

RL78/G1A

R01AN1843JJ0100

Rev.1.00

2013.12.16

12 ビット A/D コンバータの変換精度向上方法

要旨

本アプリケーションノートでは、一般的な A/D コンバータの変換精度向上方法に加え、RL78/G1A の 12 ビット A/D コンバータの変換精度向上方法を説明します。また、実際の A/D 変換結果の提示に加え、電気的特性の考え方を説明します。

対象デバイス

RL78/G1A

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. A/D コンバータの変換精度向上方法	3
1.1 一般的な A/D コンバータの変換精度向上方法	3
1.2 RL78/G1A の 12 ビット A/D コンバータの変換精度向上方法	4
1.2.1 基準電圧とアナログ入力端子の選択	4
1.2.2 ソフトウェアによる変換精度の向上方法	5
2. RL78/G1A 12 ビット A/D コンバータによる測定結果	6
2.1 評価環境	6
2.2 ハードウェア構成	6
2.3 評価項目	7
2.4 評価結果	7
3. 他社製品の A/D コンバータ	14
3.1 スペック	14
3.2 測定結果の比較	15
4. A/D コンバータの電気的特性	15
参考ドキュメント	17

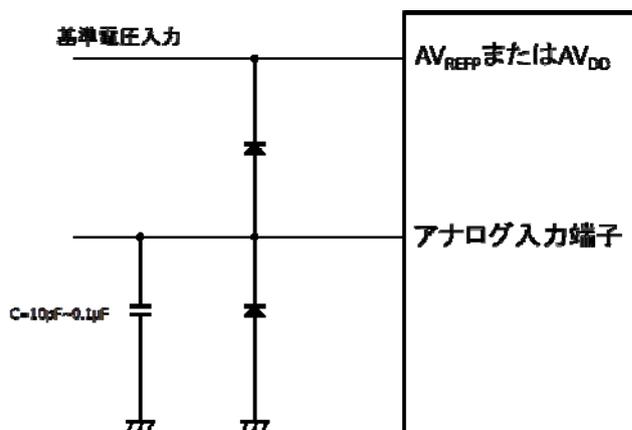
1. A/D コンバータの変換精度向上方法

1.1 一般的な A/D コンバータの変換精度向上方法

基準電圧端子、アナログ入力端子にノイズが印加されると期待通りの精度を得ることが出来ません。精度よく A/D 変換を行うためには、システムとして十分なノイズ対策を行う必要があります。

- ・アナログ入力源の出カインピーダンスが高いほどノイズの影響を受けやすくなります。ノイズを低減するために、図 1 のようにコンデンサを使用します。デジタル信号とアナログ信号は、交差、近接させずに分離します。

図 1 アナログ入力端子の処理



- ・A/D 変換中に、アナログ入力端子と隣接する端子をデジタル入出力ポートとして使用すると、カップリングノイズによって A/D 変換値が期待値と異なることがあります。A/D 変換中は、アナログ入力端子の隣接する端子に、デジタル信号のような急激に変化するパルスを入力または出力しないでください。

- ・A/D 変換は、デジタル信号による干渉や電磁波などに起因する外来ノイズの影響を受けます。この影響を抑えるために、基板をアナログ領域とデジタル領域に分けて配線します。また、配線は太く、短くします。GND はすべて共通にして一点で接地します。A/D 変換の基準電圧に選択した端子は、他の電源端子と分離してください。

また、デバイスにできるだけ近い距離で、等価抵抗が小さく周波数応答のよいコンデンサを $AV_{DD} - AV_{SS}$ 間に最短距離で配置してください。さらに、コンデンサへの配線はインピーダンスができるだけ小さくなるように考慮してください。

1.2 RL78/G1A の 12 ビット A/D コンバータの変換精度向上方法

1.2.1 基準電圧とアナログ入力端子の選択

①基準電圧の選択

RL78/G1A は、使用条件に合わせて、A/D コンバータの基準電圧を選択することができます。

表 1 A/D コンバータの基準電圧のメリット / デメリット

A/D コンバータの基準電圧		メリット	デメリット
＋側	－側		
AV _{REFP} 端子	AV _{REFM} 端子	A/D コンバータの基準電圧専用の端子であるため、他の端子や CPU の動作の影響を受けにくい。	アナログ入力端子と兼用しているため、アナログ入力端子 2 本が使用不可となる。
AV _{DD} 端子	AV _{SS} 端子	すべてのアナログ入力端子を使用できる。	デジタル端子の電源と兼用しているため、端子の入出力動作の影響を受けやすい。
内部基準電圧	V _{SS} 端子	すべてのアナログ入力端子を使用できる。	8 ビット A/D 変換のみ対応で、12 ビット A/D 変換を行うことができない。

より高精度な A/D 変換を行う場合には、AV_{REFP} 端子/AV_{REFM} 端子を選択する必要があります。

②アナログ入力端子の選択

RL78/G1A は、電源が異なる 2 種類のアナログ入力端子があります。

表 2 アナログ入力端子とその特長

アナログ入力チャネル	特長
高精度チャネル : ANI0 – ANI12 (AV _{DD} 系アナログ入力端子)	AV _{DD} を電源とする端子 デジタル I/O とアナログ入力を兼用している
標準チャネル : ANI16 – ANI30 (EV _{DD0} 系アナログ入力端子)	EV _{DD0} を電源とする端子 アナログ入力と通信やタイマ入出力などのデジタル機能を兼用している

高精度チャネルを使用すると、より精度良く A/D 変換を行うことができます。また、高精度チャネルを使用し、かつ、他の高精度チャネルをデジタル入出力として使用しないことで、カップリングノイズを低減させることができます。

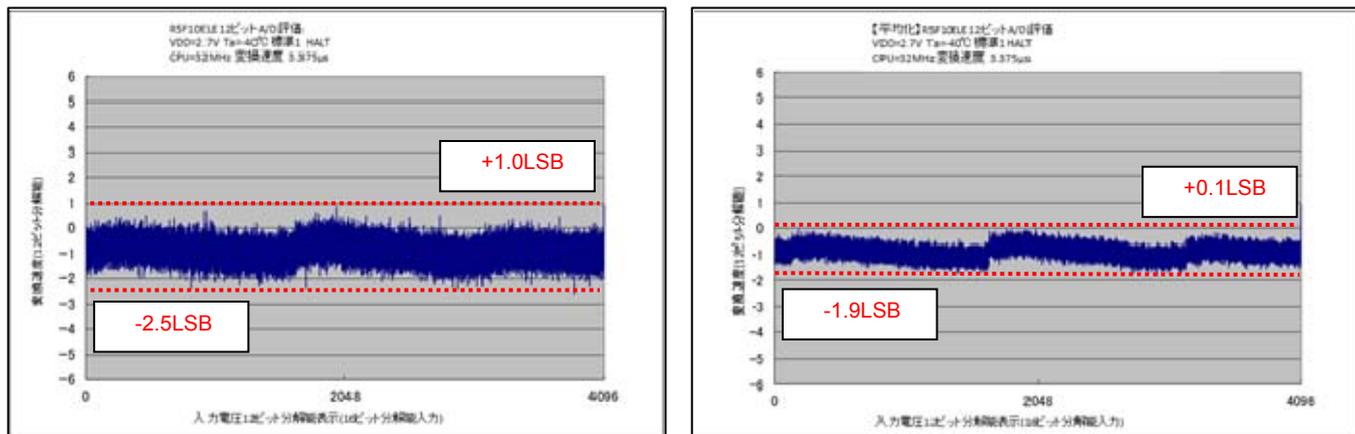
AV_{REFP} 端子/AV_{REFM} 端子を基準電圧とする場合、AV_{REFP} 端子/AV_{REFM} 端子に近い端子の方が、安定した A/D 変換結果が得られます。

1.2.2 ソフトウェアによる変換精度の向上方法

(1) 変換結果の平均化による精度向上

複数回連続で A/D 変換を行い、その結果を平均します。これによって、突発的なノイズの影響を抑え、変換結果の精度を向上させることができます。

1 回のみ A/D 変換でも十分な精度を確保できますが、5 回連続変換を行い平均化することで精度を向上させることができます。



注. 変換結果は量子化誤差を含みます。

図 2 変換結果の例 (左)1 回変換 (右)5 回平均

5 回平均の変換結果は以下の方法を実施しています。

- ① 1 つのアナログ入力を 5 回連続して A/D 変換を行い、それらの結果を加算します。
- ② RL78/G1A 搭載の乗除積和演算器を使用し結果を平均します。

(2) HALT モードによる精度の向上

A/D 変換開始直後に CPU を HALT モードに設定すると、CPU 要因のノイズを低減することができるため、更なる精度向上が可能です。

2. RL78/G1A 12ビット A/D コンバータによる測定結果

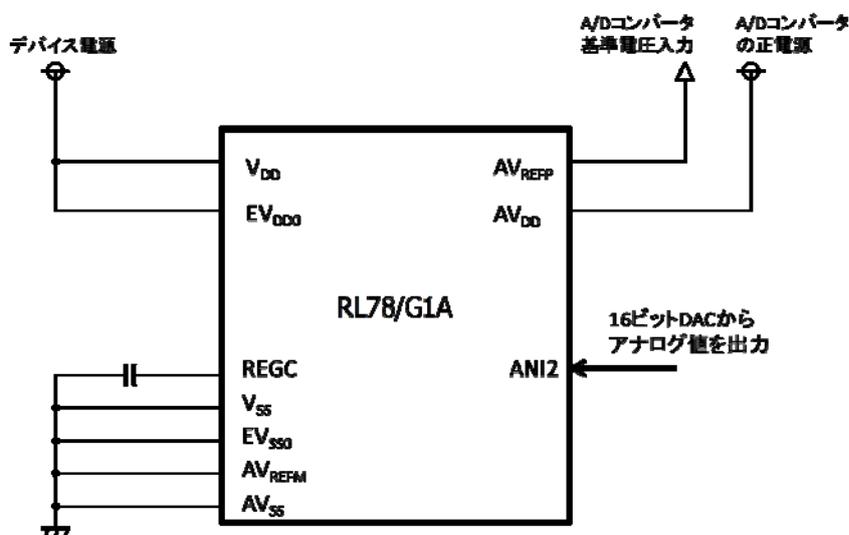
2.1 評価環境

測定製品：R5F10ELE (RL78/G1A)

測定方法：16ビット D/A コンバータからアナログ値を出力し、A/D 変換を行います。

測定結果の見方：理想値から測定値を引いた値(誤差)をグラフ化しています。

2.2 ハードウェア構成



注意 1 この回路イメージは、接続の概要を示すために簡略化しています。実際に回路を作成される場合は、端子処理などを適切に行い、電気的特性を満たすように設計してください。(入力専用ポートは個別に抵抗を介して V_{DD} または V_{SS} に接続してください。)

注意 2 A/D コンバータの基準電源は、他の電源と分離してください。また、GND は一点で接地してください。

2.3 評価項目

測定端子：高精度チャネル ANI2

基準電源(+): AV_{REFP} 基準電源(-): AV_{REFM}

電圧範囲：2.4V / 2.7V / 3.3V

測定温度：-40°C / 25°C / 85°C

CPU 動作モード：HALT モード

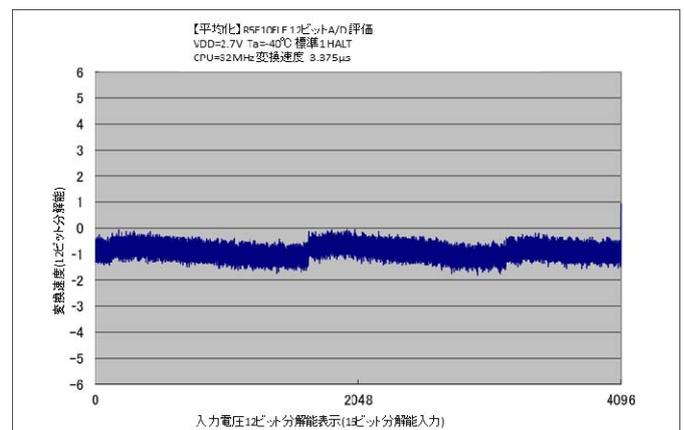
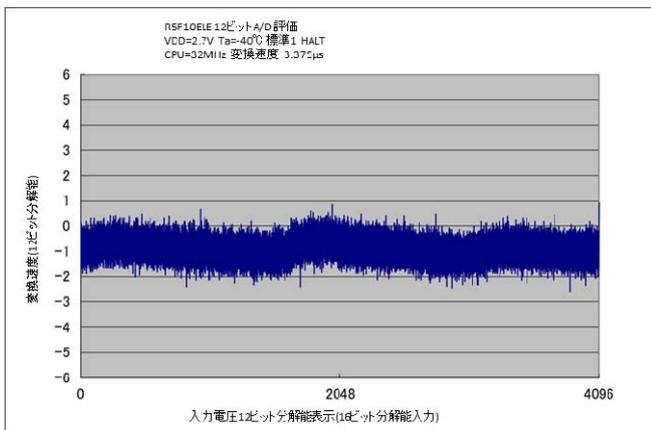
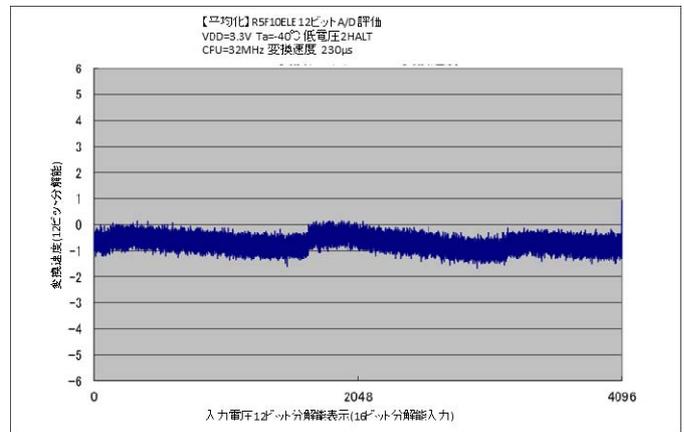
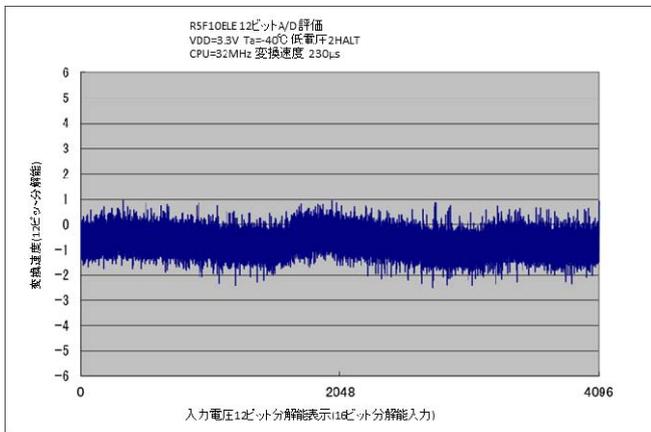
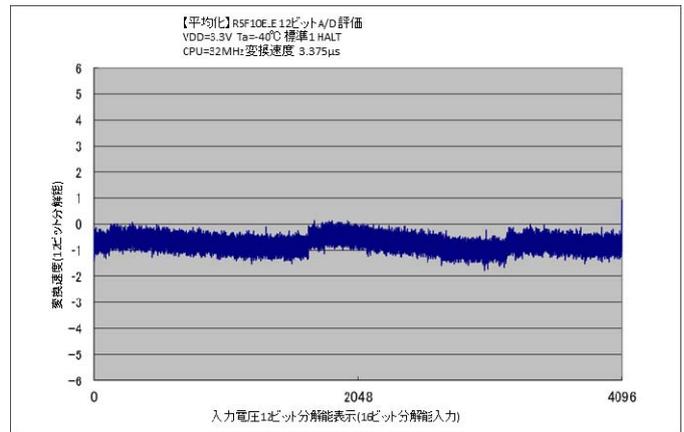
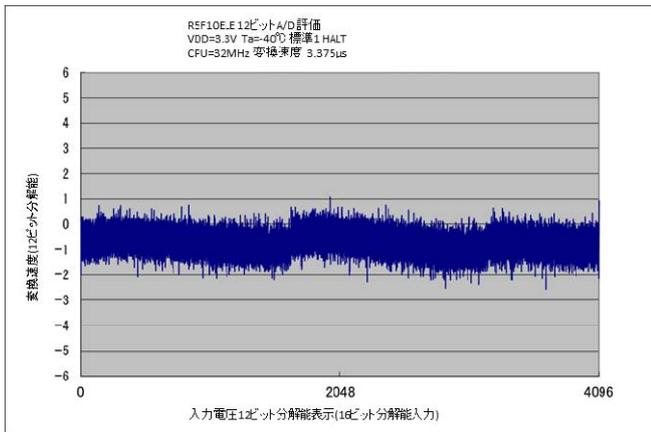
A/D 変換速度：3.375 μ s(標準 1) / 230 μ s(低電圧 2)

変換結果の平均化：なし / 5 回平均

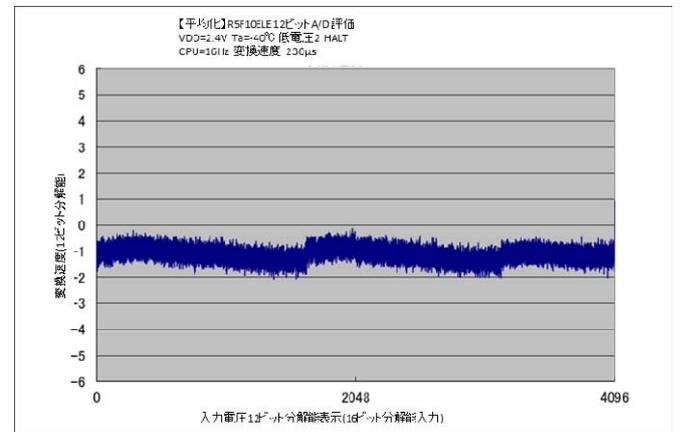
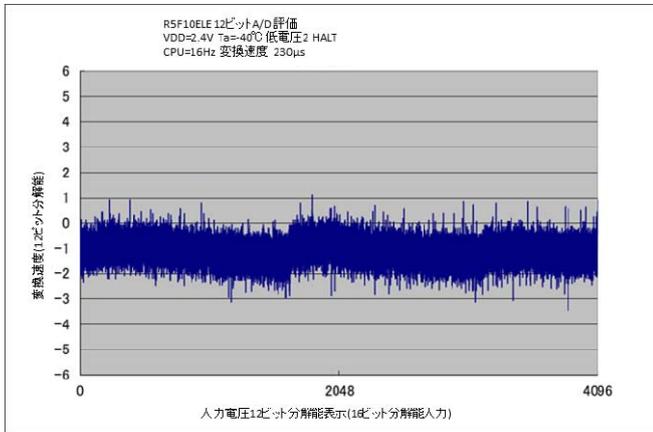
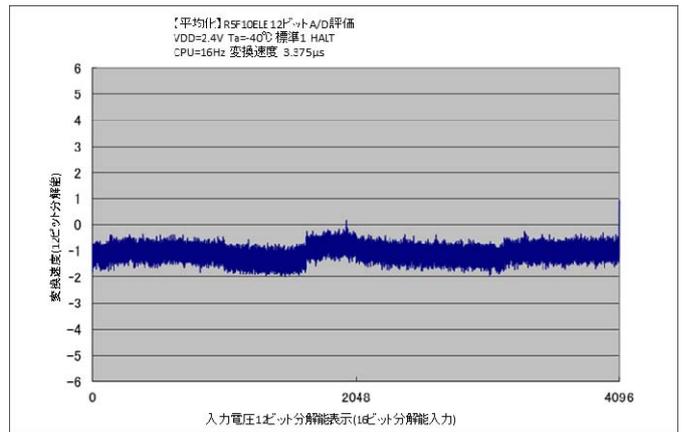
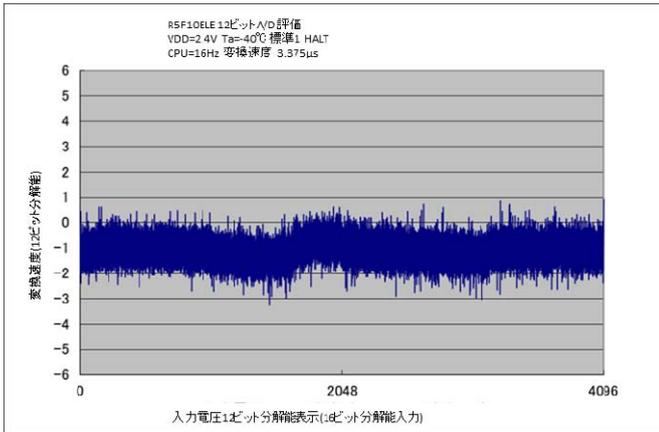
2.4 評価結果

RL78/G1A の 12 ビット A/D コンバータの変換結果を p.8~p.14 に示します。

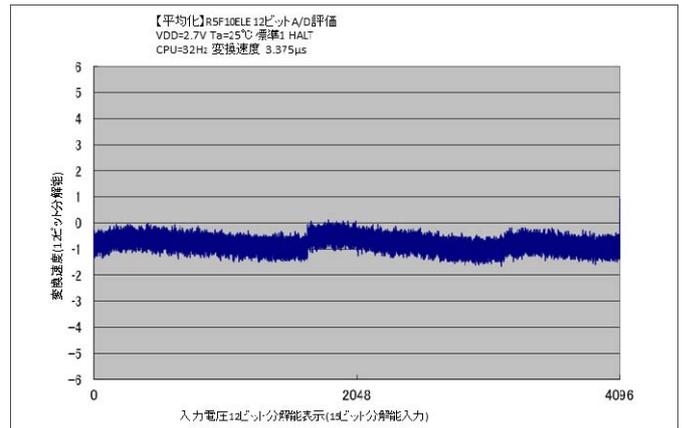
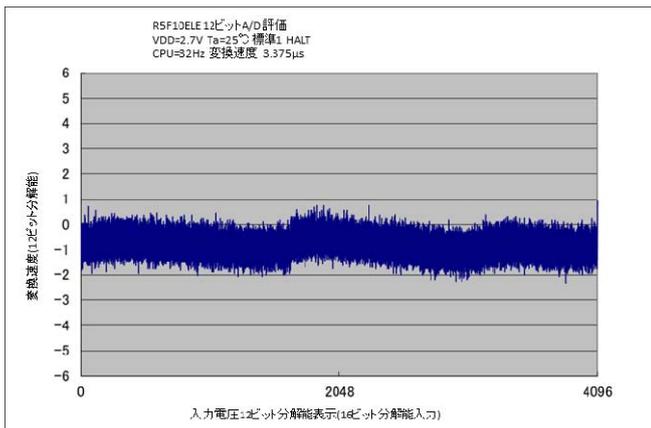
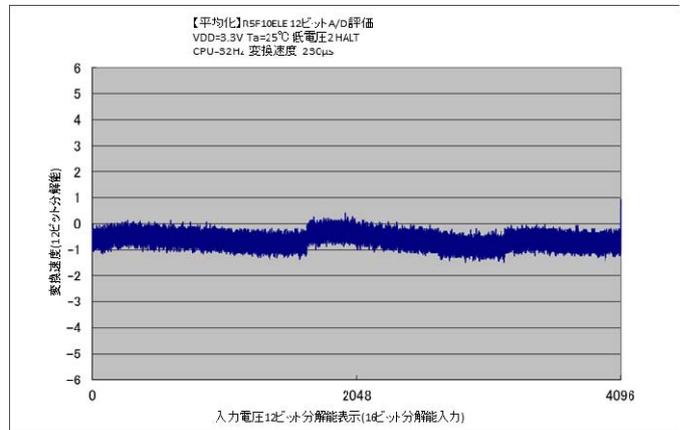
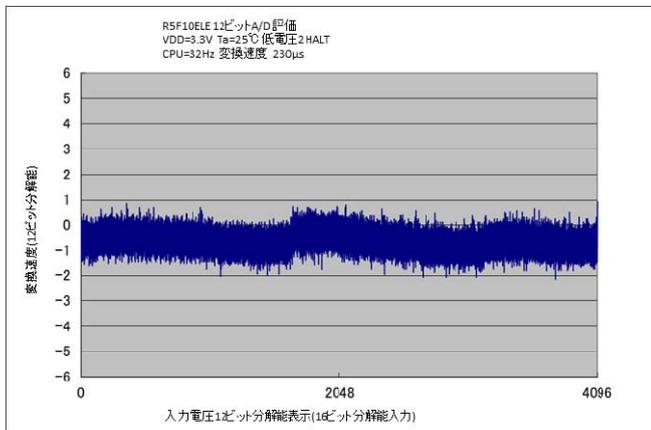
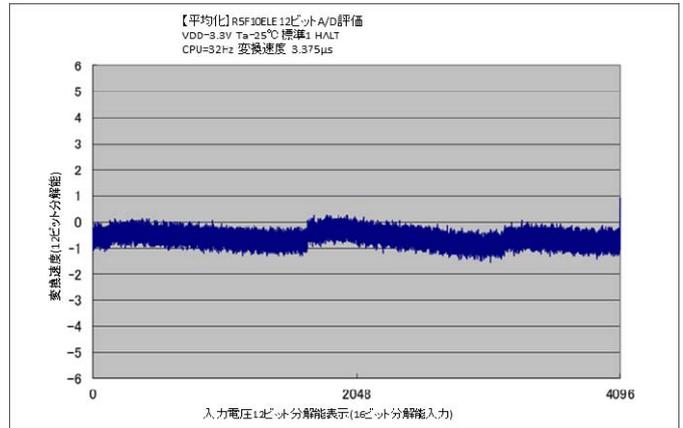
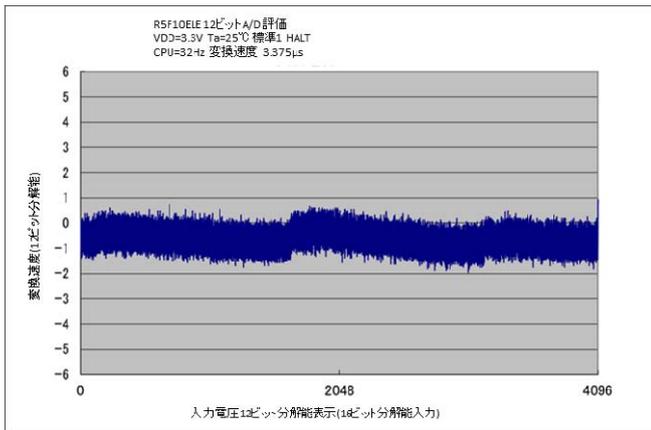
-40°Cの場合(1/2)



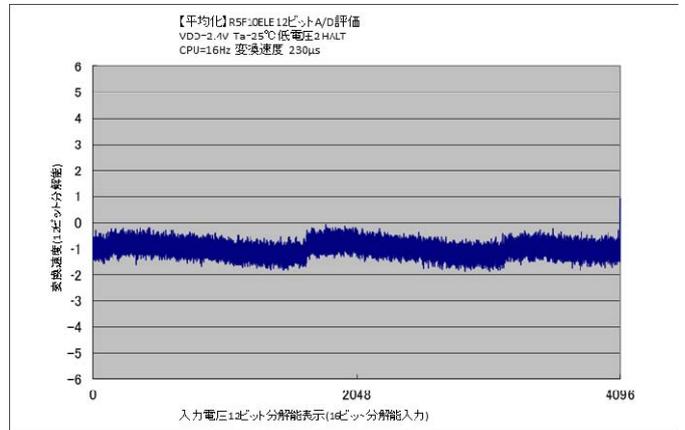
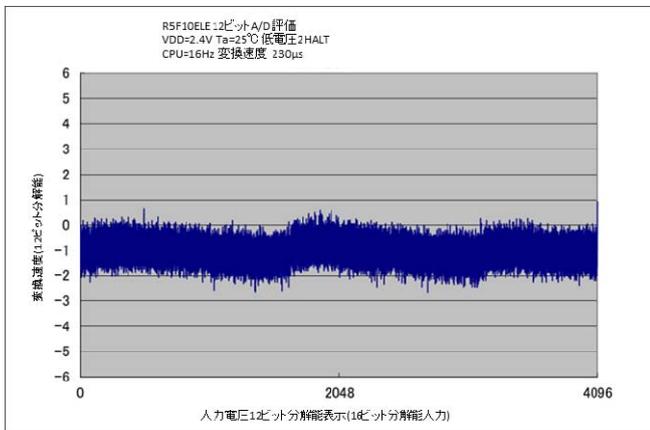
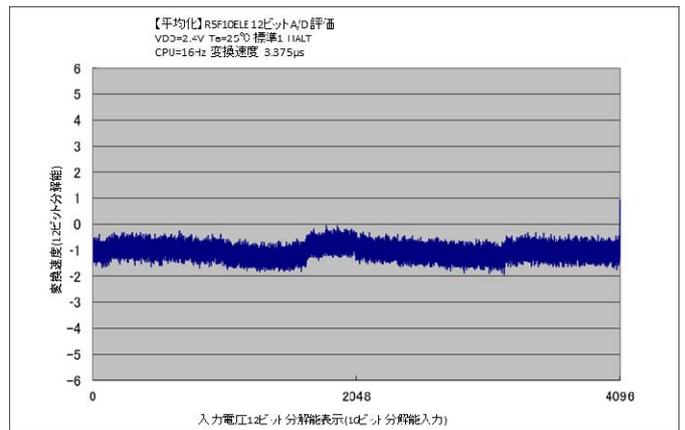
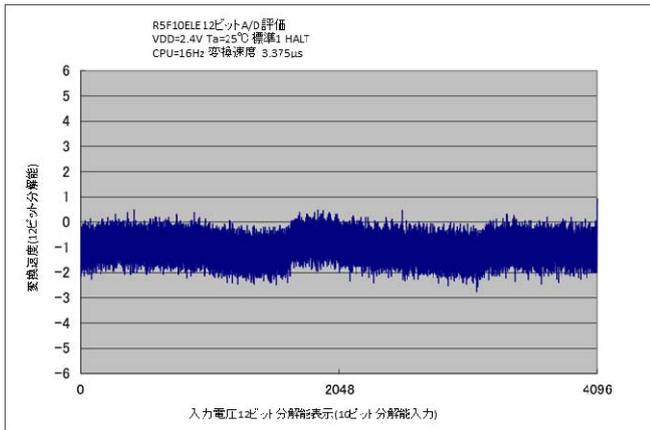
-40°Cの場合(2/2)



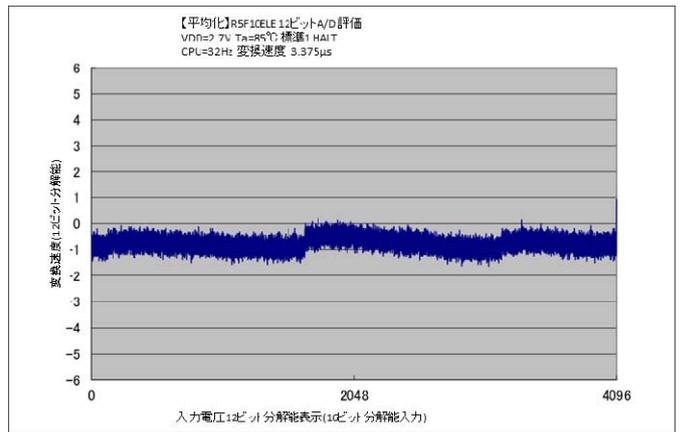
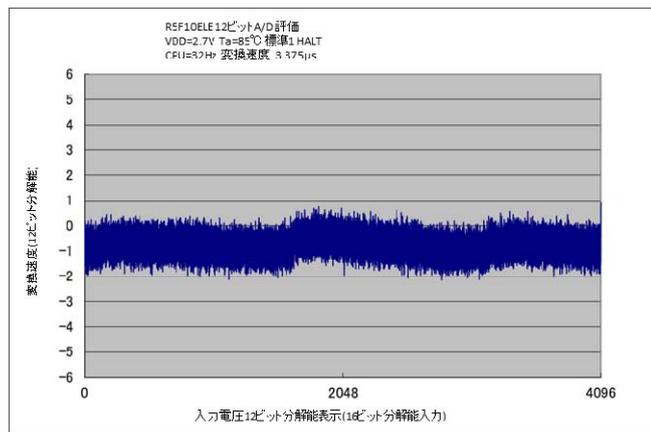
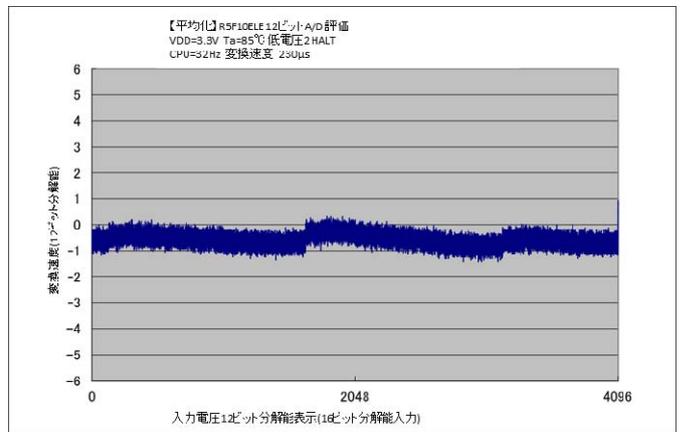
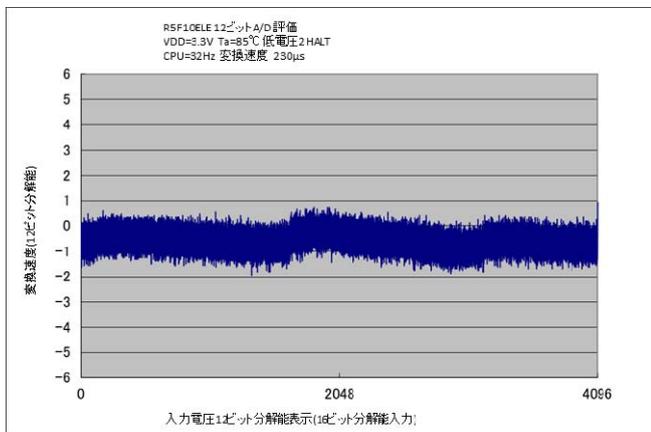
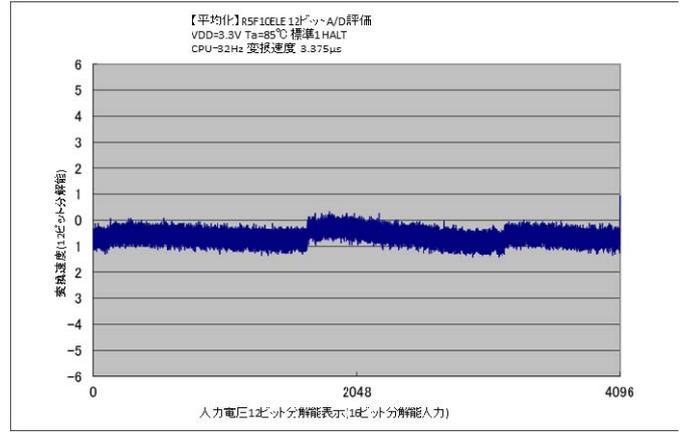
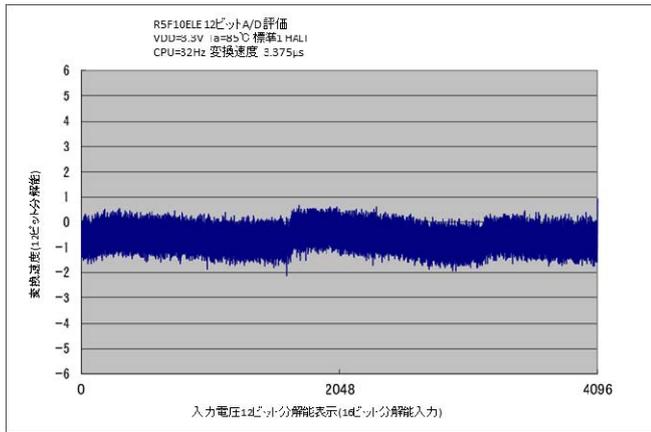
25°Cの場合(1/2)



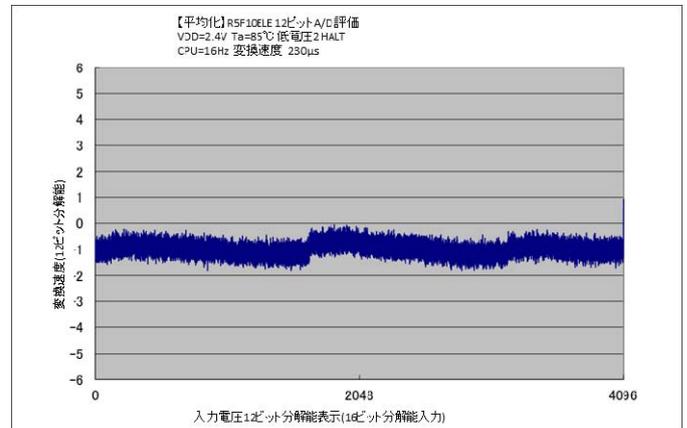
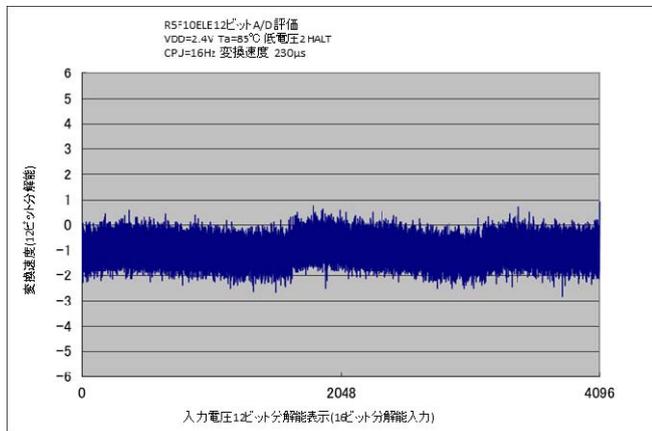
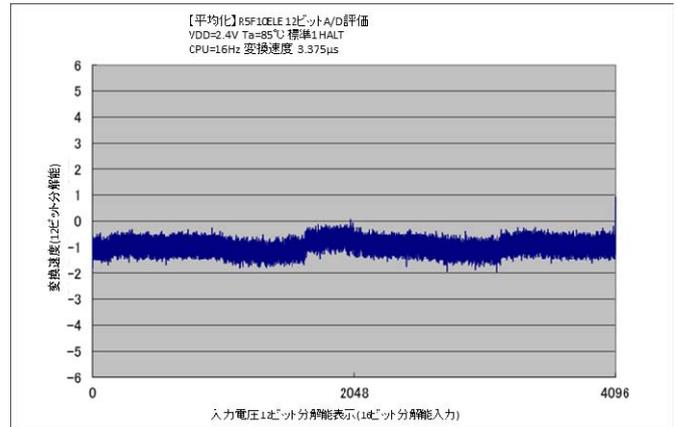
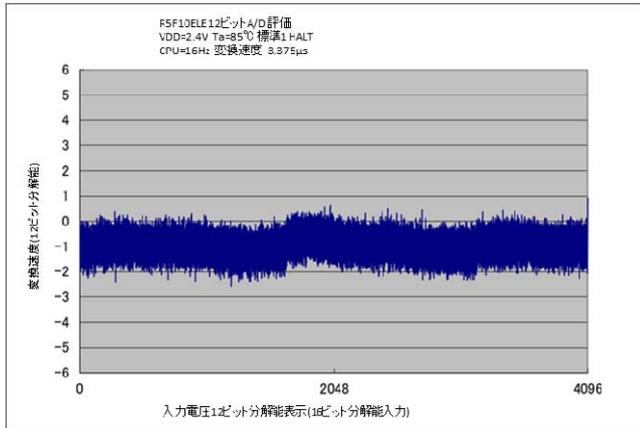
25°Cの場合(2/2)



85°Cの場合(1/2)



85°Cの場合(2/2)



3. 他社製品の A/D コンバータ

3.1 スペック

データシートに記載された A/D コンバータ特性

	Renesas RL78/G1A		STmicro STM8L152		STmicro STM32F051		
	TYP.	MAX.	TYP.	MAX.	TYP.	MAX.	
総合誤差	±1.7	±3.3	2	4	±3.3	±4	LSB
ゼロスケール誤差	±1.3	±3.2	1	2	±1.9	±2.8	LSB
フルスケール誤差	±0.7	±2.9	1.5	3	±2.8	±3	LSB
積分直線性誤差	±1.0	±1.4	1.7	3	±1.2	±1.7	LSB
微分直線性誤差	±0.9	±1.2	1	2	±0.7	±1.3	LSB
電源電圧	2.7 ~ 3.6		2.4 ~ 3.6		2.7 ~ 3.6		V
動作周囲温度	-40 ~ 85		-40 ~ 125		-40 ~ 105		°C
備考	<p>注 1. TYP.値は、$AV_{DD} = AV_{REFP} = 3V$, $T_A = 25^{\circ}C$の平均値です。MAX.値は正規分布における、平均値$\pm 3\sigma$の値です。</p> <p>2. この値は特性評価結果による値であり、出荷検査は行っていません。</p> <p>3. 量子化誤差 ($\pm 1/2$ LSB) を含みません。</p>		<p>Data is guaranteed by characterization result, not tested in production.</p> <p>Based on characterization, the minimum and maximum values refer to sample tests and represent the mean value plus or minus three times the standard deviation ($mean \pm 3\sigma$).</p>		<p>Based on characterization, not tested in production.</p> <p>Based on characterization, the minimum and maximum values refer to sample tests and represent the mean value plus or minus three times the standard deviation ($mean \pm 3\sigma$).</p>		

3.2 測定結果の比較

RL78/G1A と STmicro 社製品を同等条件で測定した結果の比較。

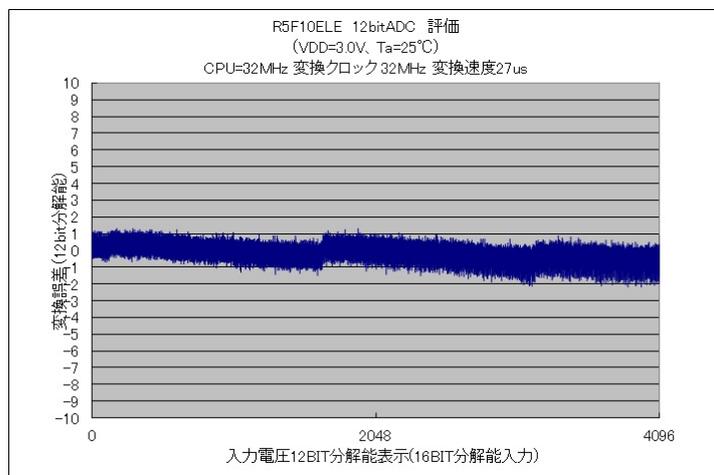


図 3 RL78/G1A

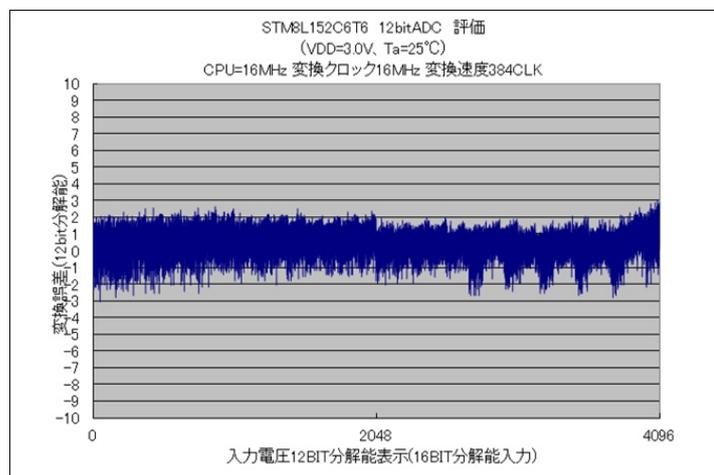


図 4 STM8L

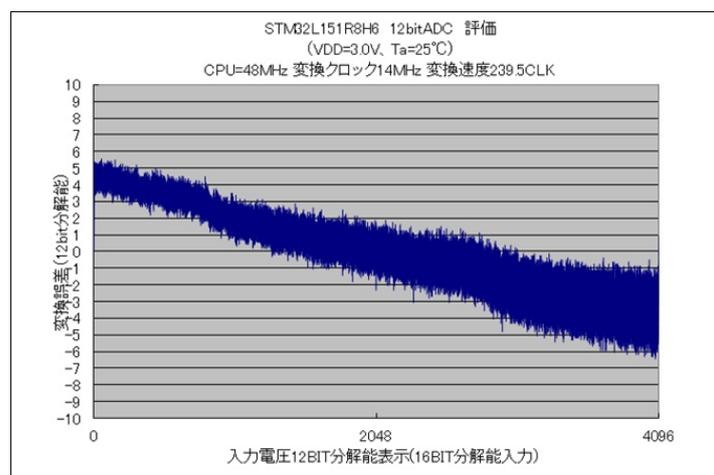


図 5 STM32L

4. A/D コンバータの電気的特性

RL78/G1A では従来の電気的特性に加え、新しい概念の A/D コンバータの電気的特性を記載しています。

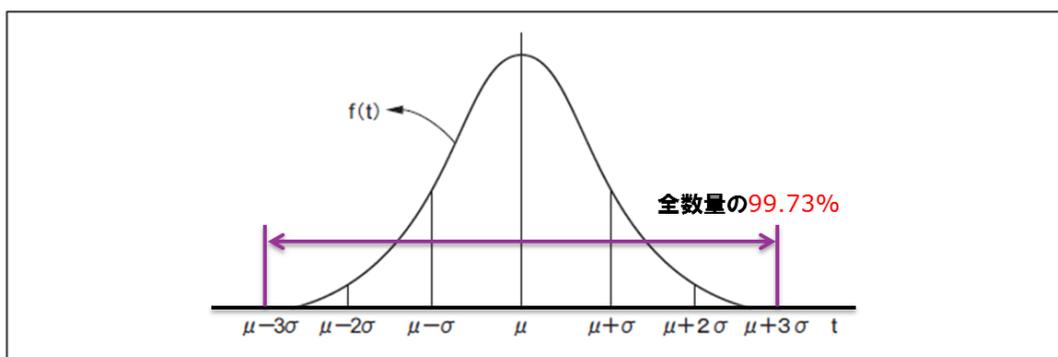
この新しい電気的特性には、以下の注意事項があります。

- 注 1. TYP.値は、 $AV_{DD} = AV_{REFP} = 3V$, $T_A = 25^{\circ}C$ の平均値です。MAX.値は正規分布における、平均値 $\pm 3\sigma$ の値です。
2. この値は特性評価結果による値であり、出荷検査は行っていません。

上記の注釈について説明します。

正規分布について

- 正規分布は、一般のデータ解析、管理された特性値、誤差の分布及び品質管理等に広く用いられている確率の考え方です。
- 一般に正規分布は、平均値 μ 、標準偏差 σ で表され、 $N(\mu, \sigma^2)$ でその分布が示されます。
注意事項の“平均値 $\pm 3\sigma$ ”は、 $\mu \pm 3\sigma$ の分布という意味で、出荷されるデバイス全数量の 99.73%が対象になります。



出荷テストは実施していませんが、出荷されるデバイス全数量の 99.73%が電気的特性に収まることとなります。

参考ドキュメント

ユーザーズマニュアル：ハードウェア

RL78/G1Aユーザーズマニュアル ハードウェア編 Rev.2.00 (R01UH0305J)

(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／テクニカルニュース

(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。)

ホームページとサポート窓口

ルネサス エレクトロニクスホームページ

<http://japan.renesas.com>

お問合せ先

<http://japan.renesas.com/contact/>

改訂記録	RL78/G1A アプリケーションノート
改訂記録	[12ビット A/D コンバータの変換精度向上方法]

Rev.	発行日	改訂内容	
		ページ	ポイント
1.00	2013.12.16	—	初版発行

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。

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. 未使用端子の処理

【注意】未使用端子は、本文の「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。未使用端子は、本文「未使用端子の処理」で説明する指示に従い処理してください。

2. 電源投入時の処置

【注意】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. リザーブアドレス（予約領域）のアクセス禁止

【注意】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、将来の機能拡張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。

4. クロックについて

【注意】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。

5. 製品間の相違について

【注意】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、内部ROM、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、お客様または第三者に生じた損害に関し、当社は、一切その責任を負いません。
2. 本資料に記載されている情報は、正確を期すため慎重に作成したのですが、誤りがないことを保証するものではありません。万一、本資料に記載されている情報の誤りに起因する損害がお客様に生じた場合においても、当社は、一切その責任を負いません。
3. 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に関し、当社は、何らの責任を負うものではありません。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. 当社製品を改造、改変、複製等しないでください。かかる改造、改変、複製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）、交通用信号機器、
防災・防犯装置、各種安全装置等
当社製品は、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（原子力制御システム、軍事機器等）に使用されることを意図しておらず、使用することはできません。たとえ、意図しない用途に当社製品を使用したことによりお客様または第三者に損害が生じても、当社は一切その責任を負いません。なお、ご不明点がある場合は、当社営業にお問い合わせください。
6. 当社製品をご使用の際は、当社が指定する最大定格、動作電源電圧範囲、放熱特性、実装条件その他の保証範囲内でご使用ください。当社保証範囲を超えて当社製品をご使用された場合の故障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、当社製品は耐放射線設計については行っていません。当社製品の故障または誤動作が生じた場合も、人身事故、火災事故、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。お客様が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. 本資料に記載されている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。また、当社製品および技術を大量破壊兵器の開発等の目的、軍事利用の目的その他軍事用途に使用しないでください。当社製品または技術を輸出する場合は、「外国為替及び外国貿易法」その他輸出関連法令を遵守し、かかる法令の定めるところにより必要な手続を行ってください。
10. お客様の転売等により、本ご注意書き記載の諸条件に抵触して当社製品が使用され、その使用から損害が生じた場合、当社は何らの責任も負わず、お客様にてご負担して頂きますのでご了承ください。
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。

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とその総株主の議決権の過半数を直接または間接に保有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。



ルネサスエレクトロニクス株式会社

■営業お問合せ窓口

<http://www.renesas.com>

※営業お問合せ窓口の住所は変更になることがあります。最新情報につきましては、弊社ホームページをご覧ください。

ルネサス エレクトロニクス販売株式会社 〒100-0004 千代田区大手町 2-6-2（日本ビル）

■技術的なお問合せおよび資料のご請求は下記へどうぞ。
総合お問合せ窓口：<http://japan.renesas.com/contact/>