

デジタル IC を用いた温度・湿度検出アナログ回路

業種：開発設計

抵抗変化型温度センサと湿度センサを用いた温度・湿度検出回路は従来、オペアンプ等のアナログ IC を用いて設計したが、全てデジタル IC を用いた場合の検出回路を図 1 に示す。

マイクロコンピュータによりポート *PI03* を選択することにより、標準抵抗 *R1* に対応する発振周波数 *F_R* を出力し、次に *PI02* を選択することにより湿度センサ *R_H* に対応する発振周波数 *F_H* を出力し、最後に *PI01* を選択することにより温度センサ *R_T* に対応する発振周波数 *F_T* を出力する。(図 2 参照)

すなわち、各発振周波数は

$$F_R = \frac{K}{C_1 R_1} \quad F_H = \frac{K}{C_1 R_H} \quad F_T = \frac{K}{C_1 R_T}$$

であるので、

$$R_H = R_1 \left(\frac{f_R}{f_H} \right) \quad R_T = R_1 \left(\frac{f_R}{f_T} \right) \quad \dots \text{式(1)}$$

よって、温度・湿度センサの抵抗値は発振周波数の比で示される。

アナログ IC に比べデジタル IC で設計した方が次の利点を有する。

- ・ 低コスト化
- ・ 小型化
- ・ 低消費電流化
- ・ 高安定性化

デジタル IC の採用により上記のメリットがあるとはいえ、回路動作そのものはアナログ回路であるため、設計上、次のアナログ技術的ノウハウが必要である。

(1) 基準抵抗 *R₁* の選定

式(2)には基準抵抗 *R₁* の項が存在するため、基準抵抗 *R₁* の経年変化や温度特性等による影響を受ける。基準抵抗 *R₁* が温度変化 *dT* と時間変化 *dt* により *dR₁* だけドリフトした場合、湿度センサ抵抗値の計測誤差を *dR_H* とすると次の関係が成立する。

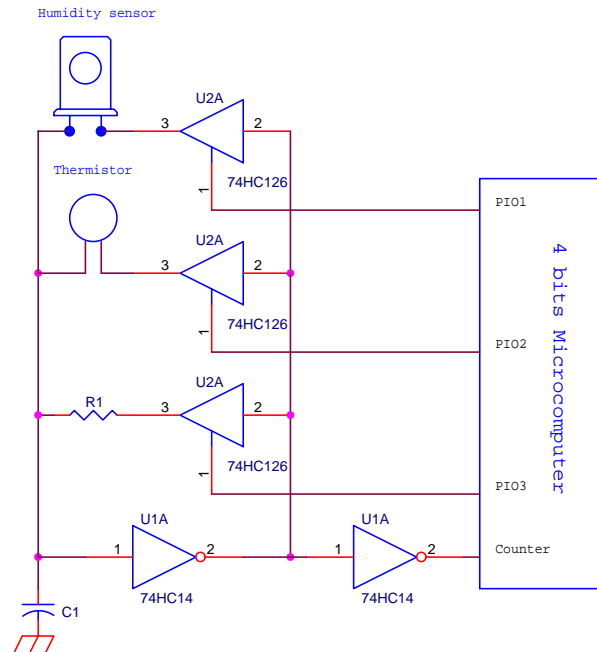


図 1 オール・デジタル IC の湿度検出回路

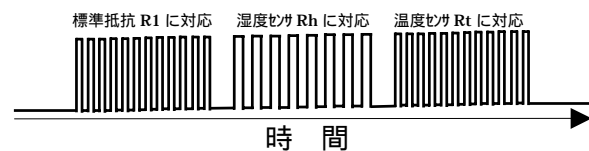


図 2 発振周波数の時分割制御

$$dR_H = \frac{\partial R_H}{\partial R_1} \frac{\partial R_1}{\partial T} dT + \frac{\partial R_H}{\partial R_1} \frac{\partial R_1}{\partial t} dt = \frac{R_H}{R_1} \left(\frac{\partial R_1}{\partial T} dT + \frac{\partial R_1}{\partial t} dt \right) \dots\dots\text{式(2)}$$

式(2)の第1項は温度係数に起因する誤差、第2項は経時変化に起因する誤差を表わす。

図3で示すように炭素皮膜抵抗の温度特性は200~1000ppm/°Cであり、基準抵抗として使用することも可能であるが、信頼性も考え見て比較的安価な金属皮膜抵抗を用いた方が好ましい。金属皮膜抵抗の温度係数は10~100ppm/°Cであり、本回路の標準抵抗として十分な温度係数を持つ。

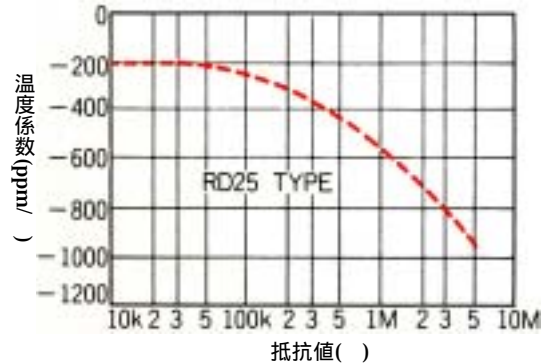


図3 炭素皮膜抵抗の温度係数

(2) 発振周波数 f_h の設定

発振周波数を設定するにあたり、まず、湿度センサの使用周波数範囲と周波数特性を考慮する必要がある。ある抵抗変化型湿度センサの周波数特性を図4に示す。これらのことを考慮してコンデンサ C_1 の値を設定するが、抵抗変化型の湿度センサ特性は図5に示すように湿度値により10MΩから10Ωまで大きく変化するため、発振周波数が使用周波数範囲を越えて変化する可能性がある。そこで図5に示すように抵抗 R_2, R_3 を付加することにより発振周波数の上下限を設定する。

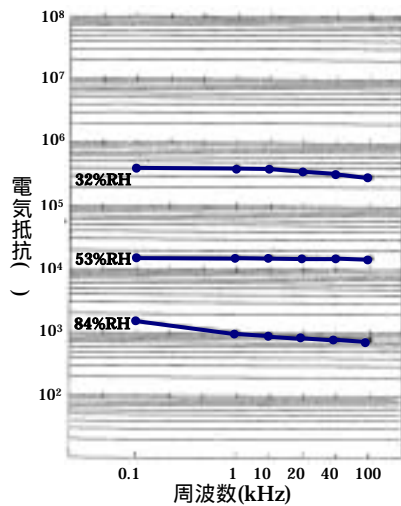


図4 抵抗変化型湿度センサの周波数特性例

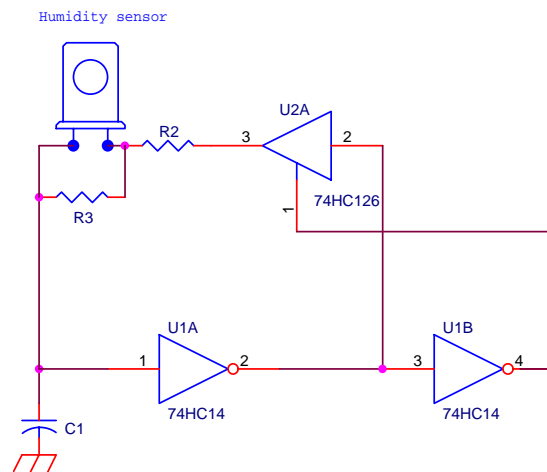


図5 発振周波数制限抵抗 R_2, R_3 を付加した回路

(3) 見かけ上の ON 抵抗の問題

74HC14, 74HC126 の H-CMOS の出力回路は図6で示すように、Pチャネル、Nチャネルの MOS-FET で構成されているため、その ON 抵抗 r が存在する。また出力端には過電流防止用の保護抵抗も存在する。よって、実際の充・放電の基本回路は図7のようになる。

よって、温度・湿度センサの抵抗を式(1)に代えて式(2)で示す必要がある。

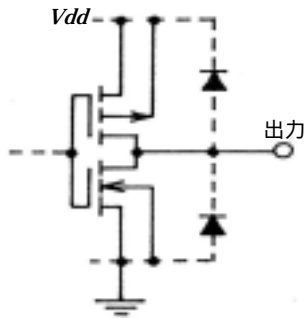


図6 H-CMOS等価出力回路

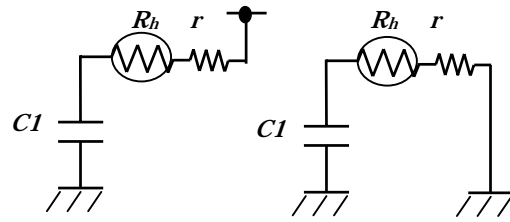


図7 充・放電での ON抵抗の存在

$$R_H = (R_1 + r) \left(\frac{f_R}{f_H} \right) - r \quad R_T = (R_{1+r}) \left(\frac{f_R}{f_T} \right) - r \quad \dots \text{式(2)}$$

ON 抵抗 r が大きいと湿度センサの抵抗値 R_h が小さくなる高湿側の感度、精度に悪影響を与えると考えられる。また、表 1 に示すように、IC メーカーにより ON 抵抗は大きく異なり、また、74HC126 ではなく 74HC14 のメーカーを替えると ON 抵抗の値が大きく変わる結果は上記の予想に反している。この原因は 74HC14 の伝達遅延時間、立ち上がり、立下り時間の存在により、充、放電の切替が僅かに遅れるためでないかと推定する。時間遅れは 100 ~ 200ns 程度であり、コンデンサ容量 $C1$ を小さくすると、これによる見かけ上の ON 抵抗を大きくしてしまうので、注意する必要がある。また、デジタルスイッチの代わりにアナログスイッチを用いた場合、新たな問題が生じる可能性があるので注意する必要がある。

表 1 ON抵抗の実測値

	メーカー名			
	74HC14	TI	東芝	TI
74HC126	TI	東芝	東芝	TI
ON抵抗	530 ± 50	800 ± 120	530 ± 20	920 ± 40

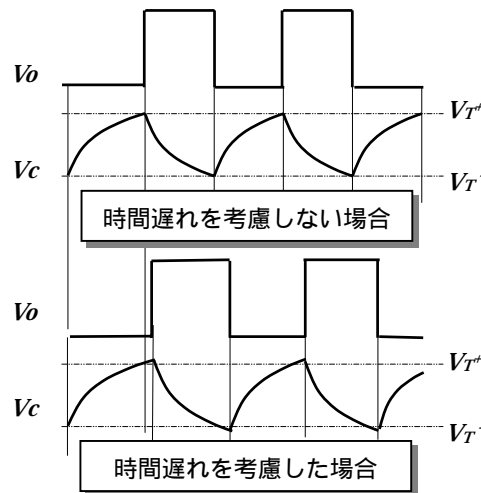


図8 伝達遅延時間等による影響