

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、誤りがな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。

オペアンプの動作と負帰還効果

ここでは、初めてオペアンプを使う方のために、オペアンプの入門編としてその基本的動作原理、負帰還による各種特性の改善についてご紹介します。

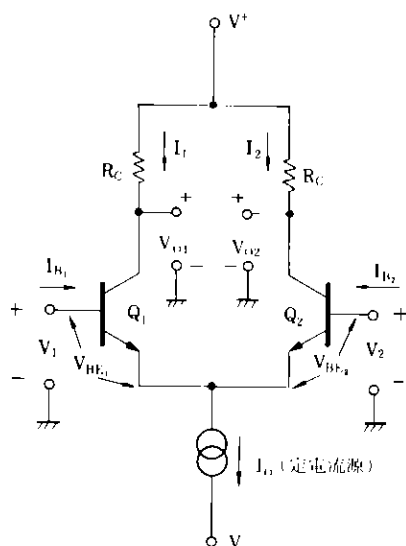


図1 差動増幅器基本回路

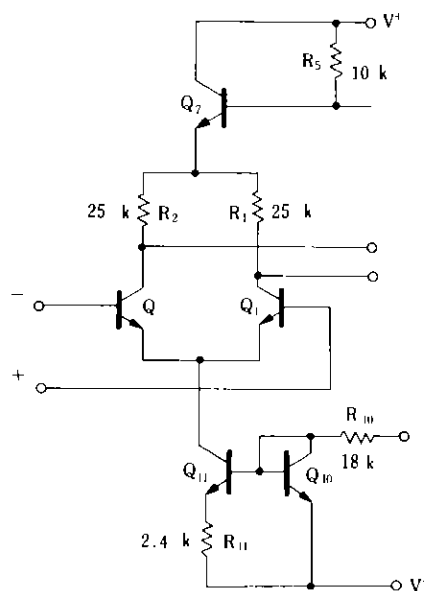


図2 μPC555Dの初段回路

1. 差動増幅回路

オペアンプの特性は初段に使用される差動増幅回路の特性によって決定されるといっても過言ではありません。差動増幅回路は2つの入力信号の差だけを増幅するために考案されたもので、図1のように全く対称的な構成となっています。μPC555D、154D等の初段回路は全く図1と同等の構成となっていますので、等価回路を参照してみてください。

2つの入力電圧 V_1 および V_2 が等しく、各々の抵抗およびトランジスタが全く等価な特性を有しているものと仮定すると、コレクタ電流 I_1 および I_2 は等しく、出力電圧 V_{O1} 、 V_{O2} は同じ値となり、差動回路は全くバランスした状態になります。

$$V_{O1} = V_{O2} \doteq V^+ - \frac{I_0 \cdot R_C}{2} \dots\dots\dots (1)$$

次に V_1 が増大し、 Q_1 の入力電流 I_{B1} が増大すれば、 I_1 もそれに従って増加するため、出力電圧 V_{O1} は低下する方向となります。ところが、 I_1 と I_2 の総和は常に定電流源 I_0 の値に等しいため、必然的に I_2 は減少し、 V_{O2} は増加する方向となるため、 $V_{O1} \doteq V_{O2}$ となってバランスが崩れます。この時差動出力電圧 $V_{O1} - V_{O2}$ が生じ、この電圧は差動入力電圧 $V_1 - V_2$ に比例します。また、 V_2 も V_1 の増加量と等しく増大したとすれば再び回路はバランス状態となり、差動出力電圧は生じません。

このように、差動増幅回路は、入力2端子間の差電圧(差動成分)のみに感応するという非常に面白い性質を有しています。

オペアンプはこの性質をフルに活用した直流増幅器で、これからご紹介する数々の応用回路が可能な万能増幅器であるということが出来ます。

実際には上記のような完全バランス状態は非常に得難く、入力トランジスタの V_{BE} には僅かながら差があり、これを入力オフセット電圧： $V_{IO} = |V_{BE1} - V_{BE2}|$ 、入力電流 I_{B1} 、 I_{B2} のことを入力バイアス電流、またそれ等の差を入力オフセット電流： $I_{IO} = |I_{B1} - I_{B2}|$ と呼び、オペアンプの良さを規定する代表的な特性です。

2. オペアンプの基本動作

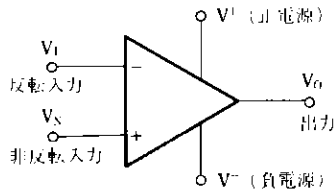


図3 オペアンプの表示

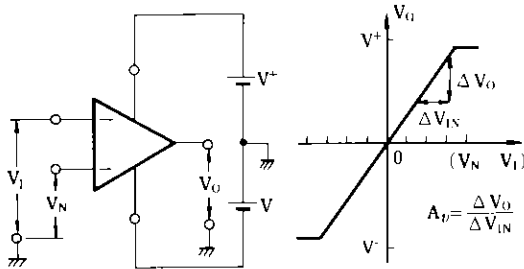
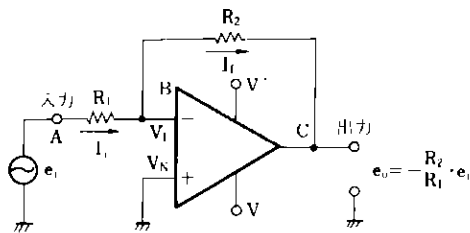


図4 オペアンプの入出力特性



$\left\{ \begin{array}{l} A_v = \infty, I_B, I_{IO}, V_{IO} = 0, \\ \text{出力抵抗} = 0, f \text{ 特無限大} \\ \text{のオペアンプを仮定する。} \end{array} \right.$

図5 反転増幅器

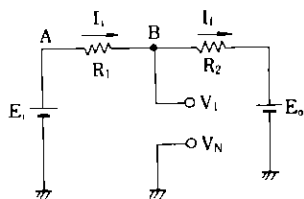


図6 反転増幅器の等価回路

2-1 オペアンプの端子呼称

オペアンプは2つの入力端子を有する正負両電源端子を有する差動増幅器で、図3のように表示されます。マイナス記号のついた端子は反転入力端子(**Inverting input**)と呼ばれ、印加された信号と出力に得られる信号の極性が全く逆(-180度)であることを意味します。一方、プラス記号のついた入力端子は非反転入力端子(**Non-inverting input**)と呼ばれ、印加された入力信号と出力信号の極性が等しいことを意味しています。

2-2 入出力特性

オペアンプの電圧利得(一般に開放状態の利得を意味します)を A_v とすれば、入力2端子間に印加された電圧と出力電圧の関係は、(2)式で示されます。

$$V_0 = A_v(V_N - V_I) \dots\dots\dots (2)$$

図4はその様子を示したもので、 A_v が非常に大きくなれば、入出力の傾斜は大きくなり、 $A_v \rightarrow \infty$ において、 $V^- < V_0 < V^+$ のダイナミックレンジ内では $(V_N - V_I) \rightarrow 0$ Vとなる事が容易に類推できます。

この事はオペアンプを実際に使用する場合、絶対に忘れてはいけない重要な事柄で、以降ご紹介する応用回路はすべてこの性質を利用したものです。

2-3 反転増幅器としての応用

図5は反転増幅器と呼ばれるオペアンプの最も基本的な応用回路です。1項の差動増幅器で触れた V_{IO}, I_B, I_{IO} が零で、利得 $A_v = \infty$ のオペアンプを使用したと仮定すると次のような考え方ができます。

- $A_v = \infty$ なので、 $V_N - V_I = 0$ (2-2項参照)
- オペアンプの入力端子に電流が流れないので、
 $I_i = -I_f$ (B点が電流加算点)
- $I_i = \frac{e_i}{R_1}, I_f = \frac{e_o}{R_2}$

$$\text{以上のことから } e_o = -\frac{R_2}{R_1} \cdot e_i \dots\dots\dots (3)$$

(3)式が示すように、入力電圧 e_i と e_o の極性は全く逆になり、増幅利得は R_1 と R_2 の比で決定されることがわかります。

図6は図5の回路で余分な箇所を省略した、抵抗と電池だけで示した等価回路です。入力信号 e_i は E_i 、出力信号 e_o は E_o という電池に書き換えて理解しやすいように直流で示しました。

まず、キルヒホッフの法則によって、B点に流れ込む電流の総和は零ですから

$$I_1 + I_f = 0 \rightarrow I_f = -I_1 \dots\dots\dots (4)$$

次にB点の電位を求めるために加法の理を用いて、

$$E_o = 0 \text{ と仮定すると、}$$

$$V_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot E_i \dots\dots\dots (5)$$

$$E_i = 0 \text{ と仮定すると、}$$

$$V_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot E_o \dots\dots\dots (6)$$

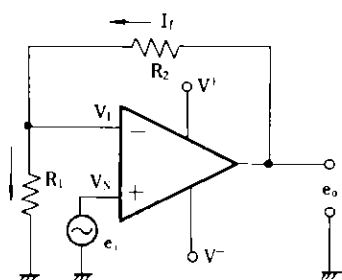


図7 非反転増幅器

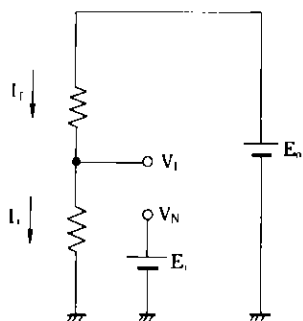


図8 非反転増幅器の等価回路

(5), (6)式より、

$$V_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot E_i + \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot E_o \dots\dots\dots (7)$$

(7)式と、2-2項の(2)式を用いて、

$$V_N = 0 \dots\dots\dots (8)$$

$$E_o = A_v (V_N - V_1) \dots\dots\dots (9)$$

(7), (8), (9)式を E_o について整理すると、

$$E_o \left(\frac{1}{A_v} + \frac{R_1}{R_1 + R_2} \right) = -\frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot E_i \dots\dots\dots (10)$$

(10)式中で $A_v \rightarrow \infty$ とすれば $\frac{1}{A_v} = 0$ ですので、

$$E_o = -\frac{R_2}{R_1} \cdot E_i \dots\dots\dots (11)$$

このように、等価回路によって得た(11)式と特に数式を用いずに導いた(3)式は完全に一致しています。

2-4 非反転増幅器としての応用

非反転増幅器は同相増幅器とも呼ばれ、入力電圧と等しい極性の出力電圧が得られるオペアンプの代表的な応用回路です。

2-3項と同様の仮定を用いると以下の式が成立します。

$$\left\{ \begin{array}{l} V_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot e_o \dots\dots\dots (12) \\ V_N = e_i \dots\dots\dots (13) \\ e_o = A_v (V_N - V_1) \dots\dots\dots (14) \end{array} \right.$$

(12), (13)式を(14)式へ代入すると、

$$e_o = A_v \left(e_i - \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot e_o \right)$$

$$e_o \left(1 + A_v \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2} \right) = A_v \cdot e_i$$

ここで、 $A_v = \infty$ とすれば、

$$e_o = \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) \cdot e_i \dots\dots\dots (15)$$

(15)式は図7の増幅利得が $(1 + \frac{R_2}{R_1})$ で決定され、入出力が同極性であることを示しています。

以上のようにオペアンプの応用回路では、負帰還を施す反転入力端子電圧が、負帰還効果によって非反転入力端子電圧に等しくなるように動作しますが、この状態を「仮想接地」と呼び、どのような帰還回路についてもあてはまる重要な性質です。

3. 負帰還効果の検討

2項で説明した、「仮想接地」の状態は負帰還によって生ずる重要な性質ですが、本項では、それに関連するさまざまな効果について検討を加えました。

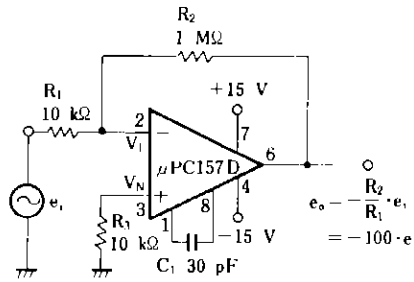


図9 利得100の反転増幅回路

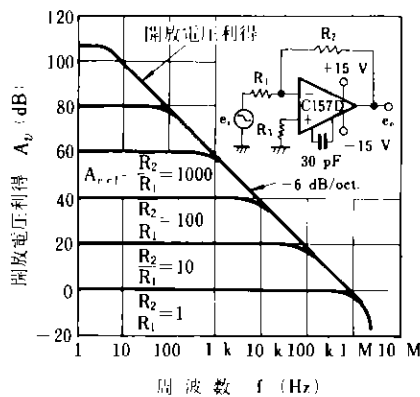


図10 反転増幅回路の電圧利得 周波数特性

$A_v \rightarrow \infty$ ならば(17式の A_{vcl} は $-R_2/R_1$ に等しく、増幅誤差は零ですが、そうでない場合には、 $\frac{1}{A_v \cdot \beta}$ が誤差となって表われてきます。 $A_v \cdot \beta$ は「帰還量」と呼ばれ、これが大きいほど増幅誤差は少なくなります。図10は、 μPC157D を反転増幅回路として使用した場合の利得—周波数特性ですが、直流近辺において $A_v \approx 100 \text{ dB}$ ですから、100倍の増幅器については $\beta \approx -40 \text{ dB}$ となることから、帰還量は約 60 dB であって、増幅精度は約 $1/1000 = 0.1 \%$ 以内となることかわかります。

これに対して、 $\beta = -60 \text{ dB}$ として $A_{vcl} = 60 \text{ dB}$ とした場合には、帰還量は 40 dB に減少し、増幅精度が、 $1/100 = 1 \%$ に低下することがあります。

このことから、高精度増幅を行なう場合にはできるだけ帰還量を大きくし、閉利得を小さくして使用しなければなりません。

以上のことから 60 dB 以上の高利得増幅では μPC154D のような高利得オペアンプを使用するか、増幅段を2つに分割する必要がある、 1 kHz 以上で 40 dB 以上の利得を期待する場合には μPC159D のような、高速、広帯域アンプを使用しなければなりません。

3-1 負帰還量と増幅精度

2項では $A_v = \infty$ として回路の解析を加えてみましたが、ここで $A_v \neq \infty$ の場合、反転増幅回路の利得はどのようになるか検討するため、基本的な数式を再び図9について適用してみます。

$$\begin{cases} V_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot e_i + \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot e_o \\ V_N = 0 \\ e_o = A_v (V_N - V_1) \end{cases}$$

これ等より、反転増幅回路の閉ループ利得を A_{vcl} とすると、

$$\begin{aligned} A_{vcl} = \frac{e_o}{e_i} &= -\frac{R_2}{R_1 + R_2} / \left(\frac{1}{A_v} + \frac{R_1}{R_1 + R_2} \right) \\ &= -\frac{R_2}{R_1} \cdot \frac{1}{1 + \frac{1}{A_v} \left(\frac{R_1 + R_2}{R_1} \right)} \end{aligned} \quad \dots (16)$$

(16)式において、 $\frac{R_1}{R_1 + R_2}$ は出力電圧が入力端子に帰還される割合を表わしているのをこれを「帰還率」と呼び、 β で表わすと、(16)式は、

$$A_{vcl} = \frac{e_o}{e_i} = -\frac{R_2}{R_1} \cdot \frac{1}{1 + \frac{1}{A_v \cdot \beta}} \quad \dots (17)$$

真値 誤差項

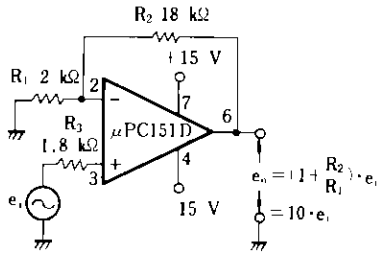


図11 非反転増幅器

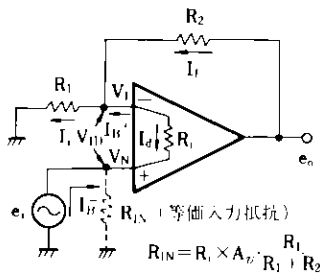


図12 帰還作用による入力抵抗の増大

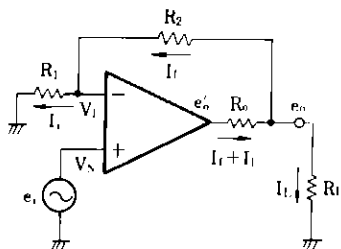


図13 出力抵抗 R_o の減少

3-2 入力抵抗の増大

図11, 12を用いて、負帰還による入力抵抗の増大について説明してみます。

オペアンプの入力2端子間差電圧を V_{ID} として入力抵抗 R_i に流れる差動入力電流を I_D としますと次式が成立します。

$$V_{ID} = V_N - V_P = \frac{1}{A_v} \cdot e_o, \quad e_o \doteq (1 + \frac{R_2}{R_1}) \cdot e_i$$

$$(\frac{R_1}{R_1 + R_2} = \beta \rightarrow \text{帰還率})$$

$$V_{ID} = \frac{1}{A_v \cdot \beta} \cdot e_i \quad \dots \dots \dots (18)$$

$$I_D = \frac{V_{ID}}{R_i} = \frac{e_i}{R_i} \cdot \frac{1}{A_v \cdot \beta} \quad \dots \dots \dots (19)$$

I_D は入力電圧 e_i によって生ずる電流であるので等価的な入力抵抗 R_{IN} は、

$$R_{IN} = \frac{e_i}{I_D} = A_v \cdot \beta \cdot R_i \quad \dots \dots \dots (20)$$

従って、 μPC151D による10倍の非反転増幅器においては、 $A_v = 100 \text{ dB}$, $\beta = -20 \text{ dB}$, $R_i \doteq 1 \text{ M}\Omega$ を用いて、

$$R_{IN} = 80 \text{ dB} \times 1 \text{ M}\Omega = 10^8 \text{ M}\Omega$$

が得られます。

3-3 出力抵抗の減少

負帰還によってアンプの出力抵抗も等価的に減少します。図13でオペアンプの出力抵抗を R_o とし、出力抵抗が零であるとみなした場合の出力電圧を e_o' 、オペアンプの外から内部を見込んだ等価的な出力抵抗を R_o' と仮定してみます。

このとき負荷電流の変動によって生ずる出力電圧の変動量は次式で表わすことができます。

$$\Delta e_o' = \Delta I_L \cdot R_{oe} : (\text{みかけ上の出力変動}) \quad \dots \dots \dots (21)$$

$$\Delta e_o = \Delta I_L \cdot R_o + \Delta e_o' : (\text{実際の変動}) \quad \dots \dots \dots (22)$$

出力変動量 Δe_o が入力に帰還され、その開放電圧利得分が $\Delta e_o'$ ですから、

$$\Delta e_o' = A_v \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot \Delta e_o = A_v \cdot \beta \cdot \Delta e_o \quad \dots \dots \dots (23)$$

(2), (23)式より, $A_v \cdot \beta \cdot \Delta e_o = \Delta e_o + \Delta I_L \cdot R_o$ が得られ,

$$\Delta e_o = \frac{\Delta I_L \cdot R_o}{A_v \cdot \beta - 1} \dots\dots\dots (24)$$

(24), (21)式より, ΔI_L を消去すると,

$$R_{o.e} = \frac{R_o}{A_v \cdot \beta - 1} \doteq \frac{R_o}{A_v \cdot \beta} \dots\dots\dots (25)$$

このように, 出力抵抗 R_o も負帰還量だけ減少し, オペアンプの利得が十分大きければ, 実用上出力抵抗はほとんど零になると考えてさしつかえありません。

本資料に掲載の応用回路および回路定数は, 例示的に示したものであり, 量産設計を対象とするものではありません。

[メモ]

本製品が外国為替および外国貿易管理法の規定により戦略物資等（または役務）に該当する場合には、日本国外に輸出する際に日本国政府の輸出許可が必要です。

○文書による当社の承諾なしに本資料の転載複製を禁じます。
○この製品を使用したことにより、第三者の工業所有権等にかかわる問題が発生した場合、当社製品の構造製法に直接かかわるもの以外につきましては、当社はその責を負いませんのでご了承ください。

NEC 日本電気株式会社

| | |
|-----------------------|---|
| 本社 | 東京都港区芝五丁目33番1号、日本電気株式会社ビル、〒108 東京 03 454 1111 |
| 半導体 第一第二 販売事業部 | 東京都港区芝五丁目29番1号、日本電気ビルビル、〒108 東京 03 456 6111 |
| 関西支社 半導体販売部 | 大阪市北区大崎南一丁目2番6号、新大阪ビル、〒530 大阪 06 348 1461 大阪 06 348 1466 |
| 中部支社 電子デバイス 販売部 | 名古屋市中区栄四丁目15番22号、日本電気ビル、〒460 名古屋 052 262 3611 |

| | | | |
|-------|---|-------|---|
| 北海道支社 | 札幌市中央区南一条西五丁目10番1号、〒060 札幌 011 231 0161 | 沖縄支社 | 那覇市上原一丁目1番1号、〒900 沖縄 0988 66 5611 |
| 東北支社 | 仙台市青葉区中央一丁目1番1号、〒980 仙台 022 261 5511 | 福井支社 | 福井市本町一丁目1番1号、〒910 福井 0425 26 0911 |
| 東京都支社 | 東京都千代田区千代田一丁目1番1号、〒100 東京 0249 23 5511 | 新潟支社 | 新潟市中央区西通一丁目1番1号、〒951 新潟 0542 55 2211 |
| 山梨支社 | 山梨県甲府市本町一丁目1番1号、〒400 山梨 0246 21 5511 | 富山支社 | 富山県富山市本町一丁目1番1号、〒930 富山 0542 55 2211 |
| 石川支社 | 石川県金沢市本町一丁目1番1号、〒920 石川 025 247 6101 | 長野支社 | 長野県長野市本町一丁目1番1号、〒380 長野 0762 23 1621 |
| 新潟支社 | 新潟市中央区西通一丁目1番1号、〒951 新潟 0292 26 1717 | 岐阜支社 | 岐阜市本町一丁目1番1号、〒500 岐阜 0764 31 8461 |
| 富山支社 | 富山県富山市本町一丁目1番1号、〒930 富山 0298 23 6161 | 愛知支社 | 愛知県名古屋市中区栄四丁目15番22号、〒460 名古屋 052 262 3611 |
| 静岡支社 | 静岡市東区本町一丁目1番1号、〒420 静岡 045 324 5511 | 京都支社 | 京都市中京区錦町一丁目1番1号、〒600 京都 075 221 8511 |
| 愛知支社 | 愛知県名古屋市中区栄四丁目15番22号、〒460 名古屋 052 262 3611 | 大阪支社 | 大阪市北区大崎南一丁目2番6号、新大阪ビル、〒530 大阪 06 348 1461 大阪 06 348 1466 |
| 岐阜支社 | 岐阜市本町一丁目1番1号、〒500 岐阜 0273 26 1255 | 福岡支社 | 福岡市中央区天神一丁目1番1号、〒810 福岡 082 247 4111 |
| 長野支社 | 長野県長野市本町一丁目1番1号、〒380 長野 0276 46 4011 | 北九州支社 | 北九州市小倉北区小倉一丁目1番1号、〒816 北九州 0982 247 4111 |
| 愛媛支社 | 愛媛県松山市本町一丁目1番1号、〒790 愛媛 0286 21 2281 | 山口支社 | 山口県山口市本町一丁目1番1号、〒750 山口 082 247 4111 |
| 高松支社 | 高松市本町一丁目1番1号、〒260 高松 0262 35 1444 | 徳島支社 | 徳島市本町一丁目1番1号、〒770 徳島 0878 22 4141 |
| 松山支社 | 松山市本町一丁目1番1号、〒260 松山 0263 35 1666 | 香川支社 | 香川県高松市本町一丁目1番1号、〒760 香川 0878 22 4141 |
| 高松支社 | 高松市本町一丁目1番1号、〒260 高松 0263 35 1666 | 岡山支社 | 岡山県岡山市本町一丁目1番1号、〒730 岡山 092 271 7700 |
| 徳島支社 | 徳島市本町一丁目1番1号、〒770 徳島 0266 53 5350 | 広島支社 | 広島市南区基町一丁目1番1号、〒730 広島 092 271 7700 |
| 高松支社 | 高松市本町一丁目1番1号、〒260 高松 0263 35 1666 | 熊本支社 | 熊本市中央区下通一丁目1番1号、〒960 熊本 093 541 2887 |
| 高松支社 | 高松市本町一丁目1番1号、〒260 高松 0263 35 1666 | 大分支社 | 大分市本町一丁目1番1号、〒870 大分 0972 21 7700 |
| 高松支社 | 高松市本町一丁目1番1号、〒260 高松 0263 35 1666 | 宮崎支社 | 宮崎市本町一丁目1番1号、〒980 宮崎 0982 247 4111 |
| 高松支社 | 高松市本町一丁目1番1号、〒260 高松 0263 35 1666 | 鹿児島支社 | 鹿児島市本町一丁目1番1号、〒980 鹿児島 093 541 2887 |
| 高松支社 | 高松市本町一丁目1番1号、〒260 高松 0263 35 1666 | 那覇支社 | 那覇市上原一丁目1番1号、〒900 沖縄 0988 66 5611 |
| 高松支社 | 高松市本町一丁目1番1号、〒260 高松 0263 35 1666 | | |

(技術お問い合わせ先)

| | | |
|------------------|--------------------------|----------------------|
| 半導体応用技術本部 | 川崎市幸区塚越一丁目484番地、川崎技術センター | 〒210 川崎 044 533 1111 |
| 半導体市場開発本部第一応用技術部 | 東京都港区芝五丁目29番1号、日本電気ビルビル | 〒108 東京 03 456 6111 |
| 半導体市場開発本部第二応用技術部 | 大阪市北区大崎南一丁目2番6号、新大阪ビル | 〒530 大阪 06 348 1477 |