

Application Note 1489 Techniques of State Space Modeling



Literature Number: JAJA300

状態空間を用いたモデリング手法

National Semiconductor
Application Note 1489
Joel Steenis
2006 年 6 月



はじめに

過去何年にもわたって、PWM スイッチはさまざまな手法を用いてモデル化が行われてきました。重くて扱いにくい四次系や場合によっては二次系など、解析を主体としたモデル化や実回路を用いたモデル化などが用いられてきました。最も簡単な方法が状態空間解析法です。この方法は、MATLAB や Maple といった科学計算ソフトウェアと併用して、与えられた電源段を速やかかつ簡単にモデル化します。本アプリケーション・ノートでは、あらかじめ規定された方法に従ってソフトウェア上に簡単に実装できるように、状態空間モデル化法を段階的に説明していきます。

状態空間モデリング

状態空間モデリングは、連立線形微分方程式を使って、与えられた系を記述するテクニックです。方程式は一般に系の入力と出力の内部変数または状態変数の対応を表し、行列演算を使って簡単に操作が可能です。

状態方程式は次のような行列形式で表現されます。

$$\begin{aligned}\dot{\mathbf{x}} &= \mathbf{A}\mathbf{x} + \mathbf{B}u \\ \mathbf{y} &= \mathbf{Q}\mathbf{x} + \mathbf{R}u\end{aligned}$$

ここで、 $\dot{\mathbf{x}}$ は状態変数ベクトルの時間導関数、 $\mathbf{A}$ は状態行列、 $\mathbf{x}$ は状態変数ベクトル、 $\mathbf{B}$ はベクトル、 u は入力、 $\mathbf{y}$ は出力、 $\mathbf{Q}$ は出力の状態変数に対応する転置ベクトル、 $\mathbf{R}$ は入力から出力に対応するベクトルです。

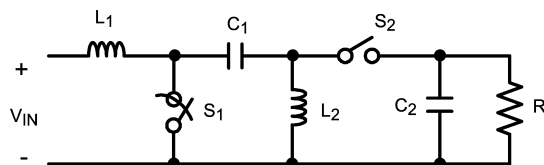


FIGURE 1. SEPIC Technology

与えられたネットワークは、CCM (連続モード) 動作時に、S1 オンと S2 オフ、S1 オフと S2 オンという 2 つの状態を有し、各状態におけるネットワークの応答は時間加重平均で考えます。たとえば、Figure 1 に示す SEPIC トポロジー

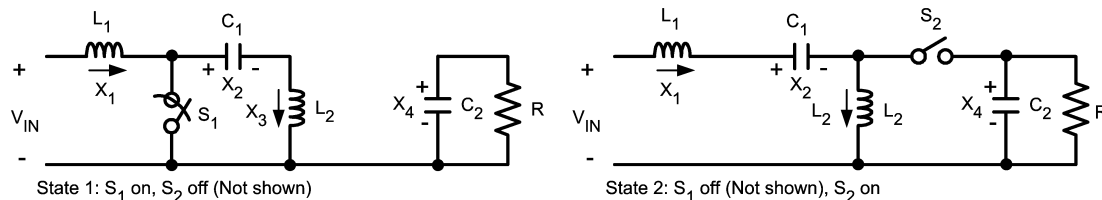


FIGURE 2. Network states 't_{on}' and 't_{off}'

は、省略表現を使って、2 状態の内部変数を持つ Figure 2 として表すことができます。

両方の状態の式を、次の関係を用いて、時間加重平均します。

$$\begin{aligned}\dot{\mathbf{x}} &= \left[\mathbf{A}_1 \frac{t_{\text{ON}}}{t_p} + \mathbf{A}_2 \frac{t_{\text{OFF}}}{t_p} \right] \mathbf{x} + \left[\mathbf{B}_1 \frac{t_{\text{ON}}}{t_p} + \mathbf{B}_2 \frac{t_{\text{OFF}}}{t_p} \right] u \\ \mathbf{y} &= \left[\mathbf{Q}_1 \frac{t_{\text{ON}}}{t_p} + \mathbf{Q}_2 \frac{t_{\text{OFF}}}{t_p} \right] \mathbf{x} + \left[\mathbf{R}_1 \frac{t_{\text{ON}}}{t_p} + \mathbf{R}_2 \frac{t_{\text{OFF}}}{t_p} \right] u\end{aligned}$$

行列の下付き数字はネットワークの状態に対応します。上記の関係は書き換えると次のようになります。

$$\begin{aligned}\dot{\mathbf{x}} &= [\mathbf{A}_1 d + \mathbf{A}_2 d'] \mathbf{x} + [\mathbf{B}_1 d + \mathbf{B}_2 d'] u \\ \mathbf{y} &= [\mathbf{Q}_1 d + \mathbf{Q}_2 d'] \mathbf{x} + [\mathbf{R}_1 d + \mathbf{R}_2 d'] u\end{aligned}$$

ここで、

$$d = \frac{t_{\text{ON}}}{t_p}$$

$$d' = 1 - d = \frac{t_{\text{OFF}}}{t_p}$$

変数 $\mathbf{x}$ 、 d 、 u 、 $\mathbf{y}$ は大信号と小信号の両方の要素を含みます。各変数とその要素の関係は次のようにされます。

$$\mathbf{x} = \mathbf{X} + \mathbf{x}$$

$$d = D + \delta$$

$$u = V_{\text{IN}} + v_{\text{in}}$$

$$\mathbf{y} = \mathbf{V}_{\text{OUT}} + v_{\text{out}}$$

等式の右辺の第 1 項と第 2 項は、与えられた変数の大信号成分と小信号成分に対応します。

状態空間モデリング (つづき)

これらの式を時間加重平均表現に置き換えると、次の式が得られます。

$$\dot{X} = [A_1(D + \delta) + A_2(1 - D - \delta)](X + \chi) + [B_1(D + \delta) + B_2(1 - D - \delta)](V_{IN} + v_{in})$$

$$V_{OUT} + v_{out} = [Q_1(D + \delta) + Q_2(1 - D - \delta)](X + \chi) + [R_1(D + \delta) + R_2(1 - D - \delta)](V_{IN} + v_{in})$$

χ 、 δ 、 v_{in} 、 v_{out} は小信号なので、2つの小信号の積は系の応答に対して無視できる程度の影響しかありません。二次項は結果に影響を与えることなく無視可能です。また、対象の変数によっては、仮定を行なって式の表現を変えられる点も重要です。詳しくは次のセクションで説明します。

大信号の関係

大信号での入力 - 出力の関係を求める場合、小信号の影響は無視可能でありゼロと仮定できると考えられます。ここから、大信号応答は次のように表されます。

$$0 = [A_1 D + A_2 D'] X + [B_1 D + B_2 D'] V_{IN}$$

$$V_{OUT} = [Q_1 D + Q_2 D'] X$$

$$\frac{V_{OUT}}{V_{IN}} = -[Q_1 D + Q_2 D'] [A_1 D + A_2 D']^{-1} [B_1 D + B_2 D']$$

小信号の関係

小信号での制御 - 出力伝達関数は大信号の場合と同様に求めます。つまり、入力 (v_{in}) の影響を無視します。ここから、小信号の制御 - 出力伝達関数を決める関係は次のように表されます。

$$\dot{X} = [A_1 D + A_2 D'] X + [B_1 D + B_2 D'] V_{IN} + [(A_1 - A_2) + (B_1 - B_2) V_{IN}] \delta$$

$$V_{OUT} + v_{out} = [Q_1 D + Q_2 D'] X + [Q_1 D + Q_2 D'] \chi + [(Q_1 - Q_2) X] \delta + [R_1(D + \delta) + R_2(1 - D - \delta)] V_{IN}$$

小信号の制御 - 出力伝達関数を解くには、上の式をラプラス変換を用いて周波数領域に書き換える必要があります。対応する小信号の制御 - 出力応答は次のように表されます。

$$\chi \delta(s) = [s I - (A_1 D + A_2 D')]^{-1} [(A_1 - A_2) X + (B_1 - B_2) V_{IN}] \delta(s)$$

小信号の制御 - 出力の伝達関数は次のように表現されます。

$$\frac{V_{OUT}}{\delta}(s) = [Q_1 D + Q_2 D'] [s I - (A_1 D + A_2 D')]^{-1} [(A_1 - A_2) X + (B_1 - B_2) V_{IN}] + (Q_1 - Q_2) X$$

小信号のライン - 出力伝達関数は小信号の制御 - 出力の場合と同様に求めます。つまり、デューティ・サイクル (δ) の影響は無視します。ここから、小信号のライン - 出力伝達関数は次のように表されます。

$$\frac{V_{OUT}}{V_{IN}}(s) = [Q_1 D + Q_2 D'] [s I - (A_1 D + A_2 D')]^{-1} B$$

SEPIC 電源段への応用

Figure 2 の State 1 における SEPIC 電源段の状態方程式は、次のように表されます。

$$\dot{x}_1 = \frac{V_{IN}}{L_1}$$

$$\dot{x}_2 = \frac{x_3}{C_1}$$

$$\dot{x}_3 = \frac{x_2}{L_2}$$

$$V_{OUT} = x_4$$

行列形式では次のように表現されます。

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \\ \dot{x}_3 \\ \dot{x}_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{C_1} & 0 \\ 0 & -\frac{1}{L_2} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -\frac{1}{R C_2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{1}{L_1} \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} V_{IN}$$

$$V_{OUT} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \end{bmatrix}$$

帰納法により、行列 A_1 、 B_1 、 Q_1 、 R_1 は次のように表されます。

SEPIC 電源段への応用 (つづき)

行列形式では次のように表現されます。

$$A_1 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{C_1} & 0 \\ 0 & -\frac{1}{L_2} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -\frac{1}{RC_2} \end{bmatrix}$$

$$B_1 = \begin{bmatrix} \frac{1}{L_1} \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$Q_1 = [0 \ 0 \ 0 \ 1] \\ R_1 = [0 \ 0 \ 0 \ 0]$$

Figure 2 の State 2 におけるネットワークの状態方程式は、次のように表されます。

$$\dot{x}_1 = -\frac{x_2}{L_1} - \frac{x_4}{L_1} + \frac{V_{IN}}{L_1}$$

$$\dot{x}_2 = \frac{x_1}{C_1}$$

$$\dot{x}_3 = \frac{x_4}{L_2}$$

$$\dot{x}_4 = \frac{x_1}{C_2} - \frac{x_3}{C_2} - \frac{x_4}{R C_2}$$

$$V_{OUT} = x_4$$

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \\ \dot{x}_3 \\ \dot{x}_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & -\frac{1}{L_1} & 0 & -\frac{1}{L_1} \\ \frac{1}{C_1} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{1}{L_2} \\ \frac{1}{C_2} & 0 & -\frac{1}{C_2} & -\frac{1}{RC_2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{1}{L_1} \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} V_{IN}$$

$$V_{OUT} = [0 \ 0 \ 0 \ 1] \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \end{bmatrix}$$

帰納法により、行列 A2、B2、Q2、R2 は次のように表されます。

$$A_2 = \begin{bmatrix} 0 & -\frac{1}{L_1} & 0 & -\frac{1}{L_1} \\ \frac{1}{C_1} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{1}{L_2} \\ \frac{1}{C_2} & 0 & -\frac{1}{C_2} & -\frac{1}{RC_2} \end{bmatrix}$$

$$B_2 = \begin{bmatrix} \frac{1}{L_1} \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$Q_2 = [0 \ 0 \ 0 \ 1] \\ R_2 = [0 \ 0 \ 0 \ 0]$$

大信号の入力 - 出力の関係と、関連する大信号の状態関係は、次のように記述されます。

SEPIC 電源段への応用 (つづき)

$$\frac{V_{OUT}}{V_{IN}} = \frac{D}{D'}$$

$$x_1 = \frac{D^2}{D'^2} \frac{V_{IN}}{R}$$

$$x_2 = V_{IN}$$

$$x_3 = \frac{D}{-D'} \frac{V_{IN}}{R}$$

$$x_4 = \frac{D}{D'} \frac{V_{IN}}{R}$$

小信号の制御 - 出力関係は次のように表現されます。

$$\frac{V_{OUT}}{\delta}(s) = \frac{A_1 s^3 + A_2 s^2 + A_3 s + A_4}{A_5 s^4 + A_6 s^3 + A_7 s^2 + A_8 s + A_9} V_{IN}$$

$$A_1 = -L_1 C_1 L_2 D$$

$$A_2 = L_1 C_1 R D^2$$

$$A_3 = -D^2 L_1$$

$$A_4 = D^2 R$$

$$A_5 = D^2 L_1 C_1 L_2 C_2 R$$

$$A_6 = D^2 L_1 C_1 L_2$$

$$A_7 = D^2 R (L_1 C_1 D^2 + L_2 C_2 D^2 + C_1 L_2 D^2 + L_1 C_2 D^2)$$

$$A_8 = D^2 (L_2 D^2 + L_1 D^2)$$

$$A_9 = D^4 R$$

小信号のライン - 出力伝達関数は次のように表されます。

$$\frac{V_{OUT}}{V_{IN}}(s) = \frac{A_1 s^2 + A_2}{A_3 s^4 + A_4 s^3 + A_5 s^2 + A_6 s + A_7}$$

$$A_1 = C_1 L_2 R D'$$

$$A_2 = R D D'$$

$$A_3 = L_1 C_1 L_2 C_2 R$$

$$A_4 = L_1 C_1 L_2$$

$$A_5 = R (L_1 C_1 D'^2 + L_2 C_2 D'^2 + L_1 C_2 D'^2 + C_1 L_2 D'^2)$$

$$L_6 = L_1 D'^2 + L_2 D'^2$$

$$A_7 = R D'^2$$

上述の小信号表現は、電源段の応答に対する各要素の影響をほとんど考慮していませんが、これはそれほど重大ではありません。電源段の部品は一般に系の大信号 (DC) を要件として選択します。小信号 (AC) 応答は単に部品選択の結果です。

モデルの利用

このモデルのメリットを全面的に生かすには、数学的手法を用いて、ポールとゼロを求める必要があります。伝達関数のポールとゼロは計算ソフトウェアの処理ルーチンを用いて簡単に求められます。電源段のポール位置とゼロ位置が判明したら、通常の方法でスイッチャを補償します。

まとめ

任意の変数と他の変数との関係、あるいは大信号や小信号の關係に状態空間法による方程式の導出を適用した場合、基本行列演算を併用することで簡単に取扱えることを示しました。状態空間法に必要な行列演算や数学的演算は計算ソフトウェアが得意とするところです。状態空間法を用いた手順を使用すれば、全体的に見て、速やかかつ簡単に、任意のネットワークの伝達関数の導出と応答の決定が図れます。

このドキュメントの内容はナショナル セミコンダクター社（以下ナショナル）製品の関連情報として提供されます。ナショナルは、この発行物の内容の正確性または完全性について、いかなる表明または保証もいたしません。また、仕様と製品説明を予告なく変更する権利を有します。このドキュメントはいかなる知的財産権に対するライセンスも、明示的、黙示的、禁反言による惹起、またはその他を問わず、付与するものではありません。

試験や品質管理は、ナショナルがナショナルの製品保証を維持するために必要と考える範囲に用いられます。政府が課す要件によって指定される場合を除き、各製品のすべてのパラメータの試験を必ずしも実施するわけではありません。ナショナルは製品適用の援助や購入者の製品設計に対する義務は負いかねます。ナショナルの部品を使用した製品および製品適用の責任は購入者にあります。ナショナルの製品を用いたいかなる製品の使用または供給に先立ち、購入者は、適切な設計、試験、および動作上の安全手段を講じなければなりません。

それら製品の販売に関するナショナルとの取引条件で規定される場合を除き、ナショナルは一切の義務を負わないものとし、また、ナショナルの製品の販売か使用、またはその両方に関連する特定目的への適合性、商品の機能性、ないしは特許、著作権、または他の知的財産権の侵害に関連した義務または保証を含むいかなる表明または黙示的保証も行いません。

生命維持装置への使用について

ナショナルの製品は、ナショナル セミコンダクター社の最高経営責任者 (CEO) および法務部門 (GENERAL COUNSEL) の事前の書面による承諾がない限り、生命維持装置または生命維持システム内のきわめて重要な部品に使用することは認められていません。ここで、

生命維持用の装置またはシステムとは (a) 体内に外科的に使用されることを意図されたもの、または (b) 生命を維持あるいは支持するものをいい、ラベルにより表示される使用法に従って適切に使用された場合に、これの不具合が使用者に身体的障害を与えると予想されるものをいいます。重要な部品とは、生命維持にかかわる装置またはシステム内のすべての部品をいい、これの不具合が生命維持用の装置またはシステムの不具合の原因となりそれらの安全性や機能に影響を及ぼすことが予想されるものをいいます。

National Semiconductor とナショナル セミコンダクターのロゴはナショナル セミコンダクター社の商標または登録商標です。一部のブランドや製品名は各権利所有者の商標または登録商標です。

Copyright © 2007 National Semiconductor Corporation

製品の最新情報については www.national.com をご覧ください。

ナショナル セミコンダクター ジャパン株式会社

本社 / 〒 135-0042 東京都江東区木場 2-17-16

TEL.(03)5639-7300

技術資料（日本語 / 英語）はホームページより入手可能です。

www.national.com/jpn/

ご注意

日本テキサス・インスツルメンツ株式会社（以下TIJといいます）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といいます）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ご確認下さい。全ての製品は、お客様とTIJとの間に取り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。

TI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。

TI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う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。

TI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おりません。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、保証もしくは是認するという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TI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。TI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。

TI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TI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 © 2011, 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。）

- 直射日光が当たる状態で保管・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