

Astable Multivibrator를 이용한 온도-周波數 變換器

金 敬 植

Temperature-to-Frequency Converter Using a Astable Multivibrator

Kyung-sik Kim

Summary

This paper describes a temperature-to-frequency converter based on astable multivibrator using a single thermistor.

A new procedure is suggested for obtaining linearity over a wide range of temperature for a specified value of deviation. The center frequency can be adjusted at any set frequency by an adjustable resistance. Furthermore, the oscillation frequency is not affected by the change of supply voltage.

序 論

任意的 物理量을 digital로 測定하는 것은 analog形으로 測定하는 것보다 여러가지 長點이 많다. 溫度는 자주 測定되고 調節되는 物理量의 하나이다. thermistor는 抵抗-溫度關係가 크게 非直線特性을 갖는 短點이 있으나 溫度에 대단히 敏感하므로 여러가지 線形化方法을 써서 利用하는 研究들이(Boel 1965, Frye-1966, Lovorg 1965, Patranabis 1972) 報告되어 왔다. 溫度-周波數 變換器를 構成하는데 Stankovic(1974, 1977), Broughton(1974) 등은 여러 가지 形態의 thermistor bridge回路를 갖는 非安안 mutivibrator를 應用하였으며, Buckley(1974)는 溫度-周波數 變換器를 analog-to-digital 變換器에 利用하였다. 그러나 이들 文獻들에서 利用된 回路들은 複雜하고 費用이 많이 드는 缺點이 있다.

本報에서는 한개의 thermistor를 非安안 multivibrator에 利用하여 簡單하게 溫度-周波數 變換器를 構成하였다. 溫度變化에 따른 thermistor의 抵抗값 變化를 周波數 變化로 바꾸는 本 變換器는 넓은 溫度範圍에 걸쳐 誤差가 작으면서 線形化를 이룰 수 있는 새로운 方法. 다.

理論 및 方法

演算增幅器를 사용한 非安안 multivibrator의 基本回路가 Fig. 1. 이다. 이 回路의 出力周波數는

$$f = \frac{1}{2RCI_n(1+2R_2/R_1)} \quad (1)$$

이며 電源 電壓에 獨立이다. thermistor의 抵抗 R_t 는 絕對溫度의 函數로써 다음과 같이 주어진다.

$$R_t = R_0 \exp[B(1/T - 1/T_0)]$$

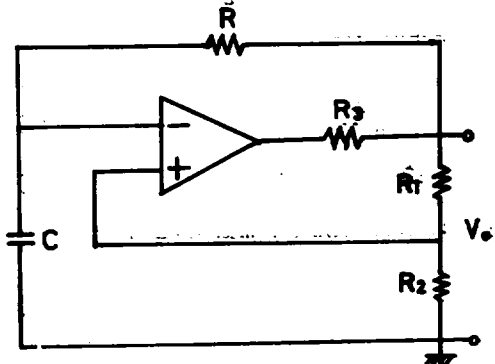


Fig. 1. Astable multivibrator
 v_o : output voltage

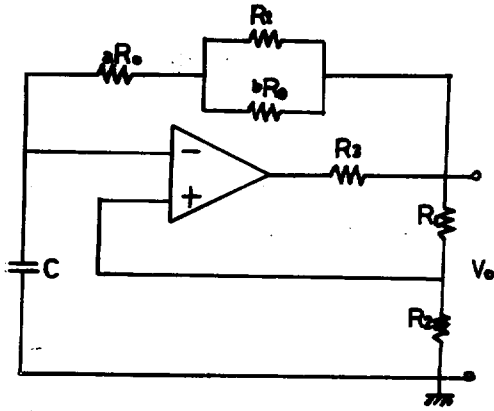


Fig. 2. Temperature-to-frequency converter
 R_t : thermistor a, b : constant

여기서 R_0 는 $T=T_0$ 에서 thermistor의 抵抗이며 B 는 物質에 따른 常數이다.

周波數 f 를 溫度의 函數로 하기 위하여 Fig. 1을 Fig. 2와 같은 thermistor 結合回路로 代置하면 振動周波數는

$$f = \frac{1}{2(aR_0 + \frac{bR_0R_t}{bR_0 + R_t})C I_n (1 + 2R_2/R_1)} \quad (3)$$

이 式을 $f=f(T_0)$ 의 周波數로 規準化하면

$$f/f_0 = \frac{a + \frac{b}{b+1}}{a + \frac{b \exp[B(1/T - 1/T_0)]}{b + \exp[B(1/T - 1/T_0)]}} \quad (4)$$

式(4)가 完全한 直線特性을 나타내려면 다음과 같은 形態로 되어야 한다.

$$f/f_0 = 1 + m(T - T_0) \quad (5)$$

$$\left. \frac{d(f/f_0)}{dT} \right|_{T=T_0} = m \quad (6)$$

$$\left. \frac{d^2(f/f_0)}{dT^2} \right|_{T=T_0} = 0 \quad (7)$$

式(6)과 (7)을 利用하여 常數 a, b 를 구하면

$$a = \frac{(\alpha + \frac{2}{T_0} - 2m)(\alpha + \frac{2}{T_0} - 4m)}{4m\alpha} \quad (8)$$

$$b = \frac{\alpha + \frac{2}{T_0} - 2m}{\alpha - \frac{2}{T_0} + 2m} \quad (9)$$

여기서 $\alpha = -B/T_0^2$ 이다.

이들 式에서 m 이 취할 수 있는 最大값을 구하면 다음과 같이 된다.

$$m = -\frac{\alpha}{2} + \frac{1}{T_0} \quad (10)$$

式(8)과 (9)의 條件을 式(4)에 代入하면

$$f/f_0 = \frac{(\alpha + \frac{2}{T_0} - 2m)^2 + (\alpha + \frac{2}{T_0} - 2m)}{(\alpha + \frac{2}{T_0} - 2m)(\alpha + \frac{2}{T_0} - 4m) + (\alpha + \frac{2}{T_0} - 4m)} \frac{(\alpha - \frac{2}{T_0} + 2m) \exp[B(1/T - 1/T_0)]}{(\alpha - \frac{2}{T_0} + 2m) + 4m\alpha \exp[B(1/T - 1/T_0)]} \quad (11)$$

式 (11)은 溫度 T_0 近方에서 기울기 m 을 갖는 直線 函數로 動作하나 式 (5)의 直線特性과는 差異가 생긴다. 이 偏差는 다음과 같은 式으로 되며

$$D(T) = f/f_0 - 1 - m(T - T_0) \quad (12)$$

이 式은 溫度 T_0 兩側에서 單調增加한다. 만약 直線性을 $x\%$ 이내로 하려면 다음 方程式을 구하여 溫度範圍를 限定하여야 한다.

$$x = 100 |f/f_0 - 1 - m(T - T_0)| \quad (13)$$

結果 및 考察

要求되는 기울기가 m' 인 境遇 直線特線式은

$$f/f_0 = 1 + m'(T - T_0) \quad (14)$$

이며 式 (11)에서 選擇한 값이 m' 보다 큰 境遇 $|D|$ 는 T_0 兩側에서 極大點까지 增加하며 여기서 다시 減少하여 0으로 되고 여기서 다시 單調增加한다. 또한 $T > T_0$ 일 때가 $T < T_0$ 인 境遇보다 $|D|$ 의 極大값이 더 클 수 있다. Fig. 3.의 曲線 1은 $m=0.0108$, $m'=0.01$ 일 때의 偏差特性이다.

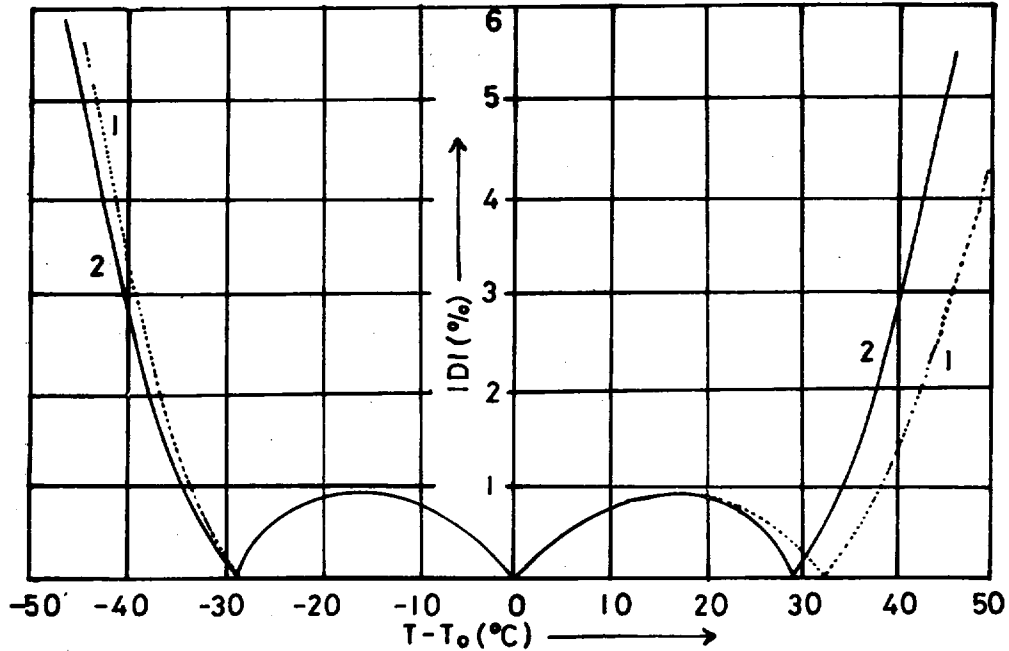


Fig. 3. Deviation characteristics curve
 1 : measured value curve
 2 : calculated value by Taylor series approximation

式 (11)을 T_0 에 對한 Taylor 級數로 3乘까지 展開하면 다음과 같이 된다.

$$f/f_0 = 1 + m(T - T_0) + 2m^2(T - T_0)^2 + \frac{m}{6} \left[\left(\alpha - \frac{1}{T_0} \right)^2 + (4m\alpha - 16m^2 - \frac{8m}{T_0} + \frac{1}{T_0^2}) \right] (T - T_0)^3 \quad (15)$$

式 (15)로부터 偏差特性을 구하면

$$D = (m - m')(T - T_0) + 2m^2(T - T_0)^2 + \frac{6}{m} \left[\left(\alpha - \frac{1}{T_0} \right)^2 + (4m\alpha - 16m^2 - \frac{8m}{T_0} + \frac{1}{T_0^2}) \right] (T - T_0)^3 \quad (16)$$

$$D_{max} = \frac{6}{\left(\alpha - \frac{1}{T_0} \right)^2 + (4m\alpha - 16m^2 - \frac{8m}{T_0} + \frac{1}{T_0^2})} \times \left[\left(1 - \frac{m'}{m} \right) - \frac{6m^2}{\left(\alpha - \frac{1}{T_0} \right)^2 + 4m\alpha - 16m^2 - \frac{8m}{T_0} + \frac{1}{T_0^2}} \right] \quad (17)$$

式 (17)은 $x\%$ 이내의 直線性을 갖는 境遇에 對한 最大偏差이다.

以上の 結果에서 常數 B , T_0 및 m' 의 값에 주어지면 m 의 값을 구할 수 있다. Fig. 3의 曲線 2는 $m = 0.0108$, $m' = 0.01$ 인 境遇 式 (16)을 利用하여 구한 偏差 特性이다. 最大偏差 計算에서 Taylor 級數를 利用한 結果가 充分히 滿足함을 알 수 있다.

IV. 摘 要

한 thermistro를 使用하여 溫度-周波數 變換器를 構成한 本變換器의 特徵을 要約하면 다음과 같다.

- 1) 百分率 直線性 限界內에서 넓은 溫度 範圍를 갖는다.
- 2) 變換器의 中心 周波數를 選擇하는데 있어서 線形 條件에 無關하다. 따라서 analog-to-digital 變換器에 使用할 수 있다.
- 3) 振動周波數가 電源 電壓에 獨立이다.

引用文獻

- Boel, M. and BERickson, 1965, Correlation study of a thermistor thermometer, Rev. Sci. Instrum. Vol. 36, pp.904~908.
- Broughton, M.B. 1974, Analysis and design of most linear thermister temperature transducers, IEEE Trans. Instrum. Meas. Vol. IM-23, pp. 1~5.
- Duckley, D.J. and D.G.R. Mcleod, 1974, An inexpensive digital temperature integrator, IEEE Trans. Instrum. Meas. Vol. IM-23, pp. 245~246.
- Fryer, T. B, G. J. Deboo, and C. M. Winget, 1966, Miniature long-life temperature telemetry system, J. Appl. Physiol. Vol. 21, pp. 295~298.
- Lovborg, L. 1965, A linear temperature-to-frequency converter, J. Sci. Instrum. Vol. 42, pp. 611~614.
- Patranbis, D. and P.C. Sen, 1972, A linear temperature to frequency converter, IE (I)J. ET, Vol. 53, pp. 74~77.
- Stankovic, D. 1974, Linearized thermistor multivibrator bridges for temperature measurement, IEEE Trans. Instrum. Meas. Vol. IM23, pp. 179~180.
- Stankovic, D. and J. Elazar, 1977, Thermistor multivibrator as the temperature-to-frequency converter and as a bridge circuit for temperature measurement, IEEE Trans. Instrum. Meas. Vol. IM-26, pp. 41~46.
- Stankovic, D. and J. Elazar, 1977, Thermistor multivibrator bridge with the variable balancing point position, IEEE Trans. Instrum. Meas. Vol. IM-26, pp. 358~360.