

高精度絶対値回路

David Jones, and Mark Stitt

2つのオペアンプと2つの高精度抵抗を使用して、高精度絶対値回路を構築することが可能です。オペアンプとIC差動アンプを使用すれば、ユーザー側で高精度抵抗を用意したり、抵抗値を補正したりする必要はありません。このアプリケーション・ノートで紹介する回路は、高精度2電源動作ないしは単電源での適しています。単電源回路をレール・トゥ・レール・オペアンプとともに使用すると、その回路が単電源+5Vで動作している場合に、入力±5Vから0~5V近くの全波整流出力を得ることが可能になります。

図1の回路は、高い入力インピーダンスが必要な場合に使用されることの多い2電源回路です。この回路がどのように動作するかを理解するために、入力信号が正の場合にD₁が逆バイアス状態になり、その結果図2のA₁の部分回路がアクティブになることに注目してください。A₁では、順バイアス状態のダイオードD₂を介してA₂の非反転入力を駆動します。A₂の出力は、抵抗R₁とR₂を介してA₁とA₂の反転入力への帰還となります。抵抗R₁またはR₂には電流が流れないため、この状態ではV_{OUT}が正確にV_{IN}と等しくなります。

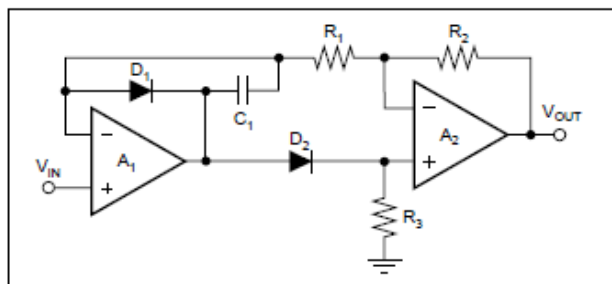


図1. 高精度絶対値アンプは高い入力インピーダンスを持ち、2つのマッチングした抵抗のみを必要とします。

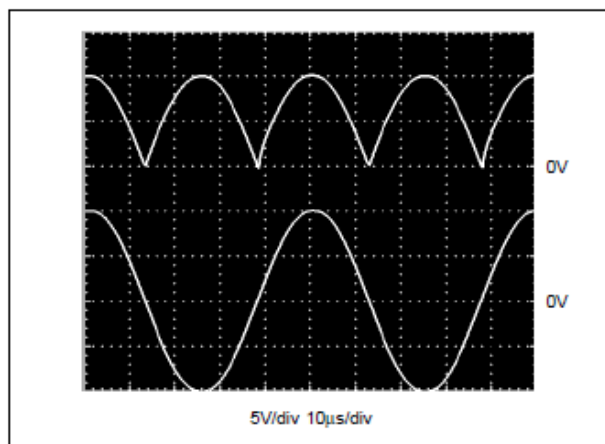


図1.1. 図1の回路では、20kHz時に正弦波入力±10Vで良好なパフォーマンスを示しています。整流出力波形の前縁のわずかな歪みは、順バイアス状態のダイオードD₁から順バイアス状態のダイオードD₂へ遷移する時に、A₁のスルーにより発生したものです。この例では、電源±15Vで動作する高速FET入力型デュアル・オペアンプOPA2132を使用しています。

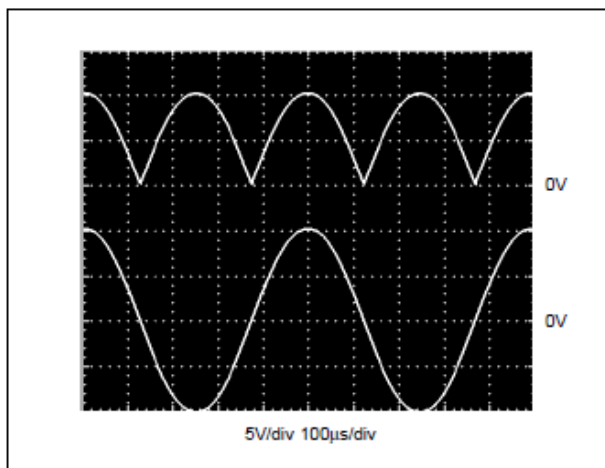


図1.2. 入力帯域幅を2kHzに下げると、図1の回路の出力波形に歪みは見られません。その他の条件と部品は図1.1と同じです。

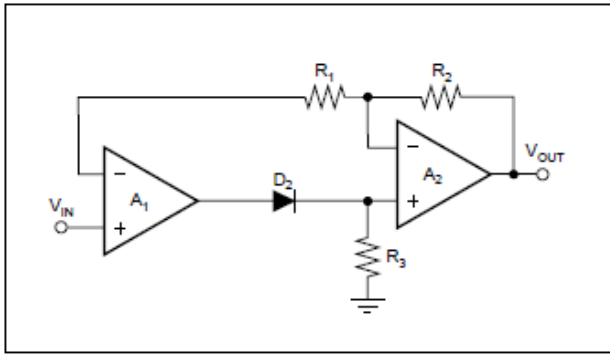


図2. 図1の回路の入力電圧が正の場合は、この部分回路がアクティブになります。回路は高精度ユニティ・ゲイン電圧フォロウとして動作します。順バイアス状態のダイオードD₂や抵抗による誤差は発生しません。

図1の絶対値アンプへの入力電圧が負の値になると、D₂が逆バイアス状態になり、その結果図3の部分回路がアクティブになります。A₁では順バイアス状態のダイオードD₁を介してR₁を駆動し、V_{IN}に等しい電圧にします。A₂、R₁、R₂により、シンプルなユニティ・ゲイン反転アンプが形成されています。R₁とR₂のマッチングを注意深く行って、入力信号が正の場合のゲイン+1V/Vと一致する正確なゲイン= -1V/Vが得られるようにします。補償コンデンサC₁を使用すると、A₂が帰還ループ内にある状態での回路の安定性が保たれます。十分な安定性と最高の速度を得るために、C₁・R₁の極がA₂のユニティ・ゲイン帯域幅の約1/4に等しくなるように設定します。

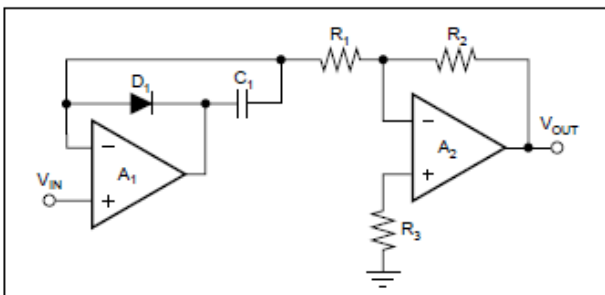


図3. 図1の回路へ負の入力電圧を印加した結果が、この部分回路です。回路はシンプルな反転アンプとして動作します。正確な-1V/Vのゲインを得るには、抵抗R₁とR₂をマッチングする必要があります。

A₂、R₁、R₂の代わりにモノリシック差動アンプを使用すれば、高価なマッチング済み抵抗を用意したり、抵抗のトリミングを行ったりする必要はありません。差動アンプを使用した回路を図4に示します。

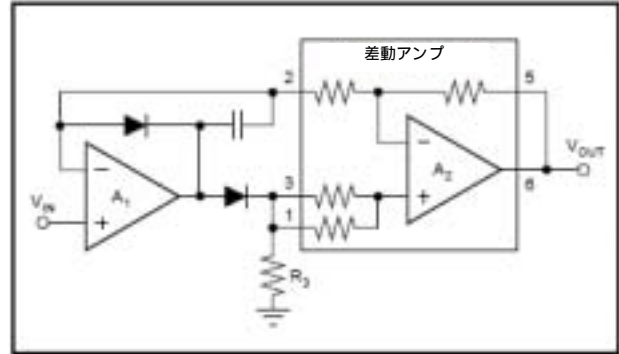


図4. 図1の回路を高精度差動アンプICで構築すれば、高精度抵抗や、抵抗のトリミングが不要になります。

単電源用アプリケーションには、図5の回路の方が適しているかもしれませんが、前出の回路は、信号パス内の直列ダイオードを使用して動作しています。ダイオードに起因するあらゆる誤差は帰還により除去されますが、ダイオードの電圧降下により、回路で達成可能なダイナミック・レンジが小さくなります。図5の回路ではダイオードが信号パス内に存在していないため、ダイオードが原因でダイナミック・レンジが小さくなることはありません。実際に、図5の回路ではオペアンプの限界値内で最大の信号電圧範囲を提供することが可能です。反転アンプの入力は電源レールより低い電圧でも動作可能なため、回路では実際に負の入力電圧を供給することも可能です。

図5の回路の動作も、前出の回路と同様です。正の入力の場合はダイオードが逆バイアス状態になり、回路には何の影響も生じません。A₂、R₁、R₂、R₃は前述のように高精度電圧フォロウとして動作しますが、A₂を駆動するのが順バイアス状態のダイオードではなく、抵抗R₃であるという点が異なります。この回路が正しく動作するには、絶対値回路の全体的な動作範囲内でのA₁の入力が高インピーダンスである必要があります。そしてもちろん、オペアンプの出力が、入力と出力の負の電源レールまで、位相反転なしでスイングできる必要があります。多くのCMOS、JFETでは以上の条件を満たしており、またバイポーラ入力オペアンプでもタイプによっては満たしています。このアプリケーション末尾に掲載した、推奨されるオペアンプの表を参照してください。

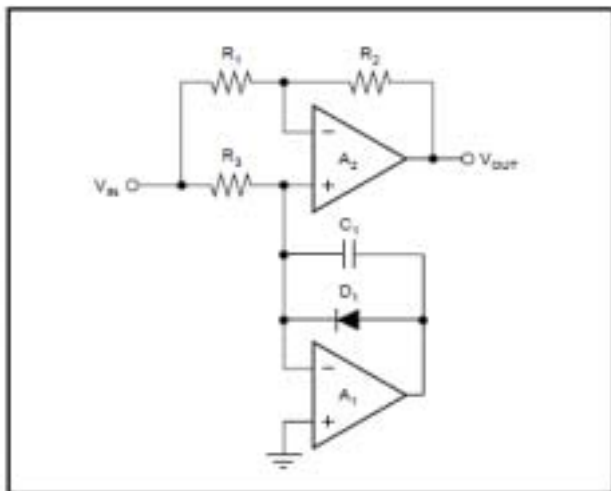


図5 この高精度絶対値回路は、単電源回路に向いています。

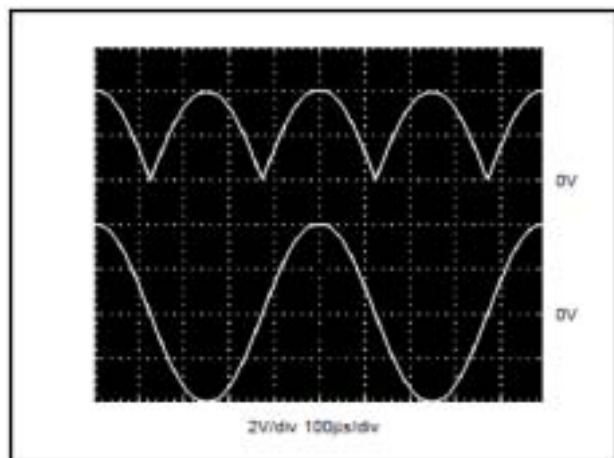


図5.1. 図5の回路では、2kHz時に正弦波入力 $\pm 4V$ で優れた性能を示しています。この例では、単電源+5Vで動作するCMOS型オペアンプ製品OPA2340を使用しています。回路の入力範囲が電源レールよりも低い4Vであることに注意してください。

図5の絶対値アンプへの入力電圧が負になると、ダイオードは順バイアス状態になり、 A_2 の非反転入力を仮想グラウンドに保持します。前述の例同様に、 A_2 、 R_1 、 R_2 によりシンプルなユニティ・ゲイン反転アンプが形成されます。

また、これも前述の例同様に、モノリシック差動アンプを A_2 、 R_1 、 R_2 の代わりに使用すれば、高価なマッチング抵抗や可変抵抗を購入する必要はありません。差動アンプを使用する回路を図6に示します。

さまざまなオペアンプと差動アンプを使用して、アプリケーションに応じた絶対値アンプを生成することが可能です。表Iに、選択されたアプリケーション用に推奨されるアンプを記載します。

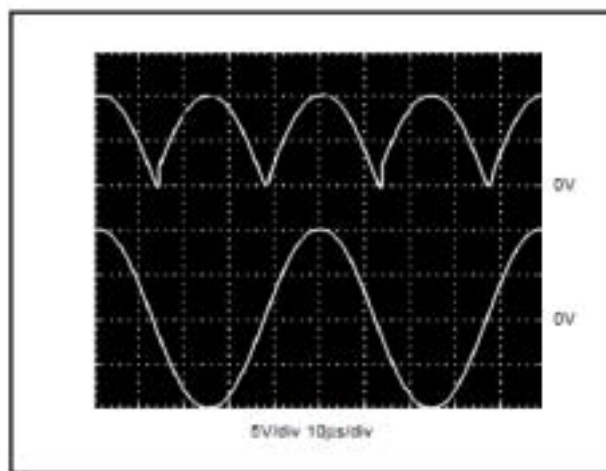


図6.1. 図5と図6の回路でも、スプリット電源を使用すれば、図1の回路での順バイアス状態ダイオードの電圧低下がなくなり、ダイナミック・レンジが向上するというメリットが得られます。ただし、 A_2 の電圧が負の電源レールに対する飽和から回復してからでないと、回路では負の入力信号を正確に処理できません。この例では、20kHz時に入力 $\pm 10V$ で、電源 $\pm 15V$ を使用して、高速オペアンプOPA134およびオーディオ差動アンプINA134を動作させています。

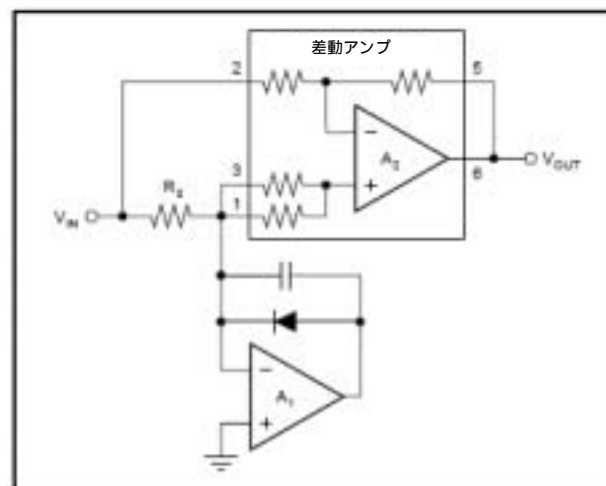


図6. 高精度差動アンプICを使用して図5の回路を構築すれば、高精度抵抗や抵抗の調整が不要になります。

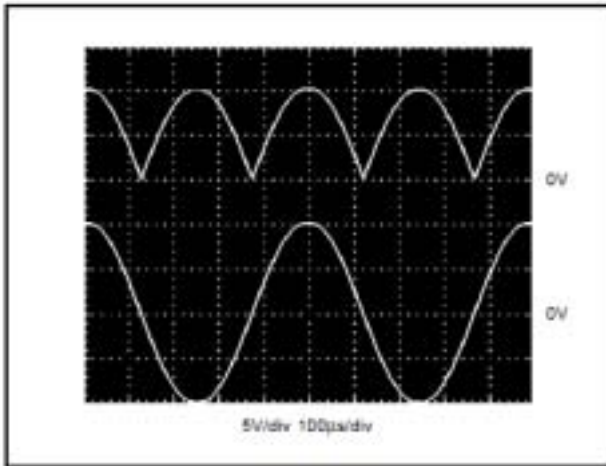


図6.2. 入力帯域幅を2kHzに下げると、図6の回路に歪みは見られません。その他の条件は図6.1と同じです。

A ₁	A ₂	R ₁ , R ₂ (Ω)	R ₃ (Ω)	C ₁ (pF)	単電源 (V)	スプリット 電源(V)	回路の 図番号	アプリケーション
1/2 OPA2237	1/2 OPA2237	10k	10k	100	—	$\pm 1.35 - \pm 18$	1	低価格、高Z _{in}
1/2 OPA2237	1/2 OPA2237	10k	10k	—	2.7-36	$\pm 1.35 - \pm 18$	5	最低価格、V _S > 5V
OPA237	INA132	(1)	10k	22	2.7-36	$\pm 1.35 - \pm 18$	4 or 6	回路には高精度抵抗なし
1/2 OPA2277	1/2 OPA2277	10k	10k	100	—	$\pm 3 - \pm 22$	1	最高精度、高Z _{in}
OPA277	INA132	(1)	10k	22	—	$\pm 3 - \pm 18$	4	回路には高精度抵抗なし
1/2 OPA2130	1/2 OPA2130	100k	100k	22	—	$\pm 2.25 - \pm 18$	1	低消費電力、FET入力
OPA130	INA132	(1)	10k	22	—	$\pm 2.25 - \pm 18$	4	回路には高精度抵抗なし
1/2 OPA2132	1/2 OPA2132	10k	10k	47	—	$\pm 4.5 - \pm 18$	1	高速、FET入力
OPA134	INA134	(1)	2k	22	—	$\pm 4.5 - \pm 18$	4	回路には高精度抵抗なし
1/2 OPA2336	1/2 OPA2336	1M	1M	—	2.3-5.5	—	5	低消費電力
OPA336	INA132	(1)	100k	—	2.7-5.5	—	6	回路には高精度抵抗なし
1/2 OPA2337	1/2 OPA2337	100k	100k	—	2.7-5.5	—	5	最低価格
OPA337	INA132	(1)	10k	—	2.7-5.5	—	6	回路には高精度抵抗なし
1/2 OPA2340	1/2 OPA2340	10k	10k	—	2.7-5.5	—	5	高速、レール・トゥ・レール
OPA340	INA132	(1)	10k	—	2.7-5.5	—	6	回路には高精度抵抗なし

注: (1) 高精度抵抗は、差動アンプの内部に組み込まれています。

表 I.

ご注意

日本テキサス・インスツルメンツ株式会社(以下TIJといたします)及びTexas Instruments Incorporated(TIJの親会社、以下TIJないしTexas Instruments Incorporatedを総称してTIJといたします)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、導電性のものを使うこと。

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