

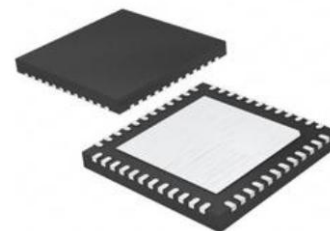
微控制器(MCU)电路

产品简述

MS616F512NS 是一款低功耗 16 位 RISC 的 MCU。MS616F512NS 具有五种低功耗模式，可以大大延长便携式设备中的电池寿命。数字振荡器(DCO)可以在 6 μ s 内将 CPU 从低功耗模式中唤醒。

主要特点

- 低电源电压范围，1.8V 至 3.6V
- 超低功耗
 - 工作状态：280 μ A (1MHz, 2.2V)
 - 待机状态：1.1 μ A
 - 关机状态（RAM 保持）：0.1 μ A
- 五种省电模式
- 可在 6 μ s 内从待机模式到唤醒模式
- 16 位的精简指令集架构，125ns 的指令周期
- 16 位的定时器 B 具有 7 个捕获比较寄存器
- 16 位的定时器 A 具有 3 个捕获比较寄存器
- 片内集成一个比较器
- 串行通信接口(USART)，可选同步(UART)或异步(SPI)模式
- 低电压检测模块
- 可通过 JTAG 对 Flash 在线编程
- 可通过 Bootstrap Loader，对 Flash 在线编程
- 2KB 的 RAM
- 62KB+128B 的 Flash 存储空间



QFN48

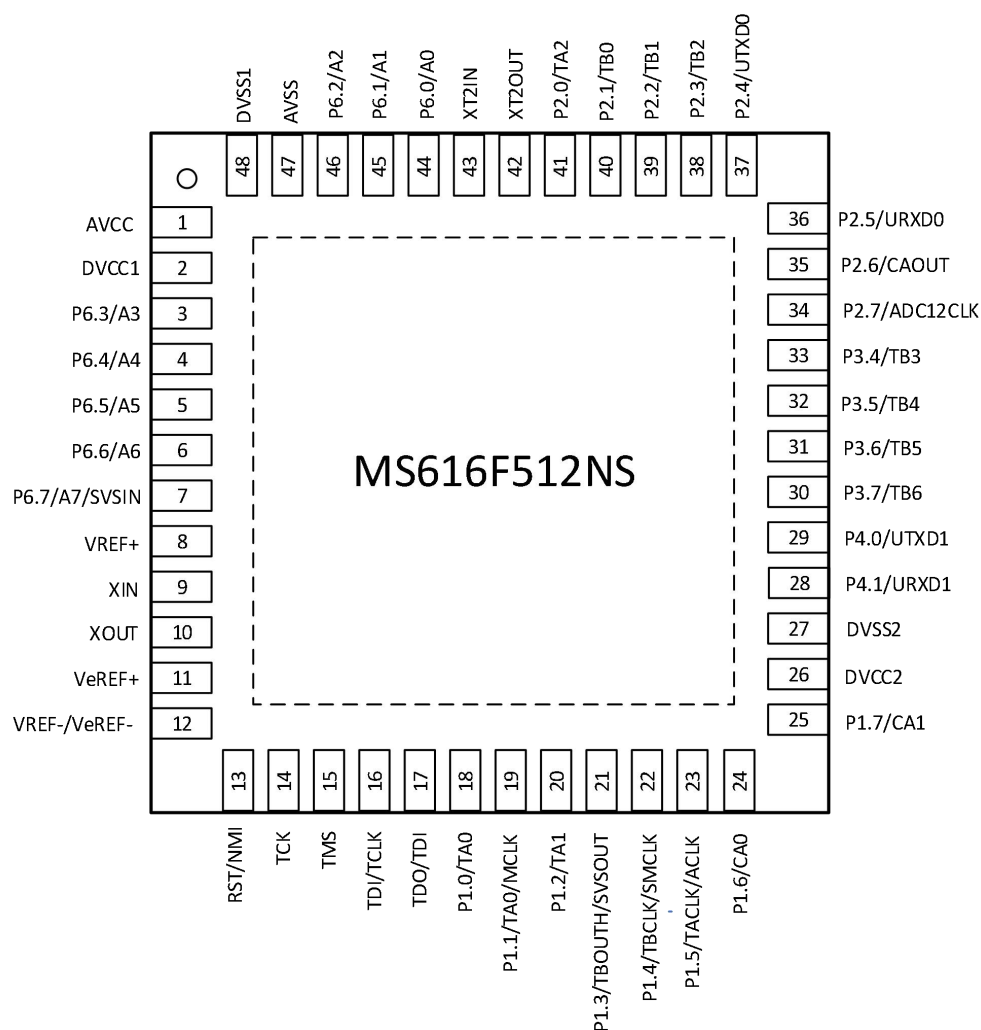
应用

- 测量领域
- 工业控制领域

产品规格分类

产品名称	封装形式	丝印名称
MS616F512NS	QFN48	MS616F512NS

管脚图

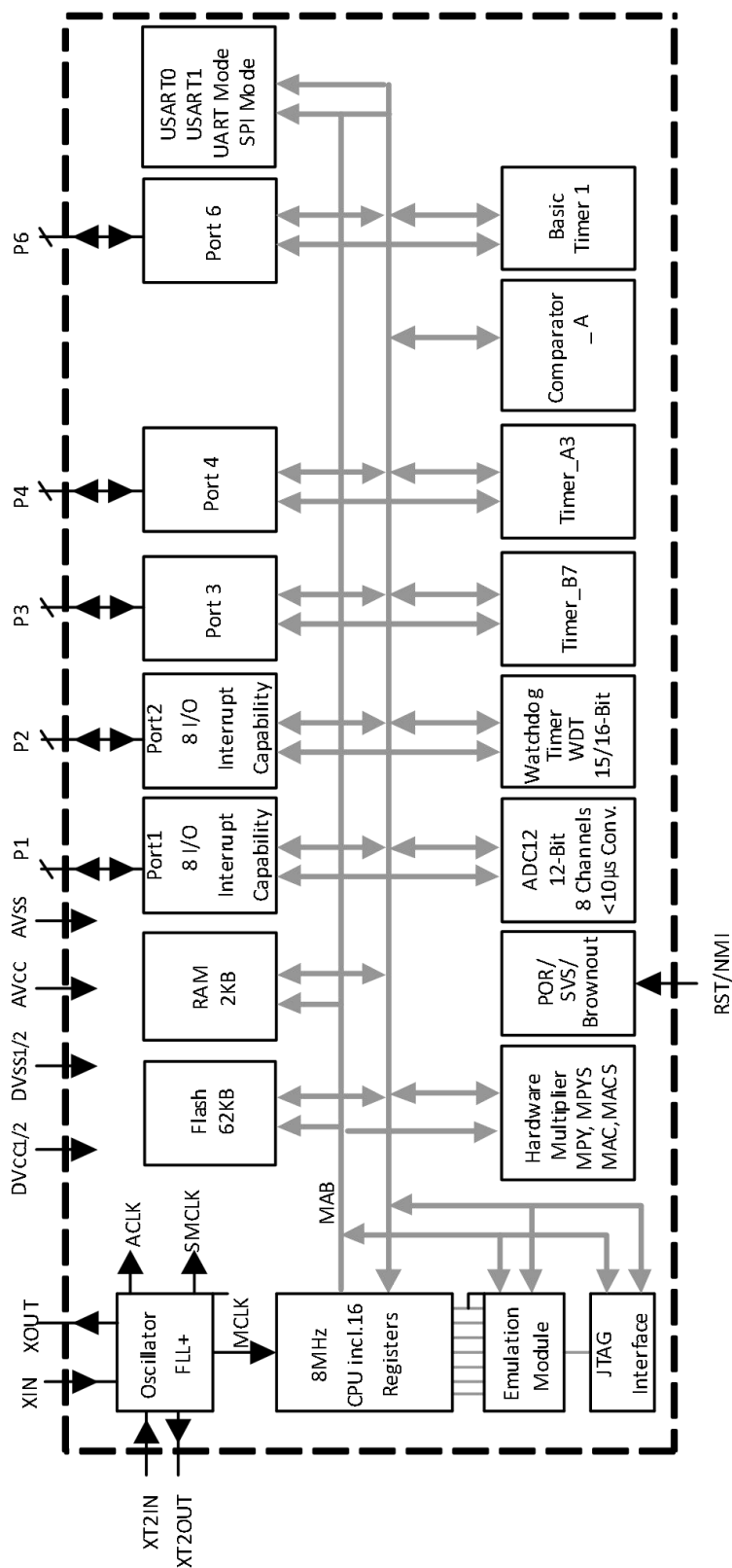


管脚说明

管脚编号	管脚名称	管脚属性	管脚描述
1	AVCC	-	模拟电源电压，正极
2	DVCC1	-	数字电源电压，正极
3	P6.3/A3	I/O	通用数字I/O接口 / 12位ADC模拟输入A3
4	P6.4/A4	I/O	通用数字I/O接口 / 12位ADC模拟输入A4
5	P6.5/A5	I/O	通用数字I/O接口 / 12位ADC模拟输入A5
6	P6.6/A6	I/O	通用数字I/O接口 / 12位ADC模拟输入A6
7	P6.7/A7/ SVSIN	I/O	通用数字I/O接口 / 12位ADC模拟输入A7 / 电源电压监测(SVS)的模拟输入
8	VREF+	O	ADC中基准电压的正输出端
9	XIN	I	晶体振荡器XT1的输入端口，可以连接标准晶振和时钟晶振
10	XOUT	O	晶体振荡器XT1输出端口
11	VeREF+	I	ADC外部基准电压的输入端口
12	VREF-/VeREF-	I	ADC基准电压的负端， 包括内部基准电压和外部基准电压的负端
13	RST/NMI	I	复位输入和非屏蔽中断输入
14	TCK	I	测试时钟，TCK为芯片烧写和测试的时钟输入端口
15	TMS	I	测试模式选择，TMS用来作为芯片烧写和测试的输入端口
16	TDI/TCLK	I	测试数据输入或测试时钟输入，芯片保护熔丝连接到TDI / TCLK
17	TDO/TDI	I/O	测试数据输出，数据输出或烧写数据的输入端
18	P1.0/TA0	I/O	通用数字I/O接口 / 计时器A捕获输入: CCI0A，比较输出: Out0 / BSL输出
19	P1.1/TA0/ MCLK	I/O	通用数字I/O接口 / 计时器A捕获输入: CCI0B / 主时钟MCLK输 出。TA0（仅作为输入管脚） / BSL的输入
20	P1.2/TA1	I/O	通用数字I/O接口 / 计时器A捕获输入: CCI1A，比较输出: Out1
21	P1.3/TBOUTH/ SVSOUT	I/O	通用数字I/O接口 / 切换计时器B (TB0~ TB6)所有PWM数字输 出端口到高阻态 / SVS比较器的输出
22	P1.4/TBCLK/ SMCLK	I/O	通用数字I/O接口 / 计时器B的输入时钟TBCLK / 子系统时钟 SMCLK输出
23	P1.5/TACLK/ ACLK	I/O	通用数字I/O接口 / 计时器A的时钟信号TACLK的输入 / 辅助 时钟ACLK输出（经过1, 2, 4, 8分频）
24	P1.6/CA0	I/O	通用数字I/O接口 / 比较器A输入

管脚编号	管脚名称	管脚属性	管脚描述
25	P1.7/CA1	I/O	通用数字I/O接口 / 比较器A输入
26	DVCC2	-	数字电源电压, 正极
27	DVSS2	-	数字电源电压, 负极
28	P4.1/URXD1	I/O	通用数字I/O接口 / UART模式下USART1的数据接收端
29	P4.0/UTXD1	I/O	通用数字I/O接口 / UART模式下USART1传输数据输出
30	P3.7/TB6	I/O	通用数字I/O接口 / 计时器B7模块CCR6的捕获输入: CCI6A/CCI6B, 比较输出: Out6
31	P3.6/TB5	I/O	通用数字I/O接口 / 计时器B7模块CCR5的捕获输入: CCI5A/CCI5B, 比较输出: Out5
32	P3.5/TB4	I/O	通用数字I/O接口 / 计时器B7模块CCR4的捕获输入: CCI4A/CCI4B, 比较输出: Out4
33	P3.4/TB3	I/O	通用数字I/O接口 / 计时器B7模块CCR3的捕获输入: CCI3A/CCI3B, 比较输出: Out3
34	P2.7/ADC12CLK	I/O	通用数字I/O接口 / 12位ADC的转换时钟
35	P2.6/CAOUT	I/O	通用数字I/O接口 / 比较器A的输出
36	P2.5/URXD0	I/O	通用数字I/O接口 / UART模式下USART0的数据接收端
37	P2.4/UTXD0	I/O	通用数字I/O接口 / UART模式下USART0的数据传输端
38	P2.3/TB2	I/O	通用数字I/O接口 / 计时器B7模块CCR2的捕获输入: CCI2A/CCI2B, 比较输出: Out2
39	P2.2/TB1	I/O	通用数字I/O接口 / 计时器B7模块CCR1的捕获输入: CCI1A/CCI1B, 比较输出: Out1
40	P2.1/TB0	I/O	通用数字I/O接口 / 计时器B7模块CCR0的捕获输入: CCI0A/CCI0B, 比较输出: Out0
41	P2.0/TA2	I/O	通用数字I/O接口 / 计时器A的捕获输入: CCI2A, 比较输出: Out2
42	XT2OUT	O	晶体振荡器XT2的输出
43	XT2IN	I	晶体振荡器XT2输入
44	P6.0/A0	I/O	通用数字I/O接口 / 12位ADC模拟输入A0
45	P6.1/A1	I/O	通用数字I/O接口 / 12位ADC模拟输入A1
46	P6.2/A2	I/O	通用数字I/O接口 / 12位ADC模拟输入A2
47	AVSS	-	模拟电源电压, 负极
48	DVSS1	-	数字电源, 负端

内部框图



极限参数

芯片使用中，任何超过极限参数的应用方式会对器件造成永久的损坏，芯片长时间处于极限工作状态可能会影响器件的可靠性。极限参数只是由一系列极端测试得出，并不代表芯片可以正常工作在此极限条件下。

参数	参数范围	单位
Vcc 到 Vss 的电差	-0.3 ~ 4.1	V
输入管脚电压	-0.3 ~ VDD+0.3	V
设备二极管电流	±2	mA
工作温度（未编程）	-55 ~ 150	°C
存储温度（已编程）	-40 ~ 85	°C

注：所有的电压以地为参考。JTAG 熔丝烧断电压 V_{FB} 可以工作在最大额定值。当需要烧断熔丝时，由 TDI 引脚提供电压。

推荐工作条件

推荐工作范围

参数	符号	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
电源电压	Vcc	程序执行时	1.8		3.6	V
		程序执行时且 SVS 开启，PORON=1	2.0		3.6	V
		Flash 编程时	2.7		3.6	V
电源电压	Vss		0		0	V
工作温度	T _A		-40		85	°C
LFXT1 晶振频率	f _{LFXT1}	XTS_FLL=0，石英振荡器		32.768		kHz
		XTS_FLL=1，陶瓷振荡器	450		8000	kHz
		XTS_FLL=1，晶体振荡器	1000		8000	kHz
XT2 晶振频率	f _{XT2}	陶瓷振荡器	450		8000	kHz
		晶体振荡器	1000		8000	kHz
系统时钟频率	f _{System}	Vcc=3.6V	DC		4	MHz

注：1. 推荐 AVcc 与 DVcc 使用同一个电源。AVcc 与 DVcc 之间的电压差值不能超过 0.3V。

2. 最小的工作电压是当电源电压低到引发 POR 时的电压。当电源电压上升到最小电压值加上 SVS 的滞后电压之和时，POR 信号停止。

3. 在 LF 模式下，LFXT1 振荡器需要外接一个石英振荡器。在 XT1 模式下，LFXT1 需要外接一个陶瓷振荡器或晶体振荡器。

电气参数

供电电流

参数	符号	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
工作模式（见注 1） $f_{MCLK}=f_{SMCLK}=1\text{MHz}$, $f_{ACLK}=32768\text{Hz}$ $XTS_FLL=0, SELM=(0,1)$	I_{AM}	$T_A=-40^{\circ}\text{C}$ 至 85°C	$V_{CC}=2.2\text{V}$	280	350	uA
			$V_{CC}=3\text{V}$	420	560	
低功耗模式 （见注 1 和 4）	I_{LPM0}	$T_A=-40^{\circ}\text{C}$ 至 85°C	$V_{CC}=2.2\text{V}$	32	45	uA
			$V_{CC}=3\text{V}$	55	70	
低功耗模式 （见注 2 和 4） $f_{MCLK}=f_{SMCLK}=0\text{MHz}$ $f_{ACLK}=32768\text{Hz}, SCG=0$	I_{LPM2}	$T_A=-40^{\circ}\text{C}$ 至 85°C	$V_{CC}=2.2\text{V}$	11	14	uA
			$V_{CC}=3\text{V}$	17	22	
低功耗模式 （见注 2 和 4） $f_{MCLK}=f_{SMCLK}=0\text{MHz}$ $f_{ACLK}=32768\text{Hz}, SCG=1$	I_{LPM3}	$T_A=-40^{\circ}\text{C}$	$V_{CC}=2.2\text{V}$	1	1.5	uA
		$T_A=25^{\circ}\text{C}$		1.1	1.5	
		$T_A=-60^{\circ}\text{C}$		2	3	
		$T_A=85^{\circ}\text{C}$		3.5	6	
		$T_A=-40^{\circ}\text{C}$	$V_{CC}=3\text{V}$	1.8	2.2	
		$T_A=25^{\circ}\text{C}$		1.6	1.9	
		$T_A=-60^{\circ}\text{C}$		2.5	3.5	
		$T_A=85^{\circ}\text{C}$		4.2	7.5	
低功耗模式 （见注 2 和 4） $f_{MCLK}=f_{SMCLK}=0\text{MHz}$ $f_{ACLK}=0\text{Hz}, SCG=1$	I_{LPM4}	$T_A=-40^{\circ}\text{C}$	$V_{CC}=2.2\text{V}$	0.1	0.5	uA
		$T_A=25^{\circ}\text{C}$		0.1	0.5	
		$T_A=-60^{\circ}\text{C}$		0.7	1.1	
		$T_A=85^{\circ}\text{C}$		1.7	3	
		$T_A=-40^{\circ}\text{C}$	$V_{CC}=3\text{V}$	0.1	0.5	
		$T_A=25^{\circ}\text{C}$		0.1	0.5	
		$T_A=-60^{\circ}\text{C}$		0.8	1.2	
		$T_A=85^{\circ}\text{C}$		1.9	3.5	

注：1. 定时器 B 的频率被锁定为 $f_{DCOCLK}=f_{DCO}=1\text{MHz}$ 。所有的输入都被连接到 0V 或 V_{CC} 。所有的输出没有源或反向电流。

2. 所有的输入都被连接到 0V 或 V_{CC} 。所有的输出没有源或反向电流。

3. 所有的输入都被连接到 0V 或 V_{CC} 。所有的输出没有源或反向电流。通过测量基本定时器 1 和 LCD 模块（选择 $ACLK$ ）工作时的电流得到 $LPM3$ 的电流消耗。比较器 A 和 SVS 模块的电流在后面会专门列出。

4. 包括了 BROWNOUT 模块的电流消耗。

工作模式下消耗电流与系统频率的关系为:

$$I_{(AM)} = I_{(AM)} [1 \text{ MHz}] \times f_{(\text{System})} [\text{MHz}]$$

工作模式下消耗电流与电源电压的关系为:

$$I_{(AM)} = I_{(AM)} [3 \text{ V}] + 175 \mu\text{A/V} \times (V_{\text{CC}} - 3 \text{ V})$$

施密特触发器输入端口——P1, P2, P3, P4, P5, P6

参数		电源电压	最小值	典型值	最大值	单位
正向输入阈值电压	V_{IT+}	2.2 V	1.1		1.5	V
		3 V	1.5		1.9	
负向输入阈值电压	V_{IT-}	2.2 V	0.4		0.9	V
		3 V	0.9		1.3	
输入迟滞 ($V_{IT+} - V_{IT-}$)	V_{hys}	2.2 V	0.3		1.1	V
		3 V	0.5		1	

标准输入端口——RST/NMI, JTAG(TCK, TMS, TDI, TDO)

参数		电源电压	最小值	典型值	最大值	单位
低电平输入电压	V_{IL}	2.2V/3V	VSS		VSS + 0.6	V
高电平输入电压	V_{IH}		0.8VCC		VCC	V

输入端口——Px.x, TAx, TBx

参数		测试条件	电源电压	最小值	典型值	最大值	单位
外部中断时序	$t_{(int)}$	端口 P1, P2: P1.x 到 P2.x, 外部触发信号为中断标志 (见注 1)	2.2 V/3 V	1.5			cycle
			2.2 V	62			ns
			3 V	50			
定时器 A, 定时器 B 采集时间	$t_{(cap)}$	TA0, TA1, TA2 TB0, TB1, TB2, TB3, TB4, TB5, TB6	2.2 V	62			ns
			3 V	62			
加到管脚的定时器 A 和定时器 B 的时钟频率	$f_{(TAext)}$	TACLK, TBCLK, INCLK: $t(H) = t(L)$	2.2 V			8	MHz
	$f_{(TBext)}$		3 V			10	
定时器 A, 定时器 B 时钟频率	$f_{(TAint)}$	选择 SMCLK 或 ACLK	2.2 V			8	MHz
	$f_{(TBint)}$		3 V			10	

注: 1. 每次外部信号设置中断标志时的最小时间 $t_{(int)}$ 和时间参数是一体的, 虽然触发信号比 $t_{(int)}$ 小, 也可以设置中断标志, 但时钟周期和时间参数必须同时满足来保证中断标志被设置, $t_{(int)}$ 以MCLK周期为参考来测量的。

漏电流（见注 1 和注 2）

参数	符号	测试条件	VCC	最小值	最大值	单位
Px.x 端口漏电流	I_{lkg}	Px 端口: $V_{(Px.x)}$	2.2/3V		50	nA

注：1. 漏电流在 Vss 或 Vcc 加到相关管脚时测量，除非另有说明。

2. 端口管脚必须设置为输入，同时没有任何上拉和下拉电阻。

输出端口——P1, P2, P3, P4, P5, P6

参数	测试条件	电源电压	最小值	典型值	最大值	单位
高电平输出电压	V_{OH}	$I_{OH(max)} = -1.5mA$ （见注1）	2.2V	VCC-0.25	VCC	V
		$I_{OH(max)} = -6mA$ （见注2）	2.2V	VCC-0.6	VCC	
		$I_{OH(max)} = -1.5mA$ （见注1）	3V	VCC-0.25	VCC	
		$I_{OH(max)} = -6mA$ （见注2）	3V	VCC-0.6	VCC	
低电平输出电压	V_{OL}	$I_{OL(max)} = 1.5mA$ （见注1）	2.2V	VSS	VSS+0.25	V
		$I_{OL(max)} = 6mA$ （见注2）	2.2V	VSS	VSS+0.6	
		$I_{OL(max)} = 1.5mA$ （见注1）	3V	VSS	VSS+0.25	
		$I_{OL(max)} = 6mA$ （见注2）	3V	VSS	VSS+0.6	

注：1. 总电流的最大值，也就是 $I_{OH(max)}$ 和 $I_{OL(max)}$ ，所有输出电流的总和，在不超过12 mA时才满足最大电压参数不下降。

2. 总电流的最大值，也就是 $I_{OH(max)}$ 和 $I_{OL(max)}$ ，所有输出电流的总和，在不超过48 mA时才满足最大电压参数不下降。

输出频率

参数	测试条件		最小值	典型值	最大值	单位
f(Px.y) (1≤x≤6,0≤x≤7)	C _L = 20 pF, I _L = 1.5 mA	VCC = 2.2 V	DC		5	MHz
		VCC = 3 V	DC		7.5	
f(ACLK)	C _L = 20 pF				f _(System)	MHz
f(MCLK)						
f(SMCLK)						
输出频率 占空比 t(Xdc)	P1.5/TACLK/CLK, C _L = 20 pF VCC = 2.2 V / 3 V	f _(ACLK) = f _(LFX1) = f _(XT1)	40%		60%	
		f _(ACLK) = f _(LFX1) = f _(LF)	30%		70%	
		f _(ACLK) = f _(LFX1)		50%		
	P1.1/TA0/MCLK, C _L = 20 pF, VCC = 2.2 V / 3 V	f _(MCLK) = f _(XT1)	40%		60%	
		f _(MCLK) = f _(DCOCLK)	50%-15ns	50%	50%+15ns	
	P1.4/TBCLK/SMCLK, C _L = 20 pF, VCC = 2.2 V / 3 V	f _(SMCLK) = f _(XT2)	40%		60%	
f _(SMCLK) = f _(DCOCLK)		50%-15ns	50%	50%+15ns		

唤醒模式 LPM3

参数	测试条件	电源电压	最小值	典型值	最大值	单位
延迟时间 $t_{d(LPM3)}$	$f = 1 \text{ MHz}$	2.2V/3V			6	μs
	$f = 2 \text{ MHz}$				6	
	$f = 3 \text{ MHz}$				6	

RAM

参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
VRAMh	CPU停止状态(见注1)	1.6			V

注 1: 此参数定义了程序存储器 RAM 部分发生改变时的最小电源电压。在测量该电源电压参数时, 所有程序都必须停止运行。

LCD

参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
模拟电压	$V_{(33)}$ P5.7/R33 上的电压	2.5		$V_{CC}+0.2$	V
	$V_{(23)}$ P5.6/R23 上的电压		$[V_{(33)}-V_{(03)}] \times 2/3 + V_{(03)}$		V
	$V_{(13)}$ P5.5/R13 上的电压		$[V_{(33)}-V_{(03)}] \times 2/3 + V_{(03)}$		V
	$V_{(33)}-V_{(03)}$ R33 到 R03 的电压	2.2		$V_{CC}+0.2$	V
输入漏电流	$I_{(R03)}$ R03=VSS			20	nA
	$I_{(R13)}$ P5.5/R13=VCC/3			20	nA
	$I_{(R23)}$ P5.6/R23=2VCC/3			20	nA
段地址线电压	$V_{(Sxx0)}$	$V_{(03)}$		$V_{(03)}-0.1$	V
	$V_{(Sxx1)}$	$V_{(13)}$		$V_{(13)}-0.1$	V
	$V_{(Sxx2)}$	$V_{(23)}$		$V_{(23)}-0.1$	V
	$V_{(Sxx3)}$	$V_{(33)}$		$V_{(33)}-0.1$	V

比较器A（见注1）

参数	测试条件	电源电压	最小值	典型值	最大值	单位
$I_{(CC)}$	CAON=1, CARSEL=0, CAREF=0	2.2 V		25	40	uA
		3 V		45	60	
$I_{(Ref ladder/Ref Diode)}$	CAON=1, CARSEL=0, CAREF=1/2/3, P1.6/CA0 和 P1.7/CA1 上无负载	2.2 V		30	50	uA
		3 V		45	71	
$V_{(Ref025)}$	PCA0=1, CARSEL=1, CAREF=1, P1.6/CA0和 P1.7/CA1 上无负载	2.2 V / 3 V	0.23	0.24	0.25	
$V_{(Ref050)}$	PCA0=1, CARSEL=1, CAREF=2, P1.6/CA0 和 P1.7/CA1 上无负载	2.2V / 3 V	0.47	0.48	0.5	
$V_{(RefVT)}$	PCA0=1, CARSEL=1, CAREF=3, P1.6/CA0 和 P1.7/CA1 上无负载; $T_A = 85^{\circ}\text{C}$	2.2 V	390	480	540	mV
		3 V	400	490	550	
V_{IC} 共模输入电压	CAON=1	2.2 V / 3 V	0		VCC-1	V
V_p-V_s 失调电压	见注 2	2.2 V / 3 V	-30		30	mV
V_{hys}	CAON = 1	2.2 V / 3 V	0	0.7	1.4	mV
$t_{(response LH)}$	$T_A = 25^{\circ}\text{C}$, 过驱动电压 10mV, 无滤波: CAF = 0	2.2 V	160	210	300	ns
		3 V	80	150	240	
	$T_A = 25^{\circ}\text{C}$, 过驱动电压 10mV, 有滤波: CAF = 1	2.2 V	1.4	1.9	3.4	uA
		3 V	0.9	1.5	2.6	
$t_{(response HL)}$	$T_A = 25^{\circ}\text{C}$, 过驱动电压 10mV, 无滤波: CAF = 0	2.2 V	130	210	300	ns
		3 V	80	150	240	
	$T_A = 25^{\circ}\text{C}$, 过驱动电压 10mV, 有滤波: CAF = 1	2.2 V	1.4	1.9	3.4	uA
		3 V	0.9	1.5	2.6	

注：1. 比较器A端口的漏电流已经在 $I_{(kg(Px.x))}$ 参数中定义过。

2. 通过设置CAEX位，使比较器A输入反向，连续测量两次结果，输入失调电压可以抵消，再把两次结果加在一起。

POR/Brownout Reset(BOR) (见注 1)

参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
$t_d(\text{BOR})$				2000	us
$V_{CC}(\text{start})$	$dV_{CC}/dt \leq 3 \text{ V/s}$		$0.7 \times V(B_IT-)$		V
$V(B_IT-)$	$dV_{CC}/dt \leq 3 \text{ V/s}$			1.71	V
$V_{hys}(B_IT-)$	$dV_{CC}/dt \leq 3 \text{ V/s}$	70	130	180	mV
$t(\text{reset})$	在RST/NMI管脚上内部复位所需的脉冲宽度, $V_{CC} = 2.2 \text{ V}/3 \text{ V}$	2			us

注: 1. Brownout模块消耗的电流已经包含在总消耗电流 I_{CC} 中, 电压范围为: $V(B_IT-) + V_{hys}(B_IT-) \leq 1.8 \text{ V}$ 。

2. 在 $V_{CC} = V(B_IT-) + V_{hys}(B_IT-)$ 之后, CPU在 $t_d(\text{BOR})$ 信号一个周期之后开始执行程序。在 $V_{CC} \geq V_{CC}(\text{min})$ 之前, FLL+设置不能更改, $V_{CC}(\text{min})$ 是在工作频率时最小的电源电压。

供电电压管理/监测(SVS)

参数	测试条件		最小值	典型值	最大值	单位
t _(SVSR)	dVCC/dt > 30 V/ms		5		150	us
	dVCC/dt ≤ 30 V/ms				2000	us
t _d (SVSon)	SVSon， VLD=0 到 VLD ≠ 0, VCC = 3 V		20		150	us
t _{settle}	VLD ≠ 0（注 2）				12	us
V _(SVSstart)	VLD ≠ 0, VCC/dt ≤ 3 V/s			1.55	1.7	V
V _{hys} (SVS_IT-)	VCC/dt ≤ 3 V/s	VLD = 1	70	120	155	mV
		VLD = 2-14	V _(SVS_IT-) x 0.004		V _(SVS_IT-) x 0.008	
	VCC/dt ≤ 3 V/s 外部电压加到端口A7上	VLD = 15	4.4		10.4	mV
V _(SVS_IT-)	VCC/dt ≤ 3 V/s	VLD = 1	1.8	1.9	2.05	V
		VLD = 2	1.94	2.1	2.25	
		VLD = 3	2.05	2.2	2.37	
		VLD = 4	2.14	2.3	2.48	
		VLD = 5	2.24	2.4	2.6	
		VLD = 6	2.33	2.5	2.71	
		VLD = 7	2.46	2.65	2.86	
		VLD = 8	2.58	2.8	3	
		VLD = 9	2.69	2.9	3.13	
		VLD = 10	2.83	3.05	3.29	

		VLD = 11	2.94	3.2	3.42	
		VLD = 12	3.11	3.35	3.61(注 1)	
		VLD = 13	3.24	3.5	3.76(注 1)	
		VLD = 14	3.43	3.7(注 1)	3.99(注 1)	
	VCC/dt ≤ 3 V/s 外部电压加到端口A7上	VLD = 15	1.1	1.2	1.3	
I _{CC(SVS)} (见注3)	VLD ≠ 0, VCC = 2.2 V/3 V			10	15	uA

注：1. 工作电压最高为3.6V。

2. t_{settle} 是当VLD从不为0的一个值转换到2到15之间一个不同值时，比较器需要的一个稳定电平的建立时间。假设过驱动电压大于50mV。

3. SVS模块的消耗电流已经包含在总消耗电流I_{CC}中。

DCO

参数	测试条件		最小值	典型值	最大值	单位
f _(DCOCLK)	N(DCO)=01Eh, FN_8=FN_4=FN_3=FN_2=0,D=2; DCOPLUS = 1, f _{Crystal} =32.768kHz	VCC = 2.2 V/3V		1		MHz
f _(DCO=2)	FN_8=FN_4=FN_3=FN_2=0; DCOPLUS = 1	VCC = 2.2 V	0.3	0.65	1.25	MHz
		VCC = 3 V	0.3	0.7	1.3	MHz
f _(DCO=2)	FN_8=FN_4=FN_3=0, FN_2=1; DCOPLUS = 1	VCC = 2.2 V	0.7	1.3	2.3	MHz
		VCC = 3 V	0.8	1.5	2.5	MHz
f _(DCO=2)	FN_8=FN_4=0,FN_3=1,FN_2=x; DCOPLUS = 1	VCC = 2.2 V	1.2	2	3	MHz
		VCC = 3 V	1.3	2.2	3.5	MHz
S _n	S _n = f _{DCO(Tap n+1)} / f _{DCO(Tap n)}	1 < TAP ≤ 20	1.06		1.11	
		TAP = 27	1.07		1.17	
D _t	N(DCO) =01Eh, FN_8=FN_4=FN_3=FN_2=0, D= 2; DCOPLUS = 0	VCC = 2.2 V	-0.2	-0.3	-0.4	%/°C
		VCC = 3 V	-0.2	-0.3	-0.4	%/°C
D _v	N(DCO) =01Eh, FN_8=FN_4=FN_3=FN_2=0, D= 2; DCOPLUS = 0	VCC = 2.2 V/3V	0	5	15	%/V

晶体振荡器, LFXT1振荡器 (见注1和注2)

参数		测试条件	电源电压	最小值	典型值	最大值	单位
集成输入电容	C _{XIN}	OSCCAP _x = 0h	2.2 V/3 V		0		pF
		OSCCAP _x = 1h	2.2 V/3 V		10		
		OSCCAP _x = 2h	2.2 V/3 V		14		
		OSCCAP _x = 3h	2.2 V/3 V		18		
集成输出电容	C _{XOUT}	OSCCAP _x = 0h	2.2 V/3 V		0		pF
		OSCCAP _x = 1h	2.2 V/3 V		10		
		OSCCAP _x = 2h	2.2 V/3 V		14		
		OSCCAP _x = 3h	2.2 V/3 V		18		
XIN端的输入逻辑	V _{IL}	见注3	2.2 V/3 V	VSS		0.2VCC	V
	V _{IH}			0.8VCC		VCC	V

注：1. 由封装和电路板所造成的寄生电容大约为2pF，那么晶振的有效负载电容为： $(C_{XIN} \times C_{XOUT}) / (C_{XIN} + C_{XOUT})$ ，这和XTS_FLL无关。

2. 为了提高LFXT1低功耗振荡器EMI特性，特别是在LF模式下(32kHz)下，应遵守以下原则：

- 保持MS616F512NS和晶振之间的走线尽可能的短。
- 晶振管脚附近地线层的良好设计。
- 避免其他时钟线和数据线与晶振XIN和XOUT管脚之间的串通。
- 避免在PCB的XIN和XOUT管脚下以及附近走线。
- 通过使用匹配材料并多次实践来减小振荡器XIN和XOUT管脚的寄生负载。
- 如果使用了保护涂层，要确保不会引起振荡器管脚之间的容性和阻性泄露。

3. 只有当使用外部逻辑时钟源时才有效，而且必须设置XTS_FLL位，当使用晶振和谐振器时无效。

4. 对于精确的实时时钟应用，OSCCAP_x=0h，使用推荐的尾部电容值。

晶体振荡器, XT2振荡器 (见注1)

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
集成输入电容	C _{XT2IN}	VCC = 2.2 V/3 V		2		pF
集成输出电容	C _{XT2OUT}	VCC = 2.2 V/3 V		2		pF
XT2IN端的输入逻辑	V _{IL}	VCC = 2.2 V/3 V (见注2)	VSS		0.2VCC	V
	V _{IH}		0.8VCC		VCC	V

注：1. 振荡器两端都要接负载电容，精确电容值由晶振生产厂给出。

2. 只有当使用外部逻辑时钟源时才有效，而且必须设置XTS_FLL位，当使用晶振和谐振器时无效。

USART0, USART1 (见注1)

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
USART0/1: 尖峰抑制时间	t(τ)	VCC = 2.2 V, SYNC = 0, UART 模式	200	430	800	ns
		VCC = 3 V, SYNC = 0, UART 模式	150	280	500	

注1. 加到USART0/1接收端的信号应该满足 $t(\tau)$ 的时序要求，才能保证URXS触发器被设置。URXS触发器由满足 $t(\tau)$ 最小时序要求的低电平脉冲所设置，标志位的设置的工作条件必须与此时序限制条件无关。尖峰抑制电路只有在URXD0/1线负向传输时才工作。

12位ADC，供电及输入范围条件（见注1）

参数	测试条件	电源电压	最小值	典型值	最大值	单位
模拟电源电压	AVCC	AVCC和DVCC接在一起， AVSS和DVSS接在一起， $V(AVSS) = V(DVSS) = 0V$	2.2		3.6	V
模拟输入电压范围 (见注2)	$V_{(P6.x/Ax)}$	适用所有P6.0/A0到 P6.7/A7的端口。 模拟输入端口由寄存器 ADC12MCTLx选择并且 $P6Sel.x=1, 0 \leq x \leq 7; V(AVSS) \leq V_{P6.x/Ax} \leq V(AVCC)$	0		V_{AVCC}	V
AVCC端口的工作电流 (见注3)	I_{ADC12}	$f_{ADC12CLK} = 5.0MHz$ $ADC12ON = 1, REFON = 0$ $SHT0=0, SHT1=0,$ $ADC12DIV=0$	2.2 V	0.65	1.3	mA
			3 V	0.8	1.6	
AVCC端口的工作电流 (见注4)	I_{REF+}	$f_{ADC12CLK} = 5.0MHz$ $ADC12ON = 0, REFON = 1,$ $REF2_5V = 1$	3 V	0.5	0.8	mA
		$f_{ADC12CLK} = 5.0MHz$ $ADC12ON = 0, REFON = 1,$ $REF2_5V = 0$	2.2 V	0.5	0.8	
			3 V	0.5	0.8	mA
输入电容	C_i	一次只能选择一个端口， $P6.x/Ax$	2.2 V		40	pF
输入多路选择器阻抗	R_i	$0V \leq V_{Ax} \leq V_{AVCC}$	3 V		2000	Ω

注：1. 漏电流已经在P.x/Ax端口参数的漏电流表中定义了。

2. 模拟输入电压范围必须在参考电压范围之内才能得到有效的转换结果。

3. 参数 I_{ADC12} 不包括参考电压的电流。

4. 参考电压模块的电流有AVCC提供，此电流与ADC12ON无关，直到转换开始。在A/D转换开始之前就应设置REFON位使内建参考电压模块开始工作。

12位ADC，外部基准模块

参数		测试条件	电源电压	最小值	典型值	最大值	单位
正外部基准电压输入	V_{REF+}	$V_{REF+} > V_{REF-}/V_{REF-}$ (注 2)		1.4		V_{AVCC}	V
负外部基准电压输入	V_{REF-}/V_{REF-}	$V_{REF+} > V_{REF-}/V_{REF-}$ (注 3)		0		1.2	V
外部基准电压差分输入	$(V_{REF+} - V_{REF-}/V_{REF-})$	$V_{REF+} > V_{REF-}/V_{REF-}$		1.4		V_{AVCC}	V
静态输入电流	I_{VREF+}	$0V \leq V_{REF+} \leq V_{AVCC}$	2.2V/3V			± 1	μA
静态输入电流	I_{VREF-}/V_{REF-}	$0V \leq V_{REF+} \leq V_{AVCC}$	2.2V/3V			± 1	μA

注：1. 外部基准是在转换期间给电容阵列进行充电和放电。在转换期间，对于外部基准来说，输入电容 C_i 是动态负载。基准电压的动态阻抗应该与模拟源阻抗的推荐值相匹配，使充电时达到12位的建立精度。

2. 精度限制了正的外部基准电压的最小值，减小精度要求可以使用更低的基准电压。
3. 精度限制了负的外部基准电压的最大值，减小精度要求可以使用更大的基准电压。
4. 精度限制了外部基准电压的差值，减小精度要求可以使用更小差值的基准电压。

12位ADC，内部基准

参数		测试条件	电源电压	最小值	典型值	最大值	单位
正内置基准电压	V_{REF+}	REF2_5V = 1, $I_{VREF+} \leq I_{VREF+max}$	3V	2.4	2.5	2.6	V
		REF2_5V = 0, $I_{VREF+} \leq I_{VREF+max}$	2.2 V/ 3 V	1.44	1.5	1.56	
正内置基准电压有效的最小电源电压	$AVCC_{(min)}$	REF2_5V = 0, $I_{VREF+} \leq 1mA$		2.2			V
		REF2_5V = 1, $I_{VREF+} \leq 0.5mA$		$V_{REF+}+0.15$			
		REF2_5V = 1, $I_{VREF+} \leq 1mA$		$V_{REF+}+0.15$			
V_{REF+} 端的负载电流	I_{VREF+}		2.2 V	0.01		-0.5	mA
			3V			-1	
V_{REF+} 端的负载调制电流	$I_{L(VREF)+}$	$I_{VREF+} = 500\mu A \pm 100\mu A$ 模拟输入电压 $\sim 0.75V$; REF2_5V = 0	2.2 V			± 2	LSB
			3V			± 2	LSB
		$I_{VREF+} = 500\mu A \pm 100\mu A$ 模 拟输入电压 $\sim 1.25V$; REF2_5V = 1	3V			± 2	LSB
V_{REF+} 端的负载调制时间	$I_{DL(VREF)+}$	$I_{VREF+} = 100\mu A \rightarrow 900\mu A$. $C_{VREF+} = 5\mu F$, 模拟输入电压 $\sim 0.5V_{REF+}$ 转换结果误差 $\leq 1LSB$	3V			20	ns

参数		测试条件	电源电压	最小值	典型值	最大值	单位
V _{REF+} 端的外接电容 (见注 1)	C _{VREF+}	REFON =1, 0 mA ≤ I _{VREF+} ≤ I _{VREF+max}	2.2 V/ 3 V	5	10		uF
内置基准的温度系数	T _{REF+}	I _{VREF+} 是一个常数, 范围 在 0 mA ≤ I _{VREF+} ≤ 1 mA	2.2 V/ 3 V			±100	ppm /°C
内置基准的建立时间 (见注 2)	t _{REFON}	I _{VREF+} = 0.5 mA, C _{VREF+} = 10μF, V _{REF+} = 1.5 V	2.2 V			17	ms

注: 1. 内部的缓冲放大器和精度要求需要一个外部电容, 所有的INL和DNL测试在V_{REF+}和AVSS以及V_{REF-}/V_{eREF-}和AVSS之间接有两个电容: 一个10uF的钽电容和100nF的陶瓷电容。

2. 测试条件为: 在t_{REFON}开启之后转换误差小于±0.5 LSB时的时间, 建立时间取决于外部电容负载。

12位ADC, 时序参数

参数		测试条件	电源电压	最小值	典型值	最大值	单位
f _{ADC12CLK}		保证 ADC 线性参数的准确性	2.2V/3 V	0.45	5	6.3	MHz
内部 ADC12 振荡器	f _{ADC12OSC}	ADC12DIV=0, f _{ADC12CLK} =f _{ADC12OSC}	2.2 V/3 V	3.7		6.3	MHz
转换时间	t _{CONVERT}	C _{VREF+} ≥ 5 μF, 内部振荡器, f _{ADC12OSC} = 3.7 MHz - 6.3 MHz	2.2V/3 V	2.06		3.51	us
		外部 f _{ADC12CLK} 来自 ACLK, MCLK 或 SMCLK; ADC12SSEL ≠ 0			13·ADC12 DIV·1/f _{AD C12CLK}		us
ADC 的 开启时间	t _{ADC12ON}	见注1				100	ns
采样时间	t _{Sample}	R _S = 400 Ω, R _I = 1000 Ω, C _I = 30 pF, τ = [R _S + R _I] × C _I ; (见注2)	3 V	1220			ns
			2.2 V	1400			

注: 1. ADC12ON开启后转换误差小于±0.5 LSB的时间为 t_{ADC12ON}。基准电压和输入信号已经建立。

2. 大概经过10τ时间后误差小于±0.5 LSB, t_{Sample} = ln(2n+1) × (R_S + R_I) × C_I + 800ns (n=ADC分辨率=12, R_S=输入电阻)。

12位ADC，线性参数

参数	测试条件	电源电压	最小	典型	最大	单位
积分非线性误差	E_I	$1.4\text{ V} \leq (V_{eREF+} - V_{REF-}/V_{eREF-}) \min \leq 1.6\text{ V}$	2.2 V		± 2	LSB
		$1.6\text{ V} < (V_{eREF+} - V_{REF-}/V_{eREF-}) \min \leq [V_{(AVCC)}]$	/3 V		± 1.7	
微分非线性误差	E_D	$(V_{eREF+} - V_{REF-}/V_{eREF-}) \min \leq (V_{eREF+} - V_{REF-}/V_{eREF-})$, CVREF+ = 10 uF (钽) and 100 nF (陶瓷)	2.2 V/ 3 V		± 1	LSB
失调误差	E_O	$(V_{eREF+} - V_{REF-}/V_{eREF-}) \min \leq (V_{eREF+} - V_{REF-}/V_{eREF-})$, 内部源阻抗 $R_S < 100\Omega$, CVREF+ = 10 uF (钽) and 100 nF (陶瓷)	2.2 V/ 3 V	± 2	± 4	LSB
增益误差	E_G	$(V_{eREF+} - V_{REF-}/V_{eREF-}) \min \leq (V_{eREF+} - V_{REF-}/V_{eREF-})$, CVREF+ = 10 uF (钽) and 100 nF (陶瓷)	2.2 V/ 3 V	± 1.1	± 2	LSB
总不可调整误差	E_T	$(V_{eREF+} - V_{REF-}/V_{eREF-}) \min \leq (V_{eREF+} - V_{REF-}/V_{eREF-})$, CVREF+ = 10 uF (钽) and 100 nF (陶瓷)	2.2 V/ 3 V	± 2	± 5	LSB

12位ADC，温度传感器和内建中间电压 V_{MID}

参数	测试条件	电源电压	最小值	典型值	最大值	单位
AVCC 端的电流 (见注 1)	I_{SENSOR}	REFON = 0, INCH = 0Ah, ADC12ON=NA, $T_A = 25^\circ\text{C}$	2.2 V	40	120	uA
			3 V	60	160	
V_{SENSOR}		ADC12ON = 1, INCH = 0Ah, $T_A = 0^\circ\text{C}$	2.2 V	986	$986 \pm 5\%$	mV
			3 V	986	$986 \pm 5\%$	
TC_{SENSOR}		ADC12ON = 1, INCH = 0Ah	2.2 V	3.55	$3.55 \pm 3\%$	mV/ $^\circ\text{C}$
			3 V	3.55	$3.55 \pm 3\%$	
选择通道 10 需要的采样时间 (见注 2)	t_{sensor} (sample)	ADC12ON = 1, INCH = 0Ah, 转换误差 $\leq 1\text{ LSB}$	2.2 V	30		us
			3 V	30		
通道 11 所分的电流	I_{VMID}	ADC12ON = 1, INCH = 0Bh, (见注3)	2.2 V		NA	uA
			3 V		NA	
AVCC 在通道 11 所分的电压	V_{MID}	ADC12ON = 1, INCH = 0Bh, $V_{MID} \sim 0.5V_{AVCC}$	2.2 V	1.1	1.1 ± 0.04	V
			3 V	1.5	1.5 ± 0.04	
选择通道 11 需要的采样时间	t_{VMID} (sample)	ADC12ON = 1, INCH = 0Bh, 转换误差 $\leq 1\text{ LSB}$	2.2 V	1400		ns
			3 V	1220		

注：1. 如果(ADC12ON = 1、REFON=1)或者 (ADC12ON=1、INCH=0Ah以及采样信号为高时)，将产生传感器电流 I_{SENSOR} 。该电流包含了通过传感器和基准的电流。

2. 传感器的典型等效阻抗为51k Ω ，采样时间包含了传感器开启的时间 $t_{SENSOR(on)}$ 。

3. V_{MID} 只在采样过程中使用，不会产生多余的电流。

4. 采样时间 $t_{VMID(sample)}$ 已经包含了开启时间 $t_{VMID(on)}$ ，不需要额外的时间。

Flash存储器

参数		测试条件	电源电压	最小值	典型值	最大值	单位
编程、擦除时工作电压	V _{CC} (PGM/ERASE)			2.7		3.6	V
Flash 编程时序产生频率	f _{FTGP}			257		476	kHz
Flash 擦除时序产生频率	f _{FTGE}			15		100	kHz
编程时 DVCC 端的电流	I _{PGM}		2.7 V/ 3.6 V		3	5	mA
擦除时 DVCC 端的电流	I _{ERASE}		2.7 V/ 3.6 V		3	7	mA
累计编程时间	t _{CPT}	见注1	2.7 V/ 3.6 V			10	ms
累计大规模擦除时间	t _{CMErase}	见注2	2.7 V/ 3.6 V	200			ms
编程/擦除持续时间				10 ⁴	10 ⁵		cycles
数据保存周期	t _{Retention}	T _J = 25°C		100			years
字编程时间	t _{Word}	见注3			35		t _{FTG}
第一个字的块编程时间	t _{Block, 0}				30		
每一个附加字的块编程时间	t _{Block, 1-63}				21		
块编程结束序列等待时间	t _{Block, End}				6		
大规模擦除时间	t _{Mass Erase}				5297		
段擦除时间	t _{Seg Erase}				4819		

注：1. 当对一个 64 位的 Flash 模块写入时，不能超过累计编程时间。这个参数适用于所有的 Flash 编程方法。

2. 大规模擦除时间是由 Flash 时序决定的，至少 11.1ms (= 5297x1/f_{FTG}，最大值 = 5297x1/476kHz)。

3. 这些值已经固化到 Flash 控制器的状态机中。

4. 片内擦除频率不能高于 100K。

5. 片内编程只能以字的格式编程，不能以字节的格式编程。

6. 信息存储区只有 A 段（128 字节），没有 B 段。

7. 主存储区每段 2048 字节，而不是 512 字节。

JTAG, 接口

参 数		测试条件	电源电压	最小值	典型值	最大值	单位
TCK 输入频率	f_{TCK}	见注1	2.2 V	0		5	MHz
			3 V	0		10	MHz
TMS, TCK, TDI/TCLK 接口的内部上拉电阻	$R_{Internal}$	见注2	2.2 V/ 3 V	25	60	90	k Ω

注：1. f_{TCK} 也可能被所选择模块的时序要求所限制。

2. TMS, TDI/TCLK和TCK的上拉电阻芯片已经集成。

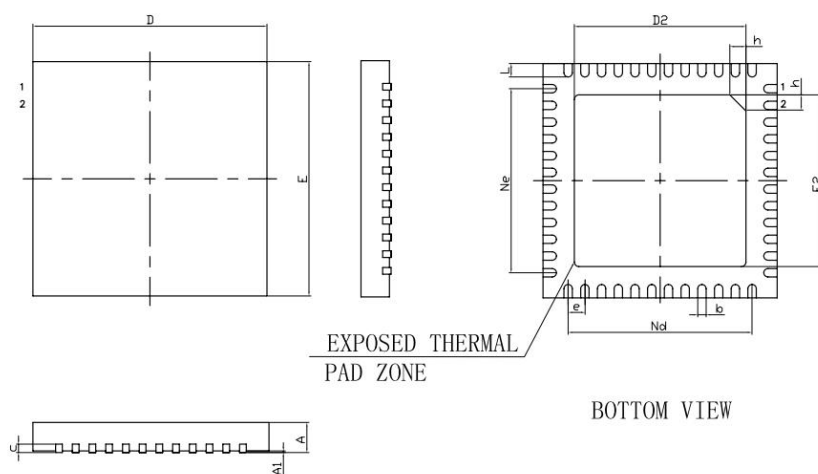
JTAG, 熔丝（见注1）

参 数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
烧断熔丝需要电源电压	$V_{CC(FB)}$	$T_A = 25^{\circ}\text{C}$	2.5			V
烧断熔丝需要的 TDI/TCLK 的电压水平	V_{FB}		6		7	V
烧断熔丝需要 TDI/TCLK 的电流	I_{FB}				100	mA
烧断熔丝需要的时间	t_{FB}				1	ms

注1：一旦熔丝烧断，就再也不可能连接到MS616F512NS的JTAG/Test，仿真特性也将失去。JTAG模式切换为旁路模式。

封装外形图

QFN48



符号	尺寸（毫米）		
	最小	典型	最大
A	0.70	0.75	0.80
A1	-	0.02	0.05
b	0.15	0.20	0.25
c	0.18	0.20	0.23
D	5.90	6.00	6.10
D2	4.10	4.20	4.30
e	0.40BSC		
Ne	4.40BSC		
Nd	4.40BSC		
E	5.90	6.00	6.10
E2	4.10	4.20	4.30
L	0.35	0.40	0.45
h	0.30	0.35	0.40
L/F 载体尺寸(mil)	177×177		

印章与包装规范

1. 印章内容介绍



产品型号：MS616F512NS

生产批号：XXXXXXX

2. 印章规范要求

采用激光打印，整体居中且采用 Arial 字体。

3. 包装规范说明

型号	封装形式	只 / 卷	卷/ 盒	只/盒	盒/箱	只/箱
MS616F512NS	QFN48	2000	1	2000	8	16000

声明

- 瑞盟保留说明书的更改权，恕不另行通知！客户在下单前应获取最新版本资料，并验证相关信息是否完整。
- 在使用瑞盟产品进行系统设计和整机制造时，买方有责任遵守安全标准并采取相应的安全措施，以避免潜在失败风险可能造成的人身伤害或财产损失！
- 产品提升永无止境，本公司将竭诚为客户提供更优秀的产品！

**MOS电路操作注意事项**

静电在很多地方都会产生，采取下面的预防措施，可以有效防止 MOS 电路由于受静电放电的影响而引起的损坏：

- 1、操作人员要通过防静电腕带接地。
- 2、设备外壳必须接地。
- 3、装配过程中使用的工具必须接地。
- 4、必须采用导体包装或抗静电材料包装或运输。



+86-571-89966911



杭州市滨江区伟业路 1 号
高新软件园 9 号楼 701 室

[http:// www.relmon.com](http://www.relmon.com)