

お客様各位

カタログ等資料中の旧社名の扱いについて

2010年4月1日を以ってNECエレクトロニクス株式会社及び株式会社ルネサステクノロジが合併し、両社の全ての事業が当社に承継されております。従いまして、本資料中には旧社名での表記が残っておりますが、当社の資料として有効ですので、ご理解の程宜しくお願ひ申し上げます。

ルネサスエレクトロニクス ホームページ (<http://www.renesas.com>)

2010年4月1日
ルネサスエレクトロニクス株式会社

【発行】ルネサスエレクトロニクス株式会社 (<http://www.renesas.com>)

【問い合わせ先】 <http://japan.renesas.com/inquiry>

ご注意書き

1. 本資料に記載されている内容は本資料発行時点のものであり、予告なく変更することがあります。当社製品のご購入およびご使用にあたりましては、事前に当社営業窓口で最新の情報をご確認いただきますとともに、当社ホームページなどを通じて公開される情報に常にご注意ください。
2. 本資料に記載された当社製品および技術情報の使用に関連し発生した第三者の特許権、著作権その他の知的財産権の侵害等に関し、当社は、一切その責任を負いません。当社は、本資料に基づき当社または第三者の特許権、著作権その他の知的財産権を何ら許諾するものではありません。
3. 当社製品を改造、改変、複製等しないでください。
4. 本資料に記載された回路、ソフトウェアおよびこれらに関連する情報は、半導体製品の動作例、応用例を説明するものです。お客様の機器の設計において、回路、ソフトウェアおよびこれらに関連する情報を使用する場合には、お客様の責任において行ってください。これらの使用に起因しお客様または第三者に生じた損害に関し、当社は、一切その責任を負いません。
5. 輸出に際しては、「外国為替及び外国貿易法」その他輸出関連法令を遵守し、かかる法令の定めるところにより必要な手続を行ってください。本資料に記載されている当社製品および技術を大量破壊兵器の開発等の目的、軍事利用の目的その他軍事用途の目的で使用しないでください。また、当社製品および技術を国内外の法令および規則により製造・使用・販売を禁止されている機器に使用することができません。
6. 本資料に記載されている情報は、正確を期すため慎重に作成したのですが、誤りが無いことを保証するものではありません。万一、本資料に記載されている情報の誤りに起因する損害がお客様に生じた場合においても、当社は、一切その責任を負いません。
7. 当社は、当社製品の品質水準を「標準水準」、「高品質水準」および「特定水準」に分類しております。また、各品質水準は、以下に示す用途に製品が使われることを意図しておりますので、当社製品の品質水準をご確認ください。お客様は、当社の文書による事前の承諾を得ることなく、「特定水準」に分類された用途に当社製品を使用することができません。また、お客様は、当社の文書による事前の承諾を得ることなく、意図されていない用途に当社製品を使用することができません。当社の文書による事前の承諾を得ることなく、「特定水準」に分類された用途または意図されていない用途に当社製品を使用したことによりお客様または第三者に生じた損害等に関し、当社は、一切その責任を負いません。なお、当社製品のデータ・シート、データ・ブック等の資料で特に品質水準の表示がない場合は、標準水準製品であることを表します。
標準水準： コンピュータ、OA 機器、通信機器、計測機器、AV 機器、家電、工作機械、パーソナル機器、産業用ロボット
高品質水準： 輸送機器（自動車、電車、船舶等）、交通用信号機器、防災・防犯装置、各種安全装置、生命維持を目的として設計されていない医療機器（厚生労働省定義の管理医療機器に相当）
特定水準： 航空機器、航空宇宙機器、海底中継機器、原子力制御システム、生命維持のための医療機器（生命維持装置、人体に埋め込み使用するもの、治療行為（患部切り出し等）を行うもの、その他直接人命に影響を与えるもの）（厚生労働省定義の高度管理医療機器に相当）またはシステム等
8. 本資料に記載された当社製品のご使用につき、特に、最大定格、動作電源電圧範囲、放熱特性、実装条件その他諸条件につきましては、当社保証範囲内でご使用ください。当社保証範囲を超えて当社製品をご使用された場合の故障および事故につきましては、当社は、一切その責任を負いません。
9. 当社は、当社製品の品質および信頼性の向上に努めておりますが、半導体製品はある確率で故障が発生したり、使用条件によっては誤動作したりする場合があります。また、当社製品は耐放射線設計については行っておりません。当社製品の故障または誤動作が生じた場合も、人身事故、火災事故、社会的損害などを生じさせないようお客様の責任において冗長設計、延焼対策設計、誤動作防止設計等の安全設計およびエージング処理等、機器またはシステムとしての出荷保証をお願いいたします。特に、マイコンソフトウェアは、単独での検証は困難なため、お客様が製造された最終の機器・システムとしての安全検証をお願いいたします。
10. 当社製品の環境適合性等、詳細につきましては製品個別に必ず当社営業窓口までお問合せください。ご使用に際しては、特定の物質の含有・使用を規制する RoHS 指令等、適用される環境関連法令を十分調査のうえ、かかる法令に適合するようご使用ください。お客様がかかる法令を遵守しないことにより生じた損害に関し、当社は、一切その責任を負いません。
11. 本資料の全部または一部を当社の文書による事前の承諾を得ることなく転載または複製することを固くお断りいたします。
12. 本資料に関する詳細についてのお問い合わせその他お気付きの点等がございましたら当社営業窓口までご照会ください。

注 1. 本資料において使用されている「当社」とは、ルネサスエレクトロニクス株式会社およびルネサスエレクトロニクス株式会社とその総株主の議決権の過半数を直接または間接に保有する会社をいいます。

注 2. 本資料において使用されている「当社製品」とは、注 1 において定義された当社の開発、製造製品をいいます。

お客様各位

資料中の「三菱電機」、「三菱XX」等名称の株式会社ルネサス テクノロジへの変更について

2003年4月1日を以って株式会社日立製作所及び三菱電機株式会社のマイコン、ロジック、アナログ、ディスクリート半導体、及びDRAMを除くメモリ(フラッシュメモリ・SRAM等)を含む半導体事業は株式会社ルネサス テクノロジに承継されました。

従いまして、本資料中には「三菱電機」、「三菱電機株式会社」、「三菱半導体」、「三菱XX」といった表記が残っておりますが、これらの表記は全て「株式会社ルネサス テクノロジ」に変更されておりますのでご理解の程お願い致します。尚、会社商標・ロゴ・コーポレートステートメント以外の内容については一切変更しておりませんので資料としての内容更新ではありません。

注:「高周波・光素子事業、パワーデバイス事業については三菱電機にて引き続き事業運営を行います。」

2003年4月1日
株式会社ルネサス テクノロジ
カスタマサポート部

三菱集積回路(制御・ドライバIC)
M51971L/FP

MOTOR SPEED CONTROL

概要

M51971L及びM51971FPはモータ回転数制御用に設計された半導体集積回路です。

高利得のFGアンプが内蔵されているため、広範囲の回転数検出器(FG検出器)が使用できます。

少ない外付部品を用いることによって、直流モータを高精度で制御します。

特長

- 広い電源電圧範囲…………… 4~17.5V
- 電源電圧変動率…………… 0.005%/V(標準)
- 負荷変動率…………… 0.01%(標準, 全負荷範囲)
- 回転数の温度係数…………… 7ppm/°C(標準)
- 高性能FGアンプ内蔵

用途

フロッピーディスクドライバ、プレイヤー、テープレコーダ、カーステレオ等のモータ回転数制御

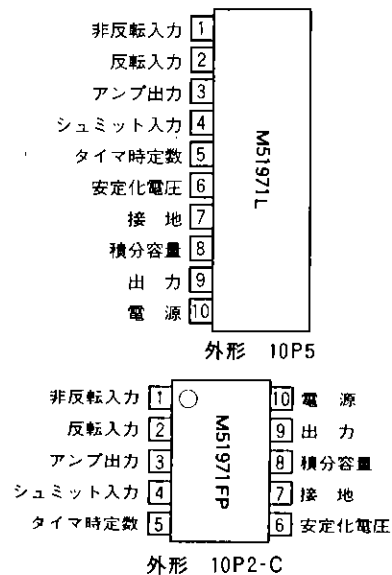
推奨動作条件

- 電源電圧範囲…………… 4~17.5V
- 定格電源電圧…………… 9V
- 端子①入力電圧範囲…………… -0.4V~V_{CC} 注1
- 端子④入力電圧範囲…………… -0.4V~V_{CC}
- 最高設定タコジェネレータ周波数…………… 2.5kHz
- 最小トリガパルス幅(端子④入力パルス)…………… 40µs 注2

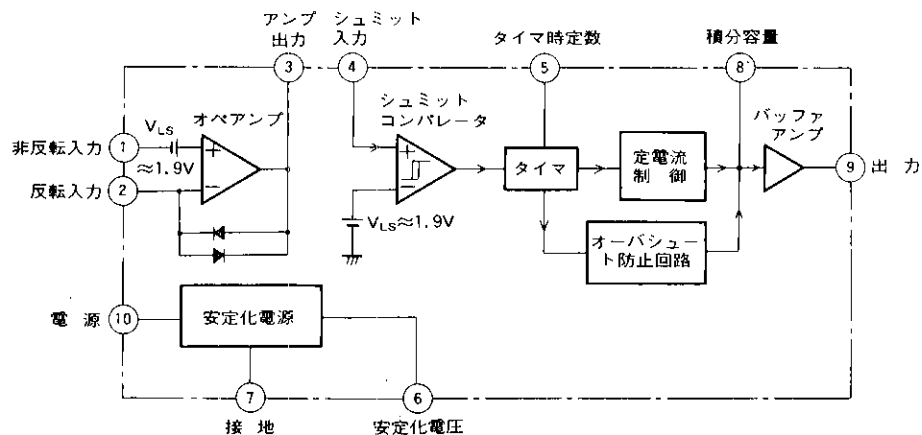
注1: 線形動作領域は-0.4~+0.4Vである。

注2: この条件はパルスの立ち上がりから立ち下がりまでの期間、立ち下がりから立ち上がりまでの期間の両方に適用される。

ピン接続図(上面図)



ブロック図



絶対最大定格(指定のない場合は, $T_a=25^\circ\text{C}$)

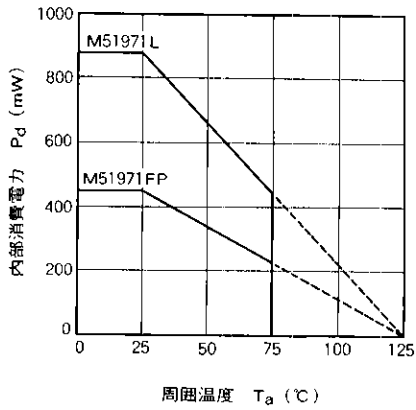
記号	項目	条件	定格値	単位
V_{CC}	電源電圧		18	V
$V_{(1)}$	端子①印加電圧		$-3\sim V_{CC}$	V
$I_{(3)}$	端子③流出電流		-5	mA
$I_{(4)}$	端子④流出電流		-5	mA
$V_{(6)}$	端子⑥印加電圧		$0\sim V_{CC}$	V
$I_{(9)}$	端子⑨流出電流		-20	mA
P_{DF}	内部消費電力		880(M51971L)	mW
			450(M51971FP)	
$K_{\theta F}$	熱低減率	$T_a \geq 25^\circ\text{C}$	8.8(M51971L)	mW/ $^\circ\text{C}$
			4.5(M51971FP)	
T_{opr}	動作周囲温度		$-20\sim+75$	$^\circ\text{C}$
T_{stg}	保存温度		$-40\sim+125$	$^\circ\text{C}$

電気的特性(指定のない場合は, $T_a=25^\circ\text{C}$, $V_{CC}=9\text{V}$)

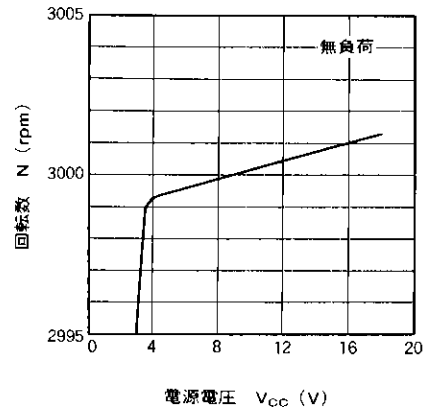
記号	項目	測定条件	規格値			単位
			最小	標準	最大	
V_{CC}	電源電圧範囲		4.0		17.5	V
I_{CC}	回路電流			3.2	6.0	mA
V_S	安定化電圧	端子⑥電圧	2.44	2.71	2.98	V
$I_{(1)}$	端子①入力電流	$V_{(1)}=0\text{V}$	-3.0	-0.5		μA
$I_{(2)}$	端子②入力電流	$V_{(1)}=0\text{V}$	-180	-30		nA
$V_{(1)LS}$	端子①レベルシフト電圧	$V_{(1)}=0\text{V}$	1.51	1.89	2.27	V
A_V	FGアンプ電圧利得	$V_{(1)}=0.2\text{mVrms}$, $f=500\text{Hz}$, 外部設定ゲイン=60dB	54	59	64	dB
$I_{(4)}$	端子④入力電流	$V_{(1)}=2.5\text{V}$		0.4	2.0	μA
$V_{(4)TH}$	端子④閾値電圧	端子①レベルシフト電圧を基準とする	0	16	40	mV
$V_{(4)HY}$	端子④ヒステリシス幅		20	37	55	mV
$V_{(5)S}$	端子⑤飽和電圧	$R_T=75\text{k}\Omega$		3	20	mV
T_T	ワンショットパルス幅	$R_T=75\text{k}\Omega$, $C_T=4700\text{pF}$	375	395	415	μsec
$I_{(8)C}$	端子⑧充電電流	$V_{(8)}=1\text{V}$	-260	-190	-140	μA
r_{cd}	端子⑧充放電流比	$V_{(8)}=1\text{V}$	-14.5	-11.6	-9.0	—
$R_{(9)}$	端子⑨出力保護抵抗	$I_{(9)}=-20\text{mA}$	65	100	150	Ω
$V_{(9)max}$	端子⑨最高電圧		2.9	3.2		V
$V_{(9)min}$	端子⑨最低電圧			50	200	mV
V_{Bo}	バッファアンプオフセット電圧	$V_{(8)}=1\text{V}$, $V_{(8)}-V_{(9)}$	0	100	200	mV

特性曲線

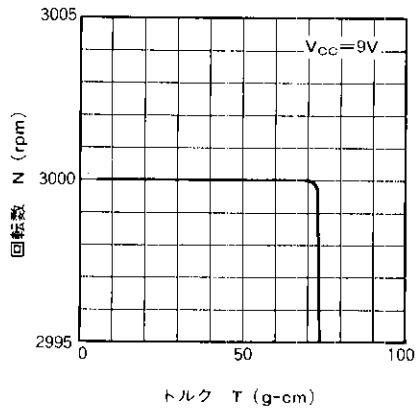
熱低減曲線 (最大定格)



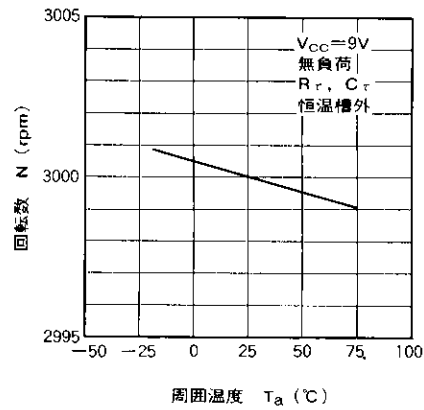
回転数—電源電圧特性



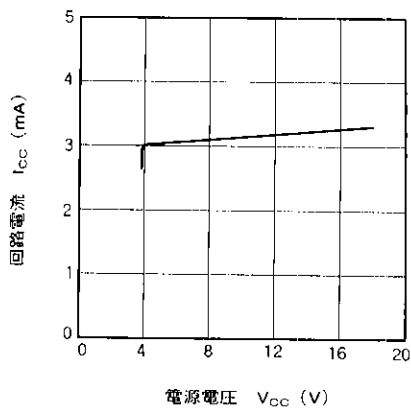
回転数—トルク特性



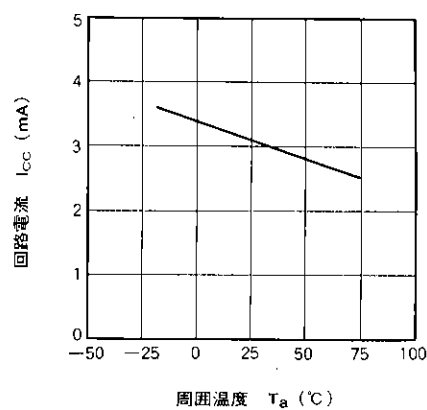
回転数—周囲温度特性



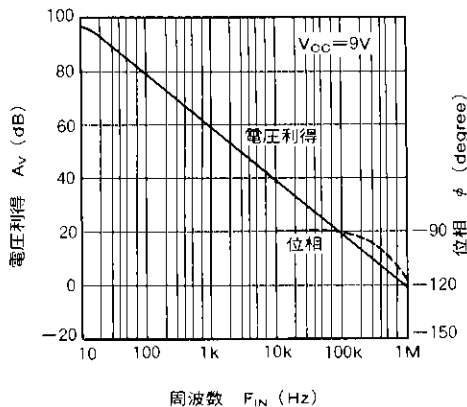
回路電流—電源電圧特性



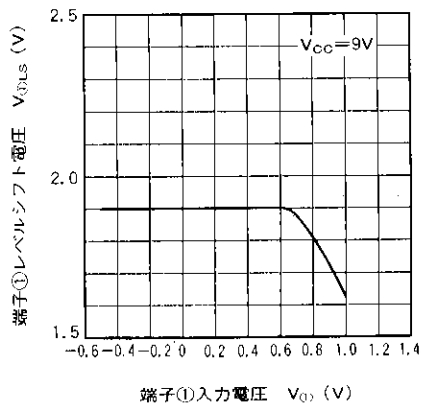
回路電流—周囲温度特性



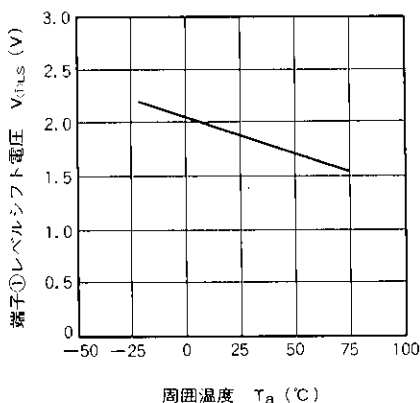
FGアンプオープンループ電圧利得、
位相推移特性



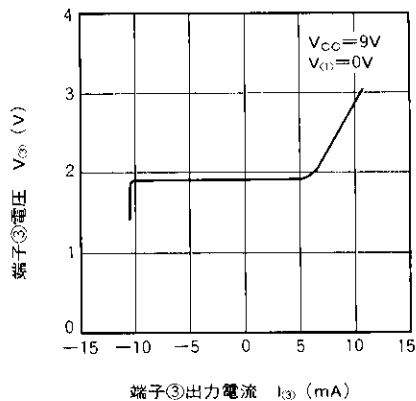
端子①レベルシフト電圧—端子①入力電圧特性



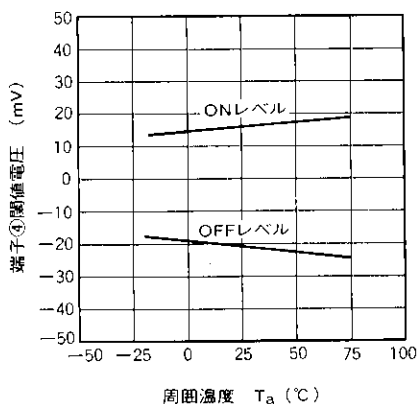
端子①レベルシフト電圧—周囲温度特性



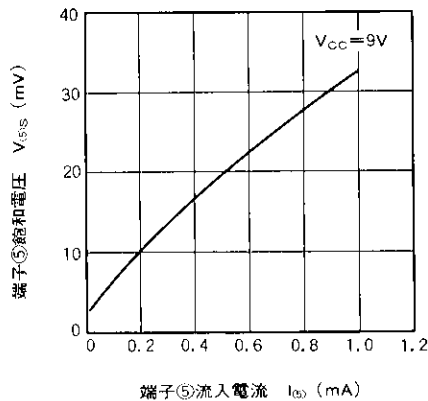
端子③電圧—端子③出力電流特性



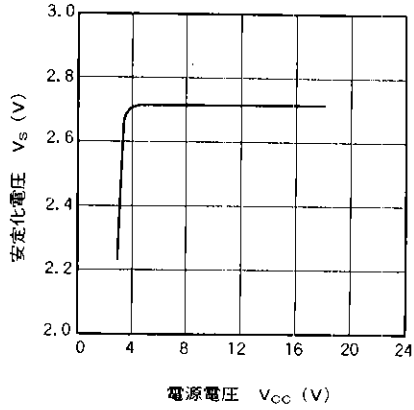
端子④閾値電圧—周囲温度特性



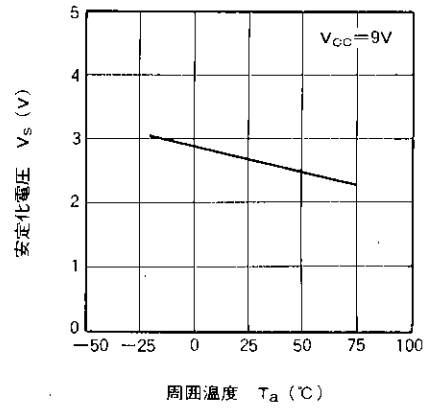
端子⑤飽和電圧—端子⑤流入電流特性



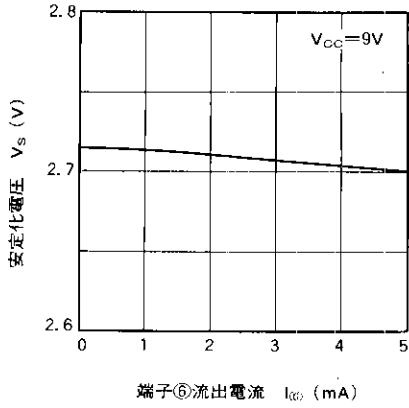
安定化電圧—電源電圧特性



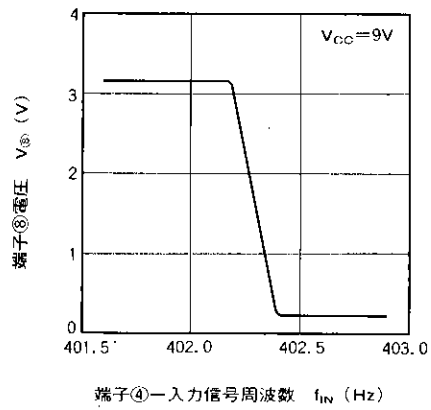
安定化電圧—周囲温度特性



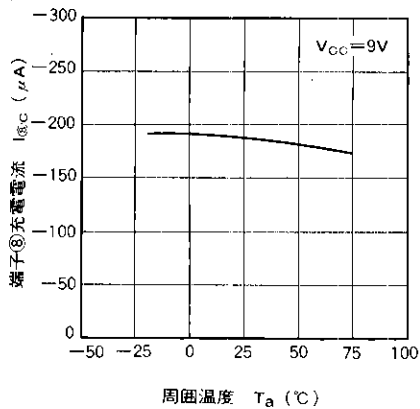
安定化電圧—端子⑥流出電流特性



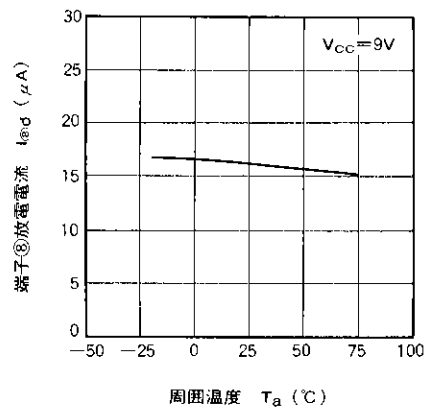
端子⑧電圧—入力信号周波数特性

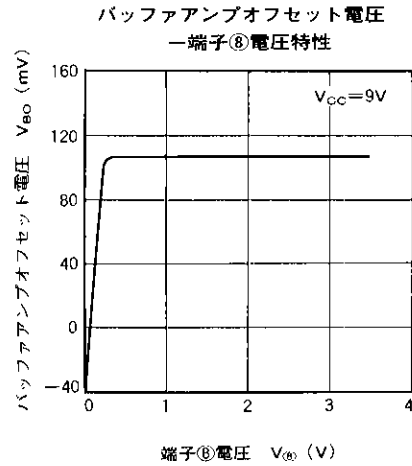
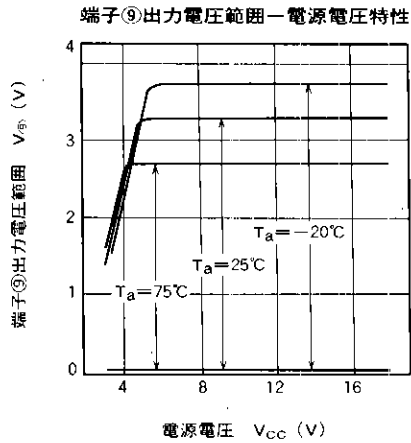


端子⑧充電電流—周囲温度特性

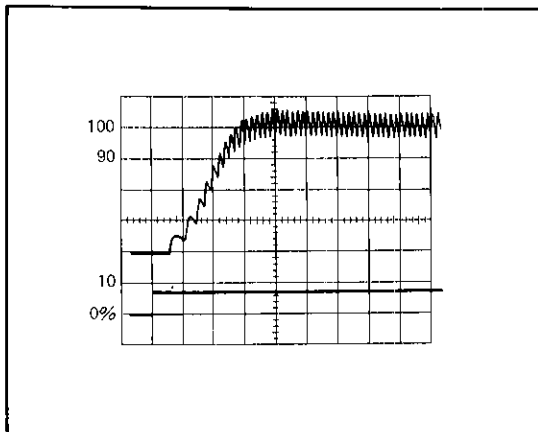


端子⑧放電電流—周囲温度特性





応答特性例



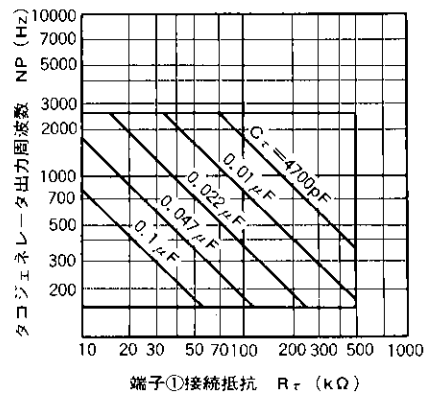
上側: モータ速度(タコジェネレータ周波数のFV変換波形)
 下側: 電源電圧
 水平軸: 20ms/div
 モータの時定数 $\approx 100\text{ms}$

R_r 、 C_r の決め方

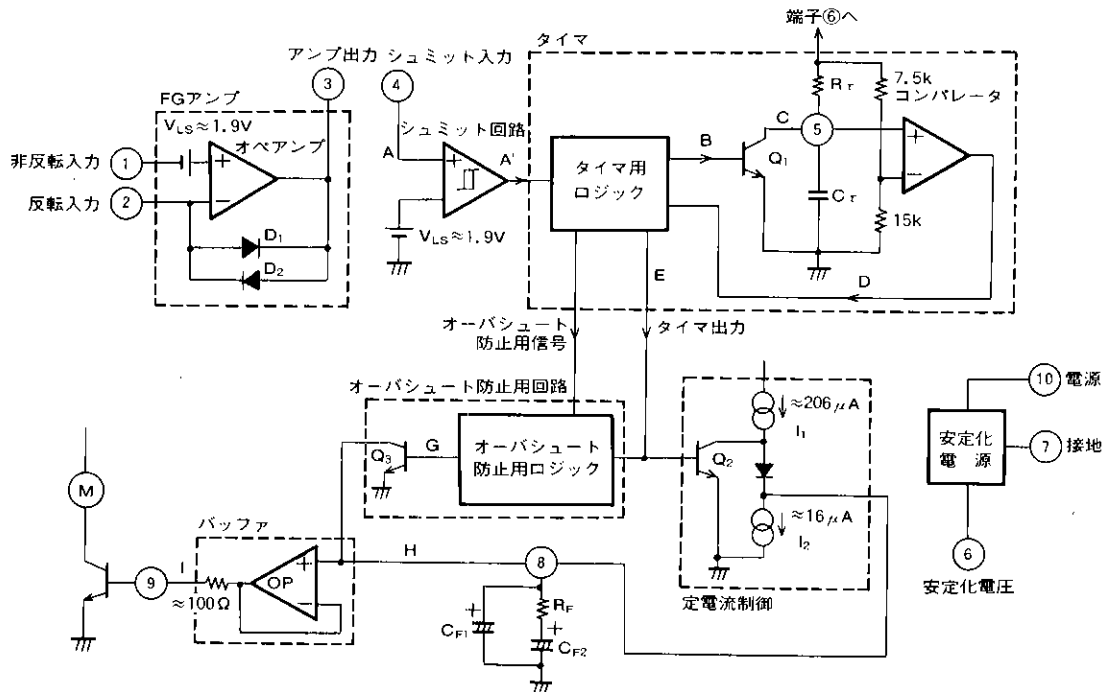
この定数で、モータの回転数が決まります。モータの回転数を N 、タコジェネレータの極数を P とすると、ほぼ次の関係式が成立します。 R_r を $10\text{k}\Omega \sim 500\text{k}\Omega$ の範囲になるようにし、必要な回転数に応じ定数を選んで下さい。なお高抵抗を用いた場合には基板表面のリーク電流に御注意下さい。

$$NP \approx \frac{1}{1.20 \cdot R_r \cdot C_r}$$

タコジェネレータ出力周波数—端子①接続抵抗特性



M51971動作についての簡単な説明
各ブロックの説明



FGアンプ

FGアンプはオペアンプ、レベルシフト回路と波形クリップ用ダイオードから構成されている。

端子②に直流阻止用コンデンサが接続された時、端子③の出力DC電圧は、端子①のDC電圧より V_{LS} ($\approx 1.9V \approx 3V_{BE}$)だけ高くなる。

そこで、GNDを中心とした交流信号を容易に増幅できる。クリップダイオードは、出力信号振幅を $\pm 0.7V(V_{BE})$ 以内に制限し、又、電源ON時に直流阻止用コンデンサを急速に充電する。

シュミット回路

シュミット回路は、ヒステリシス付の比較器で、およそ $V_{LS} + 20mV$ のONレベル、 $V_{LS} - 20mV$ のOFFレベルを持っている。

タイマ部

タイマ部は、スピードを制御する場合に必要な基準時間を作りだしている。

このタイマは、入力信号でトリガされるワンショット回路であり $1.1C_T R_T$ のパルス幅のパルスが発生する。

定電流制御回路

定電流制御回路は、タイマ回路の出力で制御されワンショットパルスがない期間は $I_1 - I_2$ ($\approx 190\mu A$)の流出電流を、

ワンショットパルスがある期間は I_2 ($\approx 16\mu A$)の流入電流を端子⑥へ発生する。

I_1 と I_2 の比はIC固有の値であり、設定されるタコジェネレータの周波数はワンショットパルス幅とこの電流比($I_1/I_2 \approx 12.6$)によって決定される。

$$T_G = T_T \times \frac{I_1}{I_1 - I_2} \approx 1.09 \times T_T$$

ここに T_G : タコジェネレータ信号周期(設定値)

T_T : ワンショットパルス幅

オーバーシュート防止回路

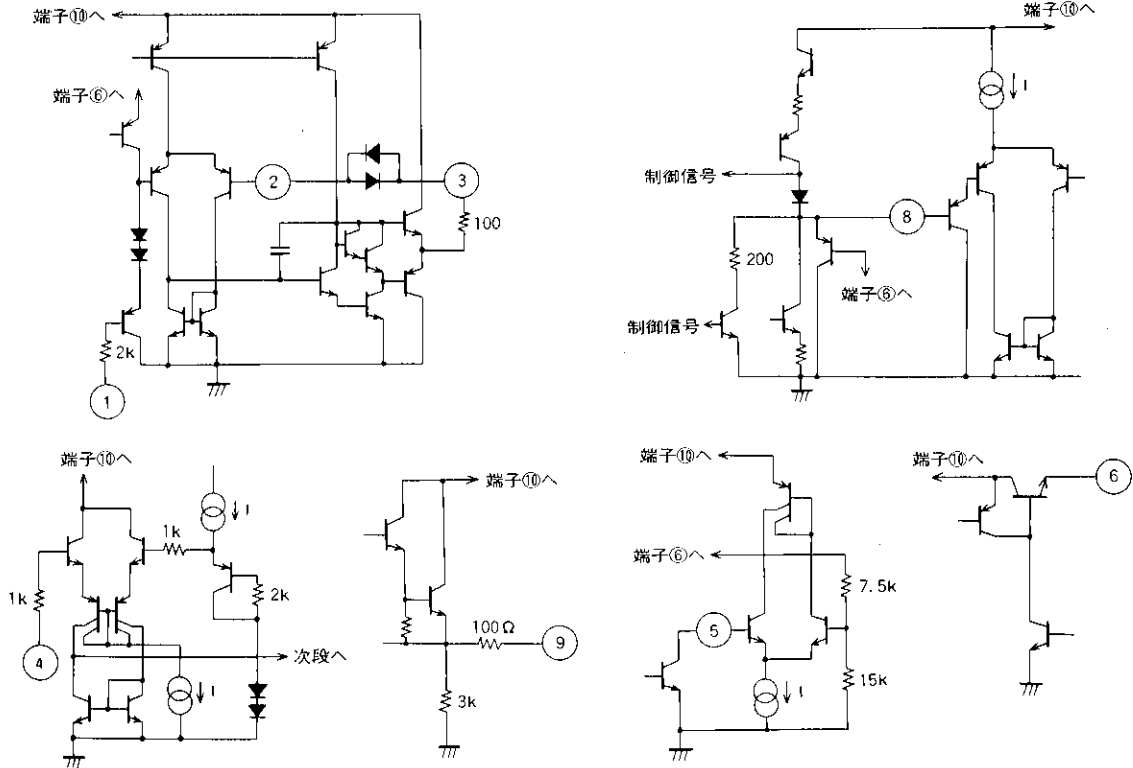
オーバーシュート防止回路は、オーバーシュートが特に大きい時、例えばモータをロック状態から急に解放したときに動作する。

Q_3 はモータのタコジェネレータの信号周期がワンショットパルス幅より短くなったとき、ほぼワンショットパルス幅(T_T)の期間ONする。一般に $R_F \cdot C_{F2} \gg T_T$ のため、この間主として C_{F1} の電荷が放電される。

バッファアンプ

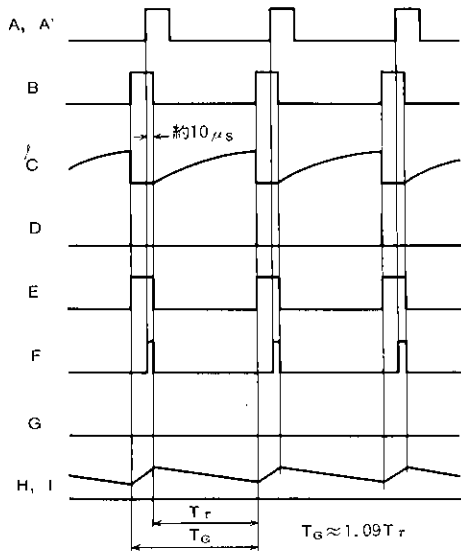
バッファ回路はオペアンプを用いたボルテージフォロワ回路である。入力電流は非常に小さく(10nA以内)、出力電流は20mAをドライブできる。

入出力部回路図

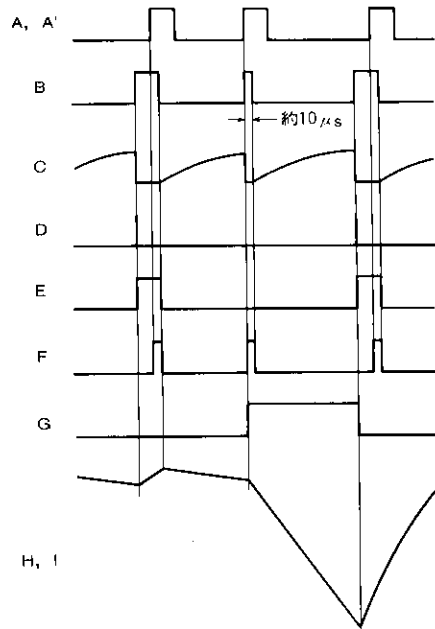


タイミングチャート

I. 通常動作時

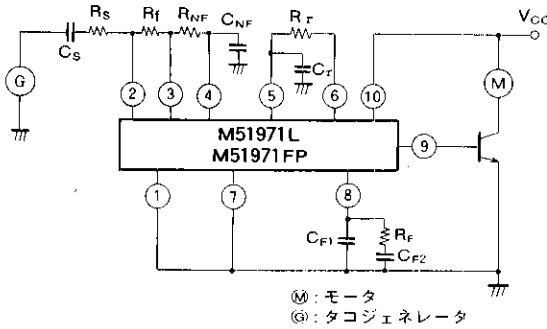


II. 通常動作→急速放電動作



応用回路例

I. タコジェネレータの出カインピーダンスが低い場合



C_S : 交流増幅用カップリングコンデンサ
 R_S, R_f : FGアンプ利得設定用抵抗
 R_{NF}, C_{NF} : ノイズ除去用フィルタ
 R_r, C_r : モータ速度設定用時定数
 C_{F1}, C_{F2}, R_f : 積分及び速度制御系を安定にするための位相補償用容量及び抵抗

注

1. 設定モータ回転数におけるタコジェネレータの信号振幅は1mV_{p-p}以上にすること。

2. FGアンプ利得 $\approx \sqrt{\frac{1 + \omega_G^2 C_S^2 (R_S + R_f)^2}{1 + \omega_G^2 C_S^2 R_S^2}}$

ω_G : タコジェネレータ信号の角周波数

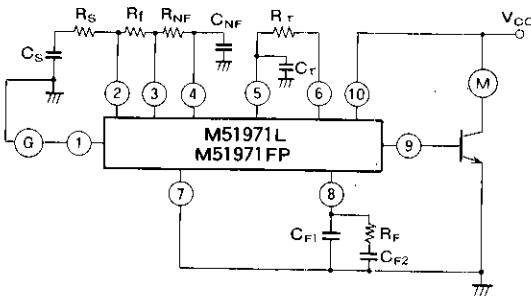
3. C_S, R_S, R_{NF}, C_{NF} の値は次の様を選ぶのが望ましい。

$C_S \leq 4.7 \mu F$

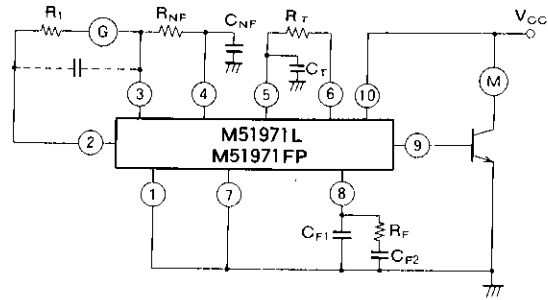
$\frac{2}{\omega_G} \geq C_S R_S \geq \frac{1}{\omega_G}$

$R_{NF} \cdot C_{NF} \leq \frac{1}{\omega_G}$

II. タコジェネレータの出カインピーダンスが高く、信号振幅が小さい場合

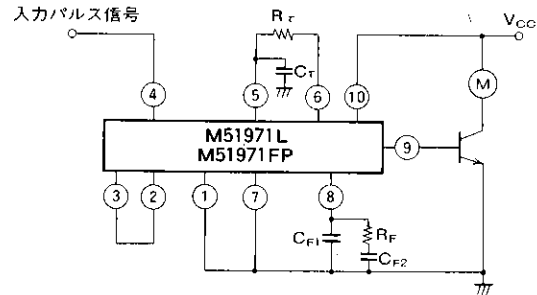


III. タコジェネレータの信号振幅が大きい場合



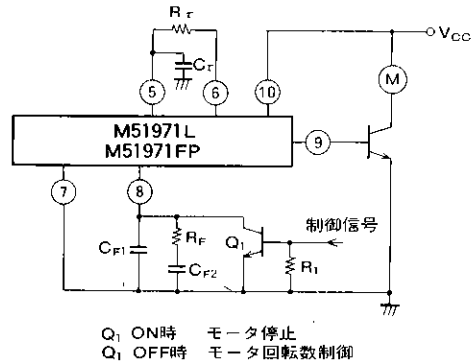
以上3例において、端子③の出力波形の $V_f(0.7V)$ を越える部分は内蔵の波形クリップ用ダイオードによってクリップされる。

IV. 入力波形がパルス状である場合



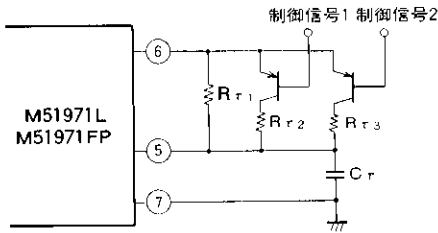
注. GNDに対する端子④の閾値電圧は約1.9Vである。

V. 制御信号によってモータをON, OFFしたい時

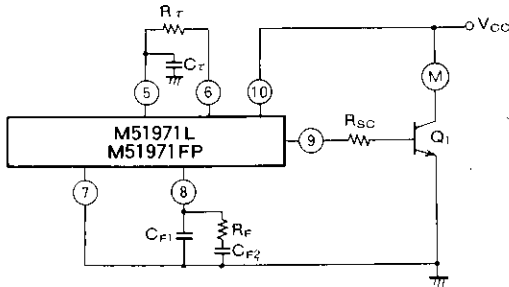


Q_1 ON時 モータ停止
 Q_1 OFF時 モータ回転数制御

VI. 制御信号によって設定回転数を段階的に切換えたい時



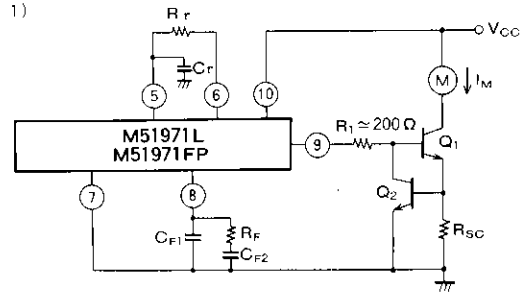
VII. ICの発熱を押さえるため、端子⑨出力電流を制限する方法



$$I_{(9)max} = \frac{V_{(9)max}}{R_{(9)} + R_{SC}} : V_{(9)max} \approx 3.2V, R_{(9)} \approx 100\Omega$$

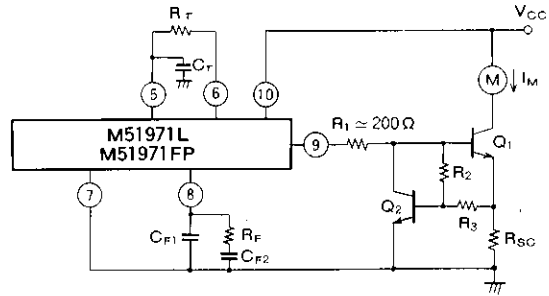
(電気的特性及び特性曲線参照)

VIII. モータのドライブ電流に制限をかける方法



$$I_{Mmax} = \frac{V_{BE2}}{R_{SC}} \approx \frac{0.7V}{R_{SC}}$$

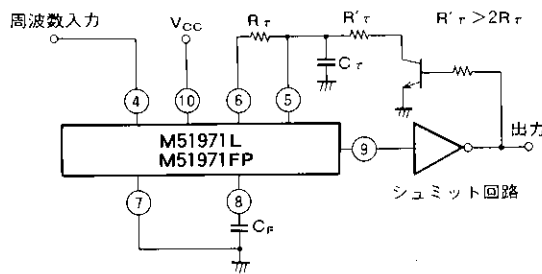
2) 電流制限用抵抗によるパワロスを少なくしたい時



$$I_{Mmax} = (V_{BE2} - V_{BE1} \times \frac{R_3}{R_2 + R_3}) / R_{SC}$$

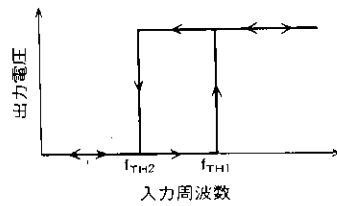
$$\approx \frac{0.7V \times R_2}{(R_2 + R_3) \cdot R_{SC}}$$

IX. 周波数比較器



注. シュミット回路のヒステリシスは、端子⑧のリプル電圧以上に選ぶ必要があります。(チャタリング防止のため)

入出力伝達特性



$$f_{TH1} \approx \frac{1}{1.20 \times R_r \cdot C_r}$$

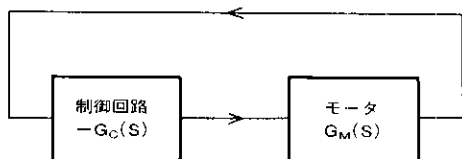
$$f_{TH2} \approx \frac{1}{1.09 \times R_r \parallel R'_r \times C_r \times \ln \left\{ \frac{3(R_r + R'_r)}{R'_r - 2R_r} \right\}}$$

安定した速度制御システムを設計するためのヒント

(端子⑧のフィルタ定数(C_{F1}、C_{F2}、R_F)を決めるための方法)

端子⑧のフィルタ定数はシステムの安定性が満足されるように決定されなければならない。

1. モータの速度制御システムの伝達関数



モータ速度制御システム

モータ速度制御システムは、制御回路とモータを含む負帰還システムである。

安定した負帰還のために必要な条件は、一般に一巡伝達関数(G_C(S)・G_M(S))の利得が1以上の周波数領域において位相が180°以内にあることである。

2. モータの伝達関数

モータの電機子電流をI_a、角速度をω_vとすれば次の方程式が成立する。

$$\Delta T_g = K_T \cdot \Delta I_a = (SJ + D) \cdot \Delta \omega_v \dots (1)$$

ここで T_g: モータの発生するトルク

K_T: モータの発生するトルクと電機子電流との間の比例定数

J: モータ及び負荷の慣性モーメント

D: 粘性摩擦係数

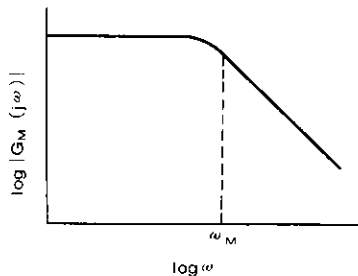
タコジェネレータ角周波数ωとモータ角速度ω_vの間には、タコジェネレータの極数をPとすると、ω = P・ω_vの関係があるから、モータの伝達関数(モータとタコジェネレータを含んだ伝達関数)G_M(S)は次の様な一極の伝達関数となる。

$$G_M(S) = \frac{\Delta \omega}{\Delta I_a} = \frac{P \cdot K_T}{D \cdot (1 + S \cdot \frac{J}{D})} \dots (2)$$

$$= \frac{K_M}{1 + \frac{S}{\omega_M}} \dots (3)$$

ここで $K_M = \frac{P \cdot K_T}{D} \dots (4)$

$\omega_M = \frac{D}{J} \dots (5)$



近似的なモータの伝達関数

3. M51971を用いた制御回路の伝達関数

入力情報が連続に与えられるという仮定(タコジェネレータ周波数が無限に高いという仮定)のもので、端子④の入力から端子⑨の出力に至る伝達関数は次の様になる。

$$G_C(M51971)(S) = - \frac{\Delta(\text{端子⑨出力電圧})}{\Delta(\text{端子④入力周波数})} = \frac{T_\tau (|I_{(a)c}| + |I_{(a)d}|)}{C_{F1} + C_{F2}} \times \frac{1 + S/\omega_{F1}}{S(1 + S/\omega_{F2})} \dots (6)$$

ここに T_τ: タイマのパルス幅 ≈ 1.10 × R_τ × C_τ

I_{(a)c}: 端子④充電電流

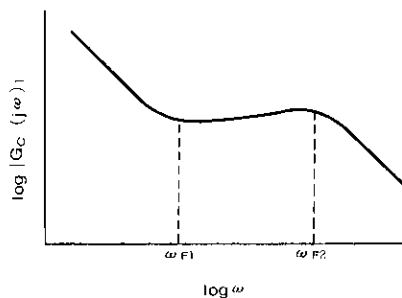
I_{(a)d}: 端子④放電電流

$$\omega_{F1} = \frac{1}{R_F \cdot C_{F2}}$$

$$\omega_{F2} = \frac{C_{F1} + C_{F2}}{R_F \cdot C_{F1} \cdot C_{F2}}$$

M51971の端子⑨の後に接続された回路の利得をK_{CP}とすれば回路全体の伝達関数G_C(S)は次の様になる。

$$G_C(S) = K_{CP} \times \frac{T_\tau (|I_{(a)c}| + |I_{(a)d}|)}{C_{F1} + C_{F2}} \times \frac{1 + S/\omega_{F1}}{S(1 + S/\omega_{F2})} \dots (7)$$



近似的な制御回路の伝達関数

4. 安定した制御を行うための必要条件

安定した制御を行うためには、 $G_C(s) \cdot G_M(s)$ の利得が1以上の周波数領域で 180° 以下の位相特性であることが必要である。

位相と利得の関係は、伝達関数の全ての極と零点が複素平面の左側にある時、ポードの定理に従って決定される。

$G_C(j\omega) \cdot G_M(j\omega)$ がポードの定理に従うとすれば、安定した制御のために、 $|G_C(j\omega) \cdot G_M(j\omega)| \geq 1$ の周波数領域で、 $G_C(j\omega) \cdot G_M(j\omega)$ の利得の傾きは -12dB/oct 以上でなければならない。

そのために $\omega_{F1} \approx \omega_M$ となるよう回路定数を選定した時、 $G_C(j\omega)$ 及び $G_M(j\omega)$ の利得の傾きがともに -6dB/oct 、すなわち $G_C(j\omega) \cdot G_M(j\omega)$ の利得の傾きが -12dB/oct となり始める ω_{F2} の周波数において次式が成立しなければならない。

$$|G_C(j\omega_{F2}) \cdot G_M(j\omega_{F2})| < 1 \quad \dots\dots\dots(8)$$

精度のよい制御のために、一巡伝達関数の利得は全ての周波数領域において大きいことが必要である。

外乱によるモータ回転数の変動は、 ω_M 以上の周波数で -6dB/oct の傾きで減衰する。

したがって、 ω_{F1} から ω_{F2} の周波数領域における回転数制御能力は $\omega_{F1} (\approx \omega_M)$ における一巡伝達関数の利得によって決定される。 $|G_C(j\omega_{F2}) \cdot G_M(j\omega_{F2})| < 1$ であること、及び $G_C(j\omega) \cdot G_M(j\omega)$ の利得の傾きが ω_{F2} 以下の周波数でほぼ -6dB/oct であることより次式が成立する。

$$|G_C(j\omega_M) \cdot G_M(j\omega_M)| < \frac{\omega_{F2}}{\omega_{F1}} \approx \frac{\omega_{F2}}{\omega_M} \quad \dots\dots\dots(9)$$

したがって ω_{F1} から ω_{F2} の周波数領域において制御精度をよくするために次の条件が必要である。

$$\omega_{F1} \approx \omega_M \quad \dots\dots\dots(10)$$

$$\frac{\omega_{F2}}{\omega_{F1}} \gg 1 \quad \dots\dots\dots(11)$$

そして(4)又は(5)式を満たすよう K_{CP} 又は $C_{F1} + C_{F2}$ の値を設定することが必要となる。

5. タコジェネレータ周波数の安定性に与える影響

タコジェネレータの周波数すなわち周期によって制御される制御系は基本的に時間軸上において離散的な情報によって制御される一種のサンプルホールドシステムである。

サンプルホールド動作は余分の位相遅れをつけ加えるため系はより不安定になる。

この動作を考慮に入れたより正確な伝達関数 $H^*(j\omega)$ ($G_C^*(j\omega) \cdot G_M^*(j\omega)$)は、 $H(j\omega) (G_C(j\omega) \cdot G_M(j\omega))$ をこのことを考慮に入れない伝達関数とすると、次の様になる。

$$H^*(j\omega) = \frac{\sin \pi (\omega / \omega_G)}{\pi (\omega / \omega_G)} e^{-j \frac{2\pi \omega}{\omega_G} m} \sum_{n=-\infty}^{\infty} H(j\omega + jn\omega_G) \quad \dots\dots\dots(12)$$

ここで ω_G : タコジェネレータ周波数の設定値

すなわち $2\pi \dot{\omega} / \omega_G$ (ラジアン)の余分な位相遅れを考慮しなければならない)。

したがって $|G_C^*(j\omega) \cdot G_M^*(j\omega)| = 1$ となる角周波数を ω_{odB} とすれば次の関係が成立しなければならない。

$$\omega_G > 4 \cdot \omega_{odB} \quad \dots\dots\dots(13)$$

これにより、 ω_G が決定されると、それにより ω_M においてとり得る一巡伝達関数の利得が求められる。

$$|G_C(j\omega_M) \cdot G_M(j\omega_M)| < 0.357 \times \frac{\omega_G}{\omega_M} \quad \dots\dots\dots(14)$$

この(14)式はタコジェネレータの周波数を用いた制御系においては、制御方式とは無関係に満足されなければならないものであり、モータとタコジェネレータが決まると、必然的に ω_M における制御ゲインの上限値が決まってしまうことがわかる。

回転数制御精度を向上させるために $|G_C(j\omega_M) \cdot G_M(j\omega_M)| \gg 1$ であることが必要である。したがって、次式が成立しなければならない。

$$0.357 \cdot \frac{\omega_G}{\omega_M} \gg 1 \quad \dots\dots\dots(15)$$

6. まとめ

以上の理論的考察に基づいて、モータの持っている特性を最大限に生かした速度制御システムの設計方法を述べると次の様になる。

$$(1) \quad \omega_{F1} \approx \frac{1}{R_F \cdot C_{F2}} \approx \omega_M \quad \dots\dots\dots(16)$$

モータの負荷が変わった時に、 ω_M が大きく変化する場合には、最低の ω_M 付近に回路定数を設定することが望ましい。

$$(2) \quad \omega_{F2} \approx \frac{C_{F1} + C_{F2}}{R_F \cdot C_{F1} \cdot C_{F2}} \geq \frac{1}{4} \omega_G \quad \dots\dots\dots(17)$$

C_{F1} が小さいほど ω_{F2} による影響は少なくなるが、出力端子波形のピークtoピーク値が大きくなり、ドライブ波形はよりパルス状になる。

したがって、多くの設計においては、ほぼ両辺を等しくすることが望ましい。

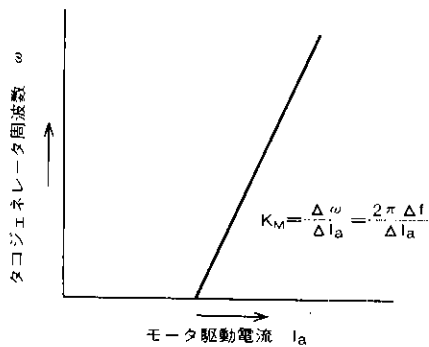
(3) ゲイン定数の選定

上記(16)、(17)を満足させる関係を保ちつつ K_{CP} 又は $C_{F1} + C_{F2}$ の値を変化させ安定に制御できる値を求める。

モータの設定速度が、何段かに分かれている場合には、低い速度の方が安定性を得ずらいので、最低速度で実験を行う必要がある。

モータの伝達関数の概略値を求める方法

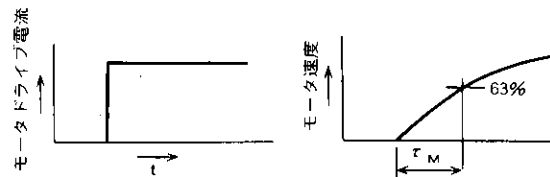
(1) K_M の求め方



モータ駆動電流とタコジェネレータ周波数の関係をプロットしその傾きを求める。

(2) ω_M の求め方

モータの周波数応答を測定することによって求められるが、一般にこの方法は手間がかかる。ステップレスポンスを測定することによってより簡単に概略値を求めることができる。



静止状態のモータにステップ状の電流を加え、モータ速度が最終の63%になるまで時間 τ_M を測定し、次式によって ω_M を求める。

$$\omega_M = \frac{1}{\tau_M} \dots \dots \dots (18)$$

安全設計に関するお願い

- ・弊社は品質、信頼性の向上に努めておりますが、半導体製品は故障が発生したり、誤動作する場合があります。弊社の半導体製品の故障又は誤動作によって結果として、人身事故、火災事故、社会的損害などを生じさせないような安全性を考慮した冗長設計、延焼対策設計、誤動作防止設計などの安全設計に十分ご注意ください。

本資料ご利用に際しての留意事項

- ・本資料は、お客様が用途に応じた適切な三菱半導体製品をご購入いただくための参考資料であり、本資料中に記載の技術情報について三菱電機が所有する知的財産権その他の権利の実施、使用を許諾するものではありません。
- ・本資料に記載の製品データ、図、表その他応用回路例の使用に起因する損害、第三者所有の権利に対する侵害に関し、三菱電機は責任を負いません。
- ・本資料に記載の製品データ、図、表その他全ての情報は本資料発行時点のものであり、三菱電機は特性改良などにより予告なしに変更することがあります。従って、三菱半導体製品のご購入に当たりましては事前に三菱電機または特約店へ最新の情報をご確認ください。
- ・本資料に記載された製品は、人命にかかわるような状況の下で使用される機器あるいはシステムに用いられることを目的として設計、製造されたものではありません。本資料に記載の製品を運輸、移動体用、医療用、航空宇宙用、原子力制御用、海底中継用機器あるいはシステムなど、特殊用途へのご利用をご検討の際には、三菱電機または特約店へご照会ください。
- ・本資料の転載、複製については、文書による三菱電機の事前の承諾が必要です。
- ・本資料に記載の製品のうち、外国為替及び外国貿易管理法に定める戦略物資に該当するものについては、輸出する場合、同法に基づく輸出許可が必要です。
- ・本資料に関し詳細についてのお問い合わせ、その他お気付きの点がございましたら三菱電機または特約店までご照会ください。