



Texas Instruments 超低功耗微控制器

Ultra-low power design with



MSP

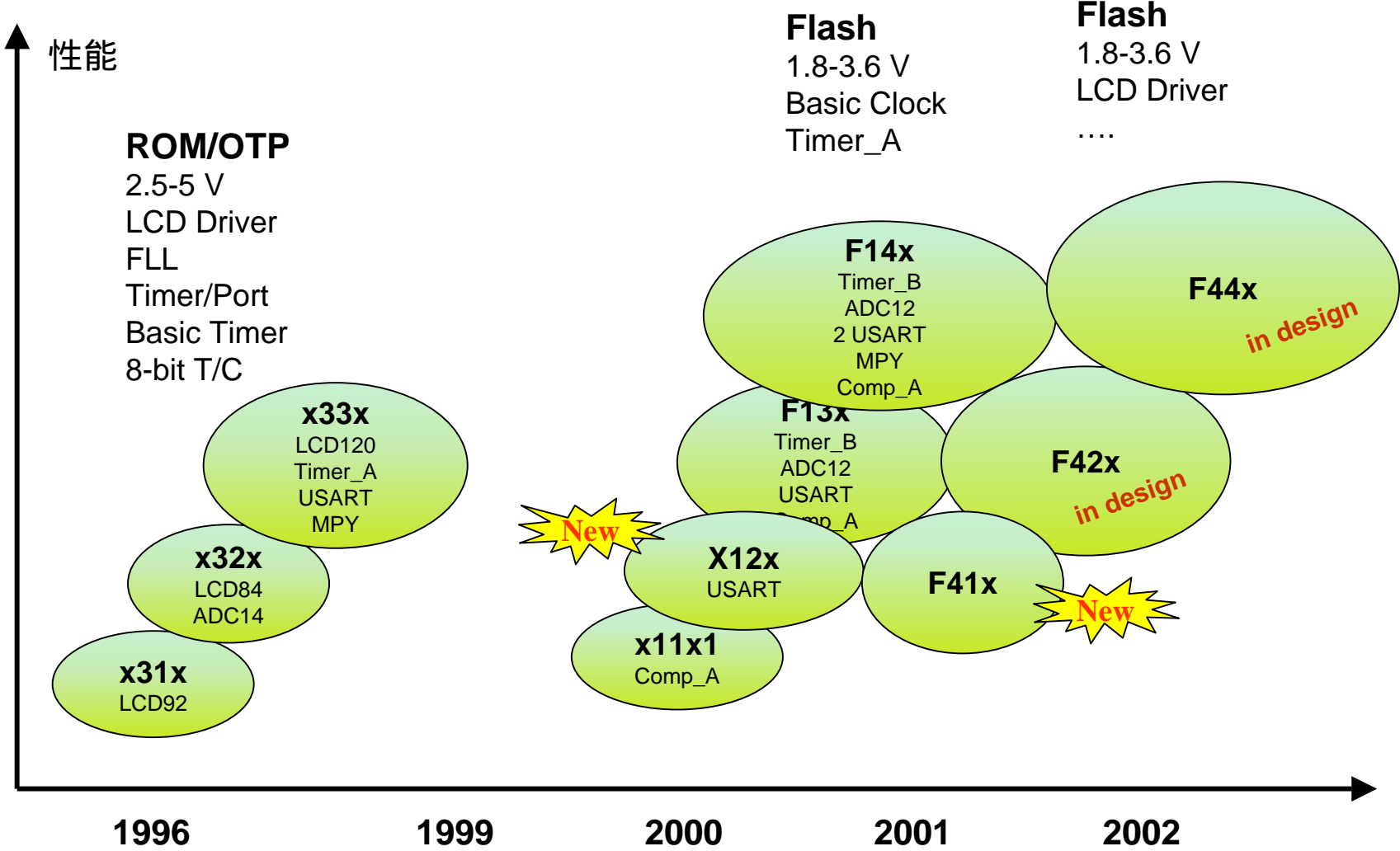
430

**The Solution for
Battery Powered Measurement**

**超低功耗微控制器
MSP430**



MSP430 发展历程





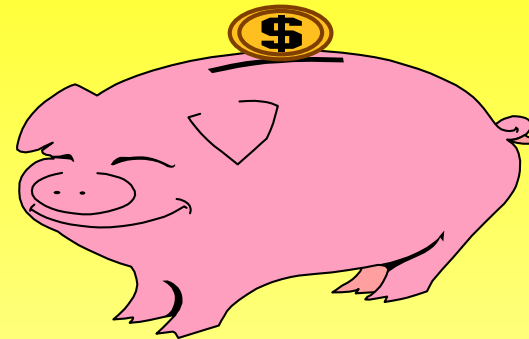
MSP430 系统：性能/价格比

□ 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
- 集成实时时钟
- 集成 LCD 驱动电路
- 集成 ADC
- 集成了精密比较器
- 集成USART



□ 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: 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，开发工具价格低廉**
`ADD MEM1, MEM2`
`;MEM2=MEM1+MEM2`
- ⇒ **MSP430 运行时用 手表晶振**
产生 **4MHz** 内部时钟
- ⇒ **MSP430 的能效极高.**
I/O 和 CPU 运行用不同的时钟
高速满足**CPU**快速运行
低速满足低功耗
CPU 和 I/O 的运行可控制
- ⇒ **MSP430 的功耗极低.**
执行时为 **160uA @ 1.8V (Flash)**
备用时为 **0.1uA (Flash)**
- ⇒ **MSP430 大大延长了电池寿命**



MSP430F11x/12x/13x/14x/41x: FLASH 系列特性



**RUN THE MARATHON,
NOT THE MILE.**

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



灵活多样的外围模块

- 12-bit A/D (8+4 通道, 200k, 顺序采样)
- 16-bit Timer_A 有 3个 CC 寄存器
- 16-bit Timer_B 有 3/7个 CC 寄存器
- 1- 2 个 USART接口
- LCD显示驱动电路
- FLL频率锁相环
- 硬件乘法器
- 模拟信号比较器
- 基本时钟模块
 - DCO由可编程内部电阻控制频率
 - DCO由单一外部电阻控制频率
 - 32768Hz 晶振产生低频时钟
 - 高频晶振产生高频时钟
 - 可选择外部时钟源

超低功耗

- 1.8 V ... 3.6 V 供电电压范围
- 200 μ A @ 1MHz, 2.2V, 活动模式
- 0.7 μ A 备用模式, 0.1 μ A 保持数据
- 6 μ s 从备用模式唤醒
- 灵活的时钟系统, LFXT1+XT2+ DCO

强大的 CPU 内核

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



MSP430 系列

Ultra-low power design with



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
- T_B - Timer_B (x) 捕捉/比较寄存器

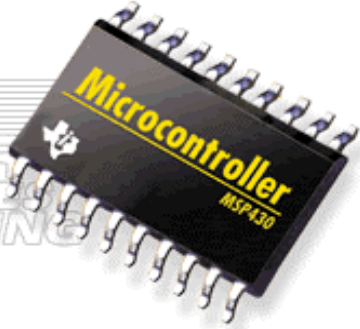
- UART 软件实现, 或通用同步/异步接口数
- MPY 硬件乘法器
- I/O 数字 I/O, 及 Output

Ultra-low power design with



MSP430 FLASH 系列

FLASH
LOW POWER
MEMORY MODULE
ENERGY SAVING



Five new Flash configurations available now!

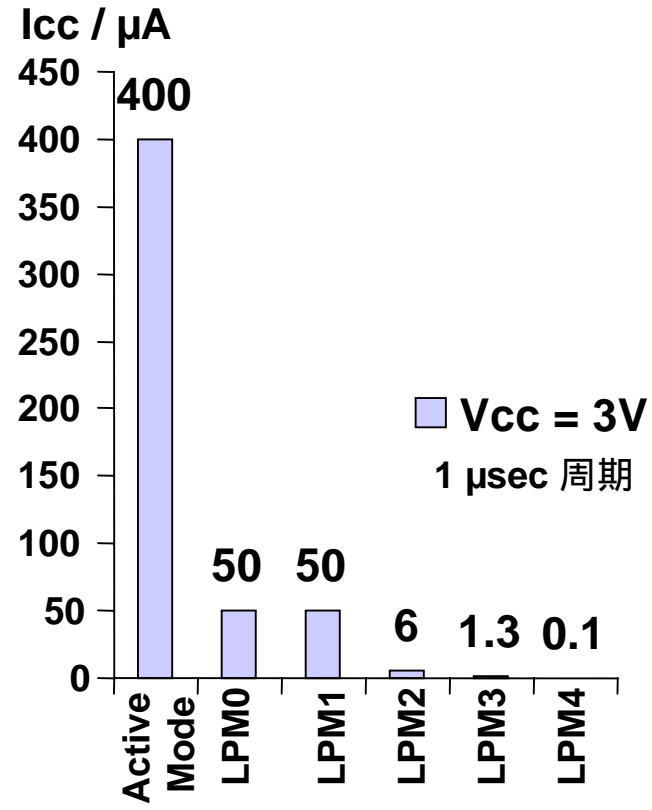
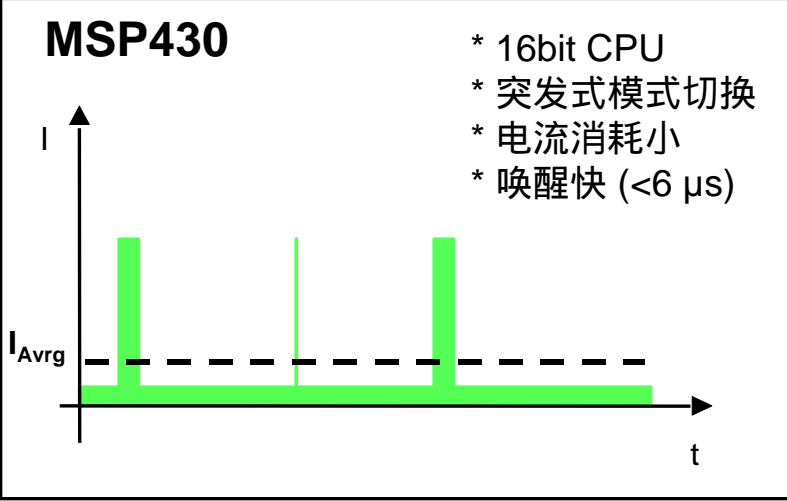
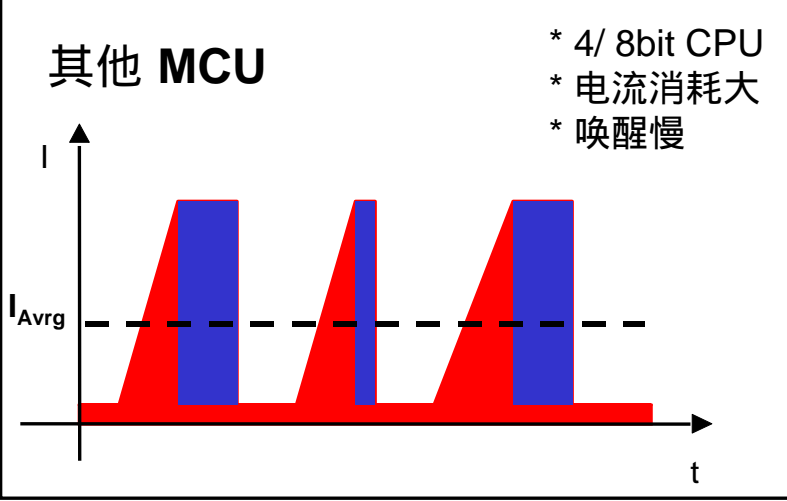
FLASH 型

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
MSP430F122	4KB	Slope	A3	1		22
MSP430F123	8KB	Slope	A3	1		22
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



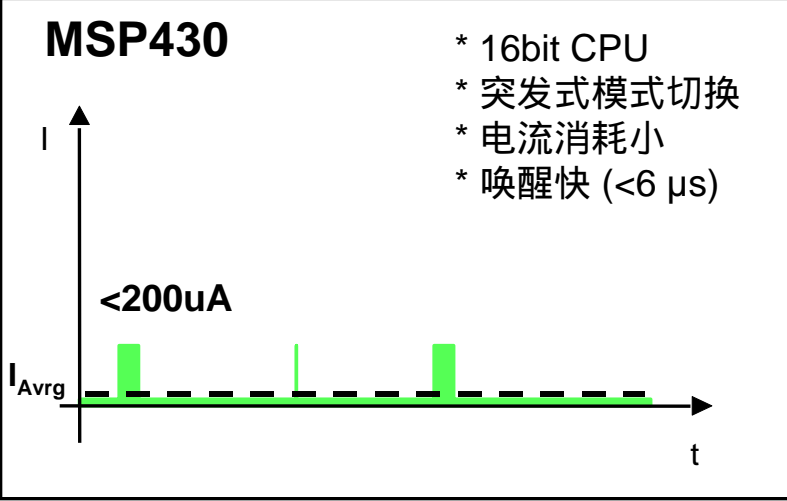
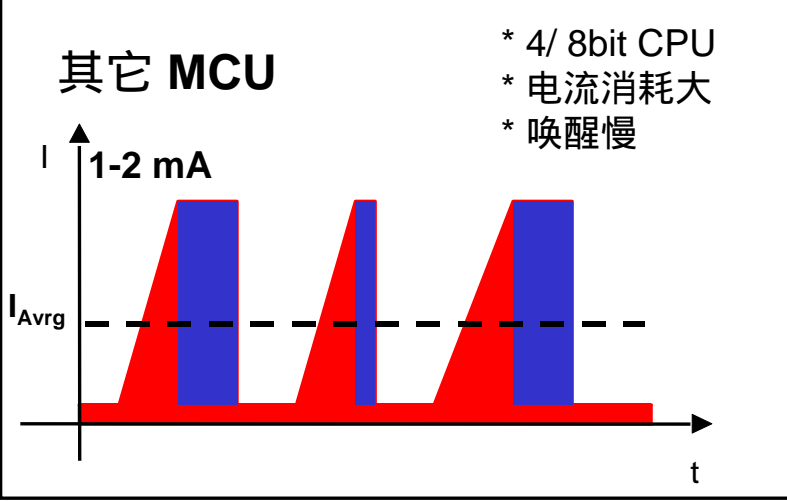
超低功耗的实现：快速启动和省电模式



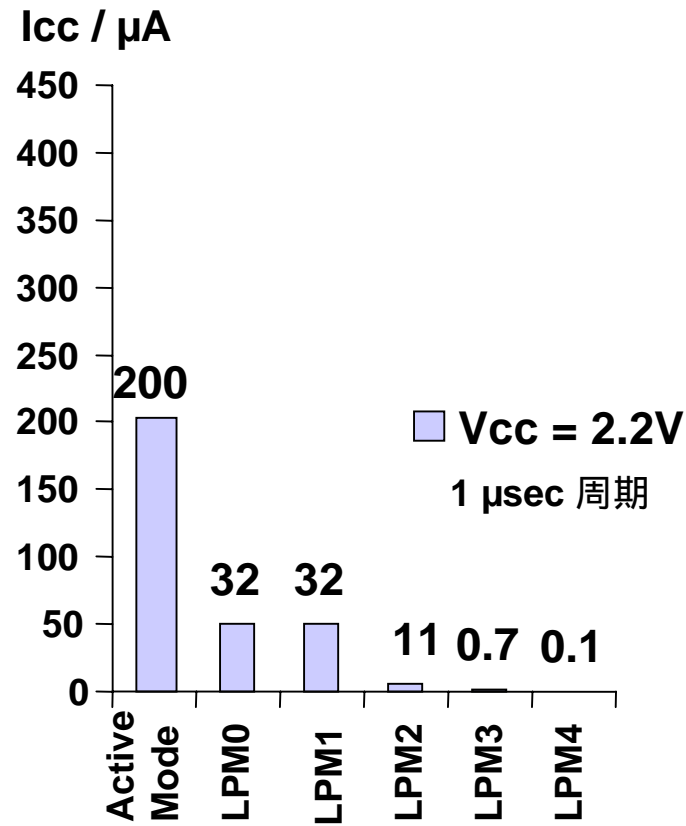
例：**LPM3, 备用模式 (MSP430C31x)**
 32768Hz 振荡器活动。
 基于 Basic Timer1 的实时钟活动。
 LCD 驱动有效。



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,



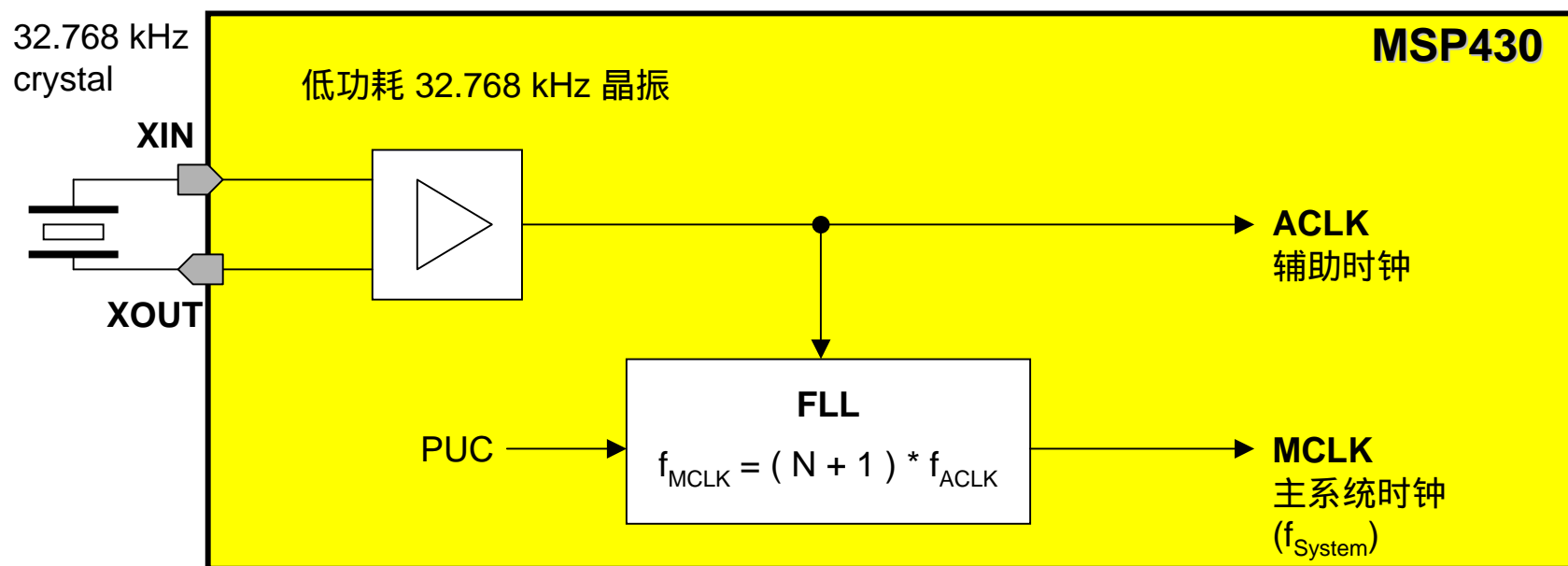


FLL 时钟系统 (31x/32x/33x)

Ultra-low power design with



- ⇒ 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



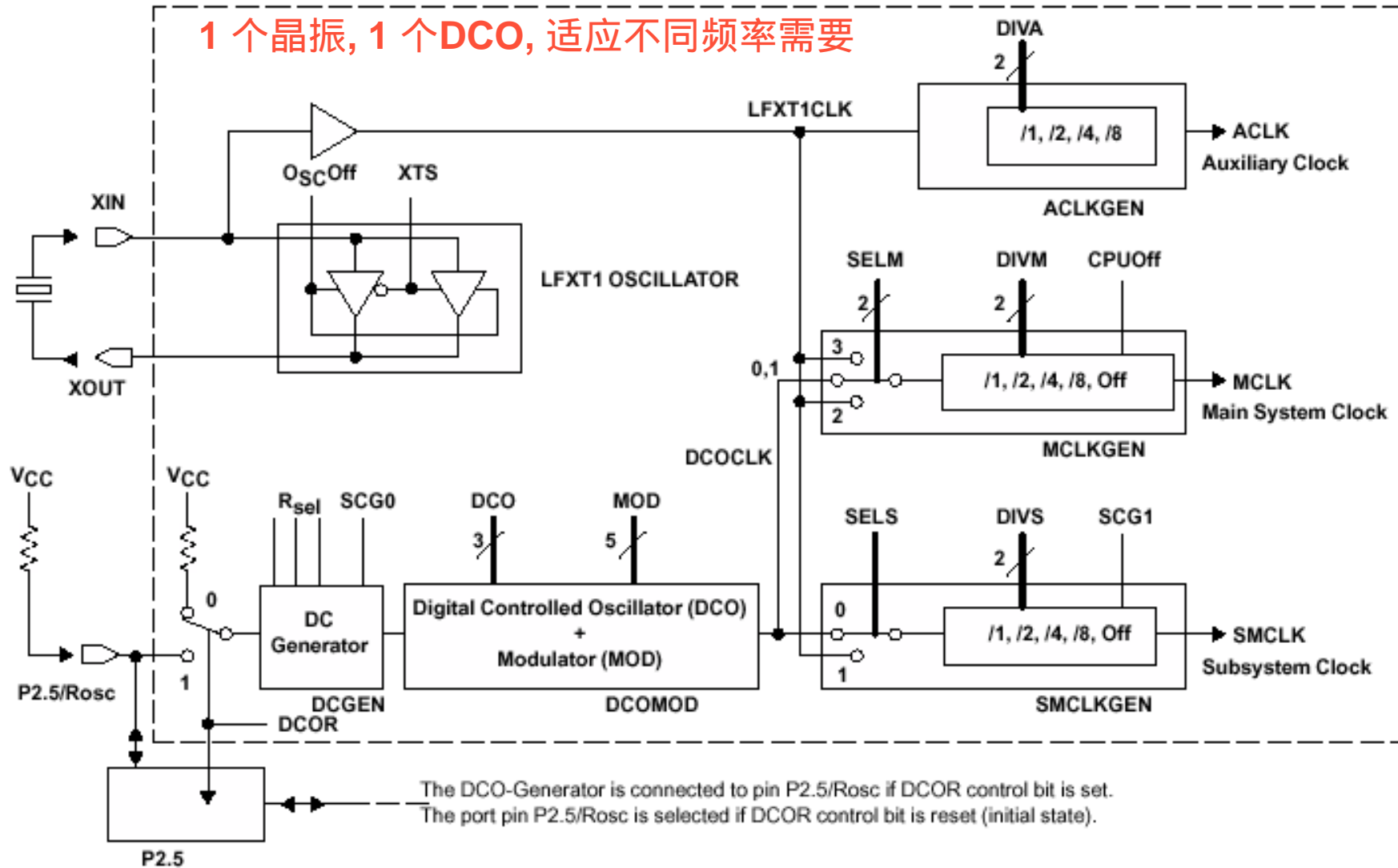


FLASH 型时钟系统 (F11x, F11x1, F12X)

Ultra-low power design with



1 个晶振, 1 个 DCO, 适应不同频率需要



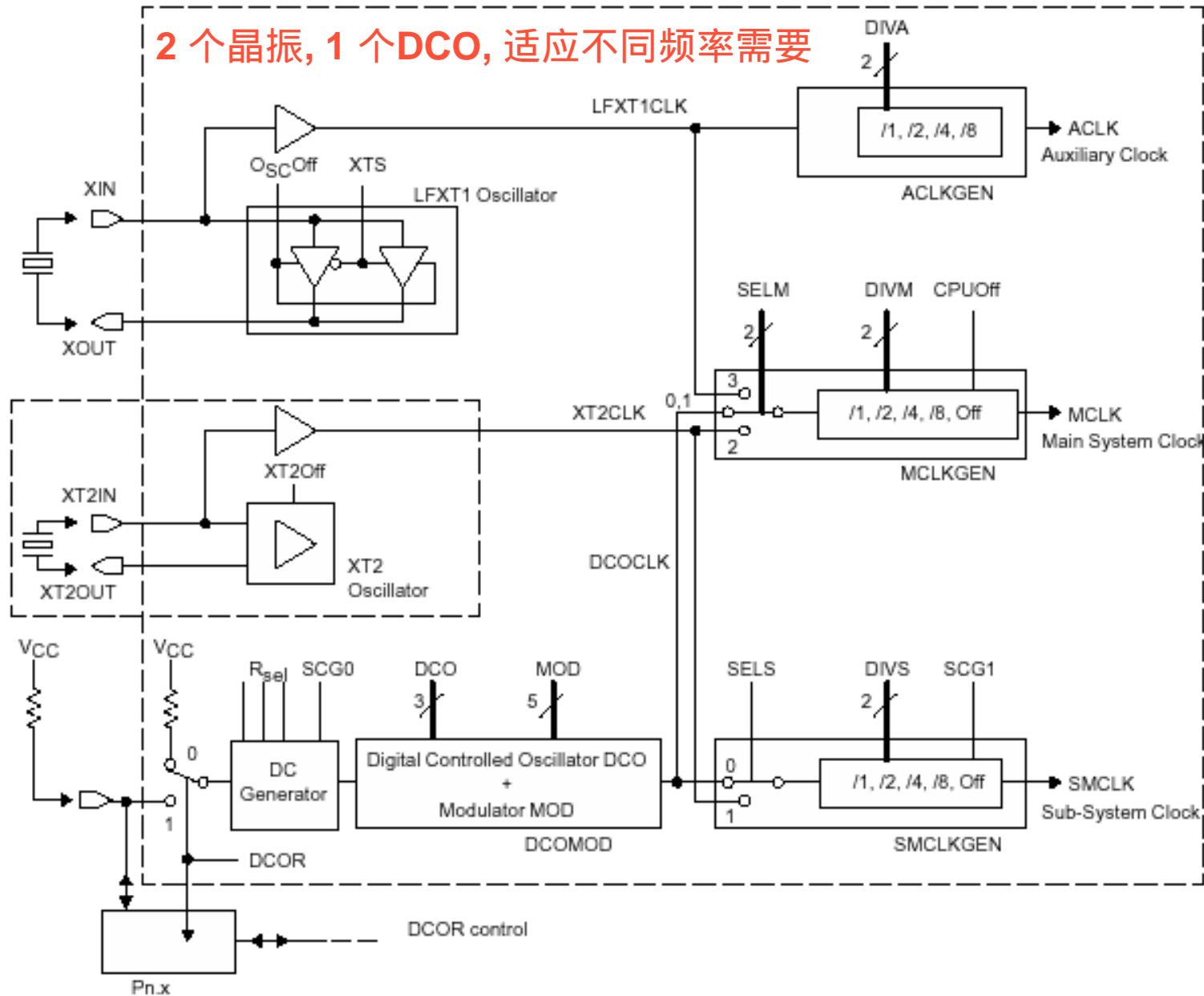


FLASH 型的时钟系统 (F13x, F14x)

Ultra-low power design with



2 个晶振, 1 个DCO, 适应不同频率需要



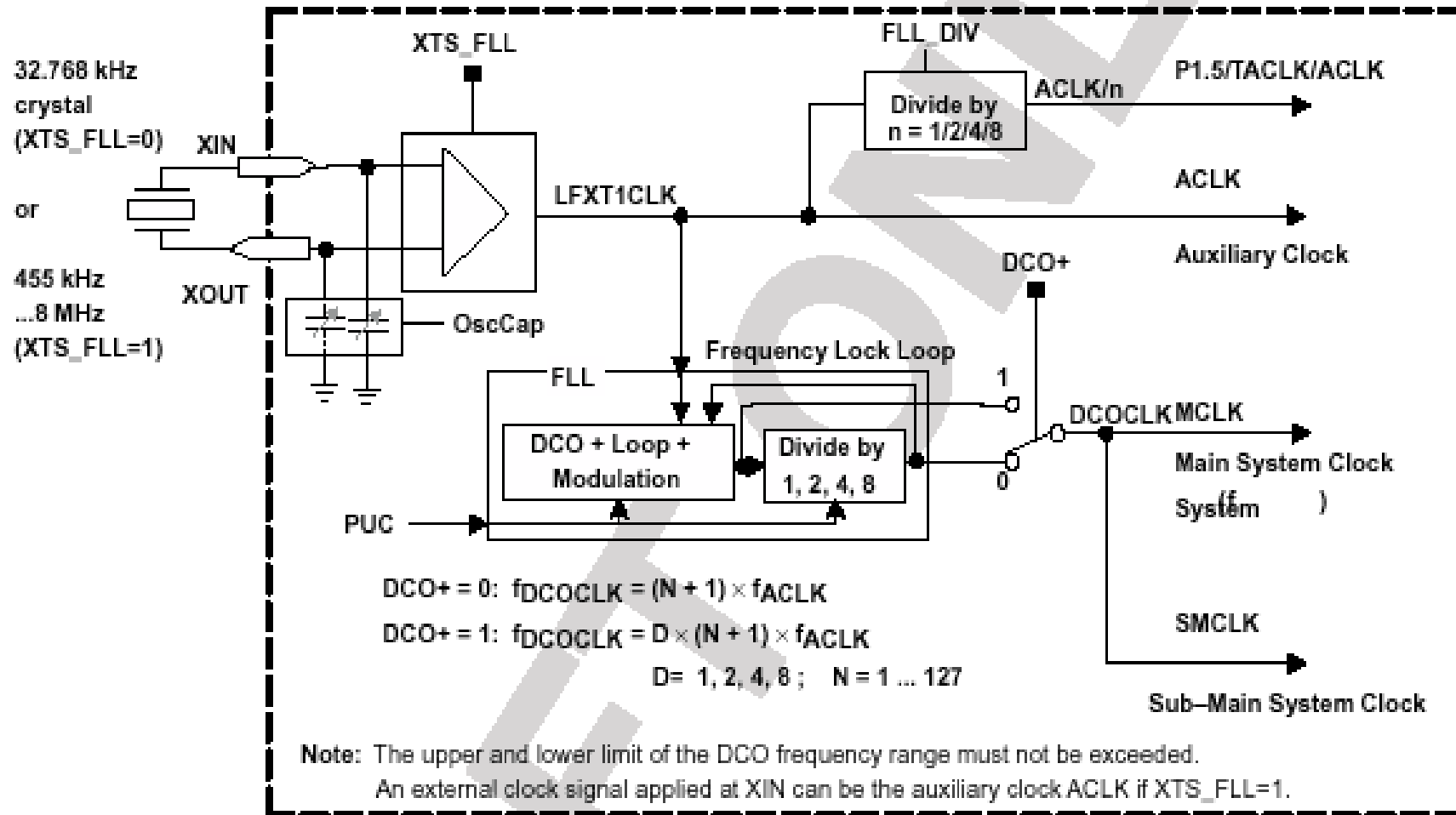


FLASH 型的时钟系统 (F41x)

Ultra-low power design with



1个晶振, 1个DCO, 适应不同频率需要





速度比较: 晶振为32 kHz 时

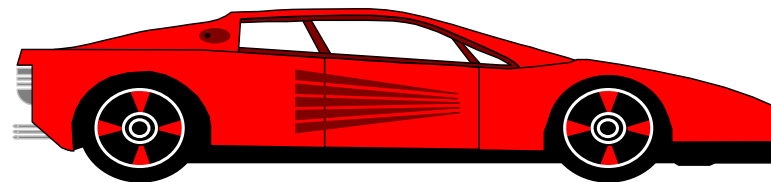
MSP430x3xx

- ⇒ 32kHz 晶振
- ⇒ 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

- ⇒ 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 μ C !!





MSP430的空间(非FLASH型)

Ultra-low power design with



地址	7	0	功能	寻址
0FFFFh	中断向量表		ROM	字/字节
0FFE0h	程序存储器 跳转控制表 数据表等		ROM	字/字节 1K-60K
0200h	数据存储器		RAM	字/字节 128-2K
01FFh	16位外围模块		Timer, ADC等	字
0100h	8位外围模块		I/O, LCD, 定时器/端口 等	字节
0Fh	特殊功能寄存器		SFR	字节
0h				

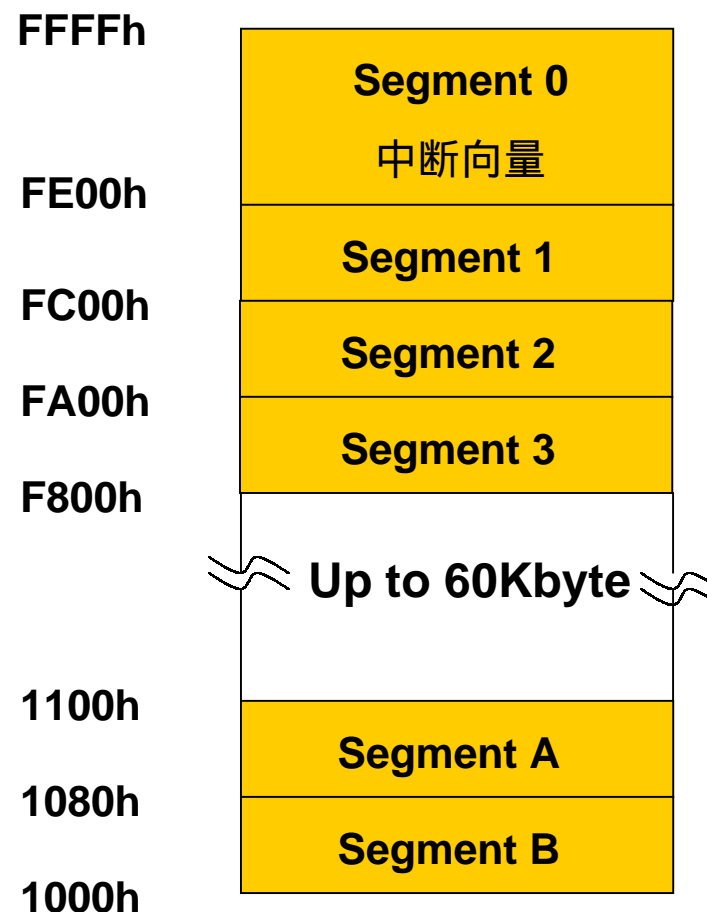


MSP430的空间：（FLASH 型）

Ultra-low power design with



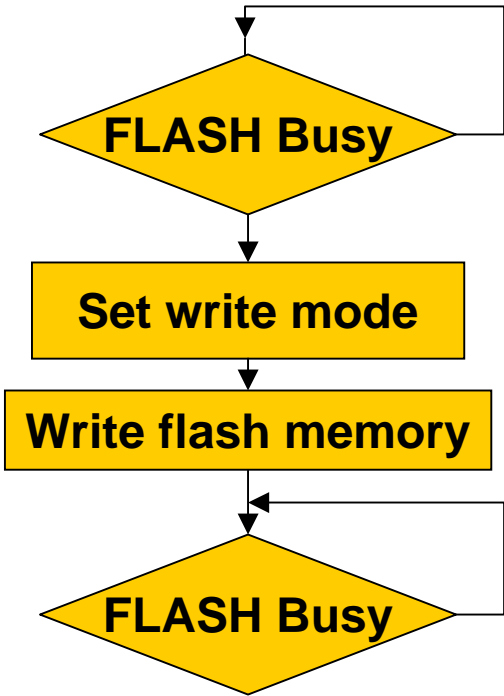
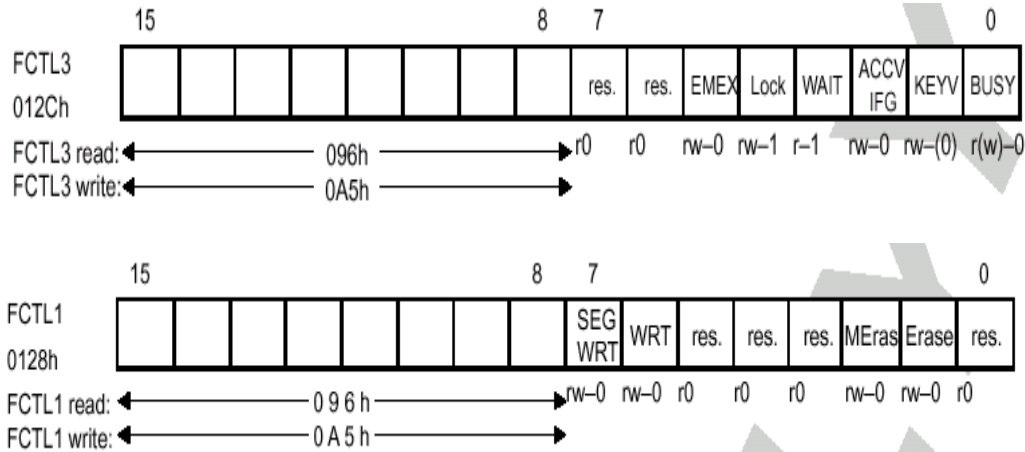
- 主存储器按 512 byte 分段
- 信息存储器按 128 byte 分段
- 各分段可单独擦除或同时擦除





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 (3x, 11x, 11x1)

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	WDTIFG	复位	0FFFEh	15, 最高
NMI 振荡器故障	NMIIFG OFIFG	非屏蔽 可屏蔽	0FFFCh	14
I/O 专用	POIFG.0	可屏蔽	0FFFAh	13
I/O 专用	POIFG.1	可屏蔽	0FFF8h	12
		可屏蔽	0FFF6h	11
看门狗定时器	WDTIFG	可屏蔽	0FFF4h	10
Timer_A	CCIFG0	可屏蔽	0FFF2h	9
Timer_A	TAIFG	可屏蔽	0FFF0h	8
USART 接收	URXIFG	可屏蔽	0FFEEh	7
USART 发送	UTXIFG	可屏蔽	0FFEC	6
ADC, 定时器/端口	ADCIFG	可屏蔽	0FFEAh	5
定时器/端口		可屏蔽	0FFE8h	4
P2	P2IFG.0-7	可屏蔽	0FFE6h	3
P1	P1IFG.0-7	可屏蔽	0FFE4h	2
Basic Timer	BTIFG	可屏蔽	0FFE2h	1
P0	POIFG.2-7	可屏蔽	0FFE0h	0, 最低



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
USART0 接收	URXIFG0	可屏蔽	0FFF2h	9
USART0 发送	UTXIFG0	可屏蔽	0FFF0h	8
ADC	ADCFIFG	可屏蔽	0FFEEh	7
Timer_A3	CCIFG0	可屏蔽	0FFEEh	6
Timer_A3	CCIFG1-2, TAIIFG	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

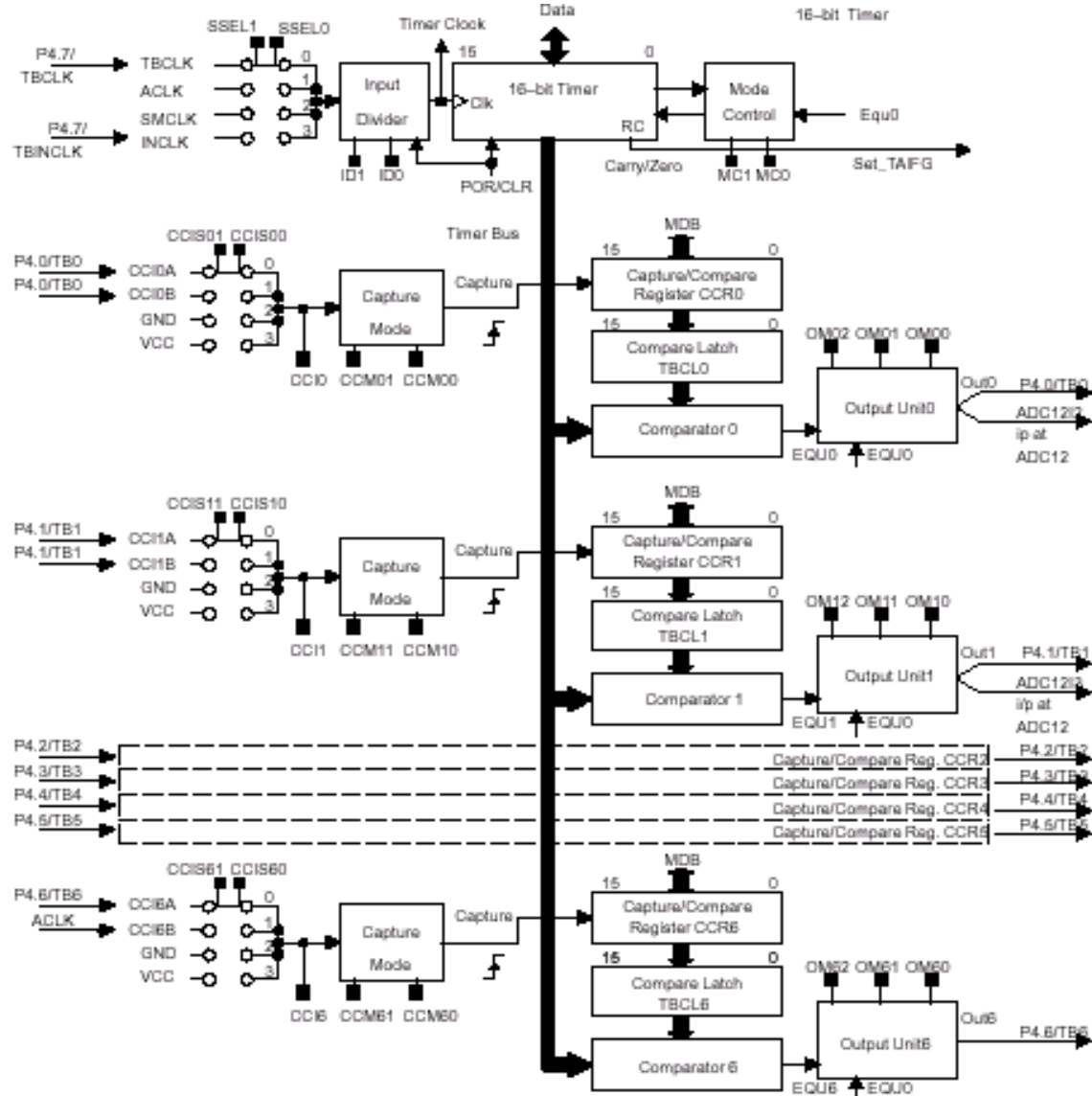
程序计数器 PC	R0
堆栈指针 SP	R1
状态寄存器 SR/常数发生器 CG1	R2
常数发生器 CG2	R3
工作寄存器 R4	R4
工作寄存器 R5	R5
:	:
:	:
工作寄存器 R13	R13
工作寄存器 R14	R14
工作寄存器 R15	R15

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



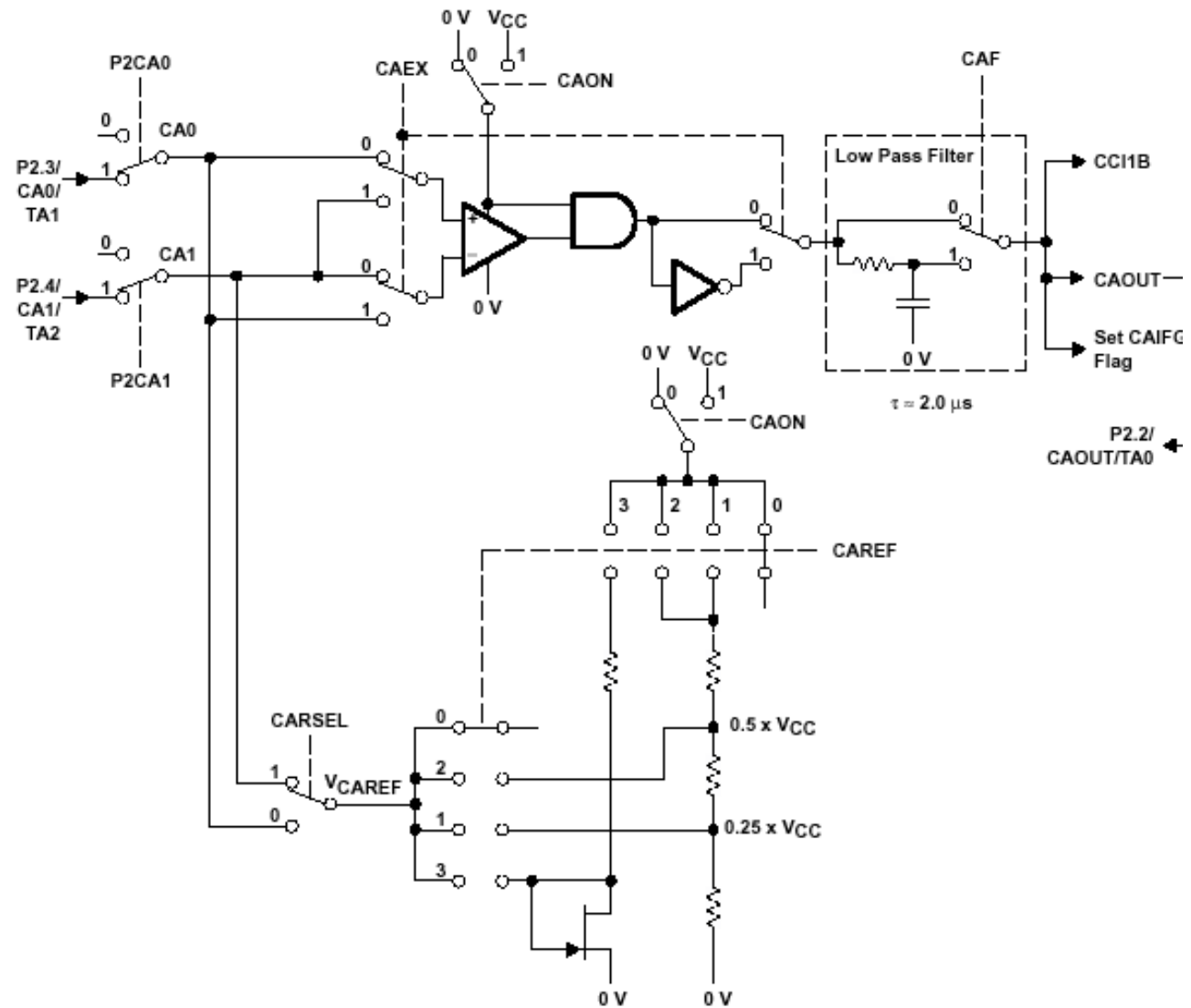
片上外围模块: TIMER_A, TIMER_B





片上外围模块: comparator_A

Ultra-low power design with





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



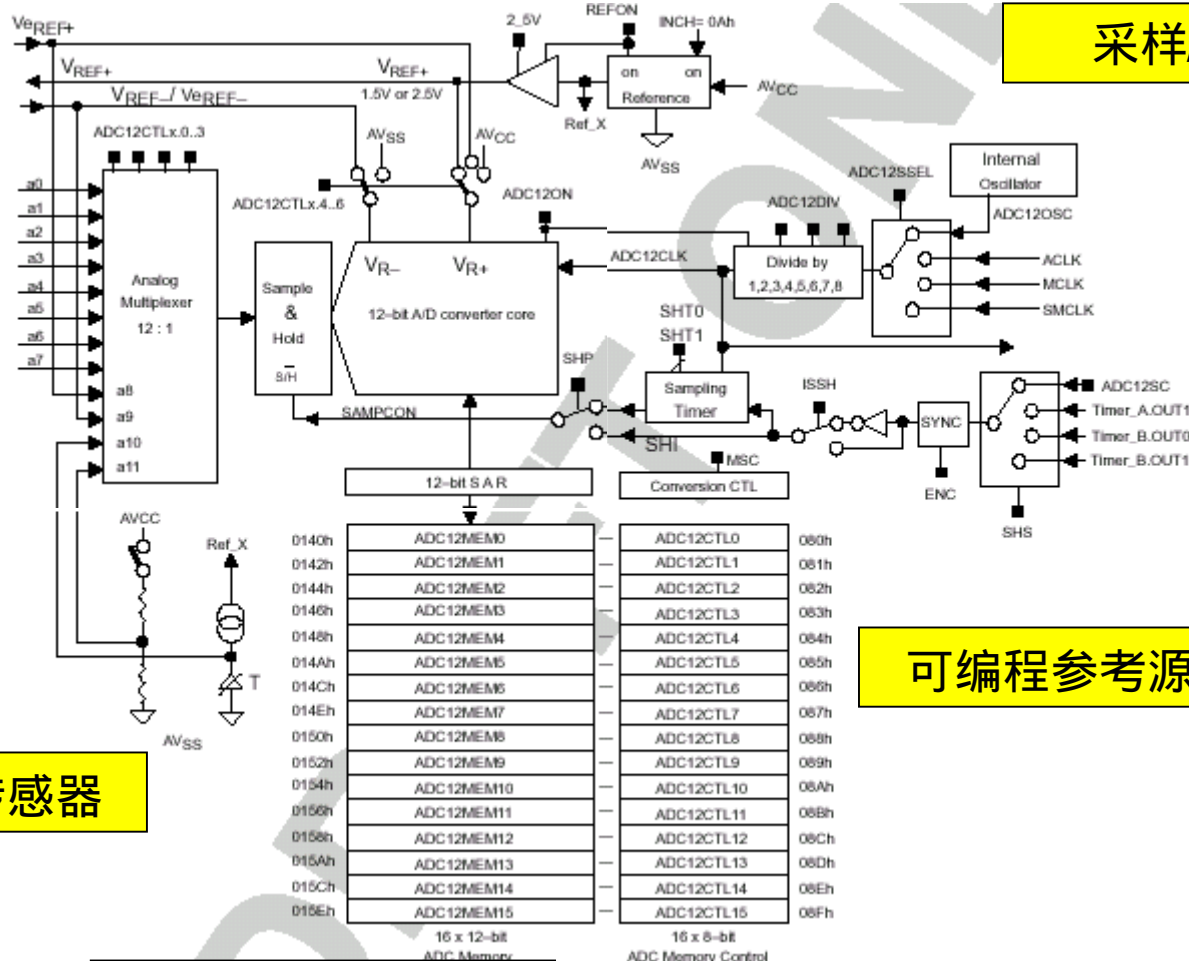
片上外围模块: A/D 12 bit (13x, 14x)

Ultra-low power design with



片内参考电压源

采样/转换控制



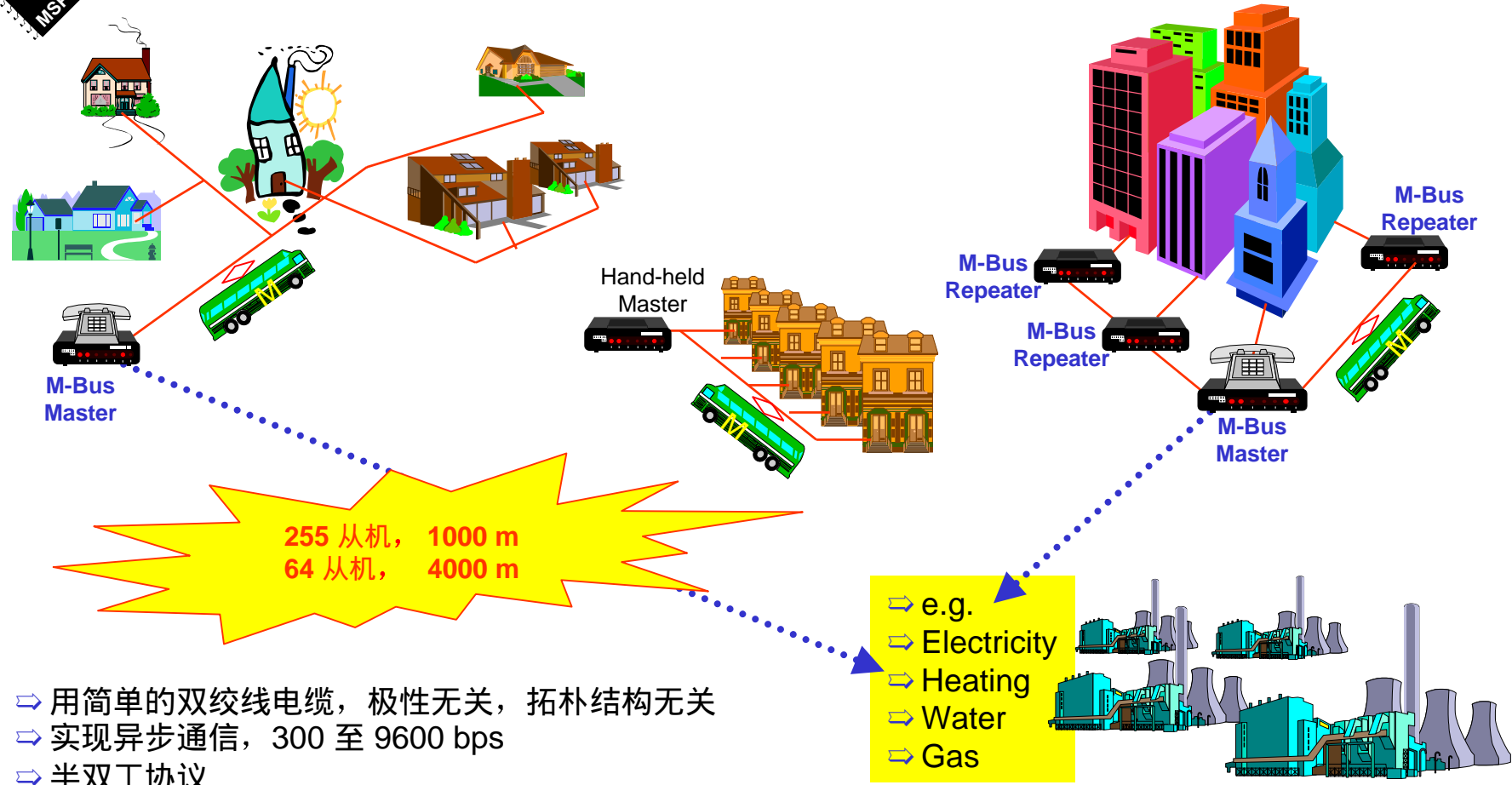
可编程参考源选择

片内温度传感器

自动扫描桶型缓存



Meter-BUS: 家用仪表总线标准



- ⇒ 用简单的双绞线电缆，极性无关，拓扑结构无关
- ⇒ 实现异步通信，300 至 9600 bps
- ⇒ 半双工协议
- ⇒ 数据能可靠远传
- ⇒ 从机远程供电

 info: www.m-bus.com



Merter-BUS: 网络结构

Ultra-low power design with



层	标准
应用层	EN1434-3
表示层	空
会话层	空
传输层	空
网络层	可选
数据链路层	IEC-870
物理层	M-BUS

应用层 EN1434-3: 热量表标准, 作为通用应用层标准制定基础
网络层 当网络拓扑复杂时, 为仪表信息传输选择最佳路径

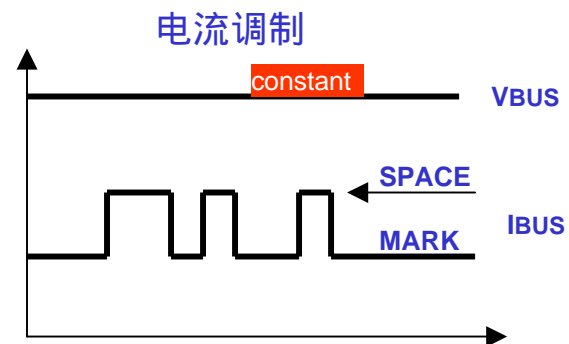
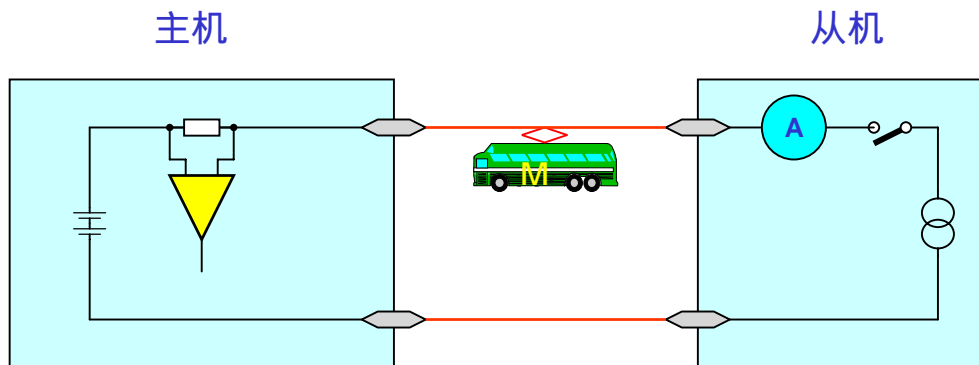
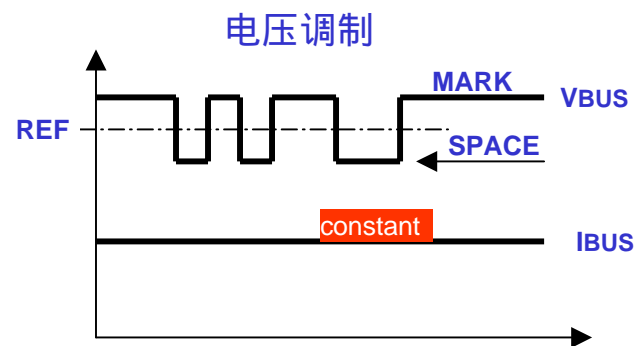
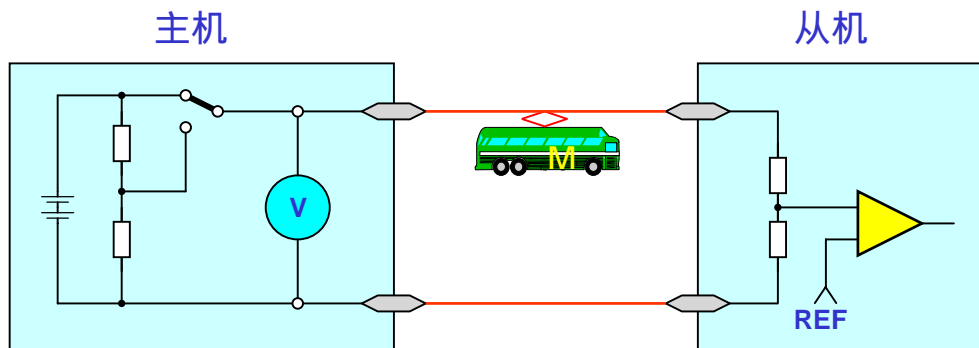


Merter-BUS: 物理层原理

Ultra-low power design with



传输原理





Merter-BUS: 数据链路层原理

要素： 异步，半双工，8 位

报文：

单字符 0E5h

短帧 ST(10h) C A Check-SUM SP(16h)

长帧 ST(68h) L L ST(68h) C A CI User-Data Check-SUM SP(16h)

控制帧 ST(68h) 3 3 ST(68h) C A CI Check-Sum SP(16h)

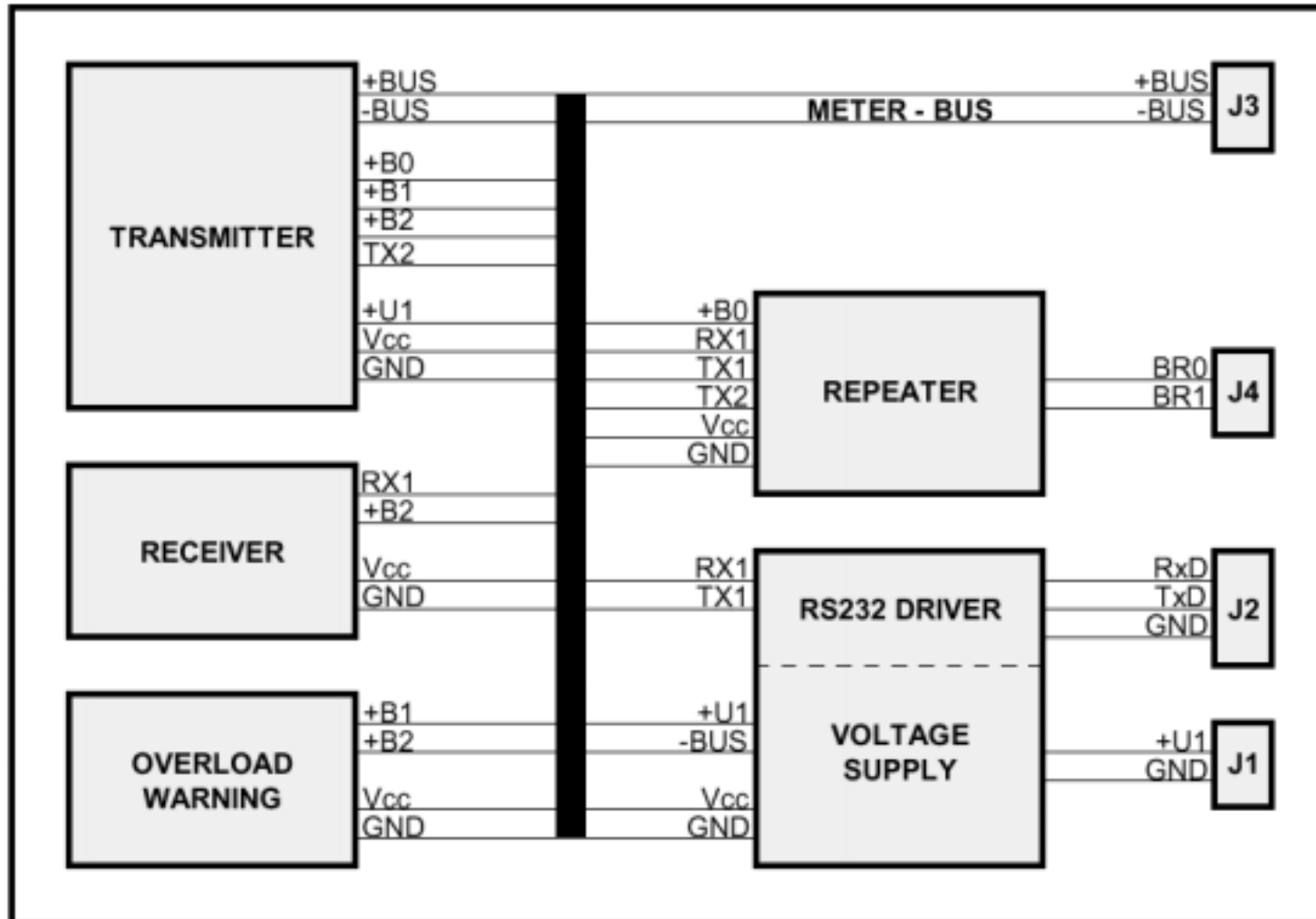
ST: 帧头 SP: 帧尾 C: 控制 CI: 控制信息

A: 地址 L: 长度 User-Data: 1-253 字节



Merter-BUS: 主机接口 (评估板)

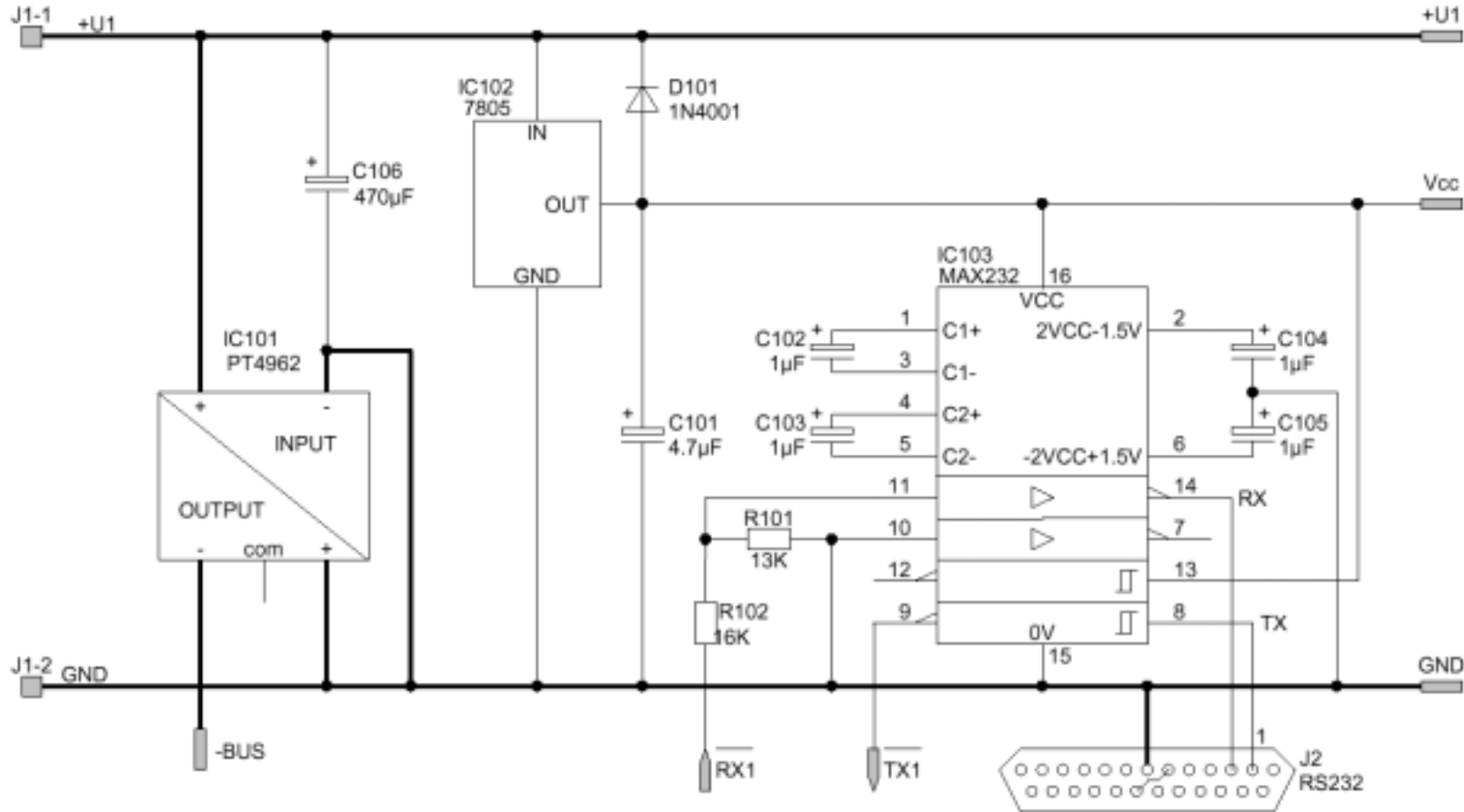
Ultra-low power design with





Merter-BUS: 主机接口 --- RS232, 电源

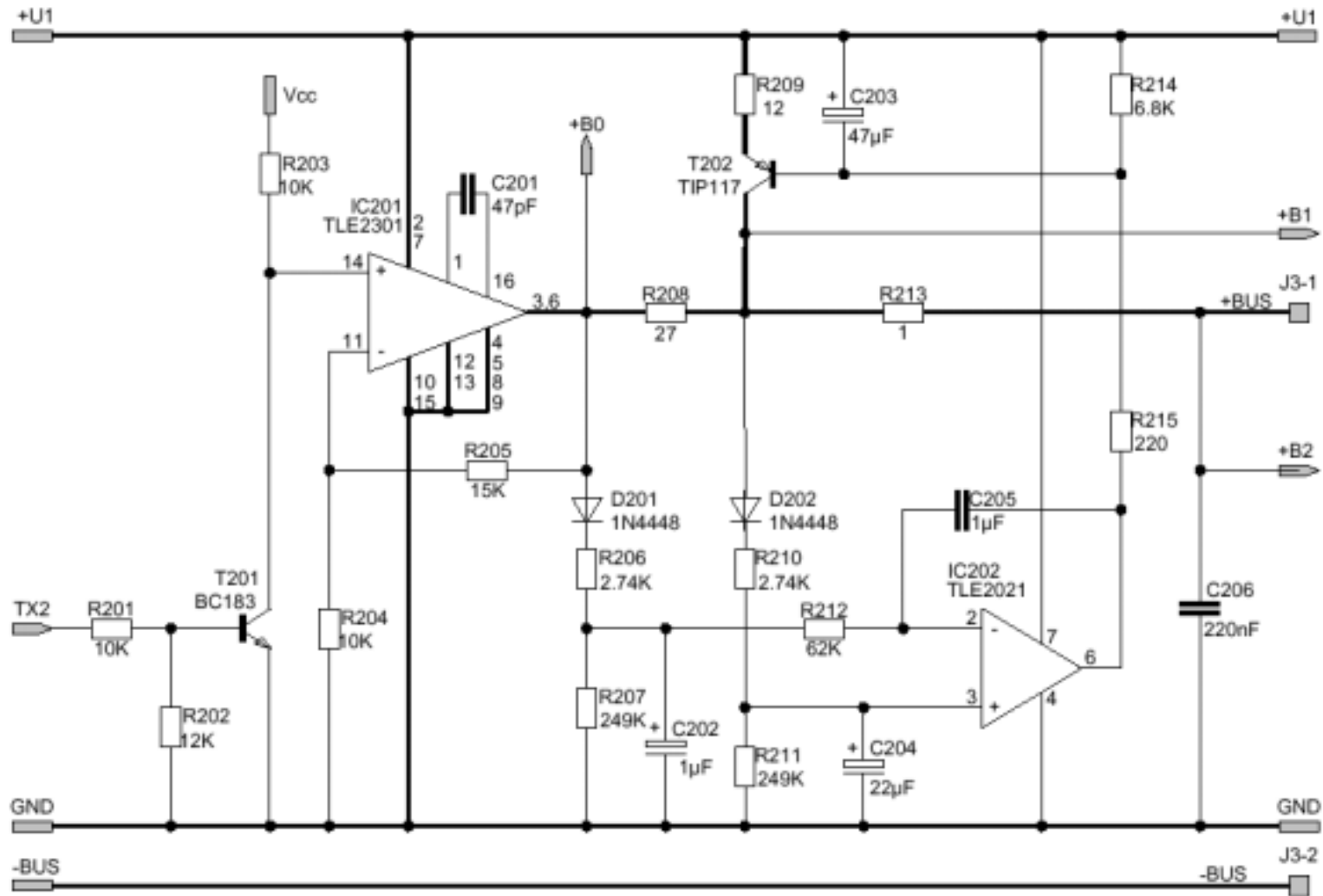
Ultra-low power design with





Merter-BUS: 主机接口 --- 发送

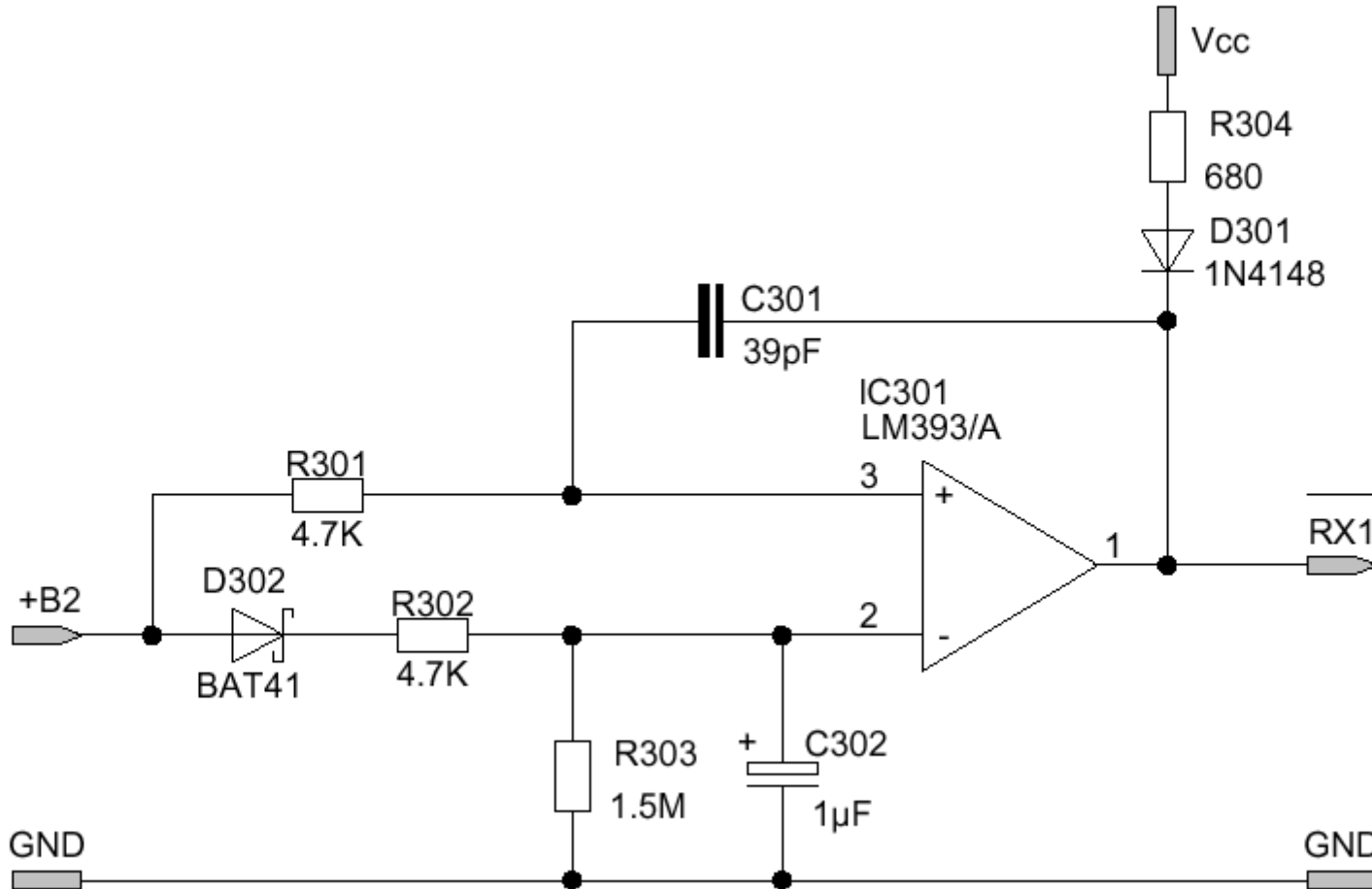
Ultra-low power design with





Merter-BUS: 主机接口 --- 接收

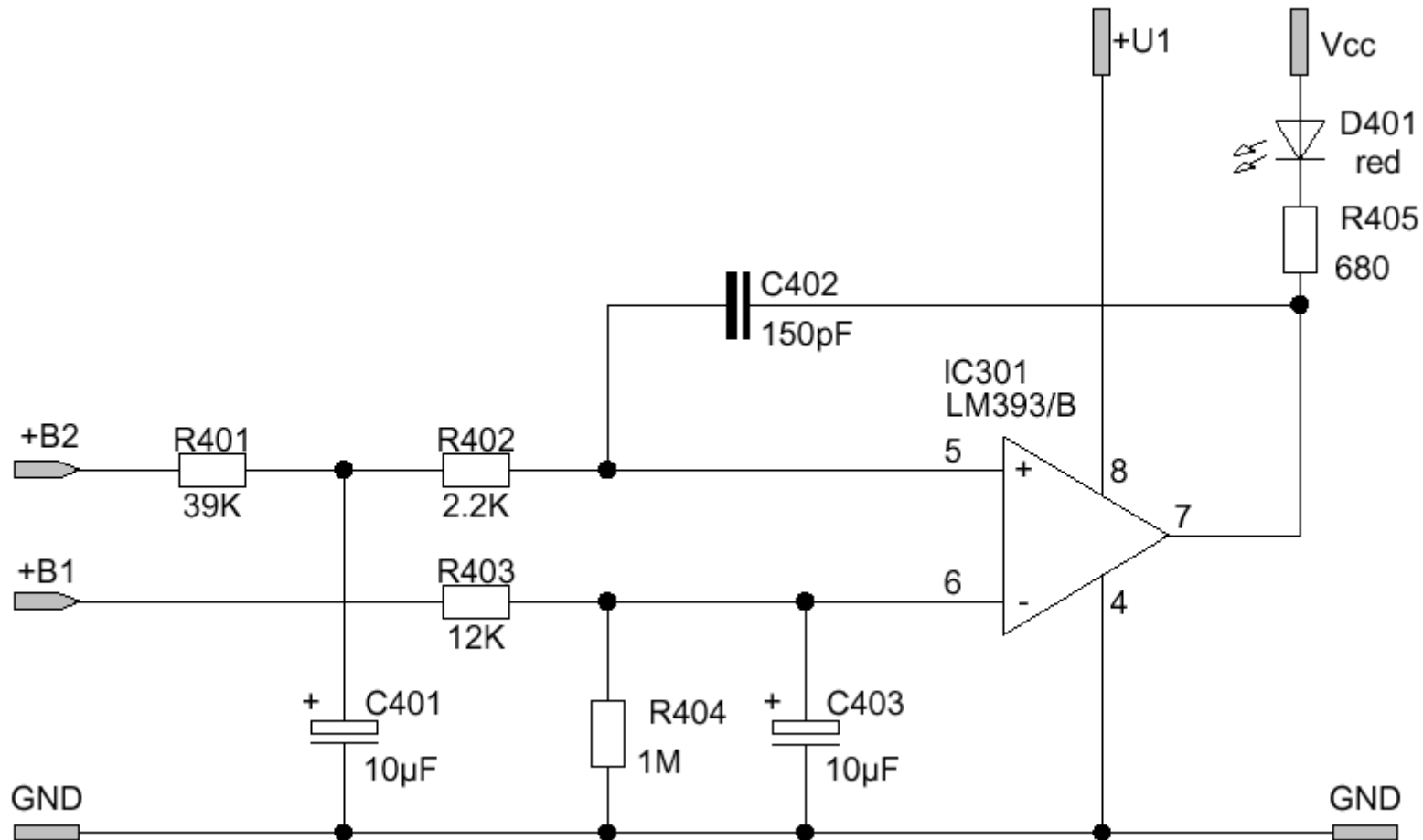
Ultra-low power design with

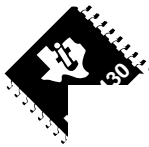




Merter-BUS: 主机接口 --- 过载报警

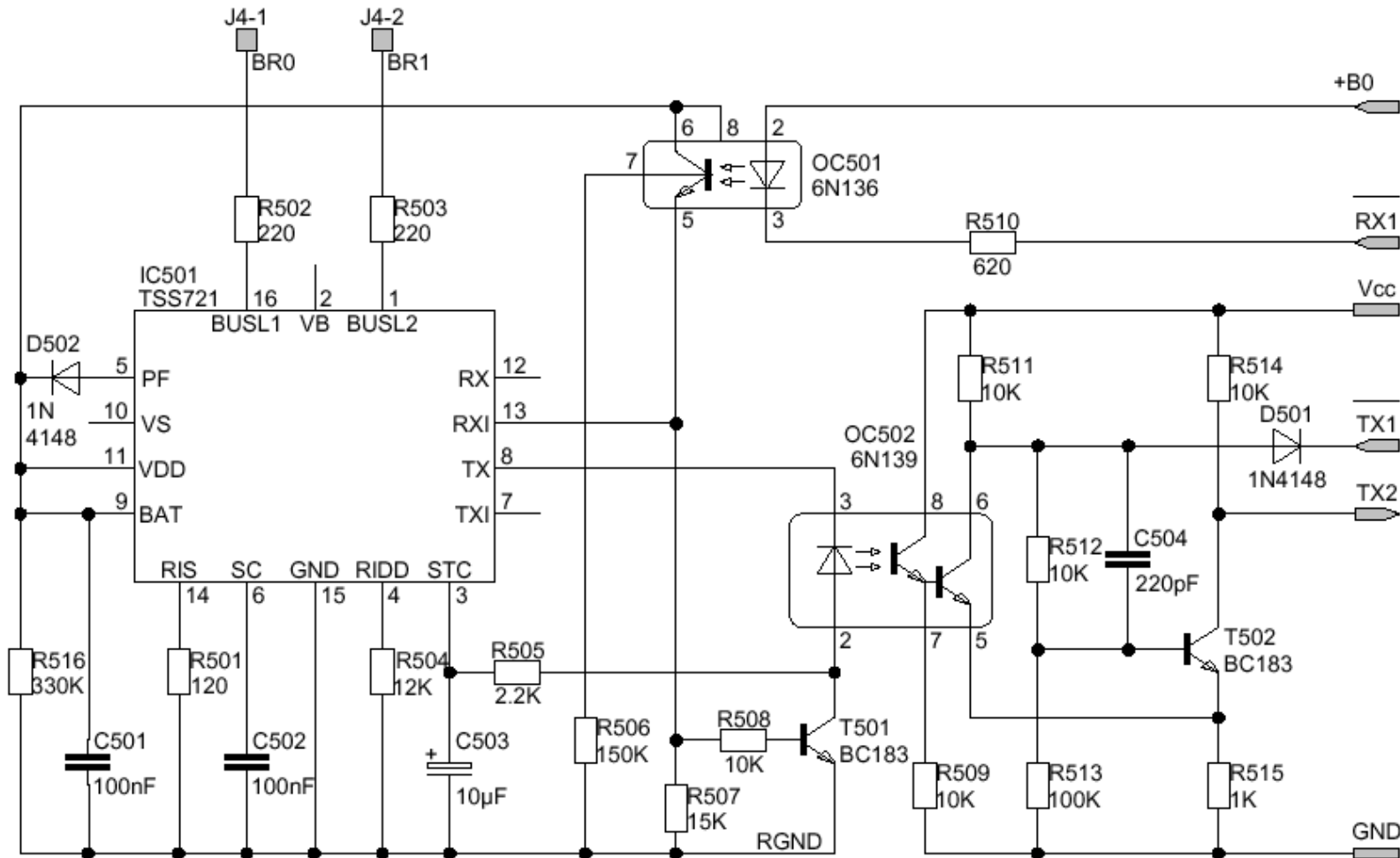
Ultra-low power design with





Merter-BUS: 主机接口 --- 中继器

Ultra-low power design with





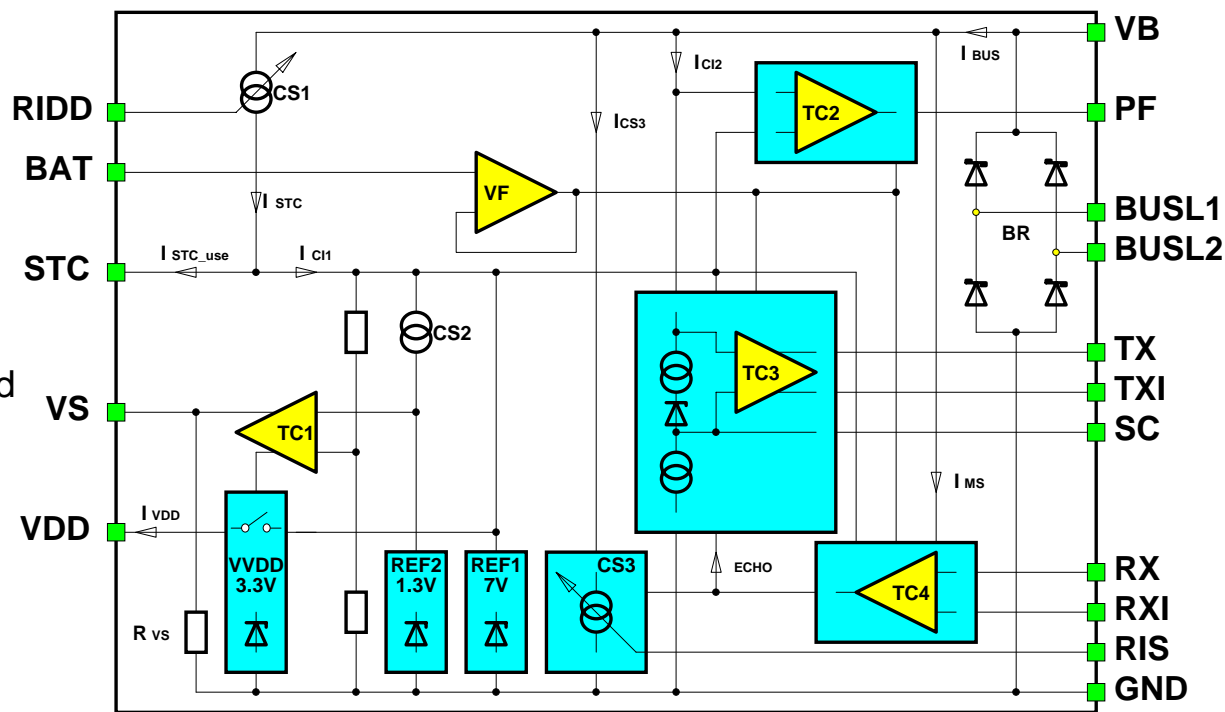
Meter-BUS: 从机收发器 TSS721A

Ultra-low power design with



Meter-BUS 收发器: TSS721A

- ⇒ Meter-Bus 从机收发器
- ⇒ 接收
 - VMARK = 24 .. 42 V
 - VSPACE = VMARK - 12 V
- ⇒ 发送
 - IMARK = IBUS = constant
 - ISPACE = IMARK + IMC
- ⇒ 异步, 半双工, 300 .. 9600 baud
- ⇒ 对从机供电
- ⇒ 经VDD供电
- ⇒ 经VDD供电, 用电池作后备电源
- ⇒ 用电池供电, Meter-Bus 仅用于数据发送





从机的远程供电模式

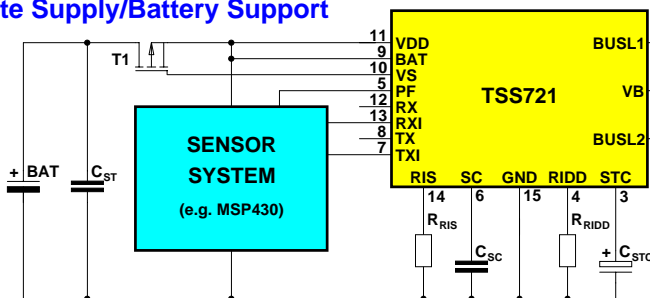
Ultra-low power design with



3 种供电模式

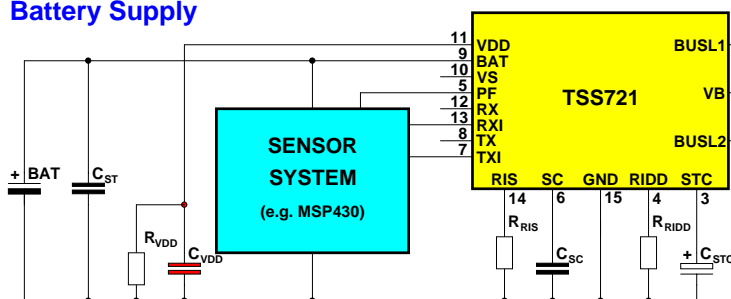


Remote Supply/Battery Support



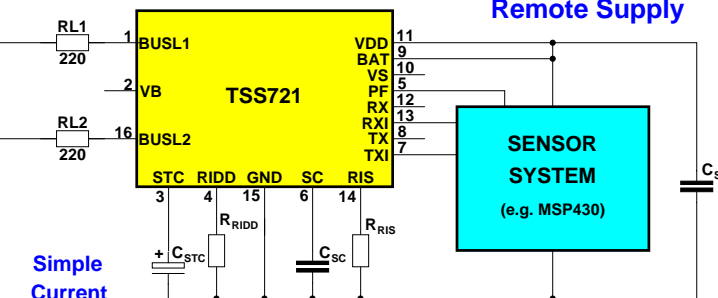
Surge Protection without reference to ground

Battery Supply



Surge Protection with reference to ground

Remote Supply



Simple Current Protection





开发工具介绍

TI 软件包

- Simulator
- Assembler
- Linker
- Archiver
- Object Code Converter
- Absolute Lister
- LCD Editor

TI 软件库

- ☞ Floating Point Package

评估板

- ☞ Starter Kit MSP-STK430X320
- ☞ Evaluation Kit MSP-EVK430X320
- ☞ Evaluation Kit MSP-EVK430X330
- ☞ Flash ICE MSP-FET430X110
- ☞ Flash ICE MSP-FET430P140

C-编译器

- ☞ IAR Systems C-Compiler

仿真器

- ☞ Dr. Krohn & Stiller Emulator
- ☞ MX430, MX430P, MX430L, and AX430 Emulator (hitex)
- ☞ OCEAN MSP430xx JTAG Emulator (Goepel electronic)

编程器

- ☞ TI Programming Adapter
- ☞ SMS Gang Programmer
- ☞ BP Microsystems



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

硬件

包括：PC 并行电缆, JTAG 电缆, 插座, 仿真座

软件

CD-ROM: IAR 开发环境软件包

包括： Simulator, Debugger, Assembler/Linker,
限制版 C-Compiler (1KB Code),

功能

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

硬件

包括: PC 并行电缆, JTAG 电缆, 插座, F149 样机

软件

CD-ROM: IAR开发环境软件包

包括: Simulator, Debugger, Assembler/Linker,
限制版 C-Compiler (1KB Code),

功能

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 网上资源

Ultra-low power design with



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.lierda.com>

<http://www.ti.com>



TI水表设计指标

具有实时时钟的超低功耗和液晶显示.

流量检测时15uA,没有流量检测而LCD显示时3uA(有实时时钟)

高可靠性

没有运动的电子部件

抗损坏能力

有一个传感器出现故障,水表仍正常工作

方向检测

传感器能检测水流方向

低成本结构

使用低成本的机械部件.

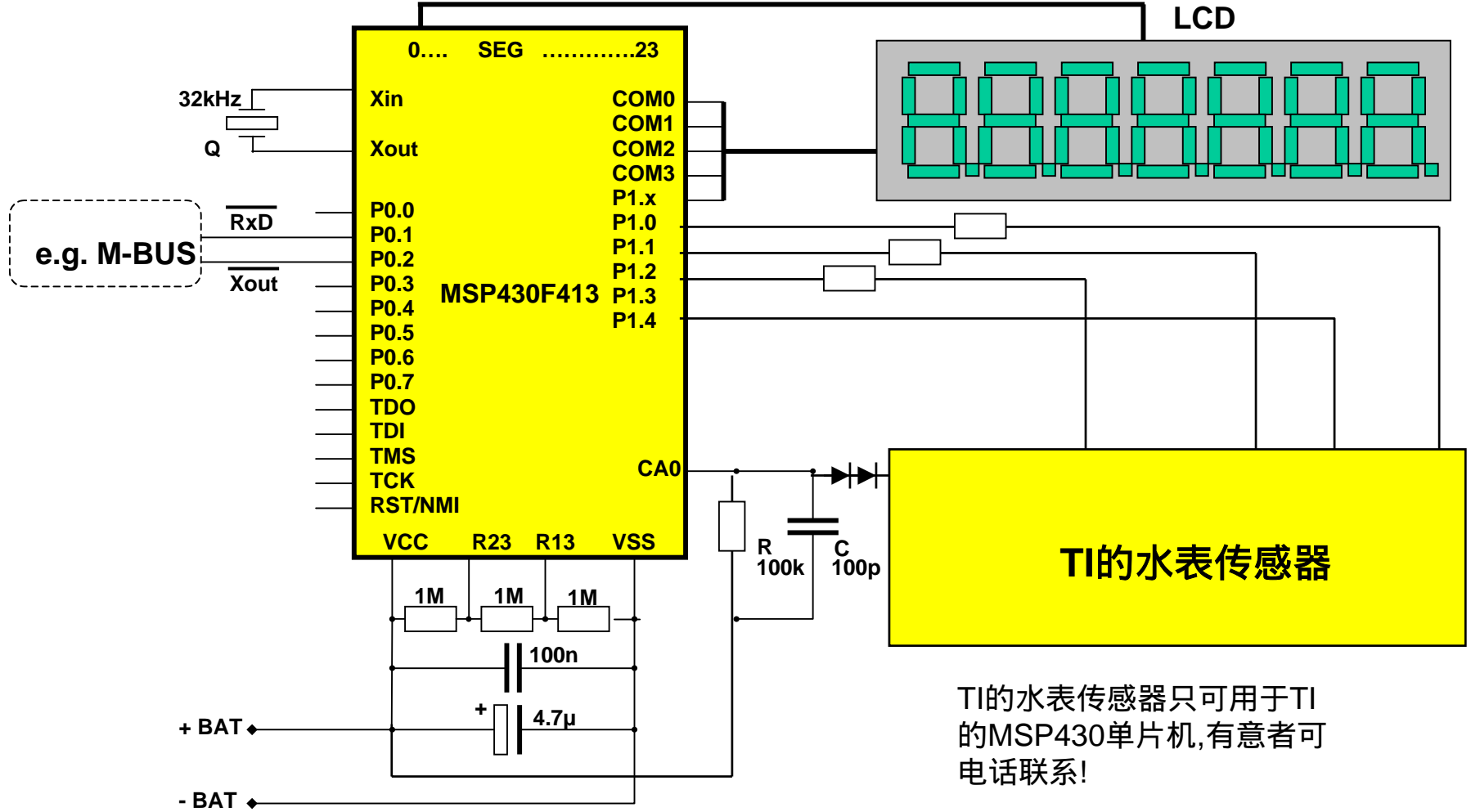
现场可编程(FLASH在线编程解决方案)

多费率成为可能



TI 的水表原理图

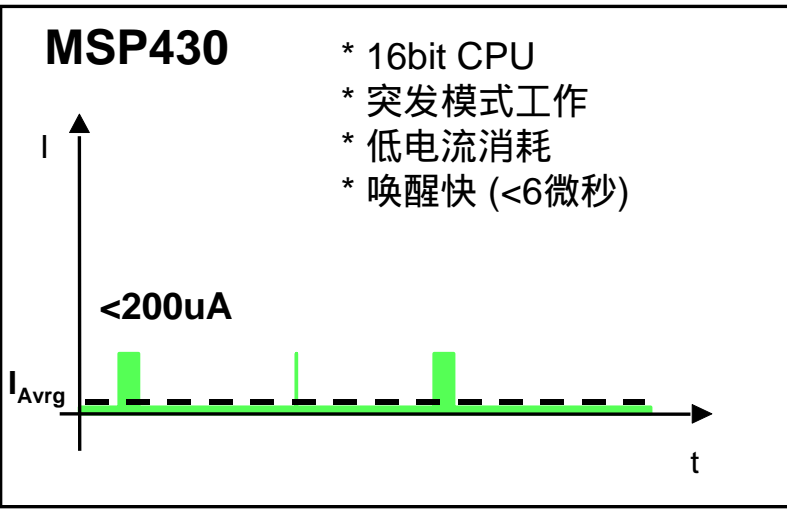
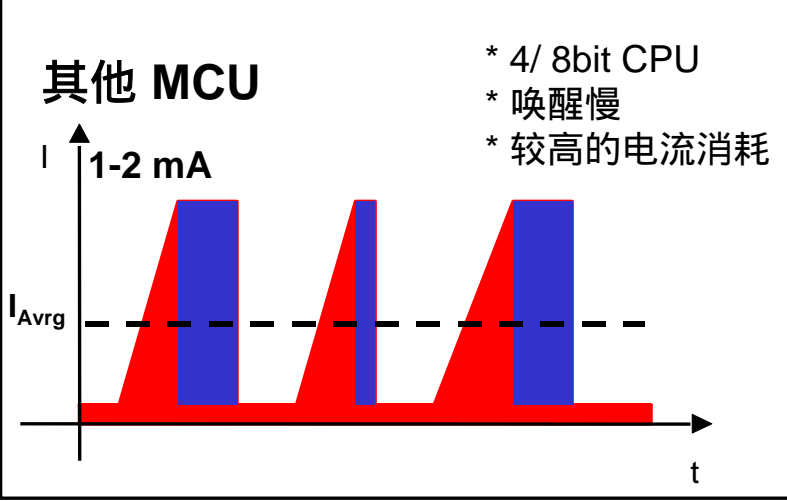
Direction Detector with two sensors
(the 3rd Sensor is for redundancy reasons)



TI的水表传感器只可用于TI
的MSP430单片机,有意者可
电话联系!

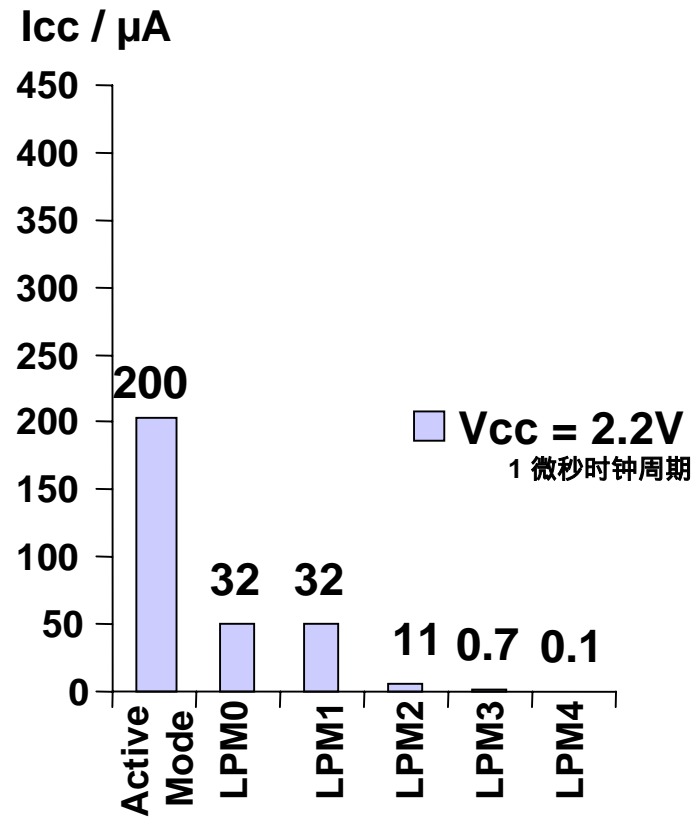


超低功耗的概念



LPM3, 备用模式

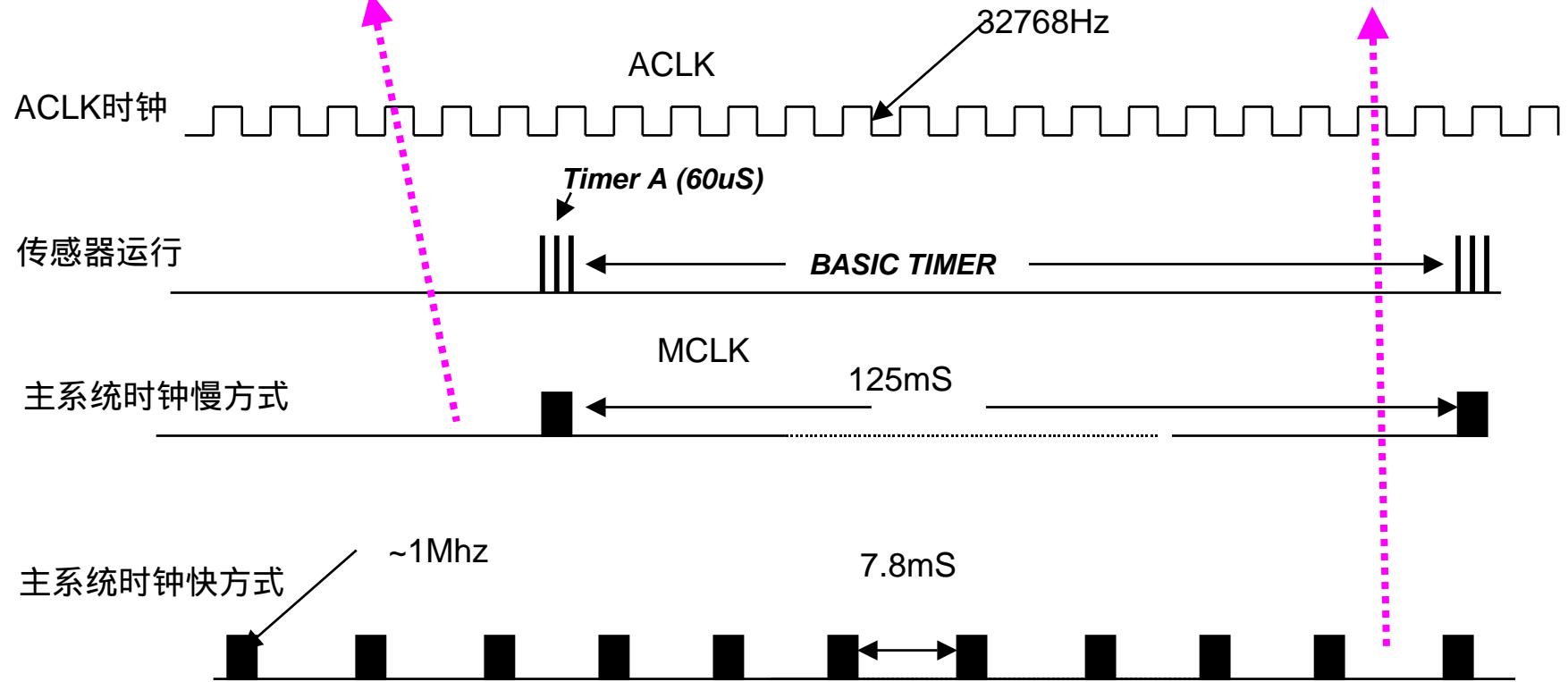
晶振32768Hz工作,
Timer_A工作,
LCD 驱动模块工作,





MSP430F413作为主控芯片的运行时序

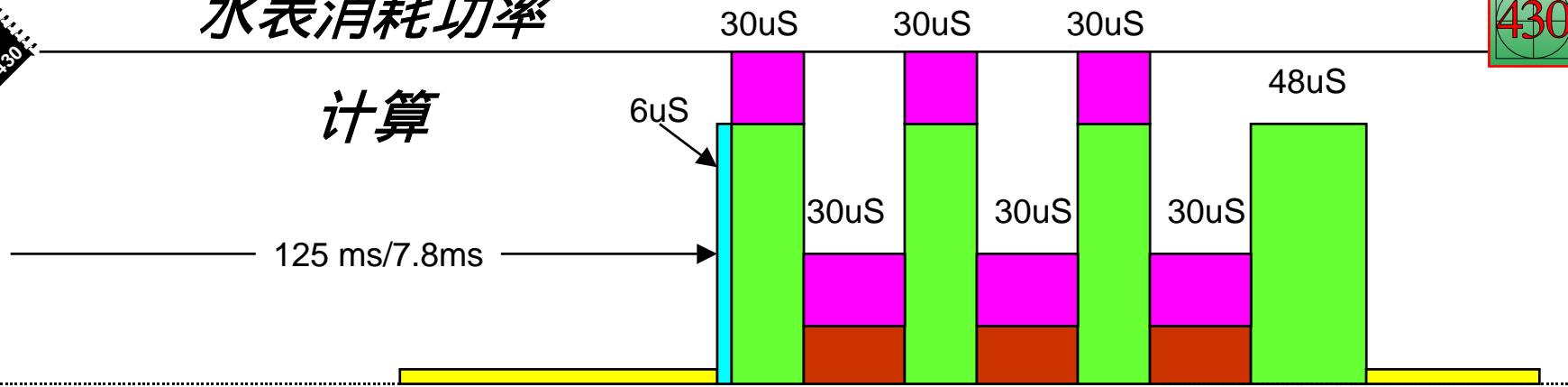
水表样板





水表消耗功率

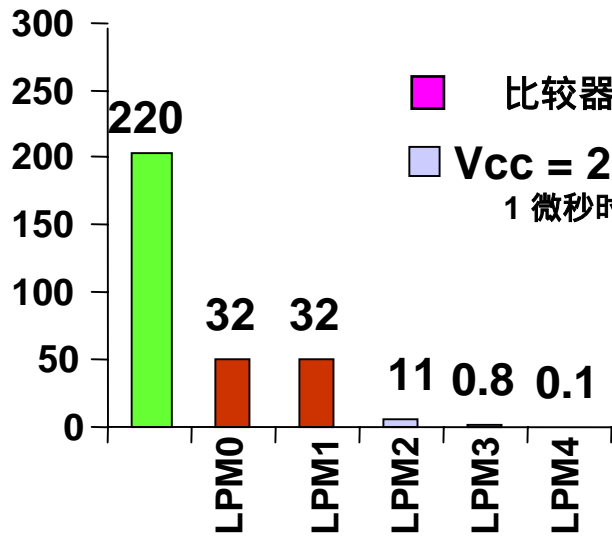
计算



LPM3, 备用模式

晶振32768Hz工作,
Timer_A 工作,
LCD 驱动模块工作,

I_{cc} / μA



比较器电流 = 25uA

V_{cc} = 2.2V
1 微秒时钟周期

水表平均电流: I_{avg} = 1.2uA + 1uA (LCD Bias Current)

$$\frac{125 \times 0.8 + .006 \times 220 + 3 \times 0.03 \times 57 + 3 \times 0.03 \times 245 + 0.048 \times 220}{(125 + 0.006 + 3 \times 0.03 + 3 \times 0.03 + 0.048)}$$