

# IGBT

## IGBT モジュール実装マニュアル

### 要旨

本資料では、IGBT モジュール製品の実装時の注意事項について説明します。

### 目次

1. モジュール組み立てについて .....	2
1.1 モジュール他のインバータへの推奨実装手順 .....	2
1.2 モジュール実装について .....	2
1.2.1 ピンフィン銅ベースモジュール実装について .....	2
1.2.1.1 冷却水路設計について .....	2
1.2.1.2 Oリング装着部設計について .....	4
1.2.2 モジュール実装上の注意事項 .....	4
1.2.2.1 耐漏水性(水路気密性)確保 .....	4
1.2.2.2 水路腐食抑制 .....	5
1.2.3 平板銅ベースモジュール実装について .....	5
1.2.3.1 グリースによる実装 .....	5
1.2.3.2 平板銅ベース直接水冷 .....	6
1.3 ゲートドライブ回路基板実装について .....	7
1.3.1 ゲートドライブ回路用プリント回路基板仕様 .....	7
1.3.2 プレスフィット工程について .....	8
改訂記録 .....	10

## 1. モジュール組み立てについて

### 1.1 モジュール他のインバータへの推奨実装手順

インバータに、モジュール、ゲートドライブ基板、冷却器(インバータ筐体の一部が冷却器を兼ねている場合有り)を実装する際、適正でない組み立て順序、方法を採用すると、モジュールが変形、ゲートドライブ基板に不適切な応力が印加される等の不具合が発生する可能性があります。この場合、製品寿命の低下や冷却水漏水等重大な不具合を起こす可能性があります。従って、以下の組み立て順序とすることを推奨します。

- (1) ゲートドライブ基板をモジュールに合わせる(ガイドピンがこのプロセスをサポートします)。
- (2) ゲートドライブ基板をプレスインします(専用のプレス治具の使用を推奨します)。
- (3) Oリング等の封止手段を備えた冷却器を準備します(インバータ筐体の一部でも可)。
- (4) ゲートドライブ基板と一体となったモジュールを準備された冷却システムに取り付けます。
- (5) モジュールのベースプレートに冷却器にネジで固定します。
- (6) ゲートドライブ基板をインバータハウジングに固定します。
- (7) モジュールのパワー端子をバスバー、コンデンサなどに接続します。

尚、モジュール、及び、ゲートドライブ基板取付けの際、接続信頼性確保、及び、部品損傷回避のため、固定ネジは、データシート、及び、本アプリケーションノートに記載されているトルクで締結するようお願いいたします。

### 1.2 モジュール実装について

#### 1.2.1 ピンフィン銅ベースモジュール実装について

##### 1.2.1.1 冷却水路設計について

図 1-1 に冷却水路に取り付けたピンフィンモジュールの断面構造模式図を示します(冷却水通流方向は紙面に垂直)。効率よくモジュールを冷却するためには、ピンフィン領域を流れる冷却水(ex. LLC 50%水溶液)の流速を可能な限り大きくしなければなりません。そのためには、冷却水は可能な限りピンフィン領域のみに流れるようにしなければなりません。つまり、ピンフィントップと水路カバーの間に発生するギャップである領域 A の間隔  $a$ 、及び、ピンフィン領域両サイドと水路カバーの間に発生するギャップである領域 B の間隔  $b$  を極力小さくしなければなりません。間隔  $a, b$  が大きいと、この領域に流れる冷却水(バイパス流と呼ぶ)が大きくなり、ピンフィン領域に流れる冷却水の量が小さくなってしまいます(ピンフィン領域に流れる冷却水の流速が減少してしまう)。

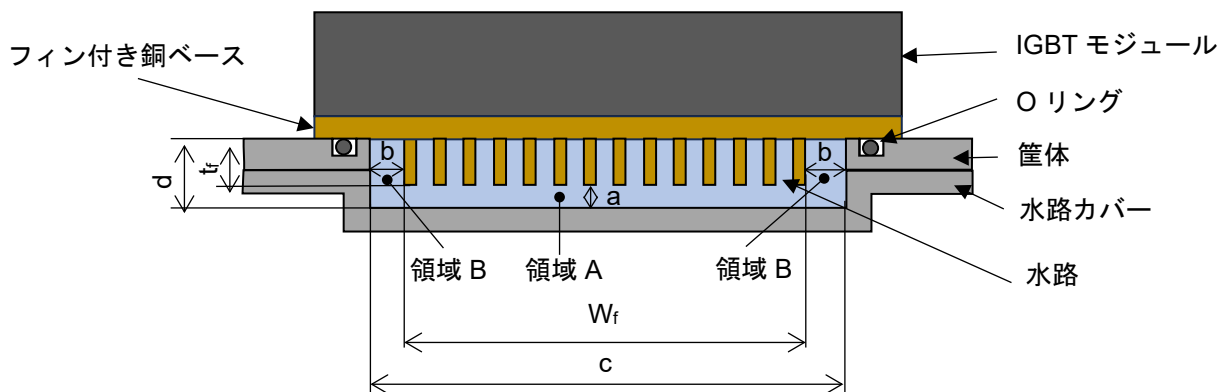


図 1-1 冷却水路、及び、ピンフィンモジュールの断面構造模式図

設計フィン高さを  $t_f$ 、その公差を  $\Delta t_f$ 、水路カバーの設計深さを  $d$ 、その公差を  $\Delta d$  とすると、 $d$ 、 $\Delta d$  の設計次第では、水路カバー内面にピンフィン先端が接触し、ピンフィン付き銅ベース平板部裏面が筐体にしっかり固定できない事象が発生する可能性があります。これは、水密性を担保する O リングを適正に圧縮できないことを意味し、冷却水漏水の懸念があります。この事象を避けるためには、

$$d - \Delta d \geq t_f + \Delta t_f \Rightarrow d \geq t_f + \Delta t_f + \Delta d \text{ —— (1)}$$

となるように水路カバー深さ  $d$  は設計しなければなりません。効率良くフィン領域に通流するためには、 $d$  は可能な限り小さくしなければなりませんので以下となります。

$$d = t_f + \Delta t_f + \Delta d \text{ —— (2)}$$

一方、 $a$  はピン高さが低く、水路が深い場合に最大となりますので、最大値は以下の式で計算されます。

$$a = d + \Delta d - (t_f - \Delta t_f) = d - t_f + \Delta d + \Delta t_f \text{ —— (3)}$$

(2), (3) 式より、 $a$  は以下の式で計算されます。

$$a = t_f + \Delta t_f + \Delta d - t_f + \Delta d + \Delta t_f = 2 \times (\Delta t_f + \Delta d) \text{ —— (4)}$$

従って、当然のことながら、 $a$  を小さくするためには、水路カバーの製造公差  $\Delta d$  は可能な限り小さくしなければなりません。

領域 B の距離  $b$  についても同様の議論となり、水路カバー幅  $c$  の公差を  $\Delta c$ 、ピンフィン領域幅  $W_f$  の公差を  $\Delta W_f$  とすると、 $b$  の最大値は、

$$b = \Delta c + \Delta W_f \text{ —— (5)}$$

となり、 $b$  を小さくするためには、水路カバー幅  $c$  の製造公差を小さくしなければなりません。

IGBT, FRD のジャンクション温度設計は、冷却性能ワースト条件で実施しなければならず、上記(4), (5)式で計算される間隔  $a, b$  を考慮した冷却水通流で実現できる熱伝達率で実施することを推奨します。

### 1.2.1.2 Oリング装着部設計について

冷却水水密確保のためのOリング挿入溝の設計について説明します。図1-2にOリング、及び、Oリングを装着するために筐体に設けた溝の断面構造模式図を示します。Oリングの水密性を正しく機能させるためには、Oリングのつぶし率Eを適切に設定する必要があります。Eの下限は水密性(密封性)を発揮できる値で決まります。つまり、Eが小さいとOリングの反力が小さく、冷却水を遮断することができません。一方、Eが過大になると、永久圧縮ひずみと呼ばれる、ひずみを保持することによるOリングの変形が発生し、反力が発生しなくなり水密性を発揮できなくなります。一般的に、Eの最適値は8~30%です。この範囲に入るように溝深さ、Hの公差設計をしなければなりません。また、Oリングを正しく使用するためには、溝の幅、溝内面の表面粗さも適正なものにしなければならず、詳細はOリング(メーカー)のカタログ、取り扱いマニュアルを参照しなければなりません。

また、封止する液体によってOリング材質は選定しなければならず、例えば、100℃近い高温のLLC水溶液に耐性があるOリング材質としてはエチレンプロピレンゴム等が候補となります。適正なOリング材質についてもOリングメーカーのカタログを参照しなければなりません。

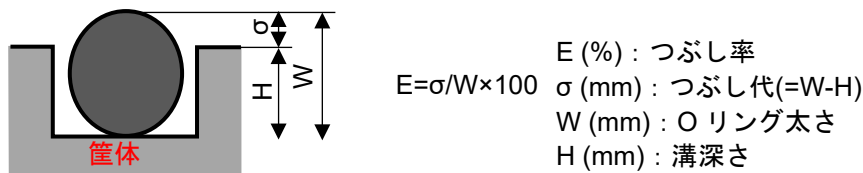


図 1-2 Oリング、及び、挿入溝の断面模式図

上記説明ではシンプルな断面が円形のリングで説明しました。Oリングには様々な断面形状がありますので、ユーザが適切と考えるものを使用ください。その際、上述したつぶし率の考えはメーカーのカタログを参照しながら踏襲下さい。

## 1.2.2 モジュール実装上の注意事項

### 1.2.2.1 耐漏水性(水路気密性)確保

1.2.3.で説明する平板銅ベースの場合、一般に、モジュールはインバータ筐体底面に熱伝導グリースで固着して使用されます(図1-3参照)。よって、基本的にインバータ筐体内は閉空間となり、冷却水が侵入するリスクはありません。しかしながら、ピンフィンタイプ、即ち、直接冷却方式の場合、インバータ筐体の一部を開口し、モジュール銅ベースに直接冷却水を当てなければなりません。これは、冷却水路のシールが損なわれると、冷却水はインバータ筐体内に侵入することを意味します。漏水が発生すると、筐体内の各種回路にダメージを与える可能性があり、また、200V以上の高電圧を有するインバータでは最悪の場合、漏電による感電の可能性もあります。

従って、耐漏水性の信頼性試験は十分に実施しなければなりません。少なくとも以下の試験を実施し、十分な耐漏水性を確認することを推奨します。

(1) モジュール銅ベースは、最大公差で裏面を凹にした形状とする。Oリング等の封止手段のつぶし代を少なくするためである。尚、モジュールそのもので試験しなくても、例えば、ピンフィン無し(実際のモジュールよりも剛性が小さくなるので、むしろ厳しい試験となるため平板の方が推奨できる)。

(2) 上記銅ベースを、実際の筐体と水路カバーを模擬した水冷ジャケットに指定のボルトで装着する。水冷ジャケットと銅ベースは、気体又は液体のインレットを除き密閉空間とする。締め付けトルクはモジュールデータシート記載の下限値とする。

(3) 上記インレットから通常の動作時と比べて十分大きな圧力(例えば100kPa)でLLC水溶液等の液体、又は空気等の気体を注入し、所定の時間液漏れ、又は、気密漏れがないことを確認する。

(4) 上記試験用構造体に対し、例えば-40℃⇔125℃の温度サイクルを実施し、試験後(3)の試験を実施する。最終的に例えば1000回後にも水密、又は、気密性に問題ないことを確認する。

### 1.2.2.2 水路腐食抑制

図 1-3 に示した平板銅ベースを熱伝導グリースで冷却水路に固着して冷却する方式(間接冷却)の場合、冷却水路は一般にインバータ筐体、及び、水路カバーで構成されます。車載インバータの場合、両者はアルミダイカスト(例えば ADC12)で構成されるため、冷却水には同一材料のみが接触します。

しかしながら、図 1-1 に示した直接冷却構造の場合、冷却水路は(ニッケルメッキ)銅ベース、及び、アルミダイキャストで構成され、冷却水は 2 種の物質に接触することとなります。この場合、従来の間接冷却構造では考慮する必要のなかったガルバニック腐食を考慮しなければなりません。銅、又は、表面メッキ材料であるニッケルとアルミを比べると、アルミのイオン化傾向は大きいです。従って、冷却水を電解液とした、陽極：アルミ、陰極：ニッケル、又は、銅の電池が構成されアルミ腐食が激しくなることが懸念されます。

上記ガルバニック腐食の程度は、冷却水(ex. LLC50%水溶液)の防錆能力できまるため、選定した冷却水でガルバニック腐食試験を実施し、腐食程度は問題ないことを確認してモジュールを使用しなければなりません。

### 1.2.3 平板銅ベースモジュール実装について

#### 1.2.3.1 グリースによる実装

図 1-3 に冷却水路に固定した平板銅ベースモジュールの断面構造模式図を示します。冷却水は紙面に垂直方向に流れる場合について示しています。本実装形態は、1-2-1.で説明した直接水冷方式が現れる前の水冷方式の一般的な実装形態です。即ち、インバータ筐体底面にフィンを設置し、水路カバーと合わせて冷却水路を形成し、モジュールは、熱伝導グリースでフィン部の直上に固着します。本実装で、IGBT, FRD の発熱は平板銅ベース、グリース、フィンを通して冷却水へ放熱されます。熱伝導グリース無しの場合、筐体表面、及び、銅ベース裏面の微細な凹凸で両者の界面に隙間ができ、実質的に断熱状態となり、放熱系として機能することはできません。凹凸による隙間を熱伝導グリースで埋めることが必須となります。

この実装形態において、放熱性のボトルネックになるのは、金属、セラミックスと比べて熱伝導率の低いグリースです。従って、グリースは可能な限り高熱伝導で、かつ、塗布厚さも薄く均一なものにするのが低熱抵抗を実現するキーポイントになります。そのためには、グリースはステンシルとスキージを用いて均一に塗布しなければなりません。グリースは、高熱伝導になるほど、フィラ等の含有量が大きくなり、塗布が困難になります。従って、グリース選定時は量産時の塗布効率も考慮して決めなければなりません。

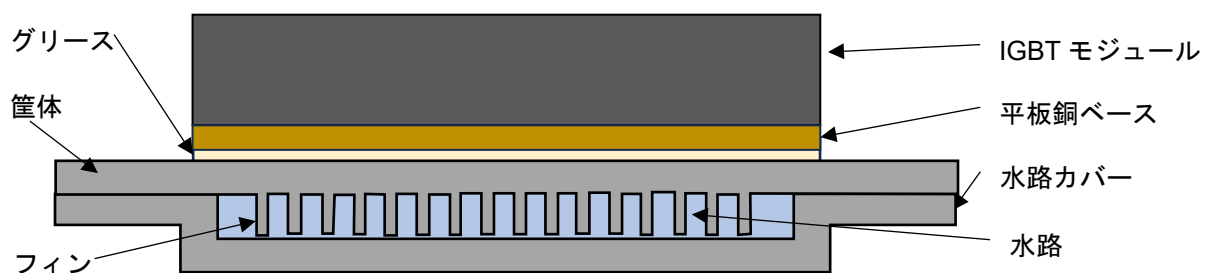


図 1-3 冷却水路、及び、平板銅ベースモジュールの断面構造模式図

## 1.2.3.2 平板銅ベース直接水冷

ピンフィン付き銅ベース直接水冷のような高放熱性は期待できないものの、平板銅ベース裏面へ直接冷却水を当てて冷却する実装形態も考えられます。本方式の断面構造模式図を図 1-4 に示します。冷却水は、紙面の垂直方向に通流する場合を示しています。本実装形態で低熱抵抗を実現するためには、熱伝達率を高くするために、冷却水の流速を可能な限り高くしなければなりません。そのためには、流量を増やす、又は/かつ、水路深さ  $D$  を小さくしなければなりません。しかしながら、高流速の限界は以下の 2 点で制約されます。一点目は、冷却水のインレット、アウトレット間の差圧である圧力損失を、使用する通流ポンプ性能以下にしなければならないこと、二点目は、エロージョンと呼ばれる機械的な作用で材料が侵食される現象により、水路内面が劣化する現象を抑制しなければならないことです。電動車両に搭載されるインバータの場合、一般に電動ポンプが使用され、かつ、電費抑制の観点から低出力のポンプが使用されます。従って、流速(流量)は前者で律速される場合がほとんどです。

高流速のみに頼らずに熱伝達率を増大させる手段として、冷却水に乱流を発生しやすくする流路形状とすることが考えられます。例えば、図 1-4 において、水路底面に凹凸をつけることで冷却水の流れを故意に乱れさせる手法が考えられます。本手法は高熱伝達率実現に一定の効果がありますが、同時に圧力損失を増大させます。即ち、本構造の利点は、熱伝達率-圧力損失トレードオフ向上に一定の効果があることです。

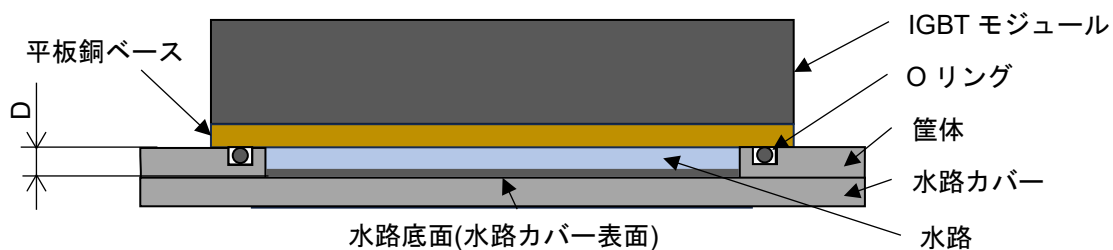


図 1-4 冷却水路、及び、平板銅ベースモジュールの断面構造模式図

## 1.3 ゲートドライブ回路基板実装について

### 1.3.1 ゲートドライブ回路用プリント回路基板仕様

本モジュールの制御ピンは、プレスフィット(圧入)技術でゲート回路基板(プリント回路基板, PCB)のスルーホールに接続することを想定しております。そのため、PCB の仕様は、IEC 60352-5 に準拠した FR4 標準プリント回路基板(錫メッキ付き)でなければなりません。そして、プリント回路基板の材質は、両面プリント基板の場合は IEC 60249-2-4、または、IEC 60249-2-5、多層プリント基板の場合は IEC 60249-2-11、または、IEC 60249-2-12 に準拠する必要があります。さらに具体的な PCB 仕様を以下記載します。

表 1-1 はプレスフィットに必要なスルーホール寸法他の仕様です。本仕様を遵守しないと適切な接続を実現することはできません。また、PCB 位置決め用ガイドピン(X-pin, Y-pin)のためのスルーホール仕様を表 1-2 に示します。表 1-3 は PCB に実装される部品配置、及び、固定用ネジ穴についての推奨条件です。プレスフィットピン周囲の PCB は、圧入時に応力、歪が印加されるため、プレスフィットピン用スルーホール周囲と実装部品には一定の間隔が必要です。その間隔を部品の重要性を考慮して 2 種類の仕様を推奨しております。

表 1-1 プレスフィットのためのゲート回路用 PCB の仕様

No	Item	Min.	Typ.	Max.	Unit
1	Drill tool diameter	1.13	-	1.17	mm
2	Copper thickness in hole	25	-	50	μm
3	Metallization in hole	-	-	15	μm
4	End hole diameter	1.03	1.07	1.11	mm
5	Copper thickness of conductors	35	70-105	400	μm
6	Recommended PCB thickness	-	1.6	-	mm
7	Metallization of circuit board	Tin (chemically)			
8	Metallization of pin	Tin (galvanic)			

表 1-2 ゲート回路用 PCB の X-pin, Y-pin 用スルーホール仕様

No	Item	Min.	Typ.	Max.	Unit
1	End hole diameter for X-pin (5.5 mm)	5.82	5.90	-	mm
2	End hole diameter for Y-pin (4.5 mm)	4.82	4.90	-	mm

表 1-3 ゲート回路用 PCB の推奨条件

No	Item	Recommended Conditions
1	Components keep-out around press-fit pins	<ul style="list-style-type: none"> <li>Uncritical or not safety relevant components : <math>\geq 3</math> mm radius from hole center</li> <li>Others : <math>\geq 4</math> mm radius from hole center</li> </ul>
2	PCB fixing screw holes	End hole diameter : 3.60 mm Top layer copper diameter : $\geq 7.00$ mm Mid layer copper diameter : $\geq 6.50$ mm Bottom layer copper diameter : $\geq 6.60$ mm

### 1.3.2 プレスフィット工程について

以下、プレスフィットに使用されるプレス治具、及び、プレス工程について説明します。安定した量産、及び、高信頼な接続を実現するためには適正な治具を使用することを推奨します。

図 2-1 にプレス治具の構成を示します。モジュールと共に治具の側面図を示しています。

上部、下部治具の 2 構成になっています。上治具に形成されたシリンダーがゲート回路 PCB に接触してプレスすることで PCB をモジュールの制御ピンへ圧入します。

本図ではシリンダーが PCB に接触する前の状態を示しております。プレス時は、上部治具と下部治具を互いに平行に保つ必要があり、PCB は、機械で制御された垂直方向のみの移動で固定する必要があります。

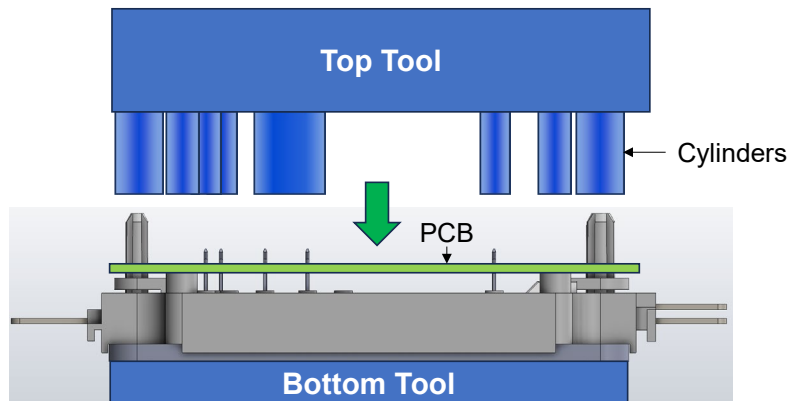


図 2-1 プレス治具の構成模式図

図には示していませんが、上部、下部治具の位置合わせを可能にする基本 2 本のガイドピラーを下部治具に設け、本ガイドピラーに相当する位置の上部治具にキャビティを設けることも推奨されます。上部、下部治具の位置合わせが保証され、量産のタクトタイム低減につながる可能性があります。

上部治具はプレス圧に耐えられるように、スチール、又は、類似の材質で作られる必要があります。シリンダーは、PCB に可能な限り均一にプレス圧が印加されるように、適切な本数、形状を考慮する必要があります。制御ピン位置のシリンダーは必須であり、ピンを避けるようにシリンダーには穴を形成します。また、シリンダーの高さは PCB の実装部品の高さで調整されます。



下部治具において、対象モジュールがピンフィンタイプの場合、ピンフィンでプレス圧力を受けるのを避けるため、ピンフィン領域にキャビティを設け、ピンフィン先端と下部治具を非接触としなければなりません。即ち、図 2-2 に示す形状にしなければなりません。下部治具がモジュール底面に当たる領域は、Oリング等のシール領域に相当するため、水密信頼性を確保するためには、モジュール底面表面の傷等は避けなければなりません。よって、下部治具の材料は、プレス圧に耐え、かつ、モジュールシール領域の傷、損傷を避けるものとしなければなりません。

量産性、高信頼を確立するためのプレスフィットプロセスの条件を表 1-4 に示します。

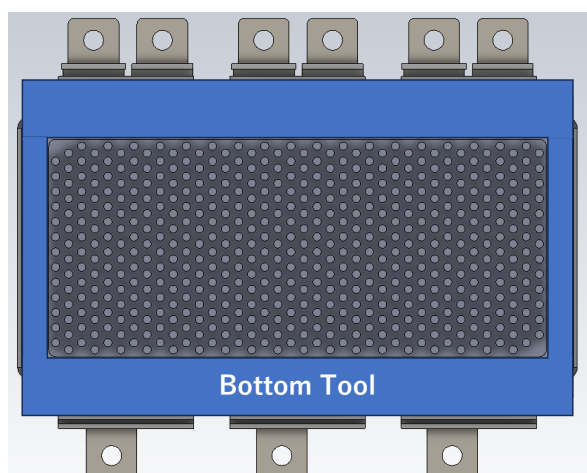


図 2-2 下部治具領域説明図

表 1-4 プレスフィットプロセス仕様

No	Item	Min.	Typ.	Max.	Unit
1	Press-in speed	0.4	2 - 4	8	mm/s
2	Recommended press-in stop force Using press-tool with distance keeper	-	-	3.5	kN
3	Recommended effective press-in length	0.9	-	-	mm

## 改訂記録

Rev.	発行日	改訂内容	
		ページ	ポイント
1.00	2024.09.19		初版

## ご注意書き

1. 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。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、お客様の責任において、お客様の機器・システムを設計ください。これらの使用に起因して生じた損害（お客様または第三者いずれに生じた損害も含まれます。以下同じです。）に関し、当社は、一切その責任を負いません。
  2. 当社製品または本資料に記載された製品データ、図、表、プログラム、アルゴリズム、応用回路例等の情報の使用に起因して発生した第三者の特許権、著作権その他の知的財産権に対する侵害またはこれらに関する紛争について、当社は、何らの保証を行うものではなく、また責任を負うものではありません。
  3. 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。
  4. 当社製品を組み込んだ製品の輸出入、製造、販売、利用、配布その他の行為を行うにあたり、第三者保有の技術の利用に関するライセンスが必要となる場合、当該ライセンス取得の判断および取得はお客様の責任において行ってください。
  5. 当社製品を、全部または一部を問わず、改造、変更、複製、リバースエンジニアリング、その他、不適切に使用しないでください。かかる改造、変更、複製、リバースエンジニアリング等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。
  6. 当社は、当社製品の品質水準を「標準水準」および「高品質水準」に分類しており、各品質水準は、以下に示す用途に製品が使用されることを意図しております。  
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、産業用ロボット等  
高品質水準： 輸送機器（自動車、電車、船舶等）、交通管制（信号）、大規模通信機器、金融端末基幹システム、各種安全制御装置等  
当社製品は、データシート等により高信頼性、Harsh environment 向け製品と定義しているものを除き、直接生命・身体に危害を及ぼす可能性のある機器・システム（生命維持装置、人体に埋め込み使用するもの等）、もしくは多大な物的損害を発生させるおそれのある機器・システム（宇宙機器と、海底中継器、原子力制御システム、航空機制御システム、プラント基幹システム、軍事機器等）に使用されることを意図しておらず、これらの用途に使用することは想定していません。たとえ、当社が想定していない用途に当社製品を使用したことにより損害が生じても、当社は一切その責任を負いません。
  7. あらゆる半導体製品は、外部攻撃からの安全性を 100%保証されているわけではありません。当社ハードウェア/ソフトウェア製品にはセキュリティ対策が組み込まれているものもありますが、これによって、当社は、セキュリティ脆弱性または侵害（当社製品または当社製品が使用されているシステムに対する不正アクセス・不正使用を含みますが、これに限られません。）から生じる責任を負うものではありません。当社は、当社製品または当社製品が使用されたあらゆるシステムが、不正な改変、攻撃、ウイルス、干渉、ハッキング、データの破壊または窃盗その他の不正な侵入行為（「脆弱性問題」といいます。）によって影響を受けないことを保証しません。当社は、脆弱性問題に起因したまたはこれに関連して生じた損害について、一切責任を負いません。また、法令において認められる限りにおいて、本資料および当社ハードウェア/ソフトウェア製品について、商品性および特定目的との合致に関する保証ならびに第三者の権利を侵害しないことの保証を含め、明示または黙示のいかなる保証も行いません。
  8. 当社製品をご使用の際は、最新の製品情報（データシート、ユーザーズマニュアル、アプリケーションノート、信頼性ハンドブックに記載の「半導体デバイスの使用上の一般的な注意事項」等）をご確認の上、当社が指定する最大定格、動作電源電圧範囲、放熱特性、実装条件その他指定条件の範囲内でご使用ください。指定条件の範囲を超えて当社製品をご使用された場合の故障、誤動作の不具合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いますが、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、データシート等において高信頼性、Harsh environment 向け製品と定義しているものを除き、耐放射線設計を行っておりません。仮に当社製品の故障または誤動作が生じた場合であっても、人身事故、火災事故その他社会的損害等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、お客様の機器・システムとしての出荷保証を行ってください。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、お客様の機器・システムとしての安全検証をお客様の責任で行ってください。
  10. 当社製品の環境適合性等の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。かかる法令を遵守しないことにより生じた損害に関して、当社は、一切その責任を負いません。
  11. 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・システムに使用することはできません。当社製品および技術を輸出、販売または移転等する場合は、「外国為替及び外国貿易法」その他日本国および適用される外国の輸出管理関連法規を遵守し、それらの定めるところに従い必要な手続きを行ってください。
  12. お客様が当社製品を第三者に転売等される場合には、事前に当該第三者に対して、本ご注意書き記載の諸条件を通知する責任を負うものとなります。
  13. 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禁じます。
  14. 本資料に記載されている内容または当社製品についてご不明な点がございましたら、当社の営業担当者までお問合せください。
- 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が直接的、間接的に支配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。

(Rev.5.0-1 2020.10)

## 本社所在地

〒135-0061 東京都江東区豊洲 3-2-24（豊洲フォレストシア）

[www.renesas.com](http://www.renesas.com)

## お問合せ窓口

弊社の製品や技術、ドキュメントの最新情報、最寄の営業お問合せ窓口に関する情報などは、弊社ウェブサイトをご覧ください。

[www.renesas.com/contact/](http://www.renesas.com/contact/)

## 商標について

ルネサスおよびルネサスロゴはルネサス エレクトロニクス株式会社の商標です。すべての商標および登録商標は、それぞれの所有者に帰属します。