

実用アナログ回路

【始めに】

インターネットによる情報化社会の発展と広がりを見張るものがあります。少し前までは、ローカルなハードウェア機器の代表選手であった家電製品などもデジタル技術の急速な進歩で IoT「モノのインターネット」と呼ばれる情報化融合技術により情報デジタルネットワークへの接続も当たり前になってきました。

そんな中でアナログ技術は、より一層重要さが増えています。何故ならそれらのモノ（道具、装置）を利用するのは人間であり、人間は、アナログな感知感性しか持っていないからです。

従って、人間から機械に命令を行う（入力）のも、機械の仕事（出力）もアナログである必要があります。

この技術コンテンツでは、主にアナログ技術による実用的な応用回路例を紹介します。

筆者：井上 雅博

Si ダイオードを使用した温度検知回路

温度検知の必要性

ハードウェアとしての電子回路はプリント基板に様々な電子部品を実装します。制御回路の各部品に電気エネルギーとして DC 電源を印加し、各部品、基板パターン配線上に電流が流れ、様々な電気機能を実現します。

電流が流れれば、電気エネルギーの一部は熱に変換されます。この電流が多いほど、発生する熱も多くなります。結果的に各部品での発生熱が累積され基板の温度が上昇します。

当然、回路設計時には製品仕様の温度範囲をカバーする様に設計をしますが、実際に動作している基板の温度は、逐次変化しています。想定外の事態で、設計想定以上の温度になった場合にでも基板回路が故障しない様(または、接続する周辺装置へ二次的な故障影響を及ぼさないため)にリアルタイムに監視が必要です。

過温度を検知して回路を保護 (TSD: Thermal shut down)する目的でフェイルセーフ機能を持つギミックを設けることが多いのです。

安価で高信頼性の Si ダイオードの温度特性を利用した温度センサー

[温度センサー](#)は、周辺温度変化に対する温度変化特性を利用するもので温度センサーとして利用できる部品には様々な種類があります。

温度センサーとして最も普及しているものでは、[サーミスタ](#)と呼ばれる薄膜抵抗素子がありますが、製造供給メーカーがある程度限られることと、通常の抵抗器に比べて高価なことが難点で測定したいポイントが多くなるとコストが嵩む欠点があります。

そこで、本稿では、サーミスタに代替え可能な温度センサーとして[シリコンダイオード](#)(PN 接合型 Si Diode)を利用した方法を紹介します。

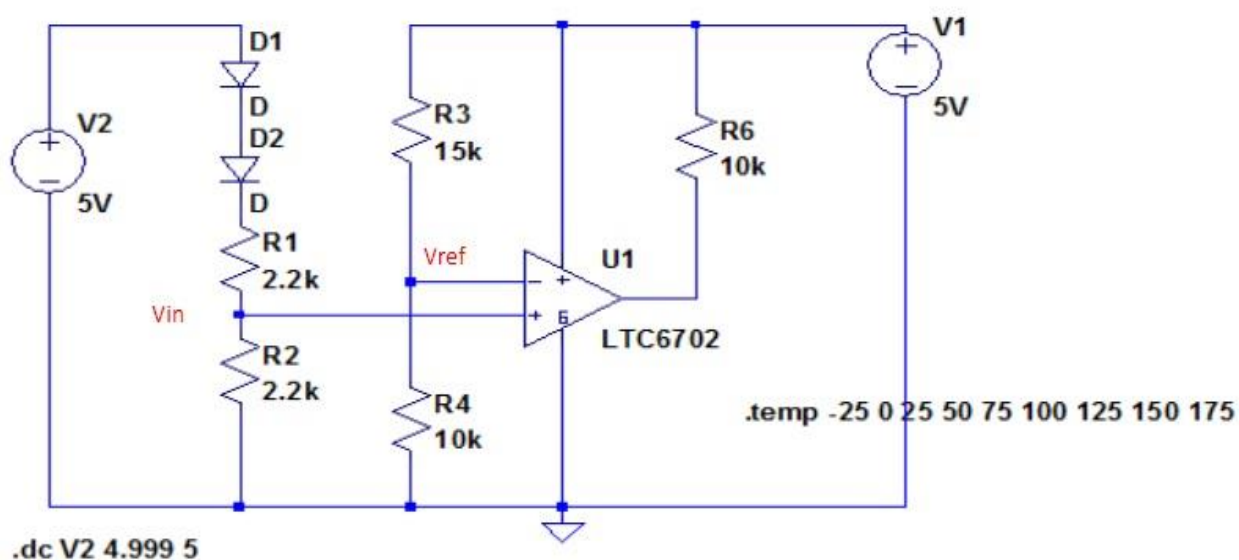
Si Diode の特長

- 供給メーカーが多い
- 市場流通量が多くいつでも手軽に入手できる
- 安価である

- 動作安定性に優れる
- 壊れにくい
- 信頼性が高い

Si ダイオード温度検知回路実験

この Si Diode を使用した温度検出性能を検証してみます。下図に Si ダイオードを利用した温度検知(TSD)回路例を示します。



回路図中の D1,D2 が、温度センサーに使用する Si ダイオードです。Si ダイオード 1 個あたりの VF は約 0.7V です。この回路では、検出精度を上げるために、ダイオードを 2 個使用し 2 倍の VF (約 1.4V) にしています。

動作原理

5V 電源 V2 より、直列に接続した D1,D2 から R1 + R2 の抵抗に電流が流れます。回路図中 Vin の電圧は、次式で決定されます。

$$V_{in} = (5V - (V_{FD1} + V_{FD2})) \times R2 / (R1 + R2)$$

Si ダイオードの順方向電圧(VF)は、約-2mV/°Cの温度係数を持っています。温度が周囲温度が上がると、Si ダイオードの VF は減少しますから、上記式で考えると周囲温度の上昇に比例して V_{in} は高くなっていく原理です。

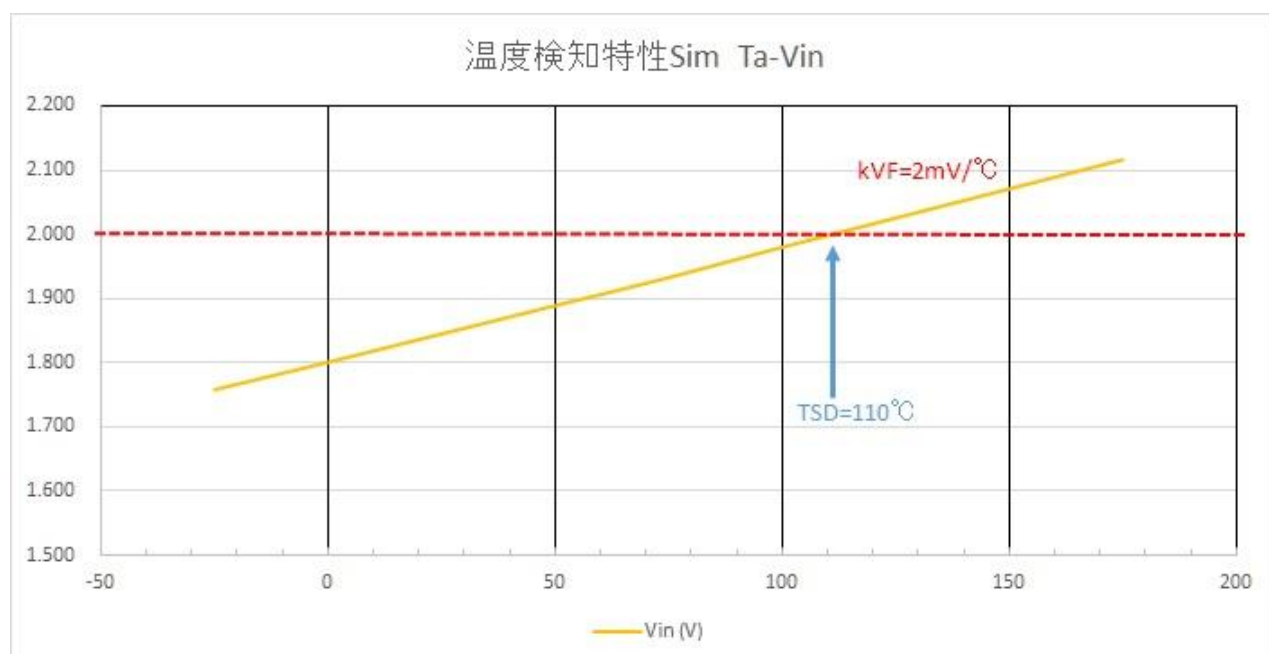
回路図右側の差動コンパレータ(リニアテクノロジー社製 LTC6702)にて予め設定した基準電圧 V_{ref} (この例では $V_{ref}=2V$ に設定)と、温度検知値 V_{in} と比較して、2V(設定温度上限)を越えるとコンパレータの出力が量的に"0"(Low)→"1"(Hi)に反転する様にしてあります。

この回路をアナログ回路シミュレータ SPICE を使用して回路動作を検証します。

ここでは、リニアテクノロジー社が提供している LTspice を使用しています。

Si ダイオード温度検知回路のシミュレーション結果

周囲温度を-25°C～175°Cまで可変した時の V_{in} の電圧をシミュレーション結果です。



- 検出温度係数 $\approx -2\text{mv}/^{\circ}\text{C}$
- Vref 設定=2V に達する温度は、 110°C

と想定通りの回路特性が得られました。設定温度上限値は、R3,R4 の分圧比で Vref 値を設定することで上限温度が任意に設定できます。

上記回路のコンパレータ出力で、制御器([マイコン](#)、[ドライバアンプ](#)、[電源](#)など) を OFF(停止)し、リセットを掛けることで過剰な温度上昇による誤動作や故障を防ぐことができます。