CGF002A
数据手册

8 位单片机

版本：V0.1

This document contains information on a new product under development by CheerGoal.
CheerGoal reserves the right to change or discontinue this product without notice.
© CheerGoal Electronics Co., Ltd. 2024 All rights reserved.

特性

电机驱动引擎 (MDE)

- 估算角锁相环(PLL)
- 磁场定向控制(FOC) 弦波方案
- 滑模转子位置估算 (SMO)
- 空间矢量PWM (SVPWM)
- 支持数字OCP和模拟OCP（过流保护）
- 支持初始定位侦测(IPD)
- 可编程死区时间
- 独立PI控制器
- 独立通用低通滤波器
- 频率发生器

内置MCU

- 兼容MCS®-51
- 1T 8052中央处理器
- 4.5V 到 5.5V工作范围
- 4 级中断优先级
- 13 个中断源
- 1 外部中断(INT1N)
- 2 个外部中断(INT0N, INT1N)
- 2 个外部OCP中断 (AOCP, OCP)
- 存储器大小:
- 16KB Flash程序存储器
- 256 x 8位 IRAM
- 512 x 8位 XRAM
- 256字节EEPROM
- 最大25个通用输入/输出(GPIO)引脚
- 三个16位定时器/计数器
- 看门狗(WD)定时器
- 8通道10位 ADC & 1CH 10位 DAC
- 全双工 UART串行通道
- IIC接口(主/从模式)
- 一线RF/IR接收器输出信号解码
- CRC16-CCITT功能
- 独立通用PWM
- 外部捕获
- 内部捕获
- 快速乘-除法器(MDU): 16*16,32/16, 16/16, 32位L/R移位和32位归一化

目录

特性 2
目录 3
1. 概述 8
2. 方框图 9
3. 引脚配置 10
3.1. LQFP7x7- 48 封装指南 10
3.2. 引脚描述 11
4. 绝对最大额定值 14
5. D.C. 特性 15
6. A.C.特性 16
7. OPA 特性 17
8. A/D 转换特性 17
9. 特殊功能寄存器 (SFR) 19
10. CGF002A SFRs 和复位值 21
11. 外部特殊功能寄存器 (XSFR) 23
12. CGF002A XSFRs 和复位值 23
13. 存储器 26
13.1. 程序存储器 26
13.2. 数据存储器 26
13.2.1. 数据存储器 (IRAM)(00H~FFH) 26
13.2.2. 数据存储器 ((XRAM)(F000H~F1FFH) 26
14. 指令集 27
15. MCU 32
15.1. 8051 引擎 32
15.1.1. ACC (累加器) 32
15.1.2. B (B 寄存器) 32
15.1.3. PSW (程序状态字寄存器) 33
15.1.4. SP (堆栈指针) 34
15.1.5. DP0 (数据指针 0) 34
15.1.6. DP1 (数据指针 1) 35
15.1.7. AUX(辅助寄存器) 36
15.1.8. RCON (内部 RAM 控制寄存器) 36
15.2. GPIO 37
15.2.1. 端口 38
15.2.2. PINCONG (引脚配置寄存器) 39
15.2.3. PINSET (引脚 I/O 设置寄存器) 41
15.3. 时钟结构 44
15.4. 定时器 45
15.4.1. PFCON (外设频率控制寄存器) 46
15.4.2. TMOD (定时器 0/1 模式寄存器) 47
15.4.3. TCON (定时器 0/1 控制寄存器) 48
15.4.4. T2CON (Timer2 控制寄存器) 48
15.4.5. Timer0 模式 0 50
15.4.6. Timer0 模式 1 50
15.4.7. Timer0 模式 2 50

15.4.8. Timer0 模式 3 50
15.4.9. Timer1 模式 0 51
15.4.10. Timer1 模式 1 51
15.4.11. Timer1 模式 2 51
15.4.12. Timer2 模式 0 51
15.4.13. Timer2 模式 1 52
15.4.14. Timer2 模式 2 52
15.4.15. Timer2 模式 3 52
15.5. 看门狗定时器 53
15.5.1. WDTC (看门狗定时器控制寄存器) 54
15.5.2. TAKEY (定时器访问秘钥寄存器) 55
15.5.3. WDTK (看门狗定时器刷新密钥) 55
15.6. 串口 (UART) 56
15.6.1. SCON (串口控制寄存器) 59
15.6.2. SBUF (串口数据缓存) 61
15.6.3. SREL (串口重载寄存器) 61
15.7. 电源管理 62
15.7.1. STOP 模式 62
15.7.2. IDLE 模式 62
15.8. 复位 63
15.9. 中断控制器 64
15.9.1. IEN0 (中断使能寄存器 0) 66
15.9.2. IEN1 (中断使能寄存器 1) 67
15.9.3. IRCON1 (中断请求寄存器 1) 68
15.9.4. IP (中断优先级寄存器) 69
16. 10 位模数转换 (ADC) 70
16.1. ADCCONT (ADC 控制寄存器) 71
16.2. ADCSTR (ADC 开始转换和设置寄存器) 72
16.3. ADCDLY (ADC 采样延迟寄存器) 73
16.4. ADC 数据寄存器 74
16.5. ADC1 和 ADC2 偏移值寄存器 75
17. EEPROM 76
17.1. EE_ADDR (EEPROM 读/写地址寄存器) 77
17.2. EE_DATA (读/写数据寄存器) 77
17.3. EE_CMD (EEPROM 命令寄存器) 77
18. 模仿 IIC 78
18.1. IICCTL (IIC 控制寄存器) 78
18.2. IICS (IIC 状态寄存器) 79
18.3. IICA1 (IIC 地址 1 寄存器) 80
18.4. IICA2 (IIC 地址 2 寄存器) 81
18.5. IICRWD (IIC 读写寄存器) 81
18.6. IICEBT (IIC 使能传送寄存器) 82
19. 捕获 83
19.1. 外部捕获 84
19.1.1. EXT_CAPCONT (外部信号捕获控制寄存器) 84
19.1.2. EXT_CAPT (外部信号捕获总计数寄存器) 85
19.1.3. EXT_CAPH (外部信号捕获高电平计数寄存器) 85

19.2. 内部捕获 87
19.2.1. INT_CAPCONT (内部信号捕获控制寄存器) 87
19.2.2. INT_CAPT (内部信号捕获总计数寄存器) 88
19.2.3. INT_CAPH (内部信号捕获高电平计数寄存器) 88
20. 乘法和除法单元 (MDU) 90
20.1. MD_MODE (MDU 模式控制寄存器) 90
20.2. MD_CONT (MDU 控制寄存器) 91
20.2.1. MDEF 91
20.2.2. MDOV 91
20.3. MD0 – MD5 (乘除法寄存器) 92
20.4. MDU 操作描述 93
20.4.1. 加载 MDx 寄存器 93
20.4.2. 执行运算 93
20.4.3. 从 MDx 寄存器读取结果 93
20.4.4. 移位 94
20.4.5. 归一化 94
21. 循环冗余校验 (CRC) 95
21.1. CRC_CTRL (CRC 控制寄存器) 96
21.2. CRC_DIN (CRC 输入数据寄存器) 96
21.3. CRC_DOUT (CRC 输出数据寄存器) 96
21.4. CRC_STR_BANK (块 CRC 计算起始块索引) 97
21.5. CRC_END_BANK (块 CRC 计算结束块索引) 97
22. 独立通用 PWM 98
22.1. IPWM_CTRL (独立通用 PWM 控制寄存器) 98
22.2. IPWM_CYC (独立通用 PWM 周期寄存器) 99
22.3. 21.3 IPWM_DUTY (独立通用 PWM 占空比寄存器) 99
23. 单线 RF/IR 信号解码 100
23.1. IR_DEC_SET (IR 数据解码设置寄存器) 100
23.2. IR_DEC_CTRL (IR 数据解码控制寄存器) 103
23.3. IR_HEADER_Z1 (IR 数据头区域 1 周期寄存器) 103
23.4. IR_HEADER_Z2 (IR 数据头区域 2 周期寄存器) 104
23.5. IR_STOP_Z (IR 数据停止区域周期寄存器) 104
23.6. IR_DOUT0~IR_DOUT5 (IR 解码输出寄存器 Byte0 ~ Byte5) 105
24. 软件复位 106
24.1. SOFT_RST_KEY (软件复位密钥寄存器) 106
24.2. SOFT_RST_EN (软件复位使能寄存器) 106
25. 电机驱动引擎(MDE) 107
25.1. MDE 架构 107
25.2. 坐标变换模块 108
25.2.1. 坐标变换模块架构 108
25.2.2. 克拉克（Clarke）变换 108
25.2.3. 帕克（Park）变换 109
25.2.4. 坐标变换模块的描述和设置 109
25.3. 电流控制环模块 111
25.3.1. 电流控制环模块框图 111
25.3.2. 电流控制环模块描述和设置 111
25.4. 逆坐标变换模块 113

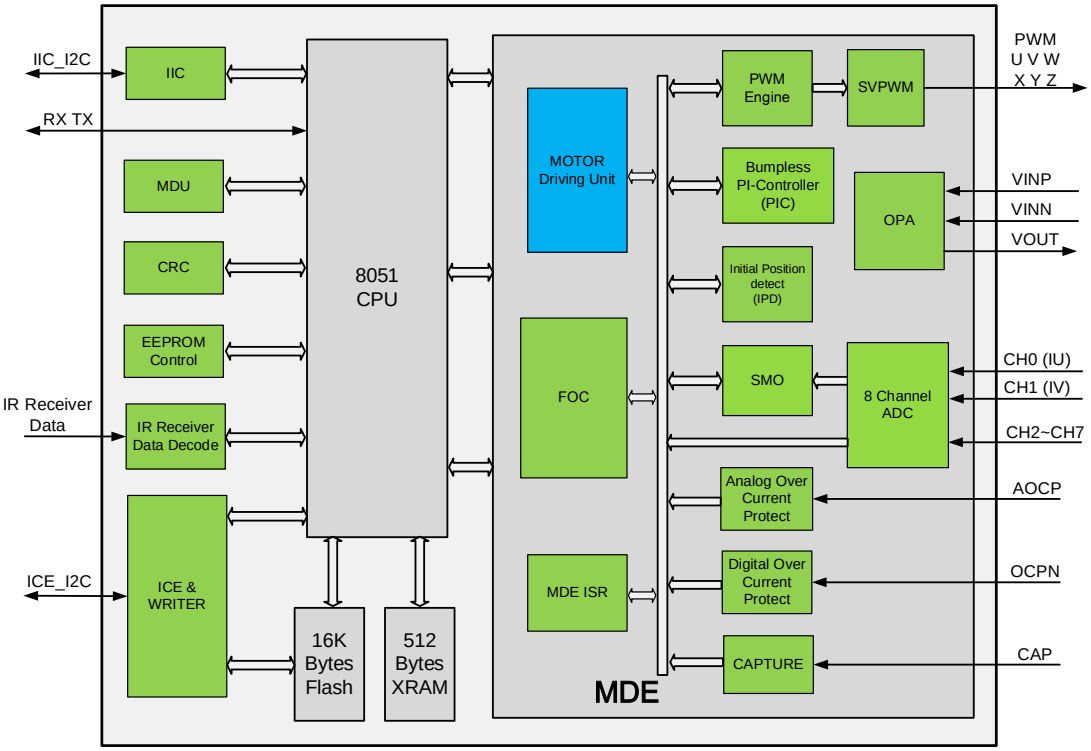
25.4.1. 逆坐标变换模块框图 113
25.4.2. PARK 逆变换 113
25.4.3. CLARKE 逆变换 114
25.4.4. 逆坐标变换模块描述和设置 114
25.5. SMO 转子位置估算模块 116
25.5.1. SMO 转子位置估算模块框图 116
25.5.2. 用于 PMSM 的无感 FOC 116
25.5.3. 电机模型 116
25.5.4. 电流观测 118
25.5.5. BEMF 估算 119
25.5.6. 转子位置计算 119
25.5.7. SMO 转子位置估算模块描述和设置 120
25.6. SVPWM 引擎模块 121
25.6.1. SVPWM 引擎模块框图 121
25.6.2. SVPWM 引擎模块描述 121
25.6.3. 7 段 SVPWM 122
25.6.4. 5 段 SVPWM 123
25.6.5. SVPWM 过调制 123
25.6.6. 电机 PWM 输出设置 124
25.7. 速度控制环模块 128
25.7.1. 速度控制环模块框图 128
25.7.2. 速度控制环模块描述和设置 128
25.8. PI 控制器 130
25.8.1. PI 控制器模块框图 130
25.8.2. PI 控制器模块描述和设置 130
25.8.3. 用户 PI 控制器模块描述和设置 134
25.9. IPD (初始位置检测) 135
25.9.1. IPD 控制寄存器 135
25.9.2. IPD Pattern 定义寄存器 136
25.10. OCP (过流保护) 138
25.10.1. 过流保护模块框图 138
25.10.2. 过流保护模块描述和设置 138
25.11. GEN_LPF (通用低通滤波器) 140
25.11.1. LPF 模块框图 140
25.11.2. LPF 模块描述和设置 140
25.12. FG (频率发生器控制) 142
25.12.1. FG 控制 142
25.13. MDE SFR 列表 143
25.13.1. MOTOR_CONT1 SFR 143
25.13.2. MOTOR_CONT2 SRF 143
25.13.3. FOC 控制 SFR 145
25.13.4. PI_GAIN SFR (PI 控制器增益) 146
25.13.5. PI_TMSR SFR (PI 跟踪模式选择寄存器) 147
25.13.6. SP_CYC SFR 147
25.13.7. PI 控制数据 SFR 148
25.13.8. 滑模观测器数据 SFR 150
25.13.9. FOC 控制器数据 SFR 150

25.13.10. MPWMCONT SFR 151
25.13.11. MPWMDT SFR 152
25.13.12. MPWMINV SFR 152
25.13.13. MPWM DATA SFR 152
25.13.14. 模拟 OCP 控制 SFR 153
25.13.15. DOCPN 控制 SFR 154
25.13.16. IPD 控制 SFR 154
25.13.17. IPD 数据 SFR 155
25.13.18. 通用低通滤波器 SFR 156
25.13.19. FG 控制寄存器 SFR 156
25.13.20. 坐标变换模块信号观察 XSFR 157
25.13.21. 逆坐标变换模块信号观察 XSFR 157
25.13.22. BEMF 估算信号观察 XSFR 157
26. SYNC 158
27. 封装信息 159
27.1. LQFP-48 7x7mm (AD48) 封装尺寸 159
27.2. 丝印区别 160
27.2.1. 标准丝印 (w/o 代码) 160
27.2.2. 自定义丝印 (使用自定义代码) 160
28. 订货信息 161
28.1. 标准产品名称 161
28.2. 自定义产品名称 161
29. 版本历史 162
30. 免责声明 163

1. 概述

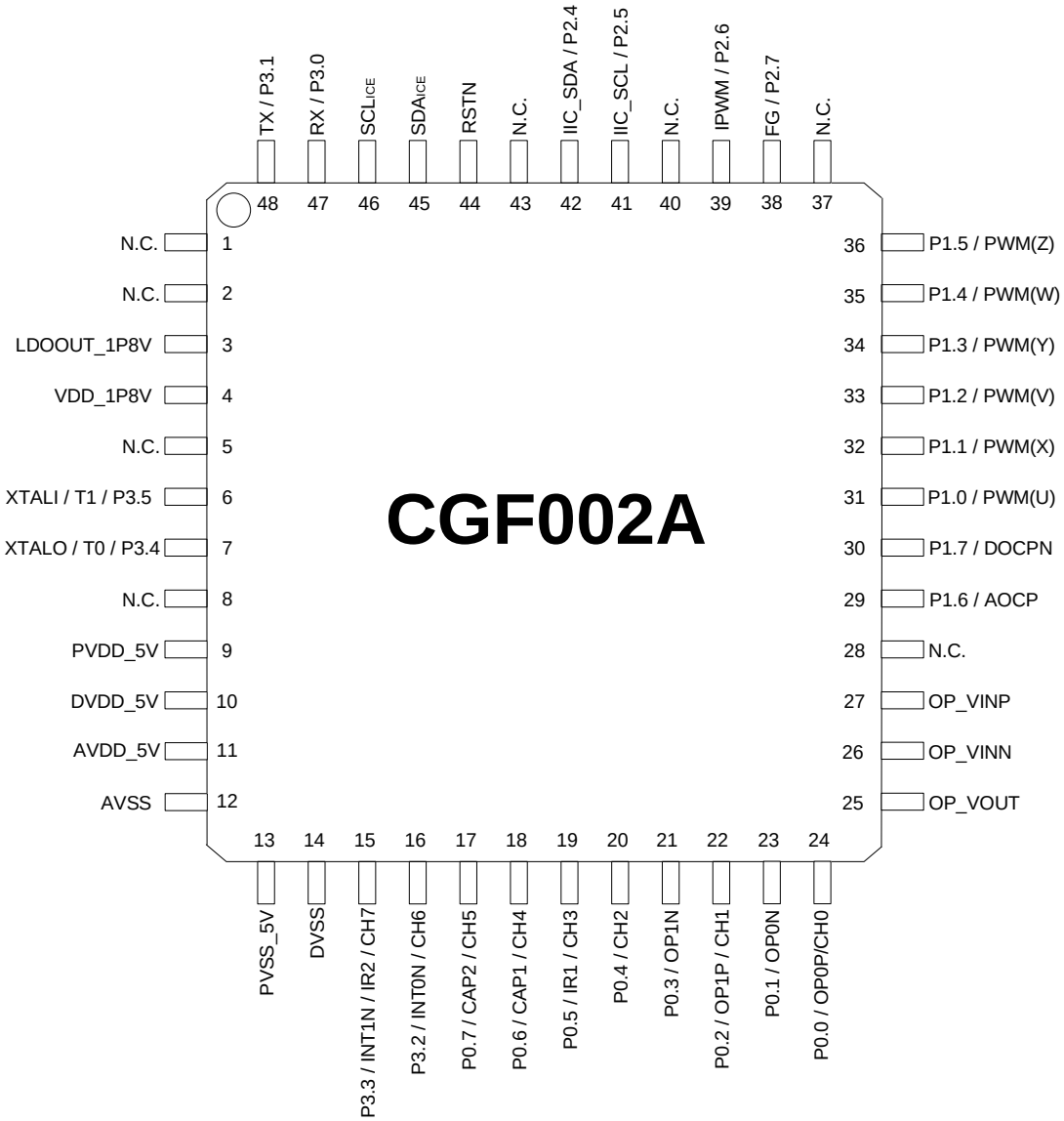
CGF002A是一款高度集成的电机驱动控制器。CGF002A 由无感FOC的MCU组成，适用于家用风扇、水泵、工业风扇等。.

2. 方框图


IIC_I2C
RX TX
IR Receiver Data
ICE_I2C
IIC
MDU
CRC
EEPROM Control
IR Receiver Data Decode
ICE & WRITER
8051 CPU
16K Bytes Flash
512 Bytes XRAM
MOTOR Driving Unit
FOC
MDE ISR
MDE
PWM Engine
SVPWM
Bumpless PI-Controller (PIC)
OPA
Initial Position detect (IPD)
SMO
8 Channel ADC
Analog Over Current Protect
Digital Over Current Protect
CAPTURE
PWM
U V W
X Y Z
VINP
VINN
VOUT
CH0 (IU)
CH1 (IV)
CH2~CH7
AOCP
OCPN
CAP

3. 引脚配置

3.1. LQFP7x7- 48 封装指南



3.2. 引脚描述

表 3.1. 引脚描述

引脚 #	名称	类型	描述
1	N.C.		
2	N.C.		
3	LDOOUT_1P8V	O	1.8V 电压输出.**在这个引脚和 VSS 之间应当连接一个 0.1uF 和 1uF(最小)的电容**
4	VDD_1P8V	Power	1.8V 电压输入用于 MCU 和 MOC ，可以连到 LDOOUT_1P8V 或外部电源
5	N.C.		
6	P3.5	I/O	端口 3 位 5
	XTALI	I	晶振输入引脚. **在这个引脚和 XTALO 之间连接 12MHz 晶振，并且接一个 22pF 到 VSS**
	T1	I	定时器 1 外部输入
7	P3.4	I/O	端口 3 位 4
	XTALO	O	晶振输出引脚. **在这个引脚和 XTALI 之间连接 12MHz 晶振，并且接一个 22pF 到 VSS**
	T0	I	定时器 0 外部输入
8	N.C.		
9	PVDD_5V	Power	5.0V 电压输入用于 I/O 引脚。**在这个引脚与 VSS 之间应当连接一个 0.1uF 和 10uF (最小)的电容。**
10	DVDD_5V	Power	5.0V 电压输入用于模拟方框里的数字电路。**在这个引脚与 VSS 之间应当连接一个 0.1uF 和 10uF (最小)的电容。**
11	AVDD_5V	Power	5.0V 电压输入用于模拟方框。**在这个引脚与 VSS 之间应当连接一个 0.1uF 和 10uF (最小)的电容。**
12	AVSS	Ground	模拟方框电源地
13	PVSS_5V	Ground	I/O 电源地
14	DVSS	Ground	数字方框电源地
15	P3.3	I/O	端口 3 位 3
	CH7	I	模拟输入 Ch7
	INT1N	I	外部中断 1.低电平触发或下降沿触发
	IR2	I	IR 接收信号输入 2
16	P3.2	I/O	端口 3 位
	CH6	I	模拟输入 Ch6
	INT0N	I	外部中断 0.低电平触发或下降沿触发
17	P0.7	I/O	端口 0 位 7
	CH5	I	模拟输入 Ch5
	CAP2	I	捕获输入 2
18	P0.6	I/O	端口 0 位 6
	CH4	I	模拟输入 Ch4
	CAP1	I	捕获输入 1
19	P0.5	I/O	端口 0 位 5
	CH3	I	模拟输入 Ch3
	IR1	I	IR 接收信号输入 1
20	P0.4	I/O	端口 0 位 4
	CH2	I	模拟输入 Ch2.

21	P0.3	I/O	端口 0 位 3
	OP1N	0	OP1 运放 负端输入
22	P0.2	I/O	端口 0 位 2
	CH1	I	模拟输入 Ch1. (电流反馈)
	OP1P	I	OP1 运放正端输入
23	P0.1	I/O	端口 0 位 1
	OP0N	I	OP0 运放 负端输入
24	P0.0	I/O	端口 0 位 0
	CH0	I	模拟输入 Ch0. (电流反馈)
	OP0P	I	OP0 运放正端输入
25	OP_VOUT	O	OPA 输出
26	OP_VINN	I	OPA 负端输入
27	OP_VINP	I	OPA 正端输入
28	N.C.		
29	P1.6	I/O	端口 1 位 6
	AOCP	I	模拟 OCP 控制
30	P1.7	I/O	端口 1 位 7
	DOCPN	I	数字 OCP 控制
31	P1.0	I/O	端口 1 位 0
	PWM_U	O	PWM 输出. U 相上臂 PWM.
32	P1.1	I/O	端口 1 位 1
	PWM_X	O	PWM 输出. X 相下臂 PWM.
33	P1.2	I/O	端口 1 位 2
	PWM_V	O	PWM 输出. V 相上臂 PWM.
24	P1.3	I/O	端口 1 位 3
	PWM_Y	O	PWM 输出. Y 相下臂 PWM.
35	P1.4	I/O	端口 1 位 4
	PWM_W	O	PWM 输出. W 相上臂 PWM.
36	P1.5	I/O	端口 1 位 5
	PWM_Z	O	PWM 输出. Z 相下臂 PWM.
37	N.C.		
38	P2.7	I/O	端口 2 位 7
	FG	O	频率发生器输出
39	P2.6	I/O	端口 2 位 6
	IPWM	O	独立用户 PWM 输出
40	N.C.		
41	P2.5	I/O	端口 2 位 5
	IIC_SCL	O	IIC 时钟

42	P2.4	I/O	端口 2 位 4.
	IIC_SDA	O	IIC 地址
43	N.C.		
44	RSTN	I	系统复位
45	SDA_{ICE}		用于 ICE.
46	SCL_{ICE}		用于 ICE.
47	P3.0	I/O	端口 3 位 0
	RX	I	串口数据接收(UART)
48	P3.1	I/O	端口 3 位 1.
	TX	O	串口数据发送 (UART)

4. 绝对最大额定值

项目	最小.	典型.	最大.
VDD5电源电压	V_{SS}-0.3V		V_{SS}+6.0V
VDD5输入电压	V_{SS}-0.3V		V_{DD}+0.3V
存储温度	-50℃		150℃
工作温度	-20℃		105℃
I_{OH} 总电流		-80mA	
I_{OL} 总电流		80mA	
总功耗		500mW	
抗静电能力-HBM		TBD (KV)	
抗静电能力-MM		TBD (V)	

5. D.C. 特性

Ta=25℃

标号	参数	测试环境		最小.	典型.	最大.	单位
		V_{DD}	环境				
V_{DD}	工作电压	—	fsys=48MHz	4.5	5.0	5.5	V
V_{18}	V_{18} 输出范围	—	负载电流 < 30mA	1.71	1.8	1.89	V
I_{DD}	工作电流	5V	无负载, fsys=48Mhz,ADC off, MOC关闭	—	9	12	mA
V_{IL}	I/O 端口输入低压	—	—	0	—	$0.3V_{DD}$	V
V_{IH}	I/O 端口输入高压	—	—	$0.75V_{DD}$	—	V_{DD}	V
V_{LVD}	LVD 电压电平	—	—				
V_{OL}	I/O 端口输出低压	5V	I_{OL}=20mA	—	—	0.5	V
V_{OH}	I/O 端口输出高压	5V	I_{OH}=-7.4mA	4.5	—	—	V
R_{PU}	I/O 端口上拉电阻	5V	—	10	30	50	KΩ
R_{PD}	I/O 端口下拉电阻	5V	—	10	30	50	KΩ

6. A.C.特性

Ta=25℃

标号	参数	测试环境		最小	典型	最大	单位
		VDD5	环境				
f_{sys}	系统频率	4.5V~5.5V	Ta=-40℃ to 125℃	TBD	48.0	TBD	MHz
			Ta=-20℃ to 85℃	TBD	48.0	TBD	MHz
			Ta=25℃	-1%	48.0	+1%	MHz
f_{TIMER}	定时器输入引脚频率	—	—	—	—	4	f_{sys}
t_{INT}	中断脉冲宽度	—	—	1	5	10	t_{sys}
t_{LVD}	中断低电压宽度	—	—	120	240	480	us
t_{V18}	V_{18} 稳定时间	—	—	60	120	240	us
t_{RSDT}	系统复位延迟时间（上电复位）	—	—	25	50	100	ms

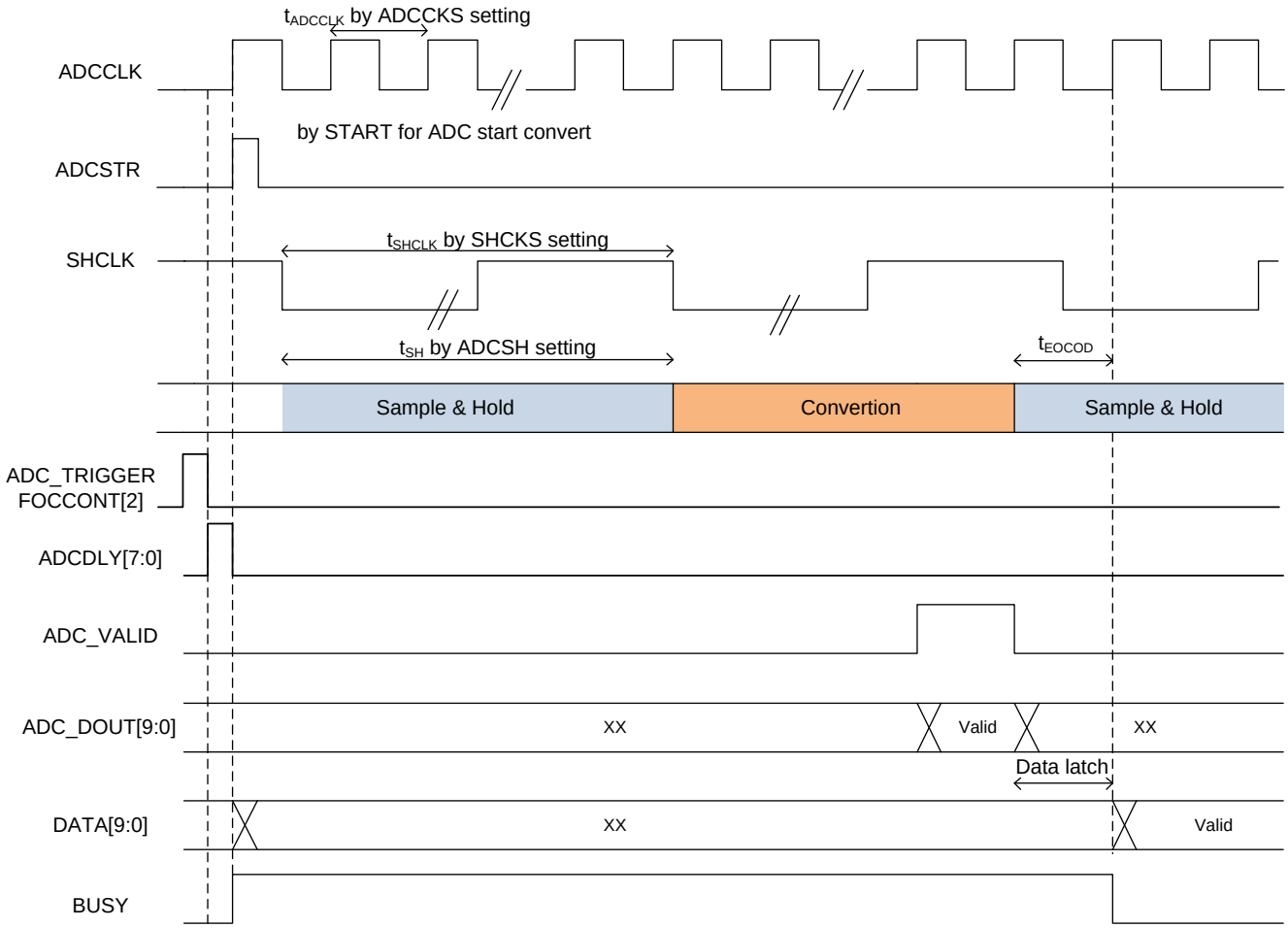
7. OPA 特性

Ta=25℃, V_{DD}= 5V, V_{SS}=GND

标号	参数	环境	最小.	典型.	最大.	单位
V_{CRM}	共模输入范围		V_{SS}-0.3	—	V_{DD}+0.3	V
V_{OS}	输入偏移电压	V_{CM}=V_{SS}	-4.5		4.5	mV
A_{OL}	DC 开环增益	V_{OUT}=0.3V~V_{DD}-0.3V V_{CM}=V_{SS}	88	112		dB
GBWP	增益带宽	R_L=10KΩ C_L=60 pF		1		MHz
SR	转换速率	C_L=60 pF		0.6		V/us

注: OPA 默认为断电。如果要使用 OPA，首先需要将 OPAPD 控制位设置为“1”。(见表 25.10.1 AOCPCONT SFR bit[5])

8. A/D 转换特性



标号	参数	测试环境		最小	典型	最大	单位
		VDD5	环境				
R_I	输入阻抗	—	—	—		—	MΩ
I_{AD}	用了A/D转换增加的功耗	5V	—	—	6	—	mA
I_{ADSTB}	A/D转换静态电流	—	Load Current < 10mA	—	—	4	uA
t_{ADCCLK}	A/D转换时钟时长	—	24MHz	—	41.7	—	ns
		—	12MHz	—	83.3	—	ns
t_{CONV}	A/D转换时长	—	24MHz	—	0.875	—	us
		—	12MHz	—	1.7	—	us
t_{SH}	A/D采样和保持时间	—	6MHz	0.17	—	0.68	us
		—	3MHz	0.34	—	1.36	us
		—	2.4MHz	0.42	—	1.68	us
		—	2MHz	0.5	—	2	us
DNL	差分非线性	4.5V	No load, t_{CONV}=2.5us	-1	—	+3	LSB
		5.5V		-1	—	+3	LSB
		4.5V	No load, t_{CONV}=5us	-1	—	+3	LSB
		5.5V		-1	—	+3	LSB
INL	整体非线性	4.5V	No load, t_{CONV}=2.5us	-4	—	+4	LSB
		5.5V		-4	—	+4	LSB
		4.5V	No load, t_{CONV}=5us	-4	—	+4	LSB
		5.5V		-4	—	+4	LSB
G_{ERR}	增益错误	—	—	-10	—	+10	LSB
t_{EOCOD}	转换结束输出延迟	5V	—	—		—	ns

9. 特殊功能寄存器 (SFR)

SFRs 存储器图

	8	9	A	B	C	D	E	F	
F8	PINCONG1	PINCONG2	PINCONG3	PINCONG4	PINCONG5	PINCONG6	RSTS	TAKEY	FF
F0	B	PINSET1	PINSET2	PINSET3	PINSET4	PINSET5	PINSET6	PINSET7	F7
E8	IICS	IICCTL	IICA1	IICA2	SFR_PAGE	SP_CYC	AOCPCONT	OCPNCONT	EF
E0	ACC	MPWMDATL	MPWMDATH	MPWMCONT1	MPWMINV	MPWMDT	PI_GAIN	MPWMCONT2	E7
D8	VDCCONT	CAPT_L	CAPT_H	CAPH_L	CAPH_H	CAPCONT	PI_KT_L	PI_KT_H	DF
D0	PSW	PFCON	-----	-----	FOC_D_L	FOC_D_H	FOCCONT	PI_TMSR	D7
C8	T2CON	ADCOS_L	ADCOS_H	-----	-----	-----	-----	-----	CF
C0	IRCON1	ADCSTR	ADCCONT	ADCD1	ADCD2	ADCDLY	-----	PINCONG7	C7
B8	IEN1	IP1	IICRWD	SMO_D1_L	SMO_D1_H	SMO_D2_L	SMO_D2_H	MPWMCPSF	BF
B0	P3	-----	PI_MIN_LMT_L	PI_MIN_LMT_H	TL2	TH2	WDTC	WDTK	B7
A8	IEN0	IP0	PI_TR_L	PI_TR_H	PI_OUT_L	PI_OUT_H	PI_FB_L	PI_FB_H	AF
A0	P2	USER_LPF_L	USER_LPF_H	EEPROM	INI_ANG_DAT	INI_ANG_CTRL	PI_CMD_L	PI_CMD_H	A7
98	SCON	SBUF	SRELL	SRELH	IICEBT	PI_UI_L	PI_UI_H	MOTOR_CONT2	9F
90	P1	PI_KI_L	PI_KI_H	PI_KP_L	PI_KP_H	PI_MAX_LMT_L	PI_MAX_LMT_H	MOTOR_CONT1	97
88	TCON	TMOD	TL0	TL1	TH0	TH1	AUX	SYNC	8F
80	P0	SP	DP0L	DP0H	DP1L	DP1H	RCON	PCON	87
	0	1	2	3	4	5	6	7	

标号	直接地址		SFR_PAGE						
	[L,H]		0	1	2	3	4	5	6
MPWM									
MPWMDATA [L,H]	E1H	E2H	CYCLE	DUTY_U	DUTY_V	DUTY_W			
PI控制器									
PI_KI[L,H]	91H	92H	IQ_KI	ID_KI	SPD_KI	PLL_KI	USER_KI		
PI_KP [L,H]	93H	94H	IQ_KP	ID_KP	SPD_KP	PLL_KP	USER_KP		
PI_KT [L,H]	DEH	DFH	IQ_KT	ID_KT	SPD_KT	PLL_KT	USER_KT		
PI_TR [L,H]	AAH	ABH	IQ_TR	ID_TR	SPD_TR	PLL_TR			
PI_MAX_LMT [L,H]	95H	96H	IQ_MAX	ID_MAX	SPD_MAX	PLL_MAX	USER_MAX		
PI_MIN_LMT [L,H]	B2H	B3H	IQ_MIN	ID_MIN	SPD_MIN	PLL_MIN	USER_MIN		
PI_CMD[L,H]	A6H	A7H	IQ_CMD	ID_CMD	SPD_CMD	PLL_CMD	USER_CMD		
PI_UI [L,H]	9DH	9EH	IQ_UI	ID_UI	SPD-UI	PLL-UI	USER_UI		
PI_OUT [L,H]	ACH	ADH	IQ_OUT	ID_OUT	SPD-OUT	PLL-OUT	USER_OUT		
PI_FB [L,H]	AEH	AFH	IQ_FB	ID_FB	SPD-FB	PLL-FB	USER_FB		
滑模控制器									
SMO_D1 [L,H]	BBH	BCH	GS	SMO-gain	Angle base	Z-Correct	SMO-angle	BanBan-gain	
SMO_D2 [L,H]	BDH	BEH	FS	SMO-filter	----	MAXSMC-Err	SPEEDER		
FOC控制器									
FOC_D[L,H]	D4H	D5H	VQ_OFSET	VD_OFSET		AS	CPU_ANG	FOC-angle	SVPWM-Amp
独立通用低通滤波器									
GEN_LPF[L,H]	A1H	A2H	LPF_GAIN	LPF_IN	LPF_OUT	LPF_PROUT			
ADC 偏移值									

ADCOS [L,H]	C9H	CAH	ADC1OS	ADC2OS					
初始角度估算控制器									
INI_ANG_CTRL	A4H		Pattern 10	Pattern 32	Pattern 54				
EEPROM									
EEPROM	A3H		EE_ADDR	EE_DATA	EE_CMD				
捕获									
CAPCONT	DDH		E_CAPCONT	I_CAPCONT					
CAPT[L,H]	D9H	DAH	EXT_CAPT	INT_CAPT					
CAPH[L,H]	DBH	DCH	EXT_CAPH	INT_CAPH					

10. CGF002A SFRs 和复位值

标号	描述	地址	复位值
ACC	累加器	E0H	00H
ADCSTR	ADC开始转换和设置寄存器	C1H	00H
ADCCONT	ADC控制寄存器	C2H	83H
ADCD1	ADC数据寄存器 1	C3H	00H
ADCD2	ADC数据寄存器 2	C4H	00H
ADCDLY	ADC采样延迟	C5H	33H
ADCOS_L	ADC数据偏移低字节	C9H	00H
ADCOS_H	ADC数据偏移高字节	CAH	02H
AUX	辅助寄存器	8EH	11H
AOCPCONT	模拟OCP控制寄存器	EEH	C7H
B	B寄存器	F0H	00H
CAPCONT	捕获控制寄存器	DDH	03H
CAPT_L	捕获总计数低字节	D9H	00H
CAPT_H	捕获总计数高字节	DAH	00H
CAPH_L	捕获高电平计数低字节	DBH	00H
CAPH_H	捕获高电平计数高字节	DCH	00H
DPTR0:	数据指针0 (2字节)	DCH	FFH
DP0L	数据指针0低字节	82H	00H
DP0H	数据指针0高字节	83H	00H
DPTR1	数据指针1 (2字节)	E7H	00H
DP1L	数据指针1低字节	84H	00H
DP1H	数据指针1高字节	85H	00H
EEPROM	D&Q -轴电压偏移低字节	A3H	00H
FOCCONT	FOC控制寄存器	D6H	00H
FOC_D_L	FOC控制数据低字节	D4H	00H
FOC_D_H	FOC控制数据高字节	D5H	00H
IEN0	中断使能寄存器0	A8H	00H
IEN1	中断使能寄存器1	B8H	00H
IP0	中断优先级寄存器0	A9H	00H
IP1	中断优先级寄存器1	B9H	00H
IRCON1	中断请求寄存器1	C0H	00H
IICS	IIC状态寄存器	E8H	00H
IICCTRL	IIC控制寄存器	E9H	04H
IICA1	IIC地址1寄存器	EAH	A0H
IICA2	IIC地址2寄存器	EBH	60H
IICRWD	IIC读写寄存器	BAH	00H
IICEBT	IIC使能总线事务寄存器	9CH	00H
INI_ANG_DAT	初始角度估算数据寄存器	A4H	EBH
INI_ANG_CTRL	初始角度估算控制寄存器	A5H	18H
MOTOR_CONT1	电机控制寄存器1	97H	00H
MOTOR_CONT2	电机控制寄存器2	9FH	A4H
MPWMCONT1	MPWM控制寄存器1	E3H	00H
MPWMDATL	MPWM数据低字节	E1H	00H
MPWMDATH	MPWM数据高字节	E2H	00H
MPWMDT	电机PWM死区寄存器	E5H	78H
MPWMINV	MPWM反相选择寄存器	E4H	00H
MPWMCONT2	MPWM控制寄存器2	E7H	00H
MPWMCPSF	电机PWM 修正系数寄存器	BFH	00H

OCPNCONT	OCP控制寄存器	EFH	85H
P0	端口0	80H	FFH
P1	端口1	90H	FFH
P2	端口2	A0H	FFH
P3	端口3	B0H	FFH
PCON	电源控制寄存器	87H	00H
PSW	程序状态字寄存器	D0H	00H
PFCON	外设频率控制寄存器	D1H	00H
PINCONG1	引脚控制寄存器1	F8H	AAH
PINCONG2	引脚控制寄存器2	F9H	AAH
PINCONG3	引脚控制寄存器3	FAH	A0H
PINCONG4	引脚控制寄存器4	FBH	AAH
PINCONG5	引脚控制寄存器5	FCH	AAH
PINCONG6	引脚控制寄存器6	FDH	A0H
PINCONG7	引脚控制寄存器7	C7H	0AH
PINSET1	引脚I/O设置寄存器1	F1H	AAH
PINSET2	引脚I/O设置寄存器2	F2H	AAH
PINSET3	引脚I/O设置寄存器3	F3H	0AH
PINSET4	引脚I/O设置寄存器4	F4H	00H
PINSET5	引脚I/O设置寄存器5	F5H	80H
PINSET6	引脚I/O设置寄存器6	F6H	0AH
PINSET7	引脚I/O设置寄存器7	F7H	B0H
PI_GAIN	PI-控制 KPx16 选择寄存器	E6H	F7H
PI_KT_L	PI-控制KT数据低字节	DEH	00H
PI_KT_H	PI-控制KT数据高字节	DFH	00H
PI_TMSR	PI-控制跟踪模式选择寄存器	D7H	00H
PI_MIN_LMT_L	PI-控制最小限制数据低字节	B2H	01H
PI_MIN_LMT_H	PI-控制最小限制数据高字节	B3H	80H
PI_TR_L	PI-控制TR数据低字节	AAH	00H
PI_TR_H	PI-控制TR数据高字节	ABH	00H
PI_OUT_L	PI-控制输出数据低字节	ACH	00H
PI_OUT_H	PI-控制输出数据高字节	ADH	00H
PI_FB_L	PI-控制反馈数据低字节	AEH	00H
PI_FB_H	PI-控制反馈数据高字节	AFH	00H
PI_CMD_L	PI-控制命令数据低字节	A6H	00H
PI_CMD_H	PI-控制命令数据高字节	A7H	00H
PI_UI_L	PI-控制积分数据低字节	9DH	00H
PI_UI_H	PI-控制积分数据高字节	9EH	00H
PI_KI_L	PI-控制KI数据低字节	91H	00H
PI_KI_H	PI-控制KI数据高字节	92H	00H
PI_KP_L	PI-控制KP数据低字节	93H	00H
PI_KP_H	PI-控制KP数据高字节	94H	00H
PI_MAX_LMT_L	PI-控制最大数据低字节	95H	FFH
PI_MAX_LMT_H	PI-控制最大数据高字节	96H	7FH
RCON	内部RAM控制寄存器	86H	F0H
RSTS	复位源寄存器	FEH	0AH
SFR_PAGE	特殊功能寄存器页面	ECH	00H
SP_CYC	速度控制循环	EDH	26H
SCON	串口控制寄存器	98H	00H
SBUF	串口数据缓存	99H	00H
SRELL	串口重载寄存器低字节	9AH	00H

SRELH	串口重载寄存器高字节	9BH	00H
SP	堆栈指针	81H	07H
SMO_D1_L	SMO数据1低字节	BBH	----
SMO_D1_H	SMO数据1高字节	BCH	----
SMO_D2_L	SMO数据2低字节	BDH	00H
SMO_D2_H	SMO数据2高字节	BEH	00H
SYNC	MOC同步寄存器	8FH	00H
T2CON	定时器2控制寄存器	C8H	00H
TAKEY	时钟访问钥匙寄存器	FFH	00H
TCON	定时器0/1控制寄存器	88H	00H
TH0	定时器0高字节	8CH	00H
TH1	定时器1高字节	8DH	00H
TH2	定时器2高字节	B5H	00H
TL0	定时器0低字节	8AH	00H
TL1	定时器1低字节	8BH	00H
TL2	定时器2低字节	B4H	00H
TMOD	定时器0/1模式寄存器	89H	00H
GEN_LPF_L	用户低通滤波器数据低字节	A1H	00H
GEN_LPF _H	用户低通滤波器数据高字节	A2H	00H
WDTC	看门狗定时器控制寄存器	B6H	04H
WDTK	看门狗定时器刷新钥匙	B7H	00H

11. 外部特殊功能寄存器 (XSFR)

XSFRs 存储器图

	8	9	A	B	C	D	E	F	
1078									107F
1070	ZALPHA_L	ZALPHA_H	ES_IALPHA_L	ES_IALPHA_H	ES_EALPHA_L	ES_EALPHA_H			1077
1068	ZBETA_L	ZBETA_H	ES_IBETA_L	ES_IBETA_H	ES_EBETA_L	ES_EBETA_H			106F
1060	IA_L	IB_H	IALPHA_L	IALPHA_H	VALPHA_L	VALPHA_H	VA_L(R)	VA_H(R)	1067
1058	IB_L	IB_H	IBETA_L	IBETA_H	VBETA_L	VBETA_H	VB_L(R)	VB_H(R)	105F
1050									1057
1048									104F
1040	IR_DOUT0	IR_DOUT1	IR_DOUT2	IR_DOUT3	IR_DOUT4	IR_DOUT5			1047
1038	IR_DEC_SET	IR_DEC_CTRL	IR_HEADER_Z1_L	IR_HEADER_Z1_H	IR_HEADER_Z2_L	IR_HEADER_Z2_H	IR_STOP_Z_L	IR_STOP_Z_H	103F
1030	MD_MODE	MD_CONT	MD0	MD1	MD2	MD3	MD4	MD5	1037
1028	SOFT_RST_KEY	SOFT_RST_EN							102F
1020	IPWM_CYC_L	IPWM_CYC_H	IPWM_DUTY_L	IPWM_DUTY_H	IPWM_CTRL			FGCTRL	1027
1018	CRC_CTRL	CRC_DIN	CRC_DOUT_L	CRC_DOUT_H	CRC_STR_BANK	CRC_END_BANK			101F
	0	1	2	3	4	5	6	7	

12. CGF002A XSFRs 和复位值

标号	描述	地址	复位值
CRC_CTRL	CRC控制寄存器	1018H	00H
CRC_DIN	CRC输入数据寄存器	1019H	00H
CRC_DOUT_L	CRC输出低字节数据寄存器	101AH	00H
CRC_DOUT_H	CRC输出高字节数据寄存器	101BH	00H
CRC_STR_BANK	Flash组CRC计算开始组索引	101CH	00H
CRC_END_BANK	Flash组CRC计算结束组索引	101DH	00H
FGCTRL	频率发生控制寄存器	1027H	00H
IR_DOUT0	IR解码输出数据字节0	1040H	00H
IR_DOUT1	IR解码输出数据字节1	1041H	00H
IR_DOUT2	IR解码输出数据字节2	1042H	00H
IR_DOUT3	IR解码输出数据字节3	1043H	00H

IR_DOUT4	IR解码输出数据字节4	1044H	00H
IR_DOUT5	IR解码输出数据字节5	1045H	00H
IR_DEC_SET	IR数据解码设置寄存器	1038H	00H
IR_DEC_CTRL	IR数据解码控制寄存器	1039H	00H
IR_HEADER_Z1_L	IR数据头区域1低字节周期数	103AH	80H
IR_HEADER_Z1_H	IR数据头区域1高字节周期数	103BH	BBH
IR_HEADER_Z2_L	IR数据头区域2低字节周期数	103CH	00H
IR_HEADER_Z2_H	IR数据头区域2高字节周期数	103DH	7DH
IR_STOP_Z_L	IR数据停止区域低字节周期数	103EH	80H
IR_STOP_Z_H	IR数据停止区域高字节周期数	103FH	BBH
IPWM_CYC_L	独立通用PWM最大值低字节	1020H	02H
IPWM_ CYC _H	独立通用PWM最大值高字节	1021H	00H
IPWM_DUTY_L	独立通用PWM占空比低字节	1022H	FFH
IPWM_ DUTY _H	独立通用PWM占空比高字节	1023H	FFH
IPWM_CTRL	独立通用PWM控制寄存器	1024H	00H
MD_MODE	MDU模式控制寄存器	1030H	10H
MD_CTRL	MDU控制寄存器	1031H	00H
MD0	乘除法寄存器0	1032H	00H
MD1	乘除法寄存器1	1033H	00H
MD2	乘除法寄存器2	1034H	00H
MD3	乘除法寄存器3	1035H	00H
MD4	乘除法寄存器4	1036H	00H
MD5	乘除法寄存器5	1037H	00H
SOFT_RST_KEY	软件复位钥匙寄存器	1028H	00H
SOFT_RST_EN	软件复位使能寄存器	1029H	00H
ES_IALPHA_L(Read)	估算电流Iα低字节数据寄存器	1072H	00H
ES_IALPHA_H(Read)	估算电流Iα高字节数据寄存器	1073H	00H
ES_EALPHA_L(Read)	估算EEMF Eα低字节数据寄存器	1074H	00H
ES_EALPHA_H(Read)	估算EEMF Eα高字节数据寄存器	1075H	00H
ES_IBETA_L(Read)	估算电流Iβ低字节数据寄存器	106AH	00H
ES_IBETA_H(Read)	估算电流Iβ高字节数据寄存器	106BH	00H
ES_EBETA_L(Read)	估算EEMF Eβ低字节数据寄存器	106CH	00H
ES_EBETA_H(Read)	估算EEMF Eβ高字节数据寄存器	106DH	00H
IA_L(Read)	A相电流(Ia)ADC输出低字节	1060H	00H
IA_H(Read)	A相电流(Ia)ADC输出高字节	1061H	00H
IALPHA_L(Read)	α-axis定子电流低字节数据寄存器	1062H	00H
IALPHA_H(Read)	α-axis定子电流高字节数据寄存器	1063H	00H
IB_L(Read)	B相电流 (Ib)ADC输出低字节	1058H	00H
IB_H(Read)	B相电流 (Ib)ADC输出高字节	1059H	00H
IBETA_L(Read)	克拉克变换β-axis电流 (iβ)低字节	105AH	00H
IBETA_H(Read)	克拉克变换β-axis电流 (iβ)高字节	105BH	00H
VALPHA_L(Read)	α-axis定子电压低字节数据寄存器	1064H	00H
VALPHA_H(Read)	α-axis定子电压高字节数据寄存器	1065H	00H
VA_L(Read)	A相驱动电压低字节数据寄存器	1066H	00H
VA_H(Read)	A相驱动电压高字节数据寄存器	1067H	00H
VBETA_L(Read)	β-axis定子电压低字节数据寄存器	105CH	00H
VBETA_H(Read)	β-axis定子电压高字节数据寄存器	105DH	00H
VB_L(Read)	B相驱动电压低字节数据寄存器	105EH	00H
VB_H(Read)	B相驱动电压高字节数据寄存器	105FH	00H
ZALPHA_L(Read)	EEMF Eα的Z增益低字节数据寄存器	1070H	00H

ZALPHA_H(Read)	EEMF Eα的Z增益高字节数据寄存器	1071H	00H
ZBETA_L(Read)	EEMF Eβ的Z增益低字节数据寄存器	1068H	00H
ZBETA_H(Read)	EEMF Eβ的Z增益高字节数据寄存器	1069H	00H

13. 存储器

CGF002A 存储器结构遵循一般的 8052 结构。
有三个存储区域:程序存储器(Flash),外部数据存储器(XRAM),和内部数据存储器(IRAM)。**CGF002A** 集成了 16K 字节 Flash, 256 字节 IRAM 和 512 字节 XRAM。

13.1. 程序存储器

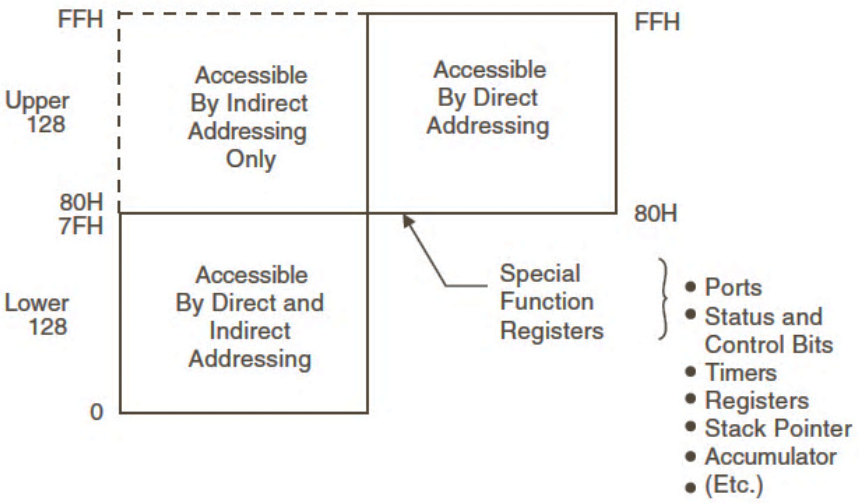
CGF002A 包含 16K 字节的片上 FLASH 用于程序存储。

13.2. 数据存储器

CGF002A 包含 256 个字节的通用内部数据存储器(IRAM)和 512 个字节的外部数据存储器(XRAM)。

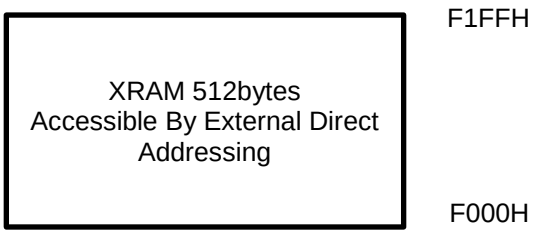
13.2.1. 数据存储器 (IRAM)(00H~FFH)

RAM 的低 128 字节可以通过直接寻址和间接寻址来访问。IRAM 的高 128 字节和 SFR 寄存器的 128 字节共享同一个地址空间。高 128 字节的数据存储器只能通过间接寻址来访问。SFR 寄存器只能通过直接寻址来访问。最低 32 字节(00H -1FH)的数据存储器被分成 4 组，每组 8 个寄存器。**RS0** 和 **RS1** 位(**PSW.3** 和 **PSW .4**)选择使用哪一组寄存器。使用寄存器寻址的指令将只访问当前指定的组。



13.2.2. 数据存储器 ((XRAM)(F000H~F1FFH)

外部地址 F000H 到 F1FFh 包含片上扩展 SRAM。可以通过外部直接寻址模式(使用 MOVX 指令)访问这个外部数据存储器。指令 MOVX @Ri, A (i=0,1)的地址空间由 SFR 86H RCON(内部 RAM 控制寄存器)的 RCON[7:0]确定。RCON[7:0]仅能被设置为 F0h (page0)。一页 XRAM 是 512 字节。



14. 指令集

CGF002A 是完全二进制兼容的 MCS-51 指令集

算术运算	描述	字节	周期	16进制代码
ADD A,Rn	将寄存器Rn中的内容加到累加器中	1	1	0x28-0x2F
ADD A,direct	直接地址单元中的内容加到累加器中	2	2	0x25
ADD A,@Ri	寄存器工作寄存器Ri指向的地址单元中的内容加到累加器中	1	2	0x26-0x27
ADD A,#data	立即数加到累加器中	2	2	0x24
ADDC A,Rn	累加器与工作寄存器Rn中的内容、连同进位位相加，结果存在累加器中	1	1	0x38-0x3F
ADDC A,direct	累加器与直接地址单元的内容、连同进位位相加，结果存在累加器中	2	2	0x35
ADDC A,@Ri	累加器与工作寄存器Ri指向的地址单元中的内容、连同进位位相加，结果存在累加器中	1	2	0x36-0x37
ADDC A,#data	累加器与立即数、连同进位位相加，结果存在累加器中	2	2	0x34
SUBB A,Rn	累加器与工作寄存器中的内容、连同借位位相减，结果存在累加器中	1	1	0x98-0x9F
SUBB A,direct	累加器与直接地址单元中的内容、连同借位位相减，结果存在累加器中	2	2	0x95
SUBB A,@Ri	累加器与工作寄存器Ri指向的地址单元中内容、连同借位位相减，结果存在累加器中	1	2	0x96-0x97
SUBB A,#data	累加器与立即数、连同借位位相减，结果存在累加器中	2	2	0x94
INC A	累加器中的内容加1	1	1	0x04
INC Rn	寄存器Rn的内容加1	1	2	0x08-0x0F
INC direct	直接地址单元中的内容加1	2	3	0x05
INC @Ri	Ri指向的地址单元中的内容加1	1	3	0x06-0x07
INC DPTR	数据指针DPTR的内容加1	1	1	0xA3
DEC A	累加器中的内容减1	1	1	0x14
DEC Rn	寄存器Rn中的内容减1	1	2	0x18-0x1F
DEC direct	直接地址单元中的内容减1	2	3	0x15
DEC @Ri	Ri指向的地址单元中的内容减1	1	3	0x16-0x17
MUL AB	ACC中内容与寄存器B中内容相乘，其结果低位存在ACC中、高位存在寄存器B中	1	5	0xA4
DIV	ACC中内容除以寄存器B中内容，商存在ACC，而余数存在寄存器B中	1	5	0x84
DA A	ACC十进制调整	1	1	0xD4

逻辑运算	描述	字节	周期	16进制代码
ANL A,Rn	累加器和寄存器Rn中的内容相“与”	1	1	0x58-0x5F
ANL A,direct	累加器和直接地址单元中的内容相“与”	2	2	0x55
ANL A,@Ri	累加器和工作寄存器Ri指向的地址单元中的内容相“与”	1	2	0x56-0x57
ANL A,#data	累加器和立即数相“与”	2	2	0x54
ANL direct,A	直接地址单元中的内容和累加器相“与”	2	3	0x52
ANL direct,#data	直接地址单元中的内容和立即数相“与”	3	4	0x53
ORL A,Rn	累加器和寄存器Rn中的内容相“或”	1	1	0x48-0x4F
ORL A,direct	累加器和直接地址单元中的内容相“或”	2	2	0x45
ORL A,@Ri	累加器和工作寄存器Ri指向的地址单元中的内容相“或”	1	2	0x46-0x47
ORL A,#data	累加器和立即数相“或”	2	2	0x44
ORL direct,A	直接地址单元中的内容和累加器相“或”	2	3	0x42
ORL direct,#data	直接地址单元中的内容和立即数相“或”	3	4	0x43
XRL A,Rn	累加器和寄存器Rn中的内容相“异或”	1	1	0x68-0x6F
XRL A,direct	累加器和直接地址单元中的内容相“异或”	2	2	0x65
XRL A,@Ri	累加器和工作寄存器Ri指向的地址单元中的内容相“异或”	1	2	0x66-0x67
XRL A,#data	累加器和立即数相“异或”	2	2	0x64
XRL direct,A	直接地址单元中的内容和累加器相“异或”	2	3	0x62
XRL direct,#data	直接地址单元中的内容和立即数相“异或”	3	4	0x63
CLR A	累加器内容清“0”	1	1	0xE4
CPL A	累加器按位取反	1	1	0xF4
RL A	累加器循环左移一位	1	1	0x23
RLC A	累加器连同进位位CY循环左移一位	1	1	0x33
RR A	累加器循环右移一位	1	1	0x03
RRC A	累加器连同进位位CY循环右移一位	1	1	0x13
SWAP A	累加器高低半字节互换	1	1	0xC4

数据传送	描述	字节	周期	16进制代码
MOV A,Rn	寄存器Rn中的内容送到累加器中	1	1	0xE8-0xEF
MOV A,direct	直接地址单元中的内容送到累加器中	2	2	0xE5
MOV A,@Ri	工作寄存器Ri指向的地址单元中的内容送到累加器中	1	2	0xE6-0xE7
MOV A,#data	立即数送到累加器中	2	2	0x74
MOV Rn,A	累加器中内容送到寄存器Rn中	1	2	0xF8-0xFF
MOV Rn,direct	直接寻址单元中的内容送到寄存器Rn中	2	4	0xA8-0xAF
MOV Rn,#data	立即数直接送到寄存器Rn中	2	2	0x78-0x7F
MOV direct,A	累加器送到直接地址单元	2	3	0xF5
MOV direct,Rn	寄存器Rn中的内容送到直接地址单元	2	3	0x88-0x8F
MOV direct1,direct2	直接地址单元中的内容送到另一个直接地址单元	3	4	0x85
MOV direct,@Ri	工作寄存器Ri指向的地址单元中的内容送到直接地址单元	2	4	0x86-0x87
MOV direct,#data	立即数送到直接地址单元	3	3	0x75
MOV @Ri,A	累加器送到以工作寄存器Ri指向的地址单元中	1	3	0xF6-0xF7
MOV @Ri,direct	直接地址单元中内容送到以工作寄存器Ri指向的地址单元中	2	5	0xA6-0xA7
MOV @Ri,#data	立即数送到以工作寄存器Ri指向的地址单元中	2	3	0x76-0x77
MOV DPTR,#data16	16位常数的高8位送到DPH，低8位送到DPL	3	3	0x90
MOVC A,@A+DPTR	以DPTR为基地址变址寻址单元中的内容送到累加器中	1	3	0x93
MOVC A,@A+PC	以PC为基地址变址寻址单元中的内容送到累加器中	1	3	0x83
MOVX A,@Ri	扩展RAM（8位地址）的数据送入累加器中	1	3	0xE2-0xE3
MOVX A,@DPTR	扩展RAM（16位地址）的数据送入累加器中	1	3	0xE0
MOVX @Ri,A	累加器中的内容送到寄存器Ri指向的扩展RAM地址（8位地址）中	1	4	0xF2-0xF3
MOVX @DPTR,A	累加器中的内容送到DPTR指向的扩展RAM地址（16位地址）中	1	4	0xF0
PUSH direct	直接地址单元中的数据压入堆栈中	2	4	0xC0
POP direct	出栈数据送到直接地址单元中	2	3	0xD0
XCH A,Rn	累加器与寄存器Rn中的内容互换	1	2	0xC8-0xCF
XCH A,direct	累加器与直接地址单元中的内容互换	2	3	0xC5
XCH A,@Ri	累加器与工作寄存器Ri指向的地址单元中内容互换	1	3	0xC6-0xC7
XCHD A,@Ri	累加器与工作寄存器Ri指向的地址单元中内容低半字节互换	1	3	0xD6-0xD7

程序跳转	描述	字节	周期	16进制代码
ACALL addr11	绝对短调用子程序，2K字节（页内）空间限制	2	6	xxx10001b
LCALL addr16	绝对长调用子程序，64K字节空间限制	3	6	0x12
RET	子程序返回	1	4	0x22
RETI	中断子程序返回	1	4	0x32
AJMP addr11	绝对短跳转，2K字节（页内）空间限制	2	3	xxx00001b
LJMP addr16	绝对长跳转，64K字节空间限制	3	4	0x02
SJMP rel	相对跳转	2	3	0x80
JMP @A+DPTR	跳转到DPTR加ACC所指间接地址	1	2	0x73
JZ rel	累加器为“0”则跳转	2	3	0x60
JNZ rel	累加器不为“0”则跳转	2	3	0x70
JC rel	进位位为“1”则跳转	2	3	0x40
JNC	进位位为“0”则跳转	2	3	0x50
JB bit,rel	直接地址位为“1”则跳转	3	4	0x20
JNB bit,rel	直接地址位为“0”则跳转	3	4	0x30
JBC bit,rel	直接地址位为“1”则跳转，且清“0”该位	3	4	0x10
CJNE A,direct,rel	累加器中的内容不等于直接地址单元的内容，则跳转到偏移量所指向的地址，否则程序往下执行	3	4	0xB5
CJNE A,#data,rel	累加器中的内容不等于立即数，则跳转到偏移量所指向的地址，否则程序往下执行	3	4	0xB4
CJNE Rn,#data,rel	寄存器Rn中的内容不等于立即数，则跳转到偏移量所指向的地址，否则程序往下执行	3	4	0xB8-0xBF
CJNE @Ri,#data,rel	工作寄存器Ri指向的地址单元中的内容不等于立即数，则跳转到偏移量所指向的地址，否则程序往下执行	3	4	0xB6-0xB7
DJNZ Rn,rel	寄存器Rn中的内容减1，如不等于0，则跳转到偏移量所指向的地址，否则程序往下执行	2	3	0xD8-0xDF
DJNZ direct,rel	直接地址单元中的内容减1，如不等于0，则跳转到偏移量所指向的地址，否则程序往下执行	3	4	0xD5
NOP	空操作指令	1	1	0

布尔操作	描述	字节	周期	16进制代码
CLR C	清“0”进位位	1	1	0xC3
CLR bit	清“0”直接地址位	2	3	0xC2
SETB C	置“1”进位位	1	1	0xD3
SETB bit	置“1”直接地址位	2	3	0xD2
CPL C	进位位求反	1	1	0xB3
CPL bit	直接地址位求反	2	3	0xB2
ANL C,bit	进位位和直接地址位相“与”	2	2	0x82
ANL C,/bit	进位位和直接地址位的反码相“与”	2	2	0xB0
ORL C,bit	进位位和直接地址位相“或”	2	2	0x72
ORL C,/bit	进位位和直接地址位的反码相“或”	2	2	0xA0
MOV C,bit	直接地址位数据送入进位位	2	2	0xA2
MOV bit,C	进位位数据送入直接地址位	2	3	0x92

15. MCU

15.1. 8051 引擎

SFR	描述	地址	复位值
ACC	累加器	E0H	00H
B	B寄存器	F0H	00H
PSW	程序状态字寄存器	D0H	00H
SP	堆栈指针	81H	07H
DP0H	数据指针0高字节	83H	00H
DP0L	数据指针0低字节	82H	00H
DP1H	数据指针1高字节	85H	00H
DP1L	数据指针1低字节	84H	00H
AUX	辅助寄存器	8EH	11H
RCON	内部RAM控制寄存器	86H	F0H

15.1.1. ACC (累加器)

所有特殊功能寄存器中最重要的，这是关于累加器(也被称为 ACC 或 A)的第一条注释。累加器(有时也被称为寄存器 A)保存大多数算术和逻辑操作的结果。

ACC 累加器	地址= E0H					复位值= 0x00H		
位	ACC.7	ACC.6	ACC.5	ACC.4	ACC.3	ACC.2	ACC.1	ACC.0
	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W

15.1.2. B (B 寄存器)

在乘法和除法指令中使用 B 寄存器。它还可以用作临时数据的暂存寄存器。

B B 寄存器	地址= F0H					复位值= 0x00H		
位	B.7	B.6	B.5	B.4	B.3	B.2	B.1	B.0
	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W

15.1.3. PSW (程序状态字寄存器)

PSW 寄存器包含反映 CPU 当前状态的状态位。注意奇偶校验位只能根据 **ACC** 寄存器的状态被硬件修改。

PSW 程序状态字寄存器	地址= D0H					复位值 = 0x00H		
位	CY	AC	F0	RS1	RS0	OV	F1	P
	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R

CY	进位标志： 算术运算和布尔运算的累加器中的进位位.
AC	辅助进位位： 如果在 BCD 操作中从累加器的第三位有进位时，则置位.
F0	通用标志位 0： 可以给用户使用的通用标志位.
RS1	寄存器组选择控制位 1, 用于选择工作寄存器组.
RS0	寄存器组选择控制位 0, 用于选择工作寄存器组.
OV	溢出标志位： 累加器在算术运算中有溢出时置位.
F1	通用标志位 1： 可以给用户使用的通用标志位.
P	奇偶校验位： 反映累加器中’1’的数目. P = ‘1’ 如果累加器的’1’是奇数 P = ‘0’ 如果累加器的’1’是偶数

RS1 和 **RS0** 位的状态选择工作寄存器组如下表:

RS1	RS0	选择寄存器组	位置
0	0	组 0	00H – 07H
0	1	组 1	08H – 0FH
1	0	组 2	10H – 17H
1	1	组 3	18H – 1FH

15.1.4. SP (堆栈指针)

这个寄存器指向内部数据存储空间的堆栈顶部。它用于在执行中断程序或子程序之前存储程序的返回地址。**SP** 在执行 **PUSH** 或 **CALL** 指令之前递增，在执行 **POP** 或 **RET(I)**指令之后递减(它总是指向堆栈的顶部)。复位将初始化堆栈指针指向位置 0x07。因此，压栈到堆栈上的第一个值被放置在 0x08 位置。

SP	地址= 81H					复位值 = 0x07H		
堆栈指针								
位	SP.7	SP.6	SP.5	SP.4	SP.3	SP.2	SP.1	SP.0
	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W

15.1.5. DP0 (数据指针 0)

这些寄存器在间接寻址模式中保存 16 位地址，用于 **MOVX**(移动外部内存)、**MOVC**(移动程序内存)或 **JMP**(计算跳转)指令。它们可以作为 16 位寄存器操作，也可以作为两个独立的 8 位寄存器操作。**DP0H** 保存间接地址的高字节，**DP0L** 保存间接地址的低字节。

它通常用于访问外部代码或数据空间，例如:

- **MOVCA**,**@A+DPTR** (代码空间)
- **MOVA**,**@DPTR** (数据空间)

DP0L	地址= 82H					复位值 = 0x00H		
数据指针 0 低字节								
位	DP0L[7:0]							
	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W

DP0H	地址= 83H					复位值 = 0x00H		
数据指针 0 高字节								
位	DP0H[7:0]							
	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W

15.1.6. DP1 (数据指针 1)

双数据指针加速块数据的移动。标准 **DPTR** 是一个 16 位寄存器，用于给外部存储器或外设寻址。标准数据指针称为 **DPTR0**，第二个数据指针称为 **DPTR1**。数据指针选择位选择活动指针。数据指针选择位(**DPS**)位于 **AUX** 寄存器(AUX.1)中。
用户通过切换 **DPS** 位在 **DPTR0** 和 **DPTR1** 之间切换。所有与 DPTR 相关的指令使用当前选定的 **DPTR** 进行任何活动。

DP1L	地址= 84H					复位值 = 0x00H		
数据指针 1 低字节								
位	DP1L[7:0]							
	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W

DP1H	地址= 85H					复位值 = 0x00H		
数据指针 1 高字节								
位	DP1H[7:0]							
	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W

15.1.7. AUX(辅助寄存器)

AUX 辅助寄存器	地址= 8EH					复位值 = 0x11H		
位	LVD_EN	LVD	-----	ITS	SMOD	BRS	DPS	CP
	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	R/W	R	X	R/W	R/W	R/W	R/W	R

LVD_EN	低电压侦测使能： 1: 使能
LVD	低电压侦测状态： 1:发生低电压
ITS	MCU 指令时间选择： 0:1T 1:2T
SMOD	串口(UART) 波特率选择.
BRS	串口(UART) 波特率发生器选择.
DPS	数据指针寄存器选择： 0 : 选择 DPTR 寄存器是 DP0H, DP0L 1 : 选择 DPTR 寄存器是 DP1H, DP1L
CP	代码保护: 0 : 无保护 1: 保护

15.1.8. RCON (内部 RAM 控制寄存器)

提供了 512 字节的片上扩展 RAM，只能通过外部存储器寻址方法访问(指令 **MOVX**)。指令 **MOVX @Ri, A** (i= 0,1)的地址空间由 **RCON** 的 **RCON[7:0]**确定。**RCON[7:0]** 默认值是 F0H。

RCON 内部 RAM 控制寄存器	地址= 86H					复位值 = 0xF0H		
位	RCON[7:0]							
	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W

15.2. GPIO

四个 I/O 端口可用: **端口 0**, **端口 1**, **端口 2**,和**端口 3**。
CGF002A 上的所有 32 端口引脚可以配置为四种模式之一:准双向(标准 8051 端口输出)，推挽输出，开漏输出，或仅输入。复位后，所有端口引脚默认为仅输入模式。
每个端口的两个配置寄存器(**PINSETx**, **PINCONFGx**)为每个端口引脚选择输出模式。

SFR	**描述**	**地址**	**复位值**
P0	端口 0	80H	FFH
P1	端口 1	90H	FFH
P2	端口 2	A0H	FFH
P3	端口 3	B0H	FFH
PINCONG1	引脚配置寄存器 1	F8H	AAH
PINCONG2	引脚配置寄存器 2	F9H	AAH
PINCONG3	引脚配置寄存器 3	FAH	A0H
PINCONG4	引脚配置寄存器 4	FBH	AAH
PINCONG5	引脚配置寄存器 5	FCH	AAH
PINCONG6	引脚配置寄存器 6	FDH	A0H
PINCONG7	引脚配置寄存器 7	C7H	0AH
PINSET1	引脚 I/O 设置寄存器 1	F1H	AAH
PINSET2	引脚 I/O 设置寄存器 2	F2H	AAH
PINSET3	引脚 I/O 设置寄存器 3	F3H	0AH
PINSET4	引脚 I/O 设置寄存器 4	F4H	00H
PINSET5	引脚 I/O 设置寄存器 5	F5H	80H
PINSET6	引脚 I/O 设置寄存器 6	F6H	0AH
PINSET7	引脚 I/O 设置寄存器 7	F7H	B0H

15.2.1. 端口

P0 端口 0	地址= 80H					复位值 = 0XFFH		
位	-----	P0.6	P0.5	P0.4	P0.3	P0.2	P0.1	P0.0
	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	X	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W

P1 端口 1	地址= 90H					复位值 = 0XFFH		
位	-----	P1.6	P1.5	P1.4	P1.3	P1.2	P1.1	P1.0
	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	X	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W

P2 端口 2	地址= A0H					复位值 = 0XFFH		
位	P2.7	P2.6	P2.5	P2.4	P2.3	-----	-----	-----
	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	X	X	X

P3 端口 3	地址= B0H					复位值= 0XFFH		
位	-----	-----	P3.5	P3.4	P3.3	P3.2	P3.1	P3.0
	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	X	X	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W

15.2.2. PINCONG (引脚配置寄存器)

PINCONG1 地址= F8H 复位值 = 0xAAH

引脚配置寄存器 1

位	CH4CONG[1:0]		CH5CONG[1:0]		CH6CONG[1:0]		CH7CONG[1:0]	
	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W

00 : 准双向(标准 8051 端口输出)

01 : 推挽输出

10 : 仅输入(高阻)

11 : 开漏输出

PINCONG2 地址= F9H 复位值 = 0xAAH

引脚配置寄存器 2

位	CH0P CONG[1:0]		CH1P CONG[1:0]		CH2CONG[1:0]		CH3CONG[1:0]	
	7	6	5	4	3	2	1	0
复位值	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W

00 : 准双向(标准 8051 端口输出)

01 : 推挽输出

10 : 仅输入(高阻)

11 : 开漏输出

PINCONG3 地址= FAH 复位值 = 0xA0H

引脚配置寄存器 3

位	XCONG[1:0]		UCONG[1:0]		XTALO CONG[1:0]		XTALI CONG[1:0]	
	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W

00 : 准双向(标准 8051 端口输出)

01 : 推挽输出

10 : 仅输入(高阻)

11 : 开漏输出

PINCONG4 地址= FBH 复位值 = 0xAAH

引脚配置寄存器 4

位	ZCONG[1:0]		WCONG[1:0]		YCONG[1:0]		VCONG[1:0]	
	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W

00 : 准双向(标准 8051 端口输出)

01 : 推挽输出

10 : 仅输入(高阻)

11 : 开漏输出

PINCONG5 地址= FCH 复位值 = 0xAAH

引脚配置寄存器 5

位	OCPNCONG[1:0]		CH1N CONG[1:0]		CH0N CONG [1:0]		AOCPCONG [1:0]	
	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W

00 : 准双向(标准 8051 端口输出)

01 : 推挽输出

10 : 仅输入(高阻)

11 : 开漏输出

PINCONG6 地址= FDH 复位值 = 0xA0H

引脚配置寄存器 6

位	IIC_SCLCONG [1:0]		IIC_SDACONG [1:0]		RXCONG[1:0]		TXCONG[1:0]	
	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W

00 : 准双向(标准 8051 端口输出)

01 : 推挽输出

10 : 仅输入(高阻)

11 : 开漏输出

PINCONG7 地址= C7H 复位值 = 0x0AH

引脚配置寄存器 7

位	-----		-----		FGCONG [1:0]		IPWMCONG [1:0]	
	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	X	X	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W

00 : 准双向(标准 8051 端口输出)

01 : 推挽输出

10 : 仅输入(高阻)

11 : 开漏输出

15.2.3. PINSET (引脚 I/O 设置寄存器)

PINSET1 地址= F1H 复位值 = 0xAAH

引脚 I/O 设置寄存器 1

位	CH4SET[1:0]		CH5SET[1:0]		CH6SET[1:0]		CH7SET[1:0]	
	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W

00 : 无
01 : 下拉
10 : 上拉
11 : 无

PINSET2 地址= F2H 复位值 = 0xAAH

引脚 I/O 设置寄存器 2

位	CH0PSET[1:0]		CH1P SET[1:0]		CH2SET[1:0]		CH3SET[1:0]	
	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W

00 : 无
01 : 下拉
10 : 上拉
11 : 无

PINSET3 地址= F3H 复位值 = 0x0AH

引脚 I/O 设置寄存器 3

位	XSET[1:0]		USET[1:0]		XTALO SET[1:0]		XTALI SET[1:0]	
	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W

00 : 无
01 : 下拉
10 : 上拉
11 : 无

PINSET4 地址= F4H 复位值 = 0x00H

引脚 I/O 设置寄存器 4

位	ZSET[1:0]		WSET[1:0]		YSET[1:0]		VSET[1:0]	
	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W

00 : 无

01 : 下拉

10 : 上拉

11 : 无

PINSET5 地址= F5H 复位值 = 0x80H

引脚 I/O 设置寄存器 5

位	OCPNSET[1:0]		CH1N SET[1:0]		CH0N SET [1:0]		AOCPSET[1:0]	
	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W

00 : 无

01 : 下拉

10 : 上拉

11 : 无

PINSET6 地址= F6H 复位值 = 0x0AH

引脚 I/O 设置寄存器 6

位	IIC_SCLSET[1:0]		IIC_SDASET[1:0]		RXSET[1:0]		TXSET [1:0]	
	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W

00 : 无

01 : 下拉

10 : 上拉

11 : 无

PINSET7 地址= F7H 复位值 = 0xB0H

引脚 I/O 设置寄存器 7

位	MDES	----	OCPNDBT[1:0]		FGSET4[1:0]		IPWMSET[1:0]	
	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W

MDES

0 : U、V、W、X、Y、Z 是 GPIO 模式

1: U、V、W、X、Y、Z 是 SVPWM 模式 (ADC CH0& CH1 自动转速)

MDES=1, 引脚设置必须为推挽输出模式。 **(PINSET3 [7:4] and PINSET4 [7:0])**

OCPNDBT (数字 OCPN 去抖时间)

00 : 0nS

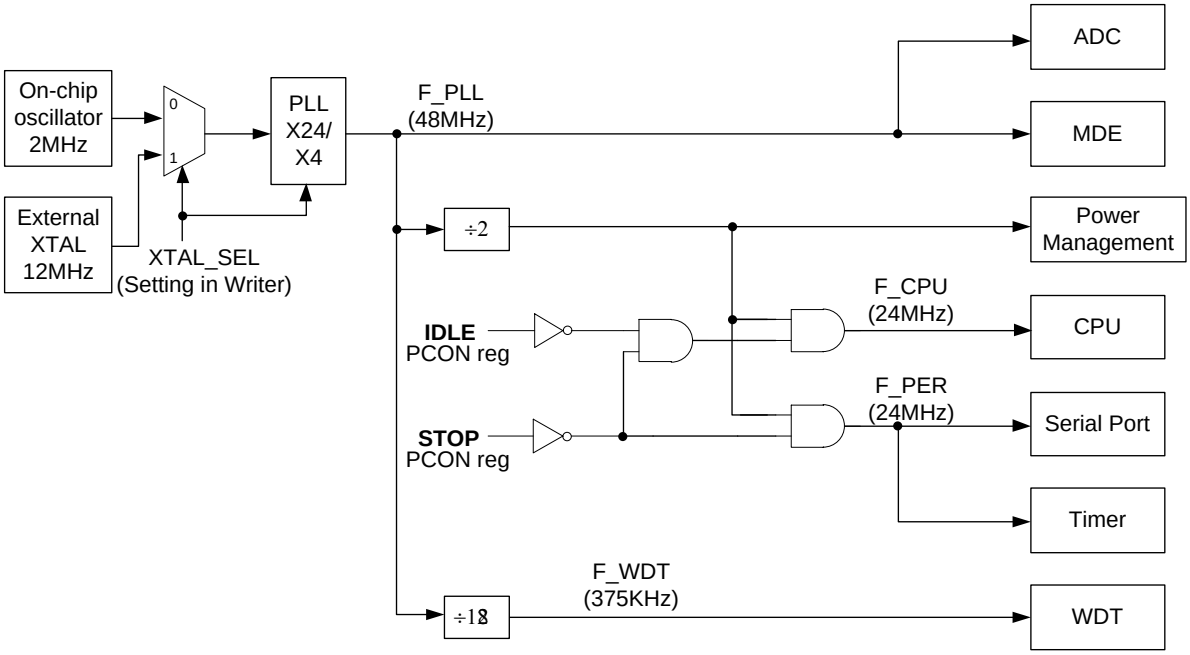
01 : 250nS

10 : 500nS

11 : 1000nS

15.3. 时钟结构

设备时钟源可以选择外部或者内部。外部晶振(12MHz)接在引脚 **XTALI** 和 **XTALO**，内部时钟源(片上晶振)为 2MHz。在烧录程序之前由烧录器选择是内部或外部时钟源。



15.4. 定时器

CGF002A 有三个 16 位定时/计数寄存器:**Timer0**, **Timer1** 和 **Timer2**。所有这些都可以配置为计数器，或定时器操作。除了“定时器”或“计数器”的选择，**Timer0** 和 **Timer1** 有四种工作模式可供选择，通过在 **TMOD** 中的位(**M1, M0**)来选择的。模式 0、1 和 2 对于这两个定时/计数器是相同的。模式 3 就不同了。

	Timer0	**Timer1**	**Timer2**
模式 0	13 位定时/计数器	13 位定时/计数器	13 位定时/计数器
模式 1	16 位定时/计数器	16 位定时/计数器	16 位定时/计数器
模式 2	8 位自动重载 定时/计数器	8 位自动重载 定时/计数器	8 位自动重载 定时/计数器
模式 3	两个独立的 8 位定时/计数器	停止	8 位定时/计数器

两个特殊功能寄存器(**TMOD** 和 **TCON**)用于选择合适的模式。

SFR	**描述**	**地址**	**复位值**
PFCON	外设频率控制寄存器	D1H	00H
TMOD	Timer0/1模式寄存器	89H	00H
TCON	Timer0/1控制寄存器	88H	00H
T2CON	Timer2控制寄存器	C8H	00H
TH0	Timer0高字节	8CH	00H
TL0	Timer0低字节	8AH	00H
TH1	Timer1高字节	8DH	00H
TL1	Timer1低字节	8BH	00H
TH2	Timer2高字节	B5H	00H
TL2	Timer2低字节	B4H	00H

15.4.1. PFCON (外设频率控制寄存器)

PFCON 地址= D1H 复位值 = 0x00H

外设频率控制寄存器

位	-----	-----	SRELPS[1:0]		T1PS[1:0]		T0PS[1:0]	
	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	X	X	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W

SRELPS[5:4]	串口 (UART)预分频选择 : 00 :F_PER/64 01 :F_PER/32 10 :F_PER/16 11 :F_PER/8
T1PS[3:2]	Timer1(T1) 预分频选择: 00 :F_PER/12 01 :F_PER 10 :F_PER/96 11 :-----
T0PS[1:0]	Timer0(T0) 预分频选择: 00 :F_PER/12 01 :F_PER 10 :F_PER/96 11 :-----

15.4.2. TMOD (定时器 0/1 模式寄存器)

TMOD 寄存器用于配置 MCU 的 **Timer0** 和 **Timer1** 。

TMOD 地址= 89H 复位值 = 0x00H

Timer 0/1 模式寄存器

位	GATE1	C/T1	T1M1	T1M0	GATE0	C/T0	T0M1	T0M0
	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W

GATE1 [7]	Timer1 门控制: 如果置 1，使能计数器 1 的外部门控制(引脚 **INT1N**)。当 **INT1N** 为高，并且 TR1 置 1 时，计数器 1 在 **INT1N** 输入引脚上的每个下降沿递增
C/T1 [6]	Timer1 计数/定时器选择: 0 : 定时器 1 : 计数器
GATE0 [3]	Timer 0 门控制: 如果置 1，使能计数器 0 的外部门控制(引脚 **INT0N**)。当 **INT0N** 为高，并且 TR0 置 1 时，计数器 0 在 **INT0N** 输入引脚上的每个下降沿递增
C/T0 [2]	Timer0 计数/定时器选择: 0 : 定时器 1 : 计数器

T1M1 /T0M1	T1M0 /T0M0	模式	功能
0	0	模式 0	13 位计数/定时器,使用 TL0 (TL1)寄存器的低 5 位和 TH0 (TH1)寄存器的 8 位(分别用于 Timer0 和 Timer1). 当模式 0 使能时，TL0 (TL1)的高 3 位为零。(没有自动重载)
0	1	模式 1	16 位计数/定时器. (没有自动重载)
1	0	模式 2	8 位自动重载定时器. 重载值保存在 TH0 (TH1)中，而 TL0 (TL1)在每个时钟周期中递增。溢出时从 TH0 (TH1)重新加载。
1	1	模式 3	Timer1: Timer1 是停止的 Timer0: Timer0 作为两个独立的 8 位定时/计数器- TL0, TH0。(没有自动重载)

15.4.3. TCON (定时器 0/1 控制寄存器)

TCON 寄存器用于控制这些模块的运行。**CGF002A** 包括两个外部数字中断源 **INT0N** 和 **INT1N**，并具有专用中断源。**INT0N**、**INT1N** 可配置为下降沿、低电平。**TCON** 中的 **IT0** 和 **IT1** 位选择电平触发或边沿触发。**TCON** 寄存器中的 **IE0** 和 **IE1** 分别作为 **INT0N** 和 **INT1N** 外部中断的触发标志。

TCON 地址= 88H 复位值 = 0x00H

Timer 0/1 控制寄存器

位	TF1	TR1	TF0	TR0	IE1	IT1	IE0	IT0
	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W

TF1	Timer1 溢出标志位: 当 Timer1 溢出时由硬件置位。这个标志可以被软件清除，并且在中断处理时自动清除。
TR1	Timer1 运行控制位: 0 : 停止 1 : 运行
TF0	Timer0 溢出标志位: 当 Timer0 溢出时由硬件置位。这个标志可以被软件清除，并且在中断处理时自动清除。
TR0	Timer0 运行控制位: 0 : 停止 1 : 运行
IE1	外部中断 1 标志位: 当外部中断(**INT1N**)触发时，由硬件置位。处理中断时由硬件清除。
IT1	外部中断 1 类型控制: 0 : 外部中断 1 在输入引脚低电平时被触发 1 : 外部中断 1 在输入引脚下降沿时被触发
IE0	外部中断 0 标志位: 当外部中断(**INT0N**)触发时，由硬件置位。处理中断时由硬件清除。
IT0	外部中断 0 类型控制: 0 : 外部中断 0 在输入引脚低电平时被触发 1 : 外部中断 0 在输入引脚下降沿时被触发

当调用相应的中断服务程序时，硬件会自动清零 **TF0**、**TF1** (Timer0 和 Timer1 溢出标志)、**IE0** 和 **IE1**(外部中断 0 和 1 标志)。

15.4.4. T2CON (Timer2 控制寄存器)

T2CON 用来控制 **Timer2** 运行/停止,模式,预分频。

T2CON 地址= C8H 类型 = 0x00H

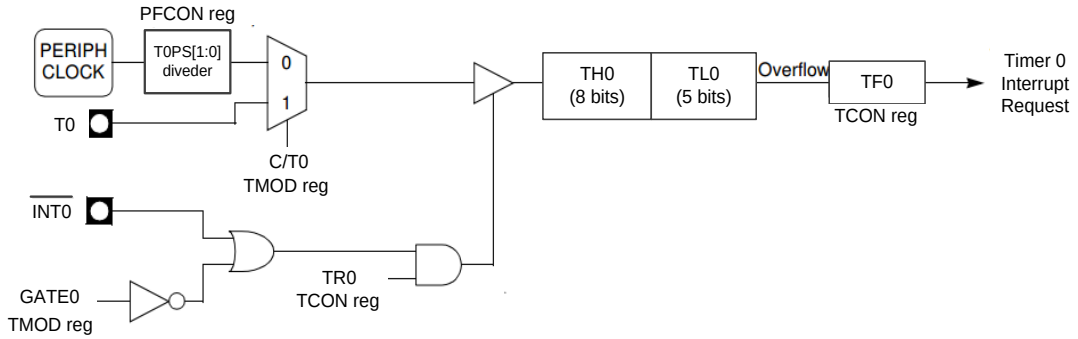
Timer2 控制寄存器

位	-----	-----	TF2	TR2	T2M1	T2M0	T2PS1	T2PS0
	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	X	X	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W

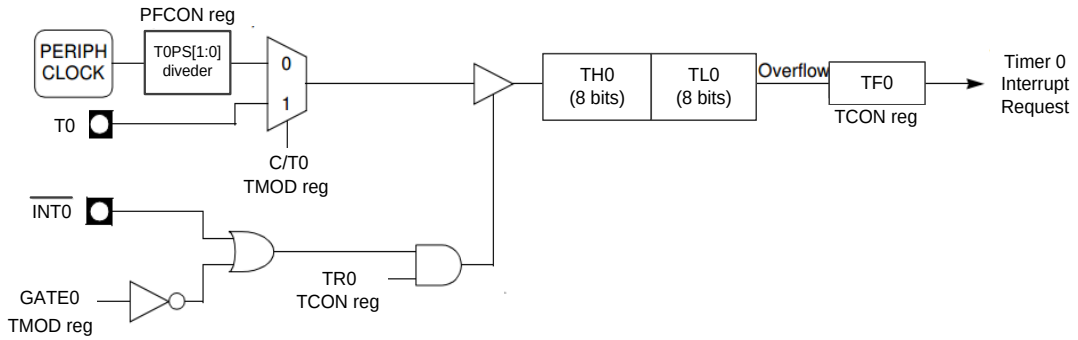
TF2	Timer2 溢出标志位: 当 Timer2 溢出时由硬件置位。这个标志可以被软件清除，并且在中断处理时自动清除。

TR2	Timer2 运行控制: 0 : 停止 1 : 运行		
T2PS[1:0]	Timer2(T2)预分频: 00 :F_PER/12 01 : F_PER 10 : F_PER/96 11 :-----		
T2M1	T2M0	模式	功能
0	0	模式 0	13 位定时器,使用 TL2 寄存器的低 5 位和 TH2 寄存器的 8 位。(没有自动重载)
0	1	模式 1	16 位定时器. (没有自动重载)
1	0	模式 2	8 位自动重载定时器. 重载值保存在 TH2 中，而 TL2 在每个时钟周期中递增。溢出时从 TH2 重新加载
1	1	模式 3	8 位定时器. (没有自动重载)

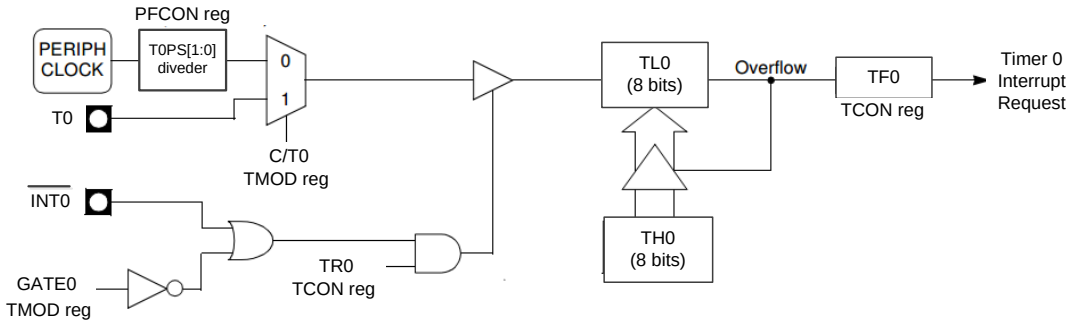
15.4.5. Timer0 模式 0



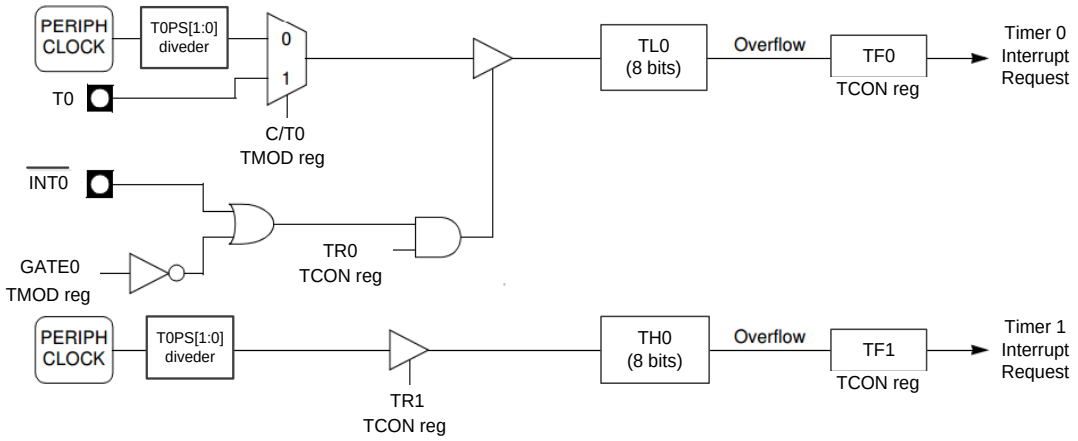
15.4.6. Timer0 模式 1



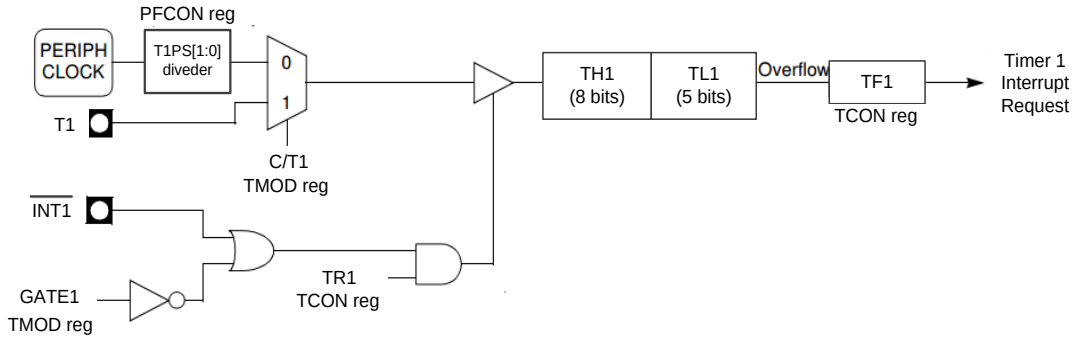
15.4.7. Timer0 模式 2



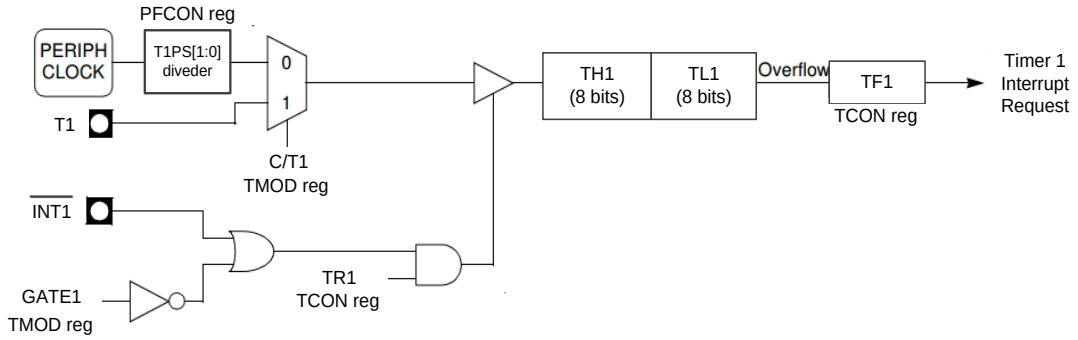
15.4.8. Timer0 模式 3



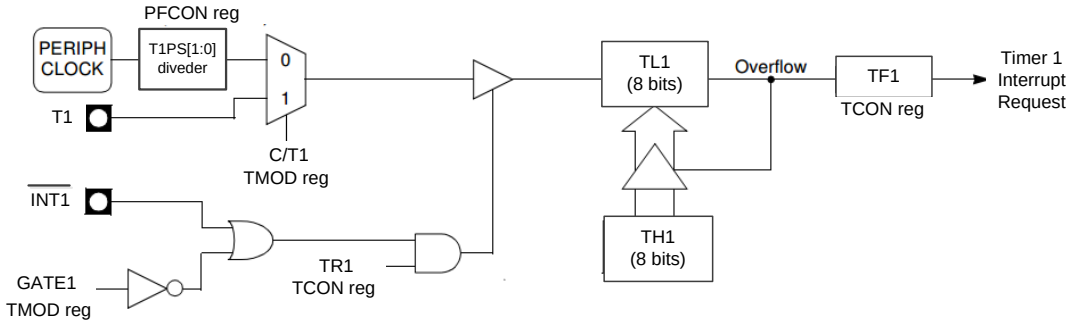
15.4.9. Timer1 模式 0



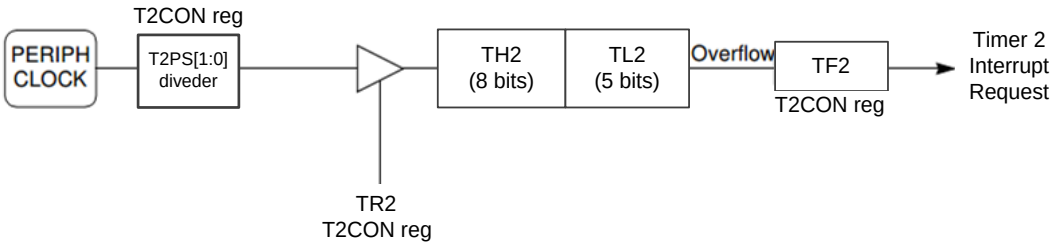
15.4.10. Timer1 模式 1



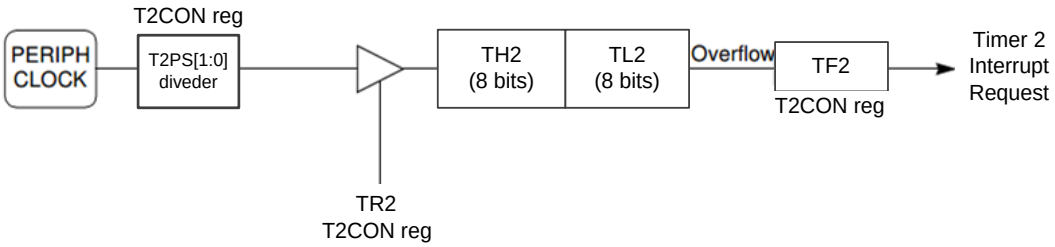
15.4.11. Timer1 模式 2



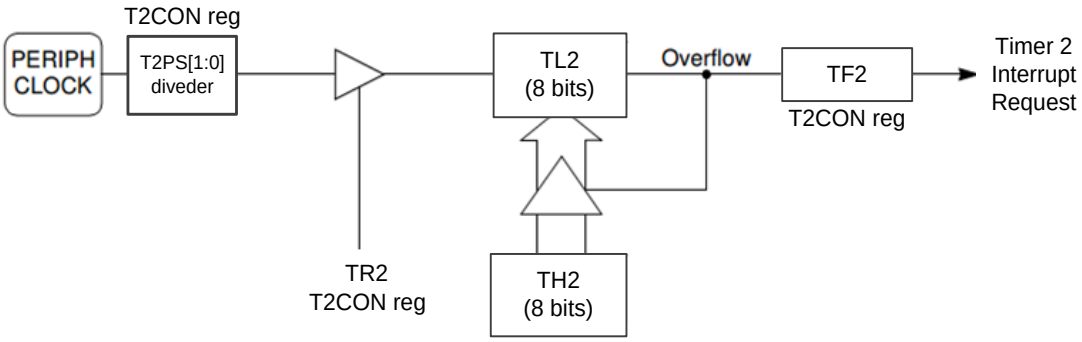
15.4.12. Timer2 模式 0



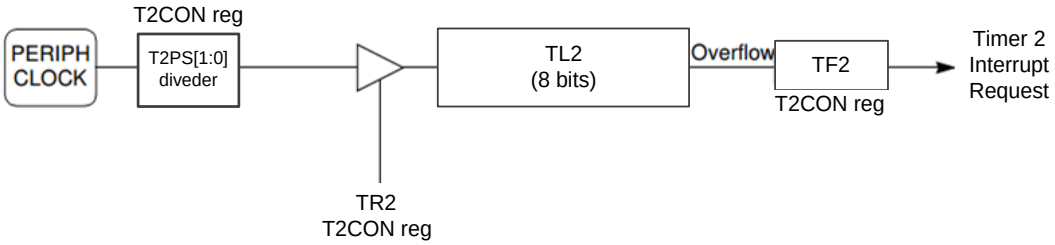
15.4.13. Timer2 模式 1



15.4.14. Timer2 模式 2

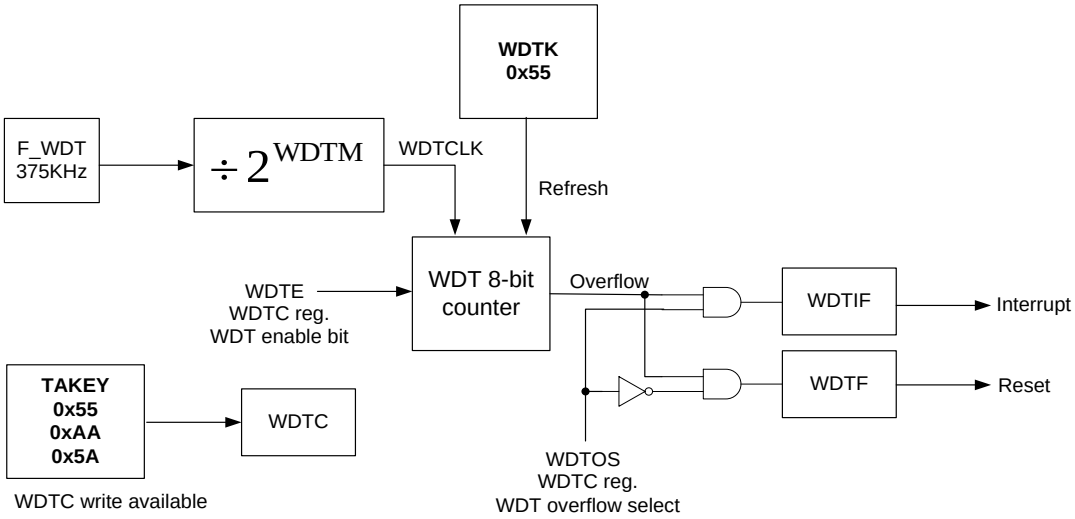


15.4.15. Timer2 模式 3



15.5. 看门狗定时器

看门狗定时器(**WDT**)是一个 8 位独立计数器，当它溢出时产生复位信号或中断(**WDTC**.6)。它可以帮助应用软件从异常状态中恢复。**WDT** 独立于 **Timer0**、**Timer1** 或 **Timer2**。**F_WDT** 是 375KHz，它来自片上 RC 振荡器。



WDT 方框图

WDTCLK = F_WDT x 1 / 2^{WDTM}

WDT (8-bit counter) overflow time = 256 / WDTCLK

SFR	**描述**	**地址**	**复位值**
RSTS	复位源寄存器	FEH	0AH
TAKEY	定时器访问秘钥寄存器	FFH	00H
WDTC	看门狗定时器控制寄存器	B6H	04H
WDTK	看门狗定时器刷新秘钥	B7H	00H

RSTS 复位源寄存器	地址= FEH					复位值 = 0x0AH		
位	-----	-----	-----	WDTRF	PINRF[1:0]		PORF[1:0]	
	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	X	X	X	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W

WDTRF	看门狗复位标志位 如果看门狗复位导致系统复位，则该标志位置 1。
PINRF[1:0]	RSTN 引脚复位标志 如果 RSTN 引脚导致系统复位，则该标志位为 10b。 由软件清零。
PORF[1:0]	POR 复位标志 如果 POR 导致系统复位，则该标志位为 10b 由软件清零。

15.5.1. WDTC (看门狗定时器控制寄存器)

WDTC 看门狗定时器控制寄存器	地址= B6H					复位值 = 0x04H		
位	-----	WDTOS	WDTE	-----	WDTM[3:0]			
	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	X	R/W	R/W	X	R/W	R/W	R/W	R/W

WDTOS	看门狗定时器溢出功能选择: 0 :当 WDT 溢出时，使能 WDT 复位. 1 :当 WDT 溢出时，使能 WDT 中断
WDTE	看门狗定时器使能 : 0 : 禁止 WDT. 1 : 使能 WDT.
WDTM[3:0]	WDT时钟分频: WDTCLK = 375KHz x 1 / 2^{WDTM} (默认是 375K / 16)

15.5.2. TAKEY (定时器访问秘钥寄存器)

TAKEY	地址= FFH	复位值 = 0x00H
定时器访问秘钥寄存器		

位	TAKEY[7:0]							
	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W

WDTC 默认是仅读的，必须写入三个特定的值 55H, AAH 和 5AH 到 TAKEY 使 WDTC 可写。
顺序如下：
MOV TAKEY, #55h
MOV TAKEY, #AAh
MOV TAKEY, #5Ah

15.5.3. WDTK (看门狗定时器刷新密钥)

WDTK	地址= B7H	复位值 = 0x00H
看门狗定时器刷新密钥		

位	WDTK[7:0]							
	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W

为了清零看门狗定时器，应用程序必须将 0x55 写入 WDTK 寄存器。

例如，使能看门狗，超时复位周期为 5.461ms。

按以下顺序:
MOV TAKEY, #55h
MOV TAKEY, #AAh
MOV TAKEY, #5Ah ; 让 WDTC 可写.
MOV WDTC, #23h ; WDTM [3:0] = 0111b. WDTE =1 来使能 WDT.
MOV WDTK, #55h ;刷新 WDT.

15.6. 串口 (UART)

串口提供灵活的全双工同步/异步接收/发送器，称为 **UART**。通过配置 **SFRs** 中的波特率，可以设置通信速率。两个串行缓冲器由两个独立的寄存器组成，一个发送缓冲器和一个接收缓冲器。向 SFR **SBUF** 写入数据，将数据传输到串行输出缓冲区，并开始传输。从 **SBUF** 读取，从串行接收缓冲区读取数据。串口可以同时发送和接收数据。它还可以在接收端缓冲 1 个字节，防止 CPU 在第一个字节传输完成之前读取第二个字节，从而防止接收数据丢失。

SFR	**描述**	**地址**	**复位值**
AUX	辅助寄存器	8EH	11H
PFCON	外设频率控制寄存器	D1H	00H
SCON	串口控制寄存器	98H	00H
SBUF	串口数据缓冲器	99H	00H
SRELH	串口重载寄存器高字节	9BH	00H
SRELL	串口重载寄存器低字节	9AH	00H

AUX 辅助寄存器	地址= 8EH					复位值 = 0x11H		
位	LVD_EN	LVD	-----	ITS	SMOD	BRS	DPS	CP
	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	R/W	R	X	R/W	R/W	R/W	R/W	R

LVD_EN	低电压侦测使能 : 1: 使能
LVD	低电压侦测状态 : 1: 发生低电压
ITS	MCU 指令时间选择. : 0:1T 1:2T
SMOD	串口(UART) 波特率选择
BRS	串口(UART) 波特率发生器选择
DPS	数据指针寄存器选择： 0 : 选择 DPTR 寄存器是 DP0H, DP0L 1 : 选择 DPTR 寄存器是 DP1H, DP1L
CP	代码保护: 0: 无保护 1: 保护

PFCON 地址= D1H 复位值 = 0x00H

外设频率控制寄存器

位	-----	-----	SRELPS[1:0]		T1PS[1:0]		T0PS[1:0]	
	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	X	X	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W

SRELPS[1:0]	串口 (UART)预分频选择: 00 :F_PER/64 01 :F_PER/32 10 :F_PER/16 11 :F_PER/8
T1PS[1:0]	Timer1(T1) 预分频选择: 00 :F_PER/12 01 :F_PER 10 :F_PER/96 11 :-----
T0PS[1:0]	Timer0(T0) 预分频选择: 00 : F_PER/12 01 : F_PER 10 : F_PER/96 11 :-----

15.6.1. SCON (串口控制寄存器)

SCON 寄存器控制串口(**UART**)功能。

SCON 串口控制寄存器　　地址= 98H　　复位值 = 0x00H

位	SM0	SM1	SM2	REN	TB8	RB8	TI	RI
	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W

SM0	SM1	模式	描述	波特率	
0	0	模式 0	移位寄存器	F_PER/12	
0	1	模式 1	8 位 UART	可变	
1	0	模式 2	9 位 UART	取决于 SMOD (AUX.3)	
				SMOD	波特率
				0	F_PER/64
				1	F_PER/32
1	1	模式 3	9 位 UART	可变	

SM2	多主机通信使能
REN	串口接收使能: 0 : 禁止串口接收. 1 : 使能串口接收
TB8	传送位 8 : 该位在模式 2 和 3 中通过串口传输数据时使用。此位的状态与第 9 个传输位的状态相对应(例如奇偶校验或多处理器通信)。它是由软件控制的。
RB8	接收位 8 ： 该位在模式 2 和模式 3 中通过串口 0 接收数据时使用。它反映了收到的第 9 位的状态。 在模式 1 中，如果启用了多处理器通信(sm2 = 0)，这个位就是接收到的停止位。 在模式 0 中，这个位不被使用。
TI	发送中断标志:(串行传输的完成) 它由硬件在模式 0 中设置在第 8 位的末尾，在其他模式中设置在停止位的开头。必须通过软件进行清除。
RI	接收中断标志:(必须由软件清除。) 它是在串口 0 上完成串行接收后由硬件置位的。 它由硬件在模式 0 中设置在第 8 位的末尾，在其他模式中设置在停止位的中间。

串口工作在模式 1 或模式 3:

当 BRS = 0 (AUX.2)

TIPS[1:0] = 00b

$$\text{Baud rate}=\frac{2^{SMOD}}{32\times(256-TH1)}\times\frac{F_PER}{12}$$

TIPS[1:0] = 01b

$$\text{baud rate}=\frac{2^{SMOD}}{32\times(256-TH1)}\times F_PER$$

TIPS[1:0] = 10b

$$\text{baud rate}=\frac{2^{SMOD}}{32\times(256-TH1)}\times\frac{F_PER}{96}$$

当 BRS = 1 (AUX.2)

SRELPS[1:0] = 00b

$$\text{baud rate}=\frac{2^{SMOD}}{2^{10}-SREL[H,L]}\times\frac{F_PER}{64}$$

SRELPS [1:0] = 01b

$$\text{baud rate}=\frac{2^{SMOD}}{2^{10}-SREL[H,L]}\times\frac{F_PER}{32}$$

SRELPS [1:0] = 10b

$$\text{baud rate}=\frac{2^{SMOD}}{2^{10}-SREL[H,L]}\times\frac{F_PER}{16}$$

SRELPS [1:0] = 11b

$$\text{baud rate}=\frac{2^{SMOD}}{2^{10}-SREL[H,L]}\times\frac{F_PER}{8}$$

15.6.2. SBUF (串口数据缓存)

向该寄存器写入数据将数据设置在串行输出缓冲区中，并通过串口开始传输。从 **SBUF** 读取，从串行接收缓冲区读取数据。

SBUF 串口数据缓存	地址= 99H					复位值 = 0x00H		
	SBUF[7:0]							
位	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W

15.6.3. SREL (串口重载寄存器)

串口重载寄存器用于串口波特率的生成。只使用 10 位，其中 **SRELL** 中的 8 位作为低位，**SRELH** 中的 2 位 (SRELH.1, SRELH.0)作为高位。

SRELL 串口重载寄存器低字节	地址= 9AH					复位值 = 0x00H		
	SREL[7:0]							
位	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W

SRELH 串口重载寄存器高字节	位置= 9BH					复位值 = 0x00H		
	-----	-----	-----	-----	-----	-----	SREL.9	SREL.8
位	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	X	X	X	X	X	X	R/W	R/W

15.7. 电源管理

电源控制寄存器 (**PCON**) 用于控制 **CGF002A** 的 **STOP** 和 **IDLE** 电源管理模式。

PCON	地址= 87H					复位值 = 0x00H		
电源控制寄存器								
位	-----	-----	-----	-----	-----	-----	STOP	IDLE
	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	X	X	X	X	X	X	R/W	R/W

STOP [1]	Stop 模式位. 此位置位将激活 STOP 模式操作 (读取为 0)
IDLE [0]	Idle 模式位 此位置位将激活 IDLE 模式操作(读取为 0)

15.7.1. STOP 模式

置位 **STOP** 模式选择位(**PCON.1**)会使控制器核心在置位的指令执行完成后立即进入 **STOP** 模式。**在 STOP 模式下，CPU、GPIO、UART 和定时器停止，但 ADC、MDE 和 WDT 仍然工作。**
STOP 模式可以通过内部或外部复位终止。复位时，设备执行正常的复位顺序，并从地址 0x0000 开始执行程序。
使能的中断被触发将导致 **STOP** 模式选择位(**PCON**.1)被清零，CPU 恢复运行。

15.7.2. IDLE 模式

置位 **IDLE** 模式选择位(**PCON**.0)会导致硬件停止 CPU 并在置位的指令执行完后立即进入 **IDLE** 模式。
IDLE 模式下只有 CPU 处于停止状态。所有的内部寄存器和存储器都保留原始数据。
IDLE 模式可以通过内部或外部复位来终止。复位时，设备执行正常的复位顺序，并从地址 0x0000 开始执行程序。
使能的中断被触发将导致 **IDLE** 模式选择位(**PCON**.0)被清零，CPU 恢复运行。

15.8. 复位

复位逻辑用于将设备置于已知状态。
CGF002A 提供上电复位标志、外部复位 **RSTN** 标志和看门狗复位标志来监控复位状态。可以监控复位源。

15.8.1 RSTS (复位源寄存器)

RSTS 复位源寄存器	地址= FEH						复位值 = 0x0AH	
位	-----	-----	-----	WDTRF	PINRF[1:0]		PORF[1:0]	
	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	X	X	X	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W

WDTRF [4]	看门狗复位标志位 如果看门狗复位导致系统复位，则该标志位置 1。
PINRF [3:2]	RSTN 引脚复位标志 如果 RSTN 引脚导致系统复位，则该标志位为 10b。 由软件清零。
PORF [1:0]	POR 复位标志 如果 POR 导致系统复位，则该标志位为 10b 由软件清零。

15.9. 中断控制器

ISR -中断服务程序单元，是一个负责中断处理的子组件。它接收多达 14 个中断请求。每个中断源都有自己的请求标志，它位于一个中断源设备中。没有中断请求标志直接位于 **ISR** 中。所有的中断都是由相应的高电平输入请求到 **ISR**。每个中断源都可以通过 **IEN0, IEN1** SFR 寄存器中相应的使能标志来启用或禁用。此外，所有中断可以通过 **IEN0** SFR 中的 **EA** 标志全局启用或禁用。所有中断源分为 6 个中断组。每个中断组可以有四个指定的中断优先级级别之一。中断优先级由位于 **IP0** 和 **IP1** SFR 寄存器中的标志定义。

中断号 (用于 Keil C)	中断向量地址	中断请求标志位
0	0003H	IE0 – 外部中断 0
1	000BH	TF0 – Timer0 中断
2	0013H	IE1 – 外部中断 1
3	001BH	TF1 – Timer1 中断
4	0023H	SPIF(TI, RI)– 串口中断
5	002BH	TF2 – Timer2 中断
6	0033H	-----
7	003BH	-----
8	0043H	OCPSIF – OCP 短路中断
9	004BH	ADCIF –ADC 中断
10	0053H	MPWMMINIF–MPWM MIN 中断
11	005BH	MPWMMAXIF–MPWM MAX 中断
12	0063H	IICIF – IIC 中断
13	006BH	LVDIF – 低电压侦测中断
14	0073H	WDTIF – 看门狗中断
15	007BH	CAPTUREIF – 捕获中断

表 15.9.1 中断向量

组优先级	中断组	组里最高优先级		组里最低优先级
最高	组 0	LVDIF	IE0	-----
	组 1	WDTIF	TF0	-----
	组 2	OCPSIF	ADCIF	IE1
	组 3	MPWMMINIF	MPWMMAXIF	TF1
	组 4	IICIF	SPIF(TI, RI)	-----
最低	组 5	CAPIF	TF2	-----

表 15.9.2 中断优先级组

SFR	描述	地址	复位值
IEN0	中断使能寄存器0	A8H	00H
IEN1	中断使能寄存器1	B8H	00H
IRCON1	中断请求寄存器1	C0H	00H
IP0	中断优先级寄存器0	A9H	00H
IP1	中断优先级寄存器1	B9H	00H

15.9.1. IEN0 (中断使能寄存器 0)

IEN0 地址= A8H 复位值 = 0x00H

中断使能寄存器 0

位	EA	-----	ET2	ESP	ET1	EX1	ET0	EX0
	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	R/W	X	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W

EA [7]	中断使能: 0 :禁止所有中断. 1 :使能中断.
ET2 [5]	Timer2 中断使能: 0 :禁止 Timer2 溢出中断. 1 :当 EA = 1, 使能 Timer2 溢出中断.
ESP [4]	串口中断使能: 0 :禁止串口中断. 1 :当 EA = 1, 使能串口中断.
ET1 [3]	Timer1 中断使能: 0 :禁止 Timer1 溢出中断. 1 :当 EA = 1, 使能 Timer1 溢出中断.
EX1 [2]	外部中断 1 使能: 0 :禁止外部中断 1. 1 :当 EA = 1, 使能外部中断 1.
ET0 [1]	Timer0 中断使能: 0 :禁止 Timer0 溢出中断. 1 :当 EA = 1, 使能 Timer0 溢出中断.
EX0 [0]	外部中断 0 使能: 0 :禁止外部中断 0. 1 :当 EA = 1, 使能外部中断 0.

15.9.2. IEN1 (中断使能寄存器 1)

IEN1 中断使能寄存器 1 — 地址= B8H — 复位值 = 0x00H

位	CAPIE	WDTIE	LVDIE	IICIE	MPWMMAXIE	MPWMMINIE	ADCIE	OCPSIE
	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W

CAPIE [7]	捕获中断使能: 0 : 禁止捕获中断. 1 : 当 EA = 1,使能捕获中断.
WDTIE [6]	看门狗中断使能: 0 :禁止 WDT 中断. 1 :当 EA = 1 并且 WDTOS = 1, 使能 WDT 溢出中断.
LVDIE [5]	LVD (低电压侦测) 中断使能: 0 :禁止 LVD 中断. 1 :当 EA = 1, 使能 LVD 中断.
IICIE [3]	IIC中断使能: 0 : 禁止IIC中断 1 : 当EA = 1, 使能IIC中断.
MPWMMAXIE [3]	MPWM MAX 中断使能: 0 :禁止 MPWM MAX 中断. 1 :当 EA = 1, 使能 MPWM MAX 中断.
MPWMMINIE [2]	MPWM MIN 中断使能: 0 :禁止 MPWM MIN 中断 . 1 :当 EA = 1, 使能 MPWM MIN 中断.
ADCIE [1]	ADC中断使能: 0 : 禁止ADC中断. 1 : 当EA = 1, 使能ADC中断.
OCPSIE [0]	OCP (过流保护) 短路中断使能: 0 : 禁止OCP短路中断. 1 : 当EA = 1,使能OCP短路中断

15.9.3. IRCON1 (中断请求寄存器 1)

IRCON1 中断请求寄存器 1		地址= C0H				复位值 = 0x00H		
位	CAPTUREIF	WDTIF	LVDIF	IICIF	MPWMMAXIF	MPWMMINIF	ADCIF	OCPSIF
	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W

CAPTIF[7]	捕获中断 (计数器溢出和上升沿触发) flag.
WDTIF[6]	看门狗中断标志位.
LVDIF[5]	LVD (低电压侦测) 中断标志位.
IICIF[4]	IIC中断标志
MPWMMAXIF[3]	MPWM MAX 中断标志位.
MPWMMINIF[2]	MPWM MIN 中断标志位.
ADCIF[1]	ADC中断标志位.
OCPSIF[0]	OCP短路中断标志.

15.9.4. IP (中断优先级寄存器)

14 个中断源被分成 6 个优先级组。对于每一个组，可以从四个优先级别中选择一个。它是通过在 **IP0** 和 **IP1** 寄存器中设置适当的值来实现的。中断优先级寄存器的内容根据下表定义了每个中断源的优先级级别。

IP0 地址= A9H 复位值 = 0x10H

中断优先级寄存器 0

位	-----	-----	G5IP0	G4IP0	G3IP0	G2IP0	G1IP0	G0IP0
	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	X	X	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W

G5IP0[5]	组 5 中断优先级位 0
G4IP0[4]	组 4 中断优先级位 0
G3IP0[3]	组 3 中断优先级位 0
G2IP0[2]	组 2 中断优先级位 0
G1IP0[1]	组 1 中断优先级位 0
G0IP0[0]	组 0 中断优先级位 0

IP1 地址= B9H 复位值 = 0x00H

中断优先级寄存器 1

位	-----	-----	G5IP1	G4IP1	G3IP1	G2IP1	G1IP1	G0IP1
	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	X	X	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W

G5IP1[5]	组 5 中断优先级位 1
G4IP1[4]	组 4 中断优先级位 1
G3IP1[3]	组 3 中断优先级位 1
G2IP1[2]	组 2 中断优先级位 1
G1IP1[1]	组 1 中断优先级位 1
G0IP1[0]	组 0 中断优先级位 1

		Group x	
级别	**优先级**	IP1[GxIP1]	IP0 [GxIP0]
Level 0	最低	0	0
Level 1		0	1
Level 2		1	0
Level 3	最高	1	1
x : 0~5			

16.10 位模数转换 (ADC)

CGF002A 提供 8 路 10 位 ADC。转换的结果在 ADCD[9:0]中。 当 IC 被视为无感 FOC 电机控制器时，ADC 通道 0 和通道 1 是自动转换的，然后 ADC 自动转换的时间点与临时寄存器 FOCCONT[2]有关。在正常使用情况下，ADC 转换的时序图如图 16.1 所示。ADC SFR 列表请参阅表 16.1。

SFR	**描述**	**地址**	**复位值**
ADCCONT	ADC控制寄存器	C2H	83H
ADCDLY	ADC采样延时(用于CH0&CH1)	C5H	33H
ADCSTR	ADC开始转换和设置寄存器	C1H	00H
ADCD1	ADC数据寄存器1	C3H	00H
ADCD2	ADC数据寄存器2	C4H	00H
ADCOS_L	ADC偏移寄存器低字节	C9H	00H
ADCOS_H	ADC偏移寄存器高字节	CAH	02H

表 16.1 : ADC SFR 列表

16.1. ADCCONT (ADC 控制寄存器)

当 ADC 在正常情况下使用时，转换时序图如图 16.1.1 所示，其中 ADC 输入通道、ADC 时钟、ADC 采样和保持时间以及 ADC 转换完成后的 10 位输出数据（见表 16.4.1）在 ADCCONT SFR 中设置了高位和低位的顺序设置（见图 16.1.1 和表 16.1.1）；
此外，ADC 采样和保持时钟设置在 ADCSTR 寄存器的位[7:6]（SHCKS）中（见表 16.2.1）。当所有 ADC 参数都设置好后，在 ADCSTR 寄存器的 bit[0]处填写“1”，ADC 将开始采样和转换。

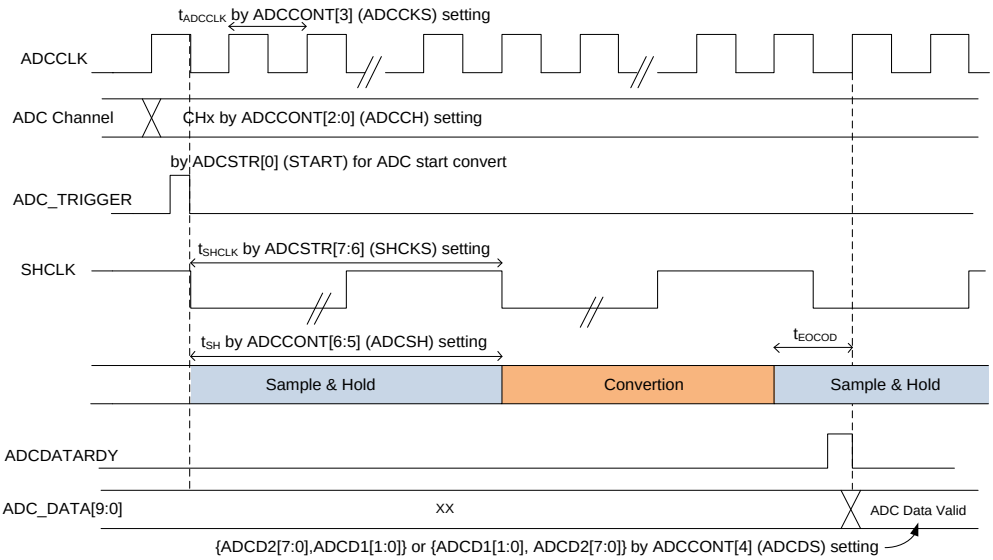


图 16.1.1 ADC 转换时序

ADCCONT ADC 控制寄存器	地址= C2H					复位值 = 0x80H		
位	ADCPD	ADCSH[1:0]		ADCDS	ADCCKS	ADDCH[2:0]		
	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W

ADCPD [7]	ADC掉电控制寄存器： 0 : 正常 1 : 掉电
ADCSH [6:5]	ADC采样和保持时间: (基于SHCLK) 00 : 1 clock 01 : 2 clock 10 : 3 clock 11 : 4 clock
ADCDS [4]	ADC数据选择：

	MSB	10位结果			LSB
0 :	ADCD2[7:0]			ADCD1.1	ADCD1.0
1 :	ADCD1.1	ADCD1.0	ADCD2[7:0]		

ADCCKS [3]	ADC转换时钟选择: (ADCCLK) 0 : 24MHz 1 : 12MHz
ADCCH [2:0]	ADC转换通道选择: 000 :CH0 100 :CH4 001 :CH1 101 :CH5 010 :CH2 110 :CH6 011 : CH3 111 : CH7

表 16.1.1 ADC 控制寄存器

16.2. ADCSTR (ADC 开始转换和设置寄存器)

如前一节所述，在 ADC 正常使用的情况下，当所有 ADC 参数都设置好，并且 ADC 寄存器的 bit[0]中填充了“1”时，ADC 将开始采样和转换。当用作电机驱动器时，只有 CH0 和 CH1 可以被放大，在 ADCSTR 的位[5:4]（OPAGAIN，见表 16.2.1）中设置，并且 CH0 和 CH1 由 MDE 硬件按顺序自动转换为相电流；ADC 的 CH2~CH7 只有在 CH0 和 CH1 转换后才能使用，此时的 OPAGAIN 固定为 1 倍。当用作电机驱动器时，ADC CH0 和 CH1 电流采样框图如图 16.2.1 所示。

ADCSTR ADC 开始转换和设置寄存器			地址= C1H				复位值 = 0x00H	
位	SHCKS[1:0]		OPAGAIN		BUSY	-----		START
	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	R/W	R/W	R/W	R/W	R	X	X	W

SHCKS [7:6]	ADC采样和保持时钟选择: (SHCLK) 00 : 6MHz 01 : 3MHz	 10 : 2.4MHz 11 : 2MHz
OPAGAIN [5:4]	OPA倍数 00 : 1 01 : 2.5	 10 : 5 11 : 10
BUSY [3]	ADC转换忙标志位: 0 : ADC转换完成 1 : ADC转换忙	
START [0]	ADC开始转换寄存器: (仅写1) 1 : ADC 开始转换	

表 16.2.1 ADC 开始转换和设置寄存器

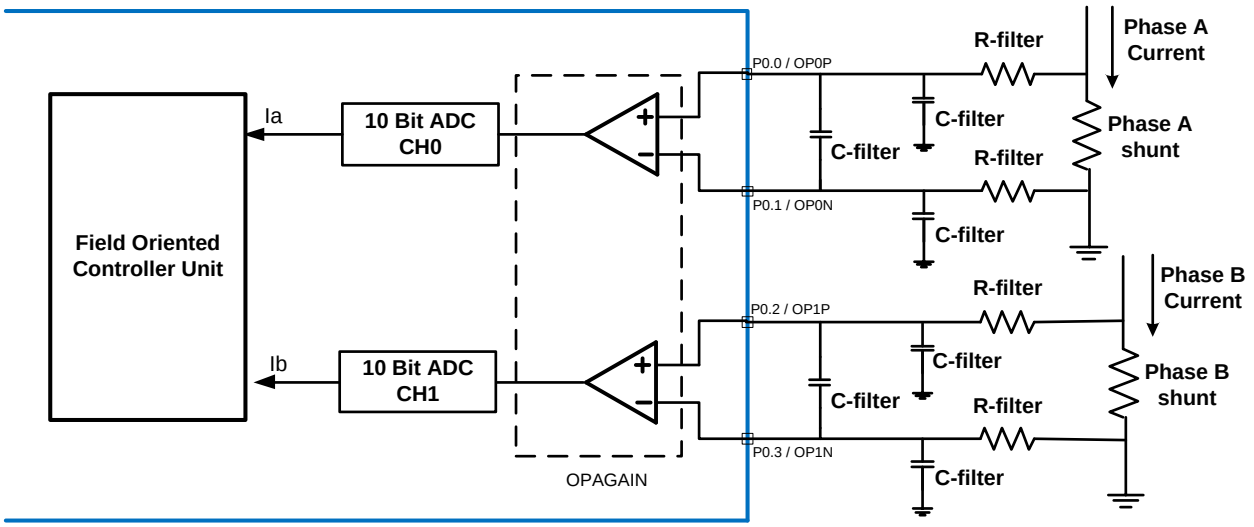


图 16.2.1 用于无感 FOC 电机驱动的 ADC CH0 和 CH1 框图

16.3. ADCDLY (ADC 采样延迟寄存器)

ADCDLY 寄存器的设置用于电机驱动器的 CH0 和 CH1。切换电源设备时，将出现尖峰电流。在 ADCDLY SFR 中设置延迟时间后，电流稳定时将开始电流采样。因此，ADCDLY 的设置与 OPAGAIN 相同，仅适用于电机驱动电流采样。

此外，由于电机驱动电流采样是由 MDE 自动执行的，采样时间点可以通过 FOCCONT 寄存器的位[2]（ADCTRIG，见表 16.3.2）设置为 PWM 计数器中的最大值或 0，然后在 ADCDLY 设置的延迟时间后开始采样。

在 CH0 和 CH1 的每次电流采样之后，MDE 将发出 ADC 中断。使用 ADC 中断向量，用户可以执行其他通道的 ADC 转换。整个 ADC 采样的时序图如图 16.3.1 所示。

ADCDLY ADC 采样延迟寄存器	地址= C5H					复位值 =0x33H	
位	ADCDLY[7:0]						
	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	W	W	W	W	W	W	W	W

$$\text{ADC 采样延迟时间} = \frac{\text{ADCDLY}}{\text{PWM Frequency}}$$

表 16.3.1 ADC 采样延迟寄存器

FOCCONT FOC 控制寄存器	地址= D6H				复位值 = 0x00H	
位	PI CLEAR	ESTCR	INV ADCD	ADCTRIG	PLLEN	SPEEDEN
				2		
类型				R/W		

ADCTRIG	ADC 触发 (相 A 和 相 B):
[2]	0 : PWM计数器最大值 1 : PWM计数器最小值

表 16.3.2 : FOCCONT. ADCTRIG 描述

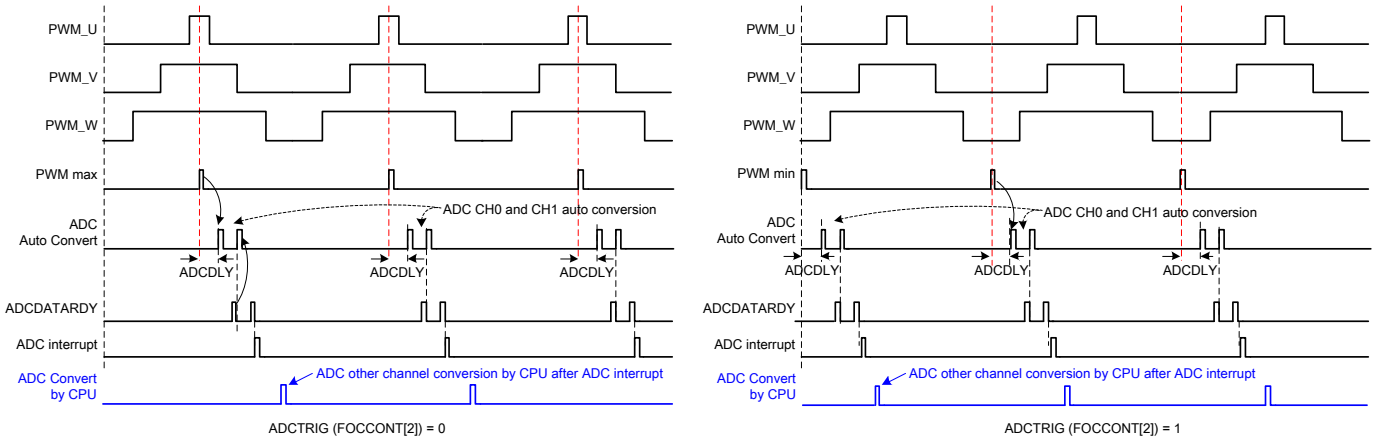


图 16.3.1 : MDE 与 CUP 实现 ADC 转换的时序图

16.4. ADC 数据寄存器

由 CH2~CH7 ADC 转换的 10 位数据将分别放在表 16.4.1 的 ADCD1 和 ADCD2 SFR 中。该布置基于 ADCCONT[4]（ADDS，见表 16.1.1）的设置。当 ADCDS＝0 时，则 ADC_DATA[9:0]＝{ADCD2[7:0]，ADCD1[1:0]}；当 ADCDS＝1 时，则 ADC_DATA[9:0]＝{ADCD1[1:0]，ADCD2[7:0]}。

ADCD1	地址= C3H					复位值 = 0x00H		
ADC 数据寄存器 1								
位	ADCD1 [1:0]							
	---	---	---	---	---	---	1	0
类型	R	R	R	R	R	R	R	R

ADCD2	地址= C4H					复位值 = 0x00H		
ADC 数据寄存器 2								
Bit	ADCD2 [7:0]							
	7	6	5	4	3	2	1	0
Type	R	R	R	R	R	R	R	R

表 16.4.1 ADC 数据寄存器 ADCD1 and ADCD2

16.5. ADC1 和 ADC2 偏移值寄存器

在对电机驱动电流进行采样时，MDE 将自动对两相电流（ia 和 ib）进行采样。如果采样的 ia 和 ib 与实际测量的电流之间存在固定的偏移误差，CGF002A 提供 ia 和 ib 每个 10 位偏移校正（表 16.5.1）。因此，FOC 操作中的实际 ia 电流为 CH0 采样值+ADC1OS（表 16.5.2）；实际 ib 电流为 CH1 采样值+AD2OS（表 16.5.3）。

SFR	描述		地址
ADCOS_L	ADC偏移值寄存器低字节		C9H
ADCOS_H	ADC偏移值寄存器高字节		CAH
	参数	描述	复位值
SFR_PAGE = 0	ADCOS1[H,L]	ADC1 Offset Value	0x0200H
SFR_PAGE = 1	ADCOS2[H,L]	ADC2 Offset Value	0x0200H

表 16.5.1 ADC 偏移寄存器

ADC1OS_L　　地址= C9H (SFR_PAGE = 0)　　复位值 =0x00H

ADC1 偏移值寄存器低字节

位	ADC1OS[7:0]							
	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W

ADC1OS_H　　地址= CAH (SFR_PAGE = 0)　　复位值 = 0x02H

ADC1 偏移值寄存器高字节

位	-----						ADC1OS [9:8]	
	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	-----	-----	-----	-----	-----	-----	R/W	R/W

表 16.5.2 相 A 电流(i_a) 偏移寄存器

ADC2OS_L　　地址= C9H (SFR_PAGE = 1)　　复位值 = 0x00H

ADC2 偏移值寄存器低字节

位	ADC2OS[7:0]							
	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W

ADC2OS_H　　地址= CAH (SFR_PAGE = 1)　　复位值 = 0x02H

ADC2 偏移值寄存器高字节

位	-----						ADC2OS [9:8]	
	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	-----	-----	-----	-----	-----	-----	R/W	R/W

表 16.5.3 相 B 电流(i_b) 偏移寄存器

17. EEPROM

CGF002A 提供内部的 Flash 控制信号，可以在 Flash 最后一页中完成总共 256 字节的字节读/写和页擦除。读/写地址、数据和命令分别由 EE_ADDR、EE_DATA 和 EE_CMD 寄存器控制，这些寄存器位于 EEPROM SFR 页面中。(表 17.1)。

执行 EEPROM 擦除、读取或写入命令时，可以先读取相关命令的标志，以确认上一个命令已完成，然后再执行下一个命令。每个命令的控制流程如图 17.1 所示。请参阅表 17.1.1、表 17.2.1 和表 17.3.1 了解每个寄存器。

SFR	**描述**		**地址**
EEPROM	EEPROM 功能寄存器		A3H
	参数	**描述**	**复位值**
SFR_PAGE = 0	EE_ADDR	EEPROM 读/写地址	0x00H
SFR_PAGE = 1	EE_DATA	EEPROM 读/写数据	0x00H
SFR_PAGE = 2	EE_CMD	EEPROM 命令	0x00H

表 17.1 EEPROM 寄存器

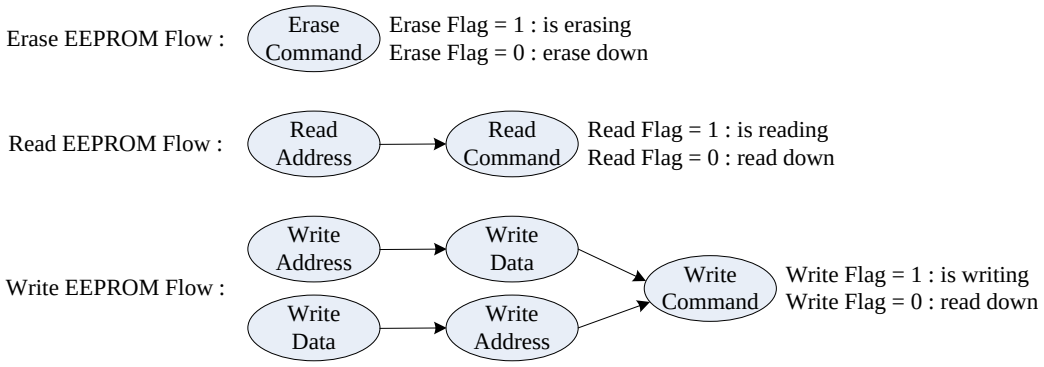


图 17.1 : EEPROM 擦除，读和写的控制流程

17.1. EE_ADDR (EEPROM 读/写地址寄存器)

EE_ADDR	地址= A3H (SFR_PAGE = 0)					复位值 = 0x00H		
EEPROM 读/写地址								
位	EE_ADDR [7:0]							
	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W

表 17.1.1 EEPROM 读/写地址寄存器

17.2. EE_DATA (读/写数据寄存器)

EE_DATA	地址= A3H (SFR_PAGE = 1)					复位值 = 0x00H		
EEPROM 读写数据								
位	EE_DATA [7:0]							
	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W

表 17.2.1 EEPROM 读/写数据寄存器

17.3. EE_CMD (EEPROM 命令寄存器)

EE_CMD	地址= A3H (SFR_PAGE = 2)					复位值 = 0x00H		
EEPROM 命令								
位	EE_CMD [7:0]							
	ERS_FLAG	---	WR_FLAG	RD_FLAG	ERASE	---	WR_CMD	RD_CMD
	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	R/W	---	R/W	R/W	R/W	---	R/W	R/W

ERS_FLAG [7]	EEPROM擦除标志位: 1 : EEPROM 正在擦除
WR_FLAG [5]	EEPROM写标志位: 1 : EEPROM 正在写
RD_FLAG [4]	EEPROM读标志位: 1 : EEPROM正在读
ERASE [3]	EERPOM 擦除: 1 : 擦除命令
WR_CMD [1]	EERPOM 写命令: 1 : 写命令
RD_CMD [0]	EERPOM读命令: 1 :读命令

表 17.3.1 EEPROM 命令寄存器

18. 模仿 IIC

IIC 模块通过 SCL(时钟)和 SDA(数据)线与外部 IIC 接口通信。它的速度可以选择到 400Kbps(最大)通过软件设置 IICBR[2:0]控制位。IIC 模块提供了 2 个中断(RXIF, TXIF)。主模式下自动产生 START、重复 START、STOP 信号，从模式下可检测 START、重复 START、STOP 信号。最大通信长度和可连接的设备数量受最大总线电容 400pF 的限制。

IIC 中断向量是 63h. IIC SFR 列表请参考表 18.1.

SFR	描述	地址	复位值
IICS	IIC状态寄存器	E8H	00H
IICCTRL	IIC控制寄存器	E9H	04H
IICA1	IIC地址1寄存器	EAH	A0H
IICA2	IIC地址2寄存器	EBH	60H
IICRWD	IIC读写寄存器	BAH	00H
IICEBT	IIC使能总线传输寄存器	9CH	00H

表 18.1 : IIC SFR 列表

18.1. IICCTL (IIC 控制寄存器)

IICCTL 地址= E9H 复位值 = 0x04H

IIC 控制寄存器

位	IICEN	MSS	MAS	AB_EN	BF_EN	IICBR[2:0]		
	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W

IICEN [7]	使能IIC模块 0 : 禁止 1 : 使能
MSS [6]	主从模式选择 0 :从模式 1 :主模式 *在设置其他寄存器之前软件必须设置这个位。
MAS [5]	主机地址选择(仅主机模式) 0 : 主机地址使用IICA1 1 : 主机地址使用IICA2
AB_EN [4]	仲裁丢失使能位. (仅主机模式) 如果置位AB_EN，硬件将检查仲裁丢失。一旦发生仲裁丢失，硬件将返回IDLE状态。如果该位被清除，硬件将不会关心仲裁丢失的情况。多主从连接时设置此位。当单主单从时清除此位。
BF_EN [3]	总线忙使能位. (仅主机模式) 如果置位BF_EN，硬件在BF=0之前不会产生总线启动条件。清除此位将在设置MStart时始终为总线生成启动条件。多主从连接时设置此位。当单主单从时清除此位。
IICBR [2:0]	波特率选择(仅主机模式) , 当Fosc是12MHz 000 : Fosc/32 100 : Fosc/512 001 : Fosc/64 101 : Fosc/1024 010 : Fosc/128 110 : Fosc/2048 011 : Fosc/256 111 : Fosc/4096

18.2. IICS (IIC 状态寄存器)

IICS IIC 状态寄存器	地址= E8H							复位值 = 0x00H
位	---	MPIF	LAIF	RXIF	TXIF	RXAK	TXAK	RW or BB
	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	---	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W

MPIF [6]	停止条件中断标志位 停止条件发生，将置位此位。此位必须软件清零。
LAIF [5]	仲裁丢失位. (仅主机模式) 仲裁中断标志，发生了总线仲裁丢失，该位将被置位。此位必须软件清零
RXIF [4]	数据接收中断标志位 在IICRWD (IIC读写数据缓存)加载新接收的数据后将置位RXIF
TXIF [3]	数据发送中断标志 当IICRWD (IIC读写数据缓存)的数据下载到移位寄存器时置位TXIF。
RXAK [2]	应答状态表示位 当为零时，表示在总线上完成8位数据传输后已收到确认信号。
TXAK [1]	应答状态发送位 当收到完整的8位数据,此位将设置(NoAck)或清除(Ack)，并且传输到主机以指示接收状态。
RW or BB [0]	总线忙，或从机模式在总线上读/写 **主机模式:** BB : 总线忙标志位 如果检测scl=0或sda=0或总线启动，将置位此位。如果检测停止，此位将被清除。该位可以被软件清除，以返回就绪状态。 **从机模式:** RW : 从机模式在IIC总线上读(接收)或写(发送)。当此位清除时，从机模块从IIC总线(SDA)上接收数据。(仅从机模式)。

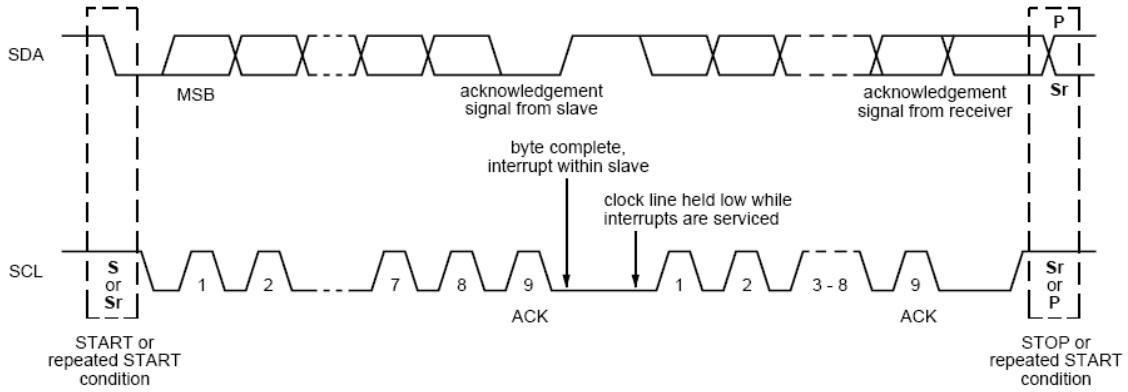


图18.2.1 :确认位在一次字节传输的第9位

18.3. IICA1 (IIC 地址 1 寄存器)

IICA1 地址= EAH 复位值 = 0xA0H

IIC 地址 1 寄存器

位	IICA1							Match1 or RW1
	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	R/W							R or R/W

从机模式

IICA1 [7:1]	IIC地址1寄存器 这是用于从机模块的首个7位地址。当接收到一个地址(来自主机)，它将被检查。
Match1 [0]	IICA1匹配位(仅读) 当IICA1与从主机接收到的地址相匹配时，该位将被硬件置为1。当IIC总线获得第一个数据时，此位将被清除。

主机模式

IICA1 [7:1]	IIC地址1寄存器 这个7位地址表示它想要与之通信的从机。
RW1 [0]	主机读/写模式标识位 如果模块设置了MStart或RStart位，则该位将作为从机RW发送出去。它出现在IIC地址后的第8位，如下图所示。它用来告诉从机接下来的沟通方向。如果为1，则表示模块处于主接收模式。如果为0，表示模块处于主发送模式。如图所示。 RW1=1, 主机接收模式 RW1=0, 主机发送模式

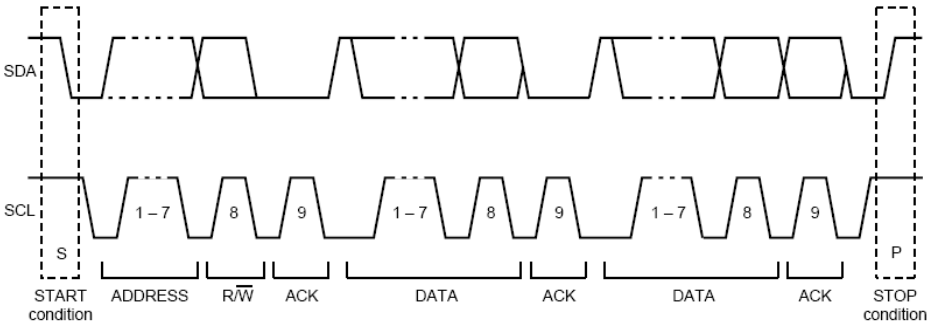


图 18.3.1 : RW 位在 IIC 地址后的第 8 位

18.4. IICA2 (IIC 地址 2 寄存器)

IICA2 IIC 地址 2 寄存器	地址= EBH						复位值 = 0x60H
位	IICA2						Match2 or RW2
	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	R/W						R or R/W

从机模式	
IICA2 [7:1]	IIC地址2寄存器 这是用于从机模块的第二个7位地址。当接收到一个地址(来自主机)，它将被检查。
Match2 [0]	IICA2匹配位 (仅读) 当IICA2与从主机接收到的地址相匹配时，该位将被硬件置为1。当IIC总线获得第一个数据时，此位将被清除。
主机模式	
IICA2 [7:1]	IIC地址2寄存器 这个7位地址表示它想要与之通信的从机.
RW2 [0]	主机读/写模式标识 如果模块设置了MStart或RStart位，则该位将作为从机RW发送出去。它出现在IIC地址后的第8位，如下图所示。它用来告诉从机接下来的沟通方向。如果为1，则表示模块处于主接收模式。如果为0，表示模块处于主发送模式。如图所示。 RW2=1, 主机接收模式 RW2=0, 主机发送模式

18.5. IICRWD (IIC 读写寄存器)

IICRWD IIC 读写寄存器	地址= BAH							复位值 = 0x00H
位	IICRWD							
	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	R/W							

IICRWD [7:0]	IIC读写数据缓存 在接收(读)模式，接收的字节将存储在这 在发送模式，通过在传输模式下，要通过SDA发送的字节停留在这里。

18.6. IICEBT (IIC 使能传送寄存器)

IICEBT　　地址= 9CH　　复位值 = 0x00H

IIC Enable Transaction Register

位	FU_EN		---	---	---	---	---	---
	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	R/W		---	---	---	---	---	---

主机模式

[7:6] 功能使能

00 : 保留

01 : IIC总线模块将在SDA和SCL上使能读/写数据传输

10 : IIC总线模块在SDA/SCL上生成一个启动信号，然后发送存储在IICA1/IICA2中的地址(由MAS控制位选择)。

11 : IIC总线模块在SDA/SCL上生成一个停止信号

Notice : 1. FU_EN[7:6] 将被硬件自动清零，因此反复设置FU_EN[7:6]是必要的。

从机模式

[7:6] 功能使能

01 : FU_EN[7:6]应当只设置为01。其它值无效。

Notice :
1. FU_EN[7:6]应当在读/写数据前设置为01用来释放总线；否则SCL将被锁定(拉低)。
2. FU_EN[7:6] 应当在读/写数据传后设置为01用来接收从主机发来的停止信号。
3. 在发送数据模式(从机模式), 在设置FU_EN[7:6]为01之前，应将输出数据填写到IICRWD中。
4. FU_EN[7:6] 将被硬件自动清零，因此反复设置FU_EN[7:6]是必要的。

19. 捕获

CGF002A 提供了外部和内部信号捕获功能，可以对外部和内部的信号高电平长度（CAPH_H，CAPH_L）和周期长度（CAPT_H，CAPT_L）进行统计（表 19.1）。该中断是外部信号捕获中断和内部信号捕获中断的组合，将在外部或内部捕获信号的上升沿之后发出。用户必须在捕获中断例程中监视外部捕获 OK（ECAP_OK）和内部捕获 OK（ICAP_OK），以区分哪个计数器可以访问，并且当设置清除捕获 OK 标志（ECAP_OK_CLR 或 ICAP_OK_CLR）位“1”时，它被用户清除。外部和内部捕获计数器共享相同的 SFR，但在不同的页面中分开（表 19.2）。

SFR	描述	地址	复位值
CAPCONT	捕获控制寄存器	DDH	03H
捕获周期长度统计:			
CAPT_L	捕获周期长度统计低字节	D9H	00H
CAPT_H	捕获周期长度统计高字节	DAH	00H
捕获高电平长度统计:			
CAPH_L	捕获高电平长度统计低字节	DBH	00H
CAPH_H	捕获高电平长度统计高字节	DCH	00H

表 19.1 : 捕获 SFR 列表

SFR	**描述**		**地址**
CAPCONT	捕获控制寄存器		DDH
	参数	**描述**	**复位值**
SFR_PAGE = 0	EXT_CAPCONT	外部控制寄存器	0x03H
SFR_PAGE = 1	INT_CAPCONT	内部控制寄存器	0x03H
SFR	**描述**		**地址**
CAPT_L	捕获周期长度统计低字节		D9H
CAPT_H	捕获周期长度统计高字节		DAH
	参数	**描述**	**复位值**
SFR_PAGE = 0	EXT_CAPT[H,L]	外部捕获周期长度统计寄存器	0x0000H
SFR_PAGE = 1	INT_CAPT[H,L]	内部捕获周期长度统计寄存器	0x0000H
SFR	**描述**		**地址**
CAPH_L	捕获高电平长度统计低字节		DBH
CAPH_H	捕获高电平长度统计高字节		DCH
	参数	**描述**	**复位值**
SFR_PAGE = 0	EXT_CAPH[H,L]	外部捕获高电平长度统计寄存器	0x0000H
SFR_PAGE = 1	INT_CAPH[H,L]	内部捕获高电平长度统计寄存器	0x0000H

表 19.2 : 捕获计数器 SFR

19.1. 外部捕获

外部捕获输入可以从 CAP1 或 CAP2 中选择，设置方法如下表中的 bit[4]（CAPPINSEL）所示。此外，可以根据输入信号的周期长度（由 ECAPCKS 在表 19.1.1 中设置）来选择对捕获信号进行计数的时钟频率，这样可以避免内部计数器溢出，并导致捕获信号的高电平长度和周期长度失真。当外部信号捕获完成时，将发出中断，ECAP_OK 标志将设置为“1”。用户必须将“1”写入 ECAP_OK_CLR，以将 ECAP_OK 标志清除为“0”（图 19.1.1）。

19.1.1. EXT_CAPCONT (外部信号捕获控制寄存器)

EXT_CAPCONT 外部信号捕获控制	地址= DDH (SFR_PAGE = 0)				复位值 = 0x03H			
	ECAP_EN	ECAP_OK	-----	CAPPINSEL	ECAP_OK_CLR	ECAPCKS[2:0]		
位	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	R/W	R/W	X	R/W	W	R/W	R/W	R/W

ECAP_EN [7]	外部捕获使能 0: 禁止外部捕获 1: 使能外部捕获
ECAP_OK [6]	外部捕获OK : 0 : 外部信号捕获中 1: 外部信号捕获完成, 通过写 “1” 到 **ECAP_OK_CLR** 来清零
CAPPINSEL [4]	外部捕获输入引脚选择: 0 : CAP2(P0.7) 1 : CAP1(P0.6)
ECAP_OK_CLK [3]	外部捕获OK清零: 写“1” 来清零 **ECAP_OK** 位
ECAPCKS [2:0]	外部捕获时钟选择: 000 : 48MHz/4　　100 : 48MHz/64 001 : 48MHz/8　　101 : 48MHz/128 010 : 48MHz/16　　110 : 48MHz/256 011 : 48MHz/32　　111 : 48MHz/512

表 19.1.1 : 外部信号捕获控制寄存器

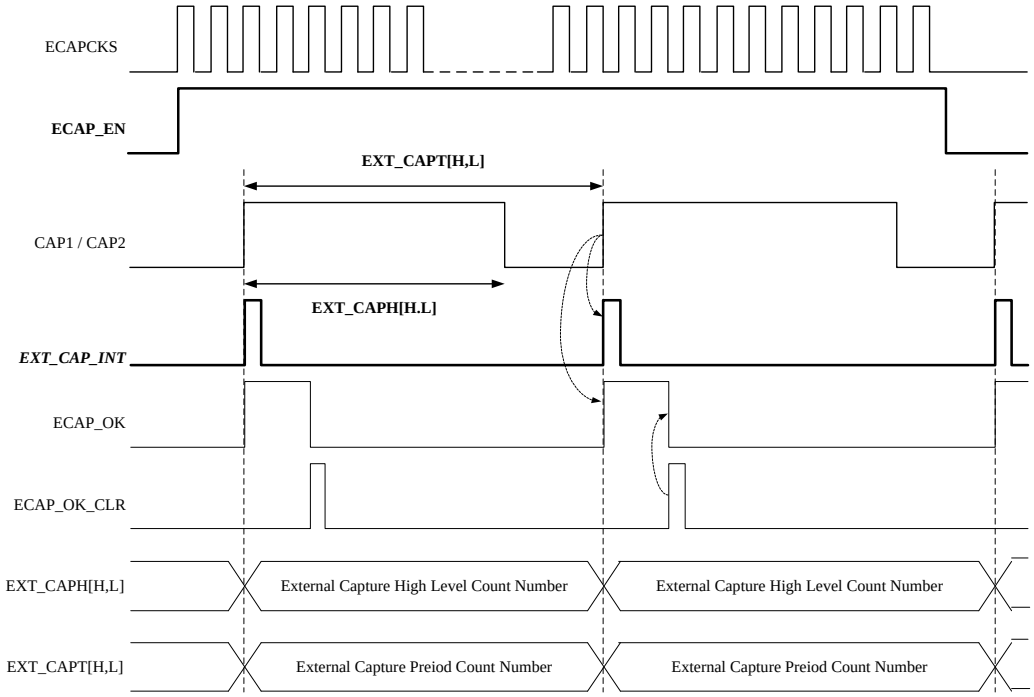


图 19.1.1 : 外部捕获的波形序列

19.1.2. EXT_CAPT (外部信号捕获总计数寄存器)

当外部捕获中断发生时，除了将外部捕获总计数更新为最新的捕获计数值外，它还将重新计数新的捕获周期长度。时间如图 19.1.1 所示。

EXT_CAPT_L 外部信号捕获总计数低字节	地址= D9H (SFR_PAGE=0)					复位值 = 0x00H		
位	EXT_CAPT[7:0]							
	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	R	R	R	R	R	R	R	R

EXT_CAPT_H 外部信号捕获总计数高字节	地址= DAH (SFR_PAGE=0)					复位值 = 0x00H		
Bit	EXT_CAPT[15:8]							
	7	6	5	4	3	2	1	0
Type	R	R	R	R	R	R	R	R

19.1.3. EXT_CAPH (外部信号捕获高电平计数寄存器)

当捕获信号从“高”变为“低”时，外部捕获高电平计数的值将被临时存储。当捕获中断发生时，它将与外部捕获总计数同时更新为最新值。时间如图 19.1.1 所示。

EXT_CAPH_L 外部信号捕获高电平计数低字节	地址= DBH (SFR_PAGE=0)					复位值 = 0x00H		
位	EXT_CAPH[7:0]							
	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	R	R	R	R	R	R	R	R

EXT_CAPH_H	地址= DCH (SFR_PAGE=0)	复位值 = 0x00H

外部信号捕获高电平计数高字节

位	EXT_CAPH[15:8]							
	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	R	R	R	R	R	R	R	R

19.2. 内部捕获

内部捕获输入数据来自 INT_CAPCONT（表 19.2.1），设置方法如下表中的 bit[4]（In_CAP_In）所示。此外，可以根据输入信号的周期长度（由 ICAPCKS 在表 19.2.1 中设置）来选择用于计数捕获信号的时钟频率，这可以避免内部计数器中的溢出，并导致捕获信号的高电平长度和周期长度失真。内部信号捕获完成后，将发出中断，ICAP_OK 标志将设置为“1”。用户必须将“1”写入 ICAP_OK_CLR，才能将 ICAP_OK 标志清除为“0”（图 19.2.1）。

19.2.1. INT_CAPCONT (内部信号捕获控制寄存器)

INT_CAPCONT 地址= DDH (SFR_PAGE = 1) 复位值 = 0x03H
内部信号捕获控制

	ICAP_EN	ICAP_OK	-----	INT_CAP_IN	ICAP_OK_CLR	ICAPCKS[2:0]		
位	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	R/W	R/W	X	R/W	W	R/W	R/W	R/W

ICAP_EN [7]	内部捕获使能 0: 禁止内部捕获 1: 使能内部捕获
ICAP_OK [6]	内部捕获OK : 0 : 内部信号捕获中 1: 内部信号捕获完成, 通过写“1”到 **ICAP_OK_CLR** 来清零
INT_CAP_IN [4]	内部捕获输入数据: 0 : 数据0输入 1 : 数据1输入
ICAP_OK_CLK [3]	内部捕获OK清零: 写“1” 来清零 **ICAP_OK** 位
ICAPCKS [2:0]	内部捕获时钟选择: 000 : 48MHz/4 100 : 48MHz/64 001 : 48MHz/8 101 : 48MHz/128 010 : 48MHz/16 110 : 48MHz/256 011 : 48MHz/32 111 : 48MHz/512

表 19.2.1 : 内部信号捕获控制寄存器

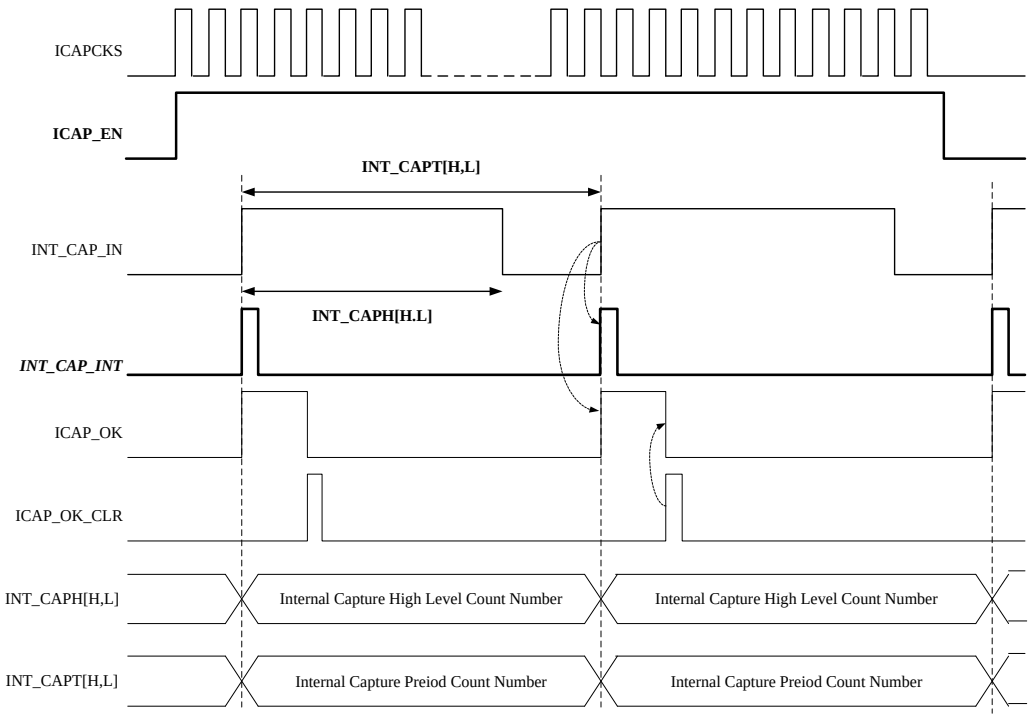


图 19.2.1：内部捕获控制波形

19.2.2. INT_CAPT (内部信号捕获总计数寄存器)

当内部捕获中断发生时，除了内部捕获总计数更新为最新捕获计数值外，它还将重新计数新的捕获周期长度。时间如图 19.2.1 所示。

INT_CAPT_L 内部信号捕获总计数低字节	地址= D9H (SFR_PAGE=1)					复位值 = 0x00H		
位	INT_CAPT[7:0]							
	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	R	R	R	R	R	R	R	R

INT_CAPT_H 内部信号捕获总计数高字节	地址= DAH (SFR_PAGE=1)					复位值 = 0x00H		
位	INT_CAPT[15:8]							
	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	R	R	R	R	R	R	R	R

19.2.3. INT_CAPH (内部信号捕获高电平计数寄存器)

当捕获信号从“高”变为“低”时，内部捕获高电平计数的值将被临时存储。当捕获中断发生时，它将与内部捕获总计数同时更新为最新值。时间如图 19.2.1 所示。

INT_CAPH_L 内部信号捕获高电平计数低字节	地址= DBH (SFR_PAGE=1)					复位值 = 0x00H		
位	INT_CAPH[7:0]							
	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	R	R	R	R	R	R	R	R

INT_CAPH_H 地址= DCH (SFR_PAGE=1) 复位值 = 0x00H

内部信号捕获高电平计数高字节

位	INT_CAPH[15:8]							
	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	R	R	R	R	R	R	R	R

20. 乘法和除法单元 (MDU)

MDU 是一种片上算术协处理器，使 **CGF002A** 能够执行额外的扩展算术运算。所有操作都是有符号/无符号整数操作。操作数和结果存储在 **MD0-MD5** 寄存器中。模块由 **MD_MODE** 和 **MD_CONT** 寄存器控制。对 **MDU** 的任何计算都会覆盖其操作数。**MDU** 支持 5 种操作:32 位/16 位除法、16 位/16 位除法、乘法、移位和归一化。

SFR	描述	地址	复位值
MD_CONT	MDU 控制寄存器	ADH	00H
MD_MODE	MDU 模式控制寄存器	ACH	10H
MD0	乘除法寄存器0	AEH	00H
MD1	乘除法寄存器1	AFH	00H
MD2	乘除法寄存器2	B1H	00H
MD3	乘除法寄存器3	B2H	00H
MD4	乘除法寄存器4	B3H	00H
MD5	乘除法寄存器5	BAH	00H

20.1. MD_MODE (MDU 模式控制寄存器)

MD_MODE　　地址= ACH　　复位值 = 0x10H

MDU 模式控制寄存器

位	-----	-----	-----	MDUF	-----	-----	MDUS	----
	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	X	X	X	R	X	X	R/W	X

MDUF [4]	MDU 完成标志位 : 0 : MDU 忙. 1 : MDU 计算完成.
MDUS [1]	MDU 符号选择: 0 :有符号计算. 1 :无符号计算.

20.2. MD_CONT (MDU 控制寄存器)

MD_CONT MDU 控制寄存器	地址= ADH					复位值 = 0x10H		
位	MDEF	MDOV	SLR	SC[4:0]				
	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	R	R	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W

MDEF [7]	MDU 错误标志位: 指示一个错误执行的操作(当其中一个算术操作已被新操作重启或中断时)。
MDOV [6]	MDU 溢出标志位: MDU 操作发生溢出
SLR [5]	移位反向: 0 : 向左移位 1 : 向右移位
SC [4:0]	移位计数器: 当设置为所有' 0 '时，将选择归一化操作。归一化后，SC[4:0]包含执行的归一化移位的次数。 当至少置这些位中的一个为高时，将选择移位操作。移位次数由写入 SC[4:0]的数决定，其中 SC.4 是 MSB .

20.2.1. MDEF

MDEF 错误标志表示操作执行不当（当其中一个算术运算被新运算重新启动或中断时）。错误标志机制在对 MD0 的第一次写入操作时自动启用，在第三阶段中在来自 MD3（乘法或移位/范数）或 MD5（除法）的最后读取指令时禁用。错误标志在以下情况下设置：
在 MDU 操作的第二阶段（重新启动或计算中断），有对 MDx 寄存器（MD0-MD5 和 MD_CONT 中的任何一个）的写访问。在启用错误标志机制的 MDU 操作第二阶段，有对其中一个 MDx 寄存器的读访问。在这种情况下，设置了错误标志，但计算不中断。只有在对 MD_CONT 寄存器进行读取访问后，才会重置错误标志。错误标志是只读的。

20.2.2. MDOV

当出现以下情况之一时，会设置 MDOV 溢出标志：除以零；结果大于 FFFFH 的乘法运算；
如果设置了 MD3 的（'MD3.7'='1'）最高有效位然后开始归一化。
MDU 的任何不符合上述条件的操作都会清除溢出标志。请注意，溢出标志完全由硬件控制。它无法写入。

20.3. MD0 – MD5 (乘除法寄存器)

MD0 地址= AEH 复位值 = 0x00H
乘除法寄存器 0

位	MD0[7:0]							
	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W

MD1 地址= AFH 复位值 = 0x00H
乘除法寄存器 1

位	MD1[7:0]							
	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W

MD2 地址= B1H 复位值 = 0x00H
乘除法寄存器 2

位	MD2[7:0]							
	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W

MD3 地址= B2H 复位值 = 0x00H
乘除法寄存器 3

位	MD3[7:0]							
	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W

MD4 地址= B3H 复位值 = 0x00H
乘除法寄存器 4

位	MD4[7:0]							
	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W

MD5 地址= BAH 复位值 = 0x00H
乘除法寄存器 5

位	MD5[7:0]							
	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W

20.4. MDU 操作描述

MDU 的操作包括三个阶段:

20.4.1. 加载 MDx 寄存器

MDU 必须执行的计算类型是由写入 **MDx** 寄存器的顺序来选择的。在任何情况下，对 **MD0** 的写入都是要做的第一个传输。接下来的写操作必须按照下表所示进行，以确定 **MDU** 操作。最后一次写操作将启动选定的操作。

操作	32 位/16 位 t	16 位/16 位	16 位 x 16 位	移位/ 归一化
首次写	MD0 被除数 低字节	MD0 被除数 低字节	MD0 被乘数 低字节	MD0 LSB
	MD1 被除数	MD1 被除数 高字节	MD4 乘数 低字节	MD1
	MD2 被除数		MD1 被乘数 高字节	MD2
	MD3 被除数 高字节			MD3 MSB
	MD4 除数 低字节	MD4 除数 低字节		
最后写	MD5 除数 高字节	MD5 除数 高字节	MD5 乘数 高字节	MD_CONT 开始转换

20.4.2. 执行运算

在计算过程中，**MDU** 与 CPU 并行工作。计算完成后，硬件将 **MDUF** 位设置为 1(**MDUF='1'**)。该标志位将在下次计算时被清除。

下表给出了每个算术运算的执行时间

操作	时钟数	
32 位/16 位除法	17 时钟周期	
16 位/16 位除法	9 时钟周期	
乘法	11 时钟周期	
移位	最少3个时钟周期 (SC = 01H)	最大18个时钟周期(SC = 1FH)
归一化	最少4个时钟周期 (SC <= 01H)	最大19个时钟周期 (SC = 1FH)

20.4.3. 从 MDx 寄存器读取结果

读出序列的第一个“MDx”寄存器不是关键的，但最后读取的寄存器决定整个计算的结束。

操作	32 位/16 位 t	16 位/16 位	16 位 x 16 位	移位/ 归一化
首先读	MD0 商 低字节	MD0 商 低字节	MD0 积 低字节	MD0 LSB
	MD1 商	MD1 商 高字节	MD1 积	MD1
	MD2 商		MD2 积	MD2
	MD3 商 高字节			
	MD4 余数 低字节	MD4 余数 低字节		
最后读	MD5 余数 高字节	MD5 余数 高字节	MD3 积 高字节	MD3 MSB

20.4.4. 移位

在移位操作中，存储在 **MD0** 到 **MD3** 寄存器的 32 位整数变量(MD3 寄存器为最高有效字节)被向左或向右移位指定的位数。**SLR** 位(**MD_CONT**.5)定义了移位方向，位 **SC**[4:0] (**MD_CONT**.4 – **MD_CONT**.0)指定移位计数(不能为 0)。在移位操作中，右移时 0 进入 **MD3** 的左端，左移时 0 进入 **MD0** 的右端。

20.4.5. 归一化

存储在 **MD0** 到 **MD3** 寄存器的 32 位整数变量的所有前导零(MD3 寄存器为最高有效字节)将通过左移位操作删除。当 **MD3** 寄存器的 MSB(最高位)内容为“1”时，整个操作就完成了。在归一化之后，位 **SC[4:0] (MD_CONT.4 – MD_CONT.0)**的内容为向左移位操作的次数。

21. 循环冗余校验 (CRC)

CGF002A 中的 CRC 校验功能基于 CRC16-CCITT 多项式 X16+X12+X5+1（图 21.1）。CRC 计算的一般结构是使用 LSFR 和 XOR 串行计算。CRC 功能可以支持字节数据和 Flash 块 CRC 计算（每个块 128 字节）。框图如图 21.2 所示，块 CRC 计算的块分配示例如图 21.3 所示。数据选择和控制由 CRC XSFR 进行设置（表 21.1）。

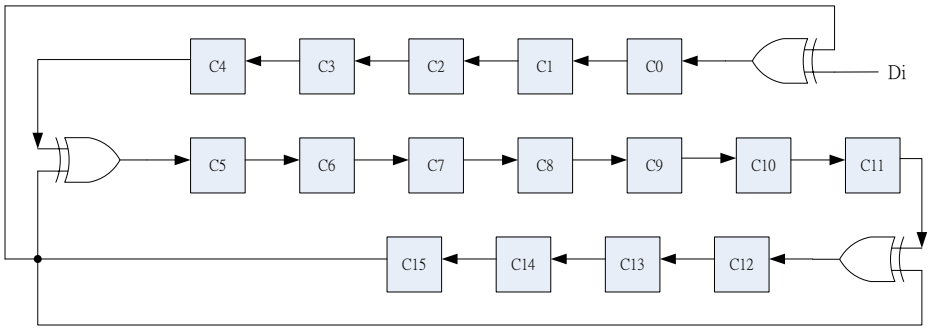


图 21.1 : CRC16-CCITT 的通用 LSFR 体系结构

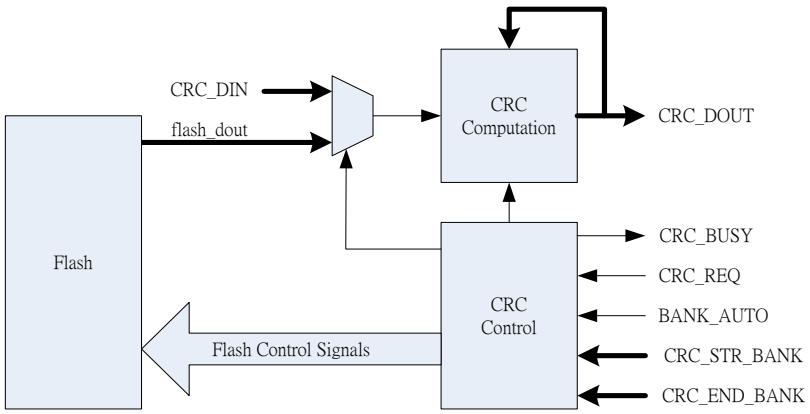
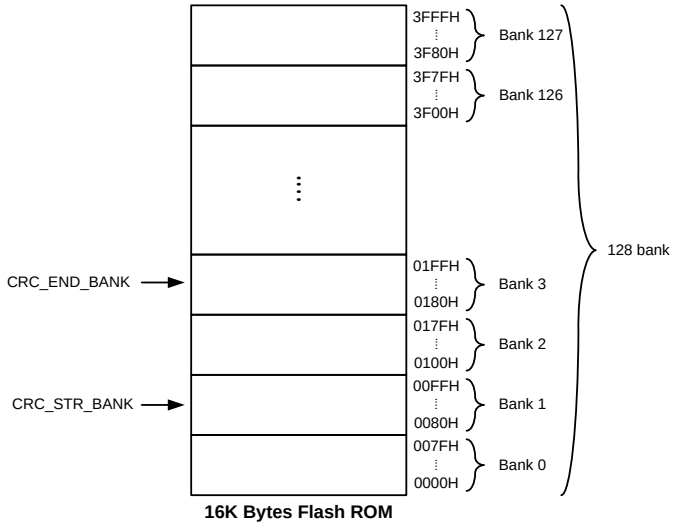


图 21.2 : 字节和 Flash 块 CRC 计算架构



EX:
CRC_STR_BANK = 0x01
CRC_END_BANK = 0x03
The bank range for CRC computation : (0x01 ~ 0x03) bank

图 21.3 : 用于块 CRC 计算的块分配示例

XSFR	描述	地址	复位值
CRC_CTRL	CRC控制寄存器	1018H	00H
CRC_DIN	CRC输入数据寄存器	1019H	00H
CRC_DOUT_L	CRC输出低字节数据寄存器	101AH	00H
CRC_DOUT_H	CRC输出高字节数据寄存器	101BH	00H
CRC_STR_BANK	Flash块CRC计算起始块索引	101CH	00H
CRC_END_BANK	Flash块CRC计算结束块索引	101DH	00H

表 21.1 : CRC XSFR 列表

21.1. CRC_CTRL (CRC 控制寄存器)

CRC_CTRL 地址= 1018H 复位值 = 0x00H

CRC 控制寄存器

位	7	6	5	4	3	2	1	0
	CRC_REQ	CRC_BUSY	-----	-----	-----	-----	-----	BANK_AUTO
类型	W	W	-----	-----	-----	-----	-----	R/W

CRC_REQ [7]	CRC计算请求 1 : CRC计算请求
CRC_BUSY [6]	CRC计算忙: 0 : CRC计算完成 1 : CRC计算忙
BANK_AUTO [0]	使能块CRC计算: 0 : 禁止(CRC_DIN 1字节 CRC计算). 1 : 使能(块多字节CRC计算)

21.2. CRC_DIN (CRC 输入数据寄存器)

CRC_DIN 地址= 1019H 复位值 = 0x00H

CRC 输入数据寄存器

位	7	6	5	4	3	2	1	0
	CRC_DIN [7:0]							
类型	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W

21.3. CRC_DOUT (CRC 输出数据寄存器)

CRC_DOUT_L 地址= 101AH 复位值 = 0x00H

CRC Output Remainder Data Register Low Byte

位	7	6	5	4	3	2	1	0
	CRC_DOUT [7:0]							
类型	R	R	R	R	R	R	R	R

CRC_DOUT_H 地址= 101BH 复位值 = 0x00H

CRC 输出低字节数据寄存器

CRC_DOUT [15:8]

位	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	R	R	R	R	R	R	R	R

21.4. CRC_STR_BANK (块 CRC 计算起始块索引)

CRC_STR_BANK	地址= 101CH	复位值 = 0x00H

Flash 块 CRC 计算起始块索引

位	CRC_STR_BANK							
	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W

CRC_STR_BANK [7:0]	Flash块CRC计算起始块索引: 0~127

21.5. CRC_END_BANK (块 CRC 计算结束块索引)

CRC_END_BANK	地址= 101DH	复位值 = 0x00H

Flash 块 CRC 计算结束块索引

位	CRC_END_BANK							
	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W

CRC_END _BANK [7:0]	Flash块CRC计算结束块索引: 0~127

22. 独立通用 PWM

CGF002A 支持一个 16 位独立的通用 PWM 输出，用于其他占空比控制应用（图 22.1）。IPWM 控制和设置 XSFR 如表 22.1 所示。

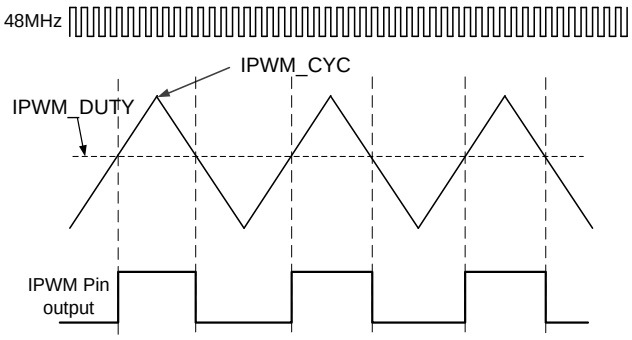


图 22.1 : 独立通用 PWM 发生器

XSFR	描述	地址	复位值
IPWM_CYC_L	独立通用PWM周期低字节	1020H	02H
IPWM_CYC _H	独立通用PWM周期高字节	1021H	00H
IPWM_DUTY_L	独立通用PWM占空比低字节	1022H	FFH
IPWM_DUTY_H	独立通用PWM占空比高字节	1023H	FFH
IPWM_CTRL	独立通用PWM控制寄存器	1024H	00H

表 22.1 : IPWM XSFR 列表

22.1. IPWM_CTRL (独立通用 PWM 控制寄存器)

IPWM_CTRL　　地址= 1024H　　复位值 = 0x00H

独立通用 PWM 控制寄存器

	----	----	----	----	----	IPWM_MODE		IPWM_EN
位	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	----	----	----	----	----	R/W		R/W

IPWM_MODE [2:1]	独立通用PWM模式选择: 00 : 强制低 01 : 强制高 10 : 高有效 11 : 低有效
IPWM_EN [0]	独立通用PWM使能: 0 : 禁止 1 : 使能.

22.2. IPWM_CYC (独立通用 PWM 周期寄存器)

IPWM_CYC_L 地址= 1020H 复位值 = 0x02H

独立通用 PWM 周期低字节

位	IPWM_ CYC[7:0]							
	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W

IPWM_CYC_H 地址= 1021H 复位值 = 0x00H

独立通用 PWM 周期高字节

位	IPWM_CYC[15:8]							
	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W

22.3. 21.3 IPWM_DUTY (独立通用 PWM 占空比寄存器)

IPWM_DUTY_L 地址= 1022H 复位值 = 0xFFH

独立通用 PWM 占空比低字节

位	IPWM_DUTY[7:0]							
	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W

IPWM_DUTY_H 地址= 1023H 复位值 = 0xFFH

独立通用 PWM 占空比高字节

位	IPWM_DUTY[15:8]							
	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W

23. 单线 RF/IR 信号解码

单线 RF/IR 信号解码功能是通过硬件对单线数据进行自动解，该解码功能是通过 IR 解码 XSFR 设定数据格式和类型后实现的。最大解码数据为 48 位。它可以解码 RF 接收模块或控制板的输出数据。框图如图 23.1 所示。与单线 RF/IR 信号解码功能相关的 XSFR 如表 23.1 所示。

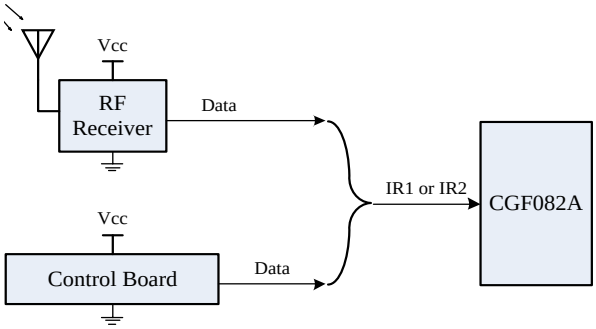


图 23.1 : CGF002A 单线解码的方框图

XSFR	描述	地址	复位值
IR_DEC_SET	IR数据解码设置寄存器	1038H	00H
IR_DEC_CTRL	IR数据解码控制寄存器	1039H	00H
IR_HEADER_Z1_L	IR数据头区域1周期低字节寄存器	103AH	80H
IR_HEADER_Z1_H	IR数据头区域1周期高字节寄存器	103BH	BBH
IR_HEADER_Z2_L	IR数据头区域2周期低字节寄存器	103CH	00H
IR_HEADER_Z2_H	IR数据头区域2周期高字节寄存器	103DH	7DH
IR_STOP_Z_L	IR数据停止区域周期低字节寄存器	103EH	80H
IR_STOP_Z_H	IR数据停止区域周期高字节寄存器	103FH	BBH
IR_DOUT0	IR解码输出数据字节0	1040H	00H
IR_DOUT1	IR解码输出数据字节1	1041H	00H
IR_DOUT2	IR解码输出数据字节2	1042H	00H
IR_DOUT3	IR解码输出数据字节3	1043H	00H
IR_DOUT4	IR解码输出数据字节4	1044H	00H
IR_DOUT5	IR解码输出数据字节5	1045H	00H

表 23.1 : 单线 RF/IR 信号解码列表

23.1. IR_DEC_SET (IR 数据解码设置寄存器)

由于单线 RF/IR 信号有多种类型，我们提供了 IR_DEC_SET 设置寄存器，供用户设置他们想要接收的单线 RF/IR 数据类型（表 23.1.1）。可以在 IR_DEC_SET 寄存器中设置接收数据是否有头（IR_DEC_SET[7]，图 23.1.1）、接收数据位的解码模式（IR_DEC_SET[5]，图 23.1.2）以及接收的第一位是 MSB 或 LSB（IR_DEC-SET[6]，图 23.1.3）等。

如果接收到的信号包括 HEADER，则还必须设置 HEADER 高电平时间长度（表 23.3.1）和低电平时长（表 23.4.1）；对于 STOP，您只需要设置一个时间长度（表 23.4.1）。此外，可以根据输入信号的 HEADER 或 STOP 长度（由表 23.1.1 中的 DEC_CLK_SEL 设置）来选择用于计数信号的时钟频率，这可以避免内部计数器中的溢出并导致单线信号失真。

IR_DEC_SET IR 数据解码设置寄存器	地址= 1038H							复位值 = 0x00H
	HEADER_EN	DOUT_REV	DIN_TYP	DIN_DB		DEC_CLK_SEL		
位	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	R/W	R/W	R/W	R/W		R/W		

HEADER_EN [7]	HEADER输入数据: 0 : 无HEADER 1 : 有HEADER
DOUT_REV [6]	IR解码输出数据反向: 0 : 首个输入数据是LSB 1 : 首个输入数据MSB
DIN_TYP [5]	输入数据类型: 0 : 数据类型1: 下降到上升沿: 占空比> 50% -> Din = 0; 占空比< 50% -> Din = 1 1 : 数据类型2: 下降到上升沿: 占空比> 50% -> Din = 1; 占空比< 50% -> Din = 0
DIN_DB_SEL [4:3]	输入数据去抖时间选择: 00 : 0 ns 01 : 250 ns 10 : 500 ns 11 : 1000 ns
DEC_CLK_SEL [2:0]	数据解码时钟频率选择: 000 : 24 MHz 001 : 16 MHz 010 : 8 MHz 011 : 6 MHz 100 : 3 MHz 101: 2 MHz

表 23.1.1 : IR 数据解码设置寄存器

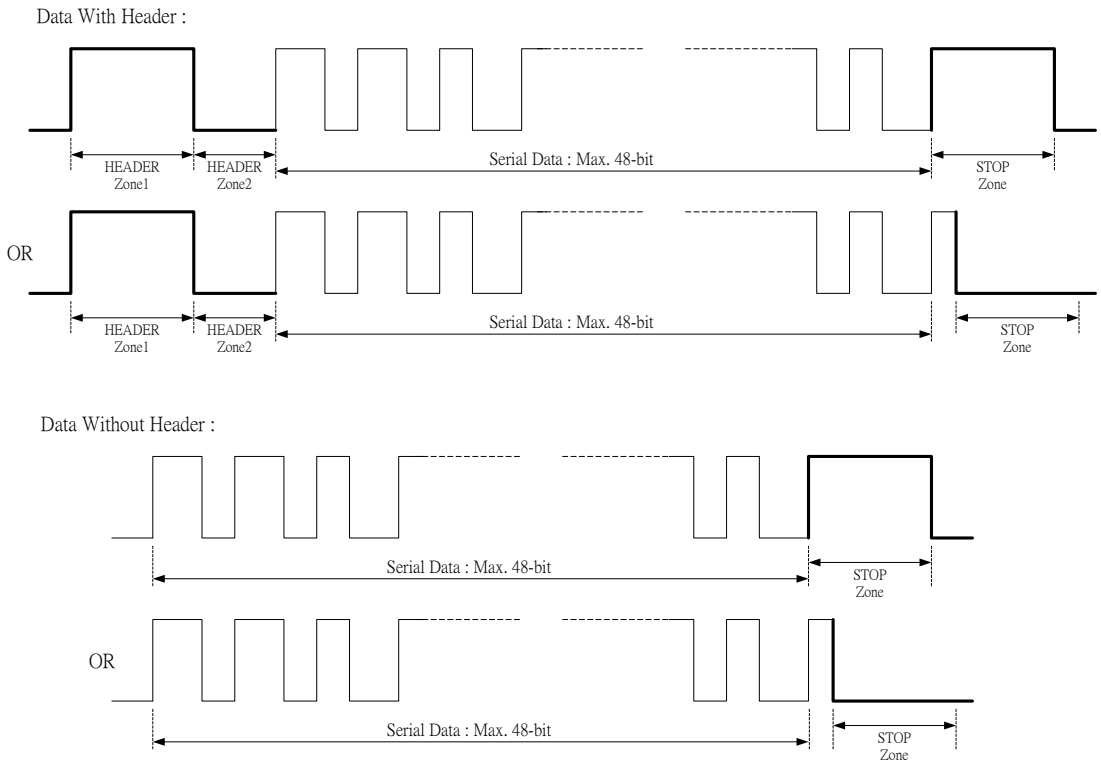
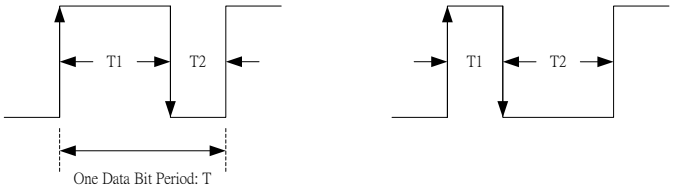


图 23.1.1 : 头和停止信号表述

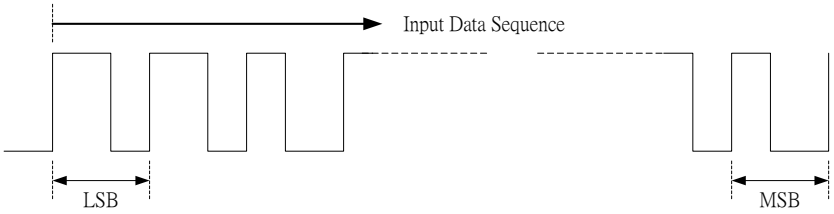
IR_DEC_SET[5] (DIN_TYP) = 1 : Data Type 2



T1 > T/2 : Data = 0　　T1 < T/2 : Data = 1

图 23.1.2 : 输入数据类型选择

IR_DEC_SET[6] (DOUT_REV) = 0 : first input data is LSB



IR_DEC_SET[6] (DOUT_REV) = 1 : first input data is MSB

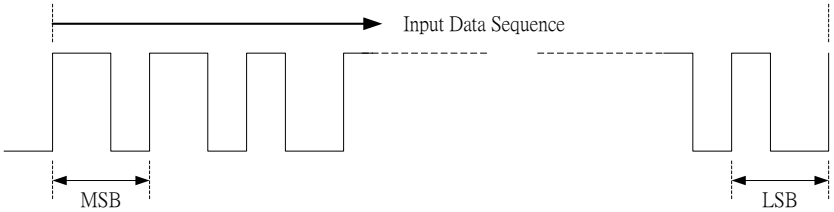


图 23.1.3 : 输出数据反向选择

23.2. IR_DEC_CTRL (IR 数据解码控制寄存器)

可以从 IR1 或 IR2 中选择单线信号输入，设置方法如表 23.2.1 中 IR_DEC_CTRL 寄存器（IRIN_SEL）的位[6]所示。当 IR_DEC_EN（表 23.2.1 位[7]）设置为“1”时，将开始对输入信号进行解码。当单线信号解码完成时，IRDEC_OK 标志将被设置为“1”，解码后的数据将被放入 IR 解码输出寄存器（表 23.6.1）。用户必须将“1”写入 IRDEC_OK_CLR（表 23.2.1 bit[0]），才能将 IRDEC_OK 标志清除为“0”。

IRDEC_CTRL IR 数据解码控制寄存器	地址= 1039H					复位值 = 0x00H		
	IR_DEC_EN	IRIN_SEL	---	IRDEC_OK	---	---	---	IRDEC_OK_CLR
位	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	R/W	R/W	---	R/W	---	---	---	W

IRDEC_EN [7]	IR解码使能: 1 : 使能IR解码
IRIN_SEL [6]	IR解码数据输入选择: 0 : IR解码数据从引脚CH3输入 1 : IR解码数据从引脚CH7输入
IRDEC_OK [4]	IR输入解码OK标志: 1 : IR 输入解码完成。 写 “1” 到 IRDEC_OK_CLR 位来清零.
IRDEC_OK_CLR [0]	清零 IR 解码 OK 标志: 1 : 写 “1” 来清零 IRDEC_OK 标志.

Table 23.2.1 : IR Data Decoder Control Register

23.3. IR_HEADER_Z1 (IR 数据头区域 1 周期寄存器)

IR_HEADER_Z1_L IR 数据头区域 1 周期寄存器低字节	地址= 103AH					复位值 = 0x80H		
	IR_HEADER_Z1[7:0]							
位	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W

IR_HEADER_Z1_H IR 数据头区域 1 周期寄存器高字节	地址= 103BH					复位值 = 0xBBH		
	IR_HEADER_Z1[15:8]							
位	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W

表 23.3.1 : IR 数据头区域 1 周期寄存器

23.4. IR_HEADER_Z2 (IR 数据头区域 2 周期寄存器)

IR_HEADER_Z2_L	地址= 103CH	复位值 = 0x00H

IR 数据头区域 2 周期寄存器低字节

位	IR_HEADER_Z2[7:0]							
	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W

IR_HEADER_Z2_H	地址= 103DH	复位值 = 0x7DH

IR 数据头区域 2 周期寄存器高字节

位	IR_HEADER_Z2[15:8]							
	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W

表 23.4.1 : IR 数据头区域 2 周期寄存器

23.5. IR_STOP_Z (IR 数据停止区域周期寄存器)

IR_STOP_Z_L	地址= 103EH	复位值 = 0x80H

IR 数据停止区域周期寄存器低字节

位	IR_STOP_Z[7:0]							
	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W

IR_STOP_Z_H	地址= 103FH	复位值 = 0xBBH

IR 数据停止区域周期寄存器高字节

位	IR_STOP_Z[15:8]							
	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W

Table 23.5.1 : IR 数据停止区域周期寄存器

23.6. IR_DOUT0~IR_DOUT5 (IR 解码输出寄存器 Byte0 ~ Byte5)

IR_DOUT0 地址= 1040H 复位值 = 0x00H

IR 解码输出数据字节 0

位	IR_DOUT [7:0]							
	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	R	R	R	R	R	R	R	R

IR_DOUT1 地址= 1041H 复位值 = 0x00H

IR 解码输出数据字节 1

位	IR_DOUT [15:8]							
	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	R	R	R	R	R	R	R	R

IR_DOUT2 地址= 1042H 复位值 = 0x00H

IR 解码输出数据字节 2

Bit	IR_DOUT [23:16]							
	7	6	5	4	3	2	1	0
Type	R	R	R	R	R	R	R	R

IR_DOUT3 地址= 1043H 复位值 = 0x00H

IR 解码输出数据字节 3

位	IR_DOUT [31:24]							
	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	R	R	R	R	R	R	R	R

IR_DOUT4 地址= 1044H 复位值 = 0x00H

IR 解码输出数据字节 4

位	IR_DOUT [23:16]							
	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	R	R	R	R	R	R	R	R

IR_DOUT5 地址= 1045H 复位值 = 0x00H

IR 解码输出数据字节 5

位	IR_DOUT [31:24]							
	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	R	R	R	R	R	R	R	R

表 23.6.1 : IR 解码输出寄存器 Byte0 ~ Byte5

24. 软件复位

CGF002A 支持软件复位功能，可按用户方式复位系统。开启软件复位功能前必须释放软件复位密钥。 软件复位的 XSFR 如表 24.1 所示。

XSFR	描述	地址	复位值
SOFT_RST_KEY	软件复位密钥寄存器	1028H	00H
SOFT_RST_EN	软件复位使能寄存器	1029H	00H

表 24.1 : 软件复位 XSFR 表

24.1. SOFT_RST_KEY (软件复位密钥寄存器)

SOFT_RST_KEY 地址= 1028H 复位值 = 0x00H

软件复位密钥寄存器

位	SOFT_RST_KEY [7:0]							
	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W

软件复位控制密钥，必须写入三个特定的值AAH, 55H和A5H到SOFT_RST_KEY，使能SOFT_RST_EN才可写入。

顺序是 :

MOV SOFT_RST_KEY, #AAh
MOV SOFT_RST_KEY, #55h
MOV SOFT_RST_KEY, #A5h

24.2. SOFT_RST_EN (软件复位使能寄存器)

SOFT_RST_EN 地址= 1029H 复位值 = 0x00H

软件复位使能寄存器

位	SRST_EN	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	W	X	X	X	X	X	X	X

SRST_EN 软件复位使能:

0 : 禁止软件复位.

1 : 使能软件复位.

25. 电机驱动引擎(MDE)

25.1. MDE 架构

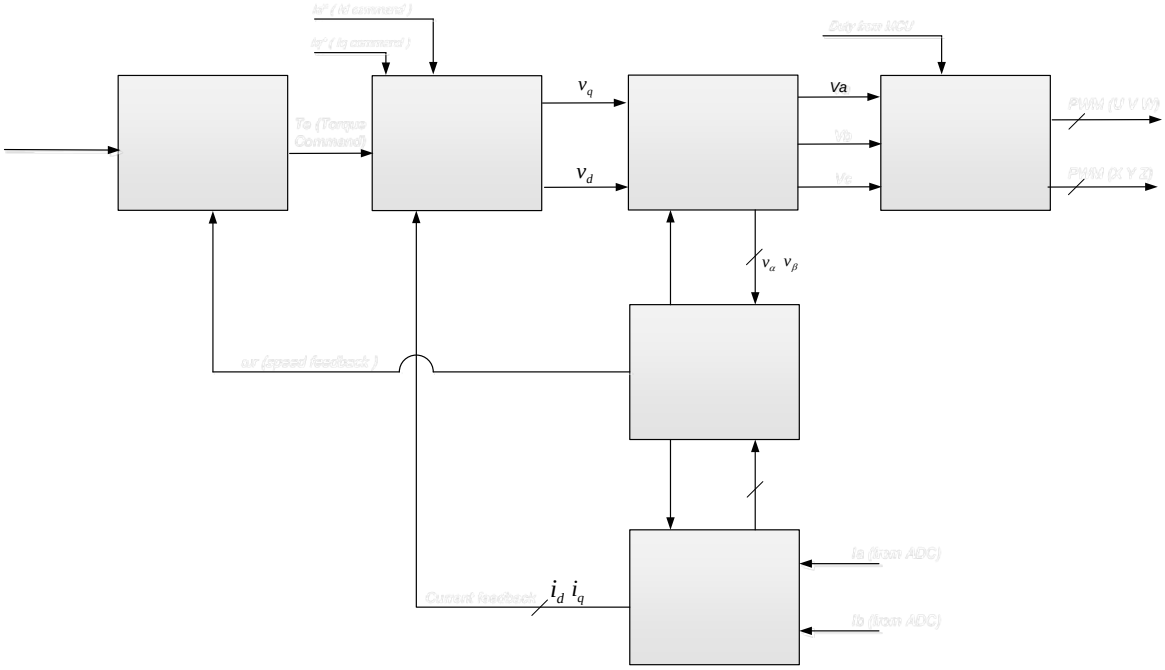


图 25.1 : MDE 架构

CGF0X2AXX 支持 PMSM 磁场定向控制和 FOC 控制，架构描述如图 25.1 所示，其中包含 6 个控制块，包括速度控制环、电流控制环、SMO 转子位置估算、SVPWM 引擎、坐标变换和逆坐标变换。

首先，通过坐标变换块将三相直流电机的 ia 和 ib 相电流信号转换为静止参考框架形式的 iα 和 iβ 信号。同时，控制电压 Vd 和 Vq 也通过逆坐标变换块转换为静止参考坐标系形式。在 SMO 转子位置估计块中使用 Vα、Vβ 信号、这些静止参考坐标系信号 iα、iβ、Vα 和 Vβ 来估算电机转子位置信号 θr 和转速信号 ωr。

在速度控制环模块中，速度指令 ωs 和估算的速度信号 ωr 用于通过速度控制定律计算转矩控制量 Te。Te 也是电流控制换模块的电流指令，使用估算的电机转子位置信号 θr，在坐标变换块中，将静止参考系电流信号转换为同步参考系电流电流信号 Id 和 Iq，作为电流控制换的反馈信号，该指令和反馈电流通过电流控制定律计算电压控制量 Vd 和 Vq，然后通过逆坐标变换块将电压控制量 Vs 和 Vq 转换为三相电机控制相电压 Va、Vb 和 Vc。

SVPWM 引擎产生频率转换电路的脉宽调制信号 PWM_{UVW} 和 PWM_{XYZ}。各区块的详细控制功能说明将在以下章节中详细说明。

25.2. 坐标变换模块

25.2.1. 坐标变换模块架构

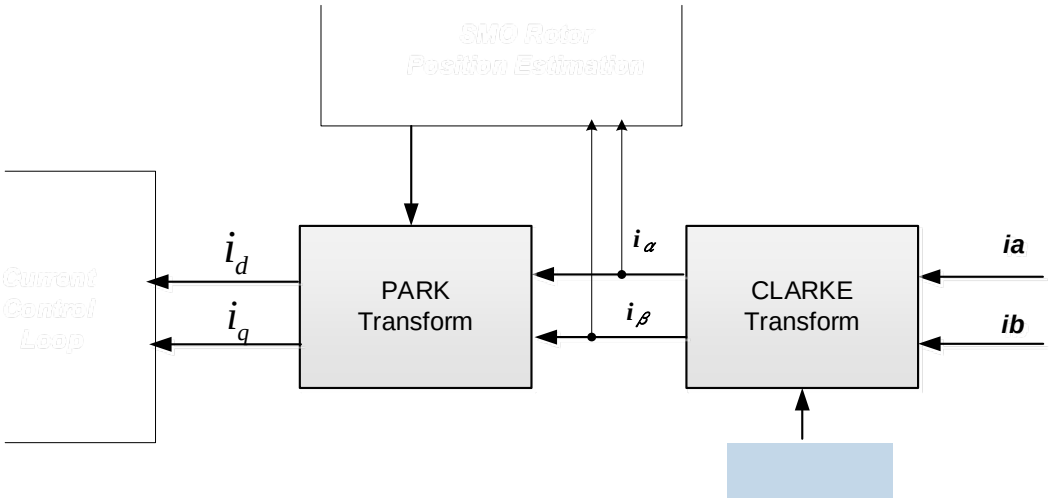
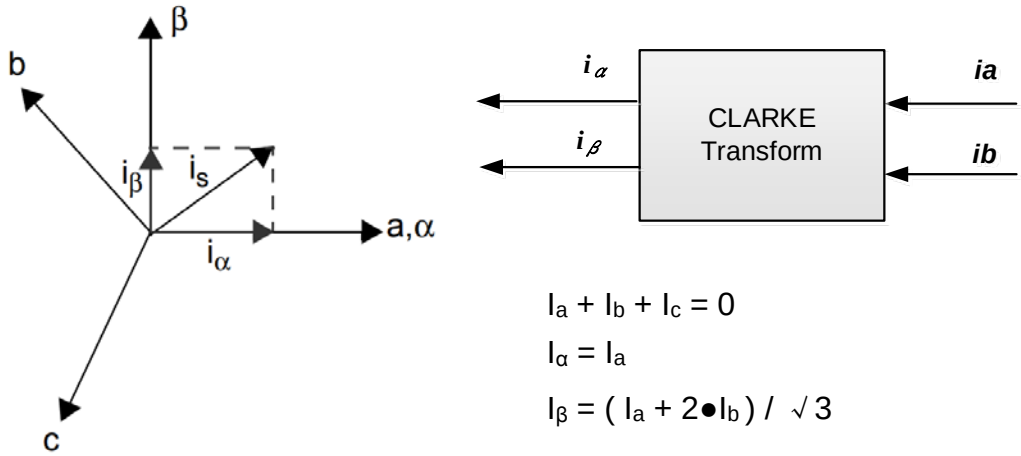


图 25.2.1 : 坐标变换模块架构

25.2.2. 克拉克（Clarke）变换

第一个坐标变换称为 Clarke 变换，将以定子为基准的三轴二维坐标系移动到两轴系统上，保持相同的基准（见图 25.2.2，其中 ia、ib 和 ic 是单独的相电流）。



$I_a + I_b + I_c = 0$

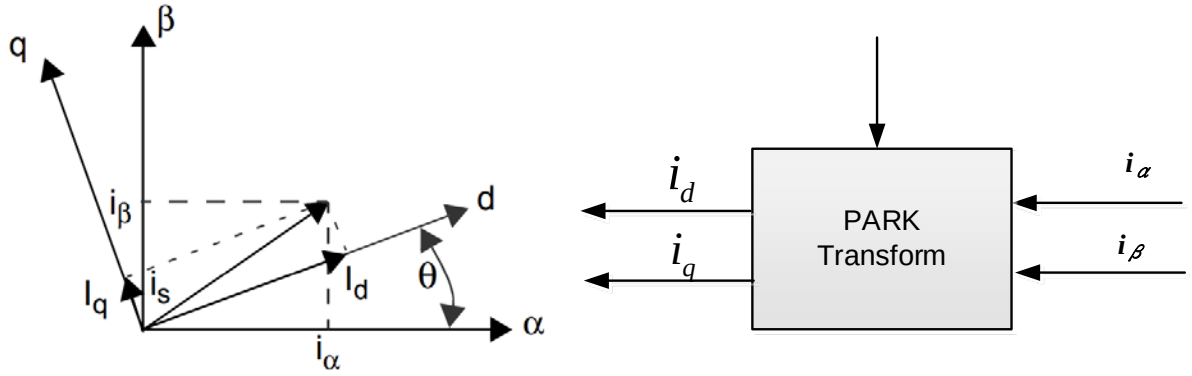
$I_\alpha = I_a$

$I_\beta = (I_a + 2 \bullet I_b) / \sqrt{3}$

图 25.2.2 : Clarke 变换

25.2.3. 帕克（Park）变换

在这一点上，定子电流表示在一个双轴正交系统上，该系统的轴称为 α-β。下一步是转换为另一个与转子磁通一起旋转的双轴系统。该变换使用 PARK 变换，如图 25.2.3 所示。这个双轴旋转坐标系被称为 d-q 轴。θ 表示转子角度。



$$Id = I\alpha \bullet \cos\theta_r + I\beta \bullet \sin\theta_r$$
$$Iq = -I\alpha \bullet \sin\theta_r + I\beta \bullet \cos\theta_r$$

图 25.2.3 : Park 变换

25.2.4. 坐标变换模块的描述和设置

ESTCR 控制寄存器在 FOCCONT[6:4]（地址：D6H）中，当进入 SMO 转子位置估算模块时，ESTCR 可以设置 iα 和 iβ 的缩放比。请参阅下表中的 ESTCR 说明。

FOCCONT FOC 控制寄存器	地址= D6H				复位值 = 0x00H		
位	PI CLEAR	ESTCR		INV ADCD	ADC TRIG	PLL EN	SPEED EN
		6	5	4			
类型		R/W	R/W	R/W			

ESTCR [6:4]	Iα 和 Iβ 电流缩放比例(给 SMO 转子位置估算模块)	
	000 : 电流值 X1	100 : 电流值/2
	001 : 电流值 X2	101 : 电流值/4
	010 : 电流值 X4	110 : 电流值/8
	011 : 电流值 X8	111 : 电流值/16

表 25.2.1 : ESTCR SFR

在坐标变换模块中，可以通过 XSFR 的 IA, IB, IALPHA 和 IBETA 来观察 ia, ib, iα 和 iβ 电流值；iq 和 id 当前值可以通过 PI_ FB SFR 的页面 0 和页面 1 来观察。

对于 SFR 页面中的相关读取过程，首先设置信号所在的 SFR_PAGE（SFR Address=ECH），然后读取相应位置的 SFR 数据以读取信号值。

读取过程如下：
（1）读取 Ia 信号值：直接读取 XSFR IA 内容（地址=1060H/1061H）

（2）读取 Ib 信号值：直接读取 XSFR IB 内容（地址=1058H/1059H）
（3）读取 iα 信号值：直接读取 XSFR IALPHA 内容（地址=1062H/1063H）

（4）读取 Iβ 信号值：直接读取 XSFR IBETA 内容（地址=105AH/105BH）

（5）读取 iq 信号值：
步骤 1：设置 SFR_PAGE=0（地址=ECH）
步骤 2：读取 PI_FB 的 IQ_FB SFR 值（地址=AEH/AFH）

（6） 读取 Id 信号值：
步骤 1：设置 SFR_PAGE=1（地址=ECH）
步骤 2：读取 PI_FB 的 ID_FB SFR 值（地址=AEH/AFH）

请参阅表 25.2.2 和表 25.2.3 中的 XSFR 和 SFR 说明。

XSFR	描述	地址	特征
IA_L	A相电流（Ia）的ADC输出低字节	1060H	只读
IA_H	A相电流（Ia）的ADC输出高字节	1061H	只读
IALPHA_L	CLARKE变换的α轴电流（iα）低字节	1062H	只读
IALPHA_H	CLARKE变换的α轴电流（iα）高字节	1063H	只读
IB_L	B相电流（Ib）的ADC输出低字节	1058H	只读
IB_H	B相电流（Ib）的ADC输出高字节	1059H	只读
IBETA_L	CLARKE变换的β轴电流（iβ）低字节	105AH	只读
IBETA_H	CLARKE变换的β轴电流（iβ）高字节	105BH	只读

表 25.2.2 : 坐标变换模块信号观察

SFR	描述		地址
PI_FB_L	PI 控制反馈数据寄存器低字节		AEH
PI_FB_H	PI 控制反馈数据寄存器高字节		AFH
	参数	描述	
SFR_PAGE = 0	IQ_FB	PARK 变换的 q 轴电流(Iq)	只读
SFR_PAGE = 1	ID_FB	PARK 变换的 d 轴电流(Id)	只读

表 25.2.3 : Id 和 Iq 信号观察

25.3. 电流控制环模块

25.3.1. 电流控制环模块框图

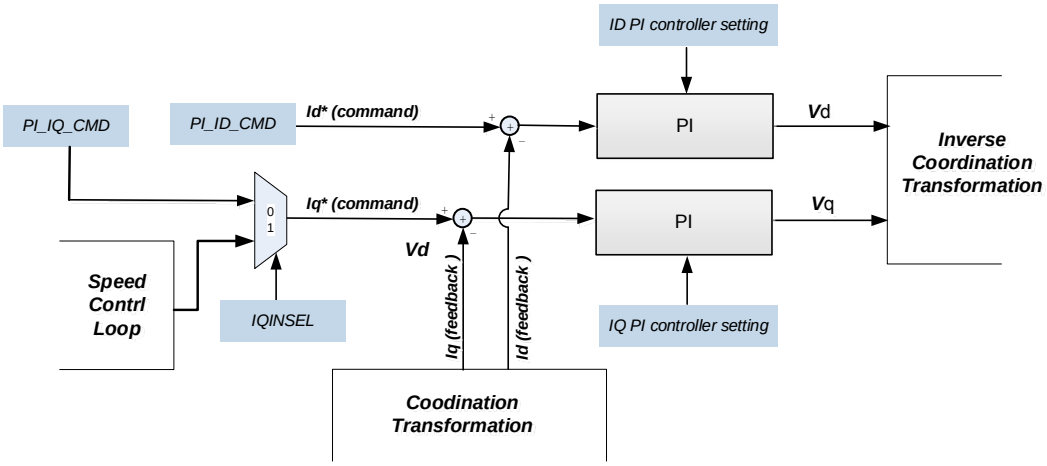


图 25.3.1 : 电流控制环模块框图

25.3.2. 电流控制环模块描述和设置

电流控制环模块由一个多路复用器和两个 PI 控制器组成。多路复用器可以从输入的 SFR 或速度控制环模块设置 Iq 指令（Iq*）源。两个 PI 控制器是 d 轴电流环 PI 控制器和 q 轴电流环 PI 控制器，其功能是设置和调整 Id 和 Iq 电流响应。PI 控制器的相关功能和架构将在第 25.8 章 PI 控制器中详细解释。

Id 指令（Id*）由 Id_PI_CMD SFR 设置。对于相关的读取过程，首先设置信号所在的 SFR_PAGE=1（SFR 地址=ECH），然后设置 PI_CMD（SFR 寻址=A6/A7H）位置。访问并设置 Id 指令（Id*）。

Iq 指令（Iq*）可由 IQINSEL SFR 寄存器（见表 25.3.1）选择，用于**扭矩**或**速度控制**。当 IQINSEL=0 时，为电机扭矩控制，由 IQ_PI_CMD SFR 设置。对于相关的读取过程，首先设置信号所在的 SFR_PAGE=0（SFR Address=ECH），然后设置 PI_CMD（见表 25.3.2）位置以访问和设置 Iq 指令（Iq*）的扭矩控制 Iq 指令。当 IQINSEL=1 为电机速度控制时，Iq 指令（Iq*）从速度控制环模块输出连接到 Iq-PI 控制电流环输入，以执行速度控制。

请参阅下表中的 SFR 说明。

MOTOR_CONT1 电机控制寄存器 1	地址= BFH					复位值 = 0x00H		
位	SD MODE	MPWM DUSEL	MPWM EN	IQINSE 4	FOC ANGSEL	USER_PI _ACT	GEN_LPF_ ACT	SPFB FILTER
类型				R/W				

IQINSEL [4]	IQ 电流环 PI 控制输入选择 0 : 来自 IQ_PI_CMD SFR (SFR_PAGE = 0 & SFR 地址= A6/A7 H) 1 : 来自速度控制环输出 (速度 PI 控制输出)

表 25.3.1 : IQINSEL SFR

SFR	描述		地址
PI_CMD_L	PI 控制指令数据低字节		A6H
PI_CMD_H	PI 控制指令数据高字节		A7H
	参数	描述	复位值
SFR_PAGE = 0	IQ_PI_CMD	IQ PI 控制的指令值	0x0000H
SFR_PAGE = 1	ID_PI_CMD	ID PI 控制的指令值	0x0000H

表 25.3.2 : 电流环 IQ / ID PI 控制指令

25.4. 逆坐标变换模块

25.4.1. 逆坐标变换模块框图

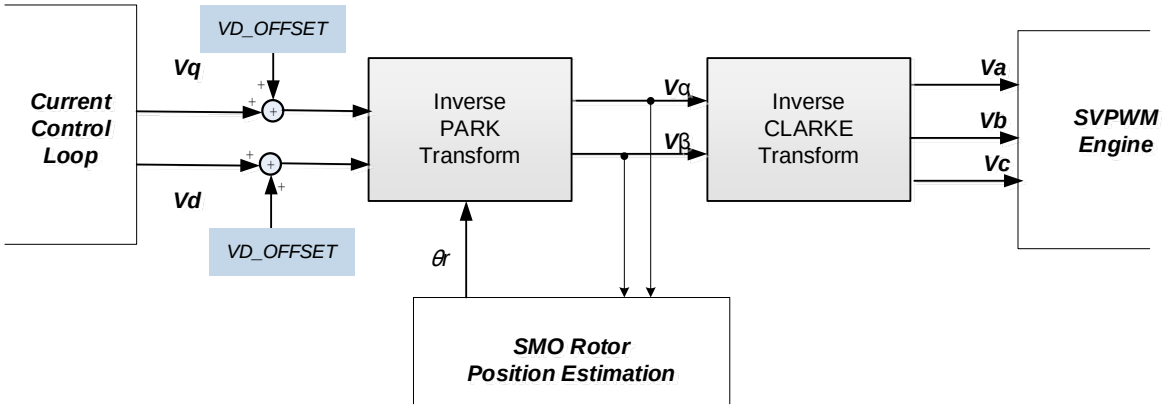


图 17.4.1 : 逆坐标变换模块框图

25.4.2. PARK 逆变换

在 PI 迭代之后，在旋转的 d-q 轴上有两个电压分量矢量。您需要经过互补逆变换才能回到三相电机电压。首先，从双轴旋转 d-q 坐标系变换为双轴静止坐标系 α-β。该变换使用 Park 逆变换，如图 25.4.2 所示。

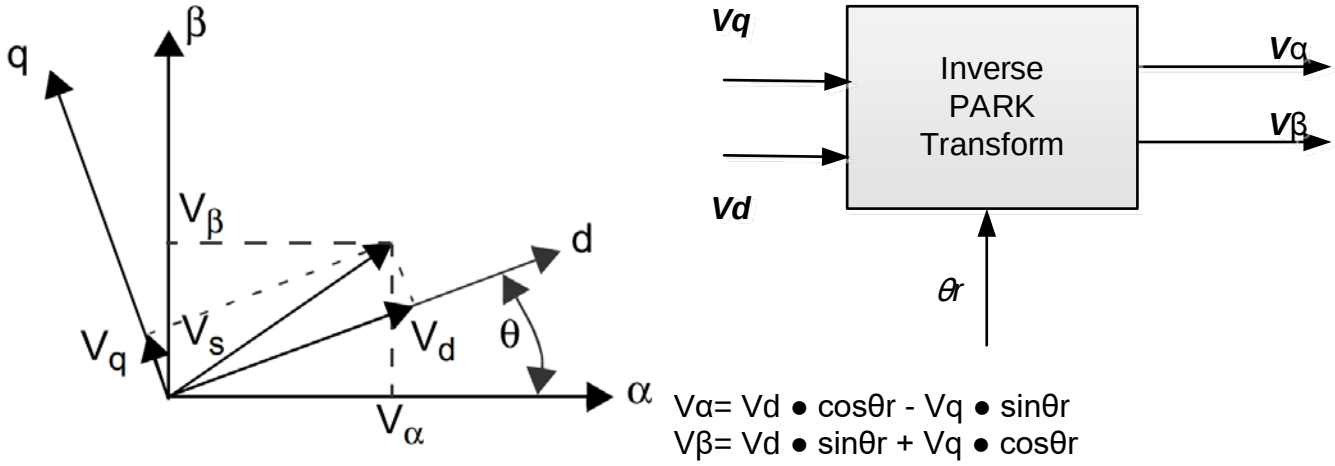


图 25.4.2 : PARK 逆变换

25.4.3. CLARKE 逆变换

下一步是将定子的固定双轴 α-β 坐标系转换为固定三轴三相参考坐标系。从数学上讲，这种变换是通过 CLARKE 逆变换完成的，如图 25.4.3 所示。

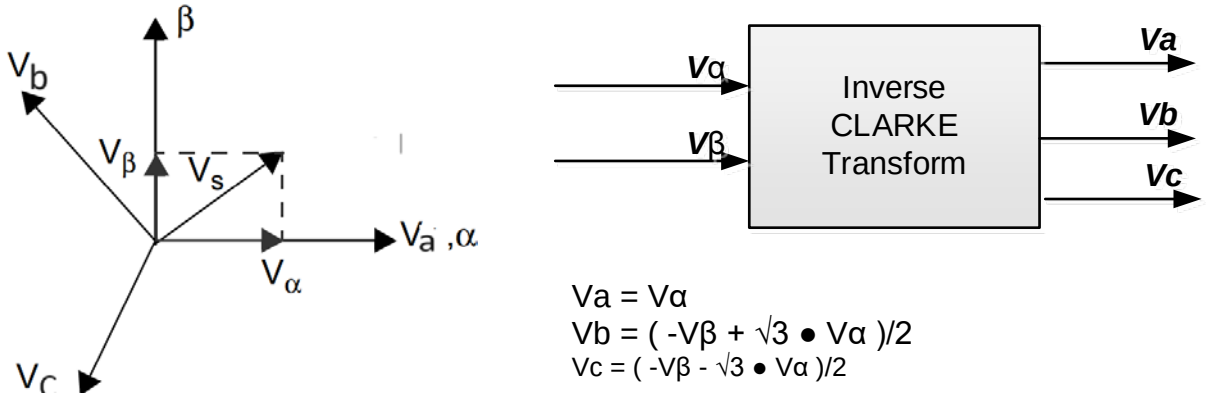


图 25.4.3 : CLARKE 逆变换

25.4.4. 逆坐标变换模块描述和设置

在逆坐标变换模块中，可以通过 XSFR Va、Vb、VALPHA 和 VBETA 来观察 Va、Vb、Vα、Vβ 值；可以通过 PI_OUT SFR 的页面 0 和页面 1 来观察 Vq 和 Vd 电压值。

对于 SFR 页面中的相关读取过程，首先设置信号所在的 SFR_PAGE（SFR Address=ECH），然后读取相应的 SFR 位置数据以读取信号值。

读取过程如下:

(1) 读 Vq 信号值 :
步骤 1 : 设置 SFR_PAGE = 0(地址=ECH)
步骤 2 : 读 PI_OUT 的 IQ_PI_OUT SFR 值(地址= ACH / ADH)

(2) 读 Vd 信号值 :
步骤 1 : 设置 SFR_PAGE = 1(Address=ECH)
步骤 2 : 读 PI_OUT 的 ID_PI_OUT SFR 值 (地址= ACH / ADH)

(3) 读 Vα 信号值 : 直接读 XSFR VALPHA 内容 (地址= 1064H / 1065H)

(4) 读 Vβ 信号值 : 直接读 XSFR VBETA 内容(地址= 105CH / 105DH)

(5) 读 Va 信号值 : 直接读 XSFR VA 内容(地址= 1066H / 1067H)

(6) 读 Vb 信号值 : 直接读 XSFR VB 内容(地址 = 105EH / 105FH)

请参阅表 25.4.1 和表 25.4.2 中的 XSFR 和 SFR 说明。

XSFR	描述	地址	特征
VALPHA_L(读)	α轴定子电压数据寄存器低字节	1064H	只读
VALPHA_H(读)	α轴定子电压数据寄存器高字节	1065H	只读
VA_L(读)	相位A驱动电压数据寄存器低字节	1066H	只读
VA_H(读)	相位A驱动电压数据寄存器高字节	1067H	只读
VBETA_L(读)	β轴定子电压数据寄存器低字节	105CH	只读

VBETA_H(读)	β轴定子电压数据寄存器高字节	105DH	只读
VB_L(读)	相位B驱动电压数据寄存器低字节	105EH	只读
VB_H(读)	相位B驱动电压数据寄存器高字节	105FH	只读

表 25.4.1 : 逆坐标变换模块信号观察

SFR	**描述**		**地址**
PI_OUT_L	PI 控制输出数据低字节		ACH
PI_OUT_H	PI 控制输出数据低字节		ADH
	参数	**描述**	
SFR_PAGE = 0	IQ_PI_OUT	IQ 电流环的 PI 控制输出电压(Vq)	只读
SFR_PAGE = 1	ID_PI_OUT	ID 电流环的 PI 控制输出电压(Vd)	只读

表 25.4.2 : Vd and Vq 信号观察

在电流环模块输出信号 Vd 和 Vq 中，可以根据系统要求分别添加偏移量（Vd_OFFSET 和 Vq_OFFSET）。对于相关的读取过程，首先设置信号所在的 SFR_PAGE（SFR Address=ECH），然后设置 FOC_D（SFR Address=D4/D5H）位置以访问并执行偏移和控制。请参考下表中的 SFR 描述，见表 25.4.3。

SFR	**描述**		**地址**
FOC_D_L	FOC 控制数据低字节		D4H
FOC_D_H	FOC 控制数据高字节		D5H
	参数	**描述**	**复位值**
SFR_PAGE = 0	VD_OFFSET	d 轴电压偏移	0x0000H
SFR_PAGE = 1	VQ_OFFSET	q 轴电压偏移	0x0000H
SFR_PAGE = 3	AS	角度补偿数据	0x0000H
SFR_PAGE = 4	CPU_ANG	CPU角度数据寄存器	0x0000H
SFR_PAGE = 5	FOC_ANG	Park和Park逆变换角度输入 ※ **读: FOC 的Theta 角度.** **写: Theta 偏移.**	0x0000H
SFR_PAGE = 6	SVPWM_Amp	SVPWM变换的幅值	0x4000H

表 25.4.3 : FOC_D SFR

25.5. SMO 转子位置估算模块

25.5.1. SMO 转子位置估算模块框图

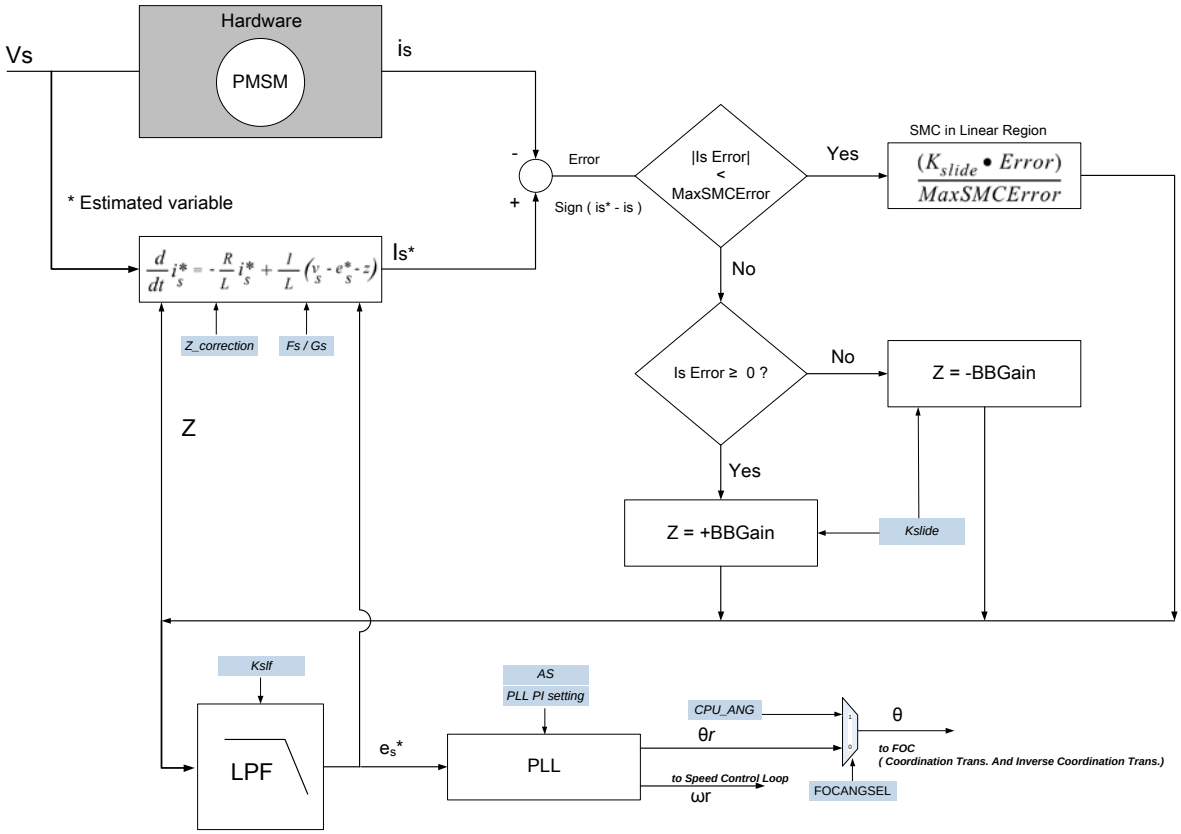


图 25.5.1 : SMO 转子位置估算模块框图

25.5.2. 用于 PMSM 的无感 FOC

该算法的一个重要部分是如何计算 FOC 所需的换向角。本节应用说明解释了换向角（θr）和电机速度（ωr）的估算过程。

无传感器控制技术通过在不使用位置传感器的情况下估算电机的位置来实现 FOC 算法。

基于测量的电流和计算的电压来估算电动机的位置和速度。

25.5.3. 电机模型

您可以使用直流电机的模型来估计 PMSM 的位置，该模型可以用绕组电阻、绕组电感和 BEMF 来表示，如图 25.5.2 所示。

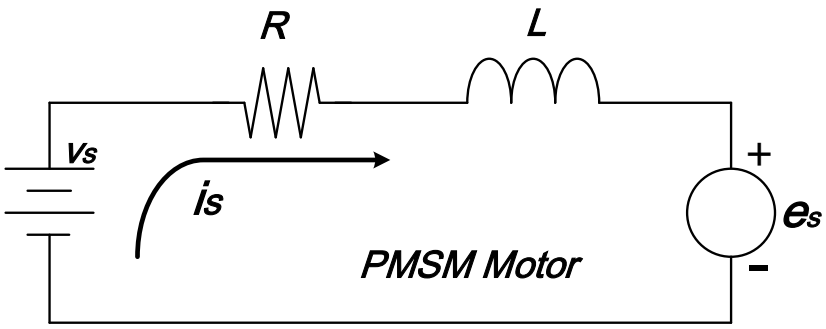


图 25.5.2 : 电机模型

根据电机模型，可以获得输入电压：

$$v_s = Ri_s + L\frac{d}{dt}i_s + e_s$$

Where:

i_s = Motor Current Vector
v_s = Input Voltage Vector
e_s = Back-EMF Vector
R = Winding Resistance
L = Winding Inductance
T_s = Control Period

Motor current is obtained by solving for i_s:

$$\frac{d}{dt}i_s = \left(-\frac{R}{L}\right)i_s + \frac{1}{L}(v_s - e_s)$$

In the digital domain, this equation becomes:

$$\frac{i_s(n+1) - i_s(n)}{T_s} = \left(-\frac{R}{L}\right)i_s(n) + \frac{1}{L}(v_s(n) - e_s(n))$$

Solving for i_s:

$$i_s(n+1) = \left(1 - Ts \bullet \frac{R}{L}\right)i_s(n) + \frac{T_s}{L}(v_s(n) - e_s(n))$$

$$F = 1 - Ts \bullet \frac{R}{L}$$

$$G = \frac{T_s}{L}$$

可以通过 Fs 和 Gs SRF 设置 F 和 G 参数（见表 25.5.1 和表 25.5.2）。

SFR	描述		地址
SMO_D1_L	FOC 控制数据 1 低字节		BBH
SMO_D1_H	FOC 控制数据 1 高字节		BCH
	参数	描述	
SFR_PAGE = 0	Gs	电机模型的 GS 参数	0x7FFFH
SFR_PAGE = 1	Kslide	角度估计的滑动模式增益参数	0x3E80H
SFR_PAGE = 2	SMO_ANGBAS	角度估计的角度基准参数	0x0B2FH
SFR_PAGE = 3	Z_correction	SMO Z增益校正: $Z_{gain(new)} = \frac{Z_{gain} \times Z_correction}{32767}$	0x7FFFH

SFR_PAGE = 4	SMO_ANG	SMO 角度估计值	只读
SFR_PAGE = 5	BBGain	角度估计的滑动模式Bang-Bang控制增益参数	0x7FFFH

表 25.5.1 : SMO_D1 SRF

SFR	**描述**		**地址**
SMO_D2_L	FOC 控制数据 2 低字节		BDH
SMO_D2_H	FOC 控制数据 2 高字节		BEH
	参数	**描述**	
SFR_PAGE = 0	F_S	电机模型的 FS 参数	0x7FFFH
SFR_PAGE = 1	Kslf	BEMF e_s 估计的 LPF 参数	0x0064H
SFR_PAGE = 3	MaxSMCError	线性区域 SMC 的最大 SMC 误差	0x7FFFH
SFR_PAGE = 4	EST-SP	ω* (PLL-PI-Control 的输出电压)	Read-Only

表 25.5.2 : SMO_D2 SRF

25.5.4. 电流观测

位置和速度估算器基于电流观测器。该观测器是电机的数字化模型。变量和常量包括：

(1) 电机相电流 (i_s)
(2) 输入电压 (v_s)
(3) BEMF (e_s)
(4) 绕组电阻 (R)
(5) 绕组电感（L）
(6) 控制周期（T_s)
(7) 输出校正系数电压 (z)

数字化模型提供硬件的软件表示。然而，为了匹配测量的电流和估算的电流，需要使用闭环对数字化电机模型进行校正，如图 25.5.1 所示。

考虑到两种电机表示，一种在硬件中（阴影区域），另一种在软件中，将相同的输入（V_s）输入两个系统，并将测量的电流（i_s）与模型中的估算电流（i_s*）相匹配，我们可以假设数字化模型中的 BEMF（e_s*）与电机中的 BEMF（e_s）相同。

滑动模式控制器具有一个极限值 MaxSMCError。当误差值小于 MaxSMCError 时，滑模控制器的输出在线性范围内工作，如图 25.5.1 中 PMSM 模块下的方程所示。K_{slide} 参数可通过 K_{slide} SRF 进行设置（见表 25.5.1）。

对于线性范围之外的误差值，滑动模式控制器的输出为（+BBGain）/（-BBGain），具体取决于误差的符号。

BBGain 参数可通过 BBGain SRF 进行设置（见表 25.5.1）。

滑动模式控制器（SMC）用于补偿数字化电机模型。SMC 由一个求和点组成，该求和点计算来自电机的测量电流和数字化电机模型的估算电流之间的误差符号。计算出的误差符号（+1 或-1）乘以 SMC 增益（K）。SMC 控制器的输出是校正系数（Z）。该增益被添加到来自数字化模型的电压项，并且该过程在每个控制周期重复，直到测量电流（i_s）和估计电流（i_s*）之间的误差为零（即，直到测量的电流和估计的电流匹配）。

25.5.5. BEMF 估算

在对数字化模型进行补偿后，您将获得输入电压（V_s）和电流（i_s*）具有相同可变值的电机模型。一旦数字化模型得到补偿，下一步是通过滤波校正系数（Z）来估算 BEMF（e_s*），如图 25.5.1 所示。BEMF 估算（e_s*）被反馈到模型，以在每个控制循环之后更新变量 e_s*。值 e_α 和 e_β（e_s 的矢量分量）用于估算 Theta 计算。

LPF（BEMF 低通滤波器）的截止频率可通过 Kslf SRF 进行设置（见表 25.5.2）。

25.5.6. 转子位置计算

PLL 将 e_α*和 e_β*作为输入信号，并使用 PI 控制来执行 θr 计算。PI 控制器的操作输出为 ω*。通过 SMO_ANGBAS 转换角度单位后（见表 25.5.1），得到 ωr。然后设计一个积分单元来计算 θr 并进行负反馈运算。详见图 25.5.3。PI 控制器的相关功能和架构将在第 25.8 章 PI 控制器中详细解释。

SMO_ANGBAS 单位换算公式如下：

SMO_ANGBAS = 384 ● 64 / (PWM_freq.) ●(motor pole/2/60)

SMO 转子位置估计块的计算时间将导致 θr 的时间延迟。AS（FOC_D 第 3 页，表 25.4.3）可用于角度补偿。其补偿范围为-128~127 度。CGF0X2AXX 角度计算为 384°/360°，见图 25.5.4。

FOC 的 θ（见图 25.5.1）设计有一个多路复用器，其选择信号为 FOCANGSEL（MOTOR_CONT1[3]，SFR 地址=BFH）。当 FOCANGSEL=1 时，FOC_ANG=CPU_ANG（FOC_D 第 4 页，表 25.4.3），如果 FOCANGSEL=0，则 FOC_ANG=θr 到 FOC（见图 25.5.1）。

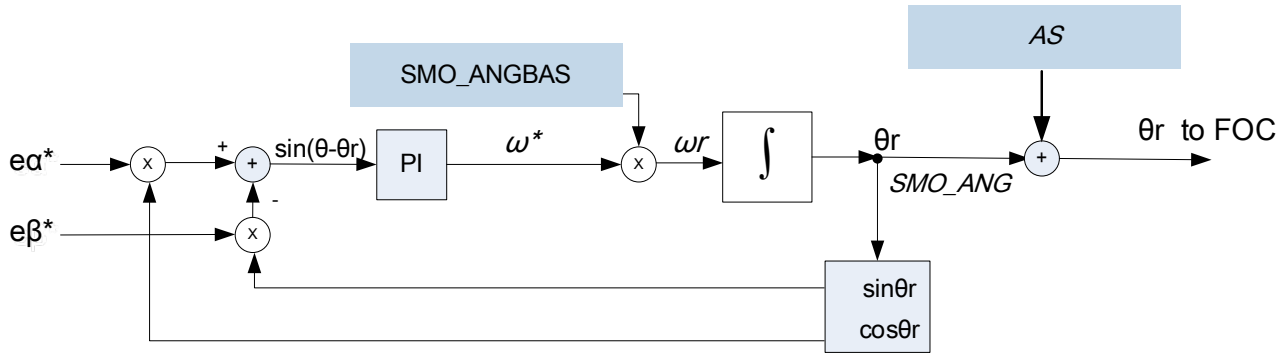


图 25.5.3 : PLL 架构

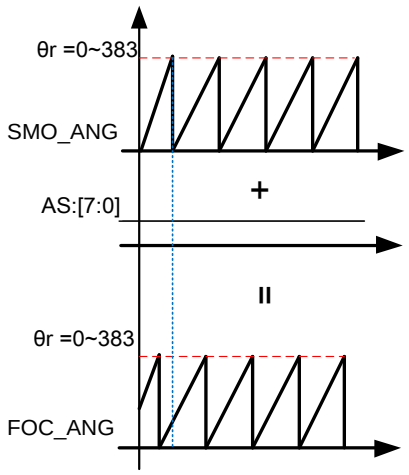


图 25.5.4 : 角度补偿

25.5.7. SMO 转子位置估算模块描述和设置

在逆坐标变换块中，可以通过 XSFR VA、VB、VALPHA 和 VBETA 来观察 Va、Vb、Vα、Vβ 值；可以通过 PI_OUT-SFR 的页面 0 和页面 1 来观察 Vq 和 Vd 电压值。

在 SMO 转子位置估算模块中，可以通过 XSFR ZALPHA、ZBETA、ES_IALPHA、ES_IBETA、ES_EALPHA 和 ES_EBETA 来观察 Zα、Zβ、iα*、iβ*、eα*和 eβ*信号状态。请参阅表 25.5.3 中的 XSFR 说明。θr 和 ω*可以通过两个 SFR 地址 SMO_D1 和 SMO_D2 来观察。

对于相关的读取过程，首先设置信号所在的 SFR_PAGE（SFR 地址=ECH），然后读取相应的 SMO_D1 或 SMO_D2 位置数据以读取信号值。

XSFR	描述	地址	特征
ZALPHA_L	EEMF的Z增益 Zα 数据寄存器低字节	1070H	只读
ZALPHA_H	EEMF的Z增益 Zα 数据寄存器高字节	1071H	只读
ZBETA_L	EEMF的Z增益 Zβ 数据寄存器低字节	1068H	只读
ZBETA_H	EEMF的Z增益 Zβ 数据寄存器高字节	1069H	只读
ES_IALPHA_L	估算电流Iα 数据寄存器低字节	1072H	只读
ES_IALPHA_H	估算电流Iα 数据寄存器高字节	1073H	只读
ES_EALPHA_L	估算EEMF Eα 数据寄存器低字节	1074H	只读
ES_EALPHA_H	估算EEMF Eα 数据寄存器高字节	1075H	只读
ES_IBETA_L	估算电流Iβ 数据寄存器低字节	106AH	只读
ES_IBETA_H	估算电流Iβ 数据寄存器高字节	106BH	只读
ES_EBETA_L	估算EEMF Eβ 数据寄存器低字节	106CH	只读
ES_EBETA_H	估算EEMF Eβ 数据寄存器高字节	106DH	只读

表 25.5.3 : BEMF 估算信号观察

读取过程如下所示：

(1) 读取 Zα 信号值: 直接读 XSFR ZALPHA (地址= 1070H / 1071H)

(2) 读取 Zβ 信号值 : 直接读 XSFR ZBETA (地址= 1068H / 1069H)

(3) 读取 iα* 信号值 : 直接读 XSFR ES_IALPHA (地址= 1072H / 1073H)

(4) 读取 iβ* 信号值 : 直接读 XSFR ES_IBETA(地址= 106AH / 106BH)

(5) 读取 eα* 信号值 : 直接读 XSFR ES_EALPHA(地址= 1074H / 1075H)

(6) 读取 eβ* 信号值 : 直接读 XSFR ES_EBETA(地址= 106CH / 106DH)

(7) 读取 θr 信号值 :
步骤 1 : 设置 SFR_PAGE = 4(地址=ECH)
步骤 2 : 读 SMO_D1 的 SMO_ANG SFR 值(地址= BCH / BBH)

(8) 读取 ω* 信号值 :
步骤 1 : 设置 SFR_PAGE = 4(地址=ECH)
步骤 2 : 读 SMO_D2 的 EST-SP SFR 值(地址= BEH / BDH)

25.6. SVPWM 引擎模块

25.6.1. SVPWM 引擎模块框图

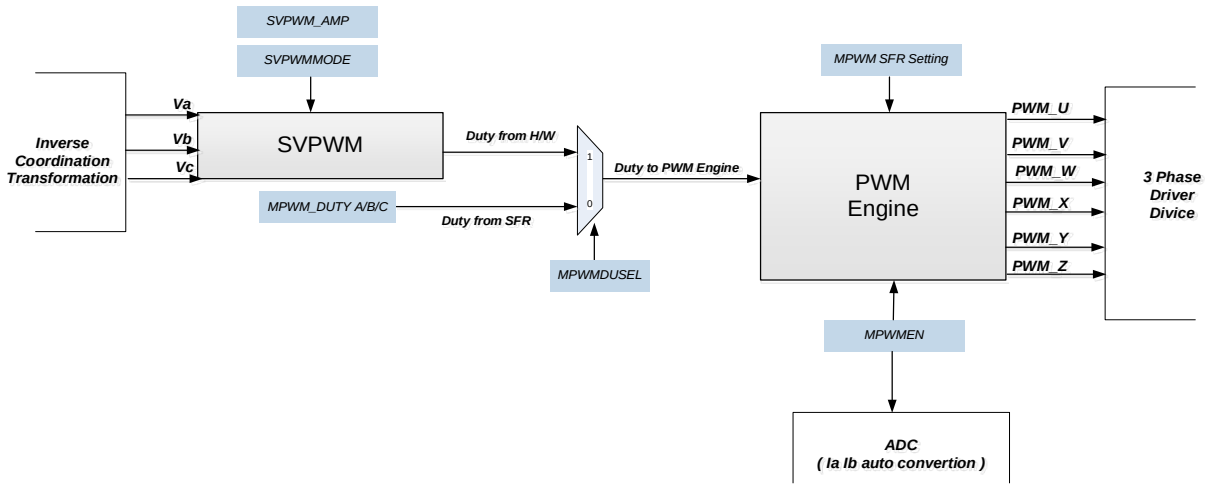


图 25.6.1 : SVPWM 引擎模块框图

25.6.2. SVPWM 引擎模块描述

矢量控制过程中的最后一步是生成用于三相电动机电压信号的脉冲宽度调制信号。如果使用空间矢量脉宽调制（SVPWM）技术，则生成三相中每个相的脉宽的过程将简化为几个简单的方程。在该实现中，Clarke 逆变换被折叠到 SVPWM 例程中，这进一步简化了计算。

三个逆变器输出中的每一个都可以处于两种状态中的一种。逆变器输出可以连接到正（+）总线或负（-）总线，这允许 23=8 种可能的输出状态，如表 25.6.1 所示。

所有三个输出端连接到正（+）总线或负（-）总线的两个状态被认为是零状态，因为在任何相位上都没有线间电压。这些状态绘制在 SVM 星形的原点处。其余六个状态表示为矢量，每个状态之间旋转 60 度，如图 25.6.2 所示。

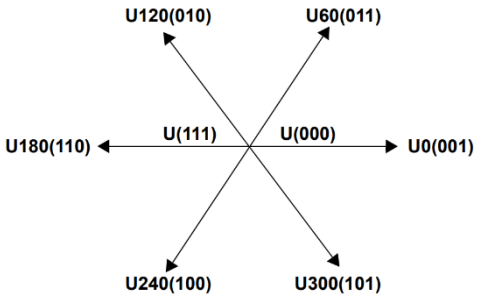


图 25.6.2 : 空间矢量脉宽调制 (SVPWM)

SVM 的过程允许通过两个相邻向量的分量之和来表示任何结果向量。在图 25.6.3 中，U_{OUT} 是所需的结果。它位于 U60 和 U0 之间的扇区中。如果在给定的 PWM 周期 T 期间，T1/T 输出为 U0，T2/T 输出为 U60，则该周期的平均值将是 U_{OUT}。

T0 = Null Vector

T = T1 + T2 + T0 = PWM Period

UOUT = (T1/T • U0) + (T2/T • U60)

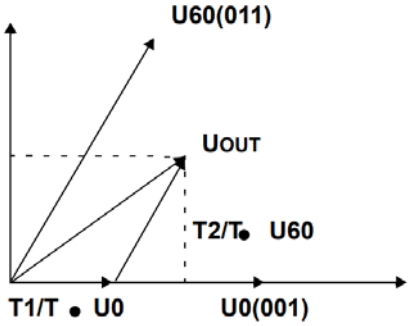


图 25.6.3 : 平均 SVPWM

T0 表示没有有效电压施加到绕组中的时间，也就是应用空向量的情况。通过使用修改的 Clark 逆变换，可以在不需要额外计算的情况下提取 T1 和 T2 的值。如果反转 Vα 和 Vβ，则会生成一个参考轴，该参考轴与 SVM 星偏移 30 度。因此，对于六个分段中的每一个，一个轴与该分段正好相反，而其他两个轴对称地约束该分段。沿着这两个边界轴的矢量分量的值等于 T1 和 T2。

Phase C	Phase B	Phase A	V_{ab}	V_{bc}	V_{ca}	V_{ds}	V_{qs}	Vector
0	0	0	0	0	0	0	0	U(000)
0	0	1	V_{DC}	0	$-V_{DC}$	$2/3V_{DC}$	0	U_0
0	1	1	0	V_{DC}	$-V_{DC}$	$V_{DC}/3$	$V_{DC}/3$	U_{60}
0	1	0	$-V_{DC}$	V_{DC}	0	$-V_{DC}/3$	$V_{DC}/3$	U_{120}
1	1	0	$-V_{DC}$	0	V_{DC}	$-2V_{DC}/3$	0	U_{180}
1	0	0	0	$-V_{DC}$	V_{DC}	$-V_{DC}/3$	$-V_{DC}/3$	U_{240}
1	0	1	V_{DC}	$-V_{DC}$	0	$V_{DC}/3$	$-V_{DC}/3$	U_{300}
1	1	1	0	0	0	0	0	U(111)

表 25.6.1 : 空间矢量脉宽调制逆变器状态

25.6.3. 7 段 SVPWM

默认情况下，MDE 设置为 7 段 SVPWM。选择 SVPWM 模式的控制信号为 SVPWMMODE（见表 17.6.2）。SVPWMMODE=0 时，MDE 设置为 7 段 SVPWM 模式。7 段 SVPWM 输出电压，如图 25.6.4 所示。

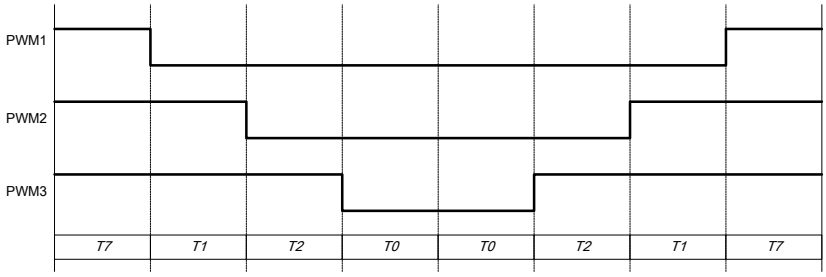


图 25.6.4 : 7 段 SVPWM 输出电压

MOTOR_CONT2			地址= 9FH			复位值 = 0x00H		
电机控制 2								
	----	----	----	SVPWM MODE	SVPWM PS	----	IAE SOFEN	----
位				4				

类型				R/W				
SVPWMMODE [4]	SVPWM 模式选择： 0 : 7 段 SVPWM 模式 1 : 5 段 SVPWM 模式							

表 25.6.2 : MOTOR_CONT2. SVPWMMODE SFR 描述

25.6.4. 5 段 SVPWM

SVPWMMODE =1 时，MDE 设置为 5 段 SVPWM 模式。5 段 SVPWM 输出电压，如图 25.6.5 所示。

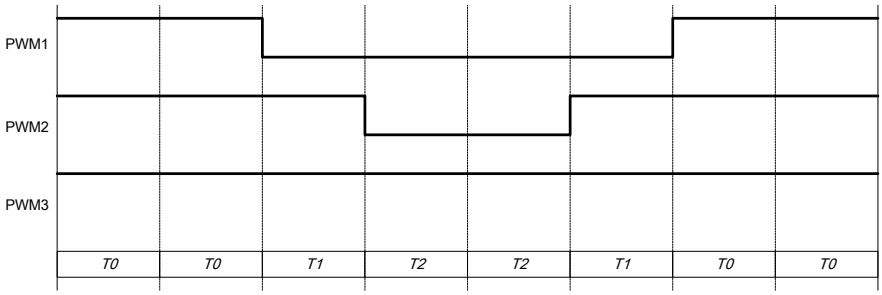


图 25.6.5 : 5 段 SVPWM 输出电压

25.6.5. SVPWM 过调制

MDE SVPWM 引擎可以使用过调制功能。您可以设置 SFR SVPWM_Amp 以放大 Va/Vb/Vc 振幅，从而实现过调制。SVPWM_Amp 设置过程如下：

步骤 1 : 设置 SFR_PAGE = 6(地址=ECH)

步骤 2 : 访问 FOC_D 的 SVPWM_Amp 值

25.6.6. 电机 PWM 输出设置

电机 PWM 引擎基于 MPWMEN（见表 25.6.3，Motor_CONT1[5]）来激活 PWM 计数器，当 MPWMEN=1 时，电机 PWM 输出（U、V、W、X、Y、Z）和 ADC 自动转换的电机电流 Ia 和 Ib 激活。

MPWMDUSEL（见表 25.6.3，MOTOR_CONT1[6]）可以选择电机 PWM 的占空比输入源。当 MPWMDUSEL=0 时，电机 PWM 通过 PWM_DUTY_A / PWM_DUTY_B / PWM_DUTY_C 确定 PWM 占空比（见表 17.6.4），并输出 PWM 信号。

MPWMDUSEL=1 时，计算出的 Va、Vb 和 Vc 的 PWM 占空比值被直接输入到 SVPWM 引擎以进行 PWM 调制。

MOTOR_CONT1 电机控制寄存器 1	地址= BFH				复位值= 0x00H			
位	----	MPWMDUSEL	MPWMEN	IQINSEL	FOCANGSEL	USER_PI_ACT	GEN_LPF_ACT	SPFB FILTER
		6	5					
类型		R/W	R/W					

MPWMDUSEL [6]	MPWM 占空比选择： 0 : 来自 PWM_DUTY_A /B /C (MPWMDAT, SFR 地址= E1H/E2H) 1 : 来自 SVPWM H/W
MPWMEN [5]	MPWM 定时器运行控制使能： 0 : 禁用 1 : 使能 MPWMEN =1, ADC CH0 & CH1 自动转换

表 25.6.3 : MOTOR_CONT1 SFR 描述

电机 PWM 周期基于 MPWM_CYC（见表 25.6.4）设定值。电机 PWM 计数器的基频为 48MHz。计数器向上计数到 MPWM_CYC，然后向下计数到 0（见图 25.6.6）。因此，由 MPWM_CYC 设置的值决定了电机 PWM 的频率。例如：MPWM_CYC=1250，电机 PWM 周期=1250 x 2 x 1/（48MHz）=52.08us，电机 PWM 频率为 19.2KHz。

SFR	**描述**		**地址**
MPWMDATL	MPWM 数据低字节(SYNC)		E1H
MPWMDATH	MPWM 数据高字节(SYNC)		E2H
	参数	**描述**	**复位值**
SFR_PAGE = 0	MPWM_CYC	电机 PWM 周期值	0x04B0H
SFR_PAGE = 1	PWM_DUTY_A	电机 A 相的 PWM 占空比值	0x0258H
SFR_PAGE = 2	PWM_DUTY_B	电机 B 相的 PWM 占空比值	0x0258H
SFR_PAGE = 3	PWM_DUTY_C	电机 C 相的 PWM 占空比值	0x0258H

表 25.6.4 : MPWMDAT SFR 描述

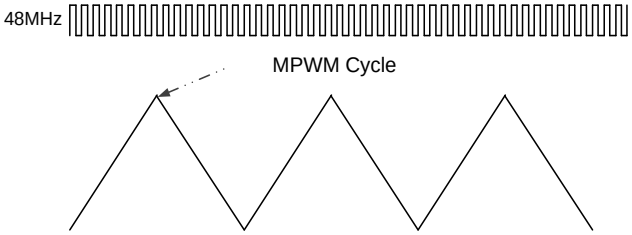


图 25.6.6 : 电机 PWM 是递增和递减计数定时器

电机 PWM 输出（U、V、W、X、Y、Z）有 4 种类型模式可供设置。高侧 PWM（U、V、W）可通过 HIGHSIDE 设置模式（见表 25.6.4），低侧 PWM（X、Y、Z）可通过 LOWSIDE 设置方式（见表 25.6.5），4 种类型模式为“强制低”、“强制高”、”高有效“和”低有效“。

为了连接 3 相栅极驱动器并优化 PCB 布局考虑，电机 PWM 输出（U、V、W、X、Y、Z）具有交换功能，可通过 HALFSWAP、ALLSWAP、UWXZSWAP 执行（见表 25.6.5）交换的组合，如图 25.6.7 所示。

MPWMCONT(SYNC) 地址= E3H 复位值 = 0x00H

MPWM 控制寄存器

位	-----	HALF SWAP	ALL SWAP	UWXZ SWAP	LOWSIDE		HIGHSIDE	
	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	X	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W

HALFSWAP [6]	半引脚交换 (X,V 交换),(Y,W 交换) and (X,W 交换) 0: 标准模式 1: 一半改变模式	
ALLSWAP [5]	高边和低边引脚交换(U->X , X->U、V->Y,Y->V、W->X,X->W) 0: 标准模式 1: 反向模式	
UWXZSWAP [4]	U、W 引脚交换和 X、Z 引脚交换 0: 标准模式 1: 交换模式	
LOWSIDE [2:3]	底边 (X、Y、Z) 00: 强制低 01: 强制高	10: 高有效 11: 低有效
HIGHSIDE [1:0]	高边 (U、V、W) 00: 强制低 01: 强制高	10: 高有效 11: 低有效

表 25.6.5 : MPWMCONT SFR 描述

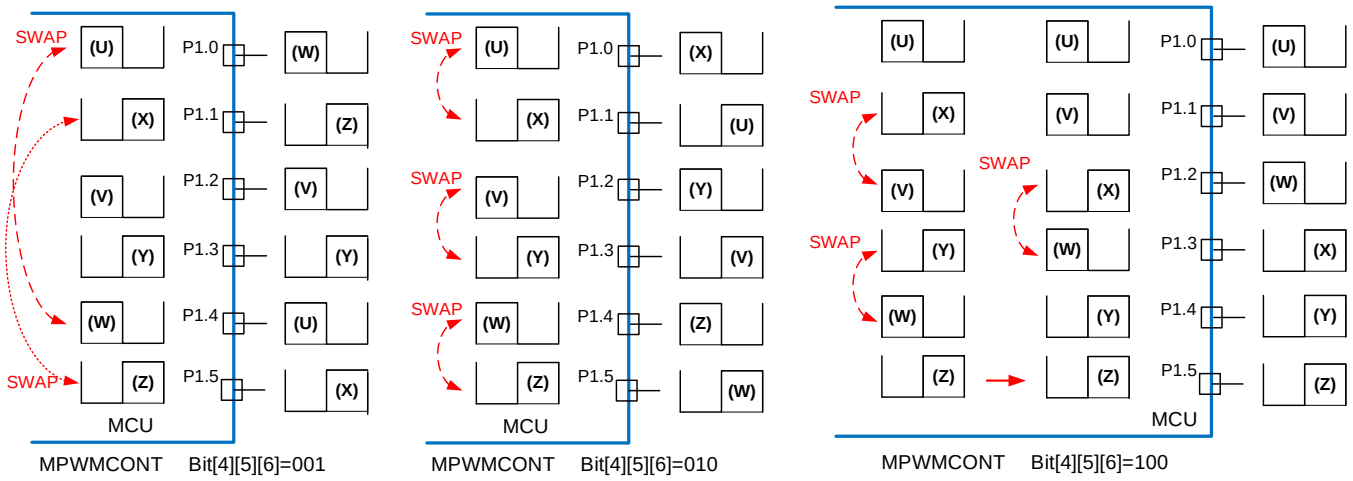


图 25.6.7 : PWM 引脚交换单元架构

MPWMDT（见表 25.6.6）配置 PWM 输出死区时间补偿，用于防止高压侧和低压侧功率器件之间短路。死区时间设置示例：如果 MPWMDT=100，则死区时间=50 x（1/48MHz）=2.08us。

MPWMDT (SYNC) 电机 PWM 死区时间寄存器	地址= E5H					复位值 = 0x78H		
位	MPWMDT[7:0]							
	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W

表 25.6.6 : MPWMDT SFR 描述

通过 MPWMINV（见表 25.6.7）设置，电机 U、V、W X、Y、Z PWM 输出支持反相功能，即反相最后一步输出的 PWM 输出信号。

MPWMINV (SYNC) MPWM 反相选择寄存器	地址= E4H					复位值 = 0x00H		
位	-----	-----	ZINV	WINV	YINV	VINV	XINV	UINV
	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	X	X	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W

ZINV [5]	低边 PWM Z 输出反相选择 : 0 : 不反相 1 : 反相
WINV [4]	高边 PWM W 输出反相选择 : 0 : 不反相 1 : 反相
YINV [3]	低边 PWM Y 输出反相选择 : 0 : 不反相 1 : 反相
VINV [2]	高边 PWM V 输出反相选择 : 0 : 不反相 1 : 反相
XINV [1]	低边 PWM X 输出反相选择 : 0 : 不反相 1 : 反相
UINV [0]	高边 PWM U 输出反相选择 : 0 : 不反相 1 : 反相

表 25.6.7 : MPWMINV SFR 描述

图 25.6.8 显示了同时设置 HIGHSIDE、LOWSIDE、MPWMINV 和 MPWMDT 时电机 PWM 输出的波形。

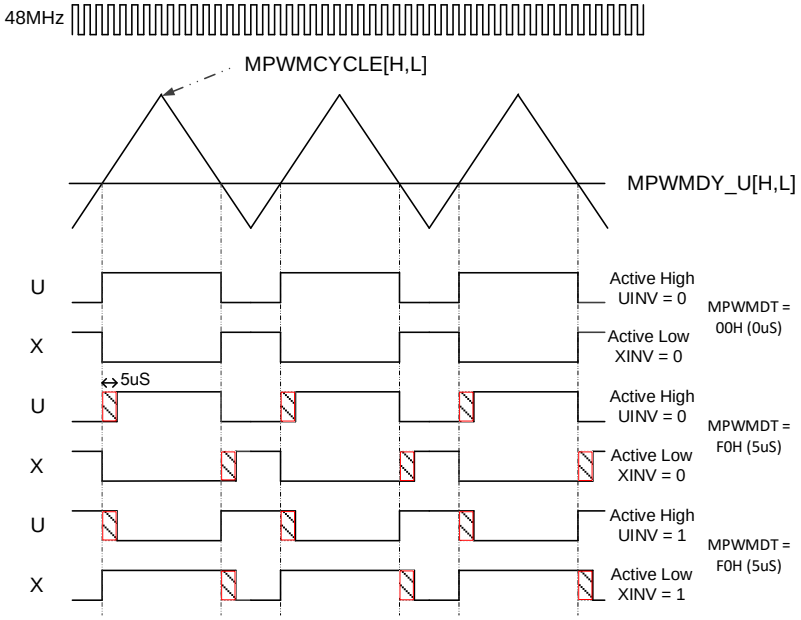


图 25.6.8 具有死区时间和 PWM 模式的 PWM 输出

MDE 提供电机反相设置，只需设置 SVPWMPS（见反向表 25.6.7）即可使电机反相。

MOTOR_CONT2 电机控制寄存器 2	地址= 9FH			复位值 = 0x00H		
位 类型	----	SVPWMMODE	SVPWMPS 3 R/W	----	IAE SOFEN	----
SVPWMPS [3]	SVPWM 输出相位顺序: 0 : 正序 (A、B、C) 1 : 反序 (B、A、C)					

表 25.6.7 : MOTOR_CONT2. SVPWMPS SFR 描述

25.7. 速度控制环模块

25.7.1. 速度控制环模块框图

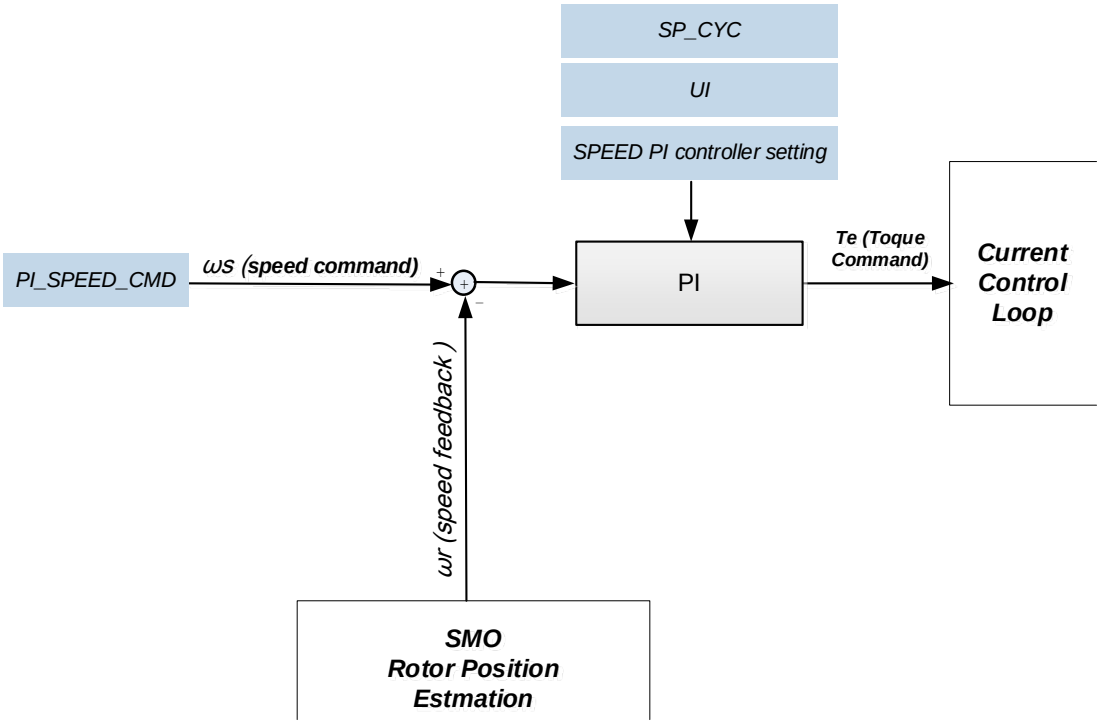


图 25.7.1 : 速度控制环模块框图

25.7.2. 速度控制环模块描述和设置

在速度控制环模块中，速度命令 *ωs* 和估算的速度信号 *ωr* 用于通过速度控制定律计算转矩控制量 *Te*。*Te* 也是电流控制环模块的电流命令。使用 PI 控制来控制速度控制律。PI 控制器的相关功能和架构将在第 25.8 章 PI 控制器中详细解释。

速度控制环模块的 PI 控制器包含启用信号 SPEEDEN（见表 25.7.1），当 SPEEDEN=1 时，PI 控制器将激活电机速度控制环。

FOCCONT FOC 控制寄存器	地址= D6H				复位值 = 0x00H	
位	PI CLEAR	ESTCR	INV ADCD	ADCTRIG	PLLEN	SPEEDEN
						0
类型						R/W
SPEEDEN [0]	速度控制使能: 0: 禁用 1: 使能					

表 25.7.1 : FOCCONT. SPEEDEN SFR 描述

速度控制环模块包含速度环采样频率调节 SRF SP_CYC（见表 25.7.2），SP_CYC[7:0]的填充值如下公式所示：

SP_CYC = PWM 频率 / 速度环采样频率

例如：PWM 频率为 20KHz，设计速度环采样频率为 1KHz，则 SP_CYC=20KHz/1KHz=20。

SP_CYC 速度环控制周期			地址= EDH			复位值 = 0x26H		
位	SP-CYC[7:0]							
	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	W	W	W	W	W	W	W	W

表 25.7.2 : SP_CYC SFR 描述

25.8. PI 控制器

25.8.1. PI 控制器模块框图

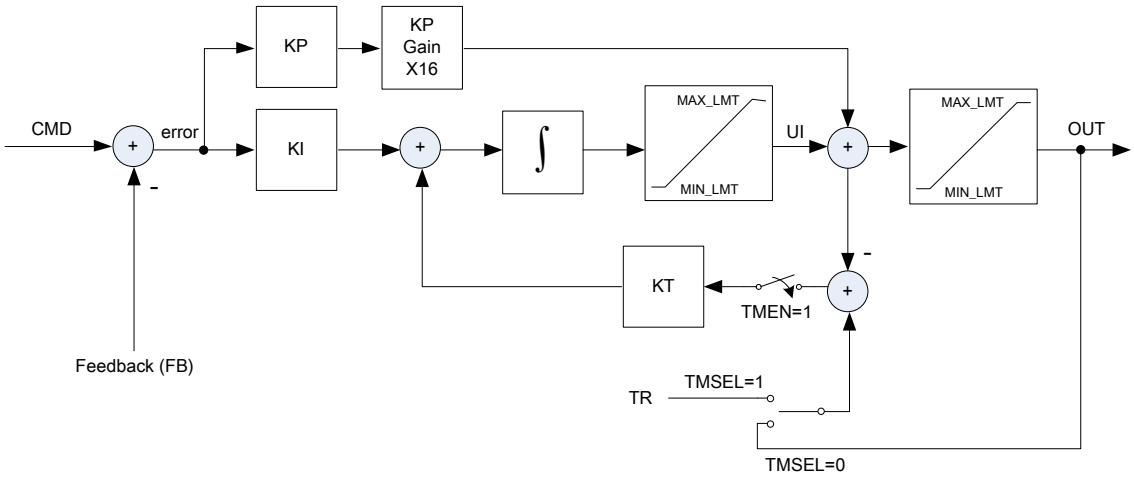


图 25.8.1 : PI 控制器模块框图

25.8.2. PI 控制器模块描述和设置

MDE 有四个 PI 控制器：IQ、ID、PLL 和 SPEED 环。它们的体系结构是相同的（见图 25.8.1:PI 控制器模块框图）。如果将 1 写入 PICLEAR（见表 25.8.1），则可以将 IQ、ID、PLL 和 SPEED Loop 4 个 PI 控制器重置为初始状态。此外，PLLEN 和 SPEEDEN 可以启用 PLL 和 SPEED 环（见表 25.8.1）。

FOCCONT FOC 控制寄存器	地址= D6H				复位值 = 0x00H	
位	PICLEAR	ESTCR	INVADCD	ADCTRIG	PLLEN	SPEEDEN
	7				1	0
类型	R/W				R/W	R/W
PICLEAR [7]	清零 PI 控制寄存器的值: 0: 禁止 1: 使能					
PLLEN [1]	PLL 控制使能: 0: 禁止 1: 使能					
SPEEDEN [0]	SPEED 控制使能: 0: 禁止 1: 使能					

表 25.8.1 : PICLEAR/ PLLEN/ SPEEDEN SFR 描述

PI 控制器共有 12 个控制参数：CMD、KP、KI、MIN_LMT、MAX_LMT、KT、TR、FB、UI、OUT、GAIN 和 TMSR（见表 25.8.2）。除了 GAIN 和 TMSR 没有分页之外，所有其他参数都有四个页面，每个页面有四个 PI 来设置参数。其中，KP、KI、MIN_LMT、MAX_LMT 和 KT 只能写入，其他可以读写。设置方法由 SFR_PAGE 选择。SFR_PAGE

＝0 选择 IQ PI；SFR_PAGE=1 选择 ID PI；SFR_PAGE＝2 选择 PLL PI；SFR_PAGE=3 选择 SPEED PI，设置过程为：

CMD (PI 指令) : 访问 PI_CMD (SFR 地址 0xA7H 和 0xA6H)
UI (积分值) : 访问 PI_UI (SFR 地址 0x9EH 和 0x9DH)
OUT (输出值) : 访问 PI_OUT (SFR 地址 0xADH 和 0xACH)
FB (反馈值) : 访问 PI_FB (SFR 地址 0xAFH 和 0xAEH)
KP (PI KP 增益) : 写 PI_KP (SFR 地址 0x94H 和 0x93H)
KI (PI KI 增益) : 写 PI_KI (SFR 地址 0x92H and 0x91H)
MAX_LMT (PI 输出最大限制) : 写 PI_MAX_LMT(SFR 地址 0x96H 和 0x95H)
MIN_LMT (PI 输出最小限制) : 写 PI_MIN_LMT(SFR 地址 0xB3H 和 0xB2H)
KT (PI KT 增益) : 写 PI_KT(SFR 地址 0xDFH 和 0xDEH)

SFR	描述	地址	复位值	R/W
PI_GAIN	PI控制KPx16增益选择寄存器	E6H	F7H	R/W
PI_TMSR	PI控制跟踪模式选择寄存器	D7H	00H	R/W
PI_KI_L	PI控制KI参数低字节	91H	00H	只写
PI_KI_H	PI控制KI参数高字节	92H	00H	只写
PI_KP_L	PI控制KP参数低字节	93H	00H	只写
PI_KP_H	PI控制KP参数高字节	94H	00H	只写
PI_MAX_LMT_L	PI控制最大限制数据低字节	95H	FFH	只写
PI_MAX_LMT_H	PI控制最大限制数据高字节	96H	7FH	只写
PI_MIN_LMT_L	PI控制最小限制数据低字节	B2H	01H	只写
PI_MIN_LMT_H	PI控制最小限制数据高字节	B3H	80H	只写
PI_CMD_L	PI控制指令数据低字节	A6H	00H	R/W
PI_CMD_H	PI控制指令数据高字节	A7H	00H	R/W
PI_UI_L	PI控制积分数据低字节	9DH	00H	R/W
PI_UI_H	PI控制积分数据高字节	9EH	00H	R/W
PI_OUT_L	PI控制输出数据低字节	ACH	00H	R/W
PI_OUT_H	PI控制输出数据高字节	ADH	00H	R/W
PI_FB_L	PI控制反馈数据低字节	AEH	00H	R/W
PI_FB_H	PI控制反馈数据高字节	AFH	00H	R/W
PI_TR_L	PI控制TR参数低字节	AAH	00H	R/W
PI_TR_H	PI控制TR参数高字节	ABH	00H	R/W
PI_KT_L	PI控制KT参数低字节	DEH	00H	只写
PI_KT_H	PI控制KT参数高字节	DFH	00H	只写

表 25.8.2 : PI SFR 列表

所有四个 PI 控制器都可以将比例项中的误差放大 16 倍，然后将它们串联到 KP。放大使能 SFR 设置位于 PI_GAIN 中（见表 25.8.3），PLL 和 SPEED UI（见表 25.4）在使能之前，积分的初始值可以通过 PI_UI 设置（SFR 地址 =0x9EH/0x9DH）。

PI_GAIN　　地址= E6H　　复位值 = 0xF7H

PI KPx16 增益选择寄存器

	IQKPGEN	---	IDKPGEN	---	SPKPGEN	---	PLLKPEN	---
位	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	R/W	---	R/W	---	R/W	---	R/W	---

IQKPGEN [7]　　IQ KP 增益使能:
0: 禁止
1: 使能

IDKPGEN [5]	ID KP 增益使能: 0: 禁止 1: 使能
SPKPGEN [3]	SPEED KP 增益使能: 0: 禁止 1: 使能
PLLKPGEN [1]	PLL KP 增益使能: 0: 禁止 1: 使能

表 25.8.3 : PI_GAIN SFR 描述

此外，在 PI 架构中增加了 Bumpless Control（斜坡启动与闭环控制），并且可以通过 PI_TMSR SFR 设置控制开关。PI_TMSR SFR 的内容如表 25.8.4 所示。

PI_TMSR 地址= D7H 复位值 = 0x00H

PI 跟踪模式选择寄存器

	IQ_TMSEL	IQ_TMEN	ID_TMSEL	ID_TMEN	SP_TMSEL	SP_TMEN	PLL_TMSEL	PLL_TMEN
位	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W

IQ_TMSEL [7]	IQ跟踪模式选择: 0: 自动模式 1: 手动模式
IQ_TMEN [6]	IQ跟踪模式使能: 0: 禁止 1: 使能
ID_TMSEL [5]	ID跟踪模式选择: 0: 自动模式 1: 手动模式
ID_TMEN [4]	ID跟踪模式使能: 0: 禁止 1: 使能
SP_TMSEL [3]	SPEED跟踪模式选择: 0: 自动模式 1: 手动模式
SP_TMEN [2]	SPEED跟踪模式使能: 0: 禁止 1: 使能
PLL_TMSEL [1]	PLL跟踪模式选择: 0: 自动模式 1: 手动模式

PLL_TMEN [0]	PLL跟踪模式使能: 0: 禁止 1: 使能

表 25.8.4 : PI_TMSR SFR 描述

25.8.3. 用户 PI 控制器模块描述和设置

MDE 提供了一个独立的 PI 供用户使用，其体系结构如图 25.8.2 所示。它的相关参数是 CMD、KP、KI、MAX_LMT、MIN_LMT、UI、OUT 和 FB，它们被放置在 PI SFR 的相应页面 4 中。因此，使用它时，在选择 USER PI 之前，必须将 SFR_PAGE 设置为 4。

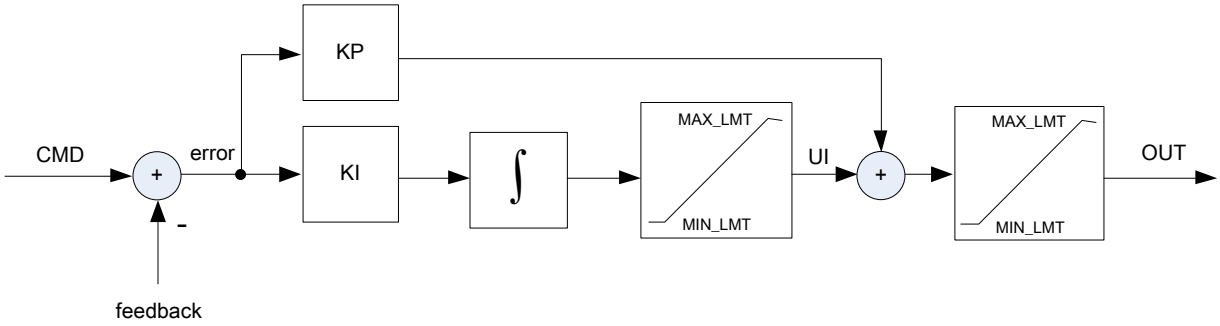


图 25.8.2 : 用户 PI 模块框图

25.9. IPD (初始位置检测)

初始位置检测（IPD）是在电机旋转之前检测电机位置的方法。它利用电机绕组电感中的电流驱动时磁场变化的特性来确定转子的初始位置。我们设置 AOCP 短电平，并在三个相位中的两个相位上依次应用 PWM 模式：VW、WV、UV、VU、WU 和 UW，当达到 AOCP 短电平时，PWM 模式将停止。在 4 或 6 个 PWM 模式中，达到 AOCP 短电平的最短时间是转子旋转前的位置。见图 25.9.1。

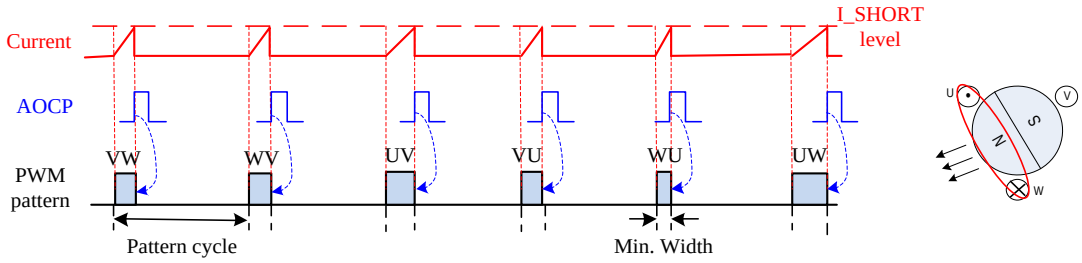


图 25.9.1 : IPD 原理

25.9.1. IPD 控制寄存器

IPD（初始位置检测）可以选择使用 6-pattern 模式或 4-pattern 模式（由 IPDPNS 在表 25.9.1 中设置，见图 25.9.2）来搜索转子的初始位置。每个模式之间的发送间隔有 4 种不同的设置（由表 25.9.1 中的 IPDPCYC 设置），在设置了 IPDPNS 和 IPDCPCYC 之后，在 IPD_CTRL 位[0]（IPDTR）中写入“1”并开始 IPD 检测。当 IPD_CTRL 位[7]（IPDS）为“1”时，表示 IPD 正在检测。当 IPDS＝0 时，检测的初始位置结果将被存储在 IPD_CTRL 位[6:4]（IPDMIN）中。

由于 IPD 检测使用磁饱和的速度（与过电流的时间速度相比）来确定转子的初始位置，如果在检测过程中发现打印的 pattern 宽度相同，可以尝试调整表 25.10.1 I_SHORT 值使转子的初始定位能够顺利确定。

IPD_CTRL 初始位置检测控制寄存器	地址= A5H					复位值 = 0x18H		
	IPDS	IPDMIN			IPDPNS	IPDCYC		IPDSTR
位	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	R	R	R	R	R/W	R/W	R/W	R/W

IPDS [7]	IPD 状态: 0:正常 1:忙	
IPDMIN [6:4]	IPD 最小 pattern: 001: pattern1 011: pattern3 101: pattern5	 010: pattern2 100: pattern4 110: pattern6
IPDPNS [3]	IPD pattern 数量选择: 0: 4 pattern 1: 6 pattern	
IPDPCYC [2:1]	IPD 图案周期: 00: 13ms (48MHz 计数) 10: 54ms (12MHz 计数)	 01: 27ms (24MHz 计数) 11: 110ms (6MHz 计数)
IPDSTR [0]	IPD 开始: 1: 开始 IPD	

表 25.9.1 : IPD_CTRL SFR 描述

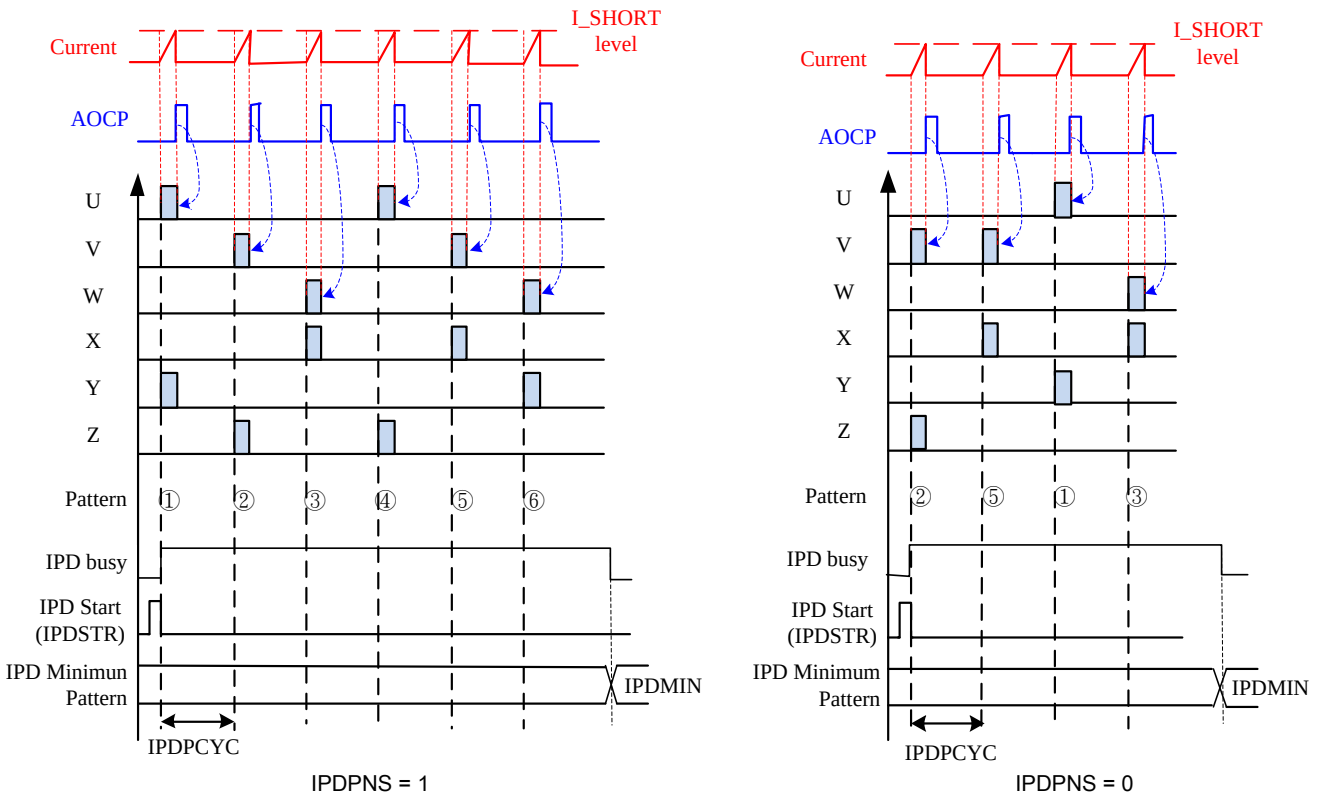


图 25.9.2 : 6-pattern 或 4-pattern 旋转前转子位置检测的 IPD

25.9.2. IPD Pattern 定义寄存器

用户可以根据 IPD 模式设置应该同时接通哪个上侧 PWM 或下侧 PWM 的 PWM。

例如，下表中所示的 IPDPAT21_DEF 的初始值为 0xEB，这意味着 pattern2 高/低侧开启定义＝0xE：高侧 PWM_W 开启，低侧 PWM_Y 开启；pattern1 高/低侧开启定义=0xB:高侧 PWM_V 开启，低侧 PWM_Z 开启。

以此类推，IPDPAT43_DEF 的初始值为 0x96，这意味着 pattern 4 的高侧 PWM_V 导通，而低侧 PWM_X 导通；pattern 3 的高侧 PWM_U 导通，低侧 PWM_Y 导通。IPDPAT65_DEF 的初始值为 0x7D，表示 pattern 6 的高侧 PWM _ U 导通、低侧 PW_ Z 导通；pattern 5 的高侧 PWM_ W 开启和低侧 PWM_X 开启。（见图 25.9.3）

为了避免将其设置为无效的开关状态，建议用户无需重置此寄存器，只需使用初始设置值。

SFR	描述							
IPD_PD	IPD Pattern 定义寄存器							
	参数	描述					复位值	
SFR_PAGE = 0	IPDPAT21_DEF	IPD Pattern 2、1 定义					0xEBH	
SFR_PAGE = 1	IPDPAT43_DEF	IPD Pattern 4、3 定义					0x96H	
SFR_PAGE = 2	IPDPAT65_DEF	IPD Pattern 6、5 定义					0x7DH	
IPD_PD	地址= A4H	复位值= 0x00H						
	IPD_PD [7:0]							
	7	6	5	4	3	2	1	0
Type	W	W	W	W	W	W	W	W
SFR_PAGE = 0	Pattern2 高/低边开启定义				Pattern1 高/低边开启定义			

SFR_PAGE = 1	Pattern4 高/低边开启定义		Pattern3 高/低边开启定义	
SFR_PAGE = 2	Pattern6 高/低边开启定义		Pattern5 高/低边开启定义	
	U、V、W Bit[7:6]	X、Y、Z Bit[5:4]	U、V、W Bit[3:2]	X、Y、Z Bit[1:0]
	00 : -- 01 : U 10 : V 11 : W	00 : -- 01 : X 10 : Y 11 : Z	00 : -- 01 : U 10 : V 11 : W	00 : -- 01 : X 10 : Y 11 : Z

表 25.9.2 : IPD_PD SFR 描述

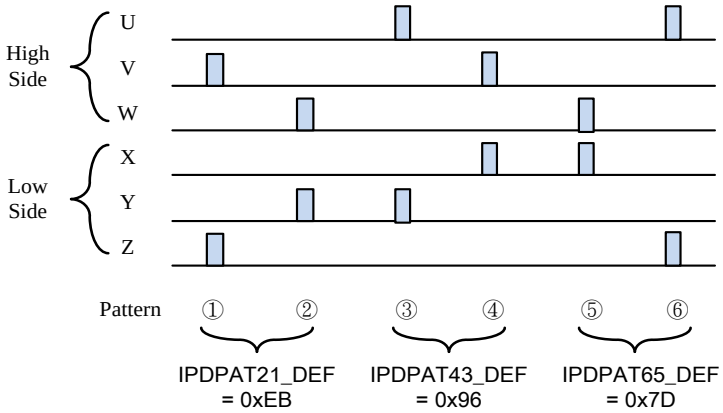


图 25.9.3 : IPD pattern 高低边开启状态初始设置

25.10. OCP (过流保护)

25.10.1. 过流保护模块框图

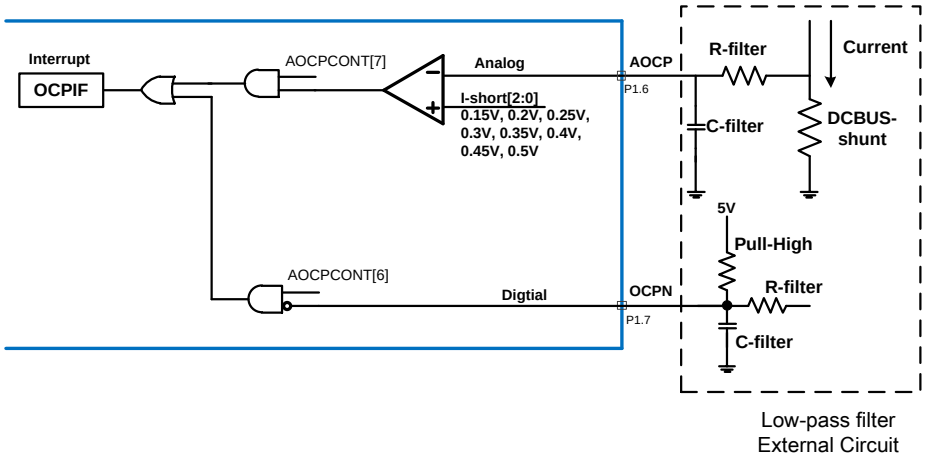


图 25.10.1 : 模拟 OCP 和数字 OCPN 单元框图

25.10.2. 过流保护模块描述和设置

CGF0X2AXX 是嵌入式 H/W 过电流保护电路，支持模拟和数字 OCP 两种模式，当 AOCPEN=1（见表 25.10.1），即设置为模拟 OCP 时，内置 OCP 比较器将用于检测过电流状态，其比较器的电压设置值为 I_SHORT（见表 25.10.1），当 AOCP 电压值大于 I_SHORT 设置电压值时，H/W 将立即强制 PWM 为 0，以保护功率器件（MOS、IGBT..）。DOCPEN=1（见表 25.10.1），打开数字 OCP 模式，数字 OCP 通常在连接到 IPM 模块时使用。IPM 的故障 PIN 直接连接到 DOCP，用于 OCP 保护。

AOCPCONT 地址= EEH 复位值 = 0xE7H

模拟 OCP 控制寄存器

	DOCPNEN	AOCPEN	OPAPD	-----	-----	I_SHORT[3:0]		
位	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	R	R	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W

DOCPNEN [7]	数字 OCPN 使能: 0 : 禁止 1 : 使能
AOCPEN [6]	模拟 OCP 使能: 0 : 禁止 1 : 使能
OPAPD [5]	OPA掉电 0 : 正常 1 : OPA 掉电
I_ SHORT [2:0]	模拟 OCP 短路电压选择 : (OCP 中断:OCPIF) 000 : 0.15V 100 : 0.35V

001 : 0.2V	101 : 0.4V
010 : 0.25V	110 : 0.45V
011 : 0.3V	111 : 0.5V(default)

表 25.10.1 : AOCPCONT SFR 描述

MCU 可以读取 OCPST（见表 25.10.2），以观察系统的过电流状态。当 OCPST=1 时，系统处于过电流状态。

模拟 OCP 可以设置数字去抖时间，以避免噪声引起的 OCP 故障。通过设置 AOCPDBT（见表 25.10.2），可以设置模拟 OCP 0~1.291uS 的去抖时间。

有两种模式可释放 OCP 状态，自动模式和用户模式。关于其设置和动作，请参阅图 25.10.2：OCP 短路和 PWM 输出。

DOCPCONT 地址= EFH 复位值 = 0x05H

数字 OCP 控制寄存器

	OCPST	AOCPDBT[4:0]					OCPC	OCPMS
位	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	R	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W

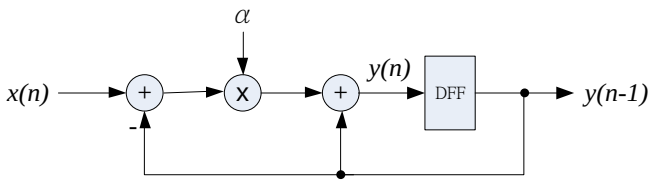
OCPST [7]	OCP 短路状态: 0 : 无过流短路 1 : 发送过流短路。 (硬件设置 OCPC = ‘0’) 六个 PWM 输出为高阻
AOCPDBT [6:2]	模拟 OCP 输入去抖时间 (默认 41.67nS) 0~31 = 0~1.291uS (固定为 48MHz/2)
OCPC [1]	OCP 状态清零位: 当 OCP 发生，硬件将设置 OCPC = ‘0’. 在用户模式，用户可以写‘1’清除 OCP 状态，PWM 将在下一个 PWM 周期输出。
OCPMS [0]	OCP 模式选择 : 0 : 自动模式 1: 用户模式

表 25.10.2 : DOCPCONT SFR 描述

25.11. GEN_LPF (通用低通滤波器)

25.11.1. LPF 模块框图

简单的一阶数字低通滤波器是一种滤波器，它使频率低于选定截止频率的信号通过，并衰减频率高于截止频率的频率信号（图 25.11.1）。



$$\alpha = \frac{\omega_c T_s}{1 + \omega_c T_s}$$

ω_c : cutoff angular frequency of filter
T_s : sampling preiod

图 25.11.1 : 一阶数字低通滤波器框图

25.11.2. LPF 模块描述和设置

CGF0X2AXX 内置一个简单的一阶数字低通滤波器，其架构如图 25.11.2 所示，相应的 SFR 如表 25.11.1 所示。使用 LPF 时，必须首先将参数填写到相应的 SFR 中，然后向 LPF 发出操作请求（GEN_LPF_ACT，见表 25.11.2）。然后可以执行 LPF 操作。

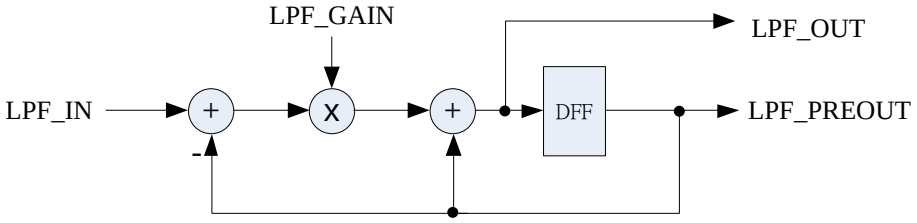


图 25.11.2 : LPF 架构及相应参数

SFR	描述							
GEN_LPF	通用低通滤波器参数							
	参数	描述					复位值	
SFR_PAGE = 0	GEN_GAIN	通用LPF增益参数					0x0000H	
SFR_PAGE = 1	LPF_IN	通用LPF输入数据					0x0000H	
SFR_PAGE = 2	LPF_OUT	通用LPF输出数据					0x0000H	
SFR_PAGE = 3	LPF_PREOUT	通用LPF最后输出数据					0x0000H	
GEN_LPF_L	地址= A1H	复位值= 0x00H						
通用低通滤波器参数低字节								
位	GEN_LPF[7:0]							
类型	7	6	5	4	3	2	1	0
	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
GEN_LPF_H	地址= A2H	复位值= 0x00H						
通用低通滤波器参数高字节								
位	GEN_LPF[15:8]							
类型	7	6	5	4	3	2	1	0
	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W

表 25.11.1 : LPF SFR 描述

MOTOR_CONT1 电机控制寄存器 1	地址= BFH				复位值= 0x00H			
位	-----	MPWM DUSEL	MPWM EN	IQIN SEL	FOC ANGSEL	USER_ PI_ACT	GEN_LPF_ACT 2	SPFB FILTER
类型							R/W	

GEN_LPF_ACT	通用低通滤波器激活 1 : LPF 激活，硬件清零

表 25.11.2 : GEN_LPF_ACT 控制位

25.12. FG (频率发生器控制)

频率发生器（FG）是指示转子转速的输出信号。该系统可以观察 FG 信号以了解当前的电机速度。

25.12.1. FG 控制

CGF0X2AXX 有一个内置的频率发生器 H/W。要使用 FG，必须首先启用 FG。转子电旋转期间输出的脉冲数可以通过 FGCTRL 设置（图 25.12.1）。FG 的输出波形如图 25.12.1 所示。

FGCTRL　　地址= 1025H　　复位值 = 0x00H

FG 控制寄存器

	FG_EN	---	---	---	---	FGPULSE_SEL		
位	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	R	R	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W

FG_EN [7]	FG输出使能: 0 : 禁止 1 : 使能
FGPULSE_SEL [2:0]	FG脉冲数选择: 000 : 1脉冲/周期 001 : 2脉冲/周期 010 : 4脉冲/周期 011 : 8脉冲/周期 100 : 12脉冲/周期

表 25.12.1 :FG 控制 SFR

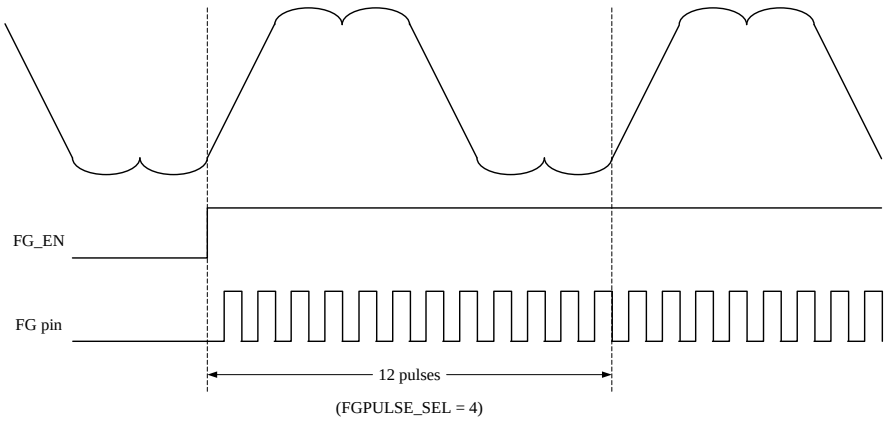


图 25.12.1 :FG 输出波形

25.13. MDE SFR 列表

25.13.1. MOTOR_CONT1 SFR

MOTOR_CONT1 地址= BFH 复位值 = 0x00H
电机控制寄存器 1

	---	MPWMDUSE	MPWME	IQINSE	FOCANGSE	USER_PI_AC	GEN_LPF_AC	SPFB
位	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	x	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W

MPWMDUSEL [6]	MPWM 占空比选择 : 0 : 来自 PWM_DUTY_A /B /C (MPWMDAT, SFR 地址= E1H/E2H) 1 : 来自 SVPWM H/W
MPWMEN [5]	MPWM 定时器运行控制使能: 0 : 禁止 1 : 使能 MPWMEN =1, ADC CH1 & CH2 自动转换
IQINSEL [4]	IQ 电流环 PI 控制输入选择 0 : 来自 IQ_PI_CMD SFR (SFR_PAGE = 0 & SFR 地址= A6/A7 H) 1 : 来自速度控制环输出 (速度 PI 控制输出)
FOCANGSEL [3]	FOC 输入角选择: 0 : 来自 CPU_ANG (CPU_ANG_H & CPU_ANG_L 的写入值) 1 : 来自 SMO_ANG (估算角) Park 逆变换输入选择的角度
USER_PI_ACT [2]	用户 PI 激活 0 : 禁止用户 PI 1 : 激活用户 PI
GEN_LPF_ACT [1]	通用低通滤波器激活 1 : LPF 激活，硬件清零
SPFB_FILETER [0]	速度 PI 反馈滤波使能: 0 : 禁止滤波 1 : 使能滤波

25.13.2. MOTOR_CONT2 SRF

MOTOR_CONT2 地址= 9FH 复位值 = 0xA4H
电机控制寄存器 2

	DUTY_SUPRS_EN	DUTY_SUPRS		SVPWMMODE	SVPWMPS	----	IAESOFEN	----
位	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	X	R/W	X

DUTY_SUPRS_EN [7]	占空比抑制使能: 0 : 禁止占空比抑制 1 : 启用占空比抑制

DUTY_SUPRS [6:5]	占空比抑制选择: (当 DUTY_SUPRS_EN = 1) 00 : 无最低占空比限制 01 : 全振幅抑制 11 : 2x 死区中的最低占空比限制
SVPWMMODE [4]	SVPWM 模式选择: 0 : 7 段 SVPWM 模式 1 : 5 段 SVPWM 模式
SVPWMPS [3]	SVPWM 输出相序: 0 : 正序(A、B、C) 1 : 反序(B、A、C)
IAESOFEN [1]	初始角度估计软启动使能: 0 : 禁止 1 : 使能

25.13.3. FOC 控制 SFR

FOCCONT 地址= D6H 复位值 = 0x00H

FOC 控制寄存器

位	PI CLEAR	ESTCR			INV ADCD	ADC TRIG	PLL EN	SPEED EN
	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W

PICLEAR [7]	清零 PI 控制寄存器的值: 0: 禁止 1: 使能
ESTCR [6:4]	Iα 和 Iβ 电流比（至 SMO 转子位置估计模块） 000 : 电流值 X1 100 : 电流值/2 001 : 电流值 X2 101 : 电流值/4 010 : 电流值 X4 110 : 电流值/8 011 : 电流值 X8 111 : 电流值/16
INVADCD [3]	反向 ADC 寄存器数据: 0: 禁止 1: 使能
ADCTRIG [2]	ADC 触发 (相 A 和 相 B): 0 : PWM 计数器最大值 1 : PWM 计数器最小值
PLLEN [1]	PLL PI 控制使能: 0: 禁止 1: 使能
SPEEDEN [0]	SPEED PI 控制使能: 0: 禁止 1: 使能

25.13.4. PI_GAIN SFR (PI 控制器增益)

PI_GAIN 地址= E6H 复位值= 0xF7H

PI KPx16 增益选择寄存器

	IQKPGEN	---	IDKPGEN	---	SPKPGEN	---	PLLKPEN	---
位	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	R/W	---	R/W	---	R/W	---	R/W	---

IQKPGEN [7]	IQ KP 增益使能: 0: 禁止 1: 使能
IDKPGEN [5]	ID KP 增益使能: 0: 禁止 1: 使能
SPKPGEN [3]	SPEED KP 增益使能: 0: 禁止 1: 使能
PLLKPGEN [1]	PLL KP 增益使能: 0: 禁止 1: 使能

25.13.5. PI_TMSR SFR (PI 跟踪模式选择寄存器)

PI_TMSR PI 跟踪模式选择寄存器	地址= D7H						复位值 = 0x00H
	IQ_TM SEL	IQ_TM EN	ID_TM SEL	ID_TM EN	SP_TM SEL	SP_TM EN	PLL_TM SEL	PLL_TM EN
位	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W

IQ_TMSEL [7]	IQ跟踪模式选择: 0: 自动模式 1: 手动模式
IQ_TMEN [6]	IQ跟踪模式使能: 0: 禁止 1: 使能
ID_TMSEL [5]	ID跟踪模式选择: 0: 自动模式 1: 手动模式
ID_TMEN [4]	ID跟踪模式使能: 0: 禁止 1: 使能
SP_TMSEL [3]	SPEED跟踪模式选择: 0: 自动模式 1: 手动模式
SP_TMEN [2]	SPEED跟踪模式使能: 0: 禁止 1: 使能
PLL_TMSEL [1]	PLL跟踪模式选择: 0: 自动模式 1: 手动模式
PLL_TMEN [0]	PLL跟踪模式使能: 0: 禁止 1: 使能

25.13.6. SP_CYC SFR

SP_CYC 速度环控制周期	地址= EDH						复位值= 0x26H
位	SP-CYC[7:0]						
	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	W	W	W	W	W	W	W	W

25.13.7. PI 控制数据 SFR

SFR	描述		地址
PI_KI_L	PI控制KI参数低字节		91H
PI_KI_H	PI控制KI参数高字节		92H
SFR_PAGE	参数	描述	复位值
SFR_PAGE = 0	IQ_KI	IQ 控制的 KI 参数	0x0000H
SFR_PAGE = 1	ID_KI	ID 控制的 KI 参数	0x0000H
SFR_PAGE = 2	SPEED_KI	速度控制的 KI 参数	0x0000H
SFR_PAGE = 3	PLL_KI	PLL 控制的 KI 参数	0x09C4H
SFR_PAGE = 4	USER_KI	用户控制的 KI 参数	0x0000H

SFR	描述		地址
PI_KP_L	PI控制KP参数低字节		93H
PI_KP_H	PI控制KP参数高字节		94H
SFR_PAGE	参数	描述	复位值
SFR_PAGE = 0	IQ_KP	IQ 控制的 KP 参数	0x0000H
SFR_PAGE = 1	ID_KP	ID 控制的 KP 参数	0x0000H
SFR_PAGE = 2	SPEED_KP	速度控制的 KP 参数	0x0000H
SFR_PAGE = 3	PLL_KP	PLL 控制的 KP 参数	0x36B0H
SFR_PAGE = 4	USER_KP	用户控制的 KP 参数	0x0000H

SFR	描述		地址
PI_MAX_LMT_L	PI 控制最大限度数据低字节		95H
PI_MAX_LMT_H	PI 控制最大限度数据高字节		96H
	参数	描述	复位值
SFR_PAGE = 0	IQ_MAX	IQ 控制的最大限度值	0x7FFFH
SFR_PAGE = 1	ID_MAX	ID 控制的最大限度值	0x7FFFH
SFR_PAGE = 2	SPEED_MAX	速度控制的最大限度值	0x7FFFH
SFR_PAGE = 3	PLL_MAX	PLL 控制的最大限度值	0x7FFFH
SFR_PAGE = 4	USER_MAX	用户控制的最大限度值	0x0000H

SFR	描述		地址
PI_MIN_LMT_L	PI 控制最小限度数据低字节		B2H
PI_MIN_LMT_H	PI 控制最小限度数据高字节		B3H
	参数	描述	复位值
SFR_PAGE = 0	IQ_MIN	IQ 控制的最小限度值	0x8001H
SFR_PAGE = 1	ID_MIN	ID 控制的最小限度值	0x8001H
SFR_PAGE = 2	SPEED_MIN	速度控制的最小限度值	0x8001H
SFR_PAGE = 3	PLL_MIN	PLL 控制的最小限度值	0x8001H
SFR_PAGE = 4	USER_MIN	用户控制的最小限度值	0x0000H

SFR	描述		地址
PI_CMD_L	PI 控制命令数据低字节		A6H
PI_CMD_H	PI 控制命令数据高字节		A7H
	参数	描述	复位值
SFR_PAGE = 0	IQ_CMD	IQ 控制的命令值	0x0000H
SFR_PAGE = 1	ID_CMD	ID 控制的命令值	0x0000H
SFR_PAGE = 2	SPEED_CMD	速度控制的命令值	0x0000H
SFR_PAGE = 3	PLL_CMD	PLL 控制的命令值	0x0000H
SFR_PAGE = 4	USER_CMD	用户控制的命令值	0x0000H

SFR	描述		地址
PI_UI_L	PI 控制积分数据低字节		9DH
PI_UI_H	PI 控制积分数据高字节		9EH
	参数	描述	复位值
SFR_PAGE = 0	IQ_UI	IQ 控制的积分值	0x0000H
SFR_PAGE = 1	ID_UI	ID 控制的积分值	0x0000H

SFR_PAGE = 2	SPEED_UI	速度控制的积分值	0x0000H
SFR_PAGE = 3	PLL_UI	PLL 控制的积分值	0x0000H
SFR_PAGE = 4	USER_UI	用户控制的积分值	0x0000H

SFR	描述		地址
PI_OUT_L	PI 控制输出数据低字节		ACH
PI_OUT_H	PI 控制输出数据高字节		ADH
	参数	描述	复位值
SFR_PAGE = 0	IQ_OUT	IQ 控制的输出数据	0x0000H
SFR_PAGE = 1	ID_OUT	ID 控制的输出数据	0x0000H
SFR_PAGE = 2	SPEED_OUT	速度控制的输出数据	0x0000H
SFR_PAGE = 3	PLL_OUT	PLL 控制的输出数据	0x0000H
SFR_PAGE = 4	USER_OUT	用户控制的输出数据	0x0000H

SFR	描述		地址
PI_FB_L	PI 控制反馈数据低字节		AEH
PI_FB_H	PI 控制反馈数据高字节		AFH
	参数	描述	复位值
SFR_PAGE = 0	IQ_FB	IQ 控制的反馈数据	0x0000H
SFR_PAGE = 1	ID_FB	ID 控制的反馈数据	0x0000H
SFR_PAGE = 2	SPEED_FB	速度控制的反馈数据	0x0000H
SFR_PAGE = 3	PLL_FB	PLL 控制的反馈数据	0x0000H
SFR_PAGE = 4	USER_FB	用户控制的反馈数据	0x0000H

SFR	描述		地址
PI_KT_L	PI 控制 KT 参数低字节		DEH
PI_KT_H	PI 控制 KT 参数高字节		DFH
SFR_PAGE	参数	描述	复位值
SFR_PAGE = 0	IQ_KT	IQ 控制的 KT 参数	0x0000H
SFR_PAGE = 1	ID_KT	ID 控制的 KT 参数	0x0000H
SFR_PAGE = 2	SPEED_KT	速度控制的 KT 参数	0x0000H
SFR_PAGE = 3	PLL_KT	PLL 控制的 KT 参数	0x0000H

SFR	描述		地址
PI_TR_L	PI 控制 TR 参数低字节		AAH
PI_TR_H	PI 控制 TR 参数高字节		ABH
SFR_PAGE	参数	描述	复位值
SFR_PAGE = 0	IQ_TR	IQ 控制的 TR 参数	0x0000H
SFR_PAGE = 1	ID_TR	ID 控制的 TR 参数	0x0000H
SFR_PAGE = 2	SPEED_TR	速度控制的 TR 参数	0x0000H
SFR_PAGE = 3	PLL_TR	PLL 控制的 TR 参数	0x0000H

25.13.8. 滑模观测器数据 SFR

SFR	描述		地址
SMO_D1_L	FOC 控制数据 1 低字节		BBH
SMO_D1_H	FOC 控制数据 1 高字节		BCH
	参数	描述	
SFR_PAGE = 0	G_S	电机模型的 GS 参数	0x7FFFH
SFR_PAGE = 1	Kslide	角度估计的滑动模式增益参数	0x3E80H
SFR_PAGE = 2	SMO_ANGBAS	角度估计的角度基准参数	0x0B2FH
SFR_PAGE = 3	Z_correction	SMO Z 增益校正: $Z_{gain(new)} = \frac{Z_{gain} \times Z_correction}{32767}$	0x7FFFH
SFR_PAGE = 4	SMO_ANG	SMO 角度估计值	只读
SFR_PAGE = 5	BBGain	角度估计的滑动模式Bang-Bang控制增益参数	0x7FFFH

SFR	描述		地址
SMO_D2_L	FOC 控制数据 2 低字节		BDH
SMO_D2_H	FOC 控制数据 2 高字节		BEH
	参数	描述	
SFR_PAGE = 0	F_S	用于电机模块的 F_S 参数	0x7FFFH
SFR_PAGE = 1	Kslf	用于 BEMF e_s 估算的 LPF 参数	0x0064H
SFR_PAGE = 3	MaxSMCError	线性区域 SMC 的最大 SMC 误差	0x7FFFH
SFR_PAGE = 4	EST-SP	ω* (PLL-PI 控制输出值)	Read-Only

25.13.9. FOC 控制器数据 SFR

SFR	描述		地址
FOC_D_L	FOC 控制数据 2 低字节		D4H
FOC_D_H	FOC 控制数据 2 高字节		D5H
	参数	描述	复位值
SFR_PAGE = 0	VD_OFFSET	d 轴电压偏移	0x0000H
SFR_PAGE = 1	VQ_OFFSET	q 轴电压偏移	0x0000H
SFR_PAGE = 3	AS	角度补偿数据	0x0000H
SFR_PAGE = 4	CPU_ANG	CPU角度数据寄存器	0x0000H
SFR_PAGE = 5	FOC_ANG	Park和Park逆变换角度输入 ※ **读: FOC 的Theta 角度.** **写: Theta 偏移.**	0x0000H
SFR_PAGE = 6	SVPWM_Amp	SVPWM变换的幅值	0x4000H

25.13.10. MPWMCONT SFR

MPWMCONT(SYNC) 地址= E3H 复位值 = 0x00H MPWM 控制寄存器								
位	-----	HALF SWAP	ALL SWAP	UWXZ SWAP	LOWSIDE		HIGHSIDE	
	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	X	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W

HALFSWAP [6]	半引脚交换 (X,V 交换),(Y,W 交换) and (X,W 交换) 0: 标准模式 1: 一半改变模式
ALLSWAP [5]	高边和低边引脚交换(U->X , X->U、V->Y,Y->V、W->X,X->W) 0: 标准模式 1: 反向模式
UWXZSWAP [4]	U、W 引脚交换和 X、Z 引脚交换 0: 标准模式 1: 交换模式
LOWSIDE [2:3]	底边 (X、Y、Z) 00: 强制低 10: 高有效 01: 强制高 11: 低有效
HIGHSIDE [1:0]	高边 (U、V、W) 00: 强制低 10: 高有效 01: 强制高 11: 低有效

25.13.11. MPWMDT SFR

MPWMDT (SYNC)	地址= E5H	复位值= 0x78H

电机 PWM 死区时间寄存器

位	MPWMDT[7:0]							
	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W

25.13.12. MPWMINV SFR

MPWMINV (SYNC)	地址= E4H	复位值 = 0x00H

MPWM 反相选择寄存器

位	-----	-----	ZINV	WINV	YINV	VINV	XINV	UINV
	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	X	X	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W

ZINV [5]	低边 PWM Z 输出反相选择： 0 : 不反相 1 : 反相
WINV [4]	高边 PWM W 输出反相选择： 0 : 不反相 1 : 反相
YINV [3]	低边 PWM Y 输出反相选择： 0 : 不反相 1 : 反相
VINV [2]	高边 PWM V 输出反相选择： 0 : 不反相 1 : 反相
XINV [1]	低边 PWM X 输出反相选择： 0 : 不反相 1 : 反相
UINV [0]	高边 PWM U 输出反相选择： 0 : 不反相 1 : 反相

25.13.13. MPWM DATA SFR

SFR	描述		地址
MPWMDATL	MPWM 数据低字节(SYNC)		E2H
MPWMDATH	MPWM 数据高字节(SYNC)		E1H
	参数	描述	复位值
SFR_PAGE = 0	MPWM Cycle	电机 PWM 周期值	0x04B0H
SFR_PAGE = 1	Phase A	电机 A 相的 PWM 占空比值	0x0258H
SFR_PAGE = 2	Phase B	电机 B 相的 PWM 占空比值	0x0258H
SFR_PAGE = 3	Phase C	电机 C 相的 PWM 占空比值	0x0258H

25.13.14. 模拟 OCP 控制 SFR

AOCPCONT 地址= EEH 复位值 = 0xE7H

模拟 OCP 控制寄存器

	DOCPNEN	AOCPEN	OPAPD	-----	-----	I_SHORT[3:0]		
位	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	R	R	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W

DOCPNEN [7]	数字 OCPN 使能: 0 : 禁止 1 : 使能
AOCPEN [6]	模拟 OCP 使能: 0 : 禁止 1 : 使能
OPAPD [5]	OPA掉电 0 : 正常 1 : OPA 掉电
I_ SHORT [2:0]	模拟 OCP 短路电压选择 : (OCP 中断:OCPIF) 000 : 0.15V 100 : 0.35V 001 : 0.2V 101 : 0.4V 010 : 0.25V 110 : 0.45V 011 : 0.3V 111 : 0.5V(default)

25.13.15. DOCPN 控制 SFR

DOCPCONT 地址= EFH 复位值 = 0x05H

数字 OCP 控制寄存器

位	OCPST	AOCPDBT[4:0]					OCPC	OCPMS
	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	R	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W

OCPST [7]	OCP 短路状态: 0 : 无过流短路 1 : 发送过流短路 (硬件设置 OCPC = '0') 六个 PWM 输出为高阻
AOCPDBT [6:2]	模拟 OCP 输入去抖时间 (默认 41.67nS) 0~31 = 0~1.291uS (固定为 48MHz/2)
OCPC [1]	OCP 状态清零位: 当 OCP 发生，硬件将设置 OCPC = '0'. 在用户模式，用户可以写'1'清除 OCP 状态，PWM 将在下一个 PWM 周期输出。
OCPMS [0]	OCP 模式选择 : 0 : 自动模式 1: 用户模式

25.13.16. IPD 控制 SFR

IPD_CTRL 地址= A5H 复位值 = 0x18H

初始位置检测控制寄存器

位	IPDS	IPDMIN			IPDPNS	IPDCYC		IPDSTR
	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	R	R	R	R	R/W	R/W	R/W	R/W

IPDS [7]	IPD 状态: 0:正常 1:忙	
IPDMIN [6:4]	IPD 最小 pattern: 001: pattern1 011: pattern3 101: pattern5	 010: pattern2 100: pattern4 110: pattern6
IPDPNS [3]	IPD pattern 数量选择: 0: 4 pattern 1: 6 pattern	
IPDPCYC [2:1]	IPD 图案周期: 00: 13ms (48MHz 计数) 10: 54ms (12MHz 计数)	 01: 27ms (24MHz 计数) 11: 110ms (6MHz 计数)
IPDSTR [0]	IPD 开始: 1: 开始 IPD	

25.13.17. IPD 数据 SFR

SFR	描述							
IPD_PD	IPD Pattern 定义寄存器							
	参数		描述				复位值	
SFR_PAGE = 0	IPDPAT21_DEF		IPD Pattern 2、1 定义				0xEBH	
SFR_PAGE = 1	IPDPAT43_DEF		IPD Pattern 4、3 定义				0x96H	
SFR_PAGE = 2	IPDPAT65_DEF		IPD Pattern 6、5 定义				0x7DH	
IPD_PD	地址= A4H		复位值 = 0x00H					
	IPD_PD [7:0]							
	7	6	5	4	3	2	1	0
Type	W	W	W	W	W	W	W	W
SFR_PAGE = 0	Pattern2 高/低边开启定义				Pattern1 高/低边开启定义			
SFR_PAGE = 1	Pattern4 高/低边开启定义				Pattern3 高/低边开启定义			
SFR_PAGE = 2	Pattern6 高/低边开启定义				Pattern5 高/低边开启定义			
	U、V、W Bit[7:6]		X、Y、Z Bit[5:4]		U、V、W Bit[3:2]		X、Y、Z Bit[1:0]	
	00 : -- 01 : U 10 : V 11 : W		00 : -- 01 : X 10 : Y 11 : Z		00 : -- 01 : U 10 : V 11 : W		00 : -- 01 : X 10 : Y 11 : Z	

25.13.18. 通用低通滤波器 SFR

SFR	描述		
GEN_LPF	通用低通滤波器参数		
	参数	描述	复位值
SFR_PAGE = 0	GEN_GAIN	通用 LPF 增益参数	0x0000H
SFR_PAGE = 1	LPF_IN	通用 LPF 输入数据	0x0000H
SFR_PAGE = 2	LPF_OUT	通用 LPF 输出数据	0x0000H
SFR_PAGE = 3	LPF_PREOUT	通用 LPF 最后输出数据	0x0000H

25.13.19. FG 控制寄存器 SFR

FGCTRL 地址= 1025H 复位值 = 0x00H

FG 控制寄存器

	FG_EN	---	---	---	---	FGPULSE_SEL		
位	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	R	R	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W

FG_EN [7]

FG输出使能:

0 : 禁止

1 : 使能

FGPULSE_SEL [2:0]

FG脉冲数选择:

000 : 1脉冲/周期

001 : 2脉冲/周期

010 : 4脉冲/周期

011 : 8脉冲/周期

100 : 12脉冲/周期

25.13.20. 坐标变换模块信号观察 XSFR

XSFR	描述	地址	特征
IA_L	A相电流（Ia）的ADC输出低字节	1060H	只读
IA_H	A相电流（Ia）的ADC输出高字节	1061H	只读
IALPHA_L	CLARKE变换的α轴电流（iα）低字节	1062H	只读
IALPHA_H	CLARKE变换的α轴电流（iα）高字节	1063H	只读
IB_L	B相电流（Ib）的ADC输出低字节	1058H	只读
IB_H	B相电流（Ib）的ADC输出高字节	1059H	只读
IBETA_L	CLARKE变换的β轴电流（iβ）低字节	105AH	只读
IBETA_H	CLARKE变换的β轴电流（iβ）高字节	105BH	只读

25.13.21. 逆坐标变换模块信号观察 XSFR

XSFR	描述	地址	特征
VALPHA_L(读)	α轴定子电压数据寄存器低字节	1064H	只读
VALPHA_H(读)	α轴定子电压数据寄存器高字节	1065H	只读
VA_L(读)	相位A驱动电压数据寄存器低字节	1066H	只读
VA_H(读)	相位A驱动电压数据寄存器高字节	1067H	只读
VBETA_L(读)	β轴定子电压数据寄存器低字节	105CH	只读
VBETA_H(读)	β轴定子电压数据寄存器高字节	105DH	只读
VB_L(读)	相位B驱动电压数据寄存器低字节	105EH	只读
VB_H(读)	相位B驱动电压数据寄存器高字节	105FH	只读

25.13.22. BEMF 估算信号观察 XSFR

XSFR	描述	地址	特征
ZALPHA_L	EEMF的Z增益 Zα 数据寄存器低字节	1070H	只读
ZALPHA_H	EEMF的Z增益 Zα 数据寄存器高字节	1071H	只读
ZBETA_L	EEMF的Z增益 Zβ 数据寄存器低字节	1068H	只读
ZBETA_H	EEMF的Z增益 Zβ 数据寄存器高字节	1069H	只读
ES_IALPHA_L	估算电流Iα 数据寄存器低字节	1072H	只读
ES_IALPHA_H	估算电流Iα 数据寄存器高字节	1073H	只读
ES_EALPHA_L	估算EEMF Eα 数据寄存器低字节	1074H	只读
ES_EALPHA_H	估算EEMF Eα 数据寄存器高字节	1075H	只读
ES_IBETA_L	估算电流Iβ 数据寄存器低字节	106AH	只读
ES_IBETA_H	估算电流Iβ 数据寄存器高字节	106BH	只读
ES_EBETA_L	估算EEMF Eβ 数据寄存器低字节	106CH	只读
ES_EBETA_H	估算EEMF Eβ 数据寄存器高字节	106DH	只读

26. SYNC

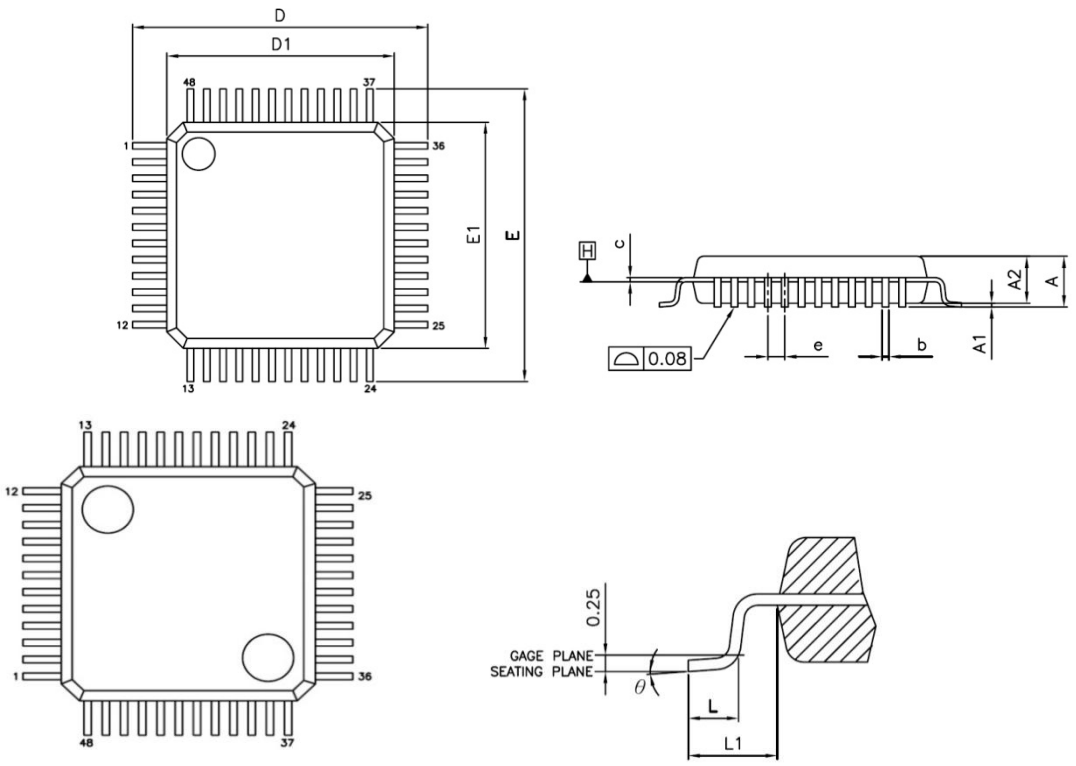
MDE 的行为与 MPWM 同步，许多 MDE SFRs 都有影子寄存器，用于与 SYNC 寄存器同时更新这些 SFR。写入 SYNC 的任何值都将同时同步更新这些 SFRs。

SYNC				地址= 8FH		复位值= 00000000B	
MDE 同步寄存器							
位	SYNC[7:0]						
	7	6	5	4	3	2	1	0
类型	W	W	W	W	W	W	W	W
仅写								

影子寄存器: (需要 SYNC)
MPWMCONT
MPWMDT
MPWMINV
MPWMDATAL
MPWMDATAH
CPU_ANG_L
CPU_ANG_H
VDQ_OFFSET_L
VDQ_OFFSET_H
SVPWM_AMP

27. 封装信息

27.1. LQFP-48 7x7mm (AD48) 封装尺寸



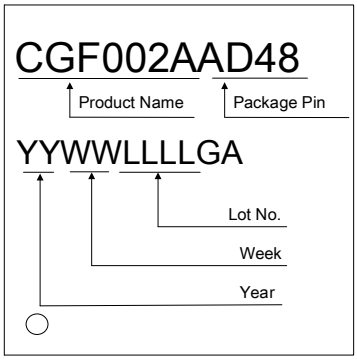
单元	mm			inch		
标号	最小.	一般.	最大.	最小.	一般.	最大.
A	---	---	1.60	---	---	0.063
A1	0.05	---	0.15	0.002	---	0.006
A2	1.35	1.40	1.45	0.053	0.055	0.057
b	0.17	0.22	0.27	0.007	0.009	0.011
c	0.09	---	0.20	0.004	---	0.008
D	9.00 BSC			0.354 BSC		
D1	7.00 BSC			0.276 BSC		
E	9.00 BSC			0.354 BSC		
E1	7.00 BSC			0.276 BSC		
e	0.50 BSC			0.020 BSC		
L	0.45	0.60	0.75	0.018	0.024	0.030
L1	1.00 REF			0.039 REF		
ɵ	0˚	3.5˚	7˚	0˚	3.5˚	7˚

27.2. 丝印区别

27.2.1. 标准丝印 (w/o 代码)

图 27.1 标准丝印 (w/o 代码)

LQFP48



27.2.2. 自定义丝印 (使用自定义代码)

图 27.2 自定义丝印(使用自定义代码)

LQFP48

28. 订货信息

28.1. 标准产品名称

图 28.1 标准产品名称

CG	F002A	AD48
CheerGoal	*Product Name*	*Package* *AD48 : LQFP-48*

28.2. 自定义产品名称

- 使用自定义代码，按订单生产。

图 28.2 自定义产品名称

CG	F002A	AD48	-	XXXX
CheerGoal	*Product Name*	*Package* *AD48 : LQFP-48*		*Customization Code NO.*

29. 版本历史

更新日期	版本	更新内容
2024/05/09	V0.0	1. 初版
2024/08/16	V0.1	1. 目录链接更新

30. 免责声明

这里, CheerGoal 代表“***CheerGoal Technology Co., Ltd.***”

<u>生命维持</u> — .本产品不适用于医疗、救生或维持生命的应用，也不适用于本产品故障可能导致人身伤害的系统。在此类应用中使用或销售本产品的客户自行承担风险，并同意对 CheerGoal 因此类不当使用或销售而造成的任何损害进行全额赔偿。

<u>更改权</u> — CheerGoal 保留更改此处描述或包含的产品（包括电路、标准电池和/或软件）以改进设计和/或性能的权利。当产品大规模生产时，相关变更将通过工程变更通知（ECN）进行沟通。