

## RL78/G13, 78K0/Kx2

### 78K0 から RL78 への移行ガイド: A/D コンバータ

---

#### 要旨

本アプリケーションノートでは、78K0/Kx2 の A/D コンバータから RL78/G13 の A/D コンバータへの移行について説明します。

#### 対象デバイス

RL78/G13, 78K0/Kx2

本アプリケーションノートを他のマイコンへ適用する場合、そのマイコンの仕様にあわせて変更し、十分評価してください。

## 目次

1. 78K0/Kx2 と RL78/G13 の A/D コンバータの機能 .....	3
2. A/D コンバータの相違点 .....	5
3. レジスタの対比 .....	7
4. A/D コンバータのサンプルコード .....	8
5. 参考ドキュメント .....	8
改訂記録 .....	9

## 1. 78K0/Kx2 と RL78/G13 の A/D コンバータの機能

表 1.1 に 78K0/Kx2 の A/D コンバータの機能を示し、表 1.2 に RL78/G13 の A/D コンバータの機能を示します。

表 1.1 78K0/Kx2 の A/D コンバータの機能

機能	説明
A/D 変換	<p>アナログ入力をデジタル値に変換するコンバータで、最大8チャンネル (ANI0-ANI7) のアナログ入力を制御できます。</p> <p>ANI0-ANI7からアナログ入力を1チャンネル選択し、10ビット分解能のA/D変換動作を繰り返します。A/D変換を1回終了するたびに、割り込み要求 (INTAD) を発生します。</p> <p>A/D変換結果が上位10ビットに保持される10ビットA/D変換結果レジスタ (ADCR) に加え、A/D変換結果の上位8ビットが格納される8ビットA/D変換結果レジスタ (ADCRH) があります。</p>

表 1.2 RL78/G13 の A/D コンバータの機能

機能	説明
A/D 変換	<p>アナログ入力をデジタル値に変換するコンバータで、最大 26 チャンネルのアナログ入力 (ANI0-ANI14, ANI16-ANI26) を制御できます。</p> <p>アナログ入力を1チャンネル選択してA/D変換するセレクト・モードに加え、ANI0-ANI14のうち連続した4チャンネルのアナログ入力を順番にA/D変換するスキャン・モードがあります。A/D変換を1回終了するたびに、割り込み要求 (INTAD) を発生します。</p> <p>また、ハードウェア・トリガに対応し、連続変換モードに加え、ワンショット変換モードがあります。</p> <p>A/D 変換結果が上位 10 ビットに保持される 10 ビット A/D 変換結果レジスタ (ADCR) に加え、A/D 変換結果の上位 8 ビットが格納される 8 ビット A/D 変換結果レジスタ (ADCRH) があります。また、10 ビット分解能、8 ビット分解能を選択できます。</p> <p>STOP モード中のハードウェア・トリガ信号で、STOP モードを解除し、CPU を動作させることなく A/D 変換を行うことができます。(SNOOZE モード)</p>

78K0/Kx2 に搭載している A/D コンバータは、サンプル&ホールド回路、直列抵抗ストリング、電圧コンパレータ、逐次変換レジスタ、A/D 変換結果レジスタを搭載しています。

図 1.1 に 78K0/Kx2 の A/D コンバータのブロック図を示します。

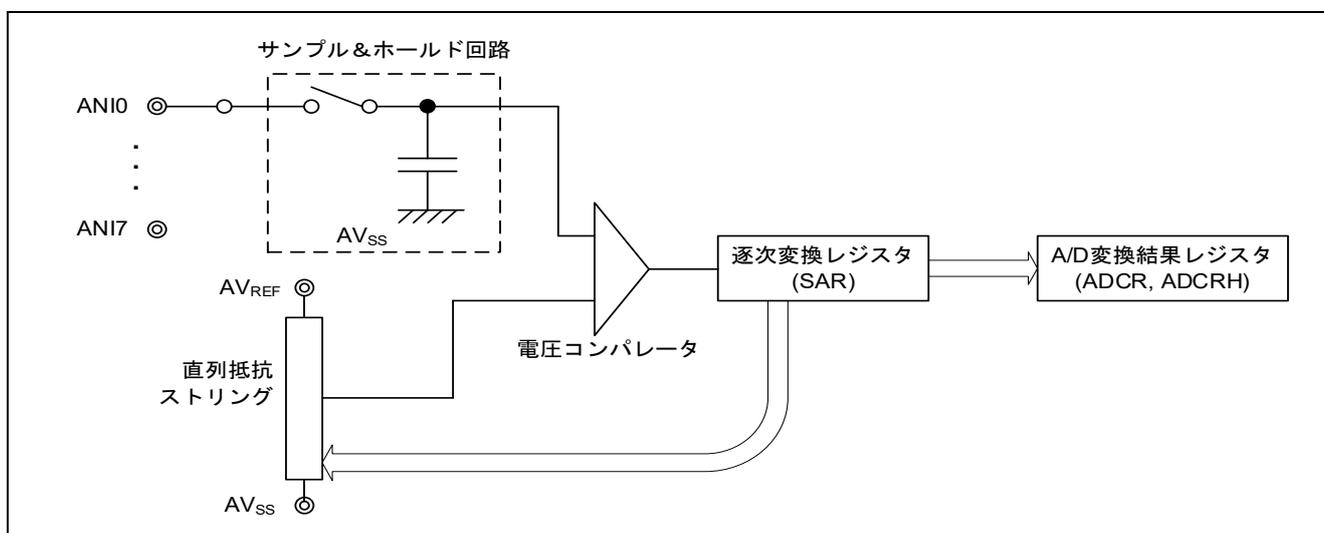


図 1.1 78K0/Kx2 の A/D コンバータのブロック図

RL78/G13 に搭載している A/D コンバータは、サンプル&ホールド回路、A/D 電圧コンパレータ、比較電圧生成回路、逐次変換レジスタ、A/D 変換結果レジスタを搭載しています。比較電圧生成回路は、VDD と VSS または AVREFP 端子と AVREFM 端子を選択することができます。

図 1.2 に RL78/G13 の A/D コンバータのブロック図を示します。

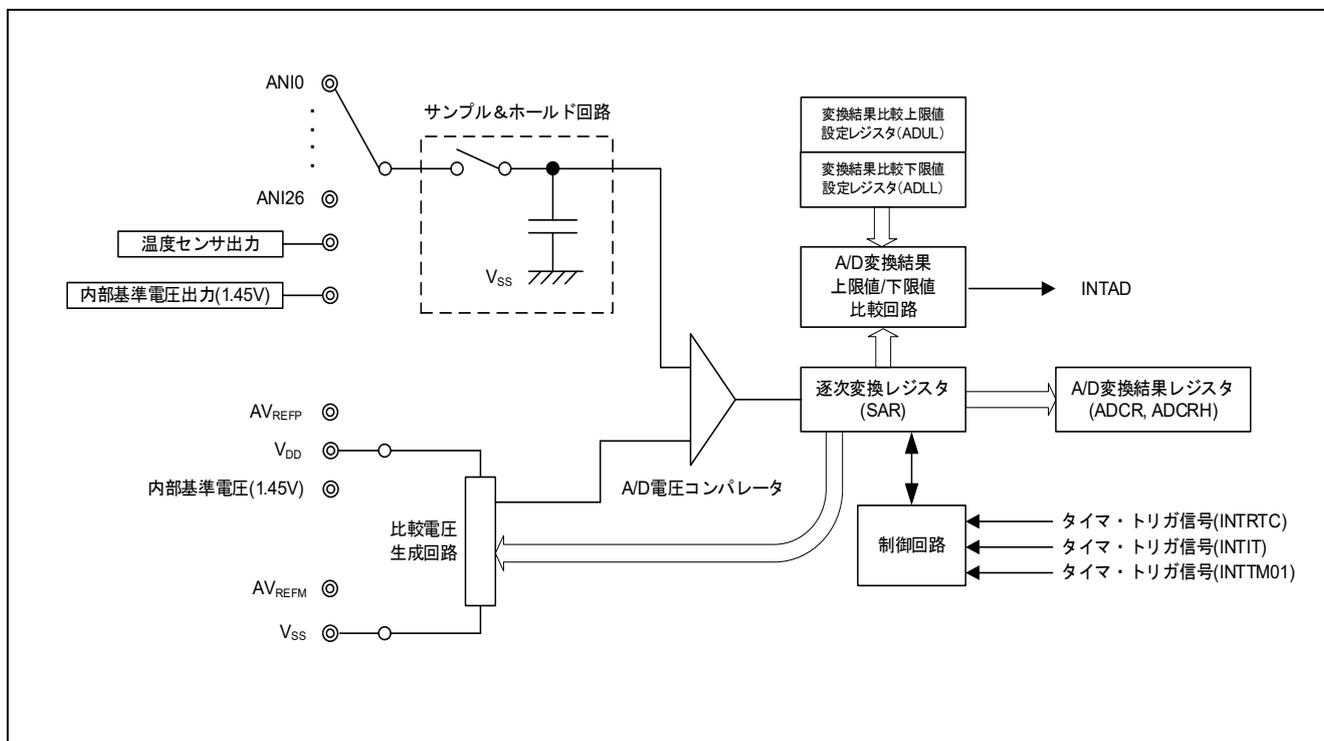


図 1.2 RL78/G13 の A/D コンバータのブロック図

表 1.3 に 78K0/Kx2 と RL78/G13 の A/D コンバータの機能を示します。

表 1.3 機能対応表

78K0/Kx2 A/D コンバータ	RL78/G13 A/D コンバータ
A/D 変換 (10 ビット)	A/D 変換 (10 ビット / 8 ビット)
-	A/D 変換チャンネル選択モード (セレクト / スキャン)
-	サンプリング・クロック選択
-	A/D 変換トリガ・モード (ソフトウェア・トリガ / ハードウェア・トリガ)
-	A/D 変換動作モード(連続変換 / ワンショット変換)
-	+側の基準電圧 (VDD / AVREFP / 内部基準電圧)
-	-側の基準電圧(VSS / AVREFM)
-	A/D 変換結果上限/下限チェック
-	SNOOZE モード
-	A/D テスト

78K0/Kx2 の A/D コンバータに対応している機能は、RL78/G13 の A/D コンバータ(10 ビット、セレクト、ソフトウェア・トリガ、連続変換) です。

## 2. A/D コンバータの相違点

表 2.1 と 表 2.2 に A/D コンバータの相違点を示します。

表 2.1 A/D コンバータの相違点 (1/2)

項目	78K0/Kx2 A/D コンバータ	RL78/G13 A/D コンバータ
変換時間 (min.)	6.1 $\mu$ s (注1)	2.125 $\mu$ s (注2)
総合誤差 (min.)	$\pm 0.4\%$ FSR (注3)	$\pm 3.5$ LSB (注4)
分解能	10 ビット	10 ビット/8 ビット
最大アナログ入力チャンネル	8ch	26ch
A/D 変換開始	ADM レジスタ ADCS = 1	ADM0 レジスタ ADCS = 1
A/D 変換停止	ADM レジスタ ADCS = 0	ADM0 レジスタ ADCS = 0
コンパレータの動作許可	ADM レジスタ ADCE = 1 (注5)	ADM0 レジスタ ADCE = 1 (注5)
コンパレータの動作禁止	ADM レジスタ ADCE = 0	ADM0 レジスタ ADCE = 0
A/D 変換結果レジスタ	ADCR, ADCRH レジスタ	ADCR, ADCRH レジスタ
チャンネル選択モード	なし	- セレクト・モード - スキャン・モード
変換動作モードの選択	なし	- ワンショット変換モード - 連続変換モード

注 1. 78K0/Kx2 の場合,  $4.0V \leq AVREF \leq 5.5V$  のとき。

注 2. RL78/G13 の場合,  $3.6V \leq VDD \leq 5.5V$ , 10 ビット分解能,  
変換対象: ANI0-ANI14, ANI16-ANI26 のとき。

注 3. 分解能 10 ビットのとき,  $\pm 4$ LSB 相当。1 LSB =  $1/2^{10} = 1/1024 = 0.098\%$ FSR

注 4. RL78/G13 の場合,  $1.8V \leq VDD = AVREFP \leq 5.5V$ , 基準電圧(+) = AVREFP/ANI0,  
基準電圧(-) = AVREFM/ANI1, 変換対象: ANI2-ANI14 のとき。

注 5. ADCE に 1 を設定してから 1 $\mu$ s 以上経過したあとに, ADCS に 1 を設定することで, 最初の変換データより有効となります。1 $\mu$ s 以上ウエイトしないで ADCS に 1 を設定した場合は, 最初の変換データを無視してください。

備考. 製品によって搭載している機能が異なります。詳細については, 各製品のユーザーズマニュアルハードウェア編を参照してください。

表 2.2 A/D コンバータの相違点 (2/2)

項目	78K0/Kx2 A/D コンバータ	RL78/G13 A/D コンバータ
動作電圧モード	- LV0 = 0 (注1) - LV0 = 1 (注2)	- 標準 1 / 標準 2 モード (注3) - 低電圧 1 / 低電圧 2 モード (注4)
サンプリング時間	固定	標準 1 / 低電圧 1 モード サンプリング・クロック数 : $7 \times f_{AD}$ 標準 2 / 低電圧 2 モード サンプリング・クロック数 : $5 \times f_{AD}$
A/D 変換トリガ・モード の選択	なし	- ソフトウェア・トリガ - ハードウェア・トリガ・ノーウエイト・ モード - ハードウェア・トリガ・ウエイト・ モード
ハードウェア・トリガ信号の 選択	なし	- タイマ・チャンネル 01 のカウント完了 またはキャプチャ完了割り込み信号 (INTTM01) - リアルタイム・クロック割り込み信号 (INTRTC) - 12 ビット・インターバル・タイマ 割り込み信号 (INTIT)
基準電圧入力端子 (+側)	AVREF 端子	- P20/AVREFP/ANI0 から供給 - VDD から供給 - 内部基準電圧 (1.45V) 供給 (注5)
基準電圧入力端子 (-側)	AVSS 端子	- P21/AVREFM/ANI1 端子 - VSS から供給
変換結果上限/ 下限値チェック	なし	- ADLLレジスタ $\leq$ ADCRレジスタ $\leq$ ADUL レジスタのとき, INTAD割り込み発生。 - ADCRレジスタ $<$ ADLLレジスタまたは ADULレジスタ $<$ ADCRレジスタのとき, INTAD割り込み発生。
割り込み発生タイミング	AD変換を完了し, AD変換結果がAD 変換結果レジスタに転送されると同 時に割り込み要求信号 (INTAD) が 発生。	AD変換を完了し, AD変換結果がAD変換 結果レジスタに転送されると同時に割り込 み要求信号 (INTAD) が発生。
SNOOZE モードの設定	なし	あり
A/D テスト	なし	あり
デジタル入出力 (D) / アナログ入力 (A) の切り替え	ADPCレジスタにて, 1ビット単位で切り替え (注6)	ADPCレジスタにて, 1ビット単位で切り替え (注7)

注 1.  $2.7 \text{ V} \leq \text{AVREF} \leq 5.5 \text{ V}$  のとき選択可能。

注 2.  $2.3 \text{ V} \leq \text{AVREF} \leq 5.5 \text{ V}$  のとき選択可能。

注 3.  $2.7 \text{ V} \leq \text{VDD} \leq 5.5 \text{ V}$  のとき選択可能。

注 4.  $1.6 \text{ V} \leq \text{VDD} \leq 5.5 \text{ V}$  のとき選択可能。

注 5. HS (高速メイン) モードでのみ選択可能です。

注 6. 78K0/Kx2 の場合, ANI7 から ANI0 の順にアナログ入力(A)となります。

注 7. RL78/G13 の場合, ANI0 から ANI26 の順にアナログ入力(A)となります。

備考. 製品によって搭載している機能が異なります。詳細については、各製品のユーザーズマニュアル  
ハードウェア編を参照してください。

### 3. レジスタの対比

表 2.3 に A/D コンバータのレジスタの対比表を示します。

表 3.3 レジスタ・ビットの相違点

設定項目	78K0/Kx2	RL78/G13
A/D コンバータへのクロック供給	なし	PER0 レジスタ ADCEN ビット
A/D 変換動作の制御	ADM レジスタ ADCS ビット	ADM0 レジスタ ADCS ビット
コンパレータの動作制御	ADM レジスタ ADCE ビット	ADM0 レジスタ ADCE ビット
A/D 変換時間の選択	ADM レジスタ FR2 - FR0 ビット LV1, LV0 ビット	ADM レジスタ FR2 - FR0 ビット LV1, LV0 ビット
10 ビット A/D 変換結果レジスタ	ADCR レジスタ	ADCR レジスタ
8 ビット A/D 変換結果レジスタ	ADCRH レジスタ	ADCRH レジスタ
アナログ入力チャンネル 指定レジスタ	ADS レジスタ ADS2 - ADS0 ビット	ADS レジスタ ADISS ビット, ADS4 - ADS0 ビット
A/D ポート・コンフィギュレーション・レジスタ	ADPC レジスタ ADPC3 - ADPC0 ビット	ADPC レジスタ ADPC3 - ADPC0 ビット
A/D 変換チャンネル選択モードを設定	なし	ADM0 レジスタ ADMD ビット
A/D 変換トリガ・モードの選択	なし	ADM1 レジスタ ADTMD1, ADTMD0 ビット
A/D 変換動作モードの設定	なし	ADM1 レジスタ ADSCM ビット
ハードウェア・トリガ信号の選択	なし	ADM1 レジスタ ADTRS1, ADTRS0 ビット
A/D コンバータの+側の 基準電圧の選択	なし	ADM2 レジスタ ADREFP1, ADREFP0 ビット
A/D コンバータの-側の 基準電圧の選択	なし	ADM2 レジスタ ADREFM ビット
変換結果上限 / 下限値チェック	なし	ADM2 レジスタ ADRCK ビット
SNOOZE モードの設定	なし	ADM2 レジスタ AWC ビット
A/D 変換分解能の選択	なし	ADM2 レジスタ ADTYP ビット
変換結果比較上限値設定レジスタ	なし	ADUL レジスタ
変換結果比較下限値設定レジスタ	なし	ADLL レジスタ
A/D テスト・レジスタ	なし	ADTES レジスタ ADTES1, ADTES0 ビット

備考. 製品によって搭載している機能が異なります。詳細については、各製品のユーザーズマニュアルハードウェア編を参照してください。

#### 4. A/D コンバータのサンプルコード

A/D コンバータのサンプルコードを説明したアプリケーションノートを示します。

- RL78/G13 A/D コンバータ (ソフトウェア・トリガ, 連続モード) CC-RL (R01AN2581)
- RL78/G13 A/D コンバータ (SNOOZE モード編) CC-RL (R01AN2804)

#### 5. 参考ドキュメント

ユーザーズマニュアル

- RL78/G13 ユーザーズマニュアル ハードウェア編 (R01UH0146)
- 78K0/Kx2 ユーザーズマニュアル ハードウェア編 (R01UH0008)  
(最新版をルネサスエレクトロニクスホームページから入手してください。)

テクニカルアップデート

(最新の情報をルネサスエレクトロニクスホームページから入手してください。)

学習ガイド

- コード生成プラグイン学習ガイド (R20UT3230)
- RL78/G13 コード生成の活用例(サンプルプログラム) (R20AN0399)

### 改訂記録

Rev.	発行日	改訂内容	
		ページ	ポイント
1.00	2019.09.09	-	初版発行

## 製品ご使用上の注意事項

ここでは、マイコン製品全体に適用する「使用上の注意事項」について説明します。個別の使用上の注意事項については、本ドキュメントおよびテクニカルアップデートを参照してください。

### 1. 静電気対策

CMOS 製品の取り扱いの際は静電気防止を心がけてください。CMOS 製品は強い静電気によってゲート絶縁破壊を生じることがあります。運搬や保存の際には、当社が出荷梱包に使用している導電性のトレーやマガジンケース、導電性の緩衝材、金属ケースなどを利用し、組み立て工程にはアースを施してください。プラスチック板上に放置したり、端子を触ったりしないでください。また、CMOS 製品を実装したボードについても同様の扱いをしてください。

### 2. 電源投入時の処置

電源投入時は、製品の状態は不定です。電源投入時には、LSI の内部回路の状態は不確定であり、レジスタの設定や各端子の状態は不定です。外部リセット端子でリセットする製品の場合、電源投入からリセットが有効になるまでの期間、端子の状態は保証できません。同様に、内蔵パワーオンリセット機能を使用してリセットする製品の場合、電源投入からリセットのかかる一定電圧に達するまでの期間、端子の状態は保証できません。

### 3. 電源オフ時における入力信号

当該製品の電源がオフ状態のときに、入力信号や入出力プルアップ電源を入れないでください。入力信号や入出力プルアップ電源からの電流注入により、誤動作を引き起こしたり、異常電流が流れ内部素子を劣化させたりする場合があります。資料中に「電源オフ時における入力信号」についての記載のある製品は、その内容を守ってください。

### 4. 未使用端子の処理

未使用端子は、「未使用端子の処理」に従って処理してください。CMOS 製品の入力端子のインピーダンスは、一般に、ハイインピーダンスとなっています。未使用端子を開放状態で動作させると、誘導現象により、LSI 周辺のノイズが印加され、LSI 内部で貫通電流が流れたり、入力信号と認識されて誤動作を起こす恐れがあります。

### 5. クロックについて

リセット時は、クロックが安定した後、リセットを解除してください。プログラム実行中のクロック切り替え時は、切り替え先クロックが安定した後に切り替えてください。リセット時、外部発振子（または外部発振回路）を用いたクロックで動作を開始するシステムでは、クロックが十分安定した後、リセットを解除してください。また、プログラムの途中で外部発振子（または外部発振回路）を用いたクロックに切り替える場合は、切り替え先のクロックが十分安定してから切り替えてください。

### 6. 入力端子の印加波形

入力ノイズや反射波による波形歪みは誤動作の原因になりますので注意してください。CMOS 製品の入力がノイズなどに起因して、 $V_{IL}$  (Max.) から  $V_{IH}$  (Min.) までの領域にとどまるような場合は、誤動作を引き起こす恐れがあります。入力レベルが固定の場合はもちろん、 $V_{IL}$  (Max.) から  $V_{IH}$  (Min.) までの領域を通過する遷移期間中にチャタリングノイズなどが入らないように使用してください。

### 7. リザーブアドレス（予約領域）のアクセス禁止

リザーブアドレス（予約領域）のアクセスを禁止します。アドレス領域には、将来の拡張機能用に割り付けられている リザーブアドレス（予約領域）があります。これらのアドレスをアクセスしたときの動作については、保証できませんので、アクセスしないようにしてください。

### 8. 製品間の相違について

型名の異なる製品に変更する場合は、製品型名ごとにシステム評価試験を実施してください。同じグループのマイコンでも型名が違くと、フラッシュメモリ、レイアウトパターンの相違などにより、電気的特性の範囲で、特性値、動作マージン、ノイズ耐量、ノイズ輻射量などが異なる場合があります。型名が違う製品に変更する場合は、個々の製品ごとにシステム評価試験を実施してください。

## 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。お客様の機器・システムの設計において、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には、お客様の責任において行ってください。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、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、全部または一部を問わず、改造、改変、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、改変、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。
5. 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）、交通制御（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。

6. 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。
7. 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。
8. 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。
9. 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。
10. 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いたします。
11. 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。
12. 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.4.0-1 2017.11)

## 本社所在地

〒135-0061 東京都江東区豊洲 3-2-24（豊洲フォレシア）

[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。