

**NEC**

**アプリケーション・ノート**

# **+ 5 V 動作オペアンプの使い方**

---

資料番号 G13689JJ3V0AN00 (第3版)  
(旧資料番号 IEM-987)  
発行年月 September 1998 N CP(K)

© NEC Corporation 1986

[メ モ]

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。

本資料の内容は、後日変更する場合があります。

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。

本資料に記載された製品の使用もしくは本資料に記載の情報の使用に際して、当社は当社もしくは第三者の知的所有権その他の権利に対する保証または実施権の許諾を行うものではありません。上記使用に起因する第三者所有の権利にかかわる問題が発生した場合、当社はその責を負うものではありませんのでご了承ください。

巻末にアンケート・コーナーを設けております。このドキュメントに対するご意見をお気軽にお寄せください。

## 1. 製品紹介

従来のオペアンプの使用電源電圧は、 $\pm 15\text{V}$ や $\pm 12\text{V}$ と比較的高く、正負の両電源で使用することが標準でした。しかし、現在では、オペアンプはデジタルICとのインタフェースなどに使用される例が増加し、これに伴い、オペアンプの電源電圧も、 $+5\text{V}$ 単一電源で使用するようになってきました。

この技術資料では、単電源用の各オペアンプの特徴を比較検討し、品種選定の解説をするとともに、使用上の注意事項を説明します。

表 1 - 1 +5V動作オペアンプ・ファミリー一覧表

通工用		一般用			回路	特徴
プラスチックDIP	プラスチックSOP	プラスチックDIP	プラスチックSOP	プラスチックSIP		
$\mu\text{PC1251C}$	$\mu\text{PC1251G2}$	$\mu\text{PC358C}$	$\mu\text{PC358G2}$	$\mu\text{PC358HA}$	2	汎用, 単電源
$\mu\text{PC842C}$	$\mu\text{PC842G2}$	$\mu\text{PC4742C}$	$\mu\text{PC4742G2}$	-	2	高速, 単電源
-	-	$\mu\text{PC4572C}$	$\mu\text{PC4572G2}$	$\mu\text{PC4572HA}$	2	超低ノイズ, 低電圧
$\mu\text{PC451C}$	$\mu\text{PC451G2}$	$\mu\text{PC324C}$	$\mu\text{PC324G2}$	-	4	汎用, 単電源
$\mu\text{PC452C}$	$\mu\text{PC452G2}$	$\mu\text{PC3403C}$	$\mu\text{PC3403G2}$	-	4	汎用, 単電源
$\mu\text{PC844C}$	$\mu\text{PC844G2}$	$\mu\text{PC4744C}$	$\mu\text{PC4744G2}$	-	4	高速, 単電源

## 2. +5V動作オペアンプに要求される特性

まず最初に、+5V動作オペアンプに要求される基本特性について説明します。

従来のオペアンプの応用では、正負両電源で使用する応用が多かったために、オペアンプの規格条件も $\pm 15\text{V}$ 両電源によるものが大部分でした。これら正負両電源用オペアンプでも、入力にバイアスを持たせれば単一電源で使用することは可能です(図2-1参照)。ただし、これらの正負両電源用オペアンプでは、

$\pm 15\text{V}$ で設計されているため、電源電圧を下げると諸特性が低下する。

GNDレベルでの入出力ができない(図2-2参照)。

+5Vでの仕様がないので、設計値が保証されない。

などの欠点がありました。 $\mu\text{PC}324, 358, 3403$ などは上記の点を考慮し、単電源+5V用として設計され、非常にポピュラとなったオペアンプですが、スピードが遅いため、AC増幅用としては性能的に不十分でした。

$\mu\text{PC}4742, 4744$ は、GND入出力可能な高速単電源オペアンプであり、随所に $f_r = 300\text{MHz}$ のハイ・スピードPNPトランジスタを使用することにより、スルーレート $7\text{V}/\mu\text{s}$ 、GB積 $3.5\text{MHz}$ の高速性能を実現しています。また高速ながら、容量負荷に対しても安定な構成となっています。

図2-1 正負電源用オペアンプの単一電源使用例

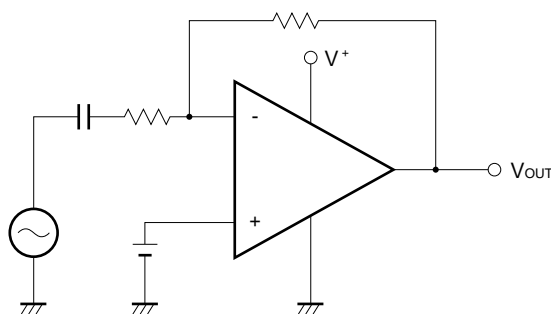
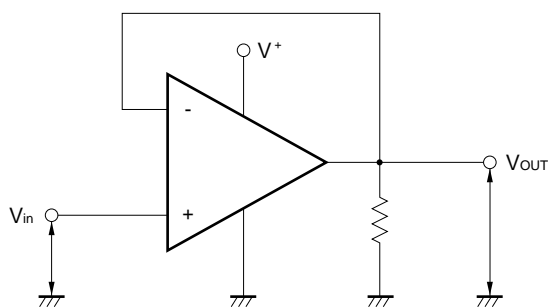


図2-2 GND入力, GND出力



GND入力，GND出力が可能なオペアンプは，入力段を2段のPNPトランジスタで構成する必要があるため，ノイズ特性，オフセット電圧の温度特性などが，犠牲となり使用用途に制約があります。μPC4572は，GND入力，GND出力は不可ですが，+5V動作が可能で音響帯域用超低ノイズ特性を確保した製品です。

μPC4572は，NECが開発した±15V用超低ノイズ，高速，広帯域オペアンプμPC4570をベースとし，

バイアス部をツェナーからバンド・ギャップにし，低電圧でも安定に動作する。

入力段に高 $h_{FE}$ のPNPトランジスタを採用し，入力インピーダンスを上げるとともに，ノイズ特性が向上している。

+5V，±5Vの電源電圧で，μPC4570並の高速，広帯域特性を実現している。

ことを特徴としています。

表2 - 1 に主要特性の比較を示します。

表2 - 1 +5V動作時特性比較

項 目	μPC358, 324	μPC4742, 4744	μPC4572
GND入出力			×
帯域	(0.5 MHz)	(3.5 MHz)	(12 MHz)
スルーレート	(0.3 V/μs)	(7 V/μs)	(4 V/μs)
ノイズ	(32 nV/√Hz)	(35 nV/√Hz)	(4.5 nV/√Hz)
オフセット	(2 mV TYP.)	(1 mV TYP.)	(0.3 mV TYP.)
回路電流 <sup>注</sup>	(0.4 mA)	(1.5 mA)	(2.0 mA)

注 1 Amp.当たり

### 3 . 電気的特性

表 3 - 1 に各オペアンプの電気的特性を示します。

表 3 - 1 電気的特性 (  $T_A = 25$  ,  $V^+ = +5V$ ,  $V^- = GND$  )

項 目	略 号	$\mu$ PC451, 324 $\mu$ PC1251, 358	$\mu$ PC452, 3403	$\mu$ PC842, 4742 $\mu$ PC844, 4744	$\mu$ PC4572	単 位
入力オフセット電圧	$V_{IO}$	$\pm 7$ MAX.	$\pm 7$ MAX.	$\pm 5$ MAX.	$\pm 5$ MAX.	mA
入力バイアス電流	$I_B$	250 MAX.	250 MAX.	500 MAX.	400 MAX.	nA
入力オフセット電流	$I_{IO}$	$\pm 50$ MAX.	$\pm 50$ MAX.	$\pm 75$ MAX.	$\pm 100$ MAX.	nA
同相入力電圧範囲	$V_{ICM}$	$0 \sim V^+ - 1.5$	$0 \sim V^+ - 2.0$	$0 \sim V^+ - 1.8$	$1.5 \sim 3.5$	V
回路電流	$I_{CC}$	2 MAX( $\mu$ PC451, 324 )	7.0 MAX.	4.5 MAX( $\mu$ PC842, 4742 )	6.0 MAX.	mA
		1.2 MAX( $\mu$ PC1251, 358 )		9.0 MAX( $\mu$ PC844, 4744 )		
大振幅電圧利得	$A_V$	25000	20000	25000	8000	
出力電圧範囲	$V_O$	$0 \sim V^+ - 1.5$	$0 \sim V^+ - 1.7$	$0 \sim V^+ - 1.3$	$1.6 \sim 3.2$	V
同相信号除去比	CMR	65 MIN.	70 MIN.注 <sup>1</sup>	70 MIN.	60 MIN.	dB
電源変動除去比	SVR	65 MIN.	150 $\mu$ V/V MAX.	70 MIN.	60 MIN.	dB
チャンネル・セパレーション		120 TYP.	120 TYP.注 <sup>1</sup>	120 TYP.注 <sup>1</sup>	120 TYP.注 <sup>2</sup>	dB
出力電流 ( SOURCE )	$I_{O\ SOURCE}$	20 MIN.	-	10 MIN.	-	mA
出力電流 ( SINK )	$I_{O\ SINK}$	10 MIN.	-	10 MIN.	-	mA
出力短絡電流	$I_{OS}$	-	$\pm 10$ MIN.注 <sup>1</sup>	-	$\pm 15$ MIN.注 <sup>2</sup>	mA
利得帯域幅積	GBW	-	-	3.5 TYP.	12 TYP.	MHz
スルーレート	SR	0.3 TYP.	0.5 TYP.	7 TYP.	4 TYP.	V/ $\mu$ s
入力換算雑音電圧	$V_n$	-	-	-	0.65 MAX. ( FLAT + JIS A回路 )注 <sup>2</sup>	$\mu$ V <sub>r.m.s.</sub>
入力換算電圧性ノイズ	$e_n$	-	-	-	4.5 TYP.	nV/ $\sqrt{Hz}$

注 1 .  $V^{\pm} = \pm 15V$

2 .  $V^{\pm} = \pm 5V$



## 4. 代表特性比較

### 4.1 電源電圧範囲

表4 - 1に、各オペアンプの使用電源電圧範囲を示します。

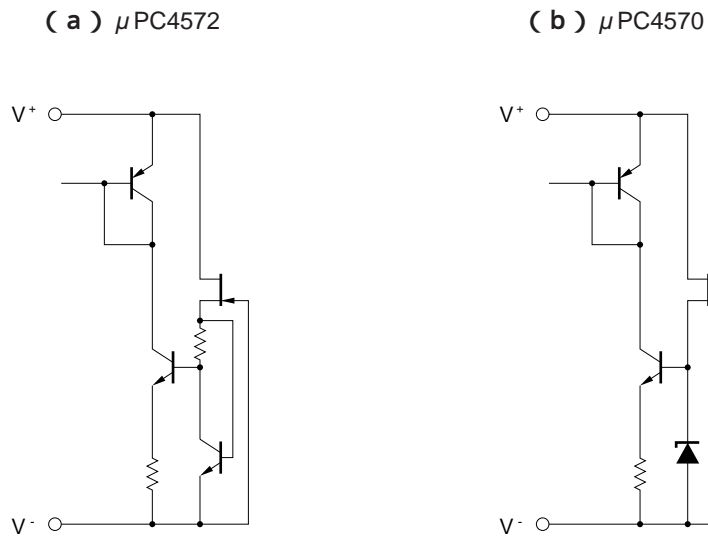
$\mu$ PC4742, 4744は、従来の単電源オペアンプと同じく、3Vから動作します。

$\mu$ PC4572は、従来の $\mu$ PC4570タイプに対し、バイアス部をツェナーからバンド・ギャップに変更し、4Vからの動作を可能にしています（図4 - 1参照）。

表4 - 1 各オペアンプの電源電圧範囲

品名	電源電圧 (V)				
	0	10	20	30	40
	0	$\pm 5$	$\pm 10$	$\pm 15$	$\pm 20$
$\mu$ PC451, 324, 1251, 358	3	←————→			32
$\mu$ PC452, 3403	3	←————→			36
$\mu$ PC842, 4742, 844, 4744	3	←————→			36
$\mu$ PC4572	4	←————→			15

図4 - 1  $\mu$ PC4572, 4570のバイアス回路





### 4.3 出力電圧範囲

各オペアンプの出力電圧範囲は、出力段の回路構成により異なります。

$\mu$ PC4572では、出力段はエミッタフォロワ・プッシュプル回路をとっており、出力電圧範囲は電源電圧より正負側ともに1.5V程度狭くなります（図4-3、4-4参照）。

図4-3  $\mu$ PC4572の出力回路

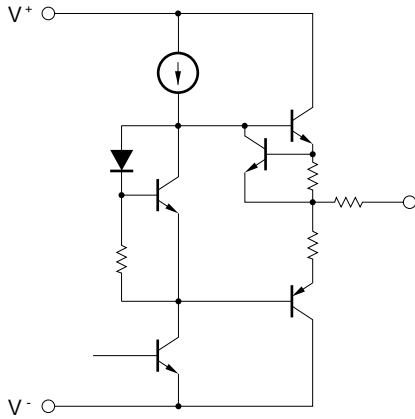
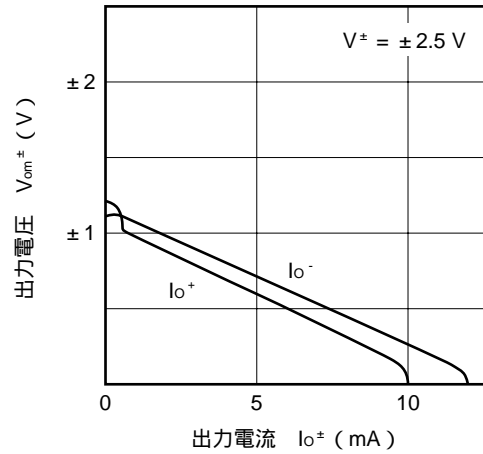


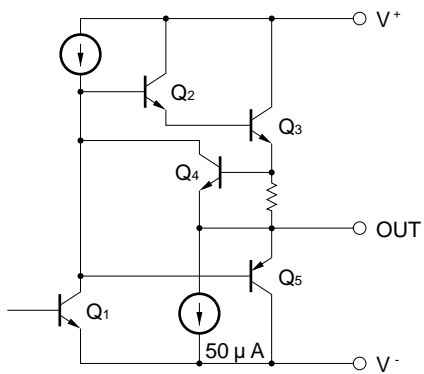
図4-4  $\mu$ PC4572の出力電圧特性



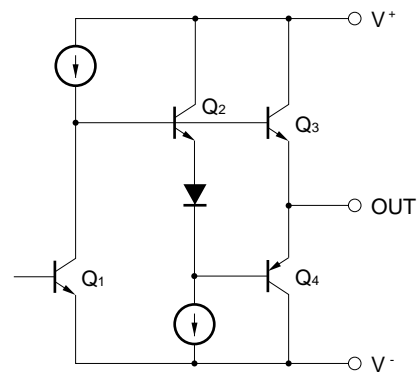
$\mu$ PC324, 358, 4742, 4744タイプでは、単電源動作時のGND出力を可能にするよう出力段の回路構成に工夫がされています。図4-5に各オペアンプの出力回路を示します。

図4-5  $\mu$ PC324, 358, 4742, 4744の出力回路

(a)  $\mu$ PC324, 358



(b)  $\mu$ PC4742, 4744



$\mu$ PC324, 358では出力段はC級プッシュプル回路で、出力電圧 $V_{OL}$ は負荷が出力-GND間に接続されていれば、図4 - 5の50  $\mu$ Aの定電流源によりほぼ0 Vまで下がります。出力吸い込み電流が50  $\mu$ Aを越えると、 $Q_5$ がONすることにより $V_{OL}$ は $V_{BE}$ 電圧約0.7 Vとなり、図4 - 6に示す $V_o - I_o$ 特性を示します。

$\mu$ PC4742, 4744では、出力電圧が0.7 Vまでは $Q_4$ がONしていますが、さらに出力電圧が下がった場合には、負荷が出力-GND間に接続されていれば、 $Q_4$ が完全にOFFとなり、出力段は見かけ上 $Q_3$ のエミッタフォロワとなり、0 Vまで下がります。しかし、 $\mu$ PC324, 358と異なり出力端を直接定電流源で引いていないため、 $V_o - I_o$ 特性は図4 - 7に示す特性になります。ただし、出力を負荷 $R_L$ でGNDに接続すれば、 $V_o$ が0.7 Vとなるまでは、 $V_o = I_o \cdot R_L$ で表すことができます。

図4 - 6  $\mu$ PC324, 358の $V_o - I_o$ 特性

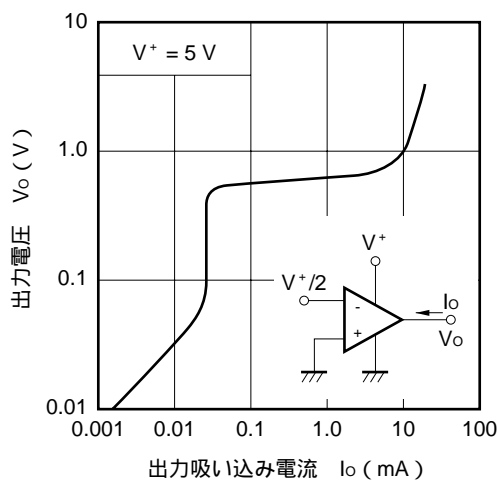
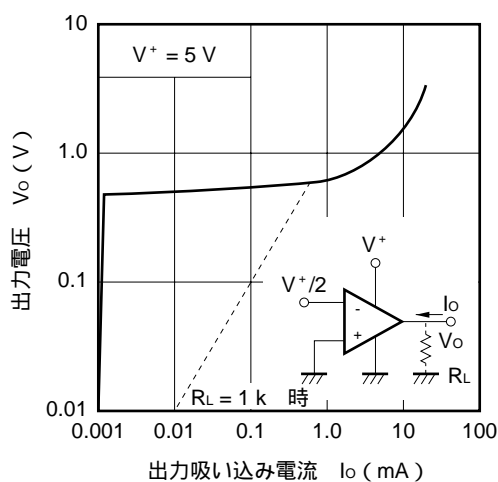


図4 - 7  $\mu$ PC4742, 4744の $V_o - I_o$ 特性



#### 4.4 クロスオーバーひずみ

$\mu$ PC358, 324の出力段はC級プッシュプル構成となっています。このため正負両電源で使用したり、図4 - 8に示すように、コンデンサ・カップリングした場合、出力段PNPトランジスタとNPNトランジスタが交互に切り替わるために、各トランジスタの蓄積時間による遅れによりクロスオーバーひずみが生じます。

クロスオーバーひずみを減少させるには、負荷を軽くし負荷供給電流を数 $10\mu\text{A}$ 以下とするか、プルアップ抵抗あるいはプルダウン抵抗を接続する方法が有効です（図4 - 9参照）。

$\mu$ PC3403, 4742, 4572は出力段の回路構成が異なっているため、クロスオーバーひずみは発生しません。

なお、 $\mu$ PC358, 324でも単電源使用時に負荷抵抗が対GNDに接続されている場合には、クロスオーバーひずみは生じません。

図4 - 8 コンデンサ・カップリング

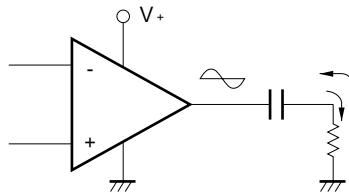
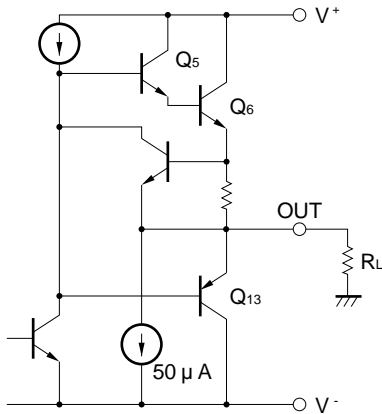
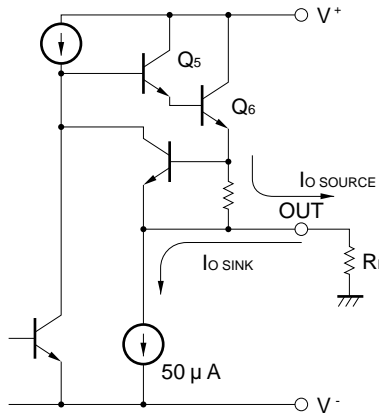


図4 - 9  $\mu$ PC324, 358の出力段動作

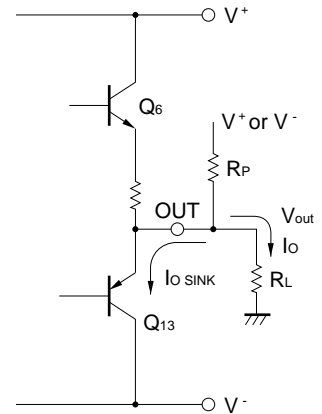
(a) 出力段等価回路  
(正負二電源)



(b)  $I_o < 50\mu\text{A}$ の場合の  
出力回路動作



(c) プルアップ抵抗の効果



#### 4.5 パルス応答特性

$\mu$ PC324, 358では、GND入力可能なように入力段に2段のPNPトランジスタ構成を用いているため、PNPトランジスタの特性からスピードが遅く、AC増幅用としては性能的に不十分でした。

このため、 $\mu$ PC4742, 4744では、 $f_T = 300$  MHzのハイ・スピードPNPトランジスタを使用することにより高性能を高めています。 $\mu$ PC4572は、単一+5V動作でも $\mu$ PC4570と同等の高速性を確保しています。

図4 - 10 ~ 4 - 12に各オペアンプの入出力応答特性を示します。

なお、 $\mu$ PC324, 358では出力が0Vのときに図4 - 13に示すドライブ段回路の $Q_1$ が完全飽和になるため、出力がロウ・レベルからハイ・レベルに反転する場合に、 $Q_1$ の $C_{ob}$ の影響により出力波形の立ち上がりに遅れが生じます。

図4 - 10  $\mu$ PC4572のパルス応答特性

( $V^+ = +5$  V,  $V^- = \text{GND}$ ,  $R_L = 2$  k $\Omega$ ,  $A_v = 1$ )

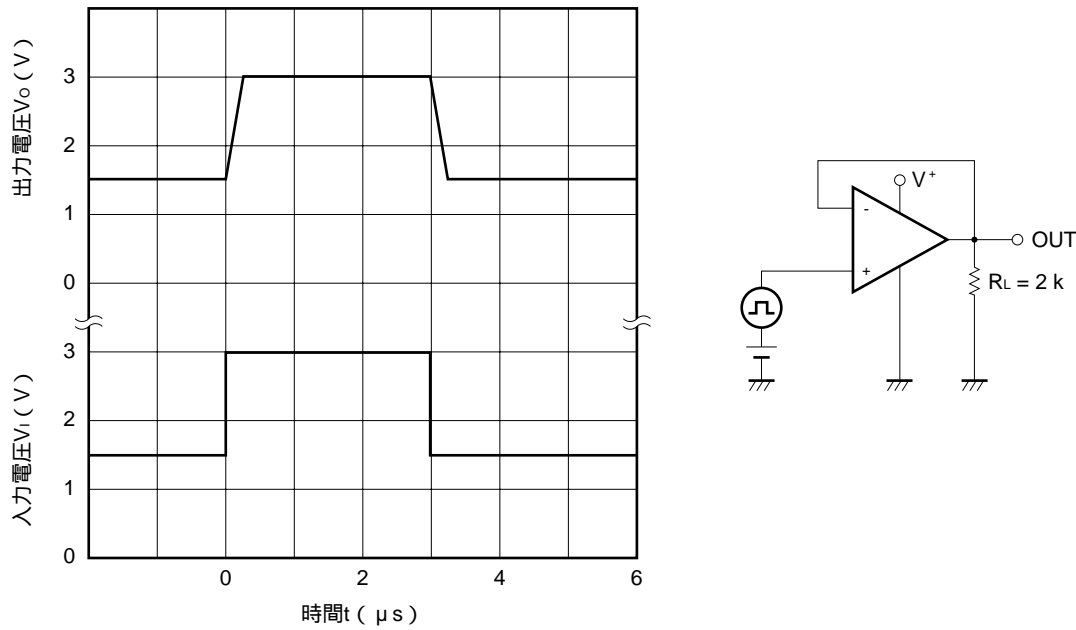


図4 - 11  $\mu$ PC324, 358のパルス応答特性

( $V^+ = +5$  V,  $V^- = \text{GND}$ ,  $R_L = 2$  k $\Omega$ ,  $A_v = 1$ )

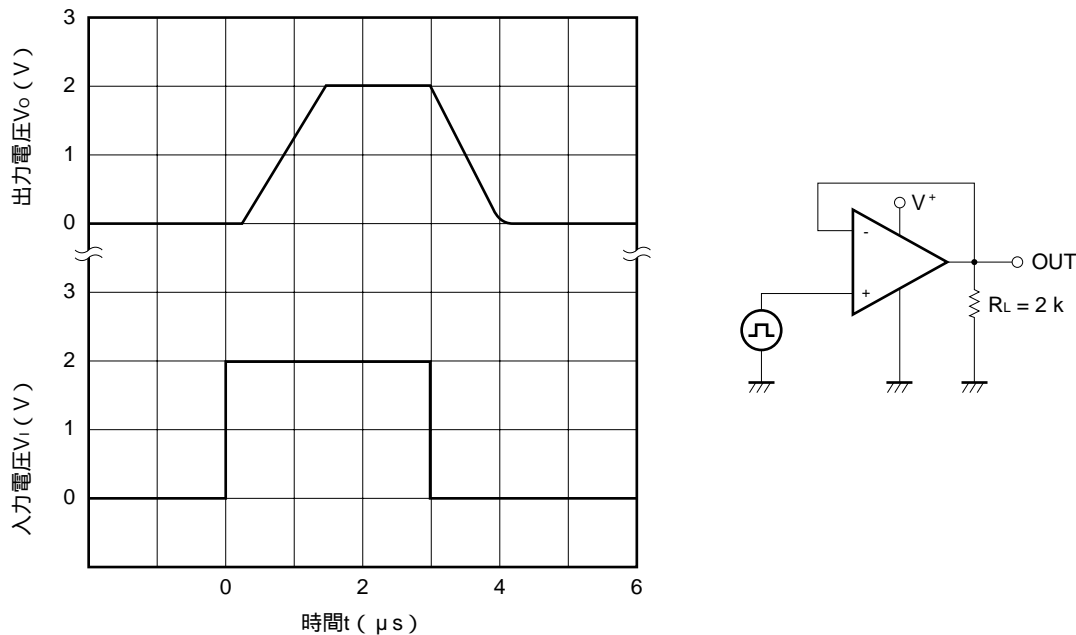


図4 - 12  $\mu$ PC4742, 4744のパルス応答特性  
 ( $V^+ = +5V, V^- = GND, R_L = 2k, A_v = 1$ )

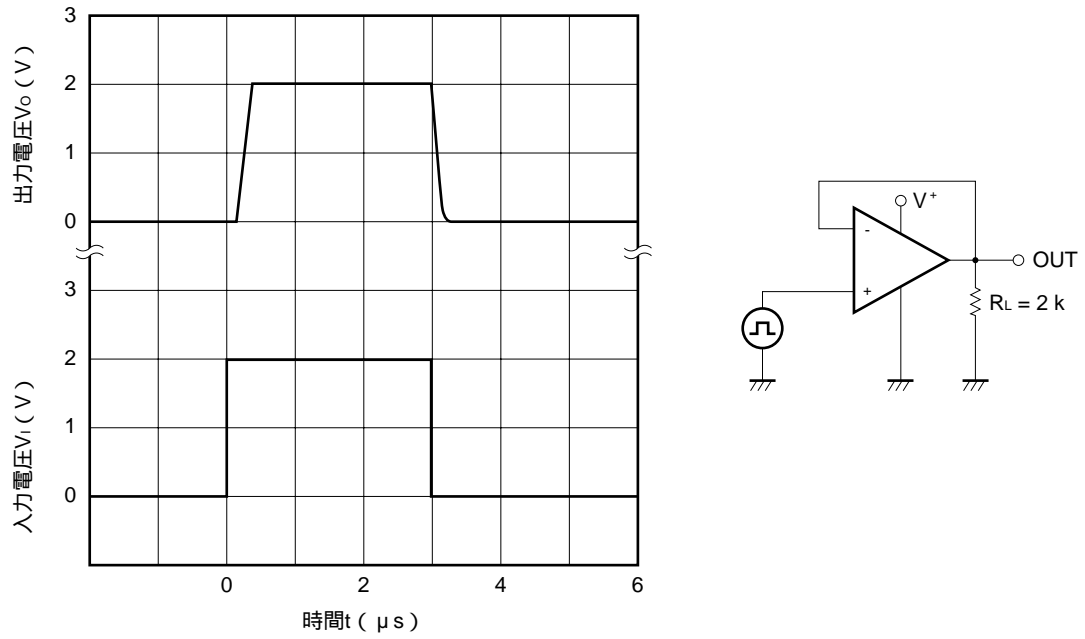
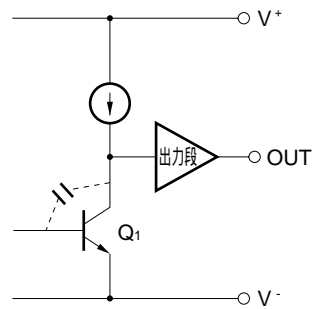


図4 - 13  $\mu$ PC324, 358のドライブ段



## 5. 使用上の注意事項

$\mu$ PC4742, 4744は、耐容量安定性を向上させており、1000 pFまで安定にドライブ可能ですが次の注意が必要です。

耐負荷容量 $C_L = 1000$  pFは、 $A_v = 1$ でなおかつフィードバック対抗 $R_f = 0$ のときの値です。フィードバック抵抗が高くなると、入力容量の影響により発振しやすくなるため、フィードバック抵抗と並列に数10~100 pFのコンデンサを接続する必要があります。

単電源動作をさせた場合、出力が0.7 V以下になるとSINK動作をしなくなります。したがって、大きな容量負荷がついていると0.7 V~0 Vの間で立ち下がり波形がなまります。この対策として、

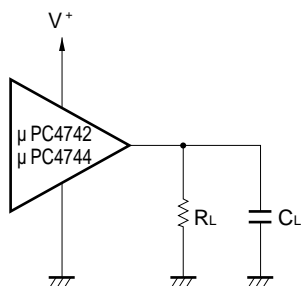
負荷容量に並列に抵抗負荷を接続して容量を放電する（本抵抗は小さいほど効果があります）。

負荷容量に並列に抵抗負荷を接続し、負電圧で抵抗負荷を引っ張り、容量を放電する。

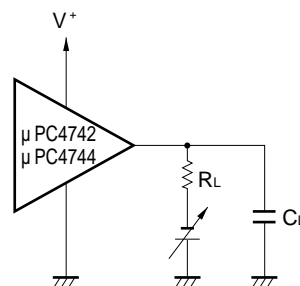
などが効果があります（図5 - 1参照）。

図5 - 1  $\mu$ PC4742, 4744の大容量負荷時の立ち下がり波形なまり対策

(a) 対策1



(b) 対策2



なお、オペアンプ使用上の一般的な注意事項に関しては、インフォメーション資料「オペアンプの用語と特性」(G10147J)に記載してありますのであわせてお読みください。



[メ モ]



## アンケート記入のお願い

お手数ですが、このドキュメントに対するご意見をお寄せください。今後のドキュメント作成の参考にさせていただきます。

[ドキュメント名] +5V動作オペアンプの使い方 アプリケーション・ノート

(G13689JJ3V0AN00 (第3版))

[お名前など] (さしつかえのない範囲で)

御社名(学校名, その他) ( )  
ご住所 ( )  
お電話番号 ( )  
お仕事の内容 ( )  
お名前 ( )

1. ご評価(各欄に をご記入ください)

項 目	大変良い	良 い	普 通	悪 い	大変悪い
全体の構成					
説明内容					
用語解説					
調べやすさ					
デザイン, 字の大きさなど					
その他( )					
( )					

2. わかりやすい所(第 章, 第 章, 第 章, 第 章, その他 )  
理由 [ ]

3. わかりにくい所(第 章, 第 章, 第 章, 第 章, その他 )  
理由 [ ]

4. ご意見, ご要望

5. このドキュメントをお届けしたのは

NEC販売員, 特約店販売員, NEC半導体ソリューション技術本部員,  
その他( )

ご協力ありがとうございました。

下記あてにFAXで送信いただくか, 最寄りの販売員にコピーをお渡ししてください。

NEC半導体テクニカルホットライン

FAX: (044) 548-7900