

### Texas Instruments 超低功耗微控制器

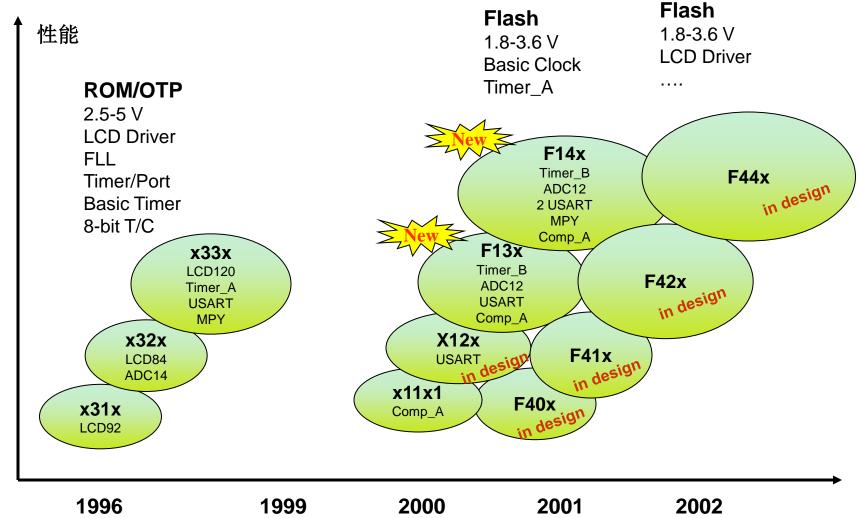






### MSP430 发展历程







### MSP430: 全新的微控制器



### RUN THE MARATHON, NOT THE MILE.

TI's Flash MSP430 MCU reduces power consumption drastically, so your batteries run longer.

- → MSP430 有工业级 16 bit RISC MCU.

  → 40 85 °C
- MSP430 编程方便, 开发工具廉价

  ADD MEM1,MEM2

  ;MEM2=MEM1+MEME2
- The MSP430 runs with a watch crystal at up to 4MHz internal clock!

7 MSP430 的能效极高.

I/O 和 CPU 运行是能用不同的时钟 CPU 功耗的开关通过状态寄存器的控制位实现

- MSP430 的功耗极低.
   执行时为 160uA @ 1.8V (Flash)
   备用时为 0.1uA (Flash)
- → MSP430 极大地延长了电电池寿命









### RUN THE MARATHON, NOT THE MILE.

TI's Flash MSP430 MCU reduces power consumption drastically, so your batteries run longer.

#### 超低功耗

- 1.8 V ... 3.6 V 供电电压范围
- 200 µA @ 1MHz, 2.2V, 活动模式
- 0.7 µA 备用模式
- 0.1 µA 保持 RAM 数据
- 6 µs 从备用模式唤醒

#### 强大的 CPU 内核

- 16-Bit RISC 结构
- 125 ns 指令周期 @ 8 MHz

#### 灵活多样的外围模块

- 12-bit A/D (8 + 4 通道, 转换<10 μs)
- 16-bit Timer\_A with 3 C/C 寄存器
- 16-bit Timer\_B with 7 C/C 寄存器
- 1-2 个 USART接口
- 硬件乘法器
- 模拟信号比较器
- 基本时钟模块
  - 由可编程内部电阻控制频率
  - 由单一外部电阻控制频率
  - 32 kHz 晶振产生低频
  - 高频晶振产生高频
  - 可选择外部时钟源



	MSP430	系列
CPA30		

CONFIGU-									MOD	ULES						
RATION		TYF				ZE										
	EPROM	ОТР	ROM	FLASH	MEM	RAM	ADC	ADC LCD TIMERS UART MI			MPY	1/0				
					kB	Bytes		Seg.	WDT	8bit T	BT1	T_A	T_B			
x1101				MSP430F1101	1	128	slope <sup>1</sup>	No	Yes	No	No	3	No	S/W	No	14
x111			MSP430C111		2	128	slope	No	Yes	No	No	3	No	S/W	No	14
x1111			MSP430C1111		2	128	slope <sup>1</sup>	No	Yes	No	No	3	No	S/W	No	14
x112	PMS430E112	MSP430P112	MSP430C112		4	256	slope	No	Yes	No	No	3	No	S/W	No	14
x1121			MSP430C1121	MSP430F1121	4	256	slope 1	No	Yes	No	No	3	No	S/W	No	14
x133				MSP430F133	8 <sup>3</sup>	256	12-bit <sup>1</sup>	No	Yes	No	No	3	5	1	No	48
x135				MSP430F135	16 <sup>3</sup>	512	12-bit <sup>1</sup>	No	Yes	No	No	3	5	1	No	48
x147				MSP430F147	32 <sup>3</sup>	1024	12-bit <sup>1</sup>	No	Yes	No	No	3	7	2	Yes	48
x148				MSP430F148	48 <sup>3</sup>	2048	12-bit <sup>1</sup>	No	Yes	No	No	3	7	2	Yes	48
x149				MSP430F149	60 <sup>3</sup>	2048	12-bit <sup>1</sup>	No	Yes	No	No	3	7	2	Yes	48
x311S			MSP430C311S		2	128	slope <sup>2</sup>	64	Yes	Yes	Yes	No	No	S/W	No	7+4 <sup>4</sup>
x312			MSP430C312		4	256	slope <sup>2</sup>	92	Yes	Yes	Yes	No	No	S/W	No	9+54
x313	PMS430E313		MSP430C313		8	256	slope <sup>2</sup>	92	Yes	Yes	Yes	No	No	S/W	No	9+54
x314			MSP430C314		12	512	slope <sup>2</sup>	92	Yes	Yes	Yes	No	No	S/W	No	9+54
x315	PMS430E315	MSP430P315	MSP430C315		16	512	slope <sup>2</sup>	92	Yes	Yes	Yes	No	No	S/W	No	9+54
x315S		MSP430P315S	MSP430C315S		16	512	slope 2	64	Yes	Yes	Yes	No	No	S/W	No	7+44
x323			MSP430C323		8	256	14-bit <sup>2</sup>	84	Yes	Yes	Yes	No	No	S/W	No	9+54
x325	PMS430E325	MSP430P325	MSP430C325		16	512	14-bit <sup>2</sup>	84	Yes	Yes	Yes	No	No	S/W	No	9+54
x325A	PMS430E325A	MSP430P325A			16	512	14-bit <sup>2</sup>	84	Yes	Yes	Yes	No	No	S/W	No	9+54
x336			MSP430C336		24	1024	slope <sup>2</sup>	120	Yes	Yes	Yes	5	No	1	Yes	41+5 <sup>4</sup>
x337	PMS430E337	MSP430P337	MSP430C337		32	1024	slope 2	120	Yes	Yes	Yes	5	No	1	Yes	41+5 <sup>4</sup>
х337А	PMS430E337A	MSP430P337A			32	1024	slope <sup>2</sup>	120	Yes	Yes	Yes	5	No	1	Yes	41+5 <sup>4</sup>

#### 注:

1 - 可由 Comparator\_A 实现

2 - 可由 Timer/Port 实现

3 - 有 256B FLASH 和 Boot ROM

4 - Input/Output + Output

#### 外围模块:

TIMERS: WDT - Watchdog 定时器

8bit T - 8 位定时器/计数器

BT1 - Basic Timer 1

T\_A - Timer\_A (x) 捕捉/比较寄存器 - Timer\_B (x) 捕捉/比较寄存器 UART 软件实现,或通用同步/异步接口数

MPY 硬件乘法器

数字 I/O,及Output I/O



### MSP430 FLASH 系列







### Five new Flash configurations available now!

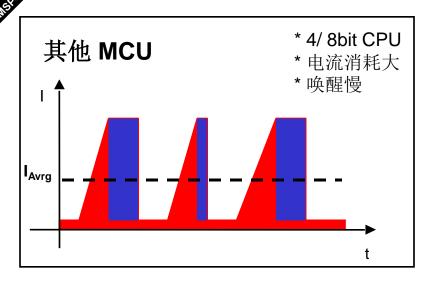
#### FLASH 型

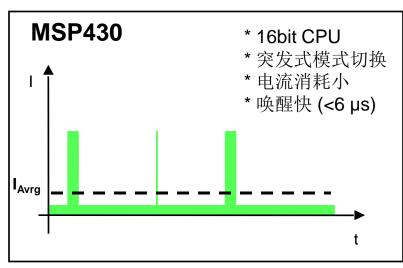
超低功耗 Flash 内核 100,000 次写/擦周期 程序存储器分段: 512B 信息存储器分段: 128B 可以分段擦除或整体擦除 编程和擦除电压由内部产生 有代码读出保护

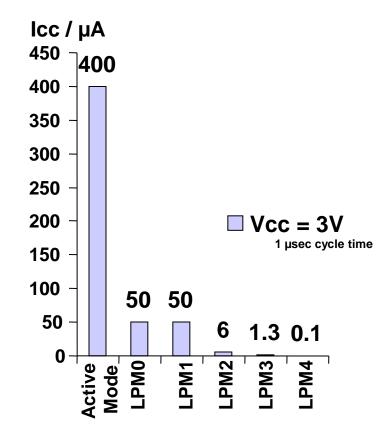
型号	FLASH	A/D	Timers	USART	MPY	I/O
MSP430F1101	1 KB	Slope	A3	-	-	14
MSP430F1121	4 KB	Slope	A3	-	-	14
MSP430F133	8 KB	12-bit	A3 + B3	1	-	48
MSF430F135	16 KB	12-bit	A3 + B3	1	-	48
MSP430F147	32 KB	12-bit	A3 + B7	2	V	48
MSP430F148	48 KB	12-bit	A3 + B7	2	V	48
MSP430F149	60 KB	12-bit	A3 + B7	2	V	48









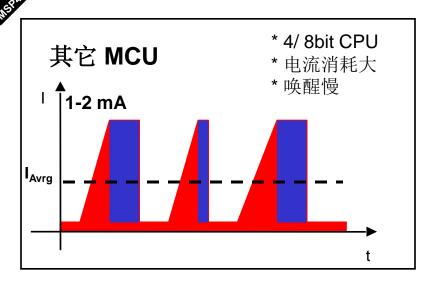


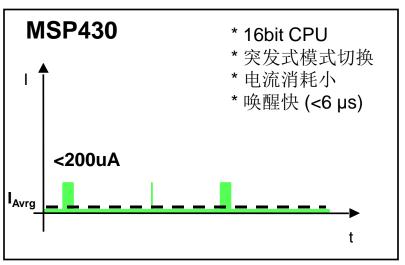
#### 例: LPM3, 备用模式 (MSP430C31x)

32768Hz 振荡器活动。 基于 Basic Timer1 的实时钟活动。 LCD 驱动有效。



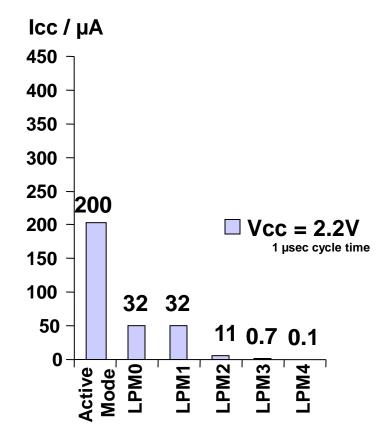
### 超低功耗的实现: FLASH型





#### 例: LPM3, 备用模式

振荡器 32768Hz 活动, Timer\_A 有效, 经 LCD 模块驱动 LCD

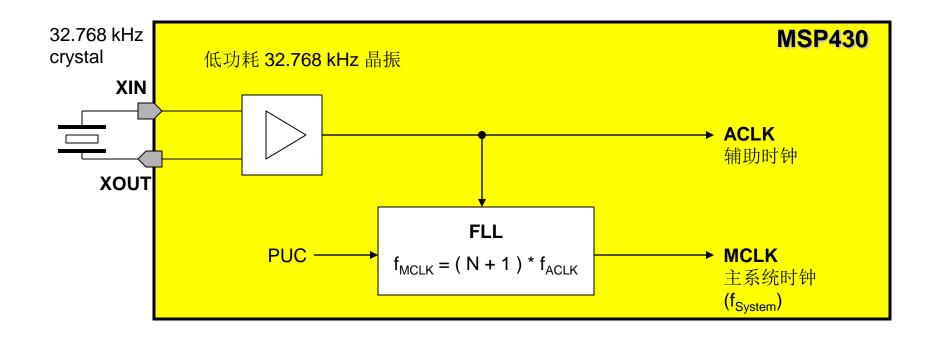




### FLL 时钟系统(3x)



- ▶ 只用一个晶体,无其它外部元件
- ▶ 处理机时钟频率稳定,抗干扰性能好
- ▶ 时钟可关闭,可快速启动
- ▶ 电路功耗低

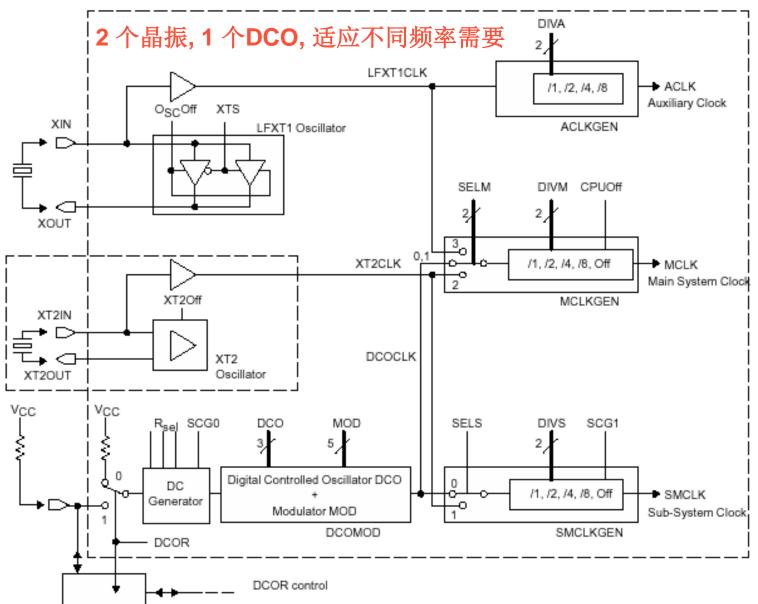




Pn.x

### FLASH 型的时钟系统(F13x, F14x)







### 速度比较: 32 kHz 时的运算快于 20 MHz



#### **MSP430**

N 32kHz 晶振

N DCO 作为主时钟发生器

★ 主时钟: 4 MHz = 250ns

№ 1 机器周期 / 指令

№ 250ns 指令周期, 16 位操作

#### 典型的 8bit 单片机

N 20MHz 晶振

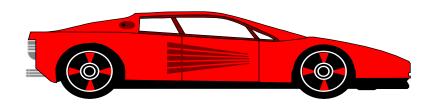
内部 4 分频

► 主时钟: 5MHz = 200ns

▶ 5 机器周期 / 指令

№ 1000ns 指令周期, 8 位操作

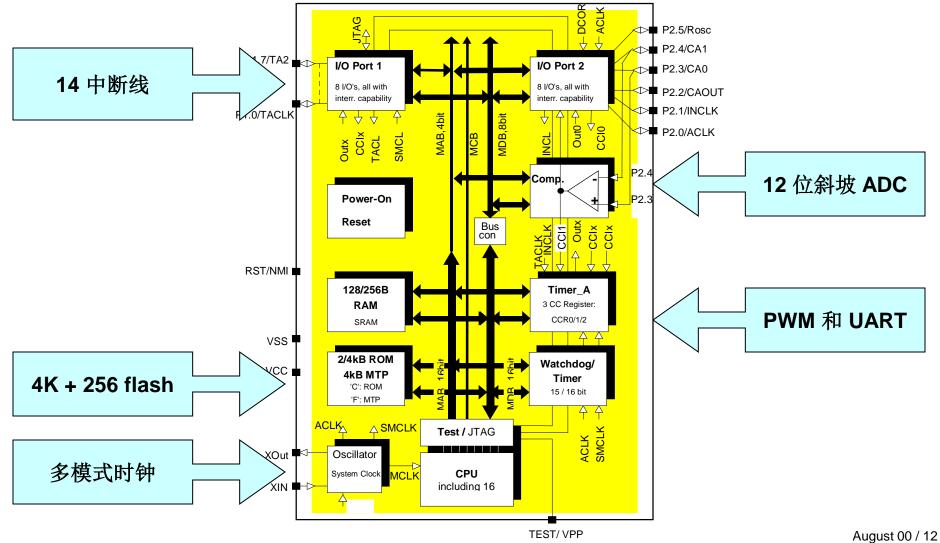
MSP430 performs 16 bit instead of 8 bit 4 times faster than a typical 8 bit μC!!





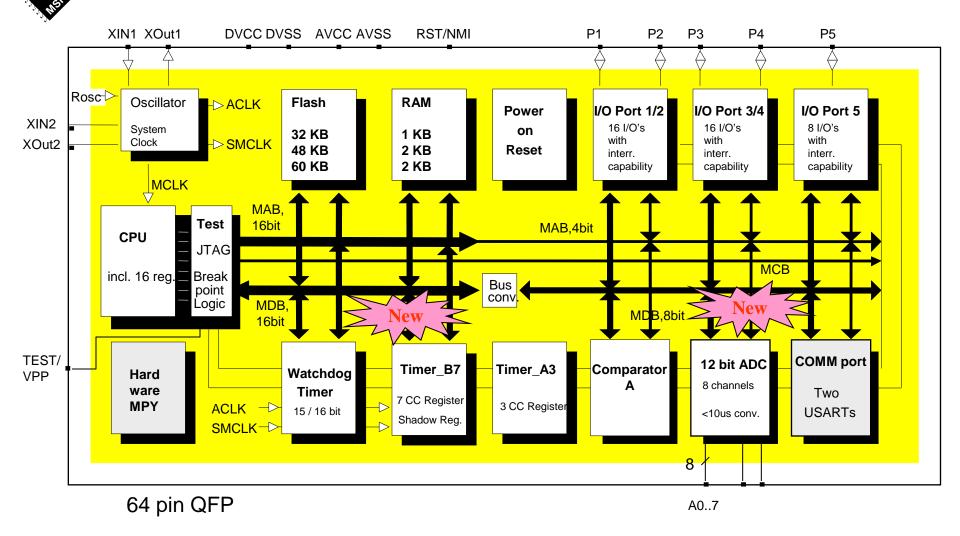
### MSP430x11x框图







### MSP430F14x框图





### MSP430的空间



ţ	地址		功能	寻址	
		7 0	1		
0FF	FFFh	中断向量表	ROM	字/字节	
0FF	FE0h	中则问里衣	KOW	十/十月	
0FF	FDFh	程序存储器			1K-60K
		跳转控制表	ROM	字/字节	
	-	数据表等			
	Ī				128-2K
0.6	2001	数据存储器	RAM	字/字节	
	200h IFFh				
01	11.1.11	16 位外围模块	Timer,	字	
01	100h		ADC 等		
(	)FFh	0 是从田港山	I/O, LCD,	ملہ جے	
(	)10h	8位外围模块	定时器/端口 等	字节	
	0Fh		,,		
		特殊功能寄存器	SFR	字节	
	0h				

**Segment B** 



### MSP430的空间: FLASH 型的 FLASH 存储器

**FFFFh** 

1000h



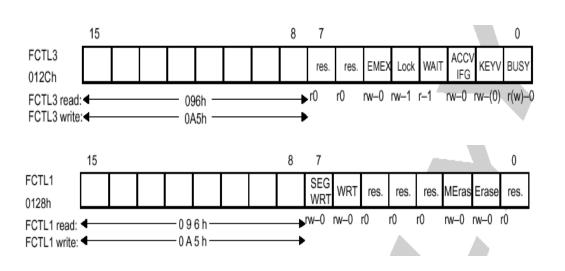
▶主存储器按 512 byte 分段	FFFFII	Segment 0	
	FE00h	中断向量	
▶信息存储器按 128 byte 分段		Segment 1	
	FC00h	Segment 2	
>各分段可单独擦除或同时擦除	FA00h	Segment 3	
	F800h	□ Up to 60Kbyte      □	
	1100h		
	1080h	Segment A	

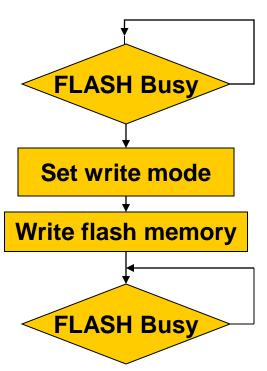


### FLASH 存储器:写入和读出



- ▶Flash 存储器以正常的寻址方式读出
- ▶Flash 存储器可以在程序控制下写入(Vcc 需高于 2.7V)
- ▶自举程序可在写保护后对 Flash 存储器擦除、写入(由用户定义口令作保护)







### 中断: 向量表 (13x,14x)



中断源	中断标志	系统中断	地址	优先级
上电 外部复位 看门狗 Flash 存储器	WDTIFG	复位	0FFFEh	15,最高
NMI 振荡器故障 Flash 存储器访问错	NMIIFG OFIFG ACCVIFG	非屏蔽可屏蔽	0FFFCh	14
Timer_B7	BCCIFG0	可屏蔽	0FFFAh	13
Timer_B7	BCCIFG1-6, TBIFG	可屏蔽	0FFF8h	12
Compare_A	CMPAIFG	可屏蔽	0FFF6h	11
看门狗定时器	WDTIFG	可屏蔽	0FFF4h	10
USARTO 接收	URXIFG0	可屏蔽	0FFF2h	9
USARTO 发送	UTXIFG0	可屏蔽	0FFF0h	8
ADC	ADCIFG	可屏蔽	0FFEEh	7
Timer_A3	CCIFG0	可屏蔽	0FFECh	6
Timer_A3	CCIFG1-2, TAIFG	可屏蔽	0FFEAh	5
P1	P1IFG. 0-7	可屏蔽	0FFE8h	4
USART1 接收	URXIFG1	可屏蔽	0FFE6h	3
USART1 发送	UTXIFG1	可屏蔽	0FFE4h	2
P2	P2IFG. 0-7	可屏蔽	0FFE2h	1
			0FFE0h	0,最低



### 寻址方式和指令



MSP430 指令: 27条 (RISC指令)

采用模拟指令后为 51条

### MSP430的寄存器

程序计数器 PC	RO
堆栈指针 SP	R1
状态寄存器 SR/常数发生器 CG1	R2
常数发生器 CG2	R3
工作寄存器 R4	R4
工作寄存器 R5	R5
:	:
:	:
工作寄存器 R13	R13
工作寄存器 R14	R14
工作寄存器 R15	R15

#### MSP430的寻址方式

寻址模式	语法
寄存器模式	Rn
变址模式	X(Rn)
符号模式	ADDR
绝对模式	&ADDR
间接寄存器模式	@Rn
间接增量模式	@Rn+
立即模式	#N



### 片上外围模块: I/O, LCD驱动



I/O 端口 P0、P1、P2: 各位方向可选,可产生中断,触发沿可选

P3、P4: 各位方向可选,引脚复用

P5、P6: 各位方向可选,引脚复用

(33x: P0-P4 11x: P1,P20-25 13x, 14x: P1-P6)

LCD 驱动 LCD 段: 21x4 -- 30x4

空闲 LCD 引脚用作输出

(3x系列、4x系列)



## 片上外围模块:硬件乘法器

乘法 无符号乘

有符号乘

无符号乘加 (以第一操作数地址来区别)

精度 8位 X 8位

8位 X 16位

16位 X 8位

16位 X 16位

速度 写入操作数后,立即可读乘积

当用间接寻址访问时,需等待一条指令



### 片上外围模块: 定时器, 比较器



BASIC Timer1 2x8 位或 16 位计数器,做实时钟、LCD 帧频时钟

定时器/端口 2x8 位或 16 位计数器, 与比较器及 TP 端配合实现斜坡 A/D

定时器/计数器 8位计数器,可预置定时值,可实现软件 UART

PWM定时器 8位计数器,可产生低精度 D/A

看门狗定时器 看门狗功能,或 16 位定时器功能

Timer\_A16 位,带比较器/捕捉器,可实现 UART、PWM、斜坡 A/D

Timer\_B16 位,带比较器/捕捉器,可实现 UART、PWM、斜坡 A/D

Compare\_A 模拟信号比较器,监视外部模拟电压



### 片上外围模块: USART



#### 异步通信

波特率产生 时钟频率、波特率选择,波特率调整寄存器

例: bit=13.67T,UMCTL=01101011,T: 14, 14, 13, 14, 13, 14, 14, 13

帧格式 ST(0) | DATA(7-8bit) | AD | PA | SP(1) | SP(1)

多机模式 线路空闲多处理机模式:地址帧 10位以上"1"后首帧

地址位帧多处理机模式: 地址帧 (AD=1)

#### 同步通信

同步时钟 由主机发送,不必利用波特率调整技术

数据传输 主机的发送和接收同时进行

方式: 主机发送数据, 从机发送伪数据

主机发送数据, 从机发送数据

主机发送伪数据, 从机发送数据



### 片上外围模块: A/D 12 + 2 bit (32x)



输入通道 A0 --- A7

参考电压 内置或外置

转换方式 选择电压范围(2位): 电阻网络 逐位比较(12位): 开关电容阵列

转换精度 12+2位, 12位(预先设定转换电压范围)

**转换时间** 12+2 位:132ADCLK, 12 位:96ADCLK ADCLK = (1 - 1/4)MCLK 时钟速率的影响 高:转换未完成, 低:电容阵列放电

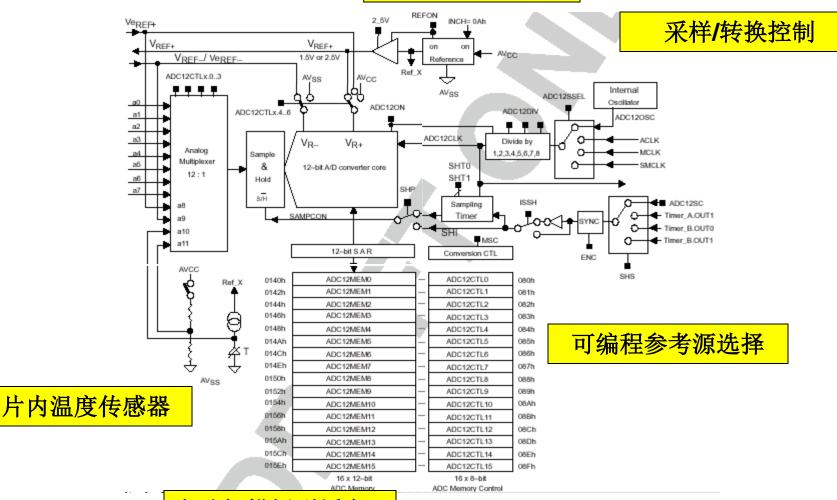
恒流模式 A0 --- A3 可作为电流源以输出电流驱动传感元件(如热敏电阻等)



### 片上外围模块: A/D 12 bit (13x, 14x)



#### 片内参考电压源



自动扫描桶型缓存



### FLASH 型低价格仿真工具: FET



#### MSP-FET430X110

#### (适用于 F11x / F11x1 型)

价格低廉 仿真功能基于片内集成的仿真逻辑来实现 可仿真 F1101, F1121

#### <u>硬件</u>

包括: PC 并行电缆, JTAG 电缆, 插座, 仿真座

<u>软件</u>

CD-ROM: IAR开发环境软件包

包括: Simulator, Debugger, Assembler/Linker,

限制版 C-Compiler (1KB Code),

#### <u>功能</u>

程序下载、更新、运行及代码调试 由 PC 环境下的 JTAG 控制实现

Flash 存储器编程

由片内仿真逻辑实现全速调试(2个断点)





### FLASH 型低价格仿真工具: FET



### MSP-FET430P140

#### (适用于 F13x / F14x 型)

价格低廉 仿真功能基于片内集成的仿真逻辑来实现 可仿真 F133, F135, F147, F148, F149

#### <u>硬件</u>

包括: PC 并行电缆, JTAG 电缆, 插座, F149 样机

<u>软件</u>

CD-ROM: IAR开发环境软件包

包括: Simulator, Debugger, Assembler/Linker,

限制版 C-Compiler (1KB Code),

#### <u>功能</u>

程序下载、更新、运行及代码调试 由 PC 环境下的 JTAG 控制实现

Flash 存储器编程

由片内仿真逻辑实现全速调试(3个断点)







### MSP430 系统: 性能/价格比

- □ 电源的高效率
  - 电池缩减/电池寿命延长
  - 电源电路简化/可远程供电
- □ 硬件简化
  - 外部元件极少
  - 集成实时钟
  - 集成 LCD 驱动电路
  - 集成 ADC
- □ 加速产品开发
  - 用 Flash 或 OTP 型可快速制作样机
  - 用 Flash 型可作现场更新
  - 容易学习和设计程序
  - 代码效率高
- □ 廉价的微控制器 MSP430 和开发工具FET



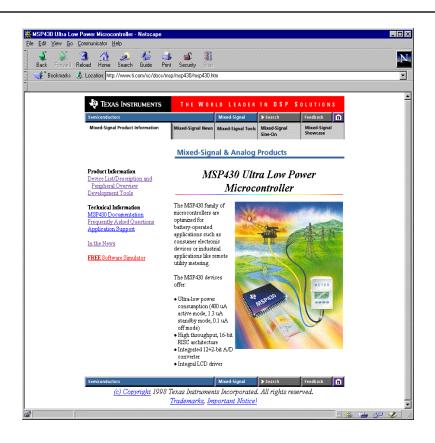


### MSP430 网上资源



#### 从 Internet 可以得到

- MSP430 器件资料
- MSP430 开发工具软件
- 可以下载的各类文件
- 免费的仿真软件
- 免费的软件包



http://www.ti.com/sc/docs/products/micro/msp430

http://www.lierda.com E-mail: lierda@mail.hz.zj.cn (wzptt)

## 微机原理与接口技术

### Microcontrollers

李光 教授 PhD, DIC, MIET

王 酉 博士 PhD, MIET

杭州 • 浙江大学 • 2015

### 全国电子设计竞赛

- 全国大学生电子设计竞赛从1997年开始每二年举办一届,赛期四天三夜。
- 竞赛方式 竞赛采用全国统一命题、分赛区组织的方式,竞赛采用"半封闭、相对集中"的组织方式进行。竞赛期间学生可以查阅有关纸介或网络技术资料,队内学生可以集体商讨设计思想,确定设计方案,分工负责、团结协作,以队为基本单位独立完成竞赛任务;竞赛期间不允许任何教师或其他人员进行任何形式的指导或引导;竞赛期间参赛队员不得与队外任何人员讨论商量。

### 电子设计竞赛题目类型(1)

- 第一部分 电源与信号源类
- 课题1 简易数控直流电源
- 课题2 直流稳定电源
- 课题3 数控直流电流源
- 课题4 实用信号源的设计和制作
- 课题5 三相正弦波变频电源
- 课题6 开关稳压电源

## 电子设计竞赛题目类型(2)

### • 第二类 仪器仪表及放大器类

- 课题1 实用低频功率放大器
- 课题2 简易电阻、电容和电感测试仪
- 课题3 简易数字频率计
- 课题4 测量放大器
- 课题5 数字式工频有效值多用表
- 课题6 频率特性测试仪
- 课题7 波形发生器
- 课题8 高效率音频功率放大器

课题9 电压控制LC振荡器

课题10 宽带放大器

课题11 低频数字式相位测量仪

课题12 简易逻辑分析仪

课题13 正弦信号发生器

课题14 集成运放参数测试仪

课题15 简易频谱分析仪

课题16 音频信号分析仪

课题17 数字示波器

课题18 程控滤波器

### 电子设计竞赛题目类型(3)

- 第三类 数据采集与处理类
- 课题1 多路数据采集系统
- 课题2 简易数字存储示波器
- 课题3 数据采集与传输系统
- 第四类 高频电子线路(无线电)类
- 课题1 简易无线电遥控系统
- 课题2 调幅广播收音机
- 课题3 短波调频接收机
- 课题4 调频收音机
- 课题5 单工无线呼叫系统
- 课题6 无线识别装置

### 电子设计竞赛题目类型(4)

- 第五类 控制类
- 课题1 水温控制系统
- 课题2 自动往返电动小汽车
- 课题3 简易智能电动车
- 课题4 液体点滴速度监控装置
- 课题5 悬挂运动控制系统
- 课题6 电动车跷跷板

### 2001年全国电子设计竞赛题目

• 自动往返电动小汽车

# 2010年浙江大学电子设计竞赛——自动测控LED节能照明灯

- 一、设计任务
- 设计任务描述
- 设计一个自动测控LED节能照明灯,以实现如下功能 :
- 一、基本功能
- (1) 电压: 12V-24V,负载3个LED灯能够正常工作,稳定输出平均电流200至500毫安。
- (2)输出过流保护并自恢复。
- (3)输出开路保护并自恢复。
- (4) 输入过压保护并自恢复。

### 自动测控LED节能照明灯(2)

- (5) 3个LED灯具有受控开关功能:
  - a) 当环境光线较强时关闭LED灯,当光线较弱时打开LED灯,可设置可显示环境光线强度数值。
  - b)LED灯靠近处环境温度过热保护,当环境温度高于60度时 关闭LED灯,当温度低于55度时重新打开LED灯。可设置可 显示温度数值。
  - c)能对LED灯的发光强度进行调控,可设置可显示LED灯的发光强度,并实现对LED灯所在环境的光强自动控制:当环境光强减弱时,会自动提高LED的发光强度,当环境光强变强时,会自动减弱LED灯的发光强度,以维持环境光强值的稳定。

### 自动测控LED节能照明灯(3)

- 二、扩展功能
- (1)可设定和显示LED灯的开关时间。如每天傍晚 18点开至晚上20点期间,自动打开LED灯到亮度最大 , 然后自晚上20点-第二天6点时段(一天时间内可调 ),LED灯自动处于较弱的发光强度(根据环境光强 而定,如半值),一旦有人进入LED灯前方(距离3-5 米处)时,自动使LED灯提高发光强度至最大,并维 持10秒后逐步减弱灯光至关闭或某一设定的弱光。
- (2) 其它

### 思考

- 1. 设计任务分析(要完成哪些功能);
- 2. 系统设计(框图)
- 3. 各模块实现方案(电路图,程序)
- 4. 演示(重要!)

