
RL78/G13 群

R01AN0955CC0101

Rev.1.01

2015.03.31

安全功能（A/D 测试）

要点

本篇应用说明举例介绍了关于 A/D 测试功能的参考例程。A/D 测试功能是 RL78/G13 的安全功能之一。

A/D 测试功能使用三个基准电压测试点检验 A/D 转换器是否工作正常。三个基准测试点为 0V 内部电压、 V_{DD} 和内部基准电压(1.45V)。

对象 MCU

RL78/G13

本篇应用说明也适用于其他与上面所述的群具有相同 SFR（特殊功能寄存器）定义的产品。关于产品功能的改进，请参看手册中的相关信息。在使用本篇应用说明的程序前，需进行详细的评价。

目录

1. 规格	3
2. 动作确认条件	4
3. 相关应用说明	4
4. 硬件说明	5
4.1 硬件配置示例	5
4.2 使用引脚一览	5
5. 软件说明	6
5.1 操作概要	6
5.2 文件配置	7
5.3 选项字节设置一览	7
5.4 常量一览	8
5.5 函数一览	9
5.6 函数说明	10
5.7 流程图	14
5.7.1 初始化函数	15
5.7.2 系统函数	16
5.7.3 初始化端口	17
5.7.4 CPU 时钟的设置	19
5.7.5 A/D 转换器的设置	20
5.7.6 主函数处理	28
5.7.7 设置测试电压	29
5.7.8 设置内部 0V 为测试电压	30
5.7.9 设置 VDD 为测试电压	31
5.7.10 设置内部基准电压 (1.45V) 为测试电压	32
5.7.11 启用 A/D 电压比较器	33
5.7.12 禁用 A/D 电压比较器	34
5.7.13 开始 A/D 转换	35
5.7.14 停止 A/D 转换	36
5.7.15 检查 A/D 转换结果	37
5.7.16 获取 A/D 转换结果	38
5.7.17 LED1 闪烁	39
6. 参考例程	40
7. 参考文献	40
公司主页和咨询窗口	40

1. 规格

本篇应用说明介绍了安全功能中 A/D 测试功能的参考例程。本篇应用说明中的参考例程转换 0V 内部电压、V_{DD} 和内部基准电压(1.45V)。如果转换结果在允许范围内，则 LED1 会点亮，否则 LED1 是闪烁的。

相关外围功能及用途，请参见“表 1.1”。A/D 转换的过程，请参见“图 1.1”。

表 1.1 相关外围功能和用途

外围功能	用途
A/D 转换器	将模拟输入的 0V 内部电压、V _{DD} 和内部基准电压(1.45V)的电平转化为数字值。
P62	将 A/D 转换的结果输出到 LED1 上。

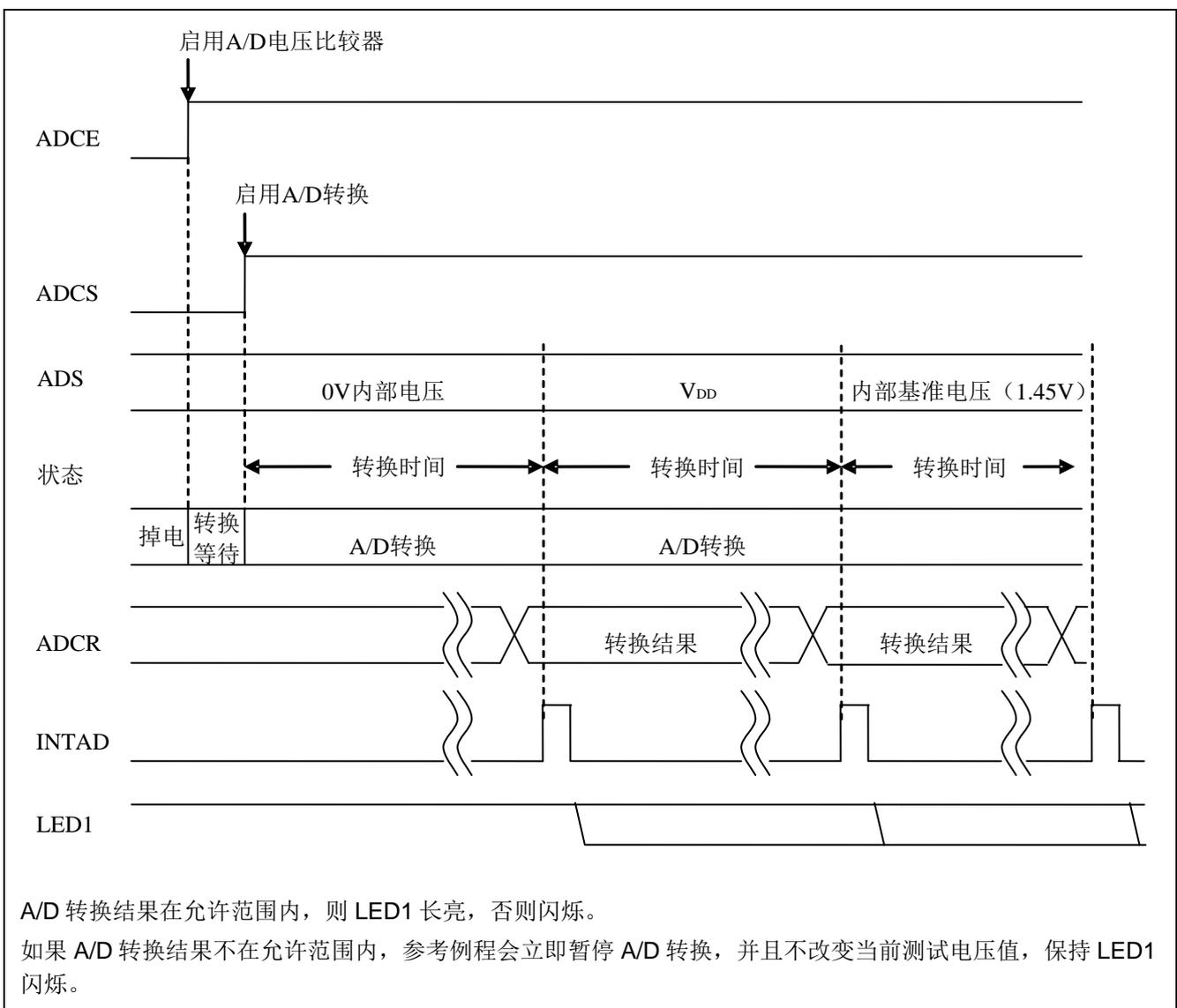


图 1.1 A/D 转换器的转换概要

2. 动作确认条件

本应用说明中的参考例程，是在下面的条件下进行动作确认的。

表 2.1 动作确认条件

项目	内容
所用微控制器	RL78/G13 (R5F100LEA)
工作频率	高速内部振荡器 (HOCO) 时钟: 32MHz CPU/外围功能时钟: 32MHz
工作电压	5.0V LVD 工作模式 (V_{LVI}): 复位模式 4.06V +/- 0.08V
集成开发环境	CubeSuite+ V1.01.00 (瑞萨电子开发)
C 编译器	CA78K0R V1.30 (瑞萨电子开发)

3. 相关应用说明

使用本应用说明时，请同时参考以下相关的应用说明。

RL78/G13 Initialization (R01AN0451EJ0100) 应用说明

RL78/G13 A/D Converter (Software Trigger and Sequential Conversion Modes) (R01AN0452EJ0100) 应用说明

4. 硬件说明

4.1 硬件配置示例

本篇应用说明中使用的硬件配置示例，请参见“图 4.1”。

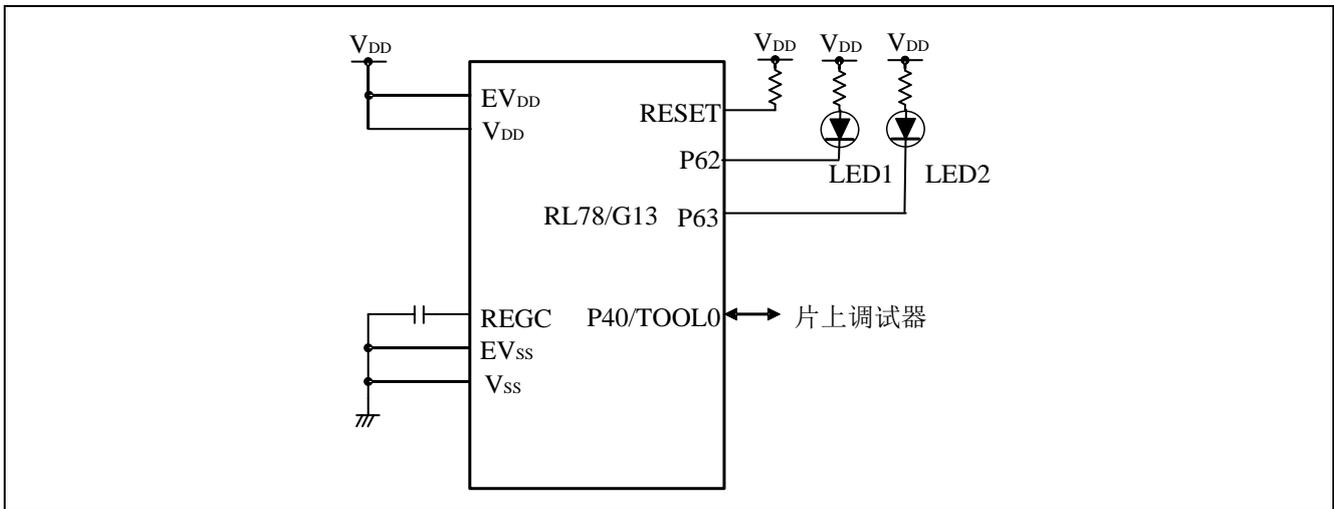


图 4.1 硬件配置

- 注意：1. 上述硬件配置图是为了表示硬件连接情况的简化图。在实际电路设计时，请注意根据系统具体要求进行适当的引脚处理，并满足电气特性的要求（输入专用引脚请注意分别通过电阻上拉到 V_{DD} 或是下拉到 V_{SS} ）。
2. 如果有名称以 EV_{SS} 为开头的引脚，请连接至 V_{SS} ；如果有名称以 EV_{DD} 为开头的引脚，请连接至 V_{DD} 。
3. 请将 V_{DD} 电压值保持 5.0V。不是 5.0V 会导致 A/D 的转换值不准确。
4. 连接到 P63 的 LED2 是长亮的。

4.2 使用引脚一览

使用的引脚及其功能，请参见“表 4.1”。

表 4.1 使用的引脚及其功能

引脚名	输入输出	内容
P62	输出	使用 LED1 判断 A/D 转换输出的结果是否正确。

5. 软件说明

5.1 操作概要

参考例程介绍了 A/D 转换器使用软件触发和连续转换模式依次对各个模拟电压：内部 0V 内部电压、 V_{DD} 和内部基准电压（1.45V）进行 A/D 转换操作。在 HALT 模式下等待 A/D 转换结束。A/D 转换结束以后，检查 A/D 转换的结果是否在允许范围内，如果在允许范围内，则 LED1 长亮，否则 LED1 闪烁。

(1) 初始化 A/D 转换器

<设定条件>

- 给 A/D 转换器提供输入时钟。
- A/D 转换的通道选择和模式选择。
- A/D 转换的动作模式选择为连续转换模式。
- 使用软件触发开始 A/D 转换。
- 使用 A/D 转换结束中断（INTAD）。

(2) 转换测试电压

根据 A/D 转换的测试电压更改寄存器设置。

具体步骤如下：

- 禁用 A/D 电压比较器。

<当测试电压为内部 0V 时>

- 设置 A/D 转换的目标为内部 0V。

<当测试电压为 V_{DD} 时>

- 设置 A/D 转换的目标为 V_{DD} 。

<当测试电压为内部基准电压时>

- 设置 A/D 转换的目标为内部基准电压。

- 允许 A/D 电压比较器且等待一个稳定周期（1 μ s）。

(3) 开始 A/D 转换。

将 ADM0 寄存器的 ADCS 位（开始转换动作）置为“1”，开始 A/D 转换。

(4) 执行 HALT 指令进入 HALT 模式且等待 A/D 转换结束中断。

当输入电压 A/D 转换完成以后，A/D 转换器将结果传送给 ADCR 寄存器并且产生 A/D 转换结束中断。

(5) 检查 A/D 转换结果。

当参考例程通过 A/D 转换结束中断退出 HALT 模式时，可以从 ADCR 寄存器中读取 A/D 转换结果。

(6) 检查并确定 A/D 转换结果是否在允许范围内。

<如果 A/D 转换结果在允许范围内>

- 如果完成 3 种 A/D 输入电压测试，则参考例程使 LED1 长亮并且进入无限循环中。
- 如果未能完成 3 种 A/D 输入电压测试，则参考例程重复步骤（2）~（6）。

<如果 A/D 转换结果不在允许范围内>

- 参考例程会进入 LED1 闪烁的无限循环。

5.2 文件配置

参考例程所使用的文件，不包括集成开发环境自动生成的文件，请参见“表 5.1”。

表 5.1 文件配置

文件名称	说明	备注
r_main.c	主处理模块	添加函数： R_Main_Check_AD_Data, R_Main_Blink_Led
r_adc_user.c	A/D 转换器模块	添加函数： R_ADC_Set_TestVoltage, R_ADC_Set_Vss, R_ADC_Set_Vdd, R_ADC_Set_Vbgr

5.3 选项字节设置一览

选项字节的设置，请参见“表 5.2”。

表 5.2 选项字节设置

地址	数值	说明
000C0H/010C0H	01101110B	看门狗定时器动作停止 (复位后，计数停止)
000C1H/010C1H	01110011B	LVD 复位模式：4.06V +/- 0.8V
000C2H/010C2H	11101000B	HS 模式、HOCO：32MHz
000C3H/010C3H	1000100B	允许片上调试

注意：禁止设置 C2H 地址的选项字节到非“HS 模式”，否则不能保证程序正常运行。

5.4 常量一览

参考例程中使用的常量，请参见“表 5.3”。

表 5.3 参考例程使用的常量

常量	设定值	说明
OVERALL_ERROR_LSB_UNIT	7	A/D 转换器的总误差为±7 LSB 该常量决定测试的允许误差。
VSS_RANGE_MAX	7	内部 0V 的允许范围上限值 由 $VSS_RANGE_MAX = 0 + OVERALL_ERROR_LSB_UNIT$ 决定。
AD_RESOLUTION_HEX	0x03FF	A/D 转换分辨率=10 位
VDD_RANGE_MIN	0x03F8	V _{DD} 允许范围的下限值 由 $VDD_RANGE_MIN = AD_RESOLUTION_HEX - OVERALL_ERROR_LSB_UNIT$ 决定。
VDD	5.0	V _{DD} （单位：V）
VBGR_MIN	1.38	内部基准电压（1.45V）的最小值（单位：V）
VBGR_MAX	1.5	内部基准电压（1.45V）的最大值（单位：V）
VBGR_RANGE_MIN	0x0113	内部基准电压（1.45V）允许范围的下限值 由 $VBGR_RANGE_MIN = (VBGR_MIN / (VDD / 0x03FF)) - OVERALL_ERROR_LSB_UNIT$ 决定。
VBGR_RANGE_MAX	0x0139	内部基准电压（1.45V）允许范围的上限值 由 $VBGR_RANGE_MAX = (VBGR_MAX / (VDD / 0x03FF)) + OVERALL_ERROR_LSB_UNIT$ 决定。

- 注意：
1. 表 5.3 中所列的常量是在电源电压为 5.0V 时获得的，请根据系统更改 V_{DD} 的值。
 2. 在某些情况下，当使用 5V 供给电压并且使用表 5.3 中的常量，执行参考例程得到的结果可能是在允许范围之外（例如使用 E1 仿真器提供电源进行内部基准电压（1.45V）的 A/D 测试，所得到的结果会超出允许范围）。在这种情况下，请将供给电源更换为一个更稳定的电源，或者根据电源误差考虑更改允许范围的值（具体来说就是 OVERALL_ERROR_LSB_UNIT 值的调整）。

A/D 测试电压和相应允许范围的上限/下限值，请参见“表 5.4”。

表 5.4 中的数是在使用表 5.3 中的变量的条件下得到的。

表 5.4 A/D 测试电压和相应的允许范围

A/D 测试电压	允许范围的下限	允许范围的上限
内部 0V	—	7 (VSS_RANG_MAX)
V _{DD}	0x03F8(VDD_RANG_MIN)	—
内部基准电压（1.45V）	0x0113(VBGR_RANG_MIN)	0x013A(VBGR_RANG_MAX)

5.5 函数一览

参考例程中使用的函数，请参见“表 5.5”。

表 5.5 函数

函数名	概要
R_ADC_Set_TestVoltage	设置测试电压。
R_ADC_Set_Vss	设置测试电压为内部 0V。
R_ADC_Set_Vdd	设置测试电压为 V _{DD} 。
R_ADC_Set_Vbgr	设置测试电压为内部基准电压。
R_ADC_Set_OperationOn	启用 A/D 电压比较器。
R_ADC_Set_OperationOff	禁用 A/D 电压比较器。
R_ADC_Start	开始 A/D 转换。
R_ADC_Stop	停止 A/D 转换。
R_Main_Check_AD_Data	检查 A/D 转换结果。
R_ADC_Get_Result	获得 A/D 转换结果。
R_Main_Blink_Led	LED 闪烁。

5.6 函数说明

本节对参考例程中使用的函数进行说明。

[函数名] R_ADC_Set_TestVoltage

概要	设置测试电压
头文件	r_cg_macrodriver.h r_cg_adc.h r_cg_userdefine.h
声明	void R_ADC_Set_TestVoltage(uint8_t voltage)
说明	选择用于 A/D 测试的电压
参数	<ul style="list-style-type: none"> voltage: 用于 A/D 测试的电压 (0-2) <ul style="list-style-type: none"> 0: 内部 0V 1: V_{DD} 2: 内部基准电压 (1.45V)
返回值	无
参考	如果电压设置的值超过 2, 则等同为 2。

[函数名] R_ADC_Set_Vss

概要	设置测试电压为内部 0V
头文件	r_cg_macrodriver.h r_cg_adc.h r_cg_userdefine.h
声明	void R_ADC_Set_Vss(void)
说明	设置 A/D 测试电压为内部 0V。
参数	无
返回值	无
参考	无

[函数名] R_ADC_Set_Vdd

概要	设置 A/D 测试电压为 V _{DD}
头文件	r_cg_macrodriver.h r_cg_adc.h r_cg_userdefine.h
声明	void R_ADC_Set_Vdd(void)
说明	设置 A/D 测试电压为 V _{DD} 。
参数	无
返回值	无
参考	无

[函数名] R_ADC_Set_Vbgr

概要	设置测试电压为内部基准电压
头文件	r_cg_macrodriver.h r_cg_adc.h r_cg_userdefine.h
声明	void R_ADC_Set_Vbgr(void)
说明	设置 A/D 测试电压为内部基准电压 (1.45V)。
参数	无
返回值	无
参考	无

[函数名] R_ADC_Set_OperationOn

概要	启用 A/D 电压比较器
头文件	r_cg_macrodriver.h r_cg_adc.h r_cg_userdefine.h
声明	void R_ADC_Set_OperationOn(void)
说明	启用 A/D 电压比较器。
参数	无
返回值	无
参考	无

[函数名] R_ADC_Set_OperationOff

概要	禁用 A/D 电压比较器
头文件	r_cg_macrodriver.h r_cg_adc.h r_cg_userdefine.h
声明	void R_ADC_Set_OperationOff(void)
说明	禁用 A/D 电压比较器。
参数	无
返回值	无
参考	无

[函数名] R_ADC_Start

概要	开始 A/D 转换
头文件	r_cg_macrodriver.h r_cg_adc.h r_cg_userdefine.h
声明	void R_ADC_Start(void)
说明	使能 A/D 转换结束中断, 开始 A/D 转换。
参数	无
返回值	无
参考	无

[函数名] R_ADC_Stop

概要	停止 A/D 转换
头文件	r_cg_macrodriver.h r_cg_adc.h r_cg_userdefine.h
声明	void R_ADC_Stop(void)
说明	禁用 A/D 转换结束中断, 停止 A/D 转换。
参数	无
返回值	无
参考	无

[函数名] R_Main_Check_AD_Data

概要	检查 A/D 转换结果
头文件	r_cg_macrodriver.h r_cg_adc.h r_cg_userdefine.h
声明	uint8_t R_Main_Check_AD_Data(uint8_t testVoltageIndex)
说明	返回 A/D 转换的结果。
参数	<ul style="list-style-type: none"> • voltage: 用于 A/D 测试的电压 (0-2) <ul style="list-style-type: none"> 0: 内部 0V 1: V_{DD} 2: 内部基准电压 (1.45V)
返回值	当 A/D 转换结果在允许范围内: 0x00 当 A/D 转换结果在允许范围外: 0x01
参考	如果电压值设置超过 2, 则等同为 2。

[函数名] R_ADC_Get_Result

概要	获得 A/D 转换的结果
头文件	r_cg_macrodriver.h r_cg_adc.h r_cg_userdefine.h
声明	void R_ADC_Get_Result(uint16_t *buffer)
说明	A/D 转换的结果向右移动 6 位, 并且存入到指定区域。
参数	<ul style="list-style-type: none"> • buffer: 存储 A/D 转结果的区域地址
返回值	无
参考	无

[函数名] R_Main_Blink_Led

概要	LED 闪烁
头文件	r_cg_macrodriver.h r_cg_adc.h r_cg_userdefine.h
声明	void R_Main_Blink_Led(void)
说明	LED 进行间隔 1s 的闪烁。 该函数进入无限循环，并且无法返回调用函数。
参数	无
返回值	无
参考	无

5.7 流程图

本篇应用说明中参考例程的整体流程，请参见“图 5.1”。

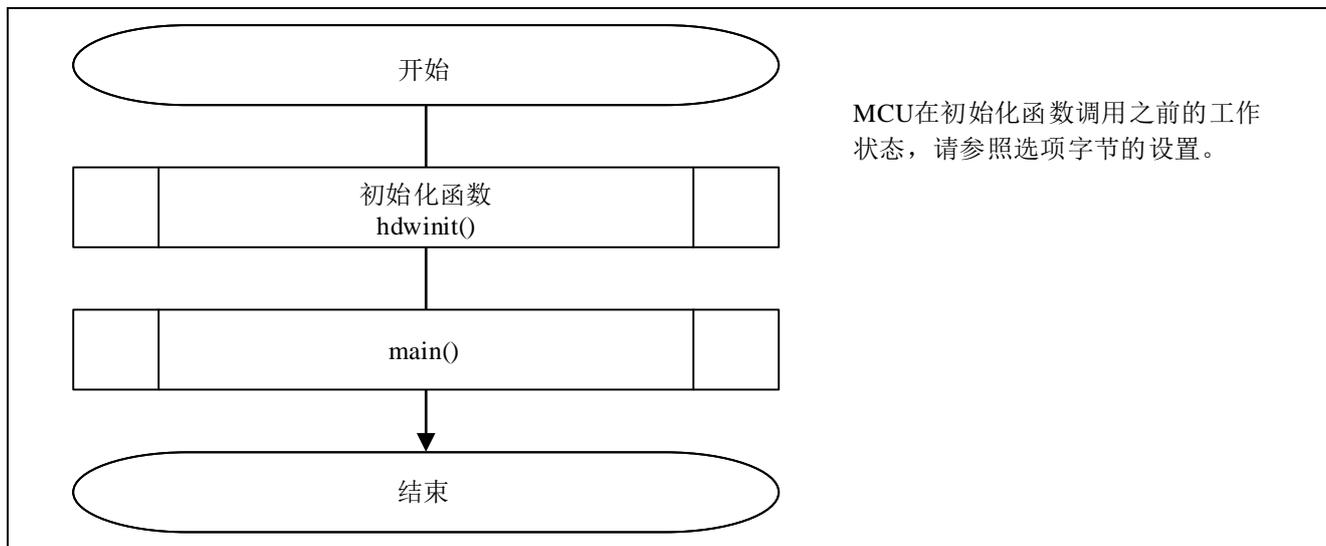


图 5.1 整体流程图

5.7.1 初始化函数

初始化函数流程，请参见“图 5.2”。

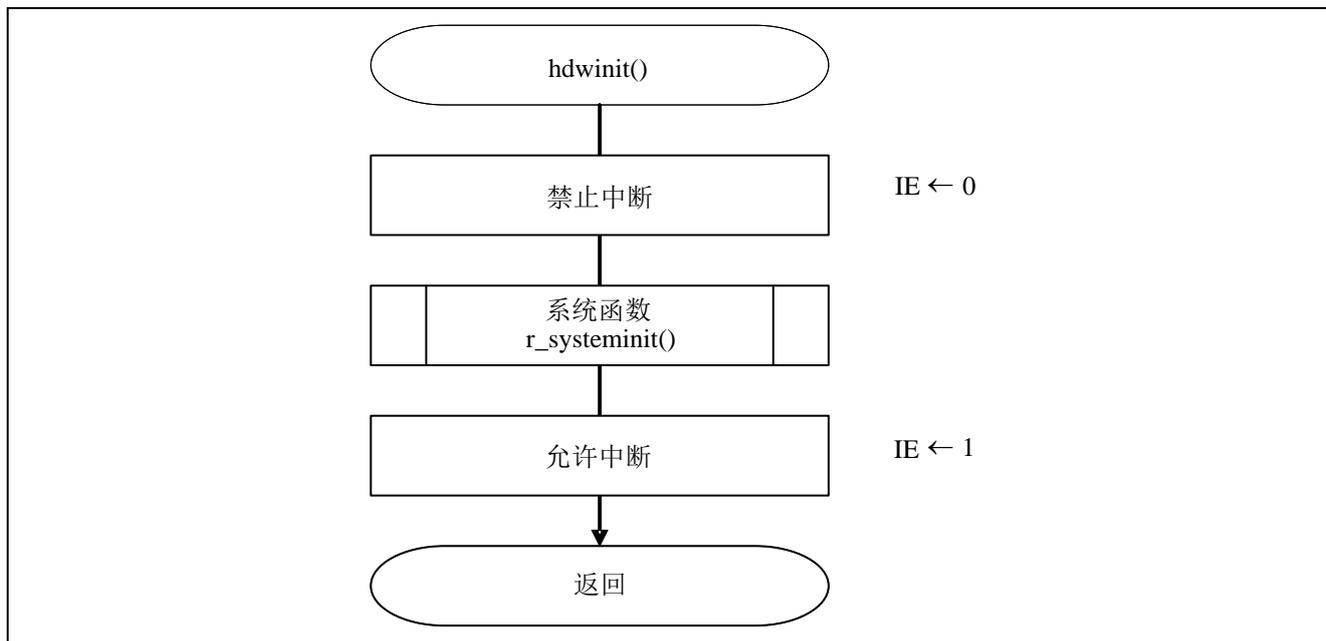


图 5.2 初始化函数

5.7.2 系统函数

系统函数的流程，请参见“图 5.3”。

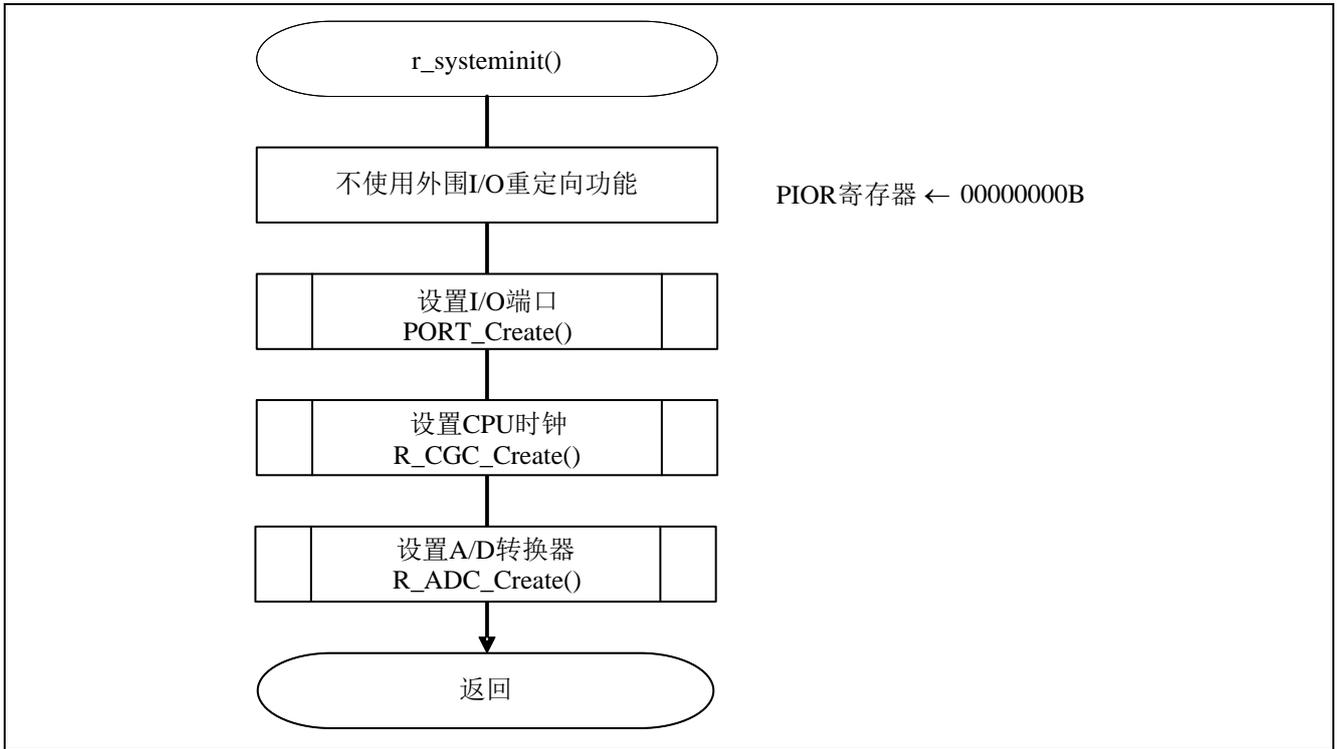


图 5.3 系统函数

5.7.3 初始化端口

初始化端口的流程，请参见“图 5.4”。

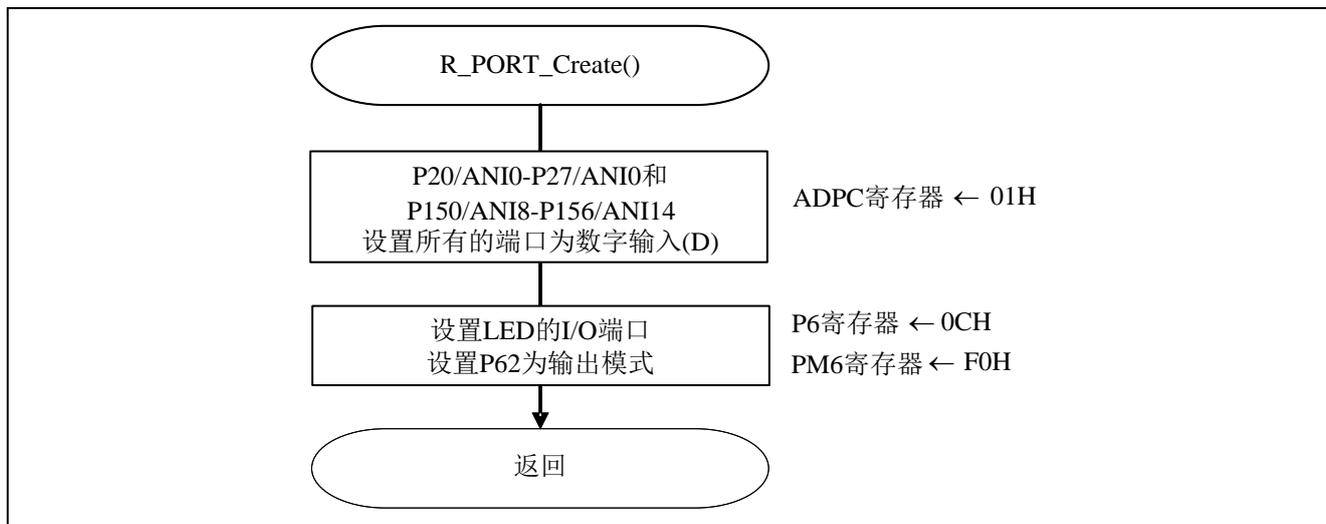


图 5.4 初始化端口流程^注

注：关于未使用端口的设置，请参考 RL78/G13 Initialization (R01AN0451EJ0100) 应用说明的“流程图”。

注意：关于未使用端口的设置，请注意根据系统具体要求进行适当的端口处理，并满足电气特性的要求。未使用的输入专用端口，请分别通过电阻上拉到 V_{DD} 或是下拉到 V_{SS} 。

设置用于 A/D 转换的通道

- A/D 端口配置寄存器 (ADPC)

在 A/D 转换器模拟输入和数字 I/O 口之间切换

符号: ADPC

7	6	5	4	3	2	1	0
0	0	0	0	ADPC3	ADPC2	ADPC1	ADPC0
0	0	0	0	0	0	0	1

位 3~位 0

ADPC3	ADPC2	ADPC1	ADPC0	有效模拟输入
0	0	0	0	ANIO ~ ANI14
0	0	0	1	无
0	0	1	0	ANIO
0	0	1	1	ANIO ~ ANI1
0	0	0	0	ANIO ~ ANI2
0	0	0	1	ANIO ~ ANI3
0	0	1	0	ANIO ~ ANI4
0	0	1	1	ANIO ~ ANI5
0	1	0	0	ANIO ~ ANI6
0	1	0	1	ANIO ~ ANI7
其他				禁止设置

注意: 关于寄存器设置的详细方法, 请参考 RL78/G13 用户手册 硬件篇。

5.7.4 CPU 时钟的设置

CPU 时钟的设置流程，请参见“图 5.5”。

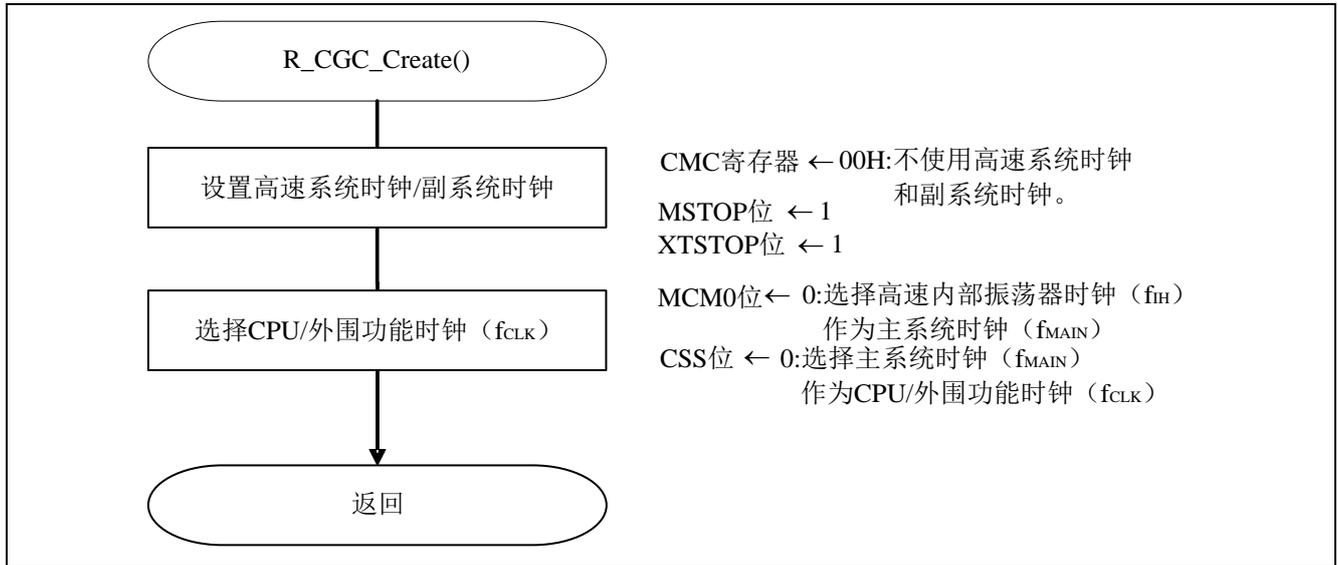


图 5.5 CPU 时钟的设置

注意：关于 CPU 时钟的设置 (R_CGC_Create())，请参考 RL78/G13 Initialization (R01AN0451EJ0100) 应用说明的“流程图”。

5.7.5 A/D 转换器的设置

A/D 转换器的设置流程, 请参见“图 5.6”。

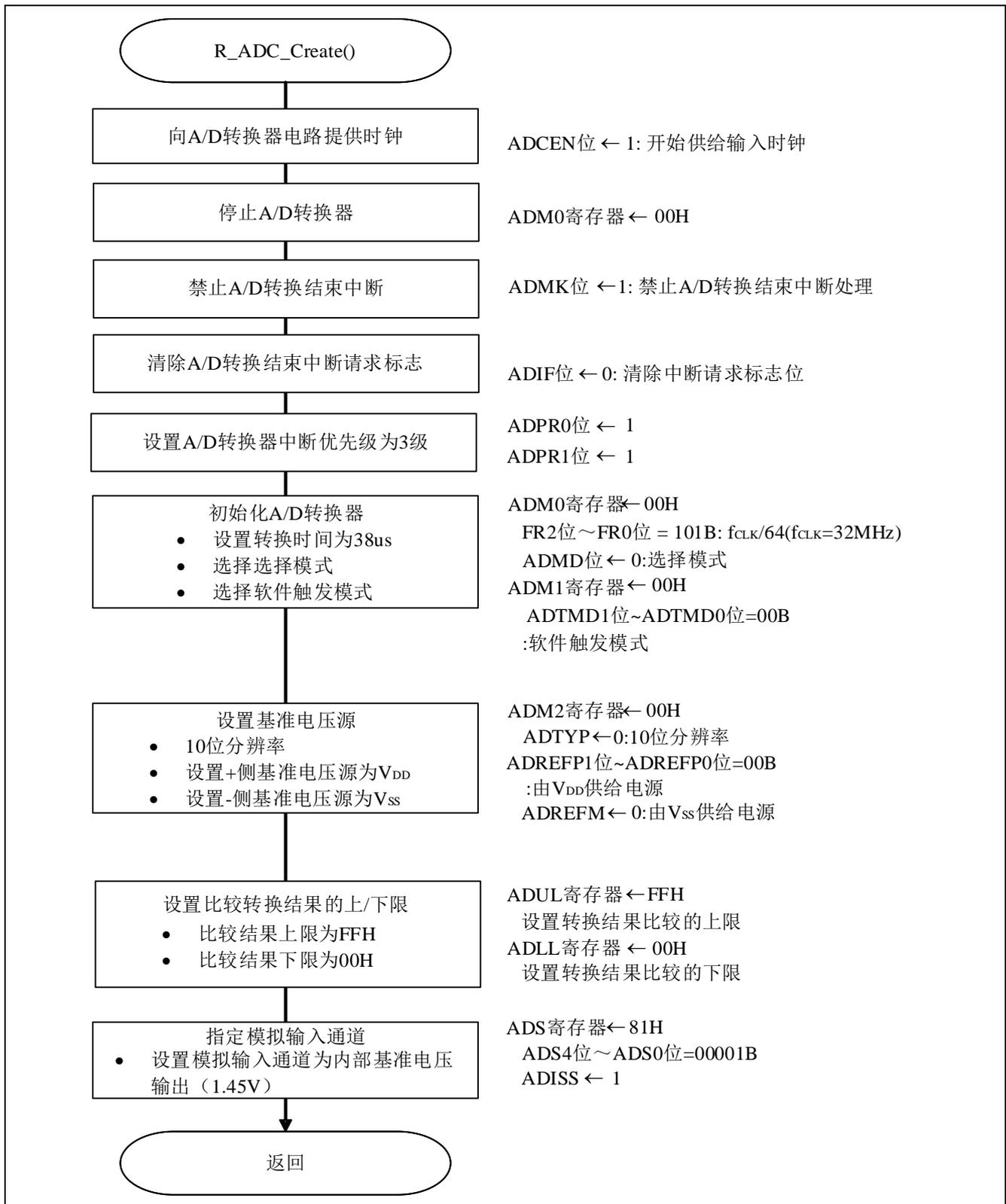


图 5.6 A/D 转换器的设置

使能 A/D 转换器的时钟供给

- 外围功能使能寄存器 0 (PER0)
开始向 A/D 转换器提供时钟。

符号: PER0

7	6	5	4	3	2	1	0
RTCEN	IICA1EN	ADCEN	IICA0EN	SAU1EN	SAU0EN	TAU1EN	TAU0EN
x	0	1	x	x	x	0	x

位 5

ADCEN	A/D 转换器输入时钟的控制
0	停止输入时钟的供应。
1	允许输入时钟的供应。

注意: 关于寄存器设置的详细方法, 请参考 RL78/G13 用户手册 硬件篇。

设置 A/D 转换时间和操作模式

- A/D 转换器模式寄存器 0 (ADM0)

控制 A/D 转换操作。

指定 A/D 通道的选择模式。

符号: ADM0

7	6	5	4	3	2	1	0
ADCS	ADMD	FR2	FR1	FR0	LV1	LV0	ADCE
0	0	0	0	0	0	0	0

位 7

ADCS	A/D 转换操作的控制
0	停止 A/D 转换操作
1	允许 A/D 转换操作

位 6

ADMD	设置 A/D 转换通道选择模式
0	选择模式
1	扫描模式

位 5~位 1

ADM0					模式	转换时间选择					转换时钟 (f_{AD})
FR 2	FR 1	FR 0	LV 1	LV 0	0	$f_{CLK} =$ 1 MHz	$f_{CLK} =$ 4 MHz	$f_{CLK} =$ 8 MHz	$f_{CLK} =$ 16 MHz	$f_{CLK} =$ 32 MHz	
0	0	0	0	0	标准 1	禁止设置	禁止设置	禁止设置	禁止设置	38us	$f_{CLK}/64$
0	0	1				38us	19us	$f_{CLK}/32$			
0	1	0				38us	19us	$f_{CLK}/16$			
0	1	1				38us	19us	$f_{CLK}/8$			
1	0	0				28.5us	14.25us	$f_{CLK}/6$			
1	0	1				23.75us	11.875us	$f_{CLK}/5$			
1	1	0				19us	9.5us	$f_{CLK}/4$			
1	1	1				38us	9.5us	$f_{CLK}/2$			
0	0	0	1	0	标准 2	禁止设置	禁止设置	禁止设置	禁止设置	34us	$f_{CLK}/64$
0	0	1				34us	17us	$f_{CLK}/32$			
0	1	0				34us	17us	$f_{CLK}/16$			
0	1	1				34us	17us	$f_{CLK}/8$			
1	0	0				25.5us	12.75us	$f_{CLK}/6$			
1	0	1				21.25us	10.625us	$f_{CLK}/5$			
1	1	0				17us	8.5us	$f_{CLK}/4$			
1	1	1				34us	8.5us	$f_{CLK}/2$			
X	X	X	1	0	低电压 1	禁止设置					—
X	X	X	1	1	低电压 1	禁止设置					—

符号: ADM0

7	6	5	4	3	2	1	0
ADCS	ADMD	FR2	FR1	FR0	LV1	LV0	ADCE
0							

位 0

ADCE	控制 A/D 电压比较器的操作
0	停止 A/D 电压比较器的操作
1	允许 A/D 电压比较器的操作

注意: 关于寄存器设置的详细方法, 请参考 RL78/G13 用户手册 硬件篇。

设置 A/D 转换的触发模式

A/D 转换器模式寄存器 1 (ADM1)

选择 A/D 转换触发模式

选择 A/D 转换操作模式

符号: ADM1

7	6	5	4	3	2	1	0
ADTMD1	ADTMD0	ADSCM	0	0	0	ADTRS1	ADTRS0
0	0	0	0	0	0	0	0

位 7 和位 6

ADTMD1	ADTMD0	选择 A/D 转换触发模式
0	—	软件触发模式
1	0	硬件触发无等待模式
1	1	硬件触发等待模式

位 5

ADSCM	A/D 转换模式的设置
0	连续转换模式
1	单次转换模式

注意: 关于寄存器设置的详细方法, 请参考 RL78/G13 用户手册 硬件篇。

设置基准电压源

- A/D 转换器模式寄存器 2 (ADM2)
设置基准电压源

符号: ADM2

7	6	5	4	3	2	1	0
ADREFP1	ADREFP0	ADREFM	0	ADCRK	AWC	0	ADTYP
0	0	0	0	0	0	0	0

位 7~6

ADREFP1	ADREFP0	A/D 转换+侧的基准电压源选择
0	0	由 V_{DD} 提供
0	1	由 P20/ AV_{REFP} /ANI0 提供
1	0	由内部基准电压 (1.45V) 提供
1	1	禁止设置

位 5

ADREFM	A/D 转换-侧的基准电压源选择
0	V_{SS} 供给
1	P21/ AV_{REFM} /ANI1 供给

位 3

ADCRK	检查转换结果的上限值/下限值
0	当 ADLL 寄存器 \leq ADCR 寄存器 \leq ADUL 寄存器, 输出中断信号 (INTAD)。
1	当 ADCR 寄存器 $<$ ADLL 寄存器和 ADUL 寄存器 $<$ ADCR 寄存器, 输出中断信号 (INTAD)。

位 2

AWC	设置唤醒功能(SNOOZE 模式)
0	不使用 SNOOZE 模式功能。
1	使用 SNOOZE 模式功能。

位 0

ADTYP	选择 A/D 转换分辨率
0	10 位分辨率
1	8 位分辨率

注意: 关于寄存器设置的详细方法, 请参考 RL78/G13 用户手册 硬件篇。

设置变换结果比较上限值/下限值

- 转换结果比较上限值设置寄存器 (ADUL)
 - 转换结果比较下限值设置寄存器 (ADLL)
- 设置变换结果比较上限值/下限值。

符号: ADUL

7	6	5	4	3	2	1	0
ADUL7	ADUL6	ADUL5	ADUL4	ADUL3	ADUL2	ADUL1	ADUL0
1	1	1	1	1	1	1	1

符号: ADLL

7	6	5	4	3	2	1	0
ADLL7	ADLL6	ADLL5	ADLL4	ADLL3	ADLL2	ADLL1	ADLL0
0	0	0	0	0	0	0	0

指定输入通道

- 模拟输入通道选择寄存器 (ADS)
- 指定执行 A/D 转换的模拟电压的输入通道。

符号: ADS

7	6	5	4	3	2	1	0
ADISS			ADS4	ADS3	ADS2	ADS1	ADS0
1	0	0	0	0	0	0	1

位 7 和位 4~位 0

ADISS	ADS4	ADS3	ADS2	ADS1	ADS0	模拟输入通道	输入源
0	0	0	0	0	0	ANI0	P20/ANI0 pin/AV _{REFP} 引脚
0	0	0	0	0	1	ANI1	P21/ANI1 pin/AV _{REFM} 引脚
0	0	0	0	1	0	ANI2	P22/ANI2 引脚
0	0	0	0	1	1	ANI3	P23/ANI3 引脚
0	0	0	1	0	0	ANI4	P24/ANI4 引脚
0	0	0	1	0	1	ANI5	P25/ANI5 引脚
0	0	0	1	1	0	ANI6	P26/ANI6 引脚
0	0	0	1	1	1	ANI7	P27/ANI7 引脚
0	1	0	0	0	0	ANI16	P03/ANI16 引脚
0	1	0	0	0	1	ANI17	P02/ANI17 引脚
0	1	0	0	1	0	ANI18	P147/ANI18 引脚
0	1	0	0	1	1	ANI19	P120/ANI19 引脚
1	0	0	0	0	0	—	温度传感器输出 0
1	0	0	0	0	1	—	内部基准电压输出 (1.45V)
其他						禁止设置	

注意: 关于寄存器设置的详细方法, 请参考 RL78/G13 用户手册 硬件篇。

设置 A/D 转换结束中断

- 中断请求标志寄存器 (IF1H)
清除中断请求标志。
- 中断屏蔽标志寄存器
禁用中断。

符号: IF1H

7	6	5	4	3	2	1	0
TMIF04	TMIF03	SRIF3 CSIF31 IICIF31	STIF3 CSIF30 IICIF30	KRIF	ITIIF	RTCIF	ADIF
x	x	x	x	x	x	x	0

位 0

ADIF	中断请求标志
0	不产生中断请求信号
1	产生中断请求, 处于中断请求状态

符号: MK1H

7	6	5	4	3	2	1	0
TMMK04	TMMK13	SRMK3 CSIMK31 IICMK31	STMK3 CSIMK30 IICMK30	KRMK	ITIMK	RTCMK	ADMK
x	x	x	x	x	x	x	1

位 0

ADMK	控制中断处理
0	允许中断处理。
1	禁止中断处理。

注意: 关于寄存器设置的详细方法, 请参考 RL78/G13 用户手册 硬件篇。

5.7.6 主函数处理

主函数流程，请参见“图 5.7”。

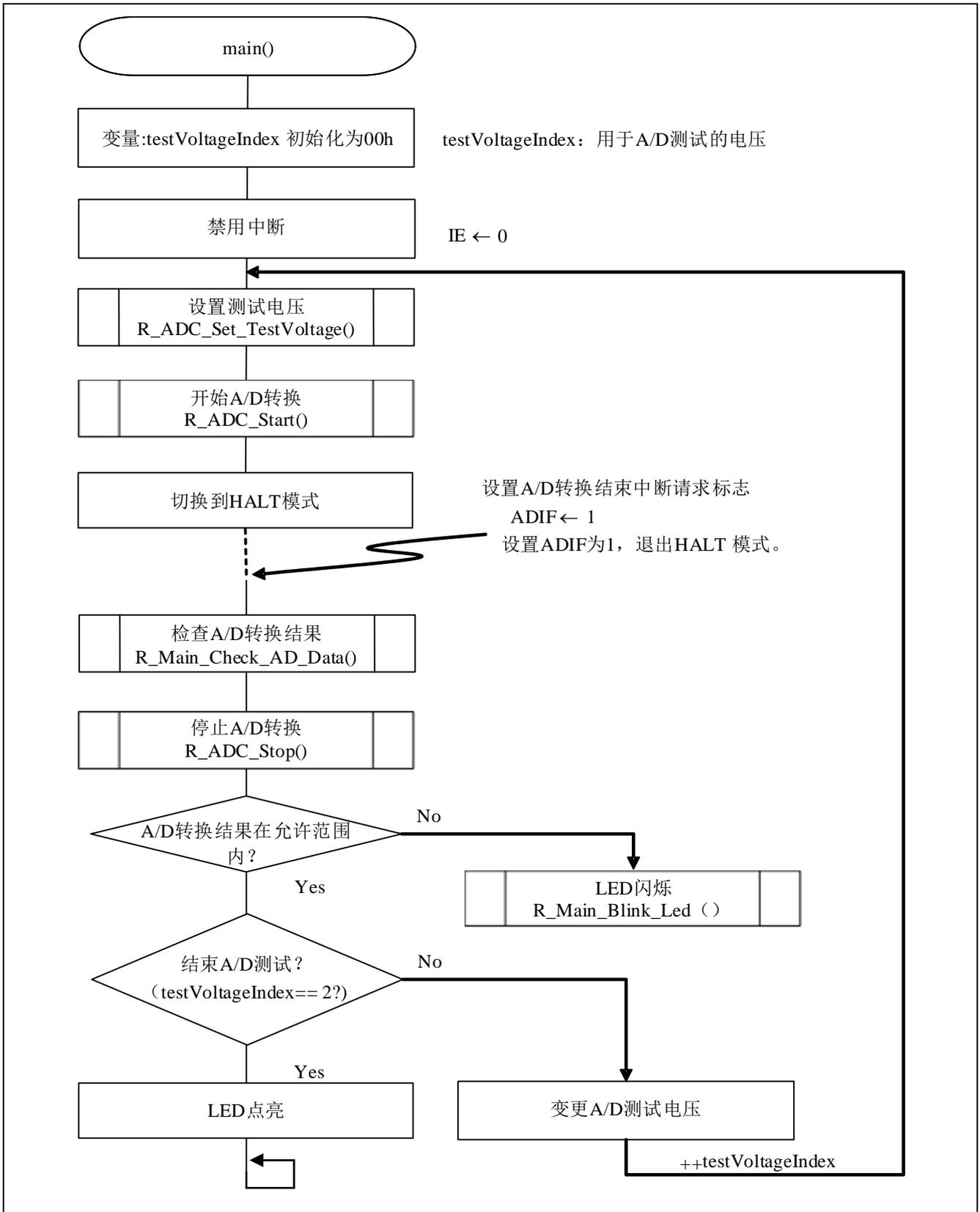


图 5.7 主函数处理流程

5.7.7 设置测试电压

设置测试电压的流程，请参见“图 5.8”。

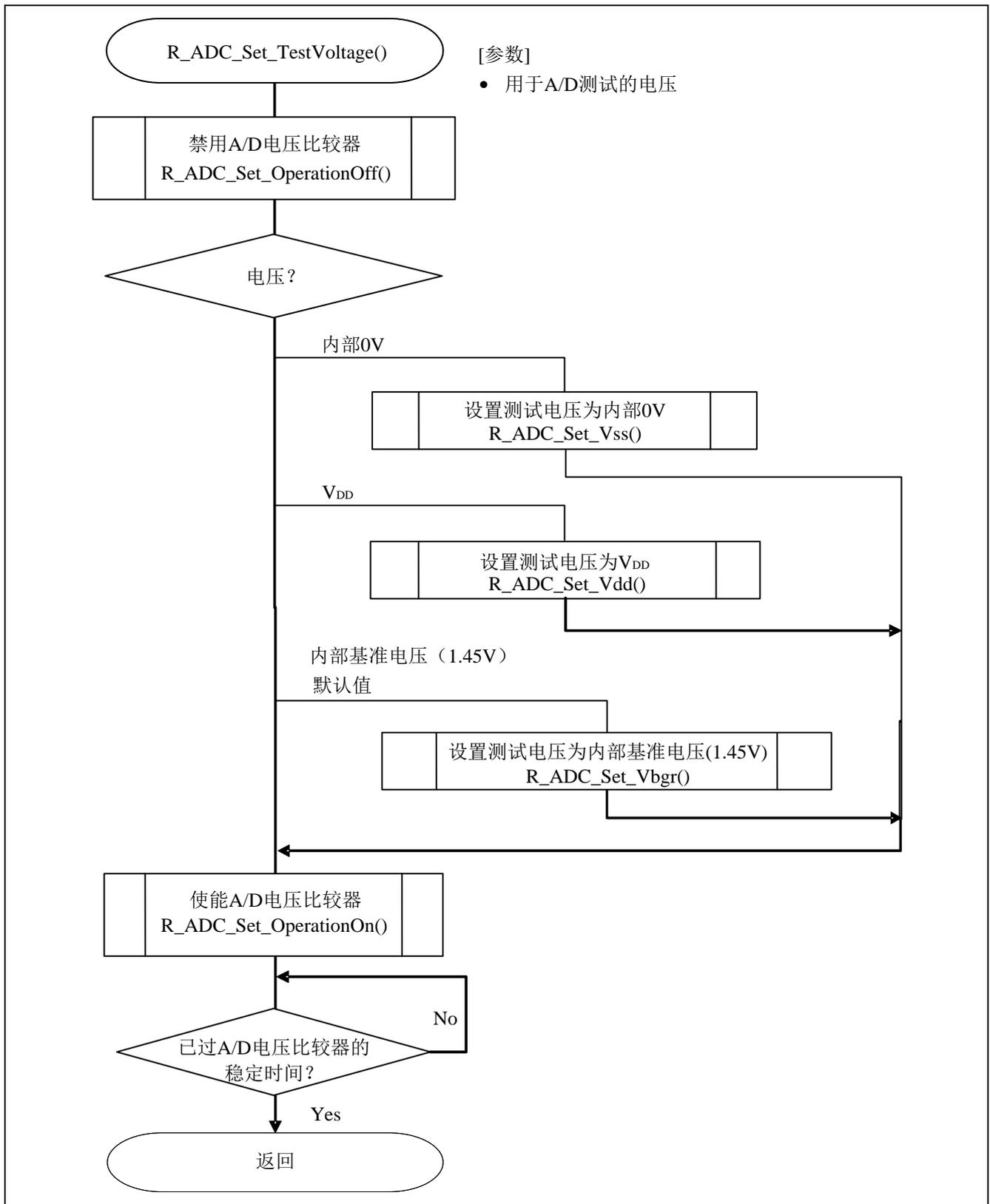


图 5.8 测试电压设置

5.7.8 设置内部 0V 为测试电压

设置内部 0V 为测试电压的流程图，请参见“图 5.9”。

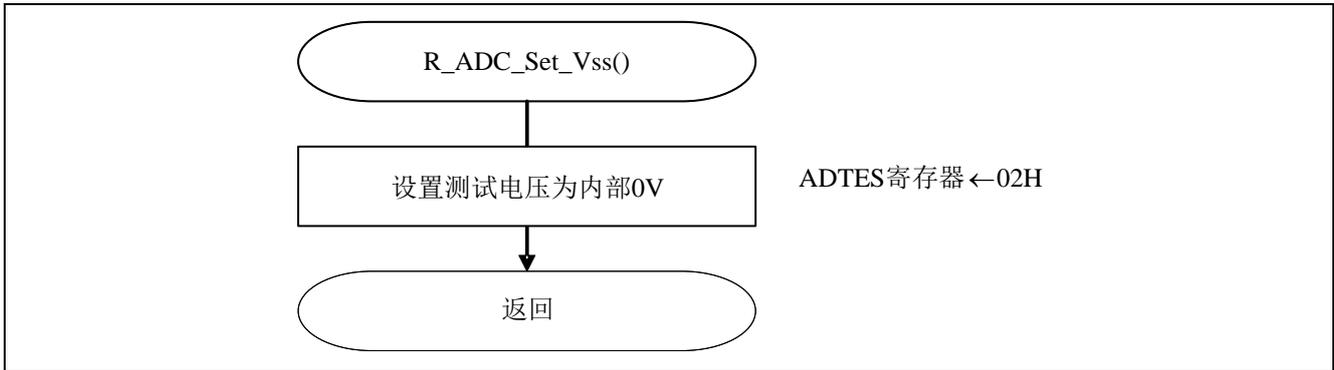


图 5.9 设置内部 0V 为测试电压

设置 A/D 转换目标

- 设置 A/D 转换目标。

符号: ADTES

7	6	5	4	3	2	1	0
0	0	0	0	0	0	ADTES1	ADTES0
0	0	0	0	0	0	1	0

位 1~0

ADTES1	ADTES0	A/D 转换目标
0	0	AN _{ixx} (由模拟输入通道选择寄存器(ADS) 设置。)
1	0	AV _{RFFM}
1	1	AV _{RFFP}

5.7.9 设置 V_{DD} 为测试电压

设置 V_{DD} 为测试电压的流程图，请参见“图 5.10”。

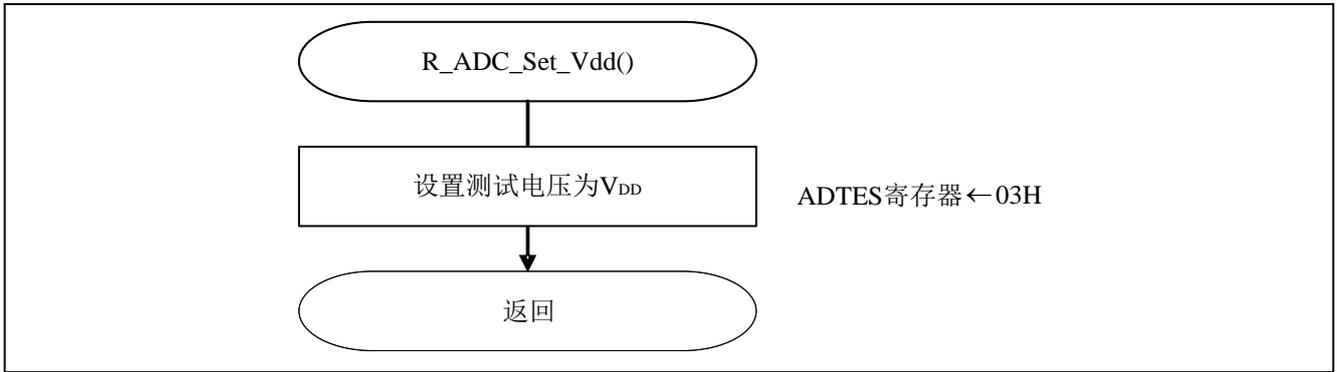


图 5.10 设置 V_{DD} 为测试电压

设置 A/D 转换目标

- 设置 A/D 转换目标。

符号: ADTES

7	6	5	4	3	2	1	0
0	0	0	0	0	0	ADTES1	ADTES0
0	0	0	0	0	0	1	1

位 1~0

ADTES1	ADTES0	A/D 转换目标
0	0	AN _{ixx} (由模拟输入通道选择寄存器(ADS) 设置。)
1	0	AV _{RFFM}
1	1	AV _{RFFP}

5.7.10 设置内部基准电压 (1.45V) 为测试电压

设置内部基准电压 (1.45V) 为测试电压的流程图, 请参见“图 5.11”。

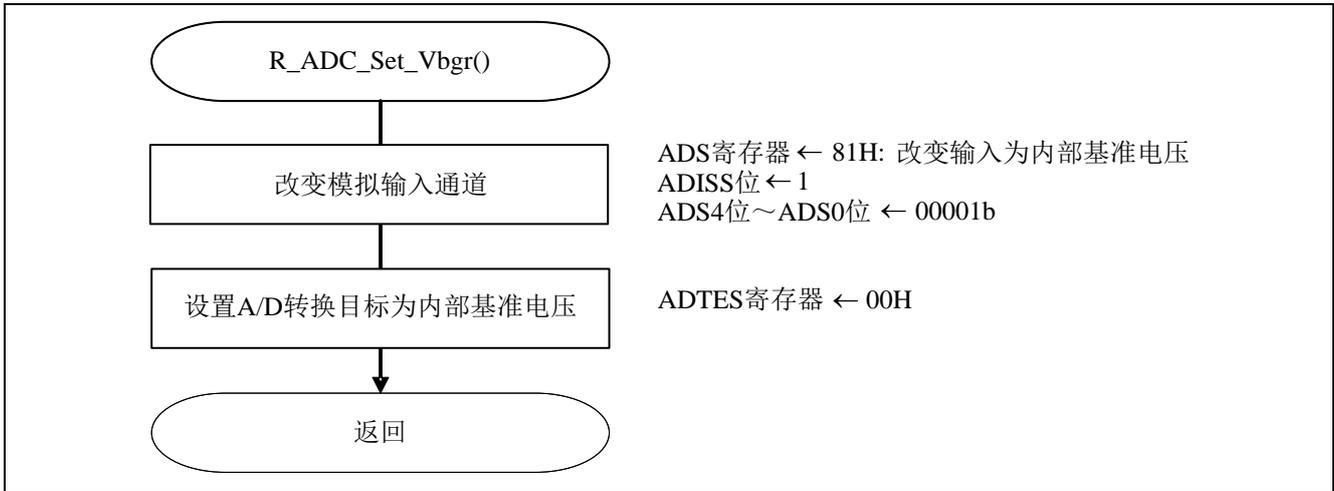


图 5.11 设置内部基准电压 (1.45V) 为测试电压

设置 A/D 转换目标

- 设置 A/D 转换目标。

符号: ADTES

7	6	5	4	3	2	1	0
0	0	0	0	0	0	ADTES1	ADTES0
0	0	0	0	0	0	0	0

位 1~0

ADTES1	ADTES0	A/D 转换目标
0	0	AN _{ixx} (由模拟输入通道选择寄存器(ADS) 设置。)
1	0	AV _{RFFM}
1	1	AV _{RFFP}

5.7.11 启用 A/D 电压比较器

启用 A/D 电压比较器的流程图，请参见“图 5.12”。

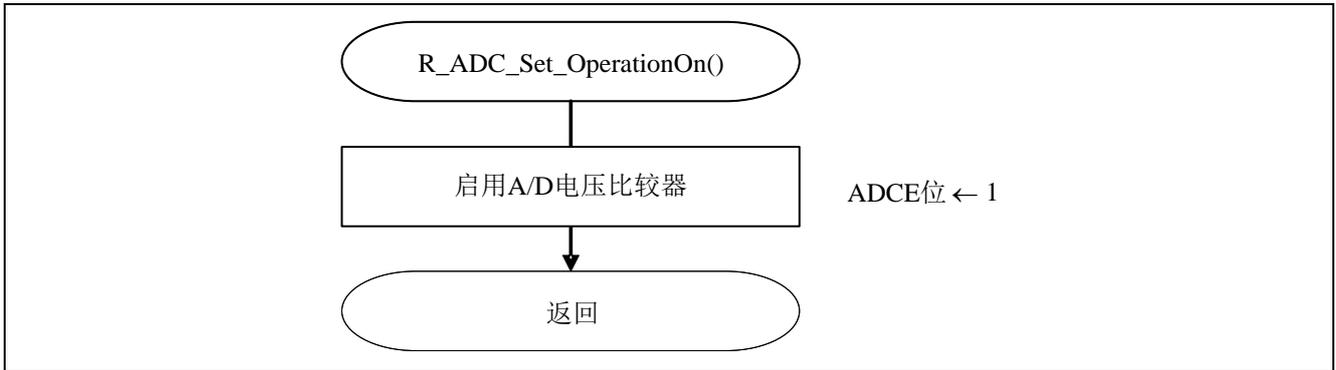


图 5.12 启用 A/D 电压比较器

启用 A/D 电压比较器

- A/D 转换器模式寄存器 0 (ADM0)
控制 A/D 比较器的运行

符号: ADM0

7	6	5	4	3	2	1	0
ADCS	ADMD	FR2	FR1	FR0	LV1	LV0	ADCE
x	x	x	x	x	x	x	1

位 0

ADCE	控制 A/D 电压比较器的操作
0	停止 A/D 电压比较器的操作
1	启用 A/D 电压比较器的操作

注意: 关于寄存器设置的详细方法, 请参考 RL78/G13 用户手册 硬件篇。

5.7.12 禁用 A/D 电压比较器

禁用 A/D 电压比较器的流程图，请参见“图 5.13”。

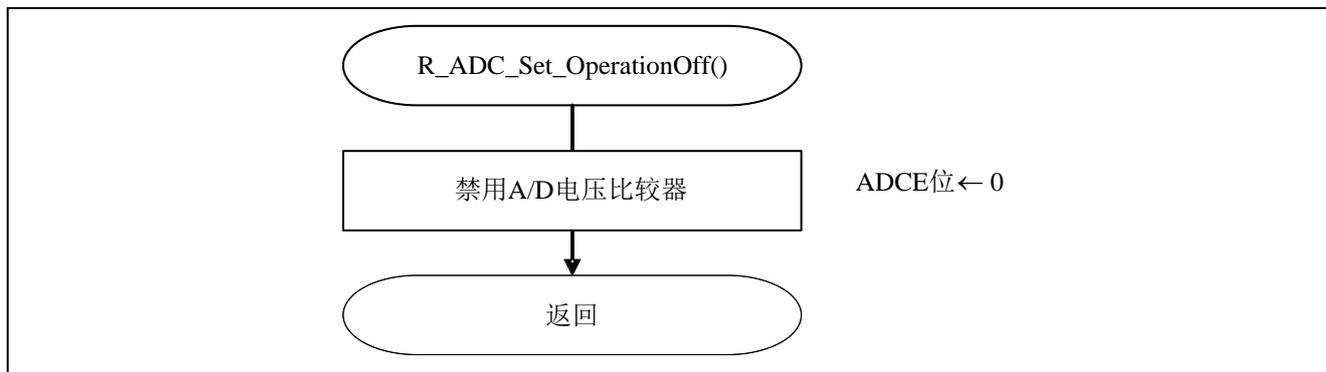


图 5.13 禁用 A/D 电压比较器

5.7.13 开始 A/D 转换

开始 A/D 转换的流程图，请参见“图 5.14”。

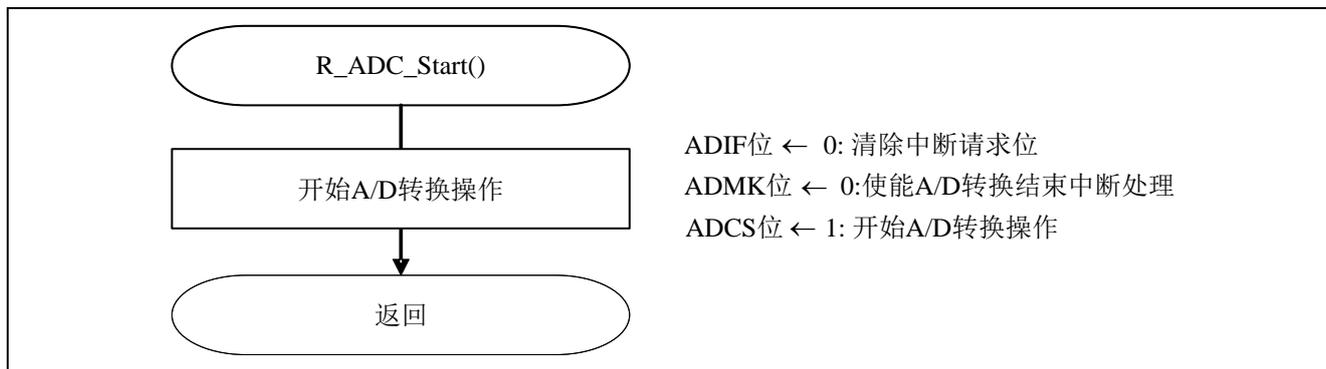


图 5.14 开始 A/D 转换

开始 A/D 转换

- A/D 转换器模式寄存器 0 (ADM0)
控制 A/D 转换操作。

符号: ADM0

7	6	5	4	3	2	1	0
ADCS	ADMD	FR2	FR1	FR0	LV1	LV0	ADCE
1	x	x	x	x	x	x	1

位 7

ADCS	控制 A/D 转换的操作
0	停止 A/D 转换的操作
1	开始 A/D 转换的操作

注意: 关于寄存器设置的详细方法, 请参考 RL78/G13 用户手册 硬件篇。

5.7.14 停止 A/D 转换

停止 A/D 转换的流程图，请参见“图 5.15”。

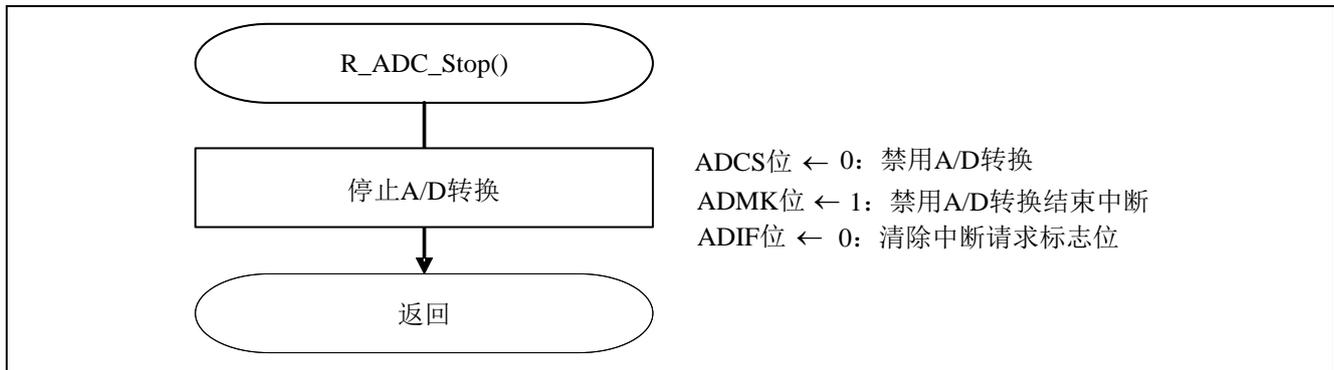


图 5.15 停止 A/D 转换

5.7.15 检查 A/D 转换结果

检查 A/D 转换结果的流程图，请参见“图 5.16”。

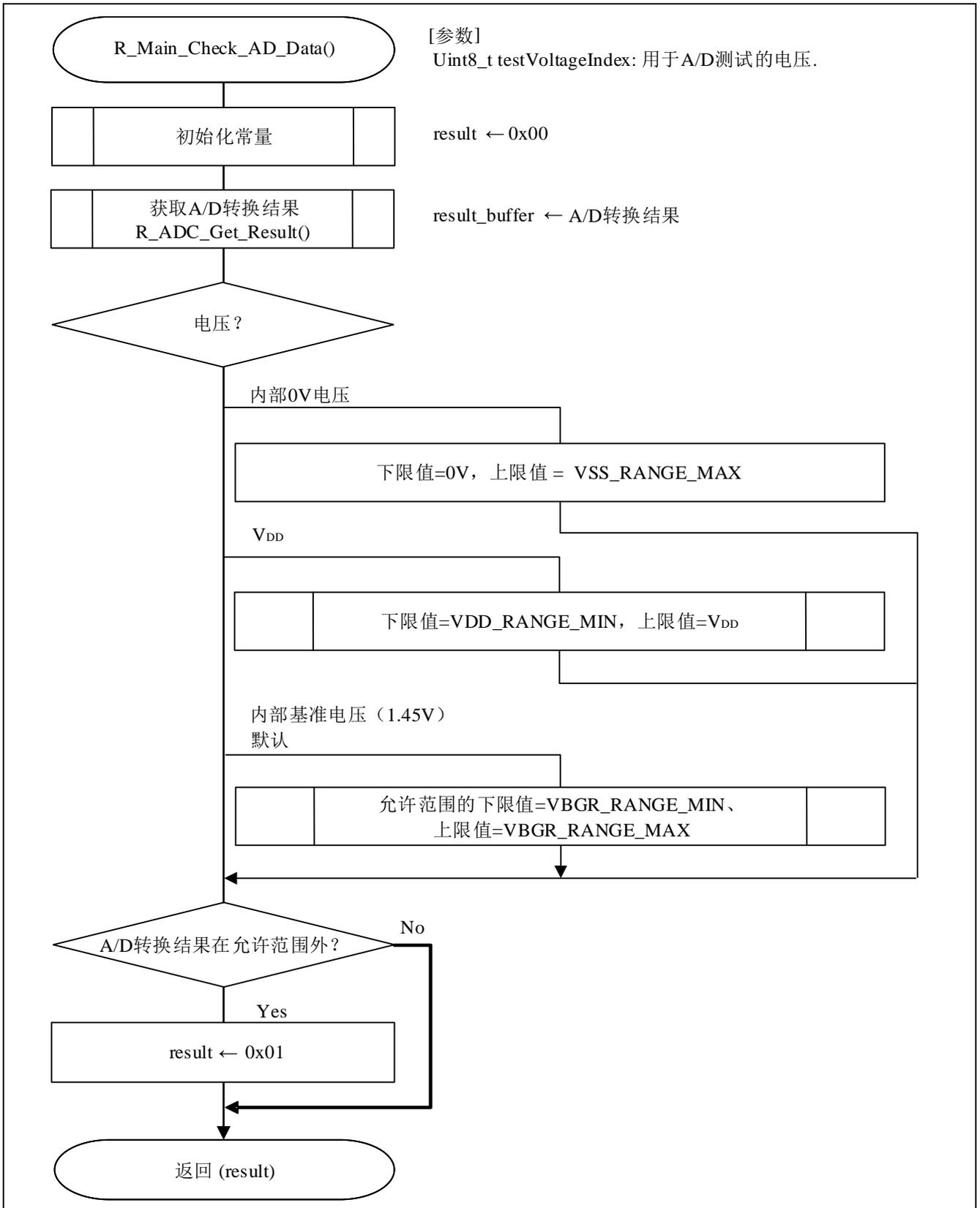


图 5.16 检查 A/D 转换结果

5.7.16 获取 A/D 转换结果

获取 A/D 转换结果的流程图，请参见“图 5.17”。

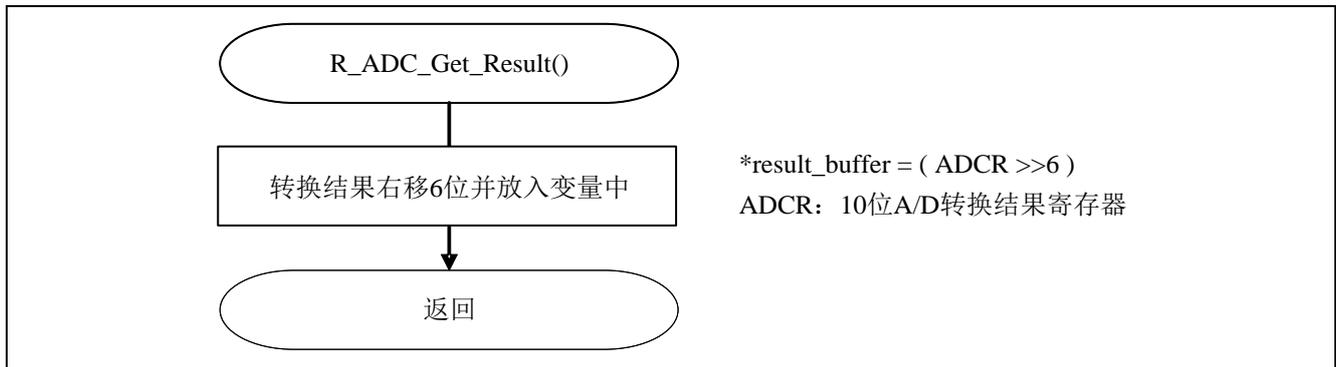


图 5.17 获取 A/D 转换结果

5.7.17 LED1 闪烁

LED1 闪烁的流程图，请参见“图 5.18”。

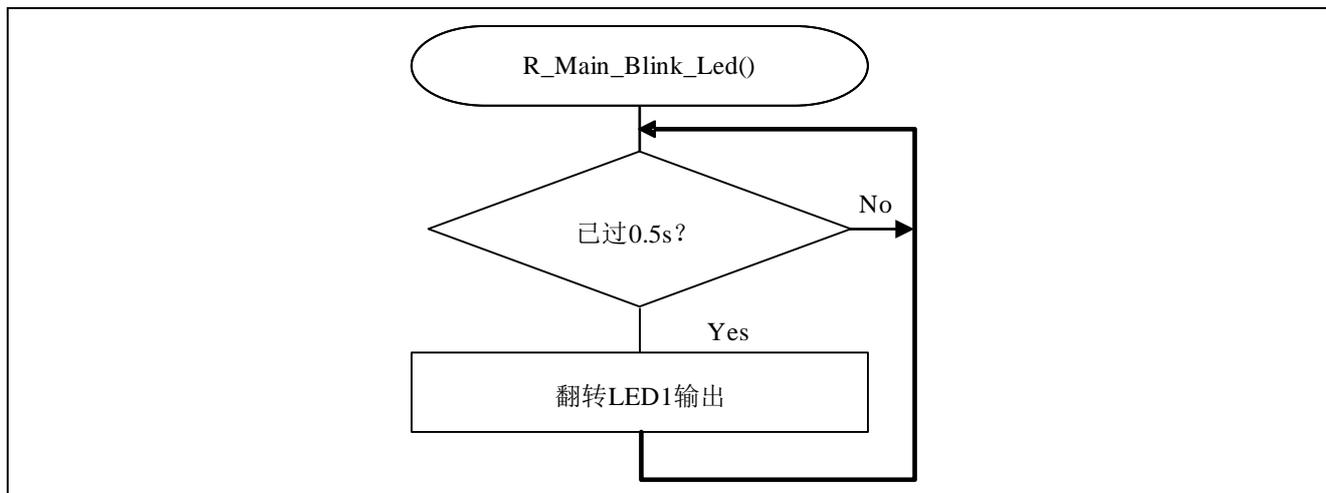


图 5.18 LED1 闪烁

6. 参考例程

参考例程请从瑞萨电子网页上取得。

7. 参考文献

RL78/G13 用户手册 硬件篇 (R01UH0146CJ0200 Rev.2.00)

RL78 family User's Manual: Software (R01US0015EJ0200 Rev.2.00)

(最新版本请从瑞萨电子网页上取得)

技术信息/技术更新

(最新信息请从瑞萨电子网页上取得)

公司主页和咨询窗口

瑞萨电子主页

- <http://cn.renesas.com/>

咨询

- <http://www.renesas.com/inquiry>
- contact.china@renesas.com

修订记录

Rev.	发行日	修订内容	
		页	要点
1.00	2013.10	—	初版发行
1.01	2015.03	8	“VBGR_RANGE_MAX” 的设定值由 “0x013A” 改为 “0x0139”
		24	删除 “ADTRS1” 和 “ADTRS0” 的介绍
		39	删除 “结果”

所有商标及注册商标均归其各自拥有者所有。

产品使用时的注意事项

本文对适用于单片机所有产品的“使用时的注意事项”进行说明。有关个别的使用时的注意事项请参照正文。此外，如果在记载上有与本手册的正文有差异之处，请以正文为准。

1. 未使用的引脚的处理

【注意】将未使用的引脚按照正文的“未使用引脚的处理”进行处理。

CMOS产品的输入引脚的阻抗一般为高阻抗。如果在开路的状态下运行未使用的引脚，由于感应现象，外加LSI周围的噪声，在LSI内部产生穿透电流，有可能被误认为是输入信号而引起误动作。未使用的引脚，请按照正文的“未使用引脚的处理”中的指示进行处理。

2. 通电时的处理

【注意】通电时产品处于不定状态。

通电时，LSI内部电路处于不确定状态，寄存器的设定和各引脚的状态不定。通过外部复位引脚对产品进行复位时，从通电到复位有效之前的期间，不能保证引脚的状态。

同样，使用内部上电复位功能对产品进行复位时，从通电到达到复位产生的一定电压的期间，不能保证引脚的状态。

3. 禁止存取保留地址（保留区）

【注意】禁止存取保留地址（保留区）

在地址区域中，有被分配将来用作功能扩展的保留地址（保留区）。因为无法保证存取这些地址时的运行，所以不能对保留地址（保留区）进行存取。

4. 关于时钟

【注意】复位时，请在时钟稳定后解除复位。

在程序运行中切换时钟时，请在要切换成的时钟稳定之后进行。复位时，在通过使用外部振荡器（或者外部振荡电路）的时钟开始运行的系统中，必须在时钟充分稳定后解除复位。另外，在程序运行中，切换成使用外部振荡器（或者外部振荡电路）的时钟时，在要切换成的时钟充分稳定后再进行切换。

5. 关于产品间的差异

【注意】在变更不同型号的产品时，请对每一个产品型号进行系统评价测试。

即使是同一个群的单片机，如果产品型号不同，由于内部ROM、版本模式等不同，在电特性范围内有时特性值、动作容限、噪声耐量、噪声辐射量等不同。因此，在变更不认同型号的产品时，请对每一个型号的产品进行系统评价测试。

Notice

1. 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.
2. 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.
3. 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.
4. You should not alter, modify, copy, or otherwise misappropriate any Renesas Electronics product, whether in whole or in part. Renesas Electronics assumes no responsibility for any losses incurred by you or third parties arising from such alteration, modification, copy or otherwise misappropriation of Renesas Electronics product.
5. Renesas Electronics products are classified according to the following two quality grades: "Standard" and "High Quality". The recommended applications for each Renesas Electronics product depends on the product's quality grade, as indicated below.
"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 etc.
"High Quality": Transportation equipment (automobiles, trains, ships, etc.), traffic control systems, anti-disaster systems, anti-crime systems, and safety equipment etc.
Renesas Electronics products are neither intended nor authorized for use in products or systems that may pose a direct threat to human life or bodily injury (artificial life support devices or systems, surgical implants etc.), or may cause serious property damages (nuclear reactor control systems, military equipment etc.). 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 for which it is not intended. 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 which the product is not intended by Renesas Electronics.
6. 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.
7. 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 systems manufactured by you.
8. 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.
9. 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. You should not use Renesas Electronics products or 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. When exporting the Renesas Electronics 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.
10. It is the responsibility of the buyer or distributor of Renesas Electronics products, who distributes, disposes of, or otherwise places the product with a third party, to notify such third party in advance of the contents and conditions set forth in this document. Renesas Electronics assumes no responsibility for any losses incurred by you or third parties as a result of unauthorized use of Renesas Electronics products.
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.

以下"注意事项"为从英语原稿翻译的中文译文，仅作参考译文，英文版的"Notice"具有正式效力。

注意事项

1. 本文件中所记载的关于电路、软件和其他相关信息仅用于说明半导体产品的操作和应用实例。用户如在设备设计中应用本文件中的电路、软件和相关信息，请自行负责。对于用户或第三方因使用上述电路、软件或信息而遭受的任何损失，瑞萨电子不承担任何责任。
2. 在准备本文件所记载的信息的过程中，瑞萨电子已尽量做到合理注意，但是，瑞萨电子并不保证这些信息都是准确无误的。用户因本文件中所记载的信息的错误或遗漏而遭受的任何损失，瑞萨电子不承担任何责任。
3. 对于因使用本文件中的瑞萨电子产品或技术信息而造成的侵权行为或因此而侵犯第三方的专利、版权或其他知识产权的行为，瑞萨电子不承担任何责任。本文件所记载的内容不应视为对瑞萨电子或其他人所有的专利、版权或其他知识产权作出任何明示、默示或其它方式的许可及授权。
4. 用户不得更改、修改、复制或制作以其他方式部分或全部地非法使用瑞萨电子的任何产品。对于用户或第三方因上述更改、修改、复制或其他方式非法使用瑞萨电子产品的行为而遭受的任何损失，瑞萨电子不承担任何责任。
5. 瑞萨电子产品根据其质量等级分为两个等级：“标准等级”和“高质量等级”。每种瑞萨电子产品的推荐用途均取决于产品的质量等级，如下所示：
标准等级： 计算机、办公设备、通讯设备、测试和测量设备、视听设备、家用电器、机械工具、个人电子设备以及工业机器人等。
高质量等级： 运输设备（汽车、火车、轮船等）、交通控制系统、防灾系统、预防犯罪系统以及安全设备等。
瑞萨电子产品无意用于且未被授权用于可能对人类生命造成直接威胁的产品或系统以及可能造成人身伤害的产品或系统（人工生命维持装置或系统、植入体内的装置等）中，或者可能造成重大财产损失的产品或系统（核反应堆控制系统、军用设备等）中。在将每种瑞萨电子产品用于某种特定应用之前，用户应先确认其质量等级。不得将瑞萨电子产品用于超出其设计用途之外的任何应用。对于用户或第三方因将瑞萨电子产品用于其设计用途之外而遭受的任何损害或损失，瑞萨电子不承担任何责任。
6. 使用本文件中记载的瑞萨电子产品时，应在瑞萨电子指定的范围内，特别是在最大额定值、电源工作电压范围、移动电源电压范围、热辐射特性、安装条件以及其他产品特性的范围内使用。对于在上述指定范围之外使用瑞萨电子产品而产生的故障或损失，瑞萨电子不承担任何责任。
7. 虽然瑞萨电子一直致力于提高瑞萨电子产品的质量和可靠性，但是，半导体产品有其自身的具体特性，如一定的故障发生率以及在某些使用条件下会发生故障等。此外，瑞萨电子产品均未进行防辐射设计。所以请采取安全措施，以避免当瑞萨电子产品在发生故障而造成火灾时导致人身事故、伤害或损害的事故。例如进行软硬件安全设计（包括但不限于冗余设计、防火控制以及故障预防等）、适当的老化处理或其他适当的措施等。由于难于对微机电系统单独进行评估，所以请用户自行对最终产品或系统进行安全评估。
8. 关于环境保护方面的详细内容，例如每种瑞萨电子产品的环境兼容性等，请与瑞萨电子的营业部门联系。使用瑞萨电子产品时，请遵守对管制物质的使用或含量进行管理的所有相关法律法规（包括但不限于《欧盟RoHS指令》）。对于因用户未遵守相关法律法规而导致的损害或损失，瑞萨电子不承担任何责任。
9. 不可将瑞萨电子产品和技术用于或者嵌入日本国内或海外相应的法律法规所禁止生产、使用及销售的任何产品或系统中。也不可将本文件中记载的瑞萨电子产品或技术用于与军事应用或者军事用途有关的目的（如大规模杀伤性武器的开发等）。在将本文件中记载的瑞萨电子产品或技术进行出口时，应当遵守相应的出口管制法律法规，并按照上述法律法规所规定的程序进行。
10. 向第三方分销或处分产品或者以其他方式将产品置于第三方控制之下的瑞萨电子产品买方或分销商，有责任事先向上述第三方通知本文件规定的内容和条件；对于用户或第三方因非法使用瑞萨电子产品而遭受的任何损失，瑞萨电子不承担任何责任。
11. 在事先未得到瑞萨电子书面认可的情况下，不得以任何形式部分或全部转载或复制本文件。
12. 如果对本文件所记载的信息或瑞萨电子产品有任何疑问，或者用户有任何其他疑问，请向瑞萨电子的营业部门咨询。
(注1) 瑞萨电子：在本文件中指瑞萨电子株式会社及其控股子公司。
(注2) 瑞萨电子产品：指瑞萨电子开发或生产的任何产品。



SALES OFFICES

Renesas Electronics Corporation

<http://www.renesas.com>

Refer to "<http://www.renesas.com/>" for the latest and detailed information.

Renesas Electronics America Inc.
2801 Scott Boulevard Santa Clara, CA 95050-2549, U.S.A.
Tel: +1-408-588-6000, Fax: +1-408-588-6130

Renesas Electronics Canada Limited
9251 Yonge Street, Suite 5309 Richmond Hill, Ontario Canada L4C 9T3
Tel: +1-905-237-2004

Renesas Electronics Europe Limited
Dukes Meadow, Millboard Road, Bourne End, Buckinghamshire, SL8 5FH, U.K
Tel: +44-1628-585-100, Fax: +44-1628-585-900

Renesas Electronics Europe GmbH
Arcadiastrasse 10, 40472 Düsseldorf, Germany
Tel: +49-211-6503-0, Fax: +49-211-6503-1327

Renesas Electronics (China) Co., Ltd.
Room 1709, Quantum Plaza, No.27 ZhiChunLu Haidian District, Beijing 100191, P.R.China
Tel: +86-10-8235-1155, Fax: +86-10-8235-7679

Renesas Electronics (Shanghai) Co., Ltd.
Unit 301, Tower A, Central Towers, 555 Languao Road, Putuo District, Shanghai, P. R. China 200333
Tel: +86-21-2226-0888, Fax: +86-21-2226-0999

Renesas Electronics Hong Kong Limited
Unit 1601-1611, 16/F., Tower 2, Grand Century Place, 193 Prince Edward Road West, Mongkok, Kowloon, Hong Kong
Tel: +852-2265-6668, Fax: +852-2886-9022

Renesas Electronics Taiwan Co., Ltd.
13F, No. 363, Fu Shing North Road, Taipei 10543, Taiwan
Tel: +886-2-8175-9600, Fax: +886-2-8175-9670

Renesas Electronics Singapore Pte. Ltd.
80 Bendemeer Road, Unit #05-02 Hyflux Innovation Centre, Singapore 339949
Tel: +65-6213-0200, Fax: +65-6213-0300

Renesas Electronics Malaysia Sdn.Bhd.
Unit 1207, Block B, Menara Amcorp, Amcorp Trade Centre, No. 18, Jin Persiaran Barat, 46050 Petaling Jaya, Selangor Darul Ehsan, Malaysia
Tel: +60-3-7955-9390, Fax: +60-3-7955-9510

Renesas Electronics India Pvt. Ltd.
No.777C, 100 Feet Road, HAL II Stage, Indiranagar, Bangalore, India
Tel: +91-80-67208700, Fax: +91-80-67208777

Renesas Electronics Korea Co., Ltd.
12F., 234 Teheran-ro, Gangnam-Gu, Seoul, 135-080, Korea
Tel: +82-2-558-3737, Fax: +82-2-558-8141