

11. センサー信号の A-D 変換技術

1. 【目的】

IC 温度センサーからのアナログ信号を OP アンプ (Operational Amplifier、演算増幅器) のアナログ信号を A-D 変換機能を備えたワンチップマイコン (PIC16F88) で 10 bits のデジタル信号として検出する。当実験を通じて A-D 変換の機能とその応用について学ぶ。

2. 【実験の原理と回路構成】

2.1 図 1 に実験で用いる回路構成のブロック図を示す。IC 温度センサー (ナショナル製、温度変化に対する線形性が良いため、この IC を利用する) からの出力信号が小さいために (温度 $0\sim 100^{\circ}\text{C}$ の変化に対して出力信号は $0\sim 1000\text{ mV}$) , OP アンプ (演算増幅器) を用いて非反転回路方式で増幅させる。そして、非反転方式の演算増幅器により増幅された信号 ($0\text{ V}\sim 5\text{ V}$) を 10 bits の A-D 変換機能を備えたワンチップマイコン (PIC16F88) の A-D 変換用ピン (当実験では AN2 端子) に入力して PIC の IO ポートから出力、その 10 bits の出力信号を LED で表示させる。

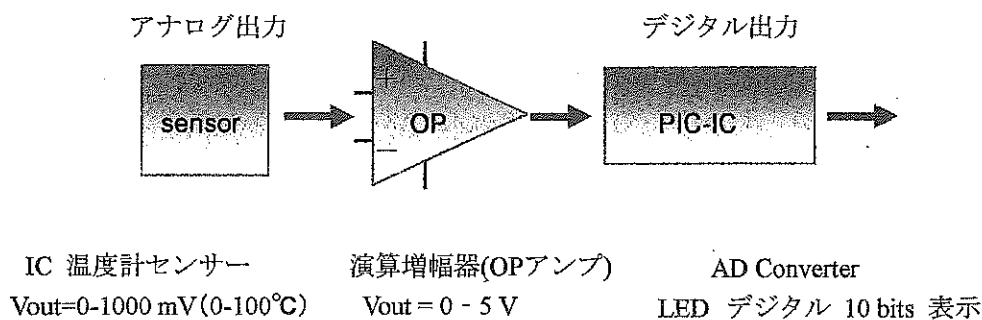


図1 実験回路の構成ブロック図

2.2 IC 温度センサー

IC 温度センサーとして測定範囲の温度 $0\sim 100^{\circ}\text{C}$ で、温度に対する出力電圧の線形性が良いナショナル製の IC 温度センサー (LM35 型-National 製) を用いる。この特性は図 2 に示すように温度範囲 $0\sim 100^{\circ}\text{C}$ で出力信号は $0\sim 1000\text{ mV}$ が得られ、その線形性はきわめて優れている。

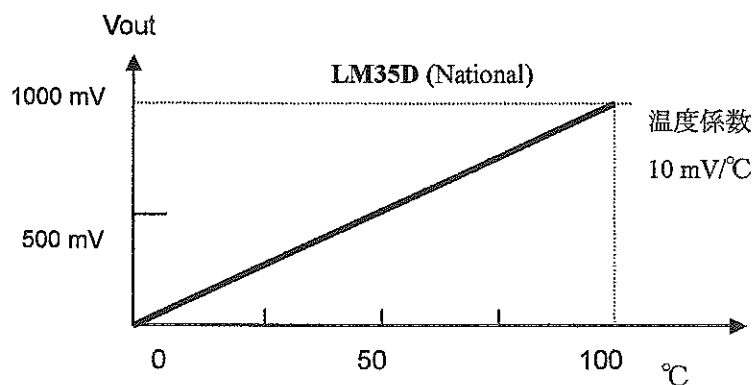


図2 IC 温度センサーの特性図

2.3 OP アンプ (演算増幅器)

上記で IC 温度センサーの出力信号が小さいために OP アンプを用いて AD 変換する信号電圧が 0V~5V を得られるように、出力信号が位相反転しない非反転増幅で温度センサーのアナログ信号を電圧増幅させる。そして PIC では 0 V ~5 V の電圧範囲のアナログ入力信号を 10 bits で A-D 変換する。当実験での演算増幅器は、単電源の 5V で動作する LM324 (National) を用いる。

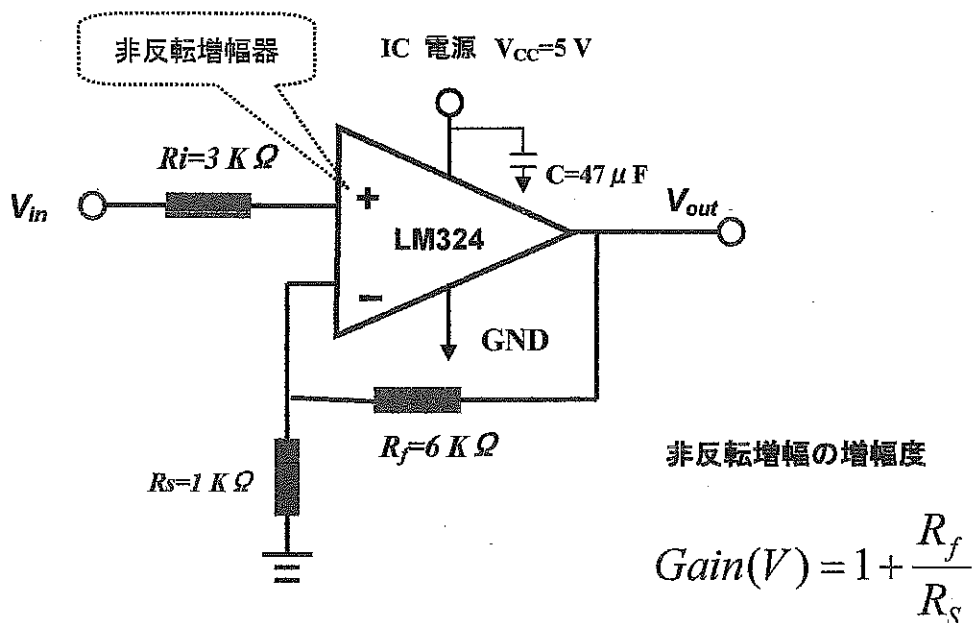


図3 非反転演算増幅器の回路図

2-4 ワンチップマイコン

ワンチップマイクロコンピュータのことを**マイクロコントローラ**ともよばれている。図3に示すように、CPU(中央情報処理装置)、メモリ、インターフェース、入力装置(I/O)等のマイコンの機能がバスで結ばれ、ワンチップICの中に組み込まれているものである。外部とはI/Oポートで接続されている。ワンチップのICに組み込まれているので機能容量は、PCにはかなわないが多くの家電製品や車に制御用ICとして搭載されている。**PIC**(ピック、*Peripheral Interface Controller*とは周辺機器制御装置のこと)は、米マイクロチップテクノロジー社が開発した超小型のマイクロコントローラですプログラムの動作はアセンブラ言語やC言語で動作させる。PICは極めて低価格のデバイスで低電圧動作および低消費電力のデバイスである。

当実験ではA-D変換機能を備えているPIC16F88($10\text{ bits}=2^{10}=1024$ 分割)を使用する。各ピン配置は図5に示すように1番→18番で、VDD(No.14)は駆動電源で5Vを供給、Vss(No.5)はGND端子である。

今回のアナログ入力はAN3(No.2)端子を使用。また、当実験ではAD変換のアナログ電圧の基準電圧範囲として $R_{EFF}^{+}=5V$ 、 $R_{EFF}^{-}=0V$ に設定している。

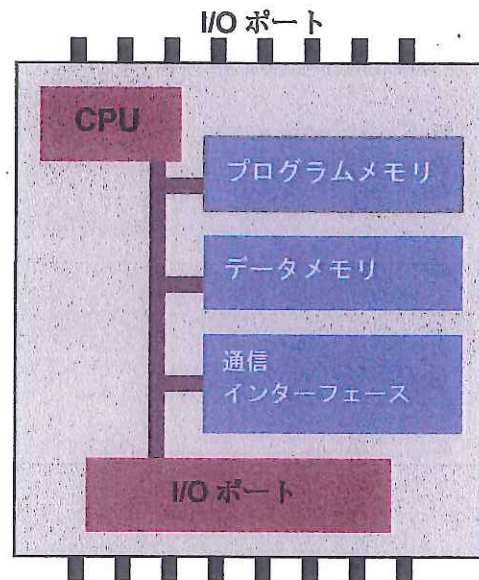


図4 マイクロコントローラの構成、ワンチップに収納されている

IO-Aポート;RA0-RA7,

IO-Bポート;RB0-RB7

A-D変換ポート;AN0-AN4

OS1, OS2;

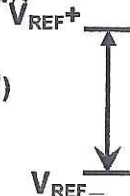
システムクロック用発振子

CV_{REF}^{+} ;

AD変換基準電圧(High側),

CV_{REF}^{-} ;

AD変換基準電圧(Low側)



この設定電圧範囲内でAD変換される

図5 PIC-16F88のピン配置

図 6(a) は逐次比較型 A/D 変換回路の原理図を示す。連続的に変化するアナログ信号に対して、デジタル値への変換は瞬時に変換できず、一定時間（数 μsec 程度）が必要である。デジタル値への変換が完了するまでアナログ入力信号を保持（ホールド）する必要がある（コンデンサに電荷入力されるまでの時間で、その蓄積電荷量に相当する充電電圧を測定）。

A/D 変換が終了する迄はアナログ信号電圧が保持される必要がある。この目的に使用される回路がサンプル&ホールド回路で、その信号を DA 変換器から発生された信号とコンパレータ（比較器）で上位ビットから順次決定して行く方法である。一定時間間隔で入力信号をサンプルする。そして、DA 変換器の出力とアナログ入力を比較してデジタル出力を得る。

図 6(b) にその仕組みを示す。変換の様子は、先ず論理回路により DA 変換回路の上位ビット b_0 を 1 にする。この状態における DA 変換回路の出力 V_r とサンプルホールドされたアナログ入力信号 V_i をコンパレータ（比較器）で比較され、 $V_r > V_i$ ならば $b_0 = 1$ のままにして、次のビット b_1 を 1 にする。再び入力 V_i と V_r を比較し、 $V_r > V_i$ ならば $b_1 = 0$ 、 $V_r < V_i$ ならば $b_1 = 1$ にして、次のビットに移る。これを最下位ビット b_{n-1} まで行ったらきの $(b_0, b_1, b_2, \dots, b_{n-1})$ が、A/D 変換されたデジタル出力となる。

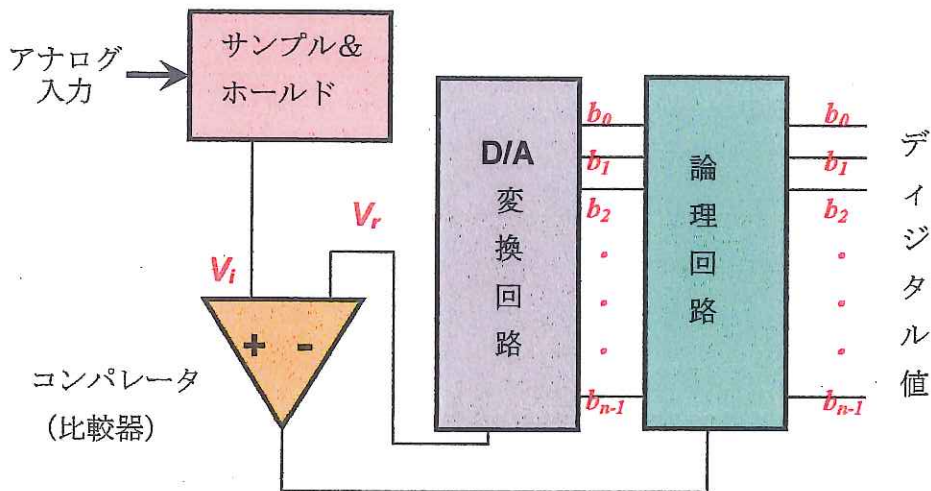


図. 6(a) A-D変換装置の回路構成

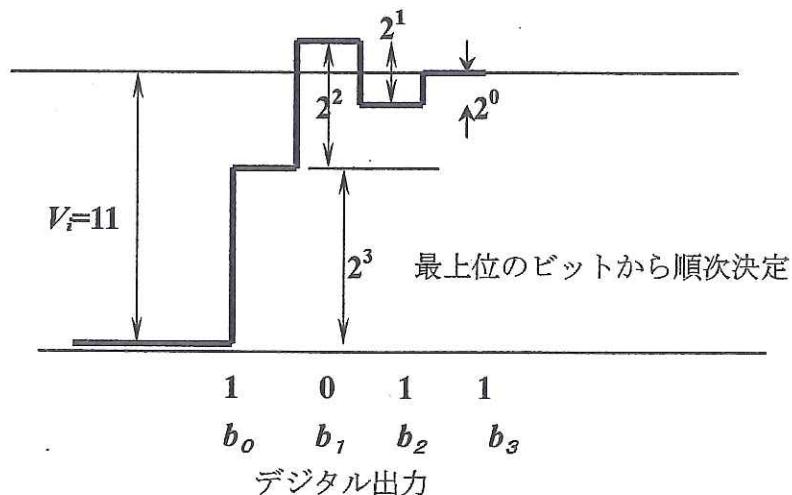


図 6(b) 動作の様子

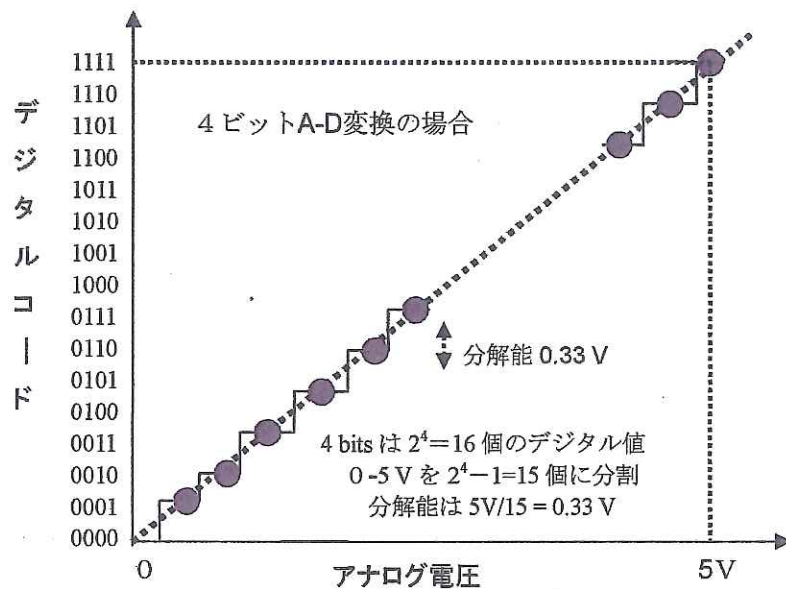
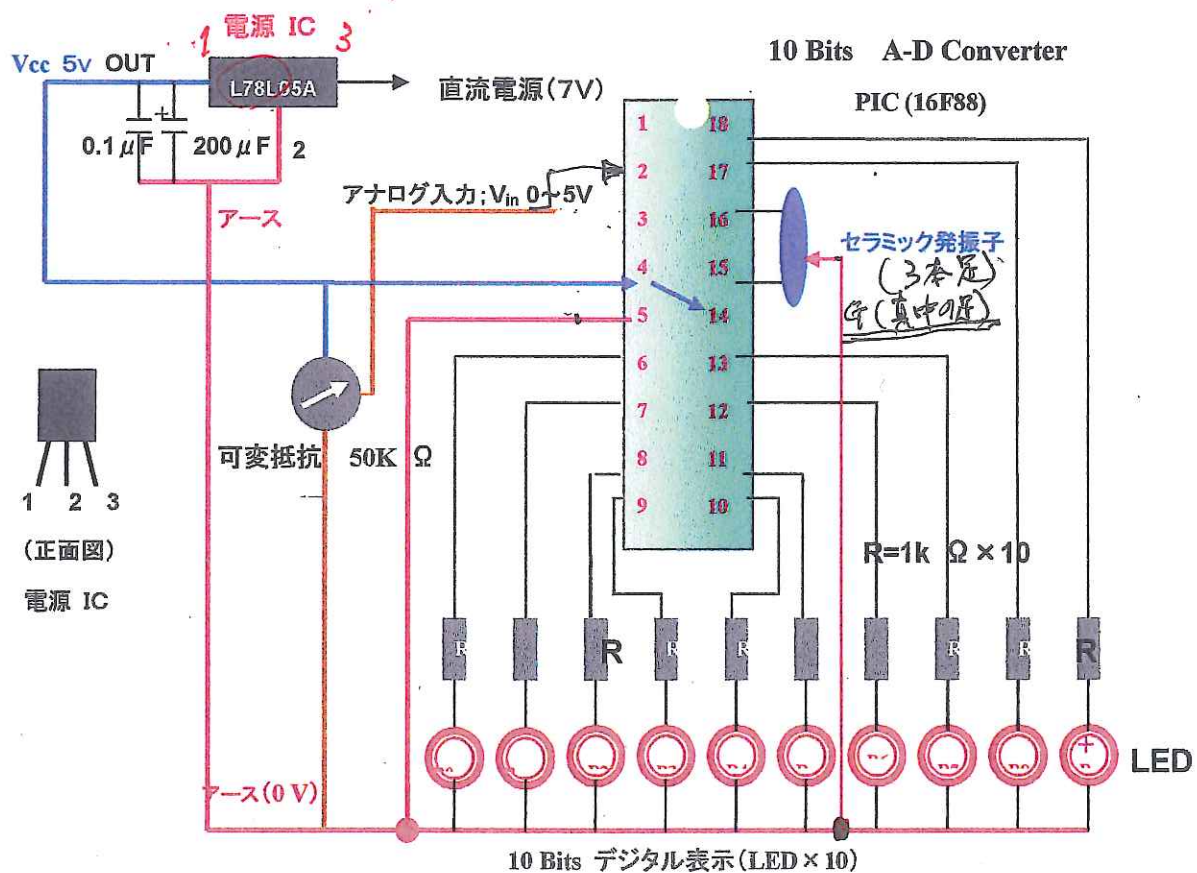


図.7 アナログ信号電圧 0V~5V を 4 Bits ($2^4=16$ 通り) で A-D 変換

3. 【実験方法】

3-1 A-D 変換の予備実験

- 1) 図 8 の実験回路図をブレッドボード上で完成させよ。
- 2) 可変抵抗 (50K Ω) のボリュームを調整して、その値を DC 電圧計で読み取りながら順次、アナログ電圧 0V~5V を加えて、その都度 10 bits のデジタル値を LED の点灯から読取る。
- 3) 横軸に加えたアナログ電圧(0V-5V、縦軸に 10bits のデジタルコードの値をとり、グラフを作成せよ。



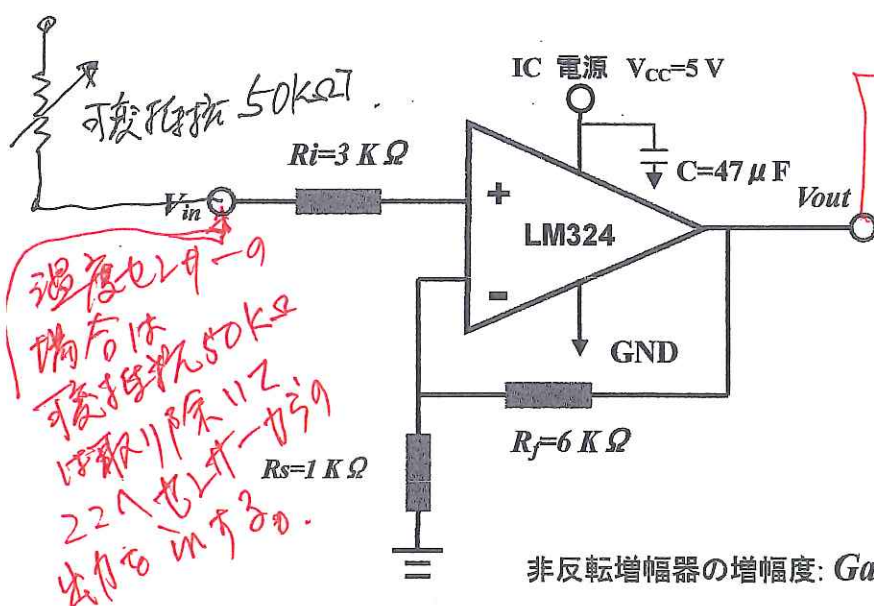
アナログ入力電圧は0~5V

アナログ V_{in}	10 bits デジタル値	アナログ V_{in}	10 bits デジタル値
0V	0000000000		
		5V	1111111111

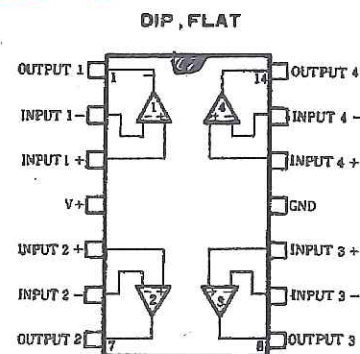
3-2 演算増幅器の予備実験

- 1) 図9の非反転増幅回路をブレッドボード上に組み込む。
- 2) 50K Ω の可変抵抗を用いて電池ケースから電圧を供給して、まず予想の電圧増幅度が得られているか動作確認する。
- 3) 演算増幅器の入力端子に、入力電圧の範囲はDC $V_{in}=10\text{mV}\sim 600\text{mV}$ 程度を順次加えた時の出力DC電圧 V_{out} をマルチメーターで読取り入出力電圧特性のグラフを作成せよ。

V_{in} (V)	V_{out} (V)	V_{in} (V)	V_{out} (V)
10mV		500	
30m		300	
50m		400	
75m		500	
100m		600	



温度センサーも使用したいはPIDの2番へ。



OP アンプ LM324 のピン配置、V+: 5V、GND: アース

非反転増幅器の増幅度: $Gain = 1 + R_f / R_s$

図9 OPアンプ増幅の予備実験の回路図

4 【IC 温度センサー信号の A-D 変換処理の実験】

- 1) 上記 3-1, 3-2 の予備実験の各回路と IC 温度センサーを接続する（尚、IC 温度センサーには 5V の電圧を供給すること）。

IC 温度センサーからの信号を OP アンプの非反転入力端子に接続し、更に OP アンプの出力端子を PIC の A-D 変換用端子(AN2 端子、PIC の No.2 ピン(AN4)に inputs する。

- 2) まず室温でのデジタル値を読み取る。
- 3) 次に、自身の手で IC 温度センサーをつかみ、体温のデジタル値を読み取る（尚、IC の応答時間がしばらく必要であるので、測定中はデジタル値が落ち着くまで手を離さないこと）。
- 4) 次にヒーターテープを IC 温度センサーに接触させ、スライダック出力の電圧が 40V と 60V に設定して、この時の各デジタル値を読み取る。

IC 温度センサー(LM35D)

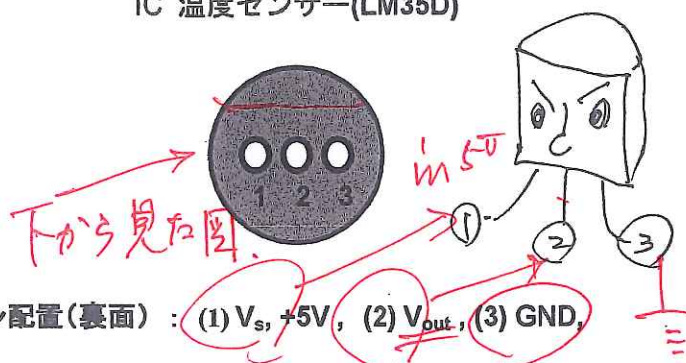


図 9. ピン配置(裏面) : (1) V_s , +5V, (2) V_{out} , (3) GND,

実験課題の項目

実験の項目	10 bits のデジタル値	温度に換算 (°C)
室温		
体温 (a)		
(b)		
ヒーターテープ : 40V		
: 60V		

実験 No.11 実験結果の報告 (報告書の表紙をつけること)

【3-1. A-D 変換の実験結果】

V_{in} (アナログ値)	10 bits デジタル値	V_{in}	10 bits デジタル値
0V	0000000000		
		5V	1111111111

【3-2. OP アンプ入出力特性の実験結果】

V_{in} (V)	V_{out} (V)	Gain (dB)	V_{in} (V)	V_{out} (V)	Gain (dB)

【4. IC 温度センサー信号の A-D 変換の実験結果】

実験の項目	10bits のデジタル値	2 進数に変換	センサーの出力電圧	温度に換算 (°C)
室温				
体温 (a)				
(b)				
ヒーターテープ : 40V の時				
: 60V の時				

当実験を実施しての検討・感想など

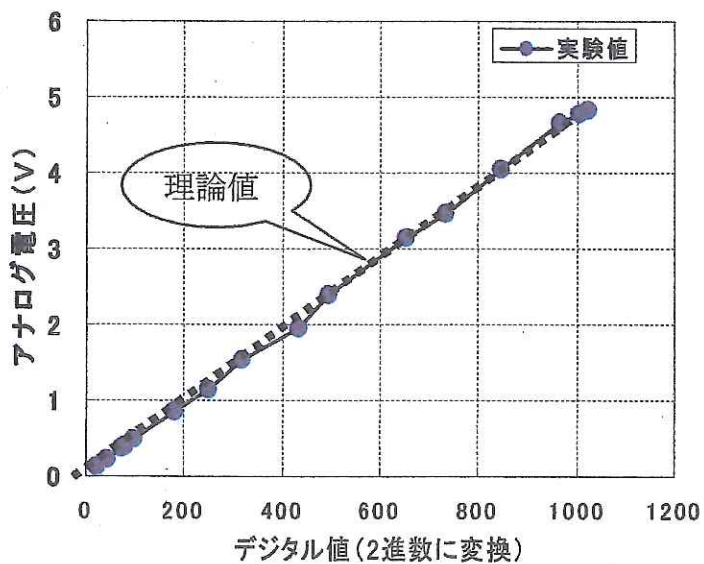
10 bits デジタルコードの 10 進数への変換；

$$2^0 + 2^1 + 2^2 + 2^3 + 2^4 + 2^5 + 2^6 + 2^7 + 2^8 + 2^9$$

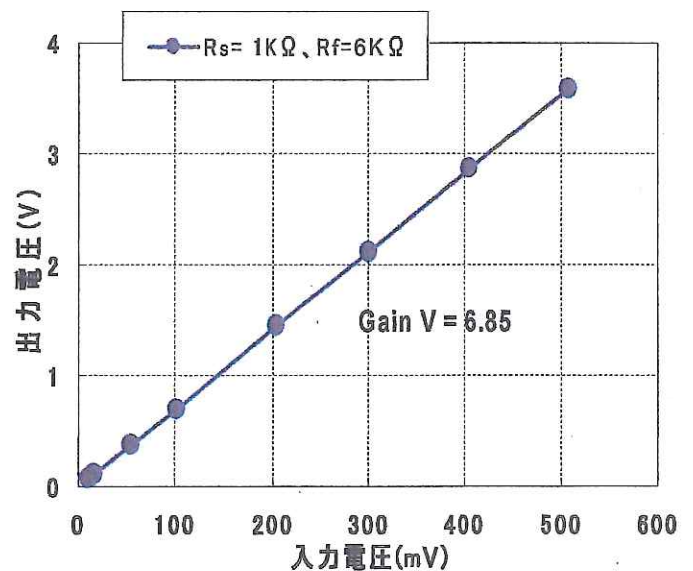
↑
最下位のビット

↑
最上位のビット

A-D変換



非反転増幅



【参考文献】； デジタル電子回路、藤井信生 著、昭晃堂出版