

致尊敬的顾客

关于产品目录等资料中的旧公司名称

NEC电子公司与株式会社瑞萨科技于2010年4月1日进行业务整合（合并），整合后的新公司暨“瑞萨电子公司”继承两家公司的所有业务。因此，本资料中虽还保留有旧公司名称等标识，但是并不妨碍本资料的有效性，敬请谅解。

瑞萨电子公司网址：<http://www.renesas.com>

2010年4月1日
瑞萨电子公司

【发行】瑞萨电子公司（<http://www.renesas.com>）

【业务咨询】<http://www.renesas.com/inquiry>

Notice

1. All information included in this document is current as of the date this document is issued. Such information, however, is subject to change without any prior notice. Before purchasing or using any Renesas Electronics products listed herein, please confirm the latest product information with a Renesas Electronics sales office. Also, please pay regular and careful attention to additional and different information to be disclosed by Renesas Electronics such as that disclosed through our website.
2. Renesas Electronics does not assume any liability for infringement of patents, copyrights, or other intellectual property rights of third parties by or arising from the use of Renesas Electronics products or technical information described in this document. No license, express, implied or otherwise, is granted hereby under any patents, copyrights or other intellectual property rights of Renesas Electronics or others.
3. You should not alter, modify, copy, or otherwise misappropriate any Renesas Electronics product, whether in whole or in part.
4. Descriptions of circuits, software and other related information in this document are provided only to illustrate the operation of semiconductor products and application examples. You are fully responsible for the incorporation of these circuits, software, and information in the design of your equipment. Renesas Electronics assumes no responsibility for any losses incurred by you or third parties arising from the use of these circuits, software, or information.
5. When exporting the products or technology described in this document, you should comply with the applicable export control laws and regulations and follow the procedures required by such laws and regulations. You should not use Renesas Electronics products or the technology described in this document for any purpose relating to military applications or use by the military, including but not limited to the development of weapons of mass destruction. Renesas Electronics products and technology may not be used for or incorporated into any products or systems whose manufacture, use, or sale is prohibited under any applicable domestic or foreign laws or regulations.
6. Renesas Electronics has used reasonable care in preparing the information included in this document, but Renesas Electronics does not warrant that such information is error free. Renesas Electronics assumes no liability whatsoever for any damages incurred by you resulting from errors in or omissions from the information included herein.
7. Renesas Electronics products are classified according to the following three quality grades: “Standard”, “High Quality”, and “Specific”. The recommended applications for each Renesas Electronics product depends on the product’s quality grade, as indicated below. You must check the quality grade of each Renesas Electronics product before using it in a particular application. You may not use any Renesas Electronics product for any application categorized as “Specific” without the prior written consent of Renesas Electronics. Further, you may not use any Renesas Electronics product for any application for which it is not intended without the prior written consent of Renesas Electronics. Renesas Electronics shall not be in any way liable for any damages or losses incurred by you or third parties arising from the use of any Renesas Electronics product for an application categorized as “Specific” or for which the product is not intended where you have failed to obtain the prior written consent of Renesas Electronics. The quality grade of each Renesas Electronics product is “Standard” unless otherwise expressly specified in a Renesas Electronics data sheets or data books, etc.
 - “Standard”: Computers; office equipment; communications equipment; test and measurement equipment; audio and visual equipment; home electronic appliances; machine tools; personal electronic equipment; and industrial robots.
 - “High Quality”: Transportation equipment (automobiles, trains, ships, etc.); traffic control systems; anti-disaster systems; anti-crime systems; safety equipment; and medical equipment not specifically designed for life support.
 - “Specific”: Aircraft; aerospace equipment; submersible repeaters; nuclear reactor control systems; medical equipment or systems for life support (e.g. artificial life support devices or systems), surgical implantations, or healthcare intervention (e.g. excision, etc.), and any other applications or purposes that pose a direct threat to human life.
8. You should use the Renesas Electronics products described in this document within the range specified by Renesas Electronics, especially with respect to the maximum rating, operating supply voltage range, movement power voltage range, heat radiation characteristics, installation and other product characteristics. Renesas Electronics shall have no liability for malfunctions or damages arising out of the use of Renesas Electronics products beyond such specified ranges.
9. Although Renesas Electronics endeavors to improve the quality and reliability of its products, semiconductor products have specific characteristics such as the occurrence of failure at a certain rate and malfunctions under certain use conditions. Further, Renesas Electronics products are not subject to radiation resistance design. Please be sure to implement safety measures to guard them against the possibility of physical injury, and injury or damage caused by fire in the event of the failure of a Renesas Electronics product, such as safety design for hardware and software including but not limited to redundancy, fire control and malfunction prevention, appropriate treatment for aging degradation or any other appropriate measures. Because the evaluation of microcomputer software alone is very difficult, please evaluate the safety of the final products or system manufactured by you.
10. Please contact a Renesas Electronics sales office for details as to environmental matters such as the environmental compatibility of each Renesas Electronics product. Please use Renesas Electronics products in compliance with all applicable laws and regulations that regulate the inclusion or use of controlled substances, including without limitation, the EU RoHS Directive. Renesas Electronics assumes no liability for damages or losses occurring as a result of your noncompliance with applicable laws and regulations.
11. This document may not be reproduced or duplicated, in any form, in whole or in part, without prior written consent of Renesas Electronics.
12. Please contact a Renesas Electronics sales office if you have any questions regarding the information contained in this document or Renesas Electronics products, or if you have any other inquiries.

(Note 1) “Renesas Electronics” as used in this document means Renesas Electronics Corporation and also includes its majority-owned subsidiaries.

(Note 2) “Renesas Electronics product(s)” means any product developed or manufactured by or for Renesas Electronics.

H8/300L SLP 系列

A/D 转换器的具体使用（ADC）

要点

数字系统被广泛用于大部分的应用领域（家庭、测量和控制领域）。用传感器测量的变动量（温度、压力和光的强度）是模拟值（连续值），A/D 转换器（ADC）能将这些被测量的信号转换为数字值，然后由单片机进行处理。

此应用说明以 SLP MCU 的内部 A/D 转换器为中心。通常基于以下 4 个要素使用 A/D 转换器：

- 通道数
- 分辨率
- 转换时间
- 错误率

此应用说明记述以下内容：

- 一般的 A/D 转换器的结构和特点
- SLP A/D 转换器的特点
- A/D 转换器接口的设计准则
- A/D 转换器的应用
- A/D 转换器的信号处理电路的设计指南

动作确认器件

H8/38024

目录

1. A/D 转换器的概要	2
2. 采样原理	3
3. A/D 转换器的误差	4
4. SLP MCU A/D 转换器的特点	7
5. 信号的条件	14
6. 参考文献	18

1. A/D 转换器的概要

A/D 转换器的框图如图 1 所示：

- 通过适当的传感器或者转换器，将物理参数（例：温度、压力和流量等）转换为电压和电流。
- 如果传感器或者转换器的输出范围为毫伏特，就要放大到可使用的范围。
- 有效过滤器删除不需要的信号。
- 采样保持块对模拟输入电压进行采样，并且将此电压保持输出到 A/D 转换器的输入。
- A/D 转换器块将采样的信号转换为 N 位的数字码。基本范围被分割为 2^N 的电平。N 位的输出码对应最接近采样信号的基准电平。

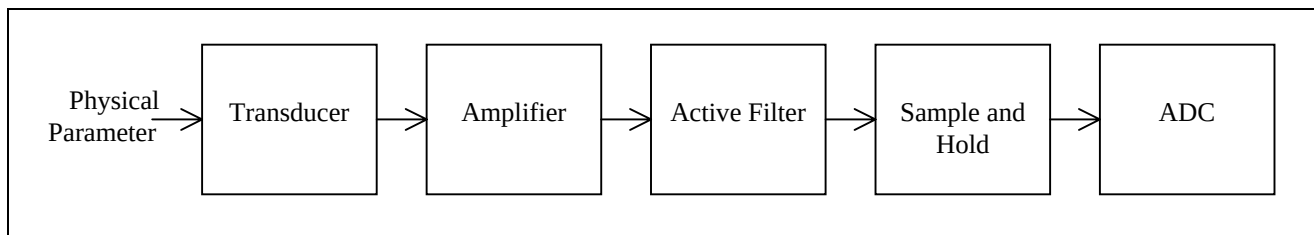


图 1 A/D 转换器的框图

实际的 3 位 A/D 转换器的理想转换功能如图 2 所示。在此，将特定范围内的模拟输入转换为被限制个数的数字输出码。用输出码的位数表示 A/D 转换器的分辨率。例如，N 位的分辨率的 A/D 转换器具有 2^N 的数字码，将全范围分割为 $2^N - 1$ 步宽（最初和最后的步宽为 $\frac{1}{2}$ 步宽），各步宽定义如下：

$$1 \text{ 步宽} = 1 \text{ 最低位} = \frac{\text{FSR}}{2^n - 1}$$

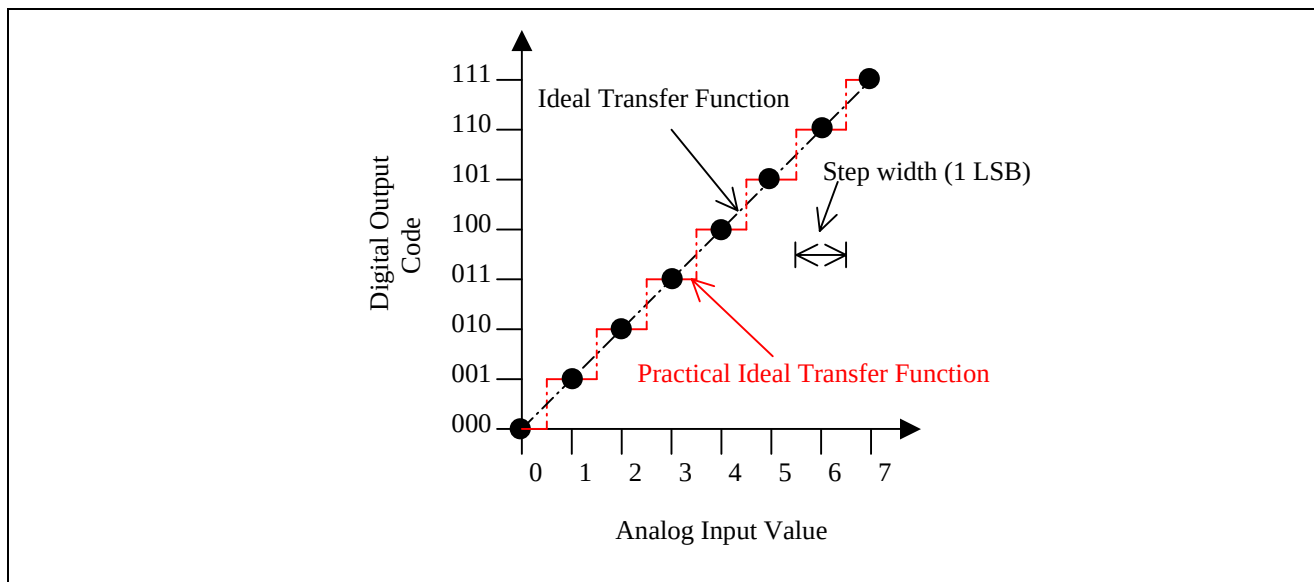


图 2 A/D 转换器的转换功能

2. 采样原理

以离散的时间间隔 (t_s) 对连续的模拟数据进行采样。为了正确反映原信号, 必须谨慎选择该间隔。如果采样次数越多 (采样率较高的情况), 数字表现就越正确; 如果采样次数减少, 就会达到信号信息丢失的临界点。

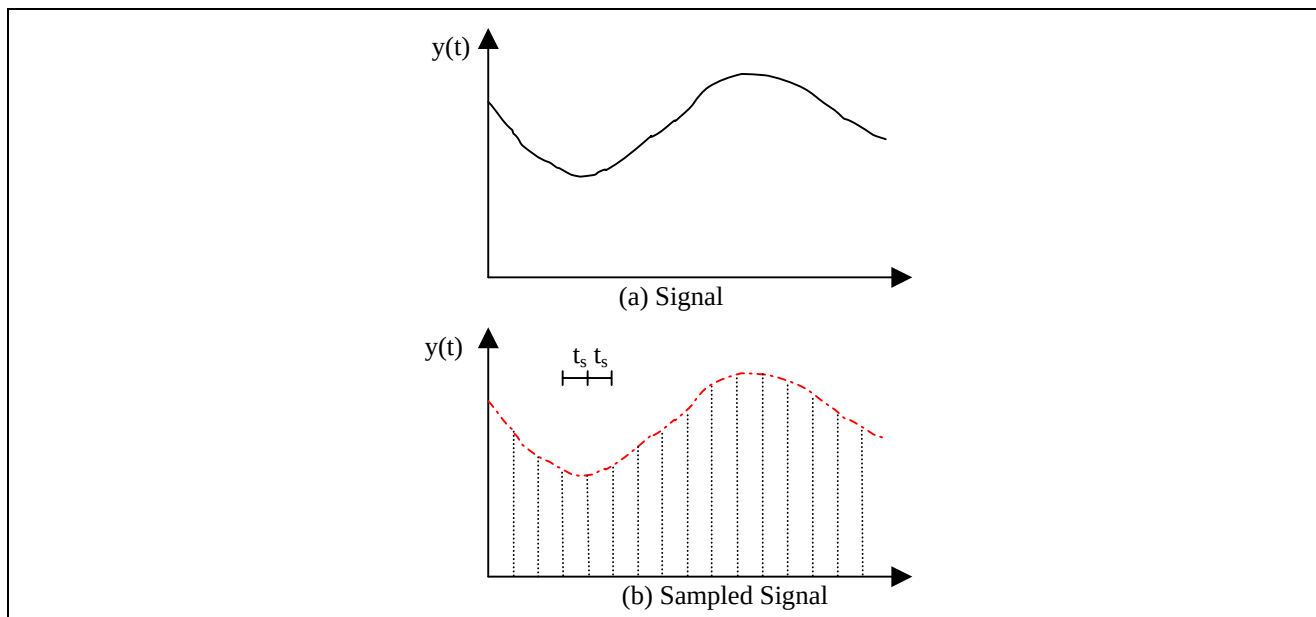


图 3 采样

根据香农采样定理, 如果输入频谱不含有高于 $f_s/2$ (奈奎斯特频率) 的频率成分, 原信号就能完好无损地复元。如果通过采样率 f_s 对模拟信号 f_a 进行采样, 就会生成混叠频率成分 $n(f_s - f_a)$ 和 $n(f_s + f_a)$, $n = 1, 2, 3, \dots$ 。如图 4 所示, 如果输入信号超过奈奎斯特频带 ($f_s/2$), 就会发生问题。为了防止频带中不需要的混叠, 必须插入防止混叠的过滤器。

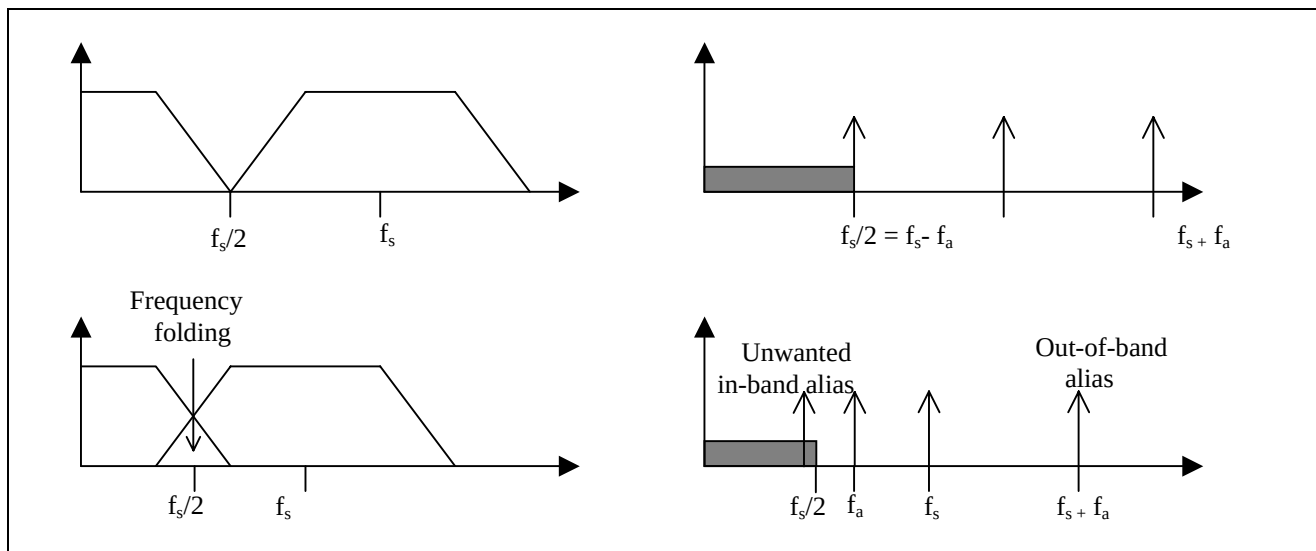


图 4 频率频带的混叠效果

例如，将音频 CD 的采样频率设定为 44.1kHz 的理由如下：

- 声音的频率范围为 20Hz~20kHz。
- 最大输入频率为 $f_a = 20\text{kHz}$ 。
- 最小采样频率为 $f_s \geq 2f_a = 40\text{kHz}$ 。
- 为了校正从通带到阻带的滚降，将采样频率设定为 $1.1f_s$ (44kHz) (图 5)。
- 在 1982 年前后，只有 VTR 能保存那样高的频率。

相关的电视机规格：

- NTSC: 490 行/帧, 3 个采样/行, 30 帧/s $\rightarrow$ 44100 个采样/秒
- PAL: 588 行/帧, 3 个采样/行, 25 帧/s $\rightarrow$ 44100 个采样/秒

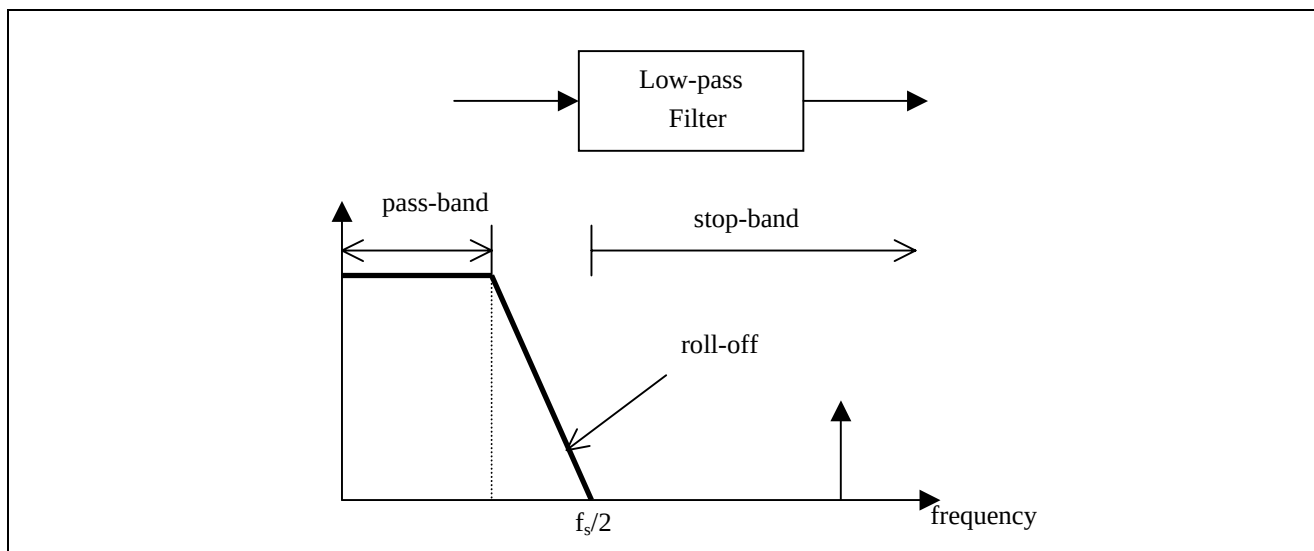


图 5 低通滤波器

3. A/D 转换器的误差

影响 A/D 转换器精度的误差如下：

- 量化误差
- 微分非线性 (Differential Non-Linearity) 误差
- 积分非线性 (Integrated Non-Linearity) 误差

绝对误差被定义为对于所需代码实际迁移的理想迁移的最大偏差，包含上述的全部种类误差的总计。

3.1 量化误差

输入到 A/D 转换器的模拟信号是无限个的可能状态的连续信号。另一方面, 输出信号是有限个的各种数字电平。在从模拟转换到数字期间, 用相同的数字输出码表现不同输入电平的部分模拟信号。此实际的模拟值和该值的数字表现之间的不同点称为量化误差, 为 LSB (最低位) 的 $\pm 1/2$, 取决于 A/D 转换器的处理。请参照图 6。

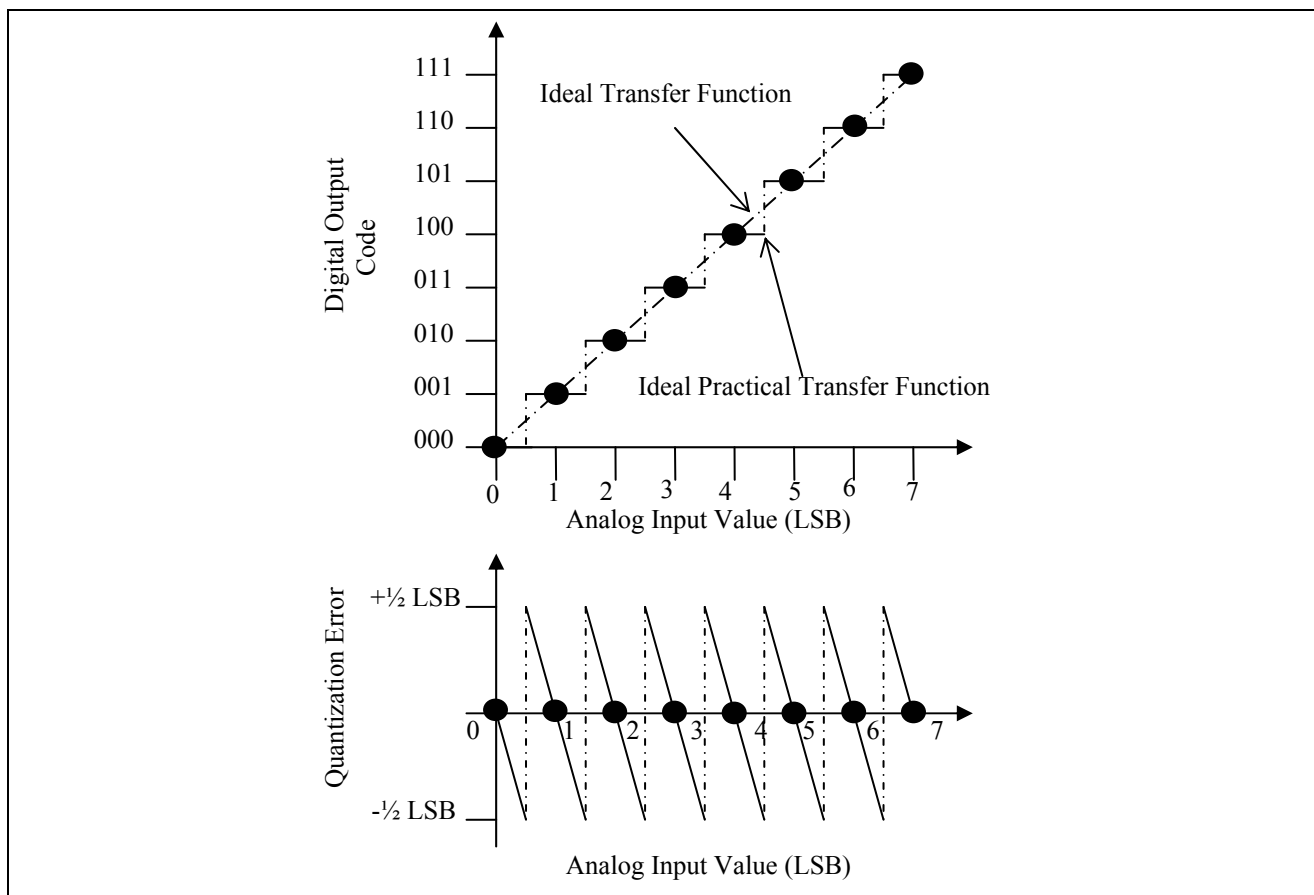


图 6 量化误差

为了减小量化误差, 只有使用更高精度的 A/D 转换器。例如:

- 当 A/D 转换器的全范围是 5V、为 10 位精度时
 $1\text{LSB} = 5\text{V}/2^{10} = 4.883\text{mV}$
 量化误差 = $\pm 0.5 \times 4.883\text{mV} = \pm 2.442\text{mV}$
- 当 A/D 转换器的全范围是 5V、为 12 位精度时
 $1\text{LSB} = 5\text{V}/2^{12} = 1.221\text{mV}$
 量化误差 = $\pm 0.5 \times 1.221\text{mV} = \pm 0.611\text{mV}$

3.2 微分非线性 (Differential Non-Linearity) 误差

如图 7 所示, 所谓微分非线性误差是指每 1LSB 的理想值和实际步宽的差异。当步宽正好是 1LSB 时, 微分非线性误差为 0; 当微分非线性误差超过 1LSB 时, 对于输入的增加, 输出程度会更小。另外, 有失码可能性。即 2^n 中的 1 个以上的代码有可能不被输出。

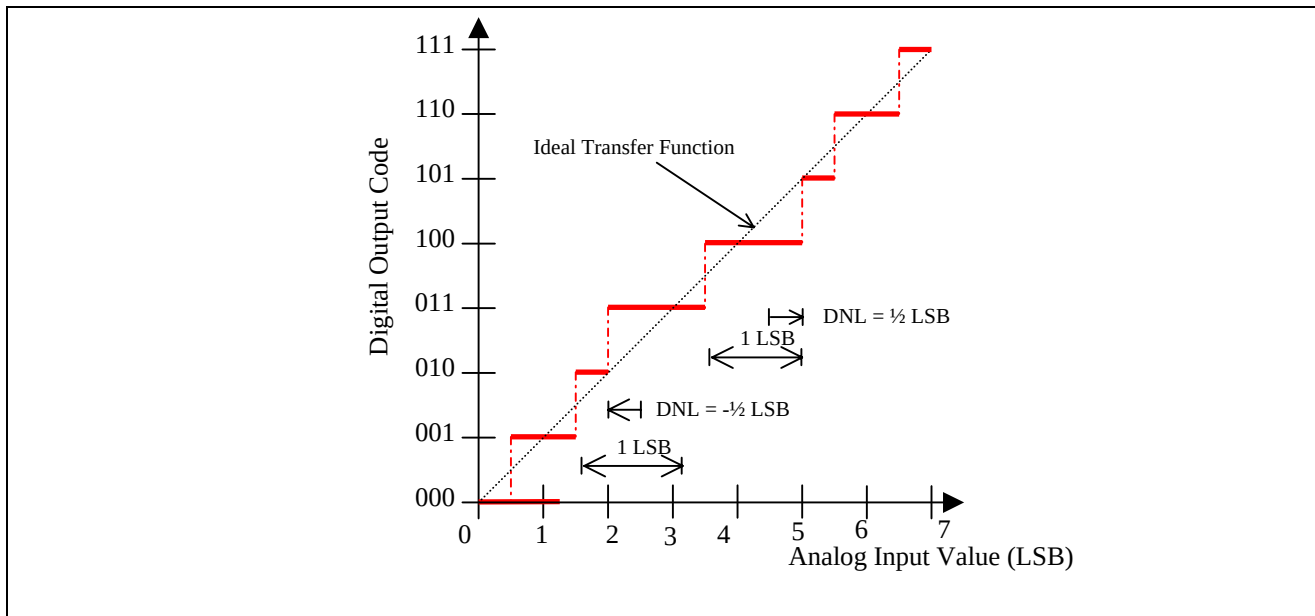


图 7 微分非线性误差

3.3 积分非线性 (Integral Nonlinearity Error) 误差

实际转换时的理想直线的值的偏差称为积分非线性误差 (图 8)。用 1 个步宽的变化宽度测量此偏差。

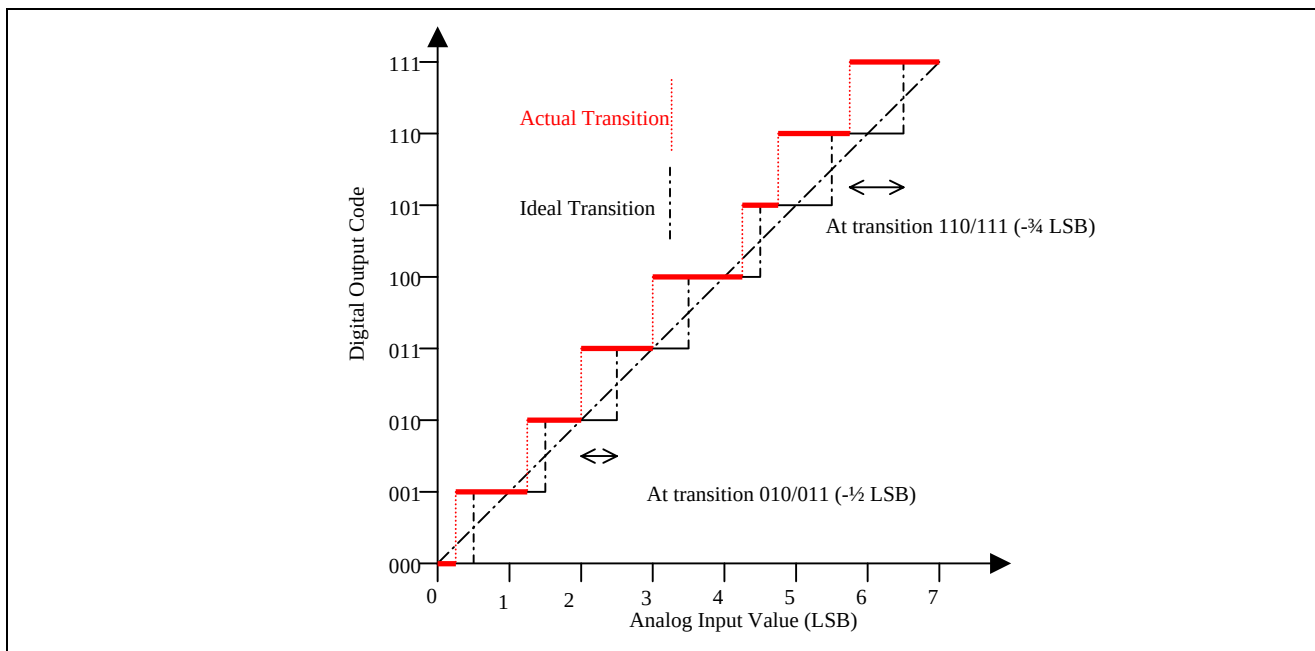


图 8 积分非线性误差

4. SLP MCU A/D 转换器的特点

H8/38024 SLP 系列内置了以梯形电阻为基础的逐次逼近 A/D 转换器。

图 9 是 SLP MCU 内部 A/D 转换器的框图，A/D 转换器的特点如下：

- 8 个 10 位精度的输入通道
- 转换时间为 12.4 μ s (min) (5MHz 运行)，124 μ s (max)
- 内置采样保持功能
- 结束 A/D 转换时的中断请求
- 通过外部触发输入开始 A/D 转换
- 在未使用时，通过模块待机模式，单独转换到待机模式

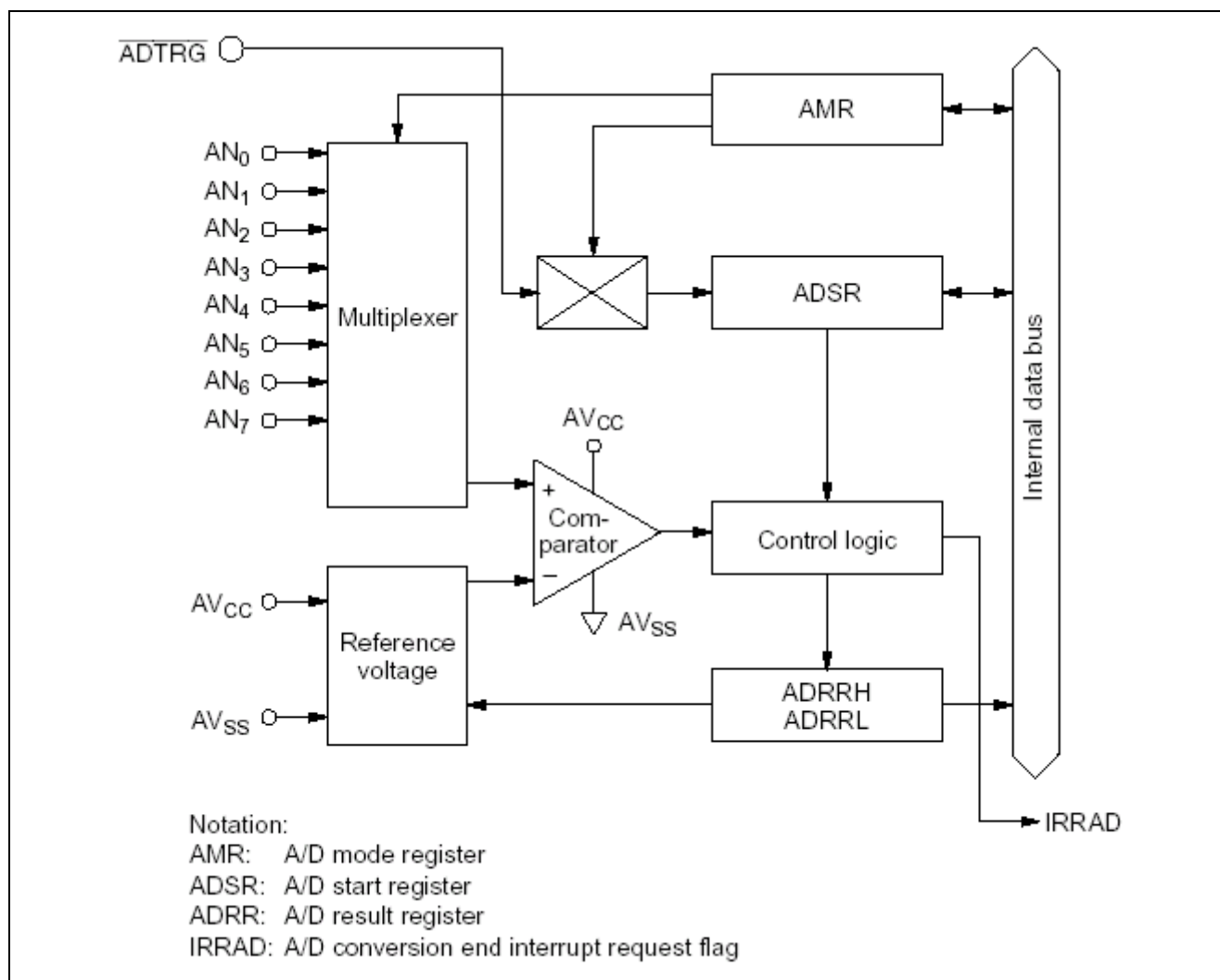


图 9 A/D 转换器的框图

A/D 转换器的特性如表 1 所示。

表 1 SLP MCU A/D 转换器的特性

项目	值		单位	试验条件
	Min	Max		
分辨率	—	10	位	—
量化误差	—	±0.5	LSB	—
非线性误差	—	±2.5	LSB	$AV_{CC} = 2.7V$ to $5.5V$ $V_{CC} = 2.7V$ to $5.5V$
	—	±5.5		$AV_{CC} = 2.0V$ to $5.5V$ $V_{CC} = 2.0V$ to $5.5V$
	—	±7.5		上述以外 (转换时间 $62\mu s$)
绝对精度	—	±3.0	LSB	$AV_{CC} = 2.7V$ to $5.5V$ $V_{CC} = 2.7V$ to $5.5V$
	—	±6.0		$AV_{CC} = 2.0V$ to $5.5V$ $V_{CC} = 2.0V$ to $5.5V$
	—	±8.0		上述以外 (转换时间 $62\mu s$)
转换时间	12.4	124	μs	$AV_{CC} = 2.7V$ to $5.5V$ $V_{CC} = 2.7V$ to $5.5V$
	62	124		上述以外
模拟输入容量 (C_{AIN})	—	15.0	pF	—
容许信号源阻抗 (R_{AIN})	—	10.0	k Ω	—

4.1 设计准则

必须按照以下准则进行模拟/数字混合的信号设计：

- 为了减小电阻和电感，必须缩短全部的电源线 and 接地线。
- 如图 10 所示，作为控制噪声的简单方法，必须将不同的电源分别用于（1）低速低电流的模拟功能和（2）高速中功率的数字功能。
 - 通过铁氧体磁珠和旁路电容，形成低通滤波器的网络，减少高频率噪声。另外，控制变化的电流，将低阻抗的交流电流短路接到两侧的接地。必须选择适合噪声频率范围的铁氧体磁铁。
 - 为了消除宽带高频噪声的全部高频噪声成分，有时需要并联 2 个以上的电容。在需要瞬时供给电源时，旁路电容也起着立即供给局部电源的作用。

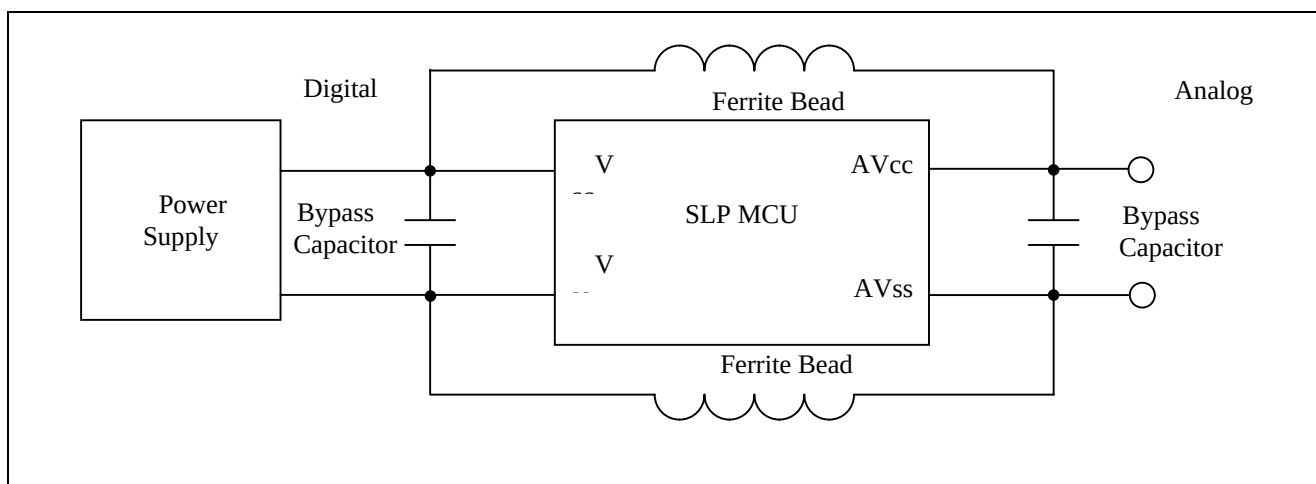


图 10 电源的分配方法

- 图 11 是电容的等效电路。实际的电容频率应答如下所示：
 - 在低频率中，阻抗为电容性。
 - 在自谐振频率（SRF）中，电容性电抗和感性电抗互相抵消，只剩电阻成分。这是电容频率的上限，定义如下：

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{ESL \cdot C}}$$

- 如果超过自谐振频率，就剩电感性的电抗。

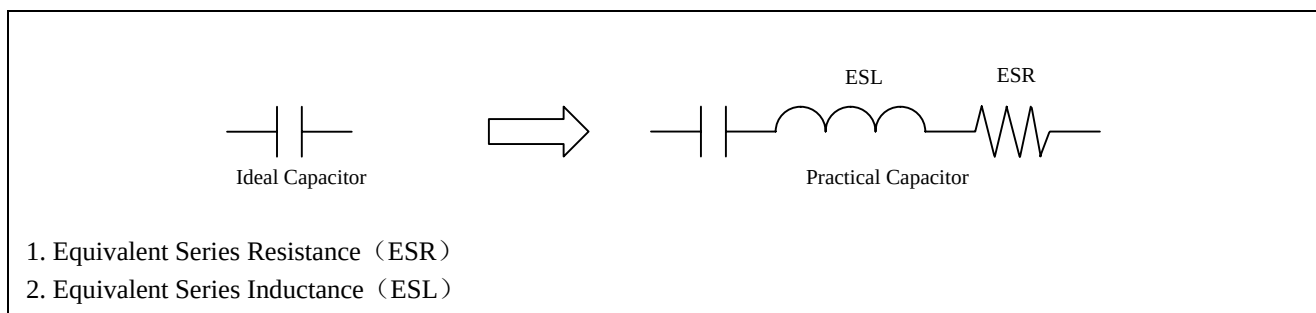


图 11 电容的等效电路

表 2 电容的阻抗

频率	低频率	自谐振频率（SRF）	高频率
阻抗	电容性	电阻性	感性

如果追加电容和器件间的电阻成分或者电感成分，就会增加寄生电感和寄生阻抗，结果会降低电容的效果。因此，必须将全部的旁路电容尽可能配置在器件的附近，使用既短又粗的线连接电容和器件，将可能干涉到电容和器件之间功率的寄生阻抗控制在最小限度。

一般使用的电容的比较如表 3 所示。

表 3 电容的比较

电容的种类	优点	缺点
芯片多层陶瓷电容（NPO）	电容值的范围大 低电感 体积小 稳定性好 价格低	只限电容值
铝电解电容	电容值大 大电流 高电压 体积小	高漏泄 通常有极性 稳定性低 精度低 电感
钽电解电容	值大 体积小 中电感	中漏泄 通常有极性 稳定性低 精度低 价格高

- 特别是由于传感器输出信号的输出电平低，且输出阻抗高（低功率），所以容易受到接地噪声的影响。通常，传感器无法将被感应的低电平噪声消除，因此必须通过如下的方法防止噪声的侵入：
 - 在传感器和接收器（A/D 转换器和放大器）之间使用既短又粗的共同接地。
 - 如图 12 所示，只将接收器侧接地。
 - 将传感器、配线、输入过滤器和接收器从高功率且高速上升时间电路隔离。
 - A/D 转换器的全部模拟传感器输入连接低通滤波器。

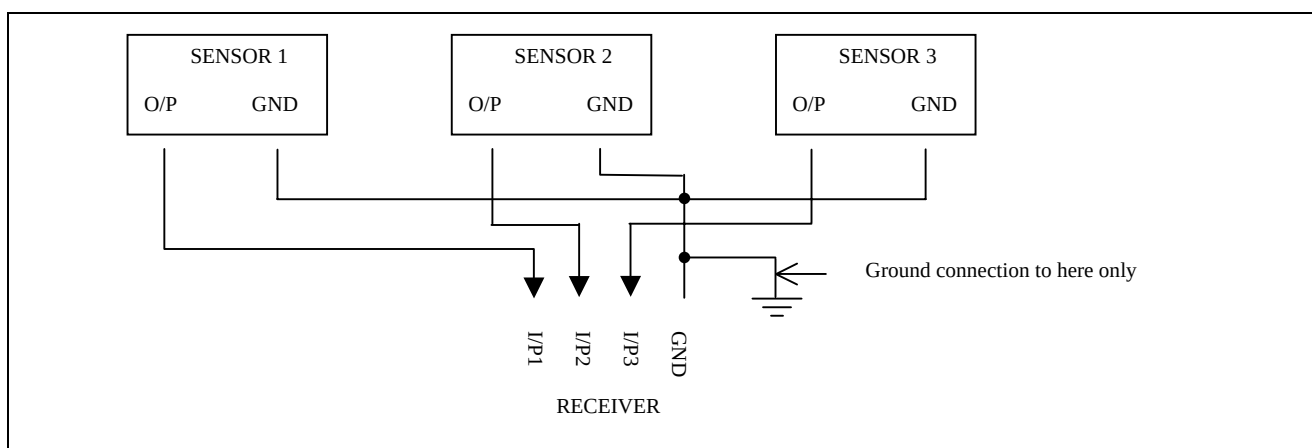


图 12 传感器接地

- 最大容许信号阻抗为 $10\text{k}\Omega$ 。在传感器的输出阻抗超过 $10\text{k}\Omega$ 时，A/D 转换器的采样保持电路的输入电容就会充电不足，有可能降低 A/D 转换器的精度。图 13 是 SLP MCU 的 A/D 转换器的等效电路。在外部电容大的情况下，输入负载实际上变为 $10\text{k}\Omega$ 的内部输入阻抗。由于形成低通滤波器，也许不能正确地重生成高速模拟信号。

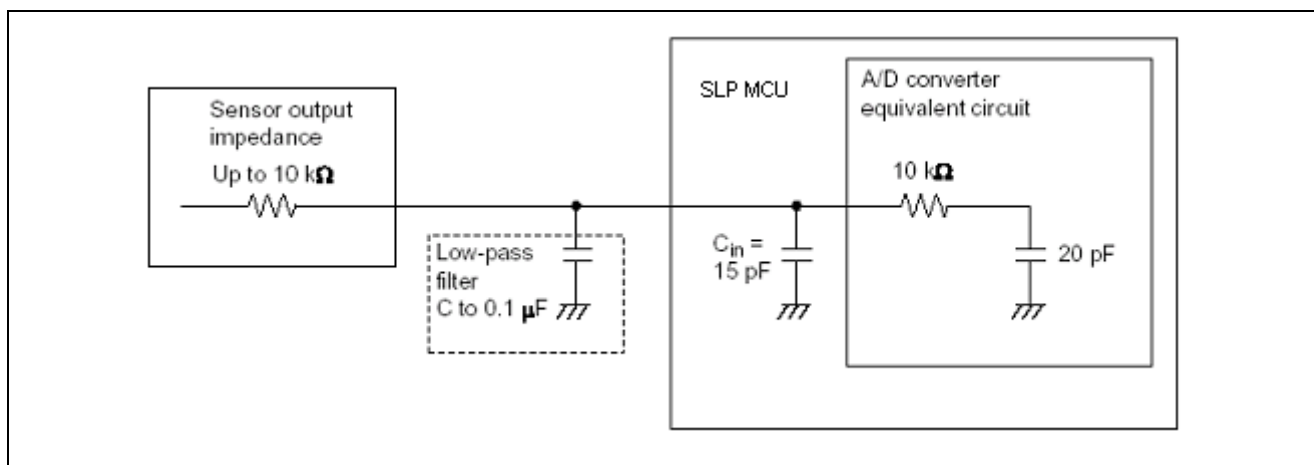


图 13 A/D 转换器的等效电路

- 如图 14 所示，在转换高速模拟信号时，必须插入低阻抗的缓冲器。通过此缓冲器，传感器侧变为更高的阻抗，而 A/D 转换器侧变为更低的阻抗。

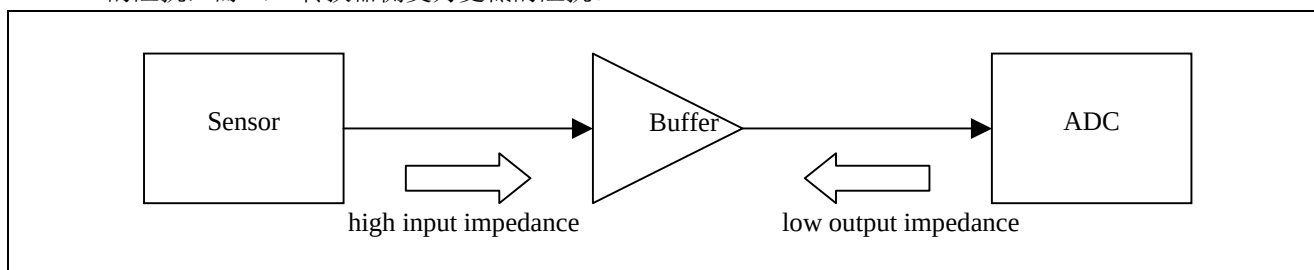


图 14 信号的隔离

4.2 应用例

如图 15 所示, 此例将 8 个传感器分别连接到 H8/38024 SLP MCU 的 8 个模拟输入 (AN0~AN7)。振荡器的频率设定为 10MHz, 转换时间为 12.4μs。根据内部 A/D 转换器的结构, 只能同时转换 1 个通道。

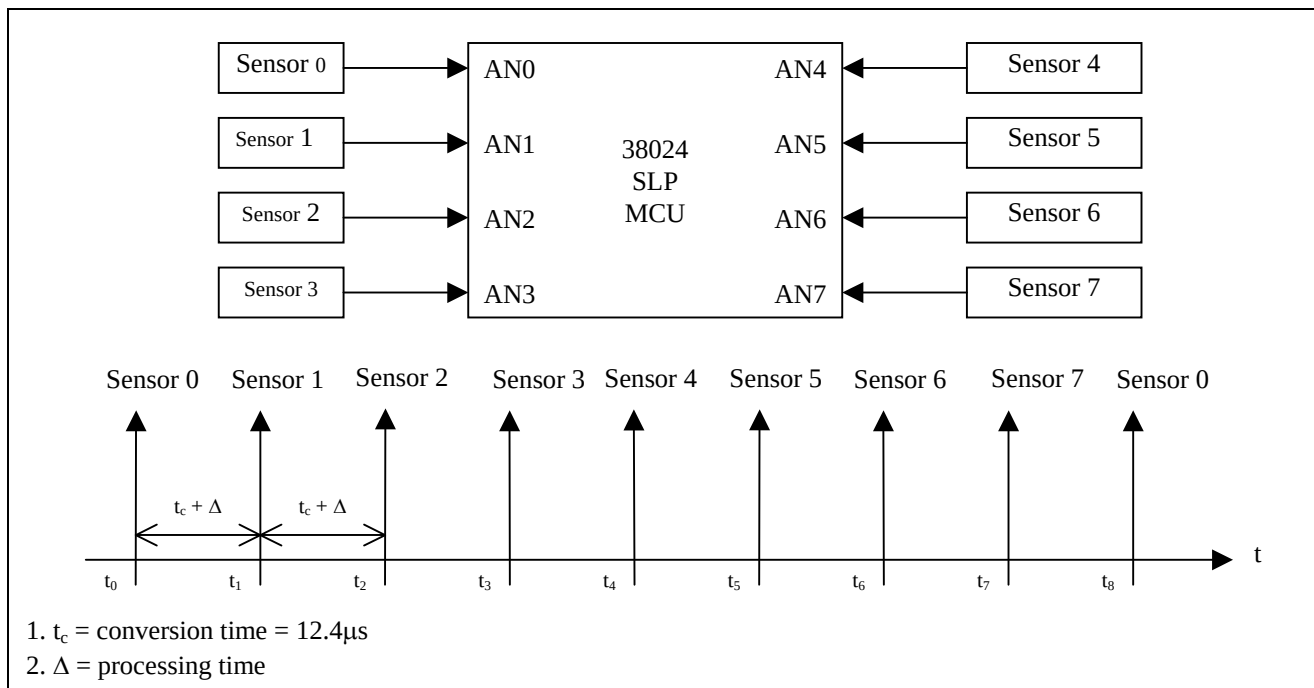


图 15 应用例

转换 AN0 的汇编语言程序部分如表 4 所示。

表 4 汇编语言的列表

地址 (16 进制数)	汇编语言	注释	状态数
400	BSET #4, @H'FFFA	解除 A/D 转换器的模块待机模式	8
404	MOV.B #H'34, R0L	将 A/D 转换器的速度设定为 62/Φ, 选择 AN0	2
406	MOV.B R0L, @H'FFC6		4
408	BCLR #6, @FFF4	禁止 A/D 转换器的结束中断	8
40C	BCLR #7, @FFC7	开始 A/D 转换器的运行	8
410	BTST #7, @H'FFC7	读 ADSR	6
414	BNE @H'410	确认 ADSF = 0	4
416	MOV.B @H'FFC4, R1H	读 ADRRH	4
418	MOV.B @H'FFC5 R1L	读 ADRRL	4

上述程序的部分流程图如图 16 所示。为了转换从 AN0 的传感器输入, 使用了软件查询。此程序只记述了 A/D 转换结果的读操作。因此, 只能适用于模拟输入的捕捉, 省略了以后的处理。

A/D 转换和处理的时间为

$$t_c + \Delta = 12.4\mu s + \frac{(8 + 2 + 4 + 8 + 8 + 6 + 4 + 4 + 4)}{5\text{MHz}} = 22\mu s$$

采样频率 (f_s) 为

$$f_s = \frac{1}{8 \times 22\mu s} = 5.682\text{kHz}$$

使用香农采样定理，能测量的最大信号频率为

$$f_s \geq 2f_a$$

$$f_a \leq \frac{5.682\text{kHz}}{2} = 2.841\text{kHz}$$

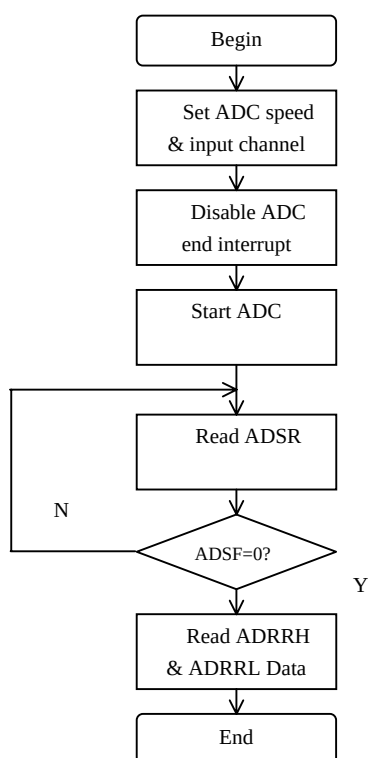


图 16 流程图

在使用一个传感器时，采样频率 (f_s) 为

$$f_s = \frac{1}{22\mu s} = 45.455\text{kHz}$$

使用香农采样定理，能测量的最大信号频率 (f_a) 为

$$f_a \leq \frac{45.455\text{kHz}}{2} = 22.728\text{kHz}$$

此时，MCU 能处理变换速率超过 $22\mu s$ 的模拟信号。

5. 信号的条件

本章说明有关[2]的放大器。在较多的情况下,由于传感器的输出以毫伏特为单位,所以在将电压输入到 A/D 转换器前,需要放大输出电压,调整到能使用的范围(参照图 17)。此 3 段放大器能用于低电平差动输出的传感器,此电路的电位计功能如下所示:

- 为了对应用进行调整或者快速地改变量程, RG 调整增益。量程是指传感器为满刻度或者为零时的输出的差。
- RU 将正偏移量设定为所要的电平。例如,给予所要的增益后的偏移量为 0.25V,要设定 0.5V 偏移量时,需要 0.25V 的 VU。VU 只提供正偏移量的漂移,能通过调整 RU,将 VU 设定为所要的电平。
- RD 将负偏移量设定为所要的电平。例如,给予所要的增益后的偏移量为 1.0V,要设定 0.5V 偏移量时,需要 0.5V 的 VD。VD 只提供负偏移量的漂移,能通过调整 RD,将 VD 设定为所要的电平。

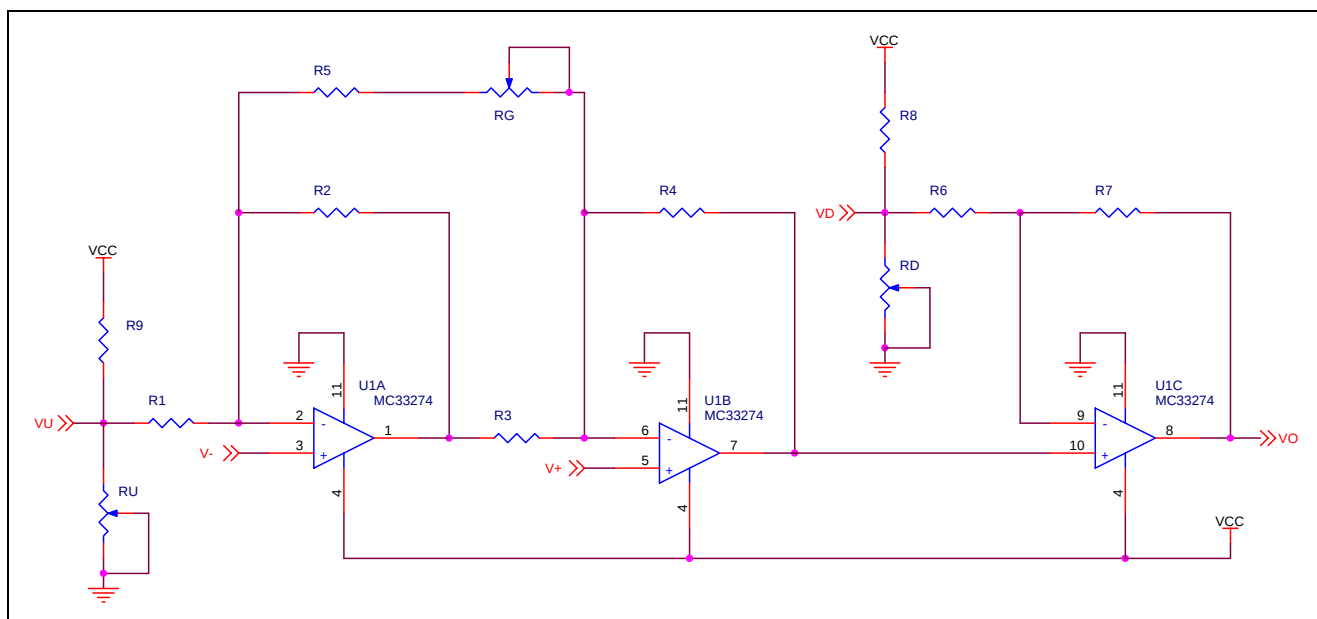


图 17 放大器

通过设定 $R4 = R1$ 和 $R2 = R3$, 图 17 的放大器 (U1C 的管脚 8) 的输出为

$$VO = \left(1 + \frac{R7}{R6}\right) \cdot \left\{ \left(1 + \frac{R4}{R3} + \frac{2 \cdot R4}{R5 + RG}\right) \cdot [(V+) - (V-)] + VU \right\} - \frac{R7}{R6} \cdot VD$$

第 2 段 (U1B 的管脚 7) 的输出为

$$VO = \left\{ \left(1 + \frac{R4}{R3} + \frac{2 \cdot R4}{R5 + RG}\right) \cdot [(V+) - (V-)] + VU \right\}$$

一般地, $R4$ 和 $R3$ 的比应该等于 $R2$ 和 $R1$ 的比。为了简化,必须设定 $R4 = R1$ 、 $R3 = R2$, 而且将 $R3$ 和 $R2$ 设定为 10~几百 Ω 。用于 VU 和 VD 分压的有效并联电阻必须分别比 $R1$ 和 $R2$ 、 $R6$ 和 $R7$ 的总计小 1 个位数。如果对 U1B 和 U1C 使用超过 10k Ω 的高反馈电阻,就能在电源线附近使输出处于饱和状态,所以放大器的动态范围达到最大。

设计第 3 段的传感器放大器的步骤如下所示:

- **步骤 1. 从传感器的数据规格中取得最大偏移值、最小偏移值和量程。**在此例子中, 传感器使用摩托罗拉公司的非补偿型硅压力传感器 MPX10 10kPa。基于 3V 激励电压的规格如下所示:

表 5 传感器规格

参数	Min. (mV)	Max. (mV)
量程	20	50
偏移量	0	35

- **步骤 2. 考虑比率输出。**数据规格规定了对于 3V 激励电压的最小量程、最大量程和偏移量。较多的传感器输出与被供给的激励电压成比率。即可用以下表达式求出对于实际供给电压的输出大小:

$$V'_A = V_A \times \frac{V'_S}{V_S}$$

在此, V'_A 和 V_A 是各自的实际供给电压 (V'_S) 和数据表中的供给电压 (V_S) 时的输出电压。基于实际供给电压 3.3V, 被测量的量程和偏移量如表 6 所示。

表 6 测量的传感器规格

参数	Min. (mV)	Max. (mV)
测量的量程	22	55
测量的偏移量	0	38.5

- **步骤 3. 决定放大的量程和偏移量的期待值。**在此例子中, 放大器的输出被输入到 H8/38024 SLP MCU 的 A/D 转换器。此时, 基准电压为 0V 和 3.3V、即 $AV_{SS} = 0V$ 和 $AV_{CC} = 3.3V$ 。因此, 必须以偏移电压 0.3V 选择放大的量程 2.7V, 这些值是为了在两端留有 0.3V 余地的值。

表 7 放大输出

压力	放大输出 (V)
零	0.3
满刻度	3.0

- **步骤 4. 计算增益范围。**为了实现 2.5V 量程, 必须计算需要的最小和最大的增益。

$$\text{Maximum Gain} = \frac{\text{Desired Span}}{\text{Minimum Span}} = \frac{2.7V}{22mV} = 123$$

$$\text{Minimum Gain} = \frac{\text{Desired Span}}{\text{Maximum Span}} = \frac{2.7V}{55mV} = 49$$

- **步骤 5. 使用电平漂移。**为了得到所要的偏移量电压电平, 根据放大的偏移量电压的范围, 需要正、负或者双类型的电平漂移。

$$\text{OFFSET}_1 = \text{最大增益} \times \text{最大偏移量} = 123 \times 38.5mV = 4.736V$$

$$\text{OFFSET}_2 = \text{最小增益} \times \text{最小偏移量} = 49 \times 0mV = 0V$$

- **步骤 6. 决定电平漂移量。**用以下计算表达式求出所需的电平漂移:

$$V_{\text{SHIFT1}} = \text{所要的偏移量} - \text{OFFSET}_1 = (0.3 - 4.736)V = -4.436V = VD$$

$$V_{\text{SHIFT2}} = \text{所要的偏移量} - \text{OFFSET}_2 = (0.3 - 0)V = 0.3V = VU$$

在 V_{SHIFT1} 或者 V_{SHIFT2} 为正的情况下, 需要正的电平漂移; 为负的情况下, 需要负的电平漂移。因此, 为了所要的 MPX10 具有 0.3V 的偏移量、4.436V 以内的负电平漂移以及 0.3V 以内的正电平漂移, 必须校准。

- **步骤 7. 计算设定增益的电阻值。**在选择电阻时, 推荐在 $\pm 0.1\%$ 的容许范围内的低温度系数的电阻。使用最接近计算值的值。为了更细微地调整增益和偏移量, 必须使用旋转数多的 (从零到满刻度电阻的多旋转数) 电位计。

— 将 R7 设定为 10k Ω 。

— 计算以下比率。

$$\text{RATIO}_{-\text{SHIFT}} = \frac{V_{\text{CC}}}{V_{\text{D}}} = \frac{3.3}{4.436} = 0.744$$

$$\text{RATIO}_{+\text{SHIFT}} = \frac{V_{\text{CC}}}{V_{\text{U}}} = \frac{3.3}{0.3} = 11$$

— 当 $\text{RATIO}_{+\text{SHIFT}} > \text{RATIO}_{-\text{SHIFT}}$ 并且 $\text{RATIO}_{-\text{SHIFT}} > 1$ 时, $R6 = R7$ 。或者

$$\frac{V_{\text{CC}}}{V_{\text{D}}} > 1 \Rightarrow R6 \leq R7 \cdot \frac{V_{\text{CC}}}{V_{\text{D}}}$$

— 当 $\text{RATIO}_{+\text{SHIFT}} < \text{RATIO}_{-\text{SHIFT}}$ and $\text{RATIO}_{+\text{SHIFT}} > 1$ 时, $R6 = R7$ 。或者

$$R6 \leq R7 \cdot \frac{V_{\text{CC}}}{V_{\text{U}}}$$

— 在此例子中, $\text{RATIO}_{+\text{SHIFT}} > \text{RATIO}_{-\text{SHIFT}}$ 并且 $\text{RATIO}_{-\text{SHIFT}} < 1$,

$$R6 \leq R7 \cdot \frac{V_{\text{CC}}}{V_{\text{D}}} = 10\text{k}\Omega \cdot \frac{3.3V}{4.436V} = 7.439\text{k}\Omega$$

— 为了简化计算, 必须在满足上述规格的范围将 R7 和 R6 设定为整数比, 以 $R6 = 5\text{k}\Omega$ 将比设定为 2。通常, R2 和 R3 设定在 100 Ω ~2k Ω 之间, R1 和 R4 设定在 10k Ω 以上。假设 $R2 = R3 = 1\text{k}\Omega$ 计算如下:

$$R1 = R4 = \left(0.80 \cdot \frac{\text{MINIMUM GAIN}}{1 + \frac{R7}{R6}} - 1 \right) \cdot R2 = \left(0.80 \cdot \frac{49}{1 + \frac{10}{5}} - 1 \right) \cdot 1\text{k}\Omega = 12.067\text{k}\Omega$$

最接近的值为 12.1k Ω 。

— 在选择 R5 的值时, 必须确认该值在计算值以下。

$$R5 = \frac{2 \cdot R4}{\frac{\text{MAXIMUM GAIN}}{1 + \frac{R7}{R6}} - \frac{R4}{R2} - 1} = \frac{2 \cdot 12.1\text{k}\Omega}{\frac{123}{1 + \frac{10}{5}} - \frac{12.1}{1} - 1} = 867\Omega$$

最接近的值为 866 Ω 。

— 电位计需要的最大值是

$$R5 = \frac{2 \cdot R4}{\frac{\text{MINIMUM GAIN}}{1 + \frac{R7}{R6}} - \frac{R4}{R2} - 1} - R5 = \frac{2 \cdot 12.1\text{k}\Omega}{\frac{49}{1 + \frac{10}{5}} - \frac{12.1}{1} - 1} - 866\Omega = 6.619\text{k}\Omega$$

• 步骤 8. 计算调整偏移量的电阻值。

— 在正电平漂移的情况下，必须设定 $R9 = 0.1 \cdot R1 = 0.1 \cdot 12.1\text{k}\Omega = 1.21\text{k}\Omega$ 。

$$RU = \frac{\left[\frac{VU}{\left(1 + \frac{R7}{R6}\right) \cdot V_{CC}} \right] \cdot R9}{1 - \frac{VU}{\left(1 + \frac{R7}{R6}\right) \cdot V_{CC}}} = \frac{\left[\frac{0.3}{\left(1 + \frac{10}{5}\right) \cdot 3.3} \right] \cdot 1.21\text{k}\Omega}{1 - \frac{0.3}{\left(1 + \frac{10}{5}\right) \cdot 3.3}} = 37.8\Omega$$

— 在负电平漂移的情况下，必须设定 $R8 = 0.1 \cdot (R6 + R7) = 0.1 \cdot (10 + 5)\text{k}\Omega = 1.5\text{k}\Omega$ 。

$$RU = \frac{\left[\frac{VD}{\frac{R7}{R6} \cdot V_{CC}} \right] \cdot R8}{1 - \frac{VD}{\frac{R7}{R6} \cdot V_{CC}}} = \frac{\left[\frac{4.436}{\frac{10}{5} \cdot 3.3} \right] \cdot 1.5\text{k}\Omega}{1 - \frac{4.436}{\frac{10}{5} \cdot 3.3}} = 3.075\text{k}\Omega$$

• 步骤 9. 校准

1. 必须将全部的电位计设定为 0。
2. 必须将传感器的压力设定为 0，调整 RU 或者 RD（只限任意一方）使偏移量为 0.3V。
3. 必须给传感器外加满刻度的压力，调整 RG 使满刻度的输出为 3.0V。
4. 偏移量受增益调整的影响，在得到适当的偏移量和量程前，必须重复进行步骤 1 到步骤 3。

6. 参考文献

1. Paul Horowitz and Winfield Hill, The Art of Electronics, 2nd Edition, 1989, Cambridge University Press.
2. Eric Jacobsen, Designing Amplifiers for Sensor Applications: A Cookbook Approach, pg 119-128, January 1996, EDN.
3. Donald Christiansen, Electronics Engineers' Handbook, Fourth Edition, 1997, McGraw-Hill.
4. Capacitor Comparison Chart, <http://www.analog.com/library/analogDialogue/archives/30-2/chart.html>.

公司主页和咨询窗口

有关本应用说明的技术方面的咨询请发邮件到下面的邮箱。

瑞萨科技公司主页 <http://www.cn.renesas.com>
亚洲地区技术支持中心 E-Mail: support.asia@renesas.com

修订记录

Rev.	发行日	修订内容	
		页	修订要点
1.00	2006.03.28	—	初版发行

Cautions

Keep safety first in your circuit designs!

1. Renesas Technology Corp. puts the maximum effort into making semiconductor products better and more reliable, but there is always the possibility that trouble may occur with them. Trouble with semiconductors may lead to personal injury, fire or property damage.
Remember to give due consideration to safety when making your circuit designs, with appropriate measures such as (i) placement of substitutive, auxiliary circuits, (ii) use of nonflammable material or (iii) prevention against any malfunction or mishap.

Notes regarding these materials

1. These materials are intended as a reference to assist our customers in the selection of the Renesas Technology Corp. product best suited to the customer's application; they do not convey any license under any intellectual property rights, or any other rights, belonging to Renesas Technology Corp. or a third party.
2. Renesas Technology Corp. assumes no responsibility for any damage, or infringement of any third-party's rights, originating in the use of any product data, diagrams, charts, programs, algorithms, or circuit application examples contained in these materials.
3. All information contained in these materials, including product data, diagrams, charts, programs and algorithms represents information on products at the time of publication of these materials, and are subject to change by Renesas Technology Corp. without notice due to product improvements or other reasons. It is therefore recommended that customers contact Renesas Technology Corp. or an authorized Renesas Technology Corp. product distributor for the latest product information before purchasing a product listed herein.
The information described here may contain technical inaccuracies or typographical errors.
Renesas Technology Corp. assumes no responsibility for any damage, liability, or other loss rising from these inaccuracies or errors.
Please also pay attention to information published by Renesas Technology Corp. by various means, including the Renesas Technology Corp. Semiconductor home page (<http://www.renesas.com>).
4. When using any or all of the information contained in these materials, including product data, diagrams, charts, programs, and algorithms, please be sure to evaluate all information as a total system before making a final decision on the applicability of the information and products. Renesas Technology Corp. assumes no responsibility for any damage, liability or other loss resulting from the information contained herein.
5. Renesas Technology Corp. semiconductors are not designed or manufactured for use in a device or system that is used under circumstances in which human life is potentially at stake. Please contact Renesas Technology Corp. or an authorized Renesas Technology Corp. product distributor when considering the use of a product contained herein for any specific purposes, such as apparatus or systems for transportation, vehicular, medical, aerospace, nuclear, or undersea repeater use.
6. The prior written approval of Renesas Technology Corp. is necessary to reprint or reproduce in whole or in part these materials.
7. If these products or technologies are subject to the Japanese export control restrictions, they must be exported under a license from the Japanese government and cannot be imported into a country other than the approved destination.
Any diversion or reexport contrary to the export control laws and regulations of Japan and/or the country of destination is prohibited.
8. Please contact Renesas Technology Corp. for further details on these materials or the products contained therein.

注意

本文只是参考译文，前页所载英文版“Cautions”具有正式效力。

请遵循安全第一进行电路设计

1. 虽然瑞萨科技尽力提高半导体产品的质量和可靠性，但是半导体产品也可能发生故障。半导体的故障可能导致人身伤害、火灾事故以及财产损害。在电路设计时，请充分考虑安全性，采用合适的如冗余设计、利用非易燃材料以及故障或者事故防止等的安全设计方法。

关于利用本资料时的注意事项

1. 本资料是为了让用户根据用途选择合适的瑞萨科技产品的参考资料，不转让属于瑞萨科技或者第三者所有的知识产权和其它权利的许可。
2. 对于因使用本资料所记载的产品数据、图、表、程序、算法以及其它应用电路的例子而引起的损害或者对第三者的权力的侵犯，瑞萨科技不承担责任。
3. 本资料所记载的产品数据、图、表、程序、算法以及其它所有信息均为本资料发行时的信息，由于改进产品或者其它原因，本资料记载的信息可能变动，恕不另行通知。在购买本资料所记载的产品时，请预先向瑞萨科技或者经授权的瑞萨科技产品经销商确认最新信息。
本资料所记载的信息可能存在技术不准确或者印刷错误。因这些错误而引起的损害、责任问题或者其它损失，瑞萨科技不承担责任。
同时也请通过各种方式注意瑞萨科技公布的信息，包括瑞萨科技半导体网站。
(<http://www.renesas.com>)
4. 在使用本资料所记载部分或者全部数据、图、表、程序以及算法等信息时，在最终做出有关信息和产品是否适用的判断前，务必对作为整个系统的所有信息进行评价。由于本资料所记载的信息而引起的损害、责任问题或者其它损失，瑞萨科技不承担责任。
5. 瑞萨科技的半导体产品不是为在可能和人命相关的环境下使用的设备或者系统而设计和制造的产品。在研讨将本资料所记载的产品用于运输、交通车辆、医疗、航空宇宙用、原子能控制、海底中继器的设备或者系统等特殊用途时，请与瑞萨科技或者经授权的瑞萨产品经销商联系。
6. 未经瑞萨科技的书面许可，不得翻印或者复制全部或者部分资料的内容。
7. 如果本资料所记载的某产品或者技术内容受日本出口管理限制，必须在得到日本政府的有关部门许可后才能出口，并且不准进口到批准目的地国家以外的国家。
禁止违反日本和（或者）目的地国家的出口管理法和法规的任何转卖、挪用或者再出口。
8. 如果需要了解本资料所记载的信息或者产品的详细，请与瑞萨科技联系。