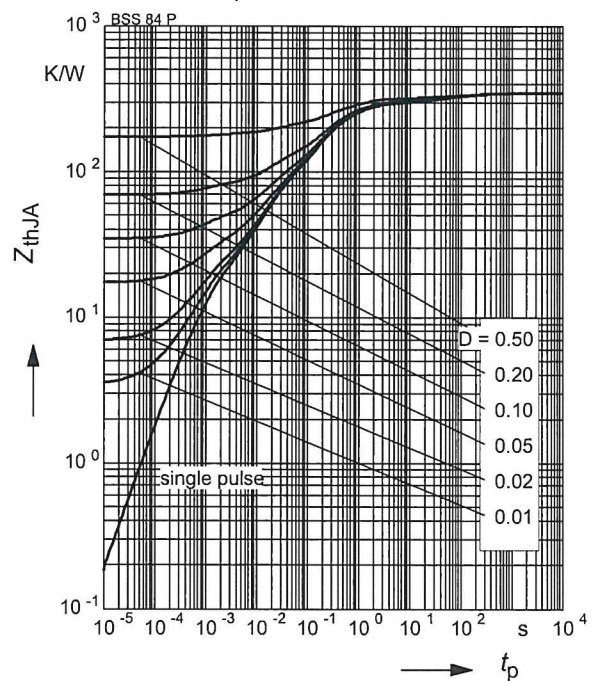
parameter:  $D = 0$ ,  $T_A = 25 \text{ °C}$



### 4 Transient thermal impedance

$$Z_{\text{thJA}} = f(t_p)$$

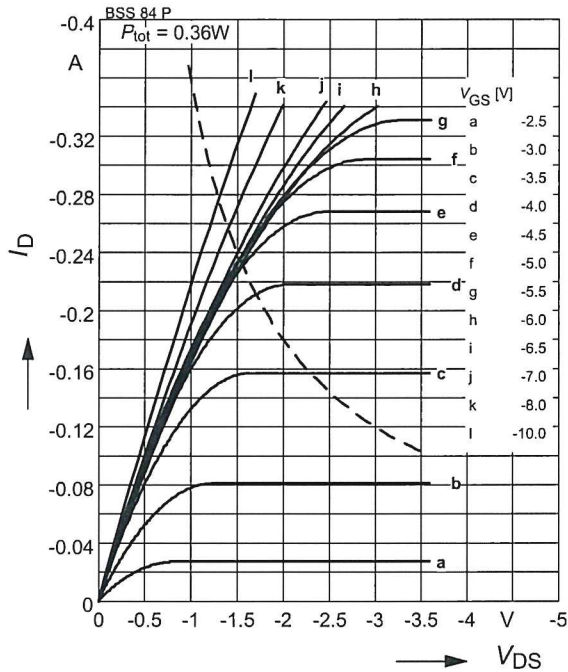
parameter:  $D = t_p/T$



**5 Typ. output characteristic**

$I_D = f(V_{DS})$

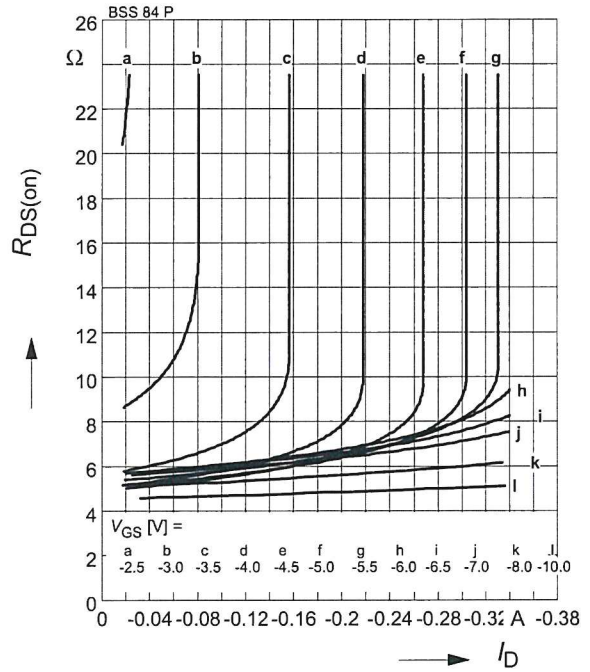
parameter:  $T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$



**6 Typ. drain-source on resistance**

$R_{DS(on)} = f(I_D)$

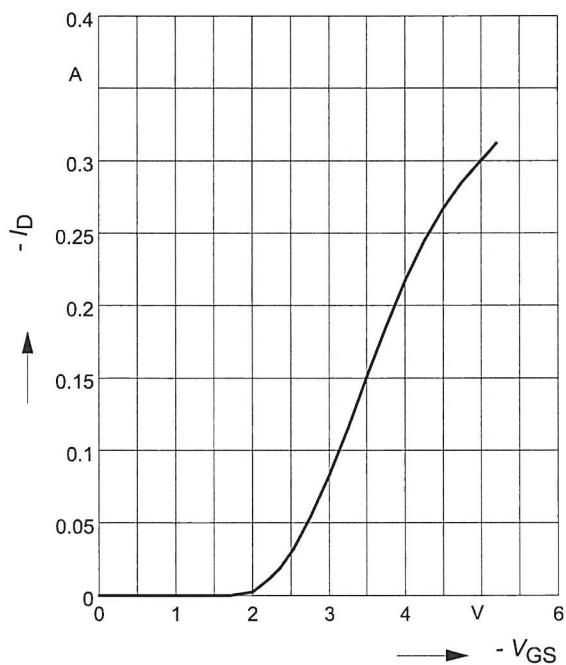
parameter:  $V_{GS}$ ;  $T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$



**7 Typ. transfer characteristics**

$I_D = f(V_{GS})$ ;  $|V_{DS}| \geq 2 \times |I_D| \times R_{DS(on)max}$

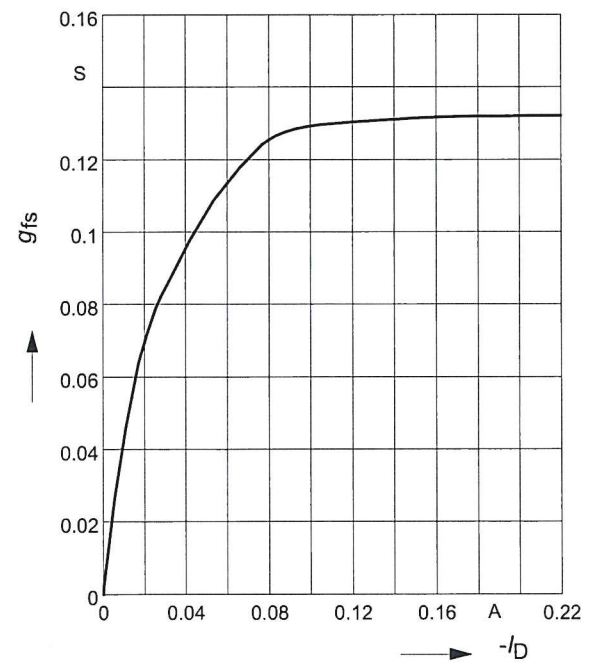
parameter:  $T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$



**8 Typ. forward transconductance**

$g_{fs} = f(I_D)$

parameter:  $T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$

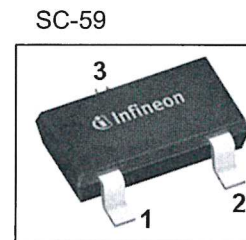
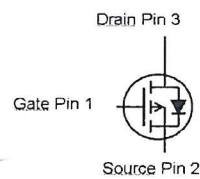


**SIPMOS<sup>®</sup> Small-Signal-Transistor**
**Features**

- P-Channel
- Enhancement mode
- Logic level
- Footprint and pinning compatible with SOT-23 / SuperSOT-23 packages
- Avalanche rated
- Pb-free lead finishing; RoHS compliant
- Qualified according to AEC Q101
- Halogen free according to IEC61249-2-21

**Product Summary**

$V_{DS}$	-60	V
$R_{DS(on),max}$	0.8	$\Omega$
$I_D$	-0.62	A



Type	Package	Tape and reel information	Marking	Halogen-free	Packing
BSR315P	PG-SC59	H6327 = 3000 pcs. / reel	LB	Yes	Non dry

**Maximum ratings, at  $T_j=25\text{ °C}$ , unless otherwise specified**

Parameter	Symbol	Conditions	Value	Unit
			steady state	
Continuous drain current	$I_D$	$T_A=25\text{ °C}$	-0.62	A
		$T_A=70\text{ °C}$	-0.49	
Pulsed drain current	$I_{D,pulse}$	$T_A=25\text{ °C}$	-2.48	
Avalanche energy, single pulse	$E_{AS}$	$I_D=0.62\text{ A}, R_{GS}=25\ \Omega$	24	mJ
Gate source voltage	$V_{GS}$		$\pm 20$	V
Power dissipation	$P_{tot}$	$T_A=25\text{ °C}$	0.5	W
Operating and storage temperature	$T_j, T_{stg}$		-55 ... 150	$^{\circ}\text{C}$
ESD class		JESD22-C101	1A (250V to 500V)	
Soldering temperature			260 $^{\circ}\text{C}$	
IEC climatic category; DIN IEC 68-1			55/150/56	

Parameter	Symbol	Conditions	Values			Unit
			min.	typ.	max.	

**Thermal characteristics**

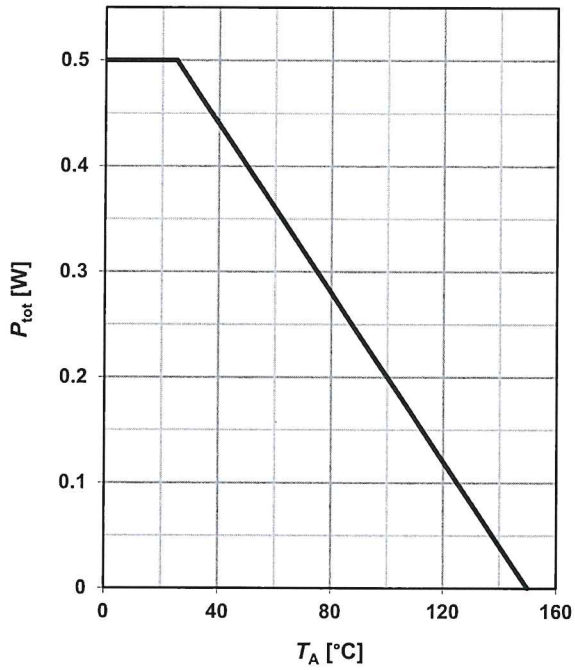
Thermal resistance, junction - ambient	$R_{thJA}$	minimal footprint, steady state	-	-	250	K/W
--	------------	---------------------------------	---	---	-----	-----

**Electrical characteristics, at  $T_j=25\text{ }^\circ\text{C}$ , unless otherwise specified**
**Static characteristics**

Drain-source breakdown voltage	$V_{(BR)DSS}$	$V_{GS}=0\text{ V}, I_D=-250\text{ }\mu\text{A}$	-60	-	-	V
Gate threshold voltage	$V_{GS(th)}$	$V_{DS}=V_{GS}, I_D=-160\text{ }\mu\text{A}$	-1	-1.5	-2	
Zero gate voltage drain current	$I_{DSS}$	$V_{DS}=-60\text{ V}, V_{GS}=0\text{ V}, T_j=25\text{ }^\circ\text{C}$	-	-0.1	-1	$\mu\text{A}$
		$V_{DS}=-60\text{ V}, V_{GS}=0\text{ V}, T_j=150\text{ }^\circ\text{C}$	-	-10	-100	
Gate-source leakage current	$I_{GSS}$	$V_{GS}=-20\text{ V}, V_{DS}=0\text{ V}$	-	-10	-100	nA
Drain-source on-state resistance	$R_{DS(on)}$	$V_{GS}=-4.5\text{ V}, I_D=-0.49\text{ A}$	-	870	1300	$\text{m}\Omega$
		$V_{GS}=-10\text{ V}, I_D=-0.62\text{ A}$	-	620	800	
Transconductance	$g_{fs}$	$ V_{DS} >2 I_D R_{DS(on)max}, I_D=-0.49\text{ A}$	0.5	0.9	-	S

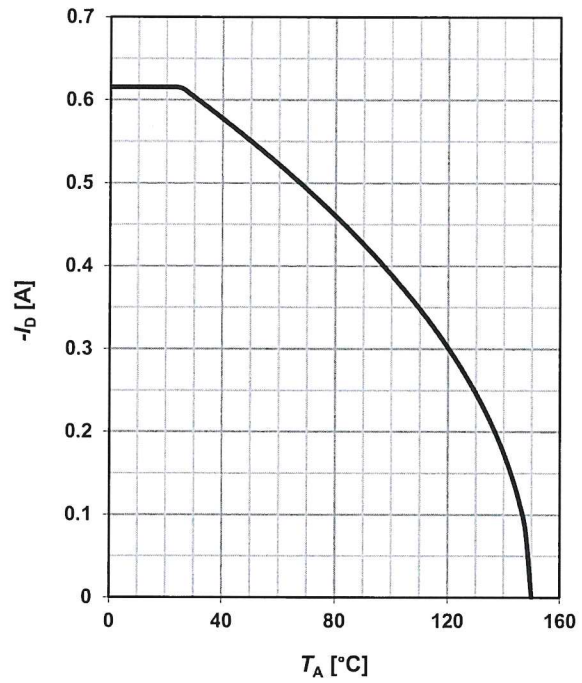
**1 Power dissipation**

$$P_{tot}=f(T_A)$$



**2 Drain current**

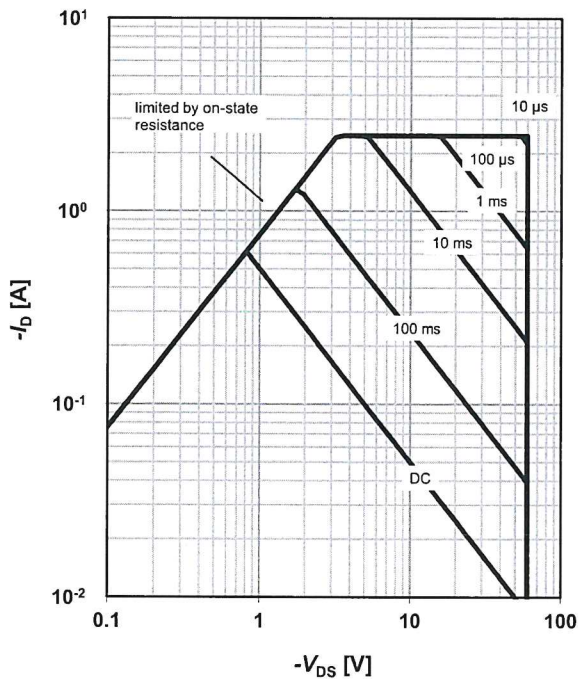
$$I_D=f(T_A); |V_{GS}|\geq 10\text{ V}$$



**3 Safe operating area**

$$I_D=f(V_{DS}); T_A=25\text{ °C}; D=0$$

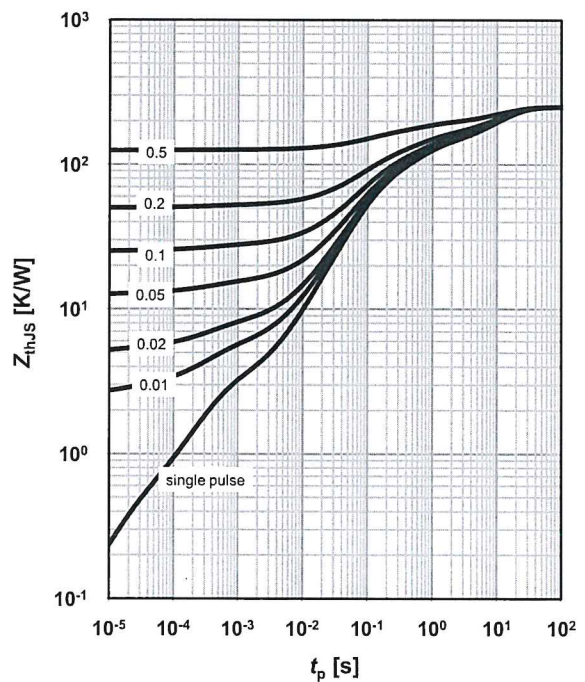
parameter:  $t_p$



**4 Max. transient thermal impedance**

$$Z_{thJA}=f(t_p)$$

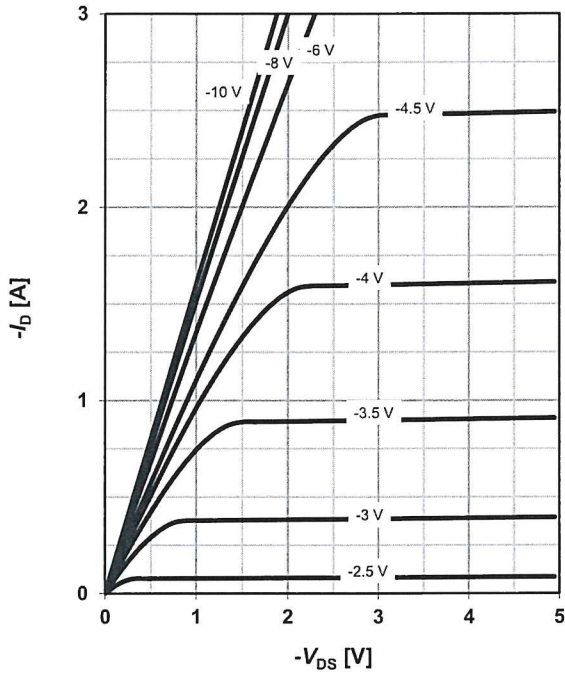
parameter:  $D=t_p/T$



**5 Typ. output characteristics**

$I_D = f(V_{DS}); T_j = 25\text{ °C}$

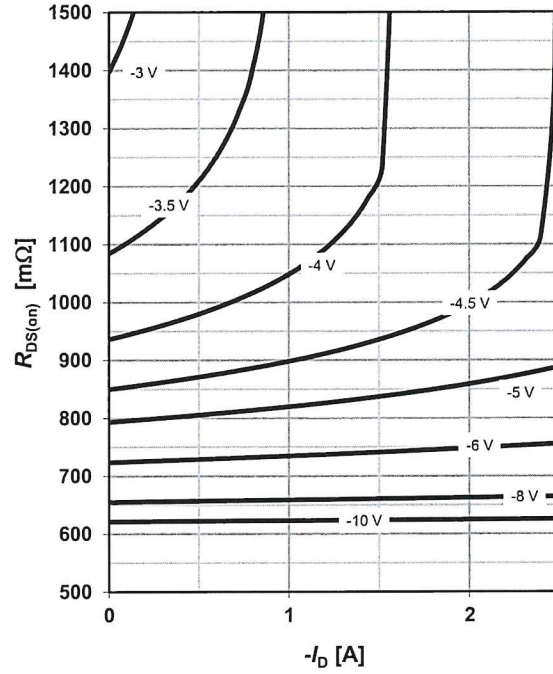
parameter:  $V_{GS}$



**6 Typ. drain-source on resistance**

$R_{DS(on)} = f(I_D); T_j = 25\text{ °C}$

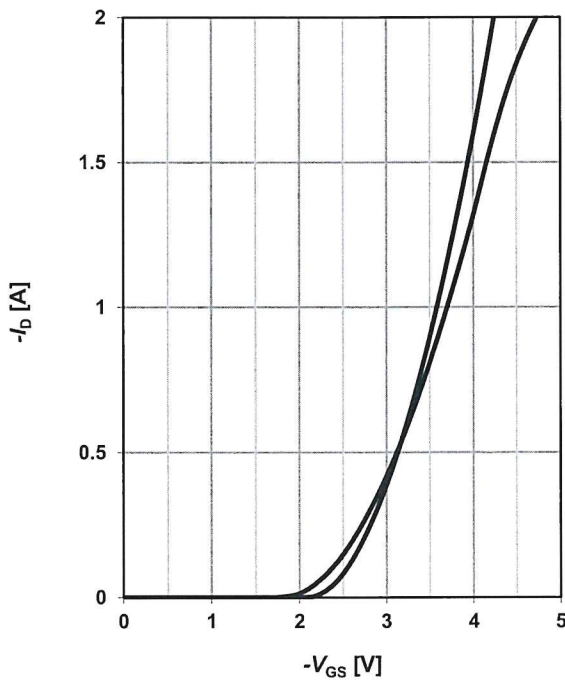
parameter:  $V_{GS}$



**7 Typ. transfer characteristics**

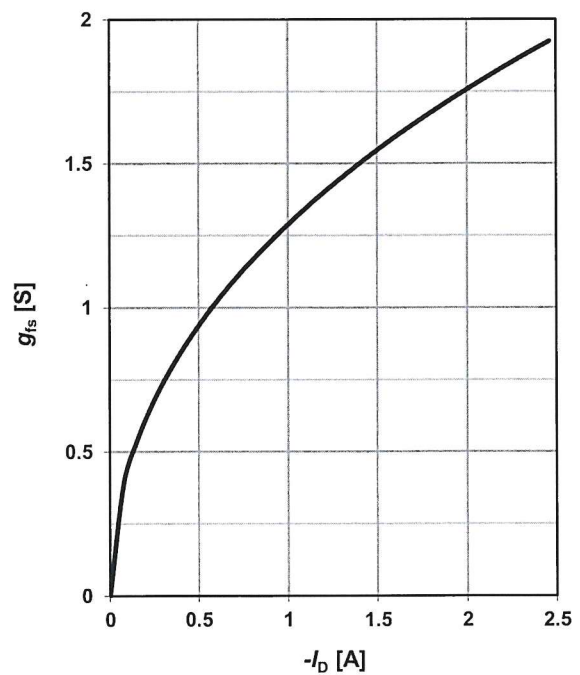
$I_D = f(V_{GS}); |V_{DS}| > 2|I_D|R_{DS(on)max}$

parameter:  $T_j$



**8 Typ. forward transconductance**

$g_{fs} = f(I_D); T_j = 25\text{ °C}$



**OptiMOS™ Small-Signal-Transistor**
**Features**

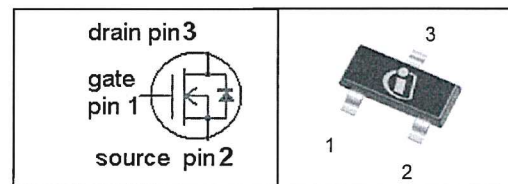
- N-channel
- Enhancement mode
- Logic level
- Avalanche rated
- fast switching
- Pb-free lead-plating; RoHS compliant
- Halogen-free according to IEC61249-2-21



Halogen-Free

**Product Summary**

$V_{DS}$		60	V
$R_{DS(on),max}$	$V_{GS}=10\text{ V}$	3	$\Omega$
	$V_{GS}=4.5\text{ V}$	4	
$I_D$		0.3	A

**PG-SOT23**


Type	Package	Tape and Reel Information	Marking	HalogenFree	Packing
2N7002	PG-SOT-23	H6327: 3000 pcs/reel	72s	Yes	Non Dry

Parameter	Symbol	Conditions	Value	Unit
Continuous drain current	$I_D$	$T_A=25\text{ °C}$	0.30	A
		$T_A=70\text{ °C}$	0.24	
Pulsed drain current	$I_{D,pulse}$	$T_A=25\text{ °C}$	1.2	
Avalanche energy, single pulse	$E_{AS}$	$I_D=0.3\text{ A}$ , $R_{GS}=25\ \Omega$	1.3	mJ
Reverse diode $dv/dt$	$dv/dt$	$I_D=0.3\text{ A}$ , $V_{DS}=48\text{ V}$ , $di/dt=200\text{ A}/\mu\text{s}$ , $T_{j,max}=150\text{ °C}$	6	kV/ $\mu\text{s}$
Gate source voltage	$V_{GS}$		$\pm 20$	V
ESD class		JESD22-A114 (HBM)	class 0 (<250V)	
Power dissipation	$P_{tot}^{(2)}$	$T_A=25\text{ °C}$	0.5	W
Operating and storage temperature	$T_j$ , $T_{stg}$		-55 ... 150	$^{\circ}\text{C}$
IEC climatic category; DIN IEC 68-1			55/150/56	

(1) J-STD20 and JESD22

Parameter	Symbol	Conditions	Values			Unit
			min.	typ.	max.	

**Thermal characteristics**

Thermal resistance, junction - minimal footprint <sup>(2)</sup>	$R_{thJA}$		-	-	250	K/W
---	------------	--	---	---	-----	-----

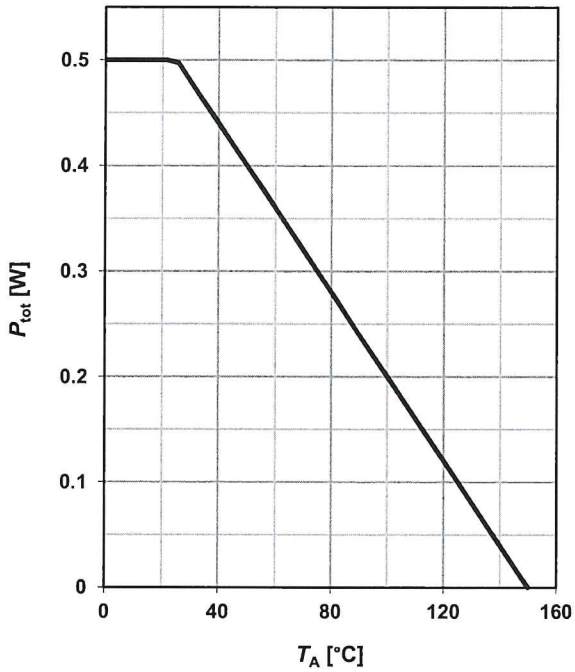
**Electrical characteristics, at  $T_j=25\text{ °C}$ , unless otherwise specified**
**Static characteristics**

Drain-source breakdown voltage	$V_{(BR)DSS}$	$V_{GS}=0\text{ V}, I_D=250\text{ }\mu\text{A}$	60	-	-	V
Gate threshold voltage	$V_{GS(th)}$	$V_{DS}=V_{GS}, I_D=250\text{ }\mu\text{A}$	1.5	2.1	2.5	
Drain-source leakage current	$I_{D(off)}$	$V_{DS}=60\text{ V}, V_{GS}=0\text{ V}, T_j=25\text{ °C}$	-	-	0.1	$\mu\text{A}$
		$V_{DS}=60\text{ V}, V_{GS}=0\text{ V}, T_j=150\text{ °C}$	-	-	5	
Gate-source leakage current	$I_{GSS}$	$V_{GS}=20\text{ V}, V_{DS}=0\text{ V}$	-	1	10	nA
Drain-source on-state resistance	$R_{DS(on)}$	$V_{GS}=4.5\text{ V}, I_D=0.25\text{ A}$	-	2.0	4	$\Omega$
		$V_{GS}=10\text{ V}, I_D=0.5\text{ A}$	-	1.6	3	
Transconductance	$g_{fs}$	$ V_{DS} >2 I_D R_{DS(on)max}, I_D=0.24\text{ A}$	0.2	0.36	-	S

<sup>(2)</sup> Performed on a 40x40mm<sup>2</sup> FR4 PCB with both sided Cu sense-force traces, each 1mm wide, 70  $\mu\text{m}$  thick and 20mm long.

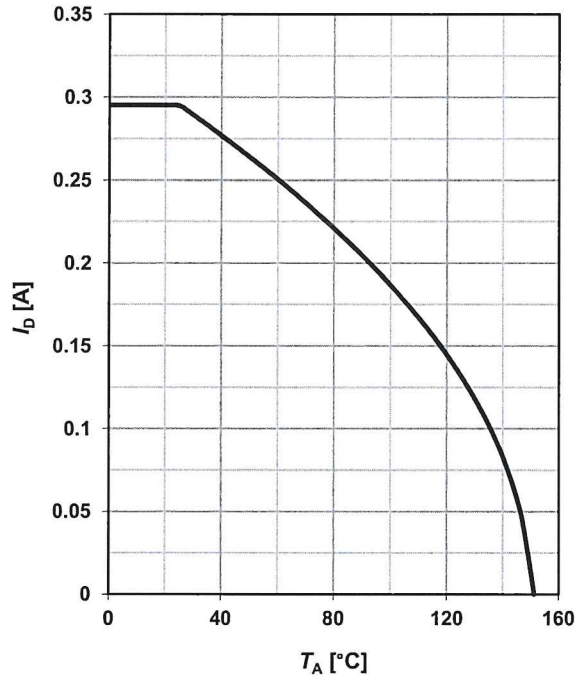
**1 Power dissipation**

$P_{tot}=f(T_A)$



**2 Drain current**

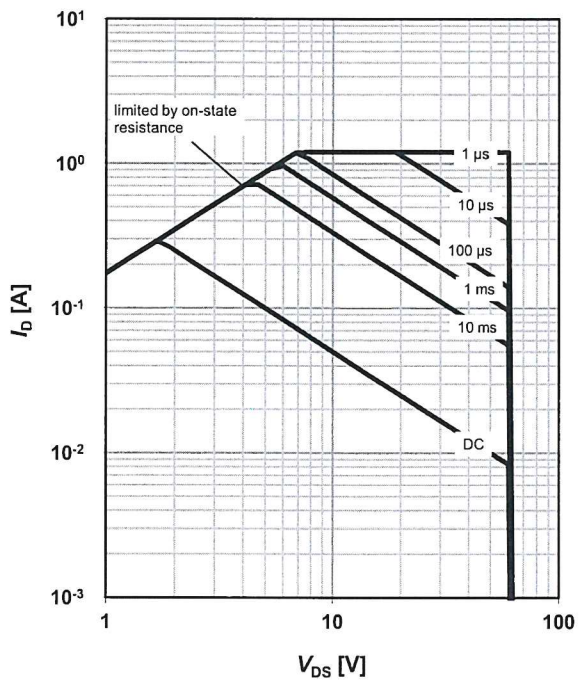
$I_D=f(T_A); V_{GS} \geq 10\text{ V}$



**3 Safe operating area**

$I_D=f(V_{DS}); T_A=25\text{ °C}; D=0$

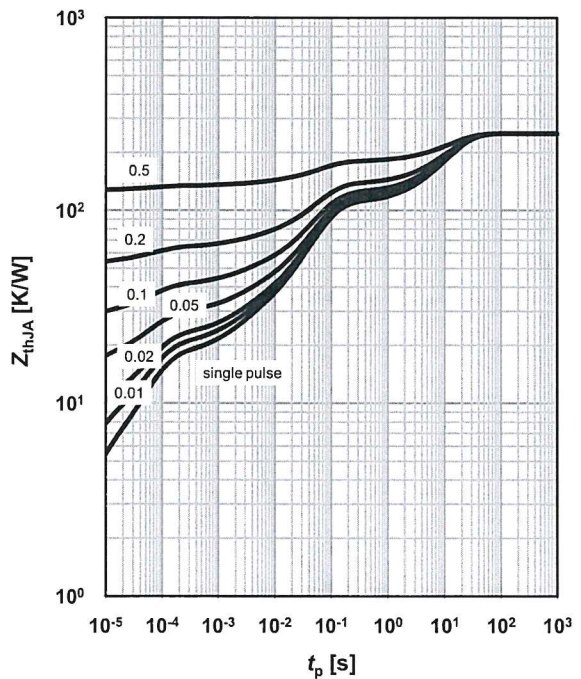
parameter:  $t_p$



**4 Max. transient thermal impedance**

$Z_{thJA}=f(t_p)$

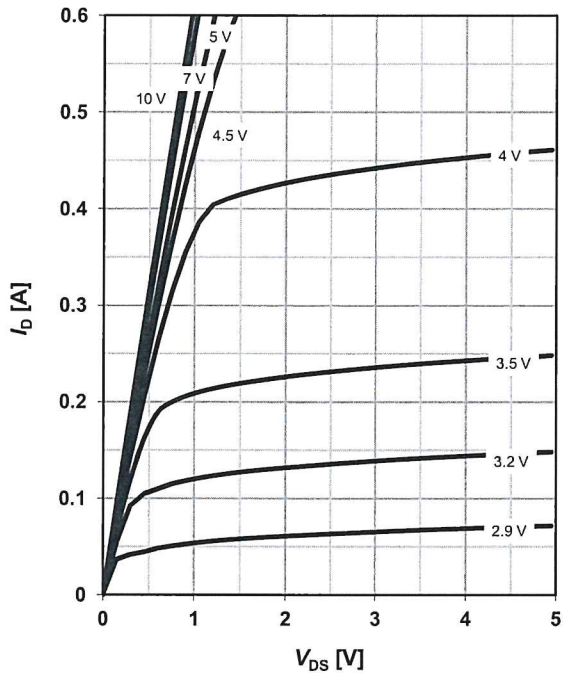
parameter:  $D=t_p/T$



**5 Typ. output characteristics**

$I_D = f(V_{DS}); T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$

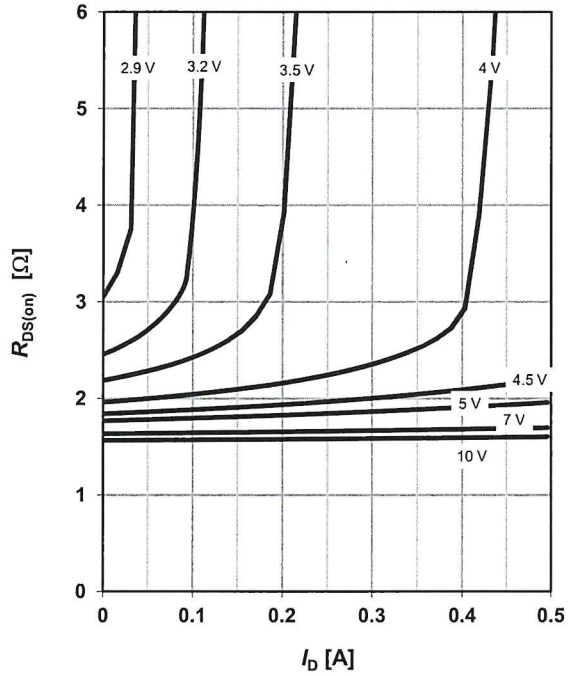
parameter:  $V_{GS}$



**6 Typ. drain-source on resistance**

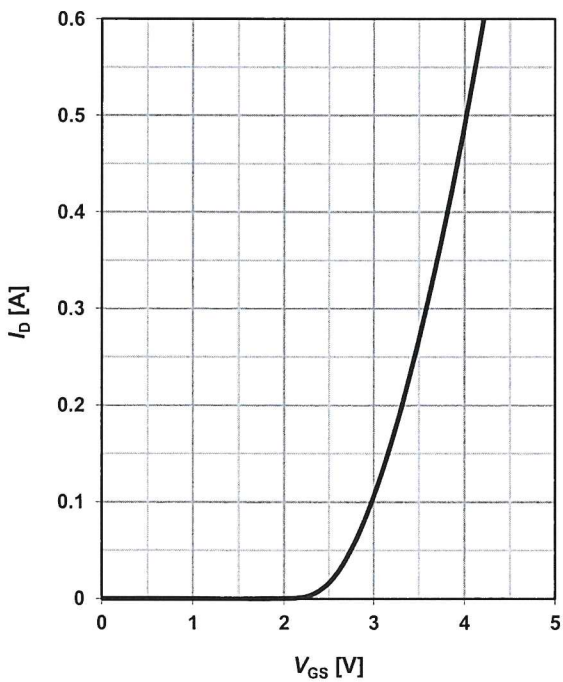
$R_{DS(on)} = f(I_D); T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$

parameter:  $V_{GS}$



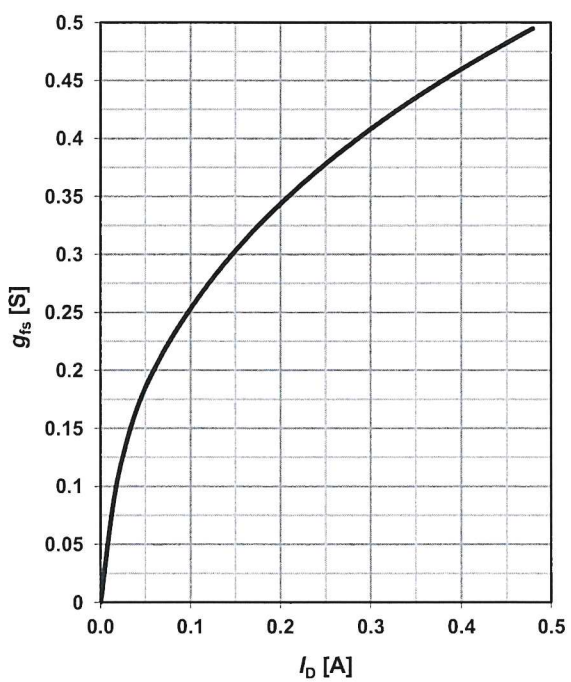
**7 Typ. transfer characteristics**

$I_D = f(V_{GS}); |V_{DS}| > 2|I_D|R_{DS(on)max}$



**8 Typ. forward transconductance**

$g_{fs} = f(I_D); T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$



**SIPMOS<sup>®</sup> Small-Signal-Transistor**
**Feature**

- N-Channel
- Enhancement mode
- Logic Level
- $dv/dt$  rated
- Pb-free lead plating; RoHS compliant
- Qualified according to AEC Q101
- Halogen-free according to IEC61249-2-21

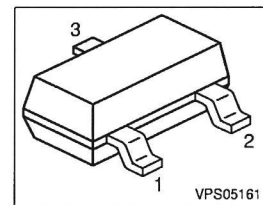
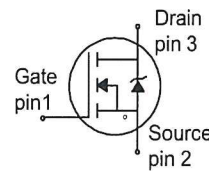


Halogen-Free

**Product Summary**

$V_{DS}$	60	V
$R_{DS(on)}$	5	$\Omega$
$I_D$	0.2	A

PG-SOT-23



Type	Package	Pb-free	Tape and Reel Information	Marking
SN7002N	PG-SOT-23	Yes	H6327: 3000 pcs/reel	sSN
SN7002N	PG-SOT-23	Yes	H6433: 10000 pcs/reel	sSN

**Maximum Ratings, at  $T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$ , unless otherwise specified**

Parameter	Symbol	Value	Unit
Continuous drain current $T_A=25\text{ }^\circ\text{C}$ $T_A=70\text{ }^\circ\text{C}$	$I_D$	0.2 0.16	A
Pulsed drain current $T_A=25\text{ }^\circ\text{C}$	$I_D$ puls	0.8	
Reverse diode $dv/dt$ $I_S=0.2\text{ A}$ , $V_{DS}=48\text{ V}$ , $dI/dt=200\text{ A}/\mu\text{s}$ , $T_{jmax}=150\text{ }^\circ\text{C}$	$dv/dt$	6	$\text{kV}/\mu\text{s}$
Gate source voltage	$V_{GS}$	$\pm 20$	V
ESD Class (JESD22-A114-HBM)		0 (<250V)	
Power dissipation $T_A=25\text{ }^\circ\text{C}$	$P_{tot}$	0.36	W
Operating and storage temperature	$T_j, T_{stg}$	-55... +150	$^\circ\text{C}$

**Thermal Characteristics**

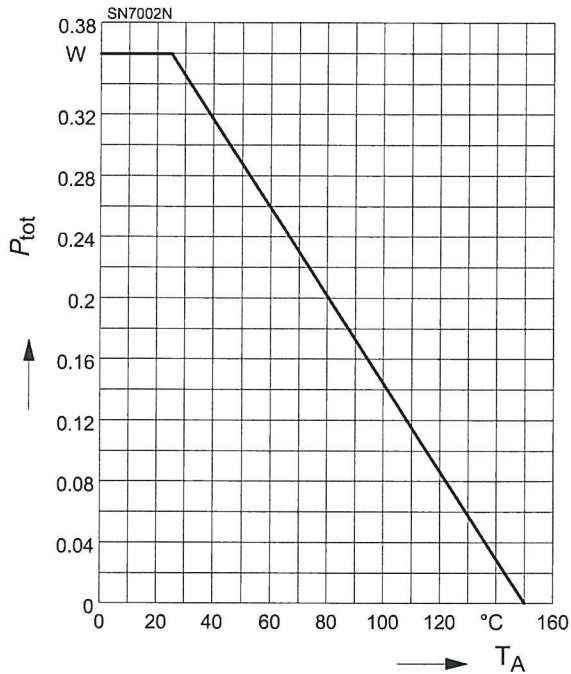
Parameter	Symbol	Values			Unit
		min.	typ.	max.	
<b>Characteristics</b>					
Thermal resistance, junction - ambient at minimal footprint	$R_{thJA}$	-	-	350	K/W

**Electrical Characteristics, at  $T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$ , unless otherwise specified**

Parameter	Symbol	Values			Unit
		min.	typ.	max.	
<b>Static Characteristics</b>					
Drain-source breakdown voltage $V_{GS}=0, I_D=250\mu\text{A}$	$V_{(BR)DSS}$	60	-	-	V
Gate threshold voltage, $V_{GS} = V_{DS}$ $I_D=26\mu\text{A}$	$V_{GS(th)}$	0.8	1.4	1.8	
Zero gate voltage drain current $V_{DS}=60\text{V}, V_{GS}=0, T_j=25^\circ\text{C}$ $V_{DS}=60\text{V}, V_{GS}=0, T_j=150^\circ\text{C}$	$I_{DSS}$	-	-	0.1 5	$\mu\text{A}$
Gate-source leakage current $V_{GS}=20\text{V}, V_{DS}=0$	$I_{GSS}$	-	-	10	nA
Drain-source on-state resistance $V_{GS}=4.5\text{V}, I_D=0.17\text{A}$	$R_{DS(on)}$	-	3.9	7.5	$\Omega$
Drain-source on-state resistance $V_{GS}=10\text{V}, I_D=0.5\text{A}$	$R_{DS(on)}$	-	2.5	5	

### 1 Power dissipation

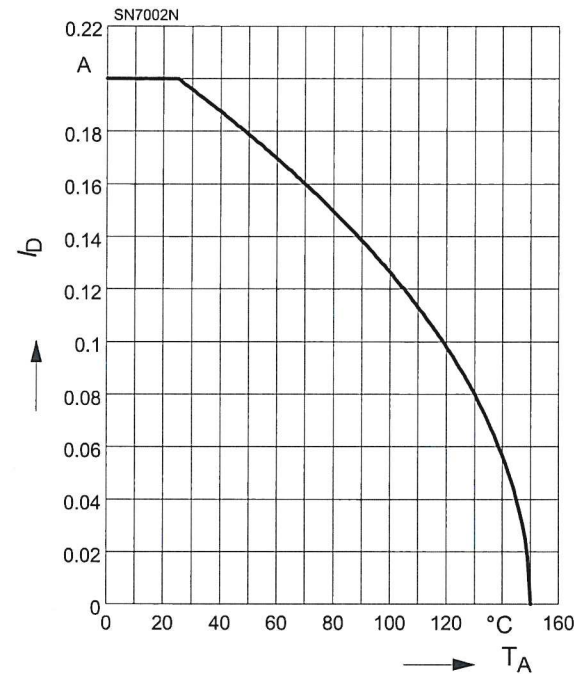
$$P_{tot} = f(T_A)$$



### 2 Drain current

$$I_D = f(T_A)$$

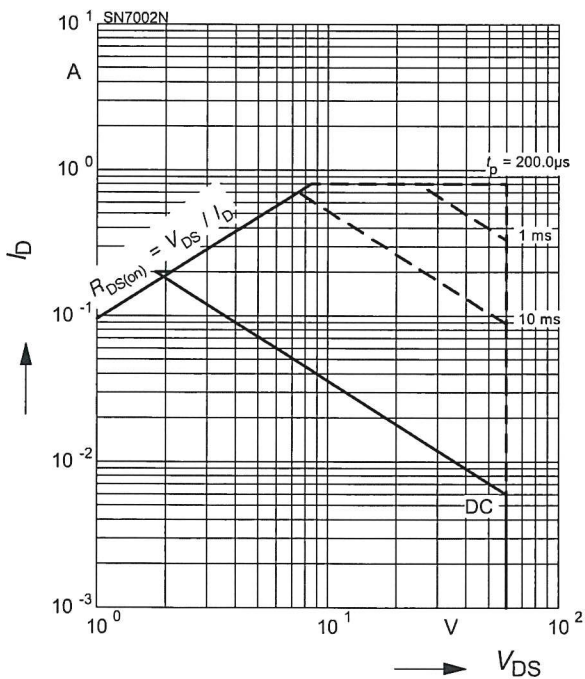
parameter:  $V_{GS} \geq 10 \text{ V}$



### 3 Safe operating area

$$I_D = f(V_{DS})$$

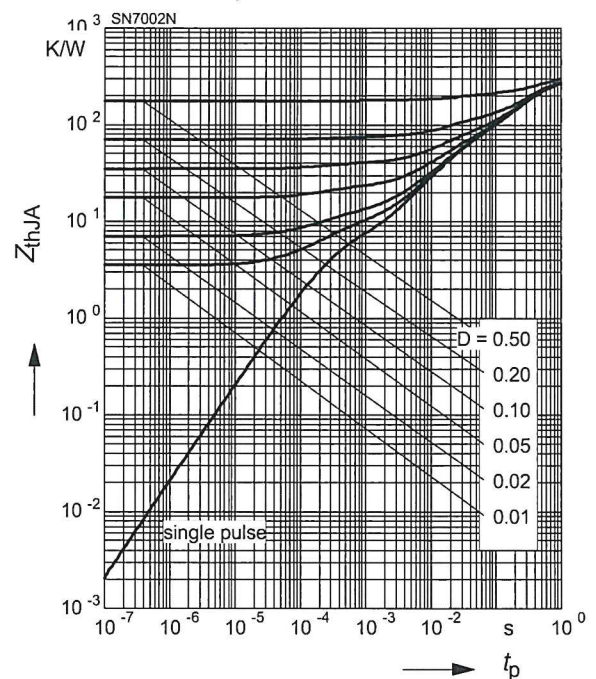
parameter:  $D = 0, T_A = 25 \text{ °C}$



### 4 Transient thermal impedance

$$Z_{thJA} = f(t_p)$$

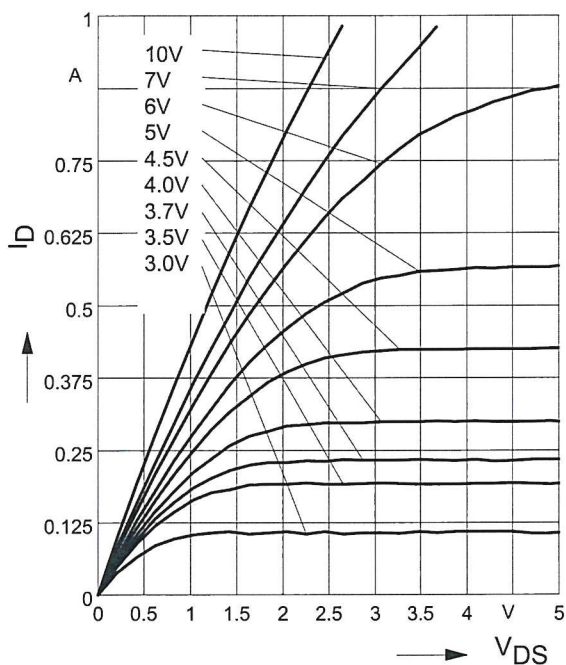
parameter:  $D = t_p/T$



**5 Typ. output characteristic**

$I_D = f(V_{DS})$

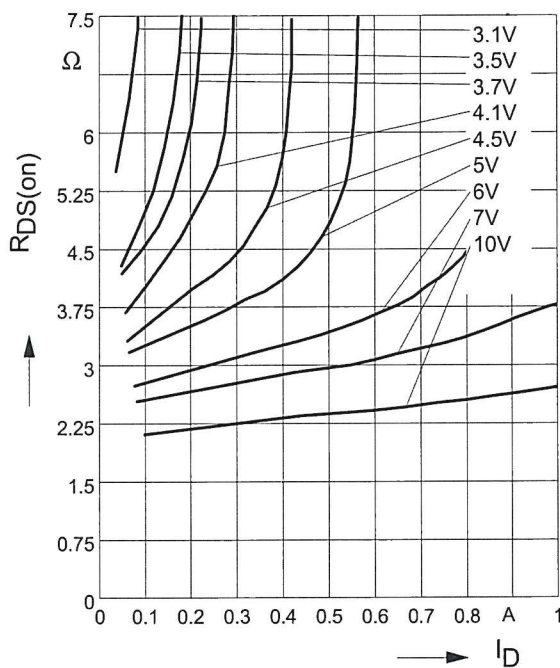
parameter:  $T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$ ,  $V_{GS}$



**6 Typ. drain-source on resistance**

$R_{DS(on)} = f(I_D)$

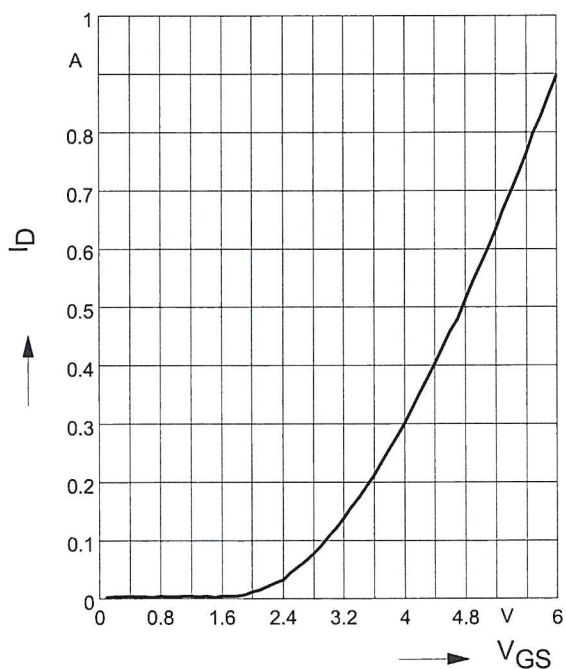
parameter:  $T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$ ,  $V_{GS}$



**7 Typ. transfer characteristics**

$I_D = f(V_{GS})$ ;  $V_{DS} \geq 2 \times I_D \times R_{DS(on)max}$

parameter:  $T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$



**8 Typ. forward transconductance**

$g_{fs} = f(I_D)$

parameter:  $T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$

