

高速 SOC 单片机

C8051F

辽宁省单片机学会 理事长 马喜顺
沈阳新华龙电子有限公司 总经理 陶 庸

基于半导体集成技术的突飞猛进的发展，各种类型的单片机正日新月异的涌向市场，为单片机技术的应用人员提供了极大的方便。

INTEL 公司在 MCS—48 系列的基础上，推出高性能的 MCS—51 系列八位单片机，而今三十二位单片机又以其强大的片内功能提供给应用者。无论是那一种位数的单片机，也无论是那一种系列的单片机，都为新产品的开发，应用系统的研制，智能控制器的研究，高新技术的应用，创造了极其有力的硬件环境。当前可以说，由于世界各生产厂家生产通用型以及衍生出的五花八门的系列及型号的单片机，使其单片机技术的应用已达到了无孔不入的地步。当初面向工业控制功能的单片机，现已远远超出了原设计者的想像。然而，占全球单片机销量 60%—65% 左右的八位单片机，仍是当前应用的主流。就国内应用实践而言，使用单片机数量最大的是八位单片机，应用范围最广的是八位单片机。八位单片机仍具有时代的魅力。

INTEL 公司推出的高性能 MCS—51 系列八位单片机，一投入市场里很快被使用者所欢迎。随着时间的推移，世界各生产单片机的公司看好 MCS—51 系列八位单片机的强劲趋势，在八位单片机的设计上纷纷向 51 系列八位单片机内核靠拢，PHILIPS 公司首先购买了 8051 内核的使用权，并在此基础上增加具有自身特点的 I²C 总线，PHILIPS 公司并推出一系列高性能具有快闪存储器的标准的 80C51 派生型八位机单片机，很方便的多次在线编程，为用户带来极大方便。ATMEL 公司通过技术交换取得了 80C31 内

核的使用权，生产出 AT89C 系列单片机。

SIEMENS 公司 SAB—C5 系列八位单片机 C500CPU 与 80C51 完全兼容。台湾 WINBOND 公司生产的 W78 系列八位单片机，南韩 LG 半导体公司生产 GMS90/97 系列八位单片机，也都与标准的 8051 兼容。由北京集成电路设计中心设计的 BT/AT μ 89C51，也与 MCS—51 系列八位单片机在指令系统和引脚上完全兼容。

总部位于美国德克萨斯州的美国 Cygnal 公司，是 1999 年 3 月成立的一家新兴的半导体公司，公司专业从事混合信号片上系统单片机的设计与制造。公司看好了八位单片机的市场前景，至目前更新了原 51 单片机结构，设计了具有自主产权的 CIP-51 内核，使得 51 单片机焕发了新的生命力，其运行速度高达每秒 25MIPS。现已设计并为市场提供了 29 个品种的 C8051F 系列片上系统单片机，预计今年年内还将完成 20 多个新的片上系统单片机的设计，经过 3 年的稳步发展已成长为半导体业界一颗耀眼的新星。

Cygnal C8051F 系列单片机由沈阳新华龙电子有限公司于 2001 年引进中国大陆，并于 11 月“2001 嵌入式系统及单片机国际学术交流暨产品展示会”上首次亮相，受到与会者的极大关注。

Cygnal C8051F 系列单片机是集成的混合信号片上系统 SOC (System on chip)，具有与 MCS-51 内核及指令集完全兼容的微控制器，除了具有标准 8051 的数字外设部件之外，片内还集成了数据采集和控制系统中常用的模拟部件和其它数字外设及功能部件。(参看结构图)

Cygnal C8051F 系列单片机的功能部件包括模拟多路选择器、可编程增益放大器、ADC、DAC、电压比较器、电压基准、温度传感器、SMBus/ I²C、UART、SPI、可编程计数器/定时器阵列 (PCA)、定时器、数字 I/O 端口、电源监视器、看门狗定时器(WDT)和时钟振荡器等。所有器件都有内置的 FLASH 存储器和 256 字节的内部 RAM，有些器件还可以访问外部数据存储器 RAM，即 XRAM。

Cygnal C8051F 系列单片机是真正能独立工作的片上系统 SOC。CPU 有效地管理模拟和数字外设，可以关闭单个或全部外设以节省功耗。FLASH 存储器还具有在系统重新编程的能力，即可用作程序存储器又可用作于非易失性数据存储。应用程序可以使用 MOV_C和 MOV_X指令对 FLASH 进行读或改写。

一、Cygnal C8051F 系列单片机特点:

1、片内资源

- 8~12 位多通道 ADC。
- 1~2 路 12 位 DAC。
- 1~2 路电压比较器。
- 内部或外部电压基准。
- 内置温度传感器 (±3℃)。
- 16 位可编程定时/计数器阵列 (PCA) 可用于 PWM 等。
- 3~5 个通用 16 位定时器。
- 8~64 个通用 I/O 口。
- 带有 I²C/SMBus、SPI、1~2 个 UART 多类型串行总线。
- 8~64K Flash 存储器。
- 256~4K 数据存储器 RAM。
- 片内时钟源，内置电源监测、看门狗定时器。

2、主要特点:

- 高速的 (20MIPS~25MIPS) 与 8051 全兼容的 CIP-51 内核。
- 内部 Flash 存储器可实现在系统编

程，即可作程序存储器也可作非易失性数据存储。

- 工作电压为 2.7V~3.6V，典型值为 3V。I/O、RST、JTAG 引脚均允许 5V 电压输入。
- 全系列均为工业级芯片 (-45℃~+85℃)
- 片内 JTAG 仿真电路，提供全速的电路内仿真，不占用片内用户资源。支持断点、单步、观察点、运行和停止等调试命令，支持存储器和寄存器校验和修改。

二、有关 C8051F 系列 CPU

1、与标准 8051 完全兼容

Cygnal C8051F 系列单片机采用 CIP-51 内核 (Cygnal 专利)，与 MCS-51 指令系统全兼容，可用标准的 ASM-51、Keil C 高级语言开发编译 C8051F 系列单片机的程序。

2、高速指令处理能力

标准的 8051 一个机器周期要占用 12 个系统时钟周期，执行一条指令最少要一个机器周期。Cygnal C8051F 系列单片机指令处理采用流水线结构，机器周期由标准的 12 个系统时钟周期降为 1 个系统时钟周期，指令处理能力比 MCS-51 大大提高。

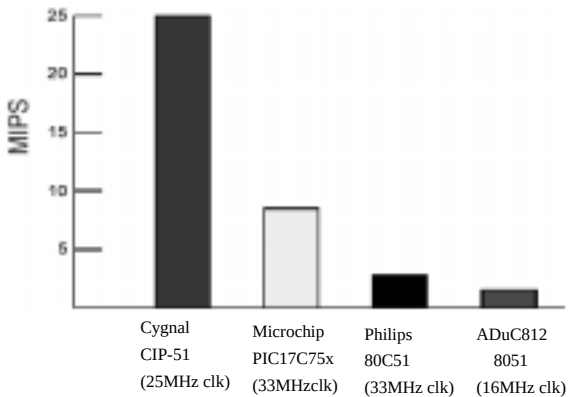
CIP-51 内核 70% 的指令执行是在一个或两个系统时钟周期内完成，只有四条指令的执行需 4 个以上时钟周期。

CIP-51 指令与 MCS-51 指令系统全兼容，共有 111 条指令。

下表为指令数所对应的时钟周期数:

指令数	26	50	5	16	7	3	1	2	1
时钟周期	1	2	2/3	3	3/4	4	4/5	5	8

下图是几个典型 MCU 指令执行速度对照表：



3、增加了中断源

标准的 8051 只有 7 个中断源。Cygnal C8051F 系列单片机扩展了中断处理,这对于实时多任务系统的处理是很重要的。扩展的中断系统向 CIP-51 提供 22 个中断源,允许大量的模拟和数字外设中断。一个中断处理需要较少的 CPU 干预,却有更高的执行效率。

4、增加了复位源

标准的 8051 只有外部引脚复位。Cygnal C8051F 系列单片机增加了 7 种复位源,使系统的可靠性大大提高。每个复位源都可以由用户用软件禁止。

- (1) 片内电源监视
- (2) WDT (看门狗定时器)
- (3) 时钟丢失检测器
- (4) 比较器 0 输出电平检测
- (5) 软件强制复位
- (6) CNVSTR (AD 转换启动)
- (7) 外部引脚 RST 复位 (可双向复位)

5、提供内部时钟源

标准的 8051 只有外部时钟。Cygnal C8051F 系列单片机有内部独立的时钟源 (C8051F300/F302 提供的内部时钟误差在 2%以内),在系统复位时默认内部时钟。如果需要可接外部时钟,并可在程序运行时实

现内、外部时钟的切换,外部时钟可以是晶体,RC、C 或外部时钟。以上的功能在低功耗应用系统中非常有用。

三、Cygnal C8051F 存储器

1、数据存贮器

CIP-51 具有标准 8051 的程序和数据地址配置。它包括 256 字节的 RAM,其中高 128 字节用户只能用直接寻址访问的 SFR 地址空间。低 128 字节用户可用直接或间接寻址方式访问。前 32 个字节为 4 个通用工作寄存器区,接下来的 16 字节既可以按字节寻址也可以按位寻址。

另外 C8051F02X 系列除了内部有扩展 4K 数据 RAM 外,片外还可扩展至 64K 数据 RAM。

2、程序存贮器

C8051F 系列单片机程序存储器为 8K-64K 字节的 Flash 存储器,该存储器可按 512 字节为一扇区编程,可以在线编程,且不需在片外提供编程电压。该程序存储器未用到的扇区均可由用户按扇区作为非易失性数据存储使用,

四、可编程数字 I/O 和交叉开关

- 1、Cygnal C8051F 系列单片机具有标准的 8051 I/O 口,除 P0、P1、P2、P3 之外还有更多的扩展的 8 位 I/O 口。每个端口 I/O 引脚都可以设置为推挽或漏极开路输出。这为低功耗应用提供了进一步节电的能力。
- 2、最为独特的是增加了 (C8051F2XX 除外)“Digital crossbar”(数字交叉开关)。它可将内部数字系统资源定向到 P0、P1 和 P2 端口 I/O 引脚。并可将定时器,串行总线,外部中断源,AD 输入转换,比较器输出,都可通过设置 Crossbar 开关控制寄存器定向到 P0、P1、P2 的 I/O 口。这就允许用户根据自己的特定应用选择通用 I/O 端口和所需数字资源的组合。

五、可编程计数器阵列

除了通用计数器/定时器之外，C8051F00x/01x/02x MCU还有一个片内可编程计数器/定时器阵列（PCA）。PCA包括一个专用的16位计数器/定时器，5个可编程的捕捉/比较模块。时间基准可以是下面的六个时钟源之一：系统时钟/12、系统时钟/4、定时器0溢出、外部时钟输入（ECI）、系统时钟和外部振荡源频率/8（C8051F00x/01x没有后两个时钟源）。

每个捕捉/比较模块都有4或6种工作方式：边沿触发捕捉、软件定时器、高速输出、8位脉冲宽度调制器、频率输出、16位脉冲宽度调制器（C8051F00x/01x没有后两种工作方式）。PCA捕捉/比较模块的I/O和外部时钟输入，可以通过数字交叉开关连到I/O端口引脚。

六、多类型串行总线端口

C8051F系列内部有一个全双工UART、SPI总线和SMBus/I²C总线。每种串行总线都完全用硬件实现，都能向CIP-51产生中断。这些串行总线不“共享”定时器、中断或I/O端口，所以可以使用任何一个或全部同时使用。

C8051F02x系列MCU内部还有第二个UART，这是一个增强型全双工UART，具有硬件地址识别和错误检测功能。

七、模数/数模转换器

1 模数转换器

C8051F系列内部都有一个ADC子系统（除C8051F230/1/6之外），由逐次逼近型ADC、多通道模拟输入选择器和可编程增益放大器组成。ADC工作在100ksps的最大采样速率时可提供真正的8位、10位或12位精度。ADC完全由CIP-51通过特殊功能寄存器控制，系统控制器还可以关断ADC以节省功耗。

C8051F00x/01x/02x还有一个15ppm的基

准电压和内部温度传感器，并且8个外部输入通道都可被配置为两个单端输入或一个差分输入。

可编程增益放大器增益可以用软件设置，从0.5到16以2的整数次幂递增。当不同ADC输入电压信号范围差距较大或需要放大一个具有较大直流偏移的信号时，可编程增益放大器是非常有用的。

A/D转换可以有4种启动方式：软件命令、定时器2溢出、定时器3溢出或外部信号输入。允许用软件事件、硬件信号触发转换或进行连续转换。一次转换完成后产生一个中断，或者用软件查询来判断转换结束。在转换完成后，数据字被锁存到特殊功能寄存器中。对于10位或12位ADC，可以用软件控制数据字为左对齐或右对齐格式。

除了12位的ADC子系统ADC0之外，C8051F02x还有一个8位ADC子系统，即ADC1，它有一个8通道输入多路选择器和可编程增益放大器。该ADC工作在500ksps的最大采样速率时可提供真正的8位精度。ADC1的基准电压可以在模拟电源电压（AV+）和外部VREF引脚之间选择。用户可以用软件将ADC1置于关断状态以节省功耗。ADC1的可编程增益放大器的增益可以被编程为0.5、1、2或4。ADC1也有灵活的转换控制机制，允许用软件命令、定时器溢出或外部信号输入启动ADC1转换；用软件可以使ADC1与ADC0同步转换。

2 数模转换器

C8051F系列内有两路12位DAC，2个电压比较器，。CPU通过SFERS控制数模转换和比较器。CPU可以将任何一个DAC置于低功耗关断方式。DAC为电压输出模式，与ADC共用参考电平。允许用软件命令和定时器2、定时器3及定时器4的溢出信号更新DAC输出。

八、全速的在线调试

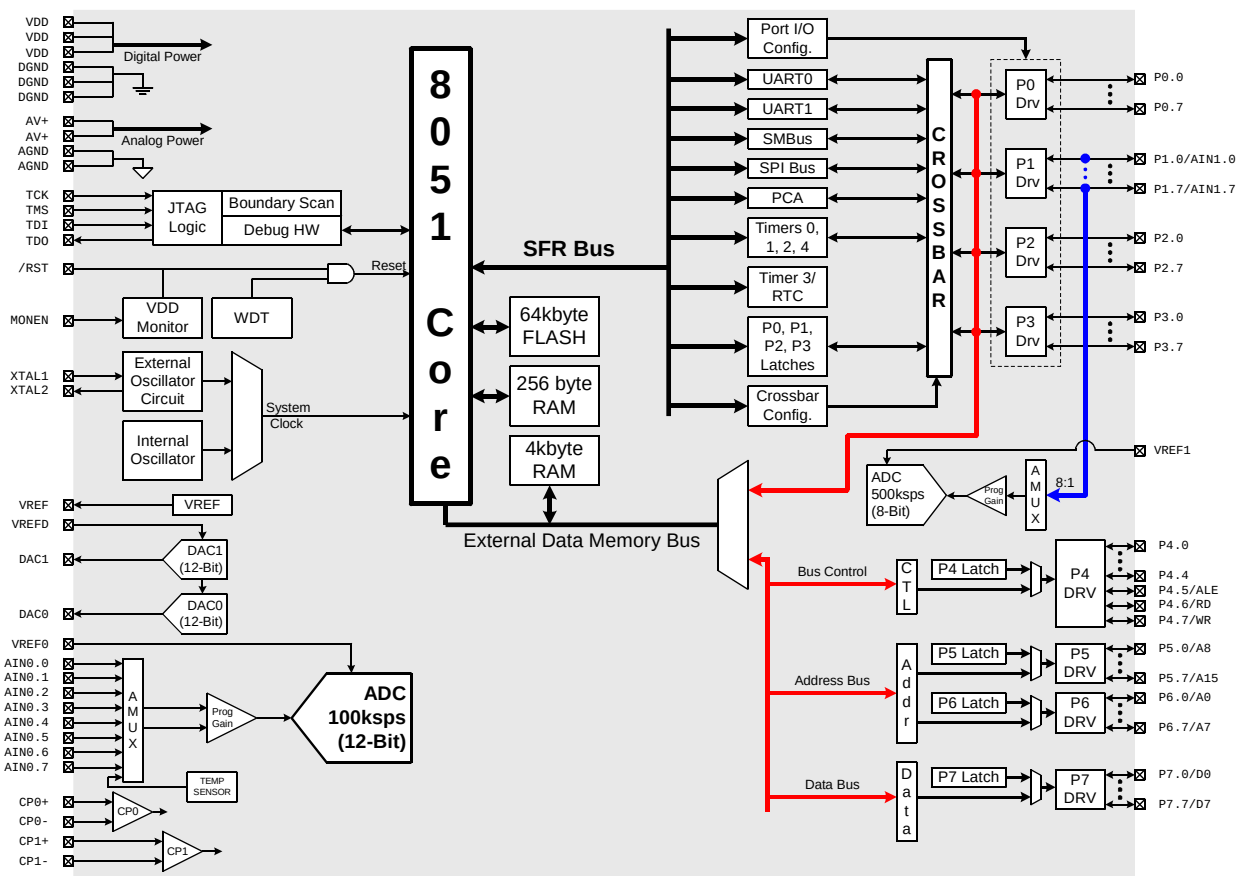
Cygnal C8051F系列单片机设计有片内调试电路与JTAG口，可以实现非侵入式“在

片”调试。Cygnal提供基于Windows集成的在线开发调试环境，包括IDE软件与串口适配器EC2、调试目标板，可实现存储器与寄存器校验和修改；设置断点、观察点、堆栈；程序可单步运行、全速运行、停止等。在调试时的所有的数字和模拟外设都能正常工作，实时反映真实情况。IDE调试环境可做Keil C源程序级别的调试。

对于开发和调试嵌入式应用来说，与

用传统的专用仿真芯片、目标电缆及仿真头的仿真器相比，更具优越性能，更能真实“在片”仿真实时信息。Cygnal的调试环境既便于使用又能保证精确模拟外设的性能。

Cygnal C8051F系列单片机开发工具即突破了昂贵开发系统旧模式，又创立了低价位仿真新思路。为应用技术的开发提供了极大的方便。



C8051F020单片机结构框图