

RRIOオペアンプのレール付近での注意点

折笠政博

アブストラクト

通常のオペアンプ出力では正、負電源付近に1.5V程度の飽和電圧を持つため、線形出力範囲はその飽和電圧よりも更に内側となります。従いまして、これらのオペアンプを単電源で使用する場合、線形電圧範囲内で動作させるため信号にDC成分を与えるなどの工夫が必要になります。そこで、単電源でも簡単に使用できるように、通常はRRIO（レール・ツー・レール入出力）オペアンプを使用します。レールとは電源電

圧を意味し、電源と電源（単電源の場合は電源とGND）間まで一杯に入出力できることを強調しています。とは言え、厳密には飽和電圧を完全に0にすることはできないため、RRIOであってもレール付近での使用について十分注意する必要があります。本アプリケーション・レポートでは、実アプリケーションでも問題になりそうな条件を選び、実験データも合わせ解説します。

目次

1. 実験回路と方法.....	2
2. レールを超えた入力の実験.....	2
3. 抵抗値を変えた実験.....	3
4. 帰還ループの安定化.....	3
5. 出力を0V以下にする方法.....	3
6. まとめ.....	3

この資料は日本テキサス・インスツルメンツ(日本TI)が、お客様がTIおよび日本TI製品を理解するための一助としてお役に立てるよう、作成しております。製品に関する情報は随時更新されますので最新版の情報を取得するようお勧めします。TIおよび日本TIは、更新以前の情報に基づいて発生した問題や障害等につきましては如何なる責任も負いません。また、TI及び日本TIは本ドキュメントに記載された情報により発生した問題や障害等につきましては如何なる責任も負いません。

1. 実験回路と方法

実験に使用した回路は、図1に示した一般的な非反転回路です。また、入力信号はファンクションジェネレータを用いたステップ信号ですが、図2の様に500 μ sec間は負電源付近の電圧を入力し、その後は直ぐに500mV程度のリニア領域の電圧を加えます。サイン波などの波形ではレール付近は瞬間に通過するため、よりレール付近での挙動を観測するためにこのような条件を選びました。

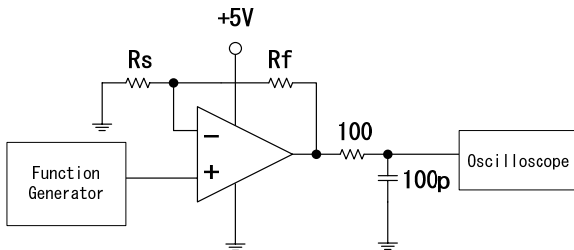


図1. 一般的な非反転増幅回路

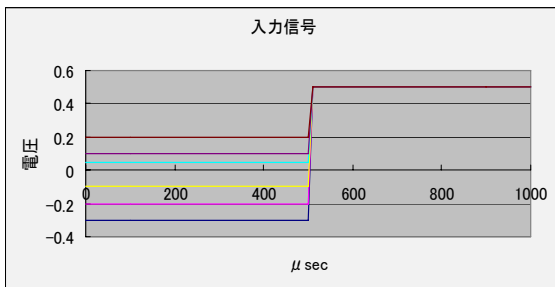


図2. ファンクションジェネレータからの入力信号

2. レールを超えた入力の実験

図1の回路にRS=22K Ω , RF=10K Ω の抵抗を用いたため、ゲインは約1.5です。また使用するOPA343は単電源動作の場合、入力信号は-300mVまで入力可能であるため、-250mVから+250mVまでの入力信号を、図2のようなタイミングで作ります。

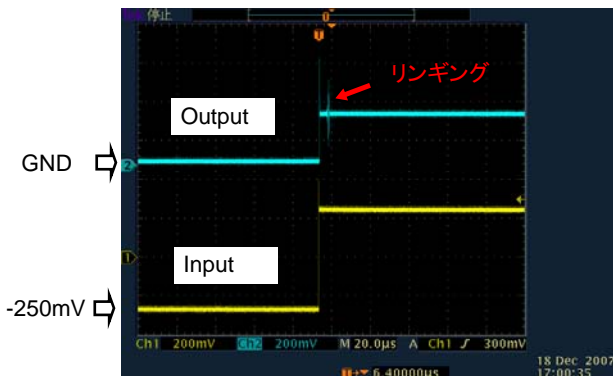


図3. -250mV \rightarrow 250mV入力

図3の結果では、入力が-250mVから+250mVに急激に変化した後、ほんの僅か時間が経った後に、リングングが発生しています。この現象のメカニズムは次のように考えられます。図4の様に、アンプ出力は負電源が供給されていないため、0V以上の出力電圧しか得ることができません。その為、入力の端子間はバーチャル/イマジナリーショートと呼ばれる仮想短絡が成立せずオーバードライブ状態が保持されます。これは、本来オペアンプにフィードバックがかかり安定動作している状態ではなく、IC内部のバイアスなどが偏った状態になり、IC内部のコンデンサーへの充電やトランジスタの電荷蓄積がある一定方向に偏るため、フィードバックがかかる状態になっても放電時間などの時定数の影響で、回復するまでの時間が必要になります。その状態で今回の様な急峻に変化させた信号を入力したため、出力にリングングが発生しています。

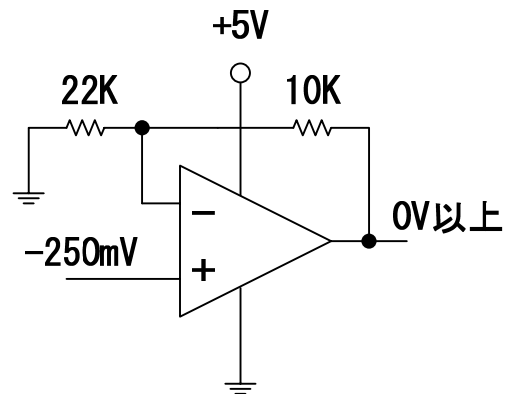


図4. 仮想短絡が成立しない

上記のメカニズムは、-250mVなど負電圧を入力する場合の話ではありません。レール内の入力電圧であってもオペアンプの出力が飽和し、入力端子で仮想短絡が成立しない場合は同様な問題が起こります。これはデータシートに記載されている出力電圧範囲で確認することができます。ただし負荷条件によって値が変わるため注意する必要があります。図5はOPA343のデータシートの一部ですが、負荷抵抗が大きいほど飽和電圧が小さくレール付近まで出力されることが読み取れます。

$R_L = 100k\Omega, A_{OL} \geq 100dB$	1	5	mV
$R_L = 100k\Omega, A_{OL} \geq 100dB$	5	5	mV
$R_L = 10k\Omega, A_{OL} \geq 100dB$	10	50	mV
$R_L = 10k\Omega, A_{OL} \geq 100dB$	50	50	mV
$R_L = 2k\Omega, A_{OL} \geq 92dB$	40	200	mV
$R_L = 2k\Omega, A_{OL} \geq 92dB$	200	200	mV
	± 50		mA
See Typical Curve			

図5. OPA343の出力電圧範囲

3. 抵抗値を変えた実験

それでは図5に合わせてRS=22KΩ, RF=10KΩの抵抗を一桁大きなRS=220KΩ, RF=100KΩに変え, 入力電圧も+210mVから410mVまでのステップ信号を加えてみました. しかしながら, 図6の結果をみると出力に大きなリングングが見られます. このリングングは図3のリングングとは発生のメカニズムが違います. そのメカニズムを次に確認します.

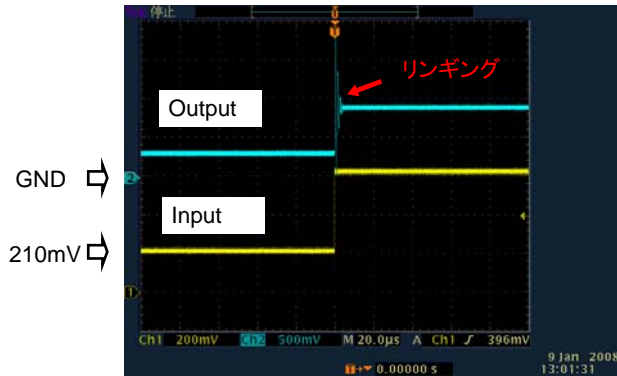


図6. 210mV → 410mV入力

4. 帰還ループの安定化

図6の結果は, 図1の回路図の抵抗を一桁大きなRS=220KΩ, RF=100KΩに変えたものですが, 帰還抵抗RFのインピーダンスが大きくなると入力容量 (浮遊容量も含む) との関係でポールができるため系が不安定になります. これはオペアンプ全てに共通でレール・ツー・レールに限ったことではありません. この系を安定させる方法は, 図7の様に帰還抵抗RFに並列にコンデンサーを追加してゼロを作り, 入力容量によってできたポールを打ち消します.

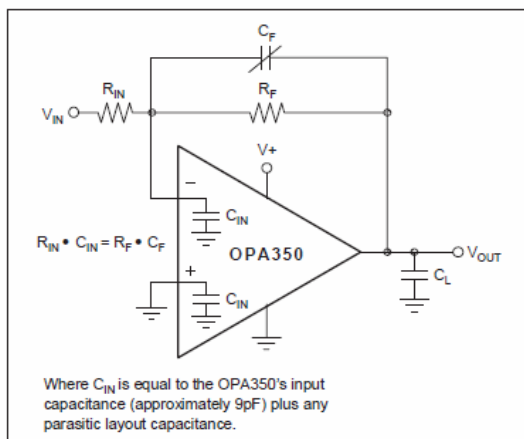


図7. 帰還ループ安定化の方法

この補償用コンデンサーの値は, 図7中に記述がある次の式によって求めます. ($R_{in} \cdot C_{in} = R_f \cdot C_f$)

実験では少し小さめの12pFを追加し, 帰還ループが安定するか実験してみました.

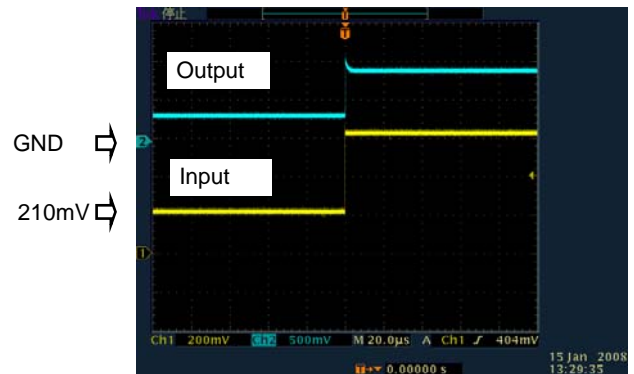


図8. 210mV → 410mV入力 (12pF追加)

図8の結果では, 図6で見られたリングングが無くなっていることが確認できます.

5. 出力を0V以下にする方法

繰り返しのようになりますが, レール・ツー・レールであっても, 完全に0Vを出力することや負電圧を出力することはできません.

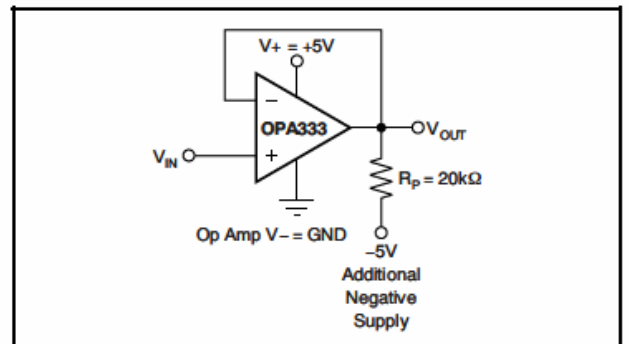


図9. 出力電圧を0V以下にする方法

そこで図9の様に, 出力ノードを高抵抗を介して負電源にプルダウンする方法があります. ただし, この方法はアンプの最終段の回路構成によって多少異なるため, データシートなどで確認しておくことをお勧めします.

6. まとめ

以上のことから, RRIOオペアンプをレール付近で問題無く使用するためのポイントを整理します.

- ① オーバードライブが長時間起こるような入力を避ける.
- ② 負荷は飽和電圧が少なくなるような大きな値を使用する.
- ③ 入力容量などで帰還ループが不安定にならないように, 補償回路 (コンデンサー) を追加して帰還ループを安定にする.

レール・ツー・レールは単電源で使用できる便利なオペアンプですが, もし問題が起きた場合は, 完全にレールまで信号は出ないという点を思い出してみてください.

ご注意

日本テキサス・インスツルメンツ株式会社(以下TIJといひます)及びTexas Instruments Incorporated(TIJの親会社、以下TIJないしTexas Instruments Incorporatedを総称してTIといひます)は、その製品及びサービスを任意に修正し、改善、改良、その他の変更をし、もしくは製品の製造中止またはサービスの提供を中止する権利を留保します。従いまして、お客様は、発注される前に、関連する最新の情報を取得して頂き、その情報が現在有効かつ完全なものであるかどうかをご確認下さい。全ての製品は、お客様とTIJとの間に取引契約が締結されている場合は、当該契約条件に基づき、また当該取引契約が締結されていない場合は、ご注文の受諾の際に提示されるTIJの標準販売契約約款に従って販売されます。

TIJは、そのハードウェア製品が、TIの標準保証条件に従い販売時の仕様に対応した性能を有していること、またはお客様とTIJとの間で合意された保証条件に従い合意された仕様に対応した性能を有していることを保証します。検査およびその他の品質管理技法は、TIが当該保証を支援するのに必要とみなす範囲で行なわれております。各デバイスの全てのパラメーターに関する固有の検査は、政府がそれ等の実行を義務づけている場合を除き、必ずしも行なわれておりません。

TIJは、製品のアプリケーションに関する支援もしくはお客様の製品の設計について責任を負うことはありません。TI製部品を使用しているお客様の製品及びそのアプリケーションについての責任はお客様にあります。TI製部品を使用したお客様の製品及びアプリケーションについて想定される危険を最小のものとするため、適切な設計上および操作上の安全対策は、必ずお客様にてお取り下さい。

TIJは、TIの製品もしくはサービスが使用されている組み合わせ、機械装置、もしくは方法に関連しているTIの特許権、著作権、回路配置利用権、その他のTIの知的財産権に基づいて何らかのライセンスを許諾するということは明示的にも黙示的にも保証も表明もしていません。TIが第三者の製品もしくはサービスについて情報を提供することは、TIが当該製品もしくはサービスを使用することについてライセンスを与えるとか、保証もしくは承認をすることを意味しません。そのような情報を使用するには第三者の特許その他の知的財産権に基づき当該第三者からライセンスを得なければならない場合もあり、またTIの特許その他の知的財産権に基づきTIからライセンスを得て頂かなければならない場合もあります。

TIのデータ・ブックもしくはデータ・シートの中にある情報を複製することは、その情報に一切の変更を加えること無く、かつその情報と結び付けられた全ての保証、条件、制限及び通知と共に複製がなされる限りにおいて許されるものとします。当該情報に変更を加えて複製することは不正で誤認を生じさせる行為です。TIは、そのような変更された情報や複製については何の義務も責任も負いません。

TIの製品もしくはサービスについてTIJにより示された数値、特性、条件その他のパラメーターと異なる、あるいは、それを超えてなされた説明で当該TI製品もしくはサービスを再販売することは、当該TI製品もしくはサービスに対する全ての明示的保証、及び何らかの黙示的保証を無効にし、かつ不正で誤認を生じさせる行為です。TIJは、そのような説明については何の義務も責任もありません。

TIJは、TIの製品が、安全でないことが致命的となる用途ないしアプリケーション(例えば、生命維持装置のように、TI製品に不良があった場合に、その不良により相当な確率で死傷等の重篤な事故が発生するようなもの)に使用されることを認めておりません。但し、お客様とTIの双方の権限有る役員が書面でそのような使用について明確に合意した場合は除きます。たとえTIJがアプリケーションに関連した情報やサポートを提供したとしても、お客様は、そのようなアプリケーションの安全面及び規制面から見た諸問題を解決するために必要とされる専門的知識及び技術を持ち、かつ、お客様の製品について、またTI製品をそのような安全でないことが致命的となる用途に使用することについて、お客様が全ての法的責任、規制を遵守する責任、及び安全に関する要求事項を満足させる責任を負っていることを認め、かつそのことに同意します。さらに、もし万一、TIの製品がそのような安全でないことが致命的となる用途に使用されたことによって損害が発生し、TIないしその代表者がその損害を賠償した場合は、お客様がTIないしその代表者にその全額の補償をするものとします。

TI製品は、軍事的用途もしくは宇宙航空アプリケーションないし軍事的環境、航空宇宙環境にて使用されるようには設計もされていませんし、使用されることを意図されていません。但し、当該TI製品が、軍需対応グレード品、若しくは「強化プラスチック」製品としてTIが特別に指定した製品である場合は除きます。TIが軍需対応グレード品として指定した製品のみが軍需品の仕様書に合致いたします。お客様は、TIが軍需対応グレード品として指定していない製品を、軍事的用途もしくは軍事的環境下で使用することは、もっぱらお客様の危険負担においてなされるということ、及び、お客様がもっぱら責任をもって、そのような使用に関して必要とされる全ての法的要求事項及び規制上の要求事項を満足させなければならないことを認め、かつ同意します。

TI製品は、自動車用アプリケーションないし自動車の環境において使用されるようには設計されていませんし、また使用されることを意図されていません。但し、TIがISO/TS 16949の要求事項を満たしていると特別に指定したTI製品は除きます。お客様は、お客様が当該TI指定品以外のTI製品を自動車用アプリケーションに使用しても、TIは当該要求事項を満たしていなかったことについて、いかなる責任も負わないことを認め、かつ同意します。

Copyright © 2009, Texas Instruments Incorporated
日本語版 日本テキサス・インスツルメンツ株式会社

弊社半導体製品の取り扱い・保管について

半導体製品は、取り扱い、保管・輸送環境、基板実装条件によっては、お客様での実装前後に破壊/劣化、または故障を起こすことがあります。

弊社半導体製品のお取り扱い、ご使用にあたっては下記の点を遵守して下さい。

1. 静電気

素手で半導体製品単体を触らないこと。どうしても触る必要がある場合は、リストストラップ等で人体からアースをとり、導電性手袋等をして取り扱うこと。

弊社出荷梱包単位(外装から取り出された内装及び個装)又は製品単品で取り扱いを行う場合は、接地された導電性のテーブル上で(導電性マットにアースをとったもの等)、アースをした作業者が行うこと。また、コンテナ等も、導電性のものを使用すること。

マウンタやはんだ付け設備等、半導体の実装に関わる全ての装置類は、静電気の帯電を防止する措置を施すこと。前記のリストストラップ・導電性手袋・テーブル表面及び実装装置類の接地等の静電気帯電防止措置は、常に管理されその機能が確認されていること。

2. 温・湿度環境

温度: 0~40、相対湿度: 40~85%で保管・輸送及び取り扱いを行うこと。(但し、結露しないこと。)

直射日光があたる状態で保管・輸送しないこと。

3. 防湿梱包

防湿梱包品は、開封後は個別推奨保管環境及び期間に従い基板実装すること。

4. 機械的衝撃

梱包品(外装、内装、個装)及び製品単品を落下させたり、衝撃を与えないこと。

5. 熱衝撃

はんだ付け時は、最低限260以上の高温状態に、10秒以上さらさないこと。(個別推奨条件がある時はそれに従うこと。)

6. 汚染

はんだ付け性を損なう、又はアルミ配線腐食の原因となるような汚染物質(硫黄、塩素等ハロゲン)のある環境で保管・輸送しないこと。はんだ付け後は十分にフラックスの洗浄を行うこと。(不純物含有率が一定以下に保証された無洗浄タイプのフラックスは除く。)

以上