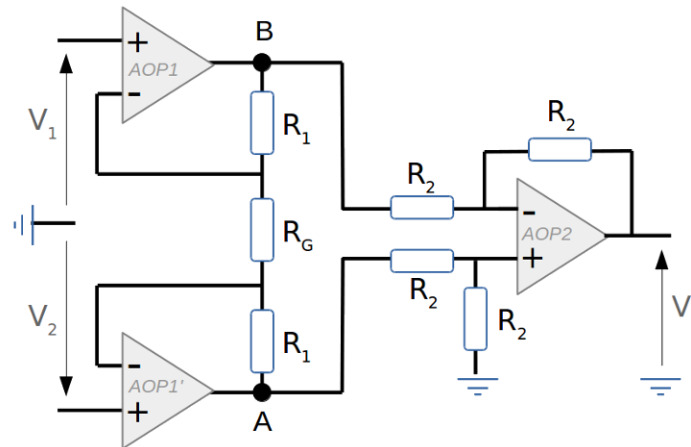


Calculatrice autorisée. Fiche recto-verso autorisée. Tout autre document interdit.

Les 2 exercices sont indépendants. Les parties A et B doivent être rendues sur des copies séparées.

1. Amplificateur différentiel (5 points)

On propose d'étudier ce montage, qui correspond à l'architecture interne d'un **amplificateur d'instrumentation** (de type INA111 par exemple).



1 (1,00) - Donner l'expression de V_S en fonction de V_A et V_B (les potentiels aux points A et B).

REPONSE

L'AOP2 fonctionne en mode linéaire, ainsi $V_+ = V_-$.

Par utilisation du théorème de Millmann pour le calcul de V_- et du pont diviseur pour le calcul de V_+ , on obtient :

$$V_+ = V_A \cdot \frac{R_2}{R_2 + R_2}$$

$$V_- = \frac{\frac{V_S}{R_2} + \frac{V_B}{R_2}}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_2}}$$

On obtient alors : $V_S = V_A - V_B$.

2 (1,00) - Donner l'expression de la différence $V_A - V_B$ en fonction de la différence $V_1 - V_2$.

REPONSE

Les AOP1 et AOP1' fonctionnent en mode linéaire, ainsi $V_+ = V_-$.

Si on note I le courant traversant les deux résistances R_1 et la résistance R_G et si on suppose les AOP parfaits en entrée ($i_+ = i_- = 0$) alors :

$$I = \frac{V_A - V_B}{2 \cdot R_1 + R_G}$$

On a aussi la relation suivante :

$$I = \frac{V_1 - V_2}{R_G}$$

Au final, on obtient :

$$V_A - V_B = (V_1 - V_2) \cdot \left(1 + \frac{2 \cdot R_1}{R_G}\right)$$

3 (0,50) - Que vaut alors V_S en fonction de la différence $V_1 - V_2$? Mettre cette expression sous la forme : $V_S = g \cdot (V_1 - V_2)$. Donner l'expression de g .

REPONSE

$$V_S = \left(1 + \frac{2 \cdot R_1}{R_G}\right) \cdot (V_1 - V_2)$$

avec $g = 1 + 2 \cdot R_1/R_G$

4 (0,50) - D'après la documentation constructeur de l'INA111 (fournie en annexe), à quel potentiel faut-il relier la broche REF pour obtenir le montage proposé précédemment? Que vaut le gain g si la résistance R_G n'est pas reliée? Quel est le courant maximal disponible en sortie de l'INA111?

REPONSE

Il faut relier la broche Ref au potentiel 0 V.

Si $R_g \rightarrow +\infty$ alors $g \rightarrow 1$.

On trouve dans la documentation technique que le courant de court-circuit en sortie est de 30 mA.

5 (1,00) - On connecte à présent un capteur entre V_1 et V_2 qui a une sensibilité $S = 400 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$.

a De quel type est ce capteur?

REPONSE

Ce capteur est un capteur **actif** de **température**.

b Quel est alors la sensibilité du montage complet?

REPONSE

$$s_m = g \cdot S$$

- c Quelle valeur faut-il donner à R_G pour obtenir une sensibilité de $100 \text{ mV}/^\circ\text{C}$ pour le montage complet ?

REPONSE

$g = s_m/S$ et $g = 1 + 2 \cdot R_1/R_G$
 On connaît $R_1 = 25 \text{ k}\Omega$.
 D'où $R_G = 2 \cdot R_1/(g - 1)$
 On obtient alors $R_G = 200 \Omega$.

- d Quelle est alors la valeur maximale de température que l'on pourra relever à l'aide de ce montage, pour une alimentation de $V_{CC} = 15 \text{ V}$?

REPONSE

V_S peut atteindre la valeur de $V_{CC} = 15 \text{ V}$.
 Or $V_S = g \cdot S \cdot T$ (où T est la température, S la sensibilité du capteur et g l'amplification du montage de mise en forme).
 Ainsi $T_{MAX} = V_{CC}/(g \cdot S) = 150^\circ\text{C}$

6 (1,00) - On souhaite connecter en sortie une LED de type TSAL6100 (*documentation technique* fournie en annexe) pour transmettre l'information à un récepteur.

- a Quelle est la longueur d'onde d'émission de cette LED ? A quelle partie du spectre correspond-elle ? Quel est le courant maximal admissible par cette LED ?

REPONSE

$\lambda = 940 \text{ nm}$ / infrarouge
 $I_{MAX} = 100 \text{ mA}$

- b Peut-on l'utiliser dans ces conditions directement en sortie de l'INA111 ?

REPONSE

Non, le courant maximal disponible en sortie de l'AOP est de 30 mA .

- c On souhaite obtenir un courant maximal de 20 mA dans la LED. Proposer une valeur de résistance à mettre en série avec cette dernière.

REPONSE

La valeur maximale du courant est obtenue lorsque $V_S = 15 \text{ V}$. On a alors :

$$R_{LED} = \frac{V_S - V_d}{I_d}$$

où $V_d = 1.35 \text{ V}$ est la tension seuil de la diode et I_d le courant souhaité dans la LED.
 On obtient alors $R_{LED} = 682 \Omega$

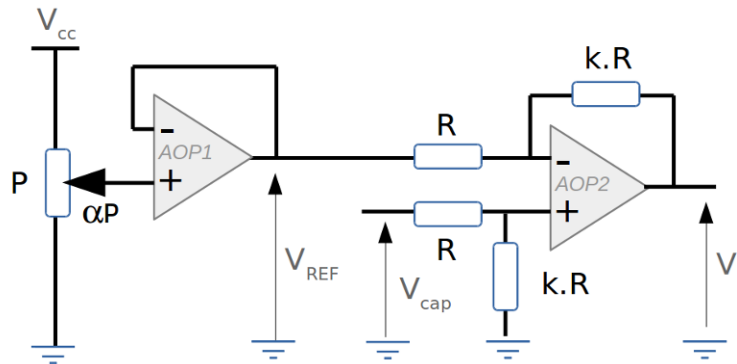
- d Quelle sera la valeur minimale de température que l'on pourra alors transmettre par ce montage ? La valeur maximale ?

REPONSE

Pour que la LED puisse émettre des photons (et donc transmettre une information), il faut que $V_S > 1.35 \text{ V}$.
 Ainsi, pour $V_S = 1.35 \text{ V}$, on obtient $T_{MIN} = 13.5^\circ\text{C}$

2. Capteur et mise en forme (8 points)

On se propose d'étudier un **capteur de force** et son système de **mise en forme**. Voici le montage utilisé pour mettre en forme le signal provenant du capteur :



1 (0,5) - Quel est le mode de fonctionnement des deux amplificateurs opérationnels (AOP 1 et 2) ?

REPONSE

Les deux AOP fonctionnent en mode linéaire (contre réaction entre l'entrée inverseuse et la sortie).
On a alors $V_+ = V_-$.

2 (1,0) - AOP 1 - Quel est le montage utilisé autour de l'AOP 1 ? Quel est son intérêt ? Que vaut V_{REF} en fonction de α (réglage du potentiomètre P) et de V_{CC} ?

REPONSE

Le montage utilisé autour de l'AOP1 est un montage suiveur. Il permet d'adapter l'impédance entre deux parties d'un système et ainsi fournir suffisamment de courant à la charge connectée.

$$V_{REF} = \alpha \cdot V_{CC}$$

3 (1,5) - AOP 2 - Donner la relation entre V_S , V_{CAP} et V_{REF} .

REPONSE

On calcule V_- à l'aide du théorème de Millmann puis V_+ à l'aide d'un pont diviseur de tension.
On obtient au final : $V_S = k \cdot (V_{CAP} - V_{REF})$

4 (0,5) - Les AOP sont alimentés en symétrie entre $+V_{CC}$ et $-V_{CC}$. Quelle est la différence maximale entre V_{CAP} et V_{REF} que l'on peut mesurer à l'aide de ce système ? On choisira $V_{CC} = 15$ V pour les applications numériques.

REPONSE

La tension en sortie de l'AOP est limitée par la tension d'alimentation V_{CC} , la différence maximale de tension décelable sera donc $V_{CAP} - V_{REF} = V_{CC}/k$.

5 - On associe à ce montage le **capteur de force** dont l'étendue de mesure est de 0 à 25 kN. Le point de fonctionnement initial est : $F_0 = 2$ kN, $T_0 = 60$ °C. La tension de sortie est donnée par la relation suivante :

$$V_{cap} = 10^{-4} \cdot F \cdot (1 + 2 \cdot 10^{-3} \cdot (T - 20)) + 6 \cdot 10^{-11} \cdot F^2$$

où F est la force à mesurer, T la température en degré Celsius.

a (0,5) Ce capteur est-il linéaire ?

REPONSE

Non ce capteur n'est pas linéaire, V_{CAP} dépend de F mais aussi de F^2 .

b (1,0) Quelle est la valeur de V_{cap} au point de fonctionnement ?

REPONSE

$V_{CAP} = 10^{-4} \cdot (2 \cdot 10^3) \cdot (1 + 2 \cdot 10^{-3} \cdot (60 - 20)) + 6 \cdot 10^{-11} \cdot (2 \cdot 10^3)^2$
On obtient : $V_{CAP} = 0.22$ V

c (1,0) Calculer la sensibilité du capteur. Que vaut-elle au point de fonctionnement ?

REPONSE

$$s = \frac{dV_{CAP}}{dF} = V_{cap} = 10^{-4} \cdot (1 + 2 \cdot 10^{-3} \cdot (T - 20)) + 12 \cdot 10^{-11} \cdot F$$

Pour $T = 60$ °C et $F = 2$ kN, on obtient : $s = 108$ μV/N

6 - On connecte ce capteur au montage précédent.

a (0,75) Donner l'expression de la sensibilité du montage complet. Que doit valoir k pour que la sensibilité du montage soit de 1 V/kN au point de fonctionnement ?

REPONSE

$$s_m = \frac{dV_S}{dF} = k \cdot \frac{dV_{CAP}}{dF} = k \cdot s$$

On souhaite que $s_m = 1$ V/kN, ainsi $k = 9.24$

b (0,25) Si la température descend de 20 °C, que devient cette sensibilité ?

REPONSE

Pour $T = 40$ °C et $F = 2$ kN, on obtient : $s = 104$ μV/N et $s_m = 0.963$ mV/N

c (0,25) Quelle valeur faut-il donner à V_{REF} pour que la caractéristique $V_S = h(F)$ passe par l'origine pour le point de fonctionnement ?

REPONSE

Pour $T = 60$ °C et $F = 2$ kN, on a $V_{CAP} = 0.2162$ V. Il faut donc que $V_{REF} = 0.2162$ V
Ainsi $V_S = 0$ V au point de fonctionnement.

d (0,75) Pour une température de 60 °C quel est l'écart de linéarité maximal sur la plage de fonctionnement du capteur ? Que vaut la tensions V_S pour une force de 25 kN ? Est-ce réalisable dans les conditions de fonctionnement proposées ?

REPONSE

$$V_S = k \cdot (V_{CAP} - V_{REF}) = k \cdot \left(10^{-4} \cdot F \cdot \left(1 + 2 \cdot 10^{-3} \cdot (T - 20) \right) + 6 \cdot 10^{-11} \cdot F^2 - 0.2162 \right)$$

$$V_{SLIN} = k \cdot (V_{CAP} - V_{REF}) = k \cdot \left(10^{-4} \cdot F \cdot \left(1 + 2 \cdot 10^{-3} \cdot (T - 20) \right) - 0.2162 \right)$$

Pour $T = 60^\circ\text{C}$ et $F = 25 \text{ kN}$, on obtient : $V_{S\text{MAX}} = 23.32 \text{ V}$ et $V_{SLIN\text{MAX}} = 22.97 \text{ V}$. L'écart est d'environ 1.4%.

On obtient ici : $V_{S\text{MAX}} = 23.32 \text{ V} > V_{CC}$, donc il n'est pas possible d'atteindre cette tension pour la tension d'alimentation choisie pour les AOP.



INA111



High Speed FET-Input INSTRUMENTATION AMPLIFIER

FEATURES

- FET INPUT: $I_b = 20\text{pA max}$
- HIGH SPEED: $T_s = 4 \text{ s}$ ($G = 100, 0.01\%$)
- LOW OFFSET VOLTAGE: 500 V max
- LOW OFFSET VOLTAGE DRIFT: $5 \text{ V/}^\circ\text{C max}$
- HIGH COMMON-MODE REJECTION: 106dB min
- 8-PIN PLASTIC DIP, SOL-16 SOIC

APPLICATIONS

- MEDICAL INSTRUMENTATION
- DATA ACQUISITION

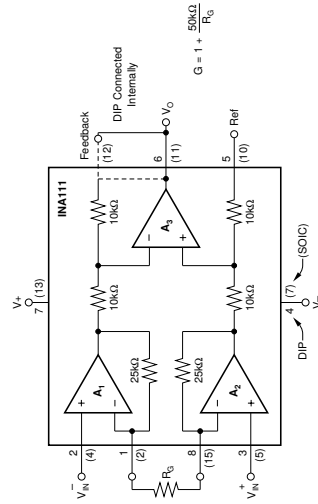
DESCRIPTION

The INA111 is a high speed, FET-input instrumentation amplifier offering excellent performance.

The INA111 uses a current-feedback topology providing extended bandwidth (2MHz at $G = 10$) and fast settling time (4 s to 0.01% at $G = 100$). A single external resistor sets any gain from 1 to over 1000.

Offset voltage and drift are laser trimmed for excellent DC accuracy. The INA111's FET inputs reduce input bias current to under 20pA, simplifying input filtering and limiting circuitry.

The INA111 is available in 8-pin plastic DIP, and SOL-16 surface-mount packages, specified for the -40°C to $+85^\circ\text{C}$ temperature range.



International Airport Industrial Park • Mailing Address: PO Box 11400, Tucson, AZ 85734 • Street Address: 6730 S. Tucson Blvd., Tucson, AZ 85706 • Tel: (520) 746-1111 • Tlx: 910532-1111
Internet: http://www.burr-brown.com • FAX Line: (520) 548-6133 (US/Canada Only) • Cable: BURROPER • Telex: 085-6491 • FAX: (520) 885-1510 • Immediate Product Info: (800) 548-6132

© 1992 Burr-Brown Corporation

PDS-1143E

Printed in U.S.A. March, 1998

SPECIFICATIONS

ELECTRICAL

At $T_A = +25^\circ\text{C}$, $V_S = \pm 15\text{V}$, $R_I = 2\text{k}\Omega$, unless otherwise noted.

PARAMETER	CONDITIONS	INA111BP, BU			INA111AP, AU			UNITS
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
INPUT Offset Voltage, RTI Initial vs Power Supply Impedance, Differential Common-Mode Input Common-Mode Range Common-Mode Rejection	$T_A = +25^\circ\text{C}$ $V_S = V_{CM}$ to T_{MAX} $V_S = \pm 5\text{V}$ to $\pm 15\text{V}$ $V_{CM} = 0\text{V}$ $V_{CM} = \pm 10\text{V}$, $R_{IS} = 1\text{k}\Omega$ $G = 1$ $G = 10$ $G = 100$ $G = 1000$	± 10 80 90 96 110 115 106	$\pm 100 \pm 500/\text{G}$ $\pm 2 \pm 10/\text{G}$ $2 \pm 10/\text{G}$ $10^2 \parallel 6$ ± 12	$\pm 500 \pm 2000/\text{G}$ $\pm 5 \pm 100/\text{G}$ $30 \times 100/\text{G}$	$\pm 200 \pm 500/\text{G}$ $\pm 2 \pm 20/\text{G}$	$\pm 1000 \pm 5000/\text{G}$ $\pm 10 \pm 100/\text{G}$ *	V V/°C V/V $\Omega \parallel \text{pF}$ V	
BIAS CURRENT		± 2		± 20	*	pA		
OFFSET CURRENT		± 0.1		± 10	*	pA		
NOISE VOLTAGE, RTI $f = 100\text{Hz}$ $f = 1\text{kHz}$ $f = 10\text{kHz}$ Noise Current $I_b = 0.1\text{Hz}$ to 10Hz $f = 10\text{kHz}$	$G = 1000$, $R_{IS} = 0\Omega$		13 10 10 1		*	nV/√Hz nV/√Hz nV/√Hz Vp-p		
GAIN Gain Equation Range of Gain Gain Error Gain vs Temperature 50kΩ Resistance ⁽¹⁾ Nonlinearity	$G = 1$, $R_I = 10\text{k}\Omega$ $G = 10$, $R_I = 10\text{k}\Omega$ $G = 100$, $R_I = 10\text{k}\Omega$ $G = 1000$, $R_I = 10\text{k}\Omega$ $G = 1$ $G = 1$ $G = 10$ $G = 100$ $G = 1000$	1	$1 + (50\text{k}\Omega/R_I)$ +0.1 -0.1 -0.15 -0.25 ± 1 ± 25 ± 0.005 -0.001 -0.001 -0.005	10.000 +0.02 -0.5 -0.5 ± 1 ± 10 ± 100 ± 0.005 ± 0.005 -0.001 -0.005 -0.005	*	V/V V/V % % % ppm/°C % of FSR % of FSR % of FSR % of FSR		
OUTPUT Voltage Load Capacitance Stability Short Circuit Current	$I_b = 5\text{mA}$, T_{MB} to T_{MAX}	± 11	± 12.7 1000 +30/-25		*	V pF mA		
FREQUENCY RESPONSE Bandwidth, -3dB	$G = 1$ $G = 10$ $G = 100$ $G = 1000$ $V_O = \pm 10\text{V}$, $G = 2$ to 100 $G = 1$ $G = 10$ $G = 100$ $G = 1000$ 50% Overdrive		2 2 450 17 2 2 4 30 1		*	MHz MHz MHz V/s s s s s s		
POWER SUPPLY Voltage Range Current	$V_{RS} = 0\text{V}$	± 6 ± 15 -53.3		± 18 -54.5	*	V mA		
TEMPERATURE RANGE Specification Operating θ_{JA}		-40 -40		85 125	*	°C °C °C/W		

* Specification same as INA111BP.
NOTE: (1) Temperature coefficient of the "50kΩ" term in the gain equation.

The information provided herein is believed to be reliable; however, BURR-BROWN assumes no responsibility for inaccuracies or omissions. BURR-BROWN assumes no responsibility for the use of this information, and all use of such information shall be entirely at the user's own risk. Prices and specifications are subject to change without notice. No patent rights or licenses in any of the circuits described herein are implied or granted to any third party. BURR-BROWN does not authorize or warrant any BURR-BROWN product for use in life support devices and/or systems.



INA111

High Power Infrared Emitting Diode, 940 nm, GaAlAs, MQW

FEATURES

- Package type: leaded
- Package form: T-1 $\frac{3}{4}$
- Dimensions (in mm): \varnothing 5
- Peak wavelength: $\lambda_p = 940$ nm
- High reliability
- High radiant power
- High radiant intensity
- Angle of half intensity: $\phi = \pm 10^\circ$
- Low forward voltage
- Suitable for high pulse current operation
- Good spectral matching with Si photodetectors
- Material categorization: For definitions of compliance please see www.vishay.com/doc/799912

APPLICATIONS

- Infrared remote control units with high power requirements
- Free air transmission systems
- Infrared source for optical counters and card readers
- IR source for smoke detectors

DESCRIPTION

TSAL6100 is an infrared, 940 nm emitting diode in GaAlAs multi quantum well (MQW) technology with high radiant power and high speed molded in a blue-gray plastic package.



94-6109



RoHS
REACH
FREE
GREEN
(E-2009)

PRODUCT SUMMARY			
COMPONENT	I_f (mW/sr)	ϕ (deg)	λ_p (nm)
TSAL6100	170	± 10	940
			t_r (ns)
			15

- Note**
- Test conditions see table "Basic Characteristics"
 - MOC: minimum order quantity

ORDERING INFORMATION			
ORDERING CODE	PACKAGING	REMARKS	PACKAGE FORM
TSAL6100	Bulk	MOC: 4000 pcs, 4000 pcs/bulk	T-1 $\frac{3}{4}$

- Note**
- MOC: minimum order quantity

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS ($T_{amb} = 25^\circ\text{C}$, unless otherwise specified)			
PARAMETER	TEST CONDITION	SYMBOL	VALUE
Reverse voltage		V_R	5
Forward current		I_F	100
Peak forward current	$t_p/T = 0.5, t_p = 100 \mu\text{s}$	I_{FM}	200
Surge forward current	$t_p = 100 \mu\text{s}$	I_{FSM}	1.5
Power dissipation		P_V	160
Junction temperature		T_J	100
Operating temperature range		T_{amb}	-40 to +85
Storage temperature range		T_{stg}	-40 to +100
Soldering temperature	$t \leq 5$ s, 2 mm from case	T_{sd}	260
Thermal resistance junction/ambient	J-STD-051, leads 7 mm soldered on PCB	R_{thJA}	230

For technical questions, contact: emliteltechsupport@vishay.com
THIS DOCUMENT IS SUBJECT TO CHANGE WITHOUT NOTICE. THE PRODUCTS DESCRIBED HEREIN AND THIS DOCUMENT ARE SUBJECT TO SPECIFIC DISCLAIMERS, SET FORTH AT www.vishay.com/doc/799912

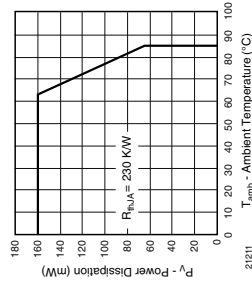


Fig. 1 - Power Dissipation Limit vs. Ambient Temperature

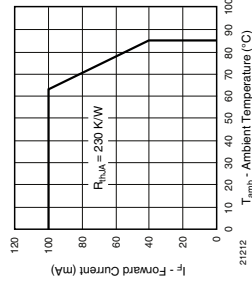


Fig. 2 - Forward Current Limit vs. Ambient Temperature

BASIC CHARACTERISTICS ($T_{amb} = 25^\circ\text{C}$, unless otherwise specified)						
PARAMETER	TEST CONDITION	SYMBOL	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
Forward voltage	$I_F = 100$ mA, $t_p = 20$ ns	V_F		1.35	1.6	V
Reverse voltage	$I_F = 1$ A, $t_p = 100 \mu\text{s}$	V_R		2.2	3	V
Temperature coefficient of V_F	$I_F = 1$ mA	TK_{VF}		-1.8		mV/K
Reverse current	$V_R = 5$ V	I_R		40	10	μA
Junction capacitance	$V_R = 0$ V, $f = 1$ MHz, $E = 0$	C_J		40		pF
Radiant intensity	$I_F = 100$ mA, $t_p = 20$ ns	I_e	80	170	400	mW/sr
Radiant power	$I_F = 1$ A, $t_p = 100 \mu\text{s}$	P_e	650	1450		mW
Temperature coefficient of $\phi_{0.5}$	$I_F = 100$ mA, $t_p = 20$ ns	$\phi_{0.5}$		40		%/K
Angle of half intensity	$I_F = 20$ mA	ϕ		± 10		deg
Peak wavelength	$I_F = 100$ mA	λ_p		940		nm
Spectral bandwidth	$I_F = 100$ mA	$\Delta\lambda$		30		nm
Temperature coefficient of λ_p	$I_F = 100$ mA	TK_{λ_p}		0.2		nm/K
Rise time	$I_F = 100$ mA	t_r		15		ns
Fall time	$I_F = 100$ mA	t_f		15		ns

For technical questions, contact: emliteltechsupport@vishay.com
THIS DOCUMENT IS SUBJECT TO CHANGE WITHOUT NOTICE. THE PRODUCTS DESCRIBED HEREIN AND THIS DOCUMENT ARE SUBJECT TO SPECIFIC DISCLAIMERS, SET FORTH AT www.vishay.com/doc/799912