

#2

温度制御におけるサーミスタの選
択とその使用

APPLICATION NOTE

温度制御におけるサーミスタの選択と使用法

感熱抵抗器（サーミスタ）は、高感度、小型、堅牢性、高速応答時間、低コストのため、レーザーダイオードおよび検出器冷却アプリケーションで広く使用されています。

熱電（TE）クーラーおよびサポート回路と適切に使用すると、1ドル未満の一般的なサーミスタは、レーザーダイオードの温度を0.001°C以上に安定させるのに十分な感度を備えています。

サーミスタ特性

サーミスタは一般に、温度に応じて非直線的に変化する電気抵抗を持つ2端子半導体デバイスです。

サーミスタの非直線性は、キャリブレーションと使用を複雑にします。

過去に、設計エンジニアは、非常に狭い温度範囲でのみ抵抗を効果的に温度に変換する抵抗器ベースの線形化ネットワークに頼ることが多かった。

幸いなことに、マイクロプロセッサは、複雑な式をすばやく計算できるため、このタスクを大幅に簡素化しました。

ほとんどのサーミスタのR-T特性は、Steinhart-Hart方程式によって正確に記述されます。

$$1/T = A + B*(\ln R) + C*(\ln R)^3$$

この関係では、Tは絶対温度（ケルビン単位）で、A、B、およびCは定数であり、抵抗と温度の測定値から決定できます（1）。適切なキャリブレーションデータが利用可能であると仮定すると（2）、Steinhart-Hartの式は、-30°Cから+125°Cの温度範囲で0.1°C未満の誤差、-20°Cから+50°Cの間で0.01°C未満の誤差をもたらします。

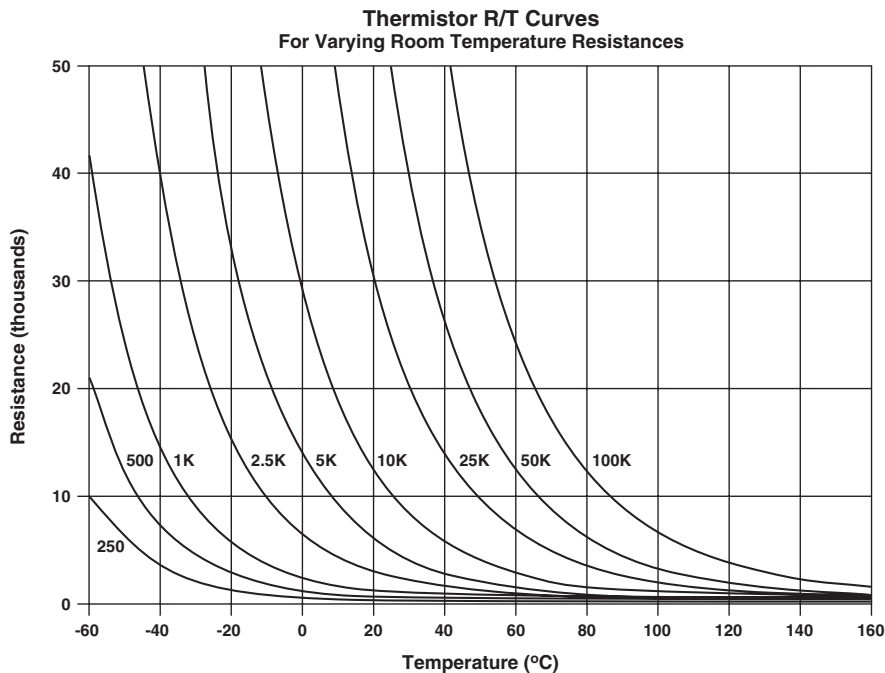


Figure 1. Resistance-Temperature response curves for nine common thermistors.

サーミスタファミリー

ほとんどのサーミスタには負の温度係数（NTC）があります。つまり、温度が上昇すると抵抗が減ります。第9つの一般的なNTCサーミスタのR-T特性を図1にします。第

各サーミスタには、25°Cでの公称抵抗に従ってラベルが付けられています。一般的に入手可能なサーミスタの範囲は250Ω、100kΩです。

サーミスタの製造プロセス中に、さまざまな金属酸化物を使用して半導体接合を形成することにより、コース抵抗制御が実現されます。

いくつかの異なる材料の組み合わせを使用して、同じ公称25°C抵抗に到達します。各組み合わせにより、わずかに異なるR-T特性が得られます。

利用可能なこのR-T特性の多様性により、サーミスタの選択が複雑になることがよくあります。

ただし、図2に示すように、同じ公称抵抗のサーミスタ間の差は比較的小さいです。

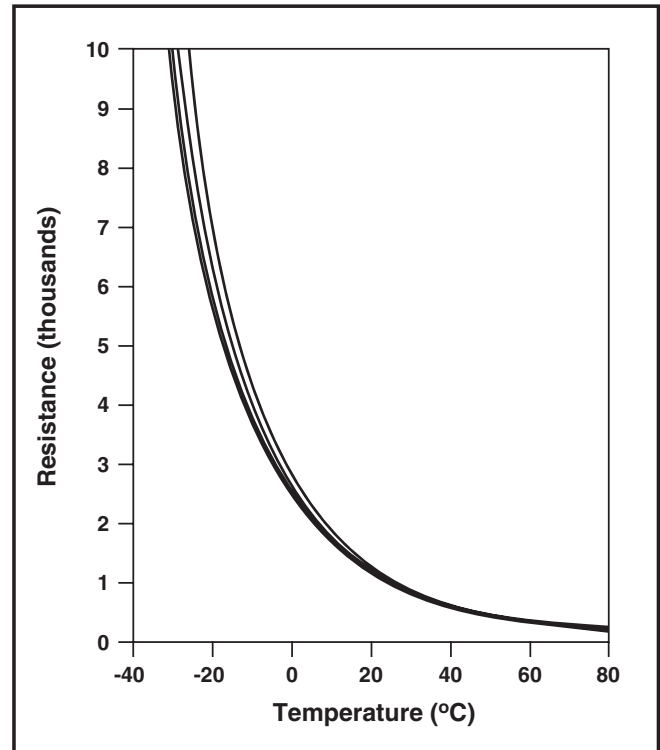


Figure 2. 異なるサーミスタ材料のR-T勾配の変化。

公称抵抗

一般に、サーミスタは数千オームの抵抗を示す温度で動作します。

これらの高抵抗では、従来のデジタルマルチメータを使用して簡単な2線式抵抗測定がうまく機能し、温度コントローラの測定回路は、信頼性の高い温度測定のために過度に複雑または正確である必要はありません。

温度感度

サーミスタは、抵抗対温度曲線が最も急峻な低温で最高の感度を実現します。

この感度は、温度が上昇すると急速に低下します。

典型的な10kΩサーミスタの場合、感度は次のように変化します。

Temperature	Sensitivity
-20°C	5,600 Ω/°C
25°C	439 Ω/°C
50°C	137 Ω/°C

1 - 定数A、B、およびCの計算については、ILX Lightwave Application Note #4で詳しく説明しています。

2 - これらの定数は、温度制御にサーミスタを使用するILX製品を購入するとユーザーに提供されます。LDT-5900シリーズの機器など。

温度範囲とサーミスタの選択

実用的なサーミスタ選択のトレードオフを理解するには、図3に示すシステムブロック図を検討してください。

この図は、LDT-5900シリーズや他のILX温度コントローラーで使用されているような温度検知および表示システムを示しています。

サーミスタの抵抗は、サーミスタに10 μA または100 μA の定電流を流し、電圧降下を測定することで検出されます。

電圧がデジタル化されてマイクロプロセッサに入力され、抵抗が計算され、Steinhart-Hart方程式が温度の計算に使用されます。

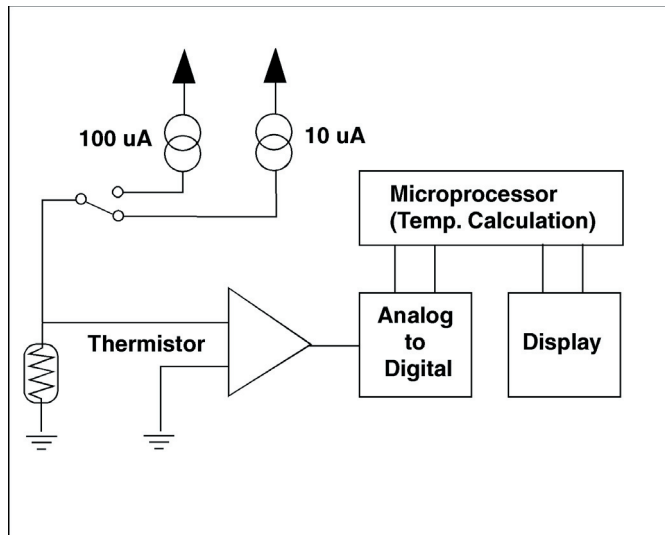


Figure 3. 高分解能温度測定システム。

LDT-5900シリーズの計測器は、0~6Vの測定範囲で23ビットA/Dコンバータを使用しているため、A/D入力電圧分解能は1ステップあたり約0.7 μV です。

サーミスタ抵抗は非線形であるため、実際の温度測定分解能も非線形です。

この非直線性により、温度測定限界の定義が複雑になります。

サーミスタの温度が上昇すると、温度変化に対する抵抗と感度も低下します。

これは、ビットあたりのオーム数が減少し、A/Dステップあたりの度数が増加することを意味します。

図4は、この関係を示しています。

図の上部は、サーミスタ抵抗とA/Dへの電圧入力を示し、システムの低温限界を決定するために使用されます。

図の下の部分は、A/DコンバータのステップごとのC単位のシステム測定分解能を示し、温度の上限を決定するために使用されます。

LDT-5900シリーズのディスプレイ解像度は0.001°Cです。単一のA/Dビットが0.001°C未満の変化に対応する限り、測定分解能は機器のアプリケーションに大きな影響を与えません。

単一のA/Dステップが0.001°Cを超える変化に対応する温度は次のとおりです。

Sensing Current	$\Delta R/0.001^\circ\text{C}$	10k Ω Thermistor Temp.
10 μA	0.07 Ω	64°C
100 μA	0.007 Ω	132°C

これより高い温度では、1回のA/Dステップは温度変化が0.001°C以上に相当し、機器は0.001°C未満の温度変化を検出および測定できなくなります。

サーミスタの温度が下がると抵抗が増加し、同様にサーミスタの両端の電圧も増加します。電圧がA/Dコンバータの最大入力電圧を超えると、実際の下限温度に達します。

一般的な低温測定の制限は次のとおりです。

Sensing Current	Resistance	10k Ω Thermistor Temp.
10 μA	600,000 Ω	-49°C
100 μA	60,000 Ω	-11°C

LDT-5900 Series Temperature Range Using Typical 10 k Ω Thermistor

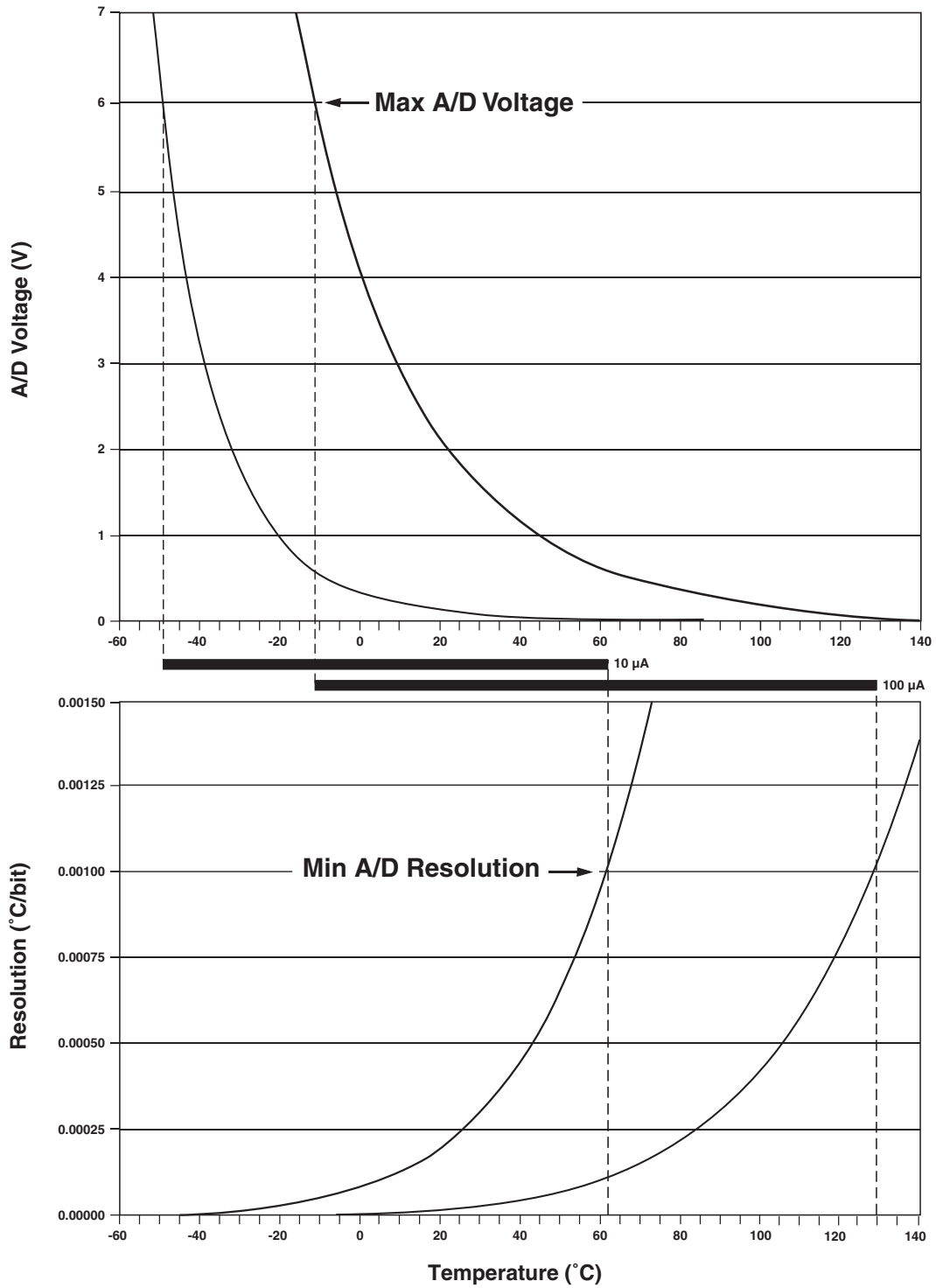


Figure 4. 測定分解能の変化対温度

結論

選択するサーミスタの種類は、主に必要な動作温度範囲によって異なります。図1のようなサーミスタR-T曲線は、通常、サーミスタの製造元によって提供され、サーミスタの選択のための適切なガイドラインを提供します。

サーミスタの有用な温度範囲は、検出電流を変えることにより変化します。10k Ω のサーミスタを使用したLDT-5900の温度範囲は、図4の中央の水平バーで示されております。

図4は、一般的な10k Ω サーミスタのデータを示していますが、他のサーミスタでも同じアプローチを使用できます。図から、10k Ω のサーミスタは、室温以上から約-40 $^{\circ}$ Cまでの高い安定性が必要とされるほとんどのレーザーダイオード冷却アプリケーションに一般的に適していることがわかります。

The following publications are available for download on at www.ilxlightwave.com.

White Papers

- A Standard for Measuring Transient Suppression of Laser Diode Drivers
- Degree of Polarization vs. Poincaré Sphere Coverage
- Improving Splice Loss Measurement Repeatability

Technical Notes

- Attenuation Accuracy in the 7900 Fiber Optic Test System
- Automatic Wavelength Compensation of Photodiode Power Measurements Using the OMM-6810B Optical Multimeter
- Bandwidth of OMM-6810B Optical Multimeter Analog Output
- Broadband Noise Measurements for Laser Diode Current Sources
- Clamping Limit of a LDX-3525 Precision Current Source
- Control Capability of the LDC-3916371 Fine Temperature Resolution Module
- Current Draw of the LDC-3926 16-Channel High Power Laser Diode Controller
- Determining the Polarization Dependent Response of the FPM-8210 Power Meter
- Four-Wire TEC Voltage Measurement with the LDT-5900 Series Temperature Controllers
- Guide to Selecting a Bias-T Laser Diode Mount
- High Power Linearity of the OMM-6810B and OMH-6780/6790/6795B Detector Heads
- Large-Signal Frequency Response of the 3916338 Current Source Module
- Laser Wavelength Measuring Using a Colored Glass Filter
- Long-Term Output Drift of a LDX-3620 Ultra Low-Noise Laser Diode Current Source
- Long-Term Output Stability of a LDX-3525 Precision Current Source
- Long-Term Stability of an MPS-8033/55 ASE Source
- LRS-9424 Heat Sink Temperature Stability When Chamber Door Opens
- Measurement of 4-Wire Voltage Sense on an LDC-3916 Laser Diode Controller
- Measuring the Power and Wavelength of Pulsed Sources Using the OMM-6810B Optical Multimeter
- Measuring the Sensitivity of the OMH-6709B Optical Measurement Head
- Measuring the Wavelength of Noisy Sources Using the OMM-6810B Optical Multimeter
- Output Current Accuracy of a LDX-3525 Precision Current Source
- Pin Assignment for CC-305 and CC-505 Cables
- Power and Wavelength Stability of the 79800 DFB Source Module
- Power and Wavelength Stability of the MPS-8000 Series Fiber Optic Sources
- Repeatability of Wavelength and Power Measurements Using the OMM-6810B Optical Multimeter
- Stability of the OMM-6810B Optical Multimeter and OMH-6727B InGaAs Power/Wavehead
- Switching Transient of the 79800D Optical Source Shutter
- Temperature Controlled Mini-DIL Mount
- Temperature Stability Using the LDT-5948
- Thermal Performance of an LDM-4616 Laser Diode Mount
- Triboelectric Effects in High Precision Temperature Measurements
- Tuning the LDP-3840 for Optimum Pulse Response
- Typical Long-Term Temperature Stability of a LDT-5412 Low-Cost TEC
- Typical Long-Term Temperature Stability of a LDT-5525 TEC

- Typical Output Drift of a LDX-3412 Loc-Cost Precision Current Source
- Typical Output Noise of a LDX-3412 Precision Current Source
- Typical Output Stability of the LDC-3724B
- Typical Output Stability of a LDX-3100 Board-Level Current Source
- Typical Pulse Overshoot of the LDP-3840/03 Precision Pulse Current Source
- Typical Temperature Stability of a LDT-5412 Low-Cost Temperature Controller
- Using Three-Wire RTDs with the LDT-5900 Series Temperature Controllers
- Voltage Drop Across High Current Laser Interconnect Cable
- Voltage Drop Across High Current TEC Interconnect Cable
- Voltage Limit Protection of an LDC-3916 Laser Diode Controller
- Wavelength Accuracy of the 79800 DFB Source Module

Application Notes

- App Note 1: Controlling Temperatures of Diode Lasers and Detectors Thermoelectrically
- App Note 2: Selecting and Using Thermistors for Temperature Control
- App Note 3: Protecting Your Laser Diode
- App Note 4: Thermistor Calibration and the Steinhart-Hart Equation
- App Note 5: An Overview of Laser Diode Characteristics
- App Note 6: Choosing the Right Laser Diode Mount for Your Application
- App Note 8: Mode Hopping in Semiconductor Lasers
- App Note 10: Optimize Testing for Threshold Calculation Repeatability
- App Note 11: Pulsing a Laser Diode
- App Note 12: The Differences between Threshold Current Calculation Methods
- App Note 13: Testing Bond Quality by Measuring Thermal Resistance of Laser Diodes
- App Note 14: Optimizing TEC Drive Current
- App Note 17: AD590 and LM335 Sensor Calibration
- App Note 18: Basic Test Methods for Passive Fiber Optic Components
- App Note 20: PID Control Loops in Thermoelectric Temperature Controllers
- App Note 21: High Performance Temperature Control in Laser Diode Test Applications

日本代理店
株式会社 日本レーザー Newport機器部
Tel: 03-5285-0853
E-mail: Newport_gr@japanlaser.co.jp
<https://www.newport-japan.jp/>



For application assistance or additional information on our products or services you can contact us at:

ILX Lightwave Corporation
31950 Frontage Road, Bozeman, MT 59715
Phone: 406-556-2481 • 800-459-9459 • Fax: 406-586-9405
Email: sales@ilxlightwave.com

To obtain contact information for our international distributors and product repair centers or for fast access to product information, technical support, LabVIEW® drivers, and our comprehensive library of technical and application information, visit our website at:

www.ilxlightwave.com

