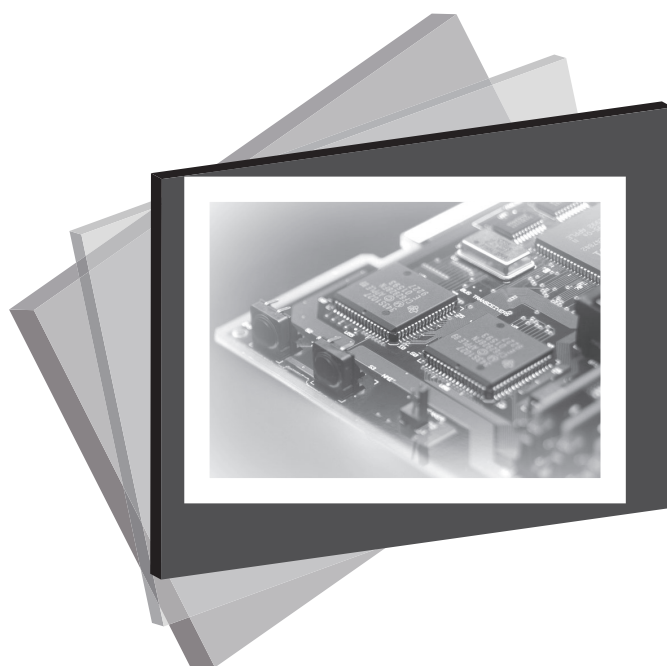


実務に役立つ電気電子シリーズ

—電気回路設計・デジタル回路設計コース—

NO.1

電気回路設計



コガク

講座のねらい

現在の電気電子回路の設計開発では、基本となる回路計算だけではなくて、さまざまな分野の技術について熟知していないとよりよい製品を生み出すことができなくなっています。

それらは、従来の電気工学・電子工学の知識に加えて、アナログ回路設計、高周波技術、モータ駆動技術、ノイズ対策などが次々と新しく実用化されてきているからです。

しかし、それらの新技術やコンピュータ利用の新技術を学ぶことに気を取られると、今度は根本的な回路設計やセンサ信号処理方法などについて学習する時間がなくなってしまいます。

そこで、できるだけコンパクトな教材で、実務に必要な電気・電子工学の知識のエッセンスを、効率よく学ぶことができる講座が、広く産業界から望まれています。

本講座は、電気電子を八つの分野に分けて、電気電子エンジニアの方々が一歩と基礎を学び直していただき、さらにより深く、学んだ技術を実践的に生かしていただくことまでを目的としています。

電気回路設計、デジタル回路設計、アナログ回路設計、センサ技術、モータ駆動技術、電源回路、ノイズ対策、制御プログラミング、以上のテーマです。

最後まで粘り強く学習していただくことを願っております。

目 次

学習のねらい.....	1
第 1 週 直流回路	3
1.1 抵抗回路の計算	4
1.1.1 抵抗値の計算	4
1.1.2 直列回路と並列回路.....	7
1.1.3 ブリッジ回路	13
1.2 電源回路の計算	14
1.2.1 電池回路	14
1.2.2 電圧源・電流源.....	18
1.3 回路網の計算.....	20
1.3.1 キルヒホッフの法則.....	20
1.3.2 回路計算の法則.....	22
1.3.3 いろいろな回路.....	25
『まとめと練習問題』.....	27
第 2 週 交流回路	29
2.1 正弦波交流	30
2.1.1 交流の発電.....	30
2.1.2 抵抗の消費電力.....	31
2.2 ベクトル表示.....	33
2.2.1 回転ベクトル	33
2.2.2 交流回路の消費電力.....	36
2.3 交流基本回路.....	39
2.3.1 電圧と電流.....	39
2.3.2 直列回路	42
2.3.3 並列回路	45
2.4 ベクトル計算.....	49
2.4.1 複素数について.....	49
2.4.2 複素平面	49
2.4.3 複素数の取り扱い.....	51
2.4.4 計算問題の演習.....	51
『まとめと練習問題』.....	56
第 3 週 単相回路・三相回路.....	59
3.1 直列回路・並列回路	60
3.1.1 RLC の直列回路のベクトル図	60
3.1.2 RLC の並列回路のベクトル図	62
3.2 電力の計算・共振回路など.....	64
3.2.1 電力計算	64
3.2.2 ブリッジ回路	66

3.2.3	ダイオード回路.....	69
3.2.4	共振回路.....	72
3.3	三相回路.....	75
3.3.1	送電線.....	75
3.3.2	結線法.....	76
3.4	三相回路の計算.....	79
3.4.1	負荷の Δ - Y 変換.....	79
3.4.2	三相回路の電力.....	81
	『まとめと練習問題』.....	83
第4週	過渡現象.....	85
4.1	過渡現象について.....	86
4.1.1	定常状態と過渡状態.....	86
4.1.2	$(t \rightarrow s)$ 変換と $(s \rightarrow t)$ 変換.....	87
4.2	過渡現象の計算(1).....	90
4.2.1	ステップ関数.....	90
4.2.2	RL 回路.....	92
4.2.3	RC 回路.....	93
4.3	過渡現象の計算(2).....	95
4.3.1	時定数.....	95
4.3.2	演習問題.....	96
4.4	ひずみ波の計算.....	97
4.4.1	ひずみ波について.....	97
4.4.2	ひずみ波の計算.....	98
	『まとめと練習問題』.....	101
	STEP UP.....	103
	練習問題の解答.....	104
	索引.....	108

■ 第 1 週 ■

直流回路

【学習のポイント】

この週では、直流安定化電源や電池を電源として、電気回路を動作させるときの、基本的な知識について学習します。複数の抵抗による回路、内部抵抗の計算、重ね合わせの理などを、数値を入れて具体的に計算します。

抵抗回路の計算では、直列回路、並列回路、直並列回路、ブリッジ回路について確認します。

電源回路の計算では、電池回路、電圧源・電流源について学びます。

回路網の計算では、キルヒホッフの法則、重ね合わせの理、鳳ーテブナンの定理などについて知識を得ます。

まずは、定常的な直流電源を供給したときに、負荷にはどんな電流が流れるかをしっかりと学びます。

1.1 抵抗回路の計算

電気・電子回路設計をする上で、抵抗そのものに対する基本的な考え方が必要になります。たとえば、抵抗部品そのものの特性、モータコイルなどの部品中に含まれる抵抗成分、電線自体の抵抗や配線パターンに含まれる微小抵抗成分、接触抵抗の大きさや経年変化、人体の抵抗と条件による変化、などがあります。

1.1.1 抵抗値の計算

抵抗 R [Ω] に電源電圧 E [V] を加えると、どのくらいの電流 I [A] が流れるか、というのが抵抗回路の基本です。図 1.1 に示すように、それらの関係を水に例えると、電圧は水位差、電流は流量、抵抗は流路の抵抗ということになります。

もちろん、オームの法則の通り、 $I=E/R$ となりますが、回路設計では様々なところに思いを巡らさなければなりません。

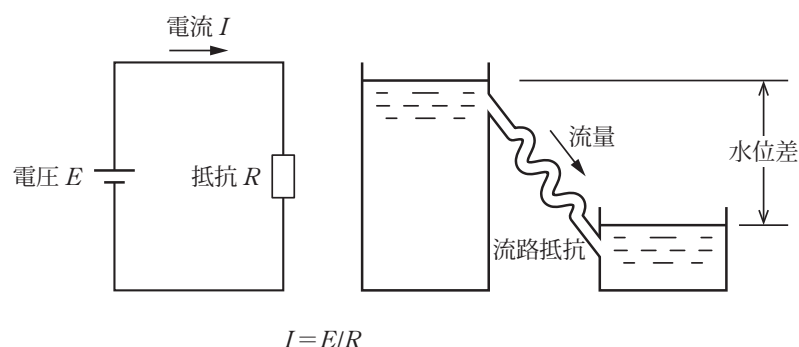


図1.1 オームの法則

電流を流したときに、抵抗はジュール熱で温度上昇し、抵抗値は変化しないか。

そこに風が吹いてきて、抵抗値は変動しないか。

回路につながれている電線自体の抵抗分はどの程度か。

電源回路は電流を出力することで、内部抵抗による電圧降下はどの程度か。

回路中の絶縁性は保たれているか。

抵抗が単一でなくて、複数から成っている回路の場合はどのように計算するか。

まず、抵抗値 R [Ω] そのものは、図 1.2 のように、

$$R = \rho L/A$$

で表されます。

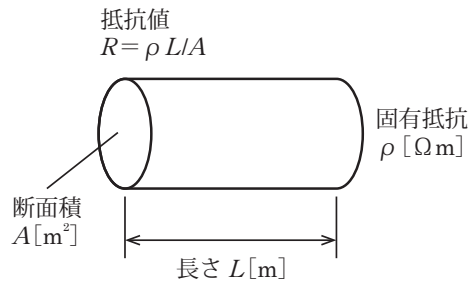


図1.2 抵抗値の計算

ただし、

ρ [Ωm] : 材料の固有抵抗

L [m] : 長さ

A [m^2] : 断面積

です。

材料の固有抵抗の例を、表 1.1 に示します。

表1.1 固有抵抗 (室温20°C)

材料	銅	アルミ	銀	亜鉛	ニッケル	鉄
固有抵抗 [$10^{-8}\Omega\text{m}$]	1.72	2.62	1.69	6.10	6.90	10 ~ 21

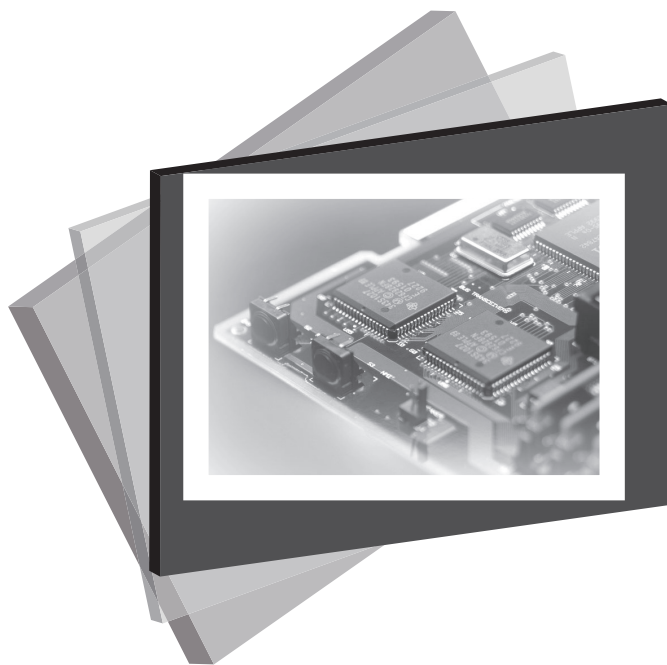
直流回路の学習中ですが、電線自体の抵抗を計算していただくために、ここでは日常的に交流の商用電源でよく使われているビニル平行コードを取り上げて、実際の抵抗値を求めてみましょう。コードには、図 1.3 に示すように、直径 0.18mm の銅線を 50 本より合わせて断面積を合計 1.25mm^2 にしたものや、直径 0.26mm の銅線を 37 本より合わせて断面積を合計 2.0mm^2 にしたものが多くあります。

実務に役立つ電気電子シリーズ

—アナログ回路設計・センサ技術コース—

NO.1

アナログ回路設計



コガク

目次

学習のねらい.....	1
第1週 OPアンプの基礎.....	3
1.1 OPアンプの基礎.....	4
1.1.1 OPアンプ.....	4
1.1.2 反転増幅器.....	5
1.1.3 理想OPアンプ.....	9
1.2 差動増幅回路.....	12
1.2.1 基本的回路.....	12
1.2.2 バイアス電流とオフセット電圧.....	13
1.3 OPアンプの諸特性.....	15
1.3.1 入力特性.....	17
1.3.2 出力特性.....	22
1.3.3 伝達特性.....	23
1.3.4 交流特性.....	25
1.3.5 絶対最大定格.....	28
『まとめと練習問題』.....	30
第2週 増幅回路.....	33
2.1 OPアンプの増幅回路.....	34
2.1.1 反転増幅器.....	34
2.1.2 非反転増幅器.....	37
2.1.3 差動増幅器.....	42
2.2 微小電圧の増幅.....	45
2.2.1 増幅回路方式.....	45
2.2.2 インストルメンテーション増幅器.....	47
2.2.3 微小電圧増幅上の注意.....	49
2.3 電流増幅回路.....	52
2.3.1 増幅回路の方式.....	53
2.3.2 微小電流測定上の注意.....	55
2.4 その他の種々のOPアンプ.....	59
2.4.1 低消費電力OPアンプ.....	59
2.4.2 高速広帯域OPアンプと高電圧OPアンプ.....	60
『まとめと練習問題』.....	62
第3週 アクティブフィルタ.....	65
3.1 フィルタ回路とアクティブフィルタ.....	66
3.1.1 フィルタの種類.....	66
3.1.2 フィルタ特性.....	67
3.1.3 フィルタ回路と特徴.....	70
3.1.4 フィルタ特性と周波数特性.....	72

3.2	アクティブフィルタ	74
3.2.1	正帰還形フィルタ	75
3.2.2	ステートバリアブルフィルタ	81
3.2.3	スイッチトキャパシタフィルタ	84
3.3	高次フィルタ	87
3.3.1	表による高次 LPF, HPF の設計法	88
3.3.2	表による高次 BPF の設計法	90
3.4	設計上の注意	92
3.4.1	OP アンプ	92
3.4.2	抵抗とコンデンサ	93
3.4.3	実装上の注意	93
	『まとめと練習問題』	94
第 4 週	応用回路	97
4.1	OP アンプとダイオード	98
4.1.1	理想化ダイオード	98
4.1.2	絶対値回路	100
4.1.3	信号選択回路	101
4.2	サンプルホールド回路	103
4.2.1	サンプルホールドと A/D 変換器	103
4.2.2	サンプルホールド回路	104
4.2.3	サンプルホールド回路の具体例	107
4.3	ピーク値ホールド回路	109
4.4	発振回路	113
4.4.1	正弦波発振器	113
4.4.2	方形波発生回路	115
4.4.3	三角波と鋸歯状波発生回路	116
	『まとめと練習問題』	119
	STEP UP	121
	付録	123
	練習問題の解答	136
	索引	142

■ 第 1 週 ■

OP アンプの基礎

【学習のポイント】

回路設計をするときに誰もが見る OP アンプのカタログのデータも、記載してあるパラメータの意味を正しく理解していないと、目的に合致した OP アンプを選ぶことができません。ここでは OP アンプの基本回路や、OP アンプの持っている入力バイアス電流やオフセット電圧など種々のパラメータについて学びます。また、その温度依存性などの特性がどのように回路の動作に影響するかを整理し、OP アンプの基本的知識の正しい理解を深めることを学習の目的とします。

1.1 OPアンプの基礎

1.1.1 OPアンプ

OPアンプ（オペアンプ）は Operational Amplifier（演算増幅器）の略で，一般に IC 化された差動入力の直接結合形高利得電圧増幅器のことをいいます。多目的に使える多くの特徴があり，アナログ信号処理のための基本的な素子として多種の製品が市販されています。OPアンプは，外部に抵抗，コンデンサ，ダイオードなどを接続し，信号の増幅や加算，積分，微分，絶対値演算や非線形演算のほか，発振回路など多くの目的に利用することができます。

OPアンプは図 1.1 に示す三角形で表示され，二つの入力端子と一つの出力端子と正負の電源端子を持っています。この他に入力オフセット電圧調整用端子や周波数補償端子を持っているものもあります。

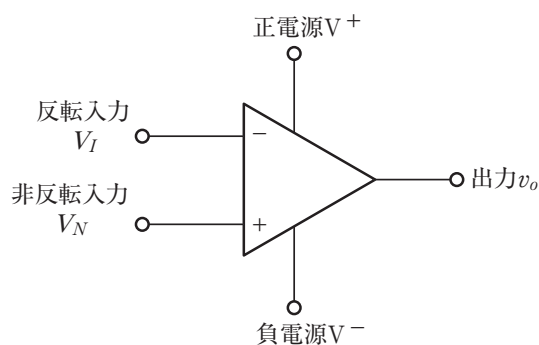


図1.1 OPアンプの回路記号

二つの入力端子のうちマイナス（-）記号のついた入力端子は Inverting Input または反転入力と呼ばれ，印加した信号電圧 V_I と出力電圧の極性が逆，つまり 180 度位相のずれた出力が得られます。プラス（+）の記号のついた入力端子は Non Inverting Input または非反転入力と呼ばれ，印加した信号電圧 V_N と同極性の出力が得られます。

電源端子は正電源 V^+ と負電源 V^- を必要とするものと， V^+ と GND の単一電源のものがあります。

入力オフセット電圧調整用端子は、入力信号が 0 V のとき出力電圧が正しく 0 V になるように直流的平衡をとるための端子で、推奨回路がカタログなどに記載されています。

OP アンプによっては、周波数補償回路が必要なものもあります。

いま OP アンプの電圧利得を A_V とし、二つの入力端子にそれぞれ V_I , V_N の電圧を印加すると、出力電圧 v_o は

$$v_o = A_V(V_N - V_I) \quad (1.1)$$

となります。電圧利得 A_V が大きければ、同じ出力電圧を得るのに入力電圧 $V_N - V_I$ は小さい値でよいことになります。通常の OP アンプの電圧利得 A_V は非常に大きく約 10^5 倍程度ですから、出力電圧 10 V を得るための入力電圧 ($V_N - V_I$) は $100 \mu\text{V}$ あればよいことになります。

ここで図 1.2 に示すように、 V_N を 0 V に接地して反転入力に電圧 V_I を印加して OP アンプを動作させた場合を考えます。 $V_N = 0$ ですから (1.1) 式は

$$v_o = A_V(0 - V_I) = -A_V V_I$$

とかけます。 $v_o = -10\text{V}$ を得るための V_I は A_V が 10^5 なら $100 \mu\text{V}$ になります。

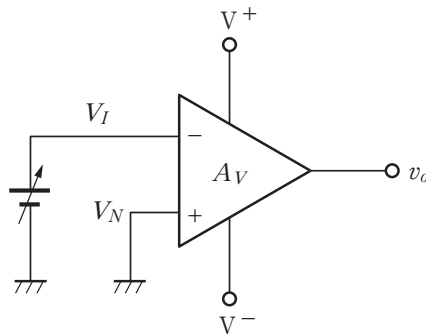


図1.2 OPアンプの入力電圧と出力電圧

1.1.2 反転増幅器

(1) 反転増幅器の動作

OP アンプを使用する場合には、外部に抵抗、コンデンサ、ダイオードなどのインピーダンスを接続し、負帰還回路を構成して使用します。図 1.3 のように、OP アンプの反転入力に抵抗 R_i 、たとえば $5 \text{ k}\Omega$ を接続します。次に、出力電圧を反転入力に帰還し、負帰還回路を構成するための抵抗 R_f 、たとえば $10 \text{ k}\Omega$ を反転入力端子と出力端子の間

に接続します。この R_i を入力抵抗, R_f を帰還抵抗と呼んでいます。ここで, 入力抵抗 R_i を通して入力電圧 v_i を印加したときの出力電圧 v_o について考察します。出力電圧 v_o が -10 V になるためには, OP アンプの反転入力電圧 V_I は電圧利得 A_V が 10^5 倍の OP アンプなら $V_N=0$ ですから

$$V_I = \frac{-v_o}{A_V} = \frac{10}{10^5} = 10^{-4} = 100\ \mu\text{V} \quad (1.2)$$

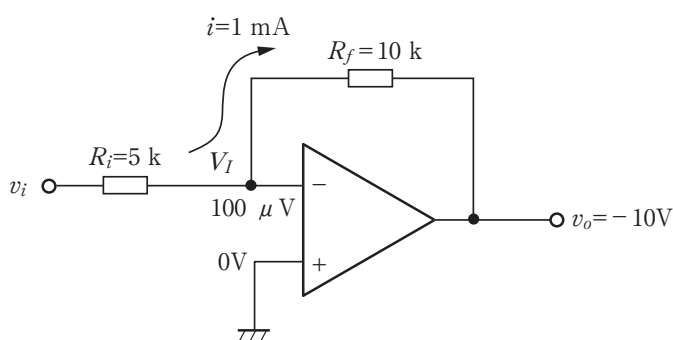


図1.3 負帰還増幅回路 (反転増幅回路)

V_I は $100\ \mu\text{V}$ と非常に小さい値となります。次に, 帰還抵抗 R_f に流れる電流について考えますと, 出力電圧 v_o が -10 V ですから R_f の両端の電圧は,

$$V_I - v_o = 100\ [\mu\text{V}] - (-10\ [\text{V}]) = 10.0001\ [\text{V}] \doteq 10\ [\text{V}]$$

となります。 $10\text{ k}\Omega$ の R_f に流れる電流 i は

$$i = \frac{V_I - v_o}{R_f} = 1.00001\ \text{mA} \doteq 1\ \text{mA} \quad (1.3)$$

です。この電流 i は, OP アンプの入力インピーダンスが大きく, 入力端子からの電流の流入, 流出はないものとすれば, 入力電圧 v_i から $5\text{ k}\Omega$ の R_i を通して流れてくるはずです。図 1.3 から, 反転入力端子の電圧 V_I は入力電圧 v_i から R_i に流れる電流 i による電圧降下を差し引いた値です。すなわち,

$$\begin{aligned} v_i - R_i i &= V_I \\ v_i &= V_I + R_i i \end{aligned} \quad (1.4)$$

V_I は $100\ \mu\text{V}$, R_i は $5\text{ k}\Omega$, i は 1.00001 mA ですから,

$$v_i = 5.00015\ \text{V} \doteq 5\ \text{V}$$

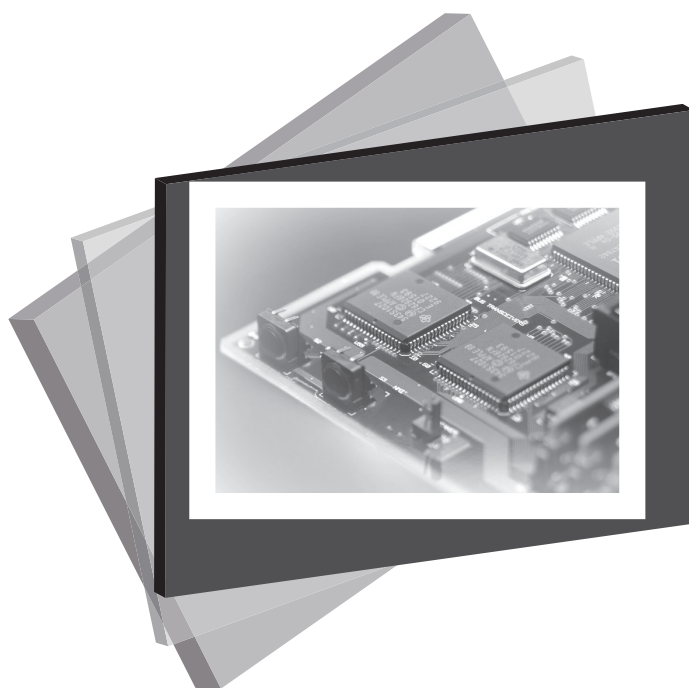
となり, 出力電圧 -10 V を得るのに必要な入力電圧は約 5 V です。

実務に役立つ電気電子シリーズ

—モータ駆動技術・電源回路コース—

NO.1

モータ駆動技術



コガク

目次

学習のねらい.....	1
第1週 DC サーボモータ	3
1.1 サーボモータ駆動系の一般事項.....	4
1.1.1 サーボモータの分類.....	4
1.1.2 サーボモータ駆動系の構成.....	4
1.2 DC サーボモータの基礎.....	6
1.2.1 DC モータ.....	6
1.2.2 チョッパ.....	7
1.2.3 電流検出器.....	10
1.2.4 位置検出器.....	11
1.2.5 速度検出器.....	17
1.3 DC サーボモータ駆動回路.....	24
1.3.1 DC サーボモータのブロック線図	24
1.3.2 電流制御回路	25
1.3.3 速度制御回路	27
1.3.4 位置制御器.....	30
『まとめと練習問題』.....	32
第2週 ブラシレス DC サーボモータ.....	35
2.1 ブラシレス DC サーボモータの基礎.....	36
2.1.1 永久磁石同期モータ.....	37
2.1.2 三相電圧形 PWM インバータ	40
2.1.3 検出器.....	46
2.2 ブラシレス DC サーボモータ駆動回路	47
2.2.1 三相交流座標での電流制御	47
2.2.2 d-q 座標での電流制御	52
『まとめと練習問題』.....	58
第3週 AC サーボモータ	59
3.1 誘導モータのベクトル制御の基礎	60
3.1.1 誘導モータの等価回路とトルク	60
3.1.2 ベクトル制御	65
3.2 AC サーボモータ駆動回路.....	68
3.2.1 座標変換	68
3.2.2 すべり角周波数の制御	71
3.2.3 回転子鎖交磁束と固定子電流の制御	73
3.3 実際のサーボシステム.....	76
3.3.1 システムの構成.....	76
3.3.2 サーボモータ	78
『まとめと練習問題』.....	81

第4週 ステッピングモータ	83
4.1 ステッピングモータの基礎.....	84
4.1.1 ステッピングモータの分類.....	84
4.1.2 ステッピングモータの巻線方式と駆動法.....	88
4.1.3 励磁方式.....	89
4.1.4 用語と定義および特性.....	91
4.2 駆動回路.....	93
4.2.1 基本的な駆動回路.....	93
4.2.2 改良した駆動回路.....	95
4.2.3 定電流駆動回路.....	97
4.3 パルス発生回路およびパルス分配回路（制御回路）.....	99
4.3.1 パルス発生回路.....	99
4.3.2 パルス分配回路.....	100
4.3.3 マイコンによる駆動パルスの制御.....	101
4.4 クローズドループ制御回路.....	102
『まとめと練習問題』.....	104
STEP UP	105
付 録	106
練習問題の解答	109
索 引	114

第4週では、ステッピングモータを取りあげました。一般的に用いるオープンループ駆動回路と高性能化するためのクローズドループ駆動回路を取りあげています。

■ 第 1 週 ■

DC サーボモータ

【学習のポイント】

ロボット用駆動回路を学習するにあたり，最も基本的なサーボモータである DC サーボモータ駆動回路から始めることにします。DC サーボモータは所望の位置，速度，トルクになるように，位置制御，速度制御，電流制御を行い，DC モータに供給する電力を制御するものです。したがって，電力変換器としてのチョッパ，電流，速度，位置の各検出器，それらの制御器などの回路を学習します。速度，位置の検出器，制御器については第 2 週，第 3 週で学ぶブラシレス DC サーボモータ，AC サーボモータとも共通です。なお，サーボモータの一般事項についても学びます。

1.1 サーボモータ駆動系の一般事項

サーボ (Servo) の語源はラテン語の Servus, 奴隷 (英語は Slave や Servant) であり, 主人 (英語は Master) の命令どおりに動くものを意味しています。これよりサーボモータ駆動系はサーボモータを指令に追従して動かす系を指します。

1.1.1 サーボモータの分類

トルクおよび回転方向が可逆で, 可変速できるモータはすべてサーボモータとして使えます。ロボットに用いられるのは, 永久磁石 DC モータをチョッパで駆動する DC サーボモータ, 永久磁石同期モータをインバータで駆動するブラシレス DC サーボモータ, 三相かご形誘導モータをインバータで駆動する AC サーボモータです。さらに, オープンループ制御のステッピングモータが簡単な位置決め制御に, また, クローズドループ制御のステッピングモータがダイレクト駆動ロボットに使われています。後者のステッピングモータは, ほとんどブラシレス DC サーボモータと同じで, 狭義の意味のサーボモータ (検出器で検出した位置信号をフィードバックして位置制御を行うサーボモータ) です。前者のステッピングモータは, 狭義の意味のサーボモータには入りませんが, 本テキストではとりあげることにします。

1.1.2 サーボモータ駆動系の構成

サーボモータ駆動系の一般的な構成を図 1.1 に示します。電力を動力に変換するモータ, そのモータを制御するのに適した形態の電力を供給する電力変換器, モータに流れる電流やモータの出力軸の速度, 位置を検出する検出器, 指令および検出器からの情報により電力変換器を制御することでモータを制御する制御器で構成されています。

図 1.2 は制御系の構成をもう少し詳しく示したものです。位置制御ループがメインループで, 速度制御ループ, 電流制御ループの順でよりマイナーなループになります。電流を制御することはトルクを制御することと等価です。電流制御ループは DC サーボモータの場合は一つでよいのですが, ブラシレス DC サーボモータや AC サーボモータでは二つ必要です。

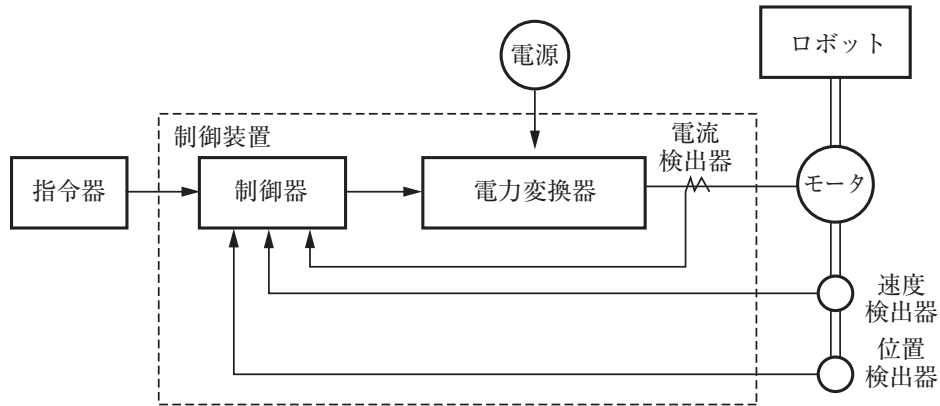


図1.1 サーボモータの構成

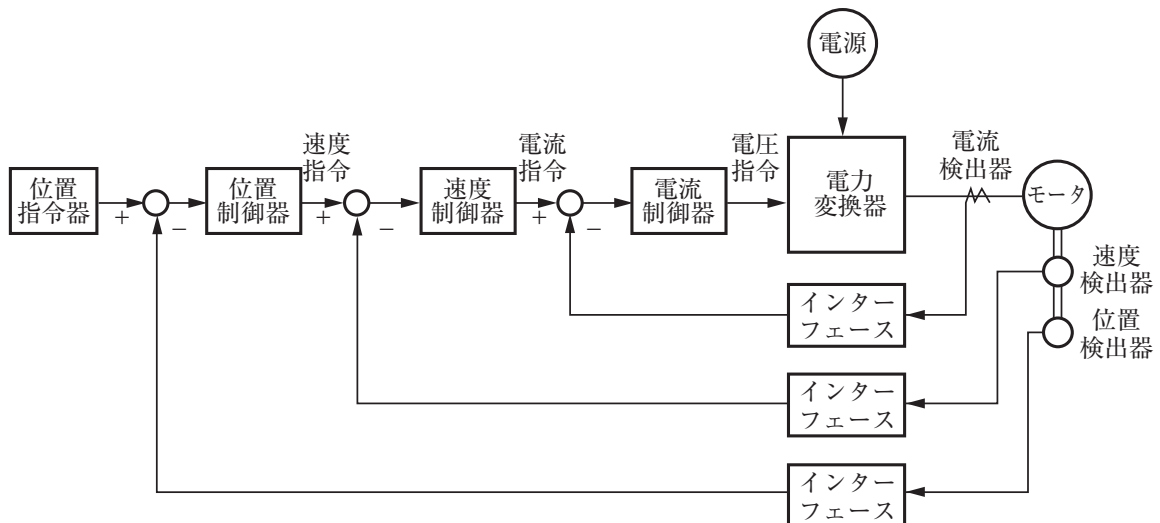


図1.2 サーボモータの制御系の構成

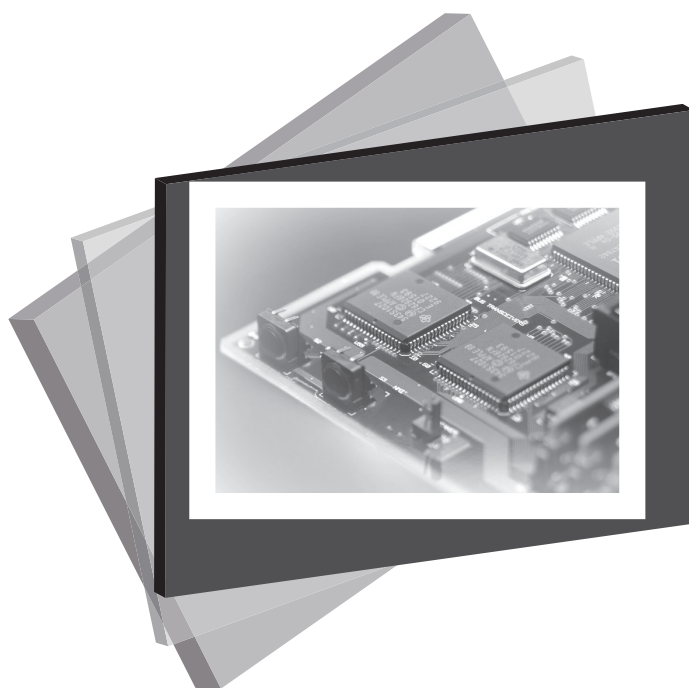
制御系の回路をアナログ回路で組むかデジタル回路で組むかで、アナログサーボとデジタルサーボに分けられます。デジタルICの発展にともない、位置制御、速度制御、電流制御の順にデジタル化が進められてきました。高性能マイクロプロセッサやデジタルシグナルプロセッサの出現により、昨今ではその全部をデジタル化する全デジタルサーボが可能になりました。本テキストは、ロボット用駆動回路を設計できるようになることを目的にしていますから、原理的なことがわかりやすいアナログ回路を中心に学習します。

実務に役立つ電気電子シリーズ

ーノイズ対策・制御プログラミングコースー

NO.1

ノイズ対策



コガク

目次

講座のねらい.....	1
第1週 ノイズ発生源	3
1.1 ノイズ発生源とノイズ対策.....	4
1.1.1 ノイズ源とシステムへの影響度.....	4
1.1.2 破壊につながるノイズ（サージ）.....	5
1.1.3 誤動作につながるノイズ.....	11
1.1.4 その他のノイズ.....	17
1.1.5 ノイズを発生させない工夫.....	17
1.2 ノイズ伝達のメカニズムとノイズ対策.....	22
1.2.1 ノイズの形態.....	22
1.2.2 ノイズの伝達と対策.....	23
1.2.3 布線・配線・アースの取り方.....	29
1.2.4 ノイズ伝達路の遮断.....	32
『まとめと練習問題』.....	38
第2週 実装設計	41
2.1 アナログ回路のパターン設計.....	42
2.1.1 プリント基板の種類と選択.....	42
2.1.2 共通インピーダンス結合.....	44
2.1.3 電磁結合.....	47
2.1.4 静電結合.....	52
2.1.5 絶縁抵抗.....	56
2.2 デジタル回路の基板設計.....	59
2.2.1 実装部品の選定と配置.....	59
2.2.2 プリント基板のパターン設計.....	62
2.2.3 プリント基板間の配線.....	65
2.2.4 外来ノイズ対策.....	68
2.3 伝送線の種類と対ノイズ性能.....	69
2.3.1 伝送線の種類と特性.....	69
2.3.2 ケーブルアースの取り方.....	72
2.4 電源・アース系の設計.....	74
2.4.1 電源系の設計.....	74
2.4.2 アースの取り方.....	76
2.4.3 フレームアースと信号アース.....	78
『まとめと練習問題』.....	81
第3週 ノイズに強い回路設計.....	83
3.1 増幅回路のノイズ対策.....	84
3.1.1 オペアンプの選び方.....	84
3.1.2 ノイズに強い増幅器.....	89

3.2	アナログ・デジタル混在回路のノイズ対策.....	91
3.2.1	A/D, D/A コンバータの補助回路.....	91
3.2.2	A/D, D/A コンバータ.....	94
3.3	デジタル回路とノイズ対策.....	97
3.3.1	デジタル IC のスパイク電流.....	97
3.3.2	出カインピーダンスとスパイク電流.....	100
3.3.3	スパイク電流の処置.....	102
3.4	ノイズによる誤動作と破壊.....	106
3.4.1	ノイズに強い IC と弱い IC.....	106
3.4.2	ノイズ（サージ）による CMOS のラッチアップ現象.....	121
3.5	ドライバ回路とノイズ対策.....	126
3.5.1	リレー回路.....	126
3.5.2	オープンコレクタとフォトカプラ.....	128
3.5.3	サイリスタ, トライアック制御とノイズ発生.....	129
3.5.4	パルスモータドライブとノイズ発生.....	134
	『まとめと練習問題』.....	139
第 4 週	システムのノイズ対策.....	141
4.1	ハードウェアでのノイズ対策.....	142
4.1.1	外部スイッチ入力.....	142
4.1.2	入出力ポート.....	146
4.1.3	アナログ信号との接続におけるノイズ対策.....	147
4.1.4	CPU バス周辺.....	150
4.2	プログラム上でのノイズ処理.....	152
4.2.1	ノイズと回路の同期化.....	152
4.2.2	フィルタ処理.....	155
4.2.3	割り込みとノイズ.....	159
4.2.4	誤動作の処置.....	160
	『まとめと練習問題』.....	162
	STEP UP.....	164
	練習問題の解答.....	165
	索引.....	167

■ 第 1 週 ■

ノイズ発生源

【学習のポイント】

電子回路設計では，素子や部品が動作速度，周波数特性や温度特性を持っていること，またその特性が同じ型名の素子や部品でも個々にばらつきがあることをよく理解していなければなりません。

しかし，論理設計上はこれで十分であっても製品のさらされる外的条件が十分考慮されていないと，外部からのノイズにより誤動作することになります。このノイズの発生源，伝達の仕組みなどをあらかじめ知っていれば設計段階で対策が行えます。

今週はそのノイズの発生源の予測とその伝達メカニズム，ノイズの形態や性質，対策の基本について学習します。

1.1 ノイズ発生源とノイズ対策

「ノイズ」の定義は、「システムを正常に動作させるために必要な信号以外の信号すべて」です。

ノイズには必ずその源（みなもと）があります。

その源をさぐり、対策することがトラブル対策の第一歩です。

ここでは、ノイズの発生源を把握し、できるだけノイズを発生させないように工夫をするとともに、発生が避けられない場合はその程度を理解し、対策が立てやすいように分類・整理することを学習します。

1.1.1 ノイズ源とシステムへの影響度

図 1.1 はノイズ源とシステムへの影響度を示した概念図です。

ノイズのシステムへの影響の度合は、ノイズ源とシステムの距離と経路に大きく左右されます。ノイズ源の強度がどんなに強くても、システムに入り込まなければその影響はありません。

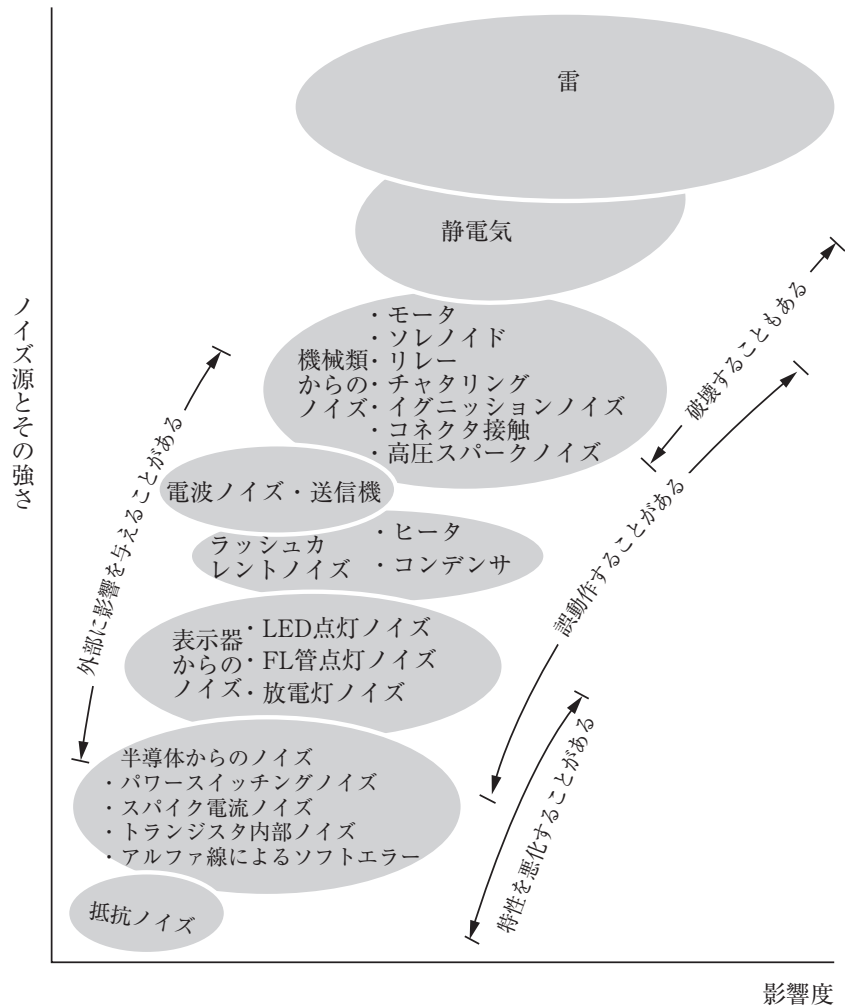


図1.1 ノイズ源とシステムへの影響度

ノイズにはその侵入のしかたによっては、システムを構成するデバイス（装置や半導体、部品など）を破壊してしまうほど大きいもの（サージ）と、侵入によってシステムが正常に動作しない（誤動作につながる）ものと、システムは正常に動作するが所定の仕様をそこねる（邪魔になる）ものがあります。

1.1.2 破壊につながるノイズ（サージ）

ノイズ（サージ：surge）によってシステムデバイスが破壊される場合があります。

自然界で発生するものには、雷サージと、静電気サージがあります。システム動作時に発生するサージの多くは、大電力を使用する機械類から発生します。