

概要

三星S3F84A5单片机是基于直流无刷电机应用领域开发的新型8位SAM8MCU，除了电机专用6路PWM模块外，更拥有强大的10-位 A/D 转换器(ADC) 模块。采用逐次逼近式逻辑，将八个输入通道中的模拟输入信号转换成10-位数据值。模拟输入范围为 AV_{REF} 至 V_{SS} 之间。此A/D转换器由以下部分组成：

- 带逐次逼近式逻辑的模拟比较器
- 采样保持电路
- D/A转化逻辑(电阻串类型)
- ADC控制寄存器 (ADCONH/L)
- 八个复用的模拟数据输入管脚(AD0 – AD7), 可用于数据I/O口
- 10-位 A/D转换数据输出寄存器(ADDATAH/L)
- A/D 转换结束中断(IRQ2, 矢量地址 D8H)
- AV_{REF} , AV_{SS} (AV_{SS} 内部连到 V_{SS})

功能描述

此A/D转换器模块包含采样保持电路，以确保在转换过程中，将送到ADC的输入电压保持恒定。

为了初始化模拟数字转换过程，必须首先设置端口控制寄存器使之用于A/D模拟输入口，之后，往A/D转换器控制寄存器ADCONH.4-.6位写通道选择数据以用于在八个模拟输入源(AD0-AD7)中选择一个作为当前A/D输入通道。这个可读写的ADCONH寄存器位于FBH, Set1 Bank0。未被使用到的管脚可作为普通I/O口。

该ADC模块有两种触发方式。既可以通过设置ADCONH.0位启动A/D转换，也可以写合适的值到A/D转换器低位控制寄存器ADCONL.4-.6来选择事件触发模式启动A/D转换。如果选择事件触发方式，务必确认对应的中断是否已使能，以及事件中未决位是否在对应的中断服务子程序中 或用户程序的某处通过软件已经被清除，只有这样，才能确保进行下一次转换。可读写的ADCONL寄存器位于地址F3H, Set1 Bank0。

在普通转换过程中，ADC逻辑将逐次逼近寄存器初始值设为200H（接近10-位寄存器的中点）。在每一步转换过程中，该寄存器自动更新。直到逐次逼近模块对当前的输入通道完成10-位的转换。

当转换结束时，转换结束位(EOC)自动设置为1，如果事先通过设置ADCONL.1使能了A/D转换结束中断 (IRQ2, 矢量地址 D8H)，将向CPU产生中断申请。与此同时，ADC转换结果被装载到ADDATAH/L寄存器中，可供用户读取。

之后，A/D转换器进入空闲状态。如果未使用事件触发方式，可以通过重新设置ADCONH.0位启动另外一次转换。

切记在下次转换开始前，先读取ADDATAH/L寄存器的内容。否则，上次的结果将被下一次转换结果覆盖。

A/D转换结束中断未决位必须由软件清除。

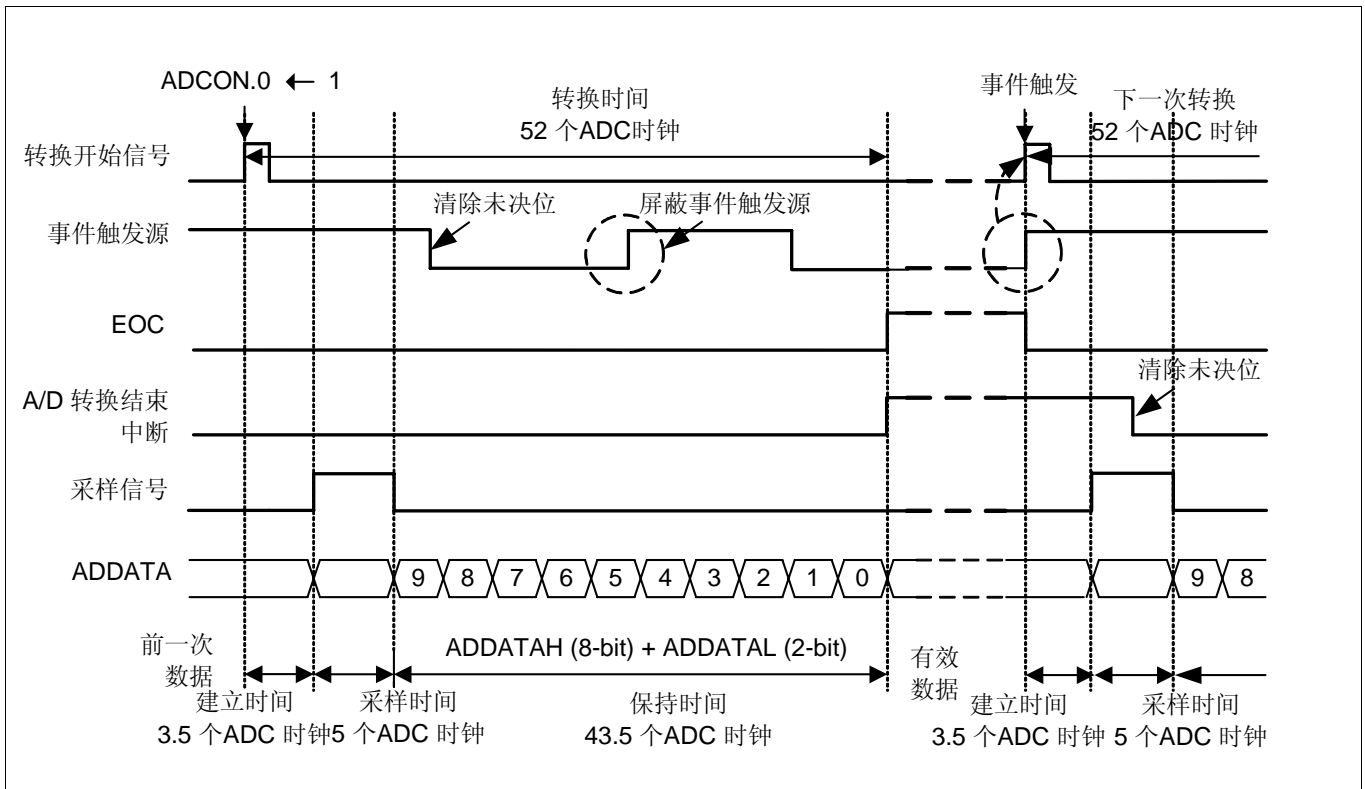


图 1. A/D 转换器时序图

转换时序

正如图1所述, 这个A/D转换过程需要5个时钟完成对模拟输入信号采样, 以及需要47个时钟完成10-位转换(包括建立时间). 因此, 完成一次10-位转换共需要52个时钟: 当主频为8MHz时, 选择 $f_{xx}/4$ 作为转换时钟频率, 一个时钟周期为0.5us, 可按照以下方式计算得出转换速度:

$\text{转换时间 (47 个时钟)} + \text{采样时间 (5 个时钟)} = 52 \text{ 个时钟}, 52 \text{ 时钟} \times 0.5\mu\text{s} = 26 \mu\text{s}$ 当主频为 8 MHz时

备注: 最大ADC输入时钟频率为2.5MHz, 因此最短A/D转换时间为20.8us.

A/D 转换器高位控制寄存器(ADCONH)

A/D转换器高位控制寄存器ADCONH位于地址FBH, Set1 Bank0. 有以下四种功能:

- 模拟输入管脚选择(位 4, 5, 和 6)
- A/D 转换结束(EOC)状态(位 3)
- A/D 转换器时钟源选择 (位 1,2)
- A/D 转换开启(位 0)

复位后, A/D开启位关闭. 在同一时刻只能选择一路模拟输入通道. 通过控制ADCONH.4-6位, 其他的模拟输入管脚(ADC0-ADC7)可被动态选择. 未被当作模拟输入管脚可用作普通的I/O功能.

A/D 转换器低位控制寄存器(ADCONL)

A/D转换器低位控制寄存器ADCONL位于地址F3H, Set1 Bank0. 有以下三种功能:

- A/D 转换器事件触发源选择(位 4, 5, 和 6)
- A/D 转换结束中断使能(位 1)
- A/D 转换结束中断未决(位 0)

复位后, A/D转换器的事件触发功能被禁止. 通过配置ADCONL.4-6位, 选择不同的触发源来启动A/D转换器的转换. 同时, 复位后, A/D转换结束中断也被关闭. 可通过设置ADCONL.1位来使能.

内部参考电压

在ADC功能模块中, 模拟输入电压水平需跟参考源比较得出. 必须保证模拟输入水平在 V_{SS} 至 AV_{REF} 范围内(通常, $AV_{REF} = V_{DD}$).

在模拟转换过程的每步转换中, 内部沿着电阻串将生成不同的参考电压水平. 第一位转换时的参考电压水平总是 $1/2 AV_{REF}$.

采样保持电路

当A/D转换开启后, 采样保持电路对通过ADCONH.6-4位选择的模拟管脚输入信号进行采样, 在A/D转换过程中保持住当前的模拟输入值.

事件触发器

除了对ADCONH.0位设置“1”, 也可通过往ADCONL.6-4位写合适的值来选择不同的事件触发源来启动A/D转换. 这种方式下, A/D转换器直到事件发生才会启动转换.

如果使用事件触发方式, 务必确认对应的中断是否已使能, 以及事件中断未决位是否在对应的中断服务子程序中或者用户程序的某处通过软件清除, 以确保下一次转换的可能.

当选择A/D转换结束中断作为触发源时, 必须通过往ADCONH.0写“1B”来开启第一转换. 在这种模式下, A/D转换器将连续转换而不管是否有中断未决位. 在上次完成后, 立即开始下一次转换. 因此, 尽管EOC代表ADC转换完成, 但EOC为高电平的时间很短, 以致无法被软件检测到. 所以, 强烈建议采用使能A/D转换结束中断以及当转换完成时在中断服

务程序中保存结果, 而不是检测EOC位的方法. 另外, 在选择ADC转换结束中断作为事件触发源前, 务必确认ADC模块是否已经完成上一次转换.

无论何时, 只要当前的转换未完成, 任何的事件触发源将被屏蔽, 因此也无法启动任何新的A/D转换, 目的是为了当前转换不受影响.

模块方框图

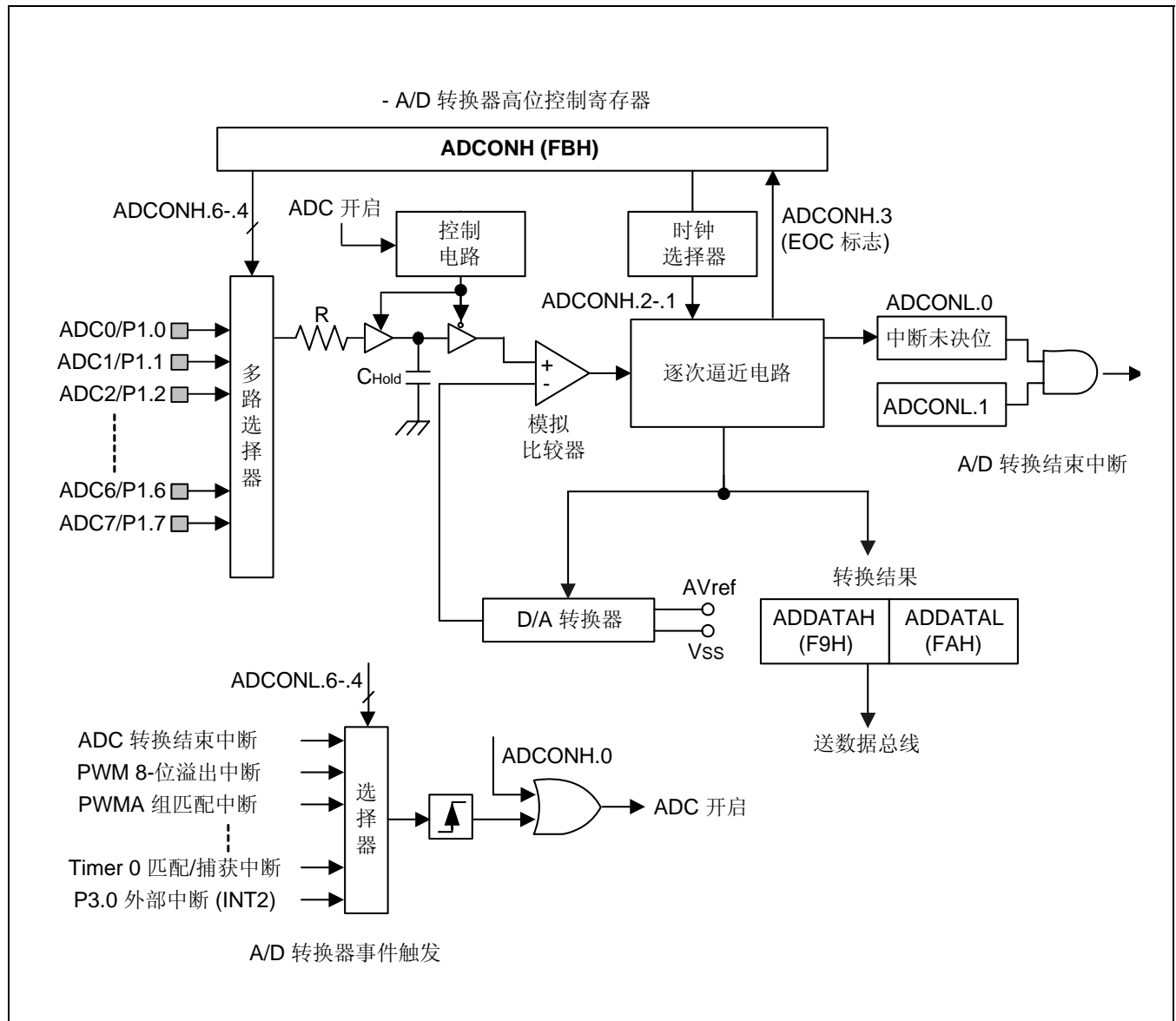


图 2. A/D 转换器功能模块图

使用内部A/D转换过程

1. 模拟输入的电压范围必须在 V_{SS} 和 AV_{REF} 内.
2. A/D转换前, 设置P1CONH和P1CONL寄存器, 使得P1.0-P1.7用于模拟输入.
3. 在转换过程开始之前, 务必通过往ADCONH寄存器写合适的值来选择八路输入管脚的其中一路作为当前通道.
4. 有两种方式可以开启A/D转换器工作.
 - 将ADCONH.0位置为“1”. 转换结束后, 该位能被硬件自动清除.
 - 使用事件触发器. 通过往ADCONL.6-.4位中写合适的值来选择不同的事件触发源. 在使用事件触发方式前, 务必确认事件的中断使能, 以及事件中断未决位是否在对应的中断服务子程序中或者用户程序的某处通过软件清除, 以确保下一次转换的可能. 这种方式下, 直到触发事件发生, A/D才开启转换过程.
5. 当转换结束时, (需要52时钟), EOC即ADCONH.3 标志位被置为“1”, 因此检测此位是否置起可用于验证转换是否结束. 如果ADCONL.1(转换中断标志位) 被设置, 将生成一个A/D转换结束中断.
6. 同时, 转换的数值被装载到ADDATAH(8-位) 和ADDATA L(2-位) 中, 之后ADC模块进入空闲状态.
7. 模拟数字转换结果可从ADDATAH和ADDATA L寄存器中读取.

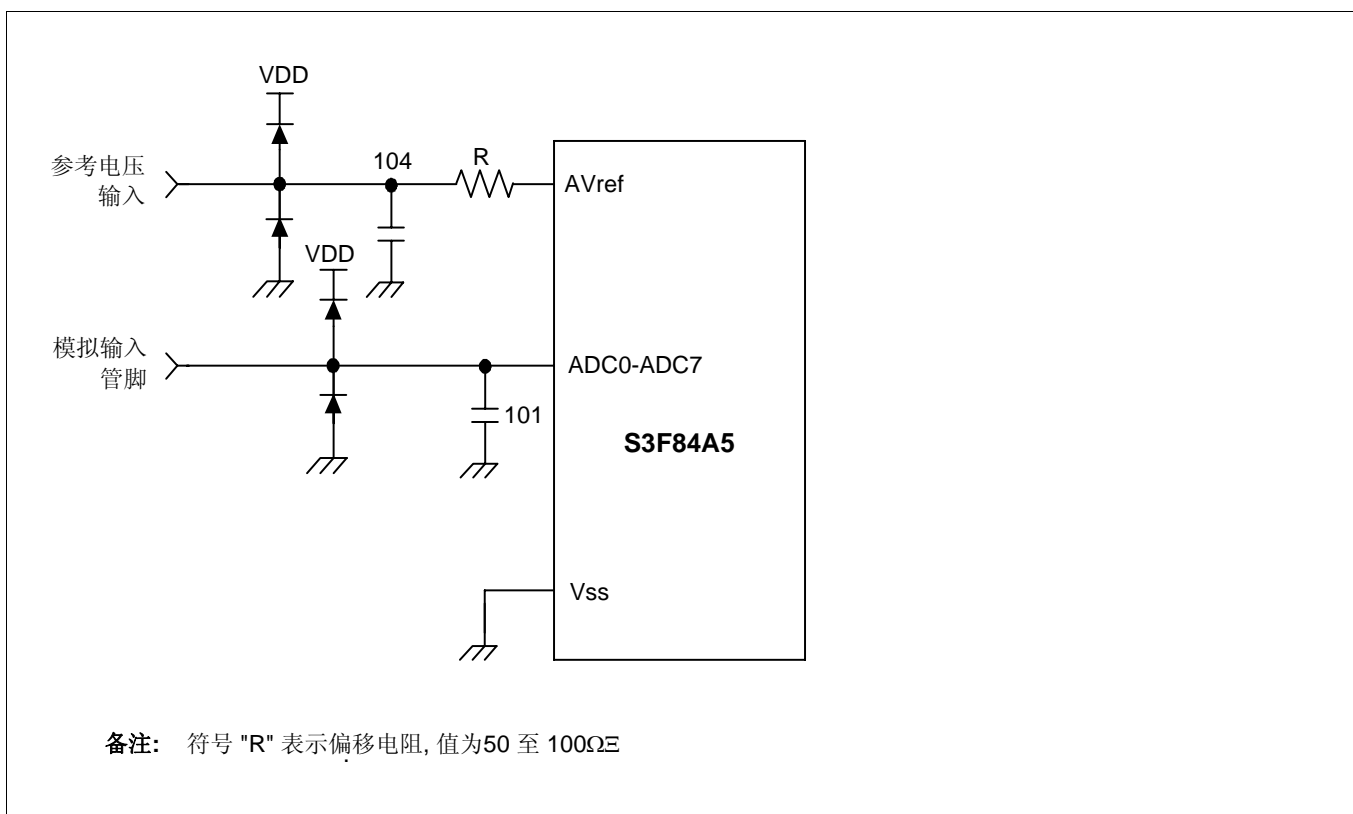


图 3. 高精度A/D转换器推荐电路

设置A/D转换—检测EOC模式

图4为设置A/D转换—检测EOC模式程序流程图.

A/D转换结束: 检测EOC标志位

事件触发器: 禁止A/D转换事件触发功能

A/D转换速率: 26us (典型值) @ $f_{ADC} = 2\text{MHz}$, $f_{OSC} = 8\text{MHz}$

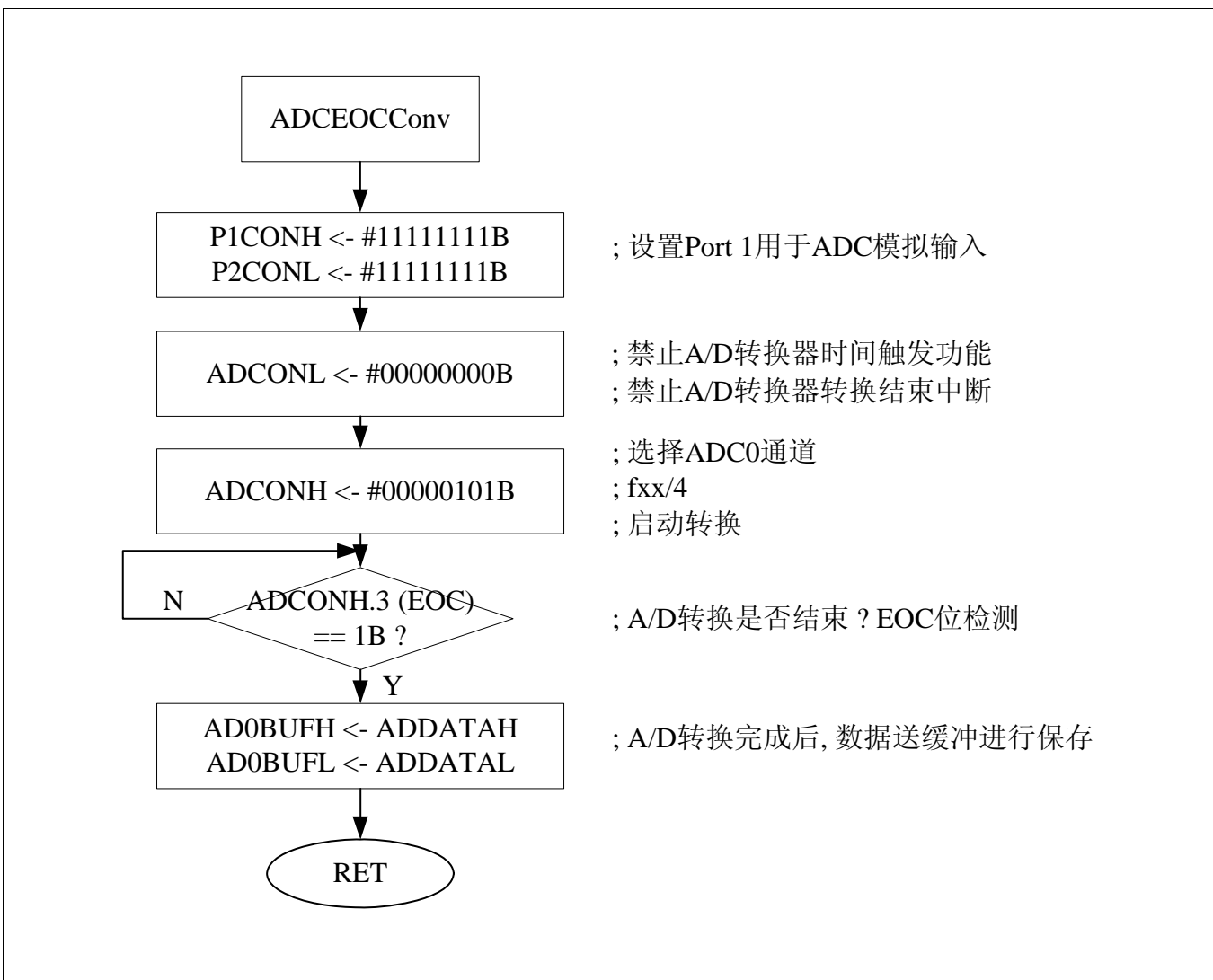


图 4. A/D转换—检测EOC模式程序流程图

设置A/D转换—检测EOC模式源代码

```

;=====
;=====  ADC Conversion EOC Mode  =====
;=====
                .RAM_ORG    01H
AD0BUFH        .RAM_DS     1
AD0BUFL        .RAM_DS     1

SR_ADC_EOC:
    LD    P1CONH, #11111111B    ; 设置P1.7 ~ P1.4用于ADC7-4模拟输入
    LD    P1CONL, #11111111B    ; 设置P1.3 ~ P1.0用于ADC3-0模拟输入
    LD    ADCONL, #00000000B    ; 禁止A/D转换器事件触发功能
                                        ; 禁止A/D转换器转换结束中断
    LD    ADCONH, #00000101B    ; ADC0通道
                                        ; fxx/4
                                        ; 启动ADC转换
AD0_CHK:      TM    ADCONH, #00001000B    ; A/D转换结束? → EOC检测
    JR    Z, AD0_CHK            ; 未完成, 则继续等待
    LD    AD0BUFH, ADDATAH      ; 高8-位转换数据送缓冲保存
    LD    AD0BUFL, ADDATAL      ; 低2-位转换数据送缓冲保存
    RET

```

设置A/D转换—A/D转换结束中断作为事件触发源模式

图5, 6为设置A/D转换— A/D转换结束中断作为事件触发源模式程序流程图.

A/D转换结束: A/D转换结束中断

事件触发器: 使能, 并且选择A/D转换结束中断作为事件触发源, 可实现A/D连续转换

A/D转换速率: 20.8us (典型值) @ $f_{ADC} = 2.5MHz$, $f_{OSC} = 10MHz$.

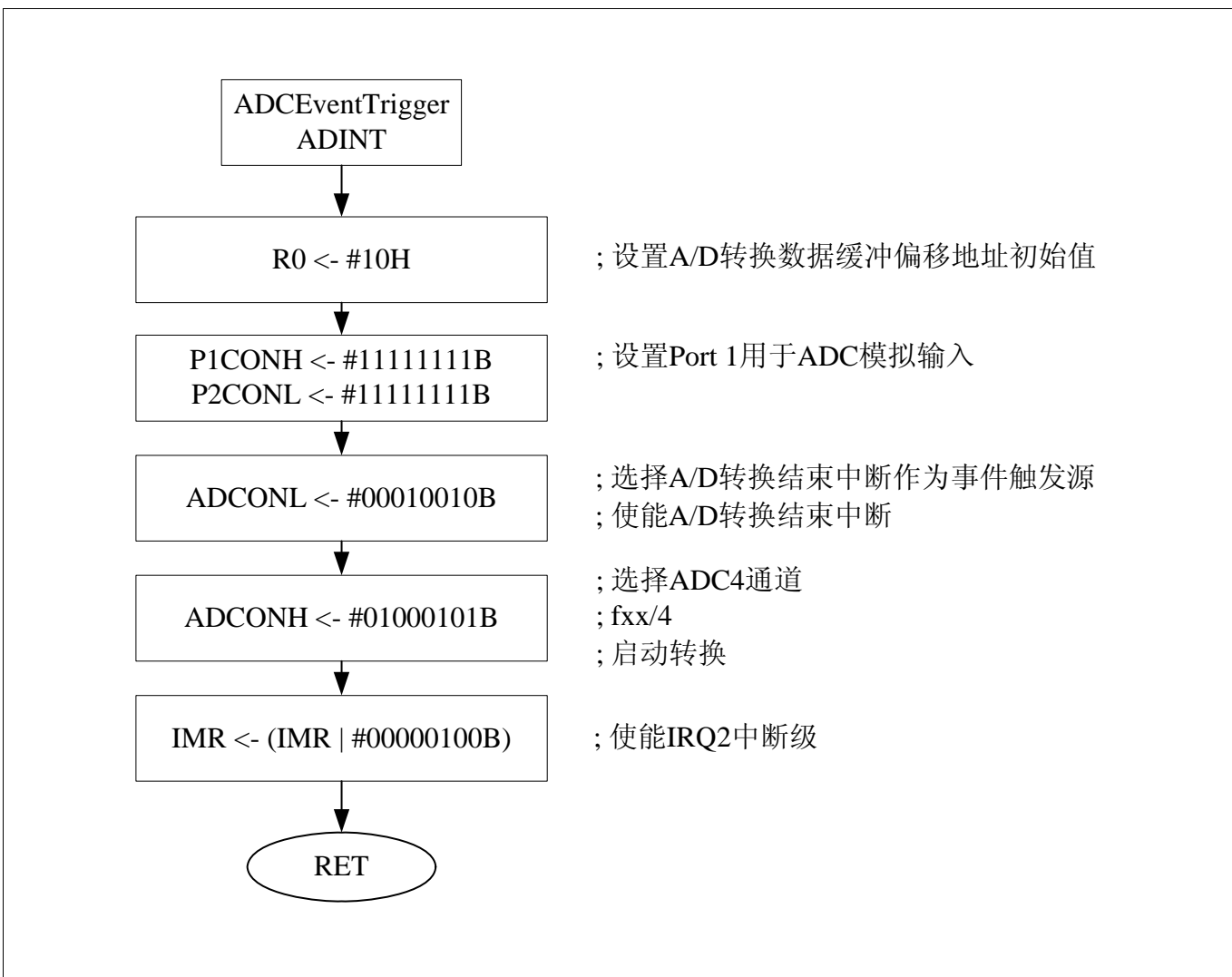


图 5 . A/D转换—A/D转换结束中断作为事件触发源模式程序流程图 (1)

设置A/D转换—A/D转换结束中断作为事件触发源模式(续)

图6为设置A/D转换— A/D转换结束中断作为事件触发源模式中中断服务程序流程图.

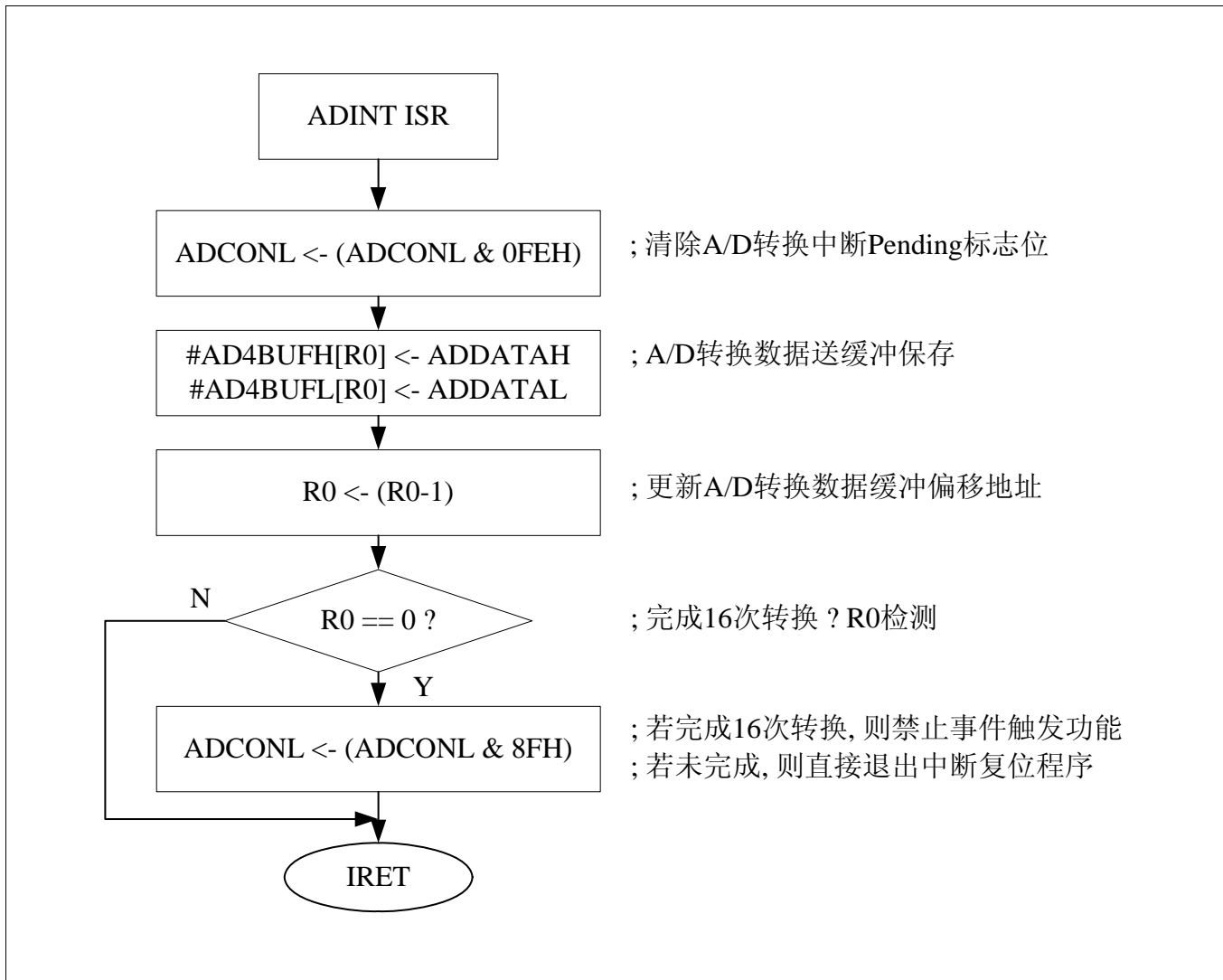


图 6. A/D转换—A/D转换结束中断作为事件触发源模式程序流程图 (2)

注: 若需要选择其他中断(例如PWM INT , Timer INT 或者 外部INT)作为A/D事件触发源, 则需要事先使能对应的中断, 并清除中断未决位; 另外, 在相应的中断服务子程序中清除中断未决位, 这样才能保证每次A/D转换的连续运行.

设置A/D转换器EOC模式源代码

```

;=====
;=====  ADC Conversion Event Trigger - ADINT Mode  =====
;=====
;-----<< Subroutine >>
;-----

SR_ADC_ET_ADINT:
    LD    R0, #10H                ; 设置A/D转换数据缓冲偏移地址初始值
    LD    P1CONH, #11111111B     ; 设置P1.7 ~ P1.4用于ADC7-4模拟输入
    LD    P1CONL, #11111111B     ; 设置P1.3 ~ P1.0用于ADC3-0模拟输入
    LD    ADCONL, #00010010B     ; 禁止A/D转换器事件触发功能
    LD    ADCONH, #01000101B     ; 禁止A/D转换器转换结束中断
    LD    ADCONH, #01000101B     ; ADC4通道
    LD    ADCONH, #01000101B     ; fxx/4
    LD    ADCONH, #01000101B     ; 启动ADC转换
    OR    IMR, #00000100B        ; 使能IRQ2中断级
    RET

;-----<< Interrupt Service Subroutine >>
;-----

ISR_ADINT:
    AND   ADCONL, #11111110B     ; 清除中断未决位
    LD    #AD4BUFH[R0], ADDATAH   ; 高8-位转换数据送缓冲保存
    LD    #AD4BUFL[R0], ADDATAL   ; 低2-位转换数据送缓冲保存
    DJNZ  R0, ADINTRET           ; 16次A/D转换是否结束? → R0 检测
    AND   ADCONL, #10001111B     ; 禁止事件触发功能

ADINTRET:
    IRET

```

备注