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

RENESAS

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.

基于 **R8C/2K** 的 **120** 度梯形波驱动的永磁同步电机无速度传感器控制平台

R8C/2K

用户手册

RSBJ

Published by: Renesas Technology (Shanghai) Co., Ltd. Beijing Branch.
Date: May 2009 Version 1.00
Document Number: RTBJCUM0002-0100

Trademarks

a) General

All brand or product names used in this manual are trademarks or registered trademarks of their respective companies or organizations.

b) Specific

Microsoft Windows is registered trademarks of Microsoft Corporation.

Pentium is a registered trademark of Intel.

目录

1. 系统综述

1.1 系统结构

空调压缩机无速度传感器控制系统的硬件系统框图如 Fig1.1 所示。

R8C/2K 产生 6 路 PWM 信号驱动 IPM 模块控制电机。通过 IPM 模块产生的 FO 信号反馈错误信息对系统进行保护操作。六路 PWM 信号采用 120 度导通角控制，在这期间 60 度的不导通时间利用 Timer RC 测量系统的一相反电动势的过零点，从而预测电机的换向点，实现压缩机的变频控制。通过 SCI0 串口与操作面板和 PC 机进行通讯，实现空调压缩机的控制以及参数设置修改和监控。

系统中 MCU 控制电路和 IPM 控制电路组成，由开关电源模块供电，由 PC 通过串口操作系统参数和给定量，系统结构图如图 Fig1.1 所示。

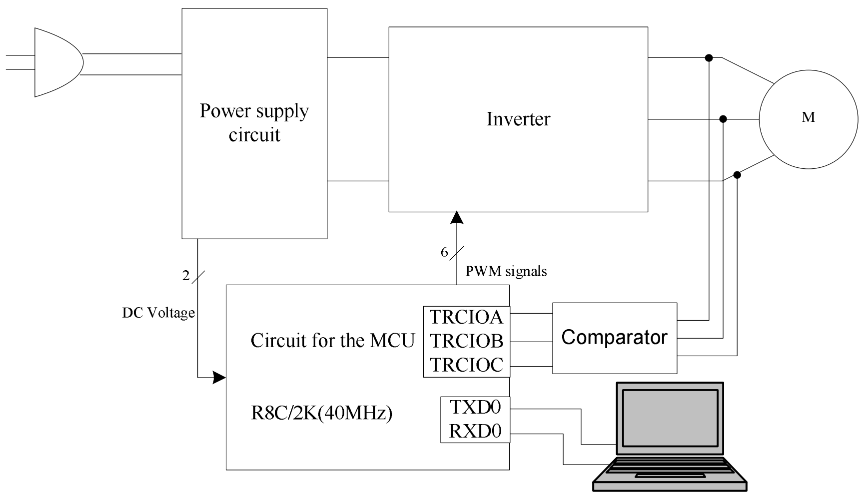


Fig1.1 系统连接图

1.2 系统详细结构

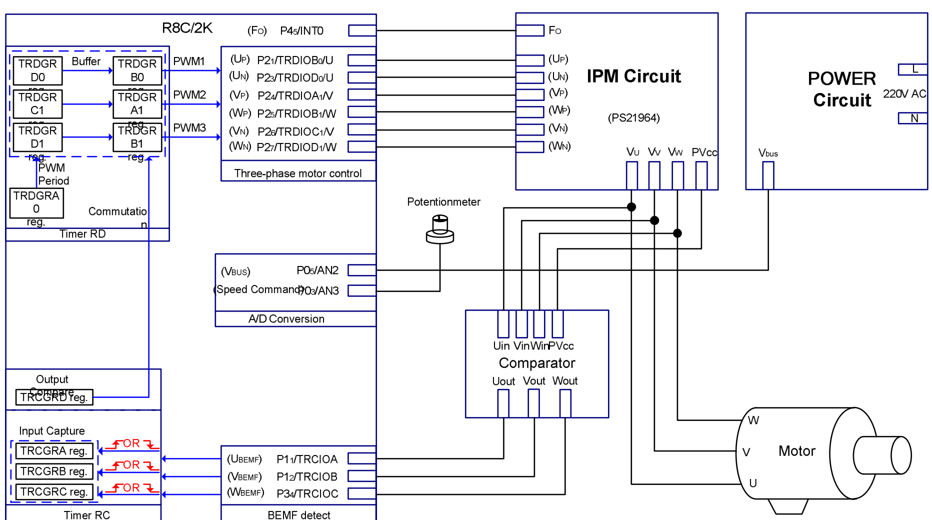


Fig1.2 系统详细框图

本系统详细框图如图 Fig1.2 所示。系统三相输出电压 (U、V、W) 与中点电压 (PVcc) 比较后输出的脉冲边沿由 R8C2K 的 TRCIOA、TRCIOB、TRCIOC 进行捕获，从而获得系统电压的过零点，测得电机的转速。在过零点后延迟 30 度电角度使电机换向，由 Timer RD 触发相应相的 PWM 脉冲控制空调压缩电机的转速，达到变频调速的效果。

2. 系统硬件

2.1 系统硬件

具体系统硬件列在 Table2.1 中。

Table2.1 系统硬件

Motor	
Model	SPMSM
Rating	220V
Number of poles	2 (pairs)
Inverter (DIP-IPM)	
Model	PS21964
Rating	600V, 15A
Connection	Three phase inverter
MCU	
Model	R8C/2K
Power supply	
Input Voltage	220V
Output Voltage	5V, 15V, 310V

2.2 R8C/2K 空调压缩机控制板 V3.0

R8C/2K 空调压缩机控制板 V3.0，将 MCU 与 IPM 集成在一块 PCB 板上。包含了复位电路、过零点比较捕获电路、IPM 控制和触发电路、串口通讯以及状态显示灯电路。其具体原理绘制在 Fig2.1 中。

2.2.1 R8C/2K 芯片规格

R8C/2K 采用 16 位 R8C/Tiny 内核，具有以下规格：

1. 16[kBytes] on-chip ROM
2. 1.5[kBytes] on-chip RAM
3. 工作在 Single Chip Mode
4. 外部中断

2.2.2 R8C/2K I/O 定义

Table 2.2 R8C/2K I/O 定义

Pin No.	Pin Name	Function	I/O
1	Vref	+5V Reference input for ADC	-
2	MODE	Debug port	-
3	RESET	Reset signal	I

4	Xout	Crystal	I
5	Vss	GND	-
6	Xin	Crystal	I
7	Vcc/Avcc	+5V Power	-
8	P3_3	10k pulldown	-
9	P2_7/TRDIOD1	IPM - WN	O
10	P2_6/TRDIOC1	IPM - VN	O
11	P2_5/TRDIOB1	IPM - WP	O
12	P2_4/TRDIOA1	IPM - VP	O
13	P2_3/TRDIOD0	IPM - UN	O
14	P2_1/TRDIOB0	IPM - UP	O
15	P2_2/TRDIOC0	10k pulldown	-
16	P2_0	10k pulldown	-
17	P4_5/INT0	IPM - FO	I
18	P1_7	10k pulldown	-
19	P1_6	10k pulldown	-
20	P1_5/RXD0	Serial comm RXD	I
21	P1_4/TXD0	Serial comm TXD	O
22	P1_3	10k pulldown	-
23	P1_2/TRCIOB	IDV - Zero cross detection V	I
24	P1_1/TRCIOA	IDU - Zero cross detection U	I
25	P1_0	10k pulldown	-
26	P3_4/TRCIOC	IDW - Zero cross detection W	I
27	P3_5	10k pulldown	-
28	P0_5/AN2	DC voltage A/D input	I
29	P0_3	10k pulldown	-
30	P0_2	LED output	O
31	P0_1	LED output	O
32	P0_0	LED output	O

2.3 三相 SPMSM 电机

本平台适用于三相 2 对极 SPMSM 电机。

2.4 开关电源和整流电路

平台开关电源输入为 220V，分别输出两路隔离的 5V 以及 15V 电压。整流回路输入 220V，输出为 310V。

3. 工作状态

3.1 状态转换图

系统的状态转换图如图 3.1 所示。

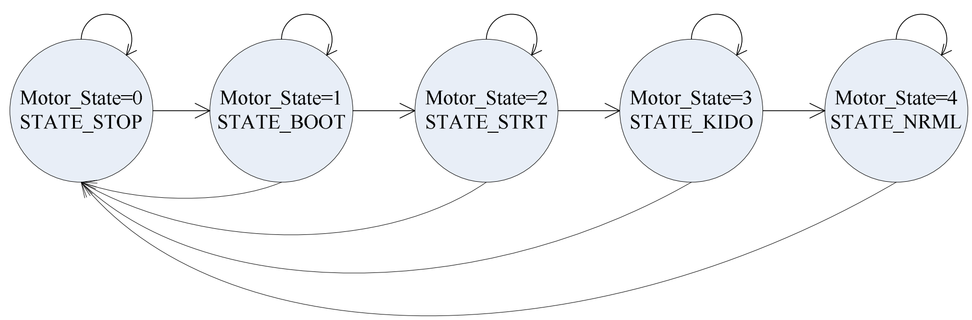


图 3.1 状态转换图

系统状态描述

1. 停止状态，系统在此状态下在接受到有效速度指令后开始系统的启动过程。
2. 自举状态，在开始运转前对 IPM 的下桥臂进行充电，使 IPM 达到驱动电机的有效状态。
3. 开环启动状态，利用开环方式启动电机，使电机达到同步所需的转速。
4. 闭环检测状态，检测电机是否稳定运行于同步转速，将其有开环切换到闭环控制模式。
5. 正常状态，将电机运转到指令转速稳定运行。

3.2 状态转换条件

各状态切换条件如表 3.1 所示。

表 3.1 步进电机状态切换条件

状态		转换状态		条件
0	STATE_STOP	1	STATE_BOOT	给定转速不为零且大于启动转速
		0	STATE_STOP	其他（等待）
1	STATE_BOOT	2	STATE_STRT	自举时间到
		1	STATE_BOOT	其他（等待）
		0	STATE_STOP	给定转速小于启动转速或系统出现错误
2	STATE_STRT	3	STATE_KIDO	启动给定大于启动转速
		2	STATE_STRT	其他（等待）
		0	STATE_STOP	给定转速小于启动转速或系统出现错误
3	STATE_KIDO	4	STATE_NRML	检测进入同步状态
		3	STATE_KIDO	其他（等待）

		0	STATE_STOP	给定转速小于启动转速或系统出现错误
4	STATE_NRML	4	STATE_NRML	其他（等待）
		0	STATE_STOP	给定转速小于启动转速或 IPM 出现错误或过零点电压检测错误

4. 软件规格

4.1 软件结构

Table4.1 软件规格

Control Method	SW sensorless control method
Rotor position detection	U,V,W zero-crossing point Capture
Carrier frequency (Timer RD)	5KHz (200us)
Capture frequency (Timer RC)	625KHz (1.6us)
Range of speed control	Rotation: 1000rpm to 5700rpm (16.7×2π to 95×2π rad/s)
Error Detection	The Fo signal of the IPM is input the INT0 of the MCU. Thus, if Fo signal goes low, the three-phase is forcibly stopped and the three-phase pins are placed in the high-impedance state.
	Since Motor Functions to prevent system from wrong states for overflowing of Timer RC. The upper and lower arms are will not be output.
	If phase zero-crossing signal is not detected for 28ms during normal status, it is regarded as phase detection time overflow. All the arms will not be output.

Table4.1 描述了系统的软件规格。

4.2 各功能模块描述

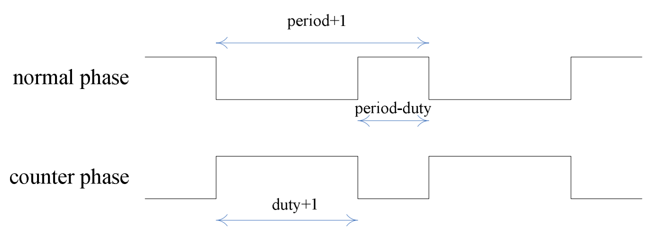
4.2.1 三相 PWM 输出

(1) Timer RD 设置

PWM 输出定时器选取 Timer RD，其具体的设置如下表 Table4.2 所示。由于系统选用 DC-120 度控制，所以无需死区设置。

Table 4.2 Timer RD 配置

Item	Description
Modulation Mode	Reset Synchronous PWM Mode
Count Source	f2 (10MHz)
Count operations	Increment
Count period	200us
Pulse output forced cutoff signal input	/INT0 pin
Output polarity	Active High
Timer RD interrupt	When the value in TRD0 register matches with the value in the TRDGRA0 register (2000).

Duty register	TRDGRB0, TRDGRA1, TRDGRC1 (RO)
Duty Buffer register	TRDGRD0, TRDGRB1, TRDGRD1 (RW)
Three phase waveform output pin	TRDIOB0, TRDIOD0, TRDIOA1, TRDIOC1, TRDIOB1, TRDIOC0,
PWM waveform	PWM period:1/f2×(period +1) Active level width of normal-phase: 1/f2×(period - duty) Active level width of counter-phase: 1/f2×(duty+1) f2: Frequency of counter source (10MHz) period: Value set in the TRDGRA0 register (2000) duty: Value set in the TRDGRB0 register (PWM1 output) Value set in the TRDGRA1 register (PWM2 output) Value set in the TRDGRC1 register (PWM3 output) 
Note: Note the setting of TRDSTR register and reset synchronous mode on Timer RD.[1]	

注意：

1. 在 Timer RD 处于 reset synchronous 模式下时，寄存器 TRDSTR 不允许位操作，需整个寄存器赋值。
2. 在程序处理中，触发换向的优先级最高，因此在高速下 Timer RD 的 PWM 周期处理中断中允许中断嵌套，从而减小高速情况下，换向点的误差。

(2) PWM 调制波形的实现

1. 实现 PWM 载波调制

PWM 脉冲宽度的调制是通过给定信号与载波信号比较生成的。当给定信号大于载波信号时输出正值，小于时则输出零。由此可知，对于固定的载波信号，当给定值越高输出的脉冲宽度就越宽，反之，给定值越高出数的脉宽越窄，从而影响到系统的平均输出电压。在本系统中采用的载波信号为锯齿波，其单相 PWM 的生成波形如 Fig4.1 所示。

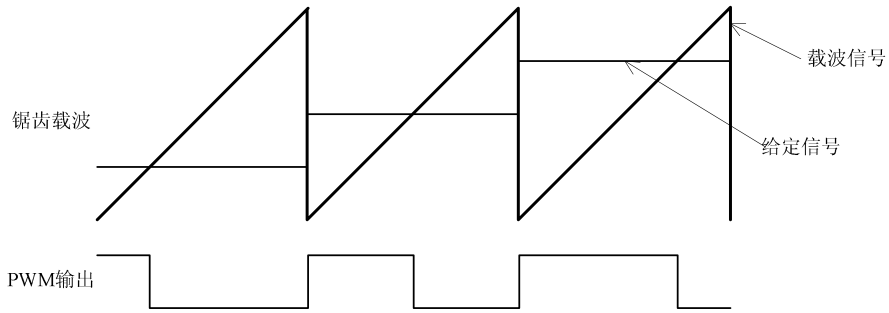


Fig4.1 PWM 载波调制波形

由 Fig4.1 可以得到，PWM 调制的一般规律，给定信号与脉冲宽度(duty)成正比。因此，在改变 PWM 脉宽时，依次修改 TRDGRD0，TRDGRC1，TRDGRD1 的值。

2. 实现 DC-120 度换向控制

为了说明 DC-120 度换向控制，以有速度传感器的 DC-120 度控制为例，其时序图如 Fig4.2 所示 (PWM 输出信号高有效) 。

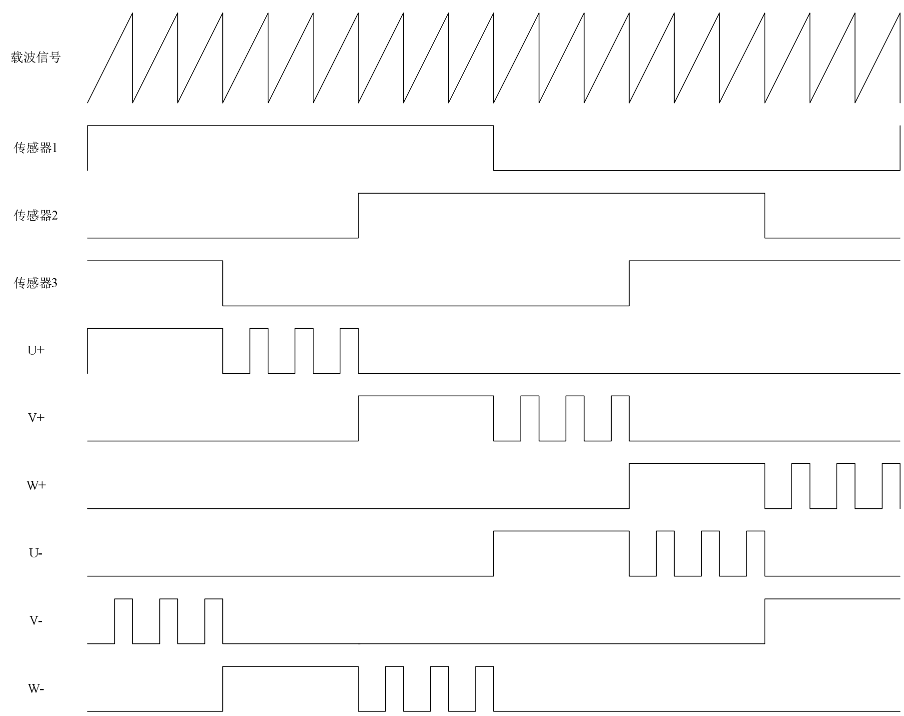


Fig4.2 DC-120 度控制 (霍尔传感器) 控制

系统各相换向点与传感器的边沿信号相对应，其控制时序为 U、V、W 三相依次滞后 120 度。

4.2.2 三相反电动势过零点捕获

(1) Timer RC 设置

三相反电动势过零点捕获，定时器选取 Timer RC，其具体的设置如下表 Table4.3 所示。

Table4.3 Timer RC 捕获配置

Item	Description
Modulation Mode	Timer Mode (Input Capture Function)
Count Source	F32 (625KHz,1.6us)
Count operations	Increment
Count period	1.6us×65536 = 0.1048576us = 104.875ms
Timer RC interrupt	Input capture (both edges of TRCIOA, TRCIOB, TRCIOC). The TRC register overflows. Compare match (contents of registers TRC and TRCGRD match).
Input capture pin	TRCIOA (IDU), TRCIOB (IDV), TRCIOC (IDW)

(2) 三相反电动势电压过零点捕获的实现

将三相电压引出与母线电压的一半进行比较，获得三相反电动势电压的过零点，将此信号引入 MCU 的三个捕获口 (TRCIOA, TRCIOB, TRCIOC)。由 Fig4.3 的控制波形可知， DC-120 度控制时，一相中上下桥信号间有两个 60 度的区域是不导通的，此时其它两相间有一相全导通，而另一相输出 PWM 信号 (如图 Fig4.3)。举例分析第五区(Fig4.3 中区 5)，在此区间内，U 相上桥臂持续导通，V 相下桥臂输出 PWM 脉冲。当 V 相下桥臂关断时，W 相因为没有输出，因此输出等于 U 相输出为高电平；当 V 相下桥臂导通时，U、V 相形成回路，此时 W 相开路，输出的量值相当于系统的反电动势。因此，利用 W 相输出和中点电位比较，就可以检测到 W 相的递减过零点，其它的区间 0~4 的原理一致。在检测到过零点后，可以根据过零点的位置计算换向点，并测量电机的实际转速。

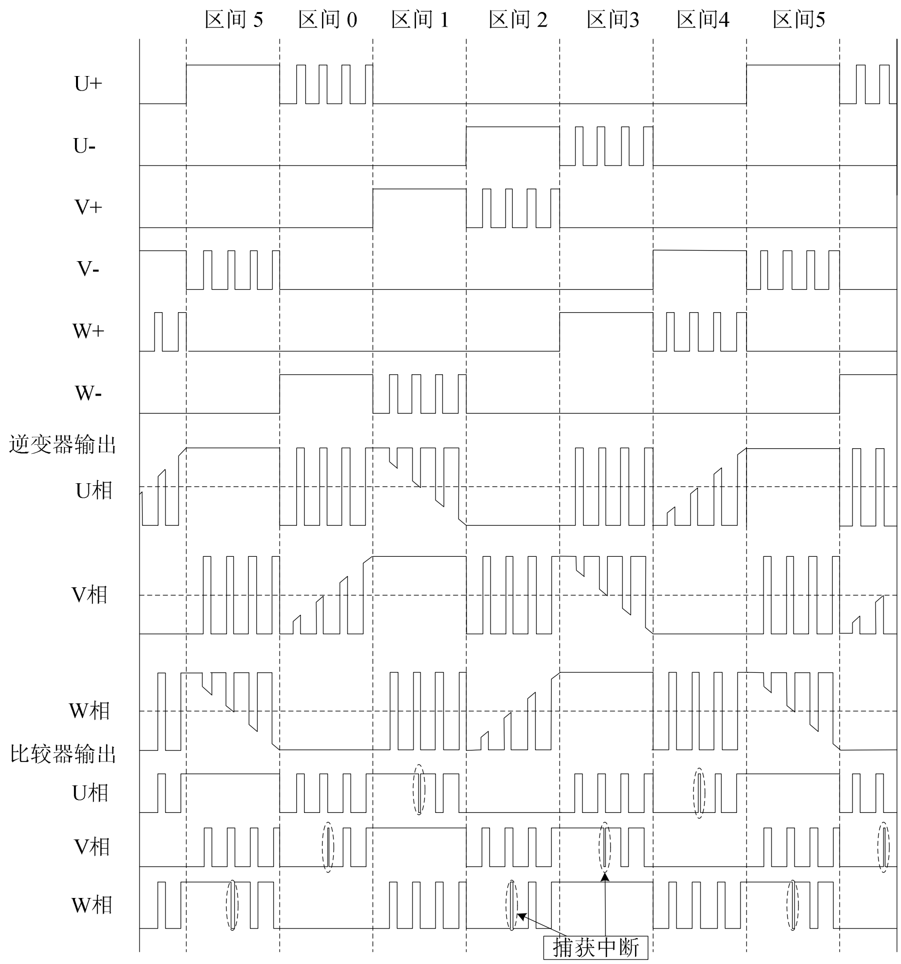


Fig4.3 系统过零点捕获中断

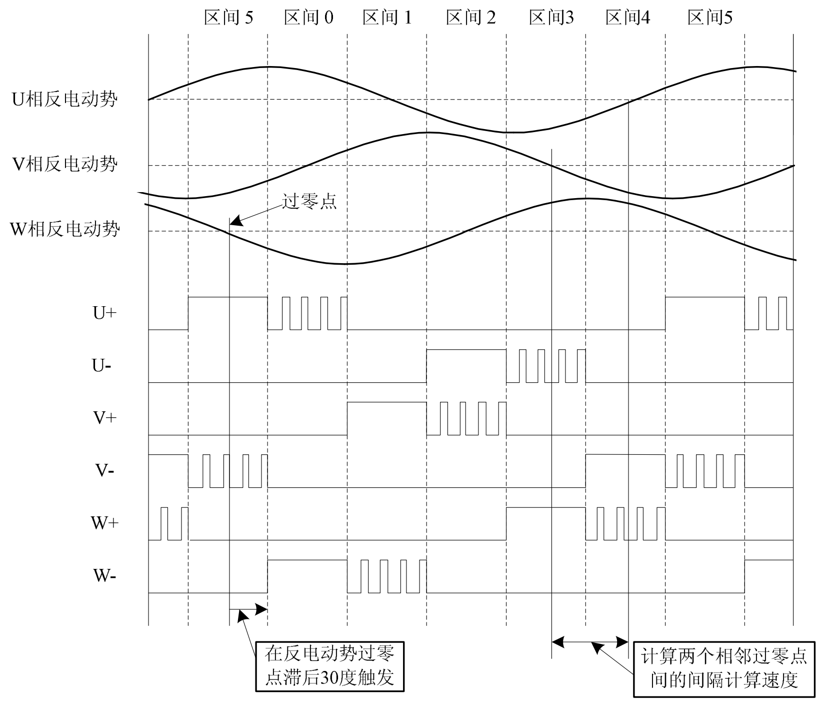


Fig4.4 系统过零点计算

(2) 延时 30 度换向点推算

DC-120 度控制，每相绕组导通 120 度电角度，转子位置每转过 60 度电角度有两相绕组换流，其中一相绕组输出 PWM 波，另一组绕组一直导通，过程控制逻辑状态表如 Table4.4 所列。为了获得最大电磁转矩计及减小转矩脉动，过零点的状态变化应超前电流理想换向点 30 度电角度，即转子在检测到过零点后转过 30 度电角度。

Table4.4 空调压缩机无速度控制逻辑状态（以 U 相正向过零点为 0 度电角度）

区间	转子位置(度)	正向旋转			U 相过零点	V 相过零点	W 向过零点
		绕组(U)	绕组(V)	绕组(W)			
0	150~210	+(PWM)	0	-	0	+	0
1	210~270	0	+	-(PWM)	-	0	0
2	270~330	-	+(PWM)	0	0	0	+
3	330~30	-(PWM)	0	+	0	-	0
4	30~90	0	-	+(PWM)	+	0	0
5	90~150	+	-(PWM)	0	0	0	-

利用 Timer RC 中的输出比较功能实现 30 度电角度的延时。其具体配置列在 Table4.3 中。在检测到反电动势过零点后，根据实际转速计算出 30 度电角度延时，将延时值叠加过零点计数值写入到 TRCGRD 寄存器中，其具体实现如图 Fig4.5 所示。

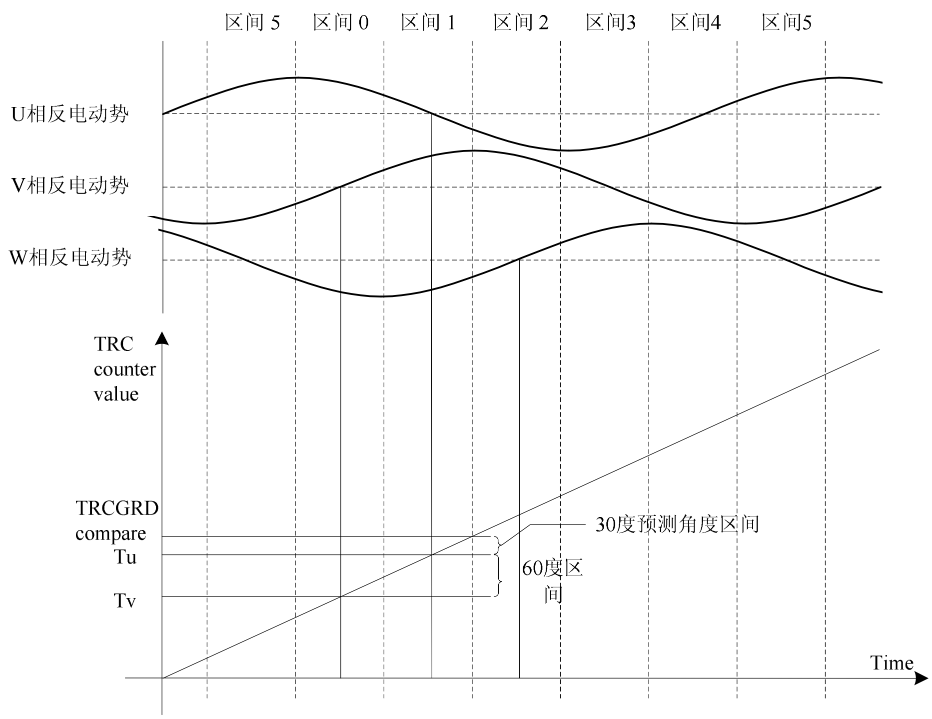


Fig4.5 电机换向点 30 度电角度延时

4.2.3 电机实际转速计算

采样 12 次过零点的间隔时间，对其和取平均值 (TRC_Sample_Average) 计算电机转速。电机实际转速计算如下。

$$Speed = K\_speed / TRC\_Sample\_Average$$

$$K\_speed = \frac{Act\_speed}{TRC\_Sample\_Average}$$

$$Act\_TRC\_Sample\_Average = \left(\frac{Act\_speed \times 0.5}{2\pi} \times 6\right) / 1.6us \qquad \text{(4-1)}$$

$$\text{假设} Act\_speed = 209(0.5\text{rad}/\text{s})$$

$$K\_speed = 1308997$$

4.2.4 PWM 占空比计算

依据电机检测转速与给定转速的差值对 PWM 进行调整。其调整的具体数值列在 Table4.5 中。

Table4.5 PWM 调节设定

Range of speed	Condition	Amount of change

		(Resolution 100ns)
Target speed <= 628.5(rad/s)	Target speed > Actual speed	1 (0.05%)
	Target speed < Actual speed	-1(-0.05%)
628.5(rad/s)<Target speed <= 879(rad/s)	Target speed > Actual speed	4 (0.2%)
	Target speed < Actual speed	-4(-0.2%)
879 (rad/s)<Target speed <= 1102(rad/s)	Target speed > Actual speed	8 (0.4%)
	Target speed < Actual speed	-8(-0.4%)
Target speed >1102(rad/s)	Target speed > Actual speed	4 (0.2%)
	Target speed < Actual speed	-4(-0.2%)

4.2.4 电机的启动过程

速度传感器控制在启动的过程中分为两步，先做系统的开环启动，再同步电机转速，最后进入到电机的同步控制状态。

在开环启动中，不开启捕获中断，通过给定系统的 PWM 调制值、给定频率和旋转角度控制电机换向。具体设置列在 Table4.6 中。

Table4.6 启动状态系统参数

Items	Value	Description
PWM_Set	561*2(3.4301766%)	The one equals 2^15. PWM duty in the Prestart status.
s_PreKido_Hz	Increment: 20(0.5rad/s) Target: 209(0.5rad/s)	Frequency in the Prestart status.
mot_theta	s_PreKido_Hz*CTRL_TS	CTRL_TS is the carrier period multiplied by 2^25.

同步电机转速是为了为电机进入同步控制做准备，在此期间开启捕获中断，在成功检测到一定数量的反电动势过零中断后，使系统进入同步控制状态。具体设置列在 Table4.7 中。

Table4.7 同步转速状态系统参数

Items	Value	Description
PWM_Set	981*2(5.993655%)	The one equals 2^15. PWM duty in the Kido status.
KIDO_Hz	209(0.5rad/s)	Frequency in the kido status.
mot_theta	KIDO_Hz*CTRL_TS	CTRL_TS is the carrier period multiplied by 2^25.
KIDO_MIN_ZEROCROSS	24	When the number of the detected zero-crossing over it, system will run in Normal status.

4.2.5 R8C/2K 控制平台编程注意事项

在使用 R8C/2K 开发空调压缩机控制平台中，我们发现了以下一些需要注意的问题：

1. 在 Timer RD 处于 reset synchronous 模式下时，寄存器 TRDSTR 不允许位操作，需整个寄存器赋值。
2. 在电机换向在需先关闭 Timer RD，在修改模式和停止定时器操作间不需要空操作。

3. 设置 Timer RD 模式时需注意，其功能寄存器 TRDFCR 中 CMD1、CMD0 需先设置为 00b，再设置为 01b。
4. 在 R8C/2K 进入中断服务程序时，其默认设置是不允许中断嵌套的。但当电机转速较高时，若先进入 PWM 处理中断，再进入捕获中断，系统换向点设置会产生误差，使电机高速运行时的带载能力下降，导致电机失步。

4.3 系统函数模块列表

模块名称	函数名	变量	功能描述
主控函数	Main()		压缩机无速度传感器主控程序
电机控制初始化函数	motor_init()		初始化 MCU 状态，I/O 口，定时器以及中断设置。
PWM 中断处理程序	TRD0_CP()		系统状态转换，以及 PWM 值的更新。
停止过程	Motor_Stop()		停止三相输出，并检测系统是否进入启动过程。
IPM 自举过程	Motor_Boot()		在电机启动前，实现对 IPM 下三路桥臂的电容进行充电的自居过程。
预启动过程	Motor_Prestart()		进入同步状态前，开环启动电机。
启动过程	Motor_Kido()		执行启动操作(在恒定转速和电压给定下持续 0.24s)，并检测切换至正常运行状态。
正常运行过程	Motor_Nrml()		进入正常运行状态(反电动势检测，输出模式切换)，检测电机转速，实现电机的闭环调速。
Timer RC 捕获换向中断	TRC_INT ()		实现电机捕获中断的切换，换向状态切换。
电机 U 相过零点捕获	CHU_Capture()		实现 U 相过零点捕获，预测 30 度延迟角计算。
电机 V 相过零点捕获	CHV_Capture()		实现 V 相过零点捕获，预测 30 度延迟角计算。
电机 W 相过零点捕获	CHW_Capture()		实现 W 相过零点捕获，预测 30 度延迟角计算。
IPM 保护处理	INT0_ISR()		接收到 Fo 信号后，停机处理，切换到停止状态。
PWM 输出禁止	Inverter_off()		关断 PWM 输出信号。
延时	Delay()	UINT Time	执行 Time*10 次 nop 操作。
自举切换	Motor_boot_out()	UCHAR boot_index	依据 boot_index 依次对 U,V,W 三个小桥臂进行充电自举。
过零点间隔时间均值滤波	Motor_Array_Average()		连续两个过零点间间隔 60 度电角度间时间均值滤波。
电机区间计算	Motor_Commutate()	UCHAR Direction	计算正向旋转时电机的

换向输出	Motor_phase_out()		依据扇区号切换输出，在此过程中将中断 Timer RD。
PWM 调解	Motor_PWM_Regulate()		依据给定速度与反馈速度之差对输出电压进行调节。
PWM 更新值值计算	Motor_Set_PWM()		将 PWM_Set 值转化为实际更新值。
速度曲线跟踪	Motor_Speed_Trace()		跟踪速度给定，并依据依据不同转速分段调节系统换向的提前量。
系统停止检测	Motor_Stop_Check()		当电机转速过低时，电机进入停止状态

4.4 系统变量列表

名称	变量名	数据类型	精度	单位	具体描述
系统延时	dely	ULONG	2^0		
系统状态	Motor_State	UCHAR	2^0		
运行扇区	Motor_Stage_Index	UCHAR	2^0		
旋转角度	out_theta	Int	2^11	rad	0 ~ 2π [rad]
当前扇区	reload_stg	UCHAR	2^0		
计算角度	mot_theta	Int	2^11	rad	0 ~ 2π [rad]
角度增量系数	s_PreKido_Hz	UINT	2^1	rad/s	
15 度延迟角	Kido_delay	UCHAR	2^0		在 KIDO_HZ 下，单位周期为 200us 时，电机转过 15 度电角度的单位时间数。
过零捕获个数	StartInt	UINT	2^0		在启动操作中当检测到的 StartInt 大于 KIDO_MIN_ZEROCROSS 时，系统进入同步状态。
电机转速给定	Motor_Set_wr	Int	2^1	rad/s	
电机目标转速	Motor_Target_wr	Int	2^1	rad/s	
转速给定跟踪	Motor_Trace_wr	Int	2^1	rad/s	
电机实际转速	Motor_Act_wr	Ulong	2^1	rad/s	
两个相邻过零点间隔	TRC_Measure	UINT	2^0		以 1.6us 为单位
电机延迟 30 度计算量	TRC_Delay_Output	UINT	2^0		以 1.6us 为单位
PWM 给定	PWM_Set	UINT	2^15		[0x0, 0x7FF]对应 PWM 寄存器[0, 2000]

量					
PWM 寄存器设定值	PWM_Duty	UINT	2^0		[0, 2000]
PWM 调节增量	PWM_Trim	UCHAR	2^15		[0x0, 0x7FF]对应 PWM 寄存器[0, 2000]
超时错误判断时间	Motor_Timeout	UCHAR	2^0		单位为 200us
速度跟踪曲线延时	Motor_Trace_Counter	UINT	2^0		系统加速度限制，单位为 200us
过零点时间间隔滤波采样点个数	TRC_Capture_Count	UCHAR	2^0		
过零点时间间隔滤波值	TRC_Sample_Average	UINT	2^0		以 1.6us 为单位
换向提前角	TRC_Advance	UINT	2^0		以 1.6us 为单位
停止标志	stop_mode	UCHAR	2^0		
过零点时间间隔滤波缓冲	TRC_Sample[12]	UINT	2^0		
过零点滤波值	DMG_count	UCHAR	2^0		当值为 2 时表明检测到系统过零点
TimerRC 溢出错误判断	Overflow_count	UCHAR	2^0		
TRC 测量值初始化标志	TRC_Initial_Run	UCHAR	2^0		
TRC 缓冲	TRC_BUF	UINT	2^0		
TRCGRA 缓冲	TRCGRA_BUF	UINT	2^0		
TRCGRB 缓冲	TRCGRB_BUF	UINT	2^0		
TRCGRC 缓冲	TRCGRC_BUF	UINT	2^0		
TRCSR 缓冲	TRCSR_BUF	UCHAR	2^0		TRCGRD 不能进行位操作，只能进行寄存器操作
TRCGRD 缓冲	TRCGRD_BUF	ULONG	2^0		
系统错误标志	Motor_error	UCHAR	2^0		

自举状态	TRD_BOT_PWM[3]	UCHAR	2^0		
换向状态	P2_STR_AND[6]	UCHAR	2^0		在换向时关断对应信号(切换非调制信号)
换向状态	P2_STR_OR[6]	UCHAR	2^0		在换向时打开对应信号(切换非调制信号)
PWM 换向信号	TRD_STR_PWM[6]	UCHAR	2^0		PWM 输出端口切换
捕获中断切换向量	ICP_CH[6]	UCHAR	2^0		

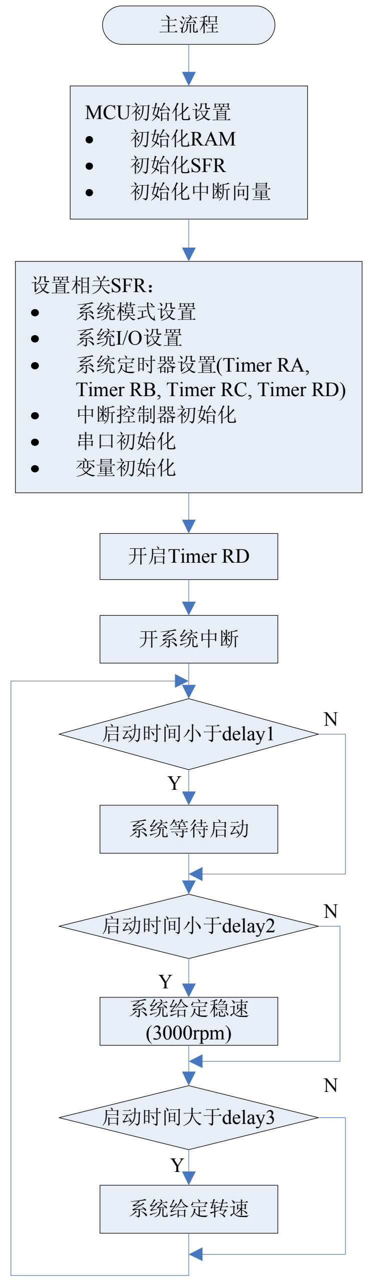
4.5 系统程序宏定义列表

名称	宏变量名	数值	精度	具体描述
提前角最小值	M_MaxLeadAngle	64	2^0	
PWM 速度回差	M_SpdDif	10	2^1	
5KHz 占空比数据	PCNT00_5K	0	2^0	占空比 0%
5KHz 占空比数据	PCNT04_5K	80	2^0	占空比 4%
5KHz 占空比数据	PCNT045_5K	90	2^0	占空比 4.5%
5KHz 占空比数据	PCNT05_5K	100	2^0	占空比 5%
5KHz 占空比数据	PCNT055_5K	110	2^0	占空比 5.5%
5KHz 占空比数据	PCNT06_5K	120	2^0	占空比 6%
5KHz 占空比数据	PCNT065_5K	130	2^0	占空比 6.5%
5KHz 占空比数据	PCNT07_5K	140	2^0	占空比 7%
5KHz 占空比数据	PCNT075_5K	150	2^0	占空比 7.5%
5KHz 占空比数据	PCNT08_5K	160	2^0	占空比 8.5%
5KHz 占空比数据	PCNT09_5K	180	2^0	占空比 9.5%
5KHz 占空比数据	PCNT10_5K	200	2^0	占空比 10%
5KHz 占空比数据	PCNT50_5K	1000	2^0	占空比 50%
5KHz 占空比数据	PCNT90_5K	1800	2^0	占空比 90%
系统时钟	SYS_CLK	20000	2^0	20MHz
PWM 小数保留位	PWM_RES	15	2^0	
PWM 最小值	PWM_MIN	982	2^15	占空比 3%
PWM 最大值	PWM_MAX	26213	2^15	占空比 80%
启动 PWM 值	INI_DUTY_PRESTART	561*2	2^15	占空比 3.4%
进入同步期 PWM 值	INI_DUTY_120	981*2	2^15	占空比 6%
PWM 关断操作数	P2_AND_INV_OFF	0x01	2^0	
PWM 关断操作数	TRD_INV_OFF	0xFF	2^0	
60 度最小值	PHASE_60DEG_MIN	400	2^0	对应 1000rpm
60 度最大值	PHASE_60DEG_MAX	6274	2^0	对应 7200rpm
60 度电角度	THETA_60DEG	2145	2^11	
360 度电角度	THETA_360DEG	12868	2^11	

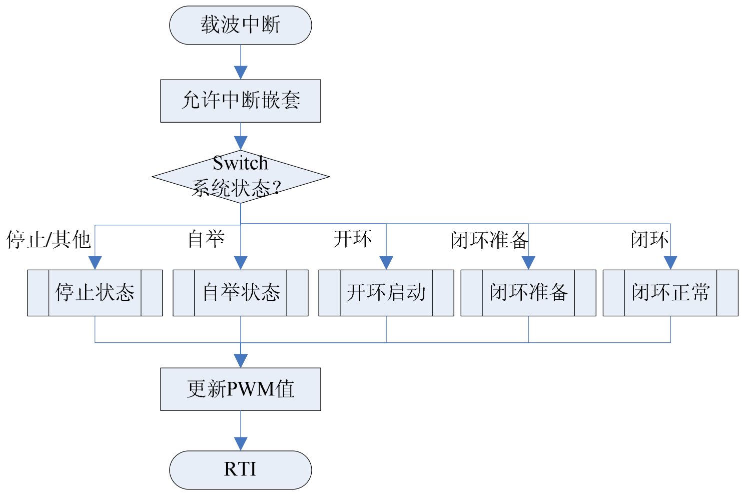
同步启动转速	KIDO_Hz	209	2^1	
载波周期	CTRL_TS	6710	2^25	秒
角度计算值小数位	Sft_KIDO_MODE1	15	2^0	
过零点检测次数	CAPTURE_FTR	2	2^0	
换向提前角 1	ADV_1	10	2^0	
换向提前角 2	ADV_2	337	2^0	
换向提前角 3	ADV_3	407	2^0	
单相自举电路充电时间	MOTOR_BOOT_INTERVAL	3000	2^0	3000*200us=0.6s
停止状态	STATE_STOP	0	2^0	
自举状态	STATE_BOOT	1	2^0	
启动状态	STATE_STRT	2	2^0	
同步状态	STATE_KIDO	3	2^0	
正常状态	STATE_NRML	4	2^0	

4.6 系统流程图

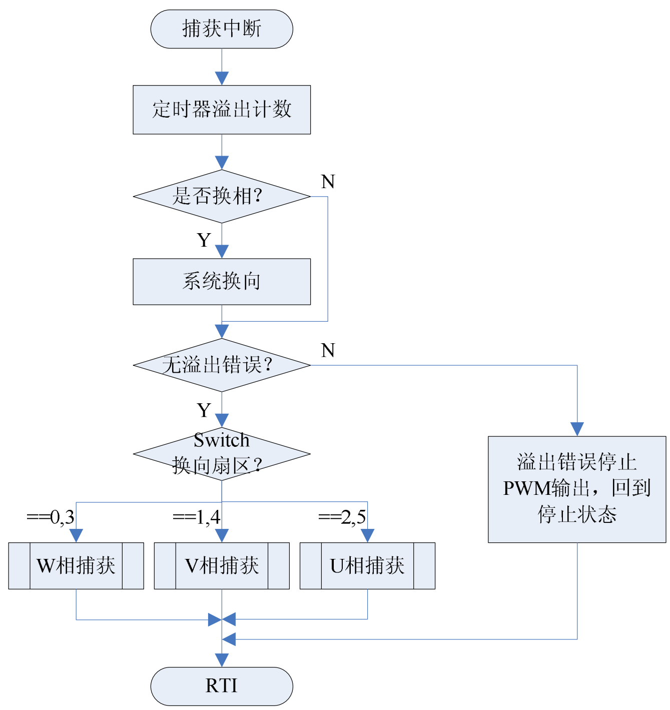
1. 主流程图



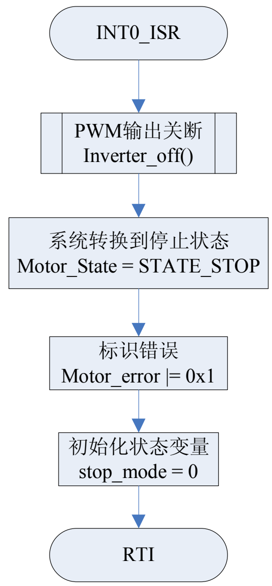
2. TimerRD 中断流程图



3. TimerRC 捕获中断流程图



4. IPM 错误中断处理流程图



Document revise history records

Rev.	Description	Reason	Page	Signature		Date
1.00.00	R8C2K Demo User's Manual		0~22	**Revd.**	Chen Qiang	2009/05/12
				Chkd.	Wang RenDong	2009/05/12
				Appd.		

-END-