UART 技术和 MAX3100

Wettroth/Suppan　　Maxim Integrated Products　　栾成强　译

摘要：本文回顾了 UART 的发展过程及应用，分析了 UART 的市场需求，详细介绍了 MAXIM 公司的新型 UART-MAX3100 及其应用。附录给出了软件清单。

关键字：UART，接收，发送，接口，速率

1. 言引

通用异步接收/发送器（UART）产生于 70 年代，Intel 8250 和 Intersil6402 是现代 CMOS 标准 UART（如国半的 16550 和 ZILOG8630）的早期产品。一般来说，UART 制造讲究，几年后才重新研制。直到今天其通用性、管脚、寄存器仍很少改变。

96 年的市场上有 40 种 UART，而 MAXIM 却推出了另一种 UART—MAX3100。为什么象 MAXIM 这样精明的公司会花时间和资金研制新的 UART？为什么 40 种还不能满足要求？让我们首先回顾一下 UART 的历史、20 年来的变化，对现代 UART 的特性及其新的应用领域作一深入研究，即可得出问题答案。

2. UART 应用历史

电子学在过去二十年里发生了深刻的变化，UART 是第一个大规模集成电路，在单片微处理器出现前几年就已经产生了 UART，目前的 UART 与二十年前相比，结构基本相似。PC 机的发展对 UART 技术起到了重大推动作用，下面简要介绍 UART 的发展历史和现代的市场观念。

PC 机中的 UART：

1981 年，在 IBM PC 机主板上用 8250 UART 与 MODEM 或串行打印机进行通信，由于 8250 的应用包含对 PC 机中 BIOS 的支持，因而确定了它的结构和特性。几年后，8250 的结构有所扩展，如速率增加，可驱动快速 MODEM 和”Laplink”应用软件，支持 115k 和 230k 速率，其总线接口也有所改善。在此基础上产生了 16450 UART，它是 8250 的直接扩展，但是，即使以这样的速度，PC 机的中断和软件响应时间仍显得不够，在 115k 速率时，每字节近 100us，20us 的中断和 30us 的缓存，需占用 50%的 CPU 时间，这在实际应用中是难以接受的。

下一个发展阶段就是在 UART 中增加硬件缓存，其代表性产品 16550 在功能上比 8250 多 16 字节的接收、发送 FIFO，后来 FIFO 增加到 32 字节（16C650）和现在的 64 字节（16C750），因为 FIFO 总是最后服务,大容量的 FIFO 可减少返回次数和提高速度。新一代的 UART 将实现智能通信,目前已经开始在 PC 卡上出现。

由于价格的压力、VLSI 的出现，80 年代产生了超级 I/O，这类器件包括两个 UART，并行打印口和其它标准的 PC I/O，速率可达到 490k 甚至 920k。从内部结构看，它实际上是在 16550 的基础上增加了寄存器。最新的超级 I/O 带有 IrDA 时间模型用于 IR 串行通信，IrDA 最初用于掌上型设备，目前已在许多简单的无线接口设备（如打印机、付费电话等）中得到应用。尽管其它高速接口（USB）已经出现，但标准的带有 RS-232 接口的 UART 在相当长的时间里是不会从 PC 机中消失的，因此，关注下一步 UART 在 PC 机中的应用技术是非常有意义的事情。

非 PC 系统中的 UART：

PC 是 UART 的主要市场，在非 PC 系统中，一般其主要组成部分仍然是 PC，系统间的通信也由 PC 间接带动，而且要求 UART 与　PC 保持同步，因此，非 PC 系统在价格、功耗等方面对 UART 也提出了新的要求，MAXIM 公司发现 UART 在这方面的应用并不完善，例如：电信及工业设备等大的非 PC 系统中，非常普遍的做法是采用标准 PC UART，为满足要求，8250 和 Philips2691 已扩展到 2 个、4 个甚至 8 个 UART，Zilog8630 因其较高的速度而成为这一市场的主导产品，MOTOROLA 的 683 系列微控制器也有一部分市场，这类器件内部包括不同的

外围电路、68000 内核等，有些器件对于复杂通信非常灵活,目前，在用户 IC 中也有采用 UART 的趋势。UART 具有相对综合的逻辑功能，并用现代的 EDA 工具集成在硅片上，因而，这种片上系统模型对于大规模数字系统越来越有吸引力。

对于小的非 PC 设备（如：MODEM、工业设备等）,UART 必须与无处不在的 PC 以及小的工业网络通信，早在 80 年代初期，全功能的微控制器（80186、8051、68HC11、Z8 等）已包含内部 UART，这些内部 UART 可满足中低速的应用，尽管制造商增加了时钟速度、ROM 容量及其它功能，但微控制器中 URAT 的速度和功能没有多大改善，仅有少数产品除外，象 Ddllas 的 80C320 包含两个 UART，Intel 的 80C51FA 具有 9 位网络地址（后面描述）。

当需要采用多个 UART 时，设计者有两种选择：①如果需要低性能的 UART，并且 ROM 容量和 CPU 时间允许，可由软件实现 UART，与硬件交替使用，在后面章节将进一步讨论这一问题。②另加一个 UART，大多情况下，这个 UART 是无法接受的，它们需要大尺寸、大功耗、高价格，更重要的是需要复杂的软件以获得好的性能。如果真正需要 IrDA 功能，设计者可以在 PAL 内实现 IrDA 时间发生器，并输出到微控制器外部的 UART（支持 115K 波特的 IrDA 速率），IrDA 时间片出现后即取代了 PAL，但仍需要外部 UART。

对低功耗系统（手持工业设备，条形码阅读器，测试设备和消费产品）经常用很小的微控制器。低价格低功耗的微控制器（Microchip 的 PIC16C54 和 Motorola 的 68HC05J2）都没有 UART，这些系统实现串行通信由软件完成，这占去了 CPU 的大部分时间。如果由于带宽和性能的原因，需要一个硬件 UART，可能会用一个高档微控制器带有 UART，如果微控制器内的 UART 功能不够完善，将不得不用一个全功能的 UART。这类系统设计很难选择。如果量大，设计者会研制适合自己的 UART，如果量少这一功能会被取消。

市场上的 40 种 UART 对另一类应用也不满足。很多 DSP（TMS320C10）没有 UARTT，用软件实现有一个严重的问题，DSP 一般为同步系统而对异步串行中断的响应很困难。

现代小型 UART 的市场需求

MAXIM 看到了这一市场需求和机会。虽然 UART 基本上是数字电路,而 MAXIM 是一家线性和混合集成电路的公司,但 MAXIM 在串行接口方面有很多经验(如 MAX232,MAX485),MAXIM 认识到对 UART 的需求主要有以下几方面：

——支持高速（微控制器不能达到这一目标）

——支持低功耗、低电压。

——小尺寸且带有波特率发生器等功能。

——需功耗关闭模式并能被唤醒。

——支持 IrDA 通信。

——FIFO 接收缓冲减轻微控制器的通信负担。

——高驱动和施密特触发器输入与隔离光耦直接接口。

——低价格。

依照这些要求，MAXIM 努力的结果就是 MAX 3100，一个全功能的 UART（后面详细讨论）。按照小尺寸的要求，MAX 3100 采用了同步串行接口，串口到串口听起来是矛盾的，但这正是 MAX 3100 的特殊之处，它将一个全功能的 UART 封装在 8 脚的 SO（QSOP-16）内，与 SPI 兼容的串行接口极易与微控制器接口，以极小的尺寸、较低的价格和功耗即可获得高性能（这些后面还有描述）。

3. 软件实现 UART 的缺点

内部没有UART 的微控制器进行通信的简单方法是通过软件实现，不需外部硬件，软件实现不存在任何问题，真正的花费是 CPU 的时间。除了很简单的情况，软件实现 UART 要比硬件实现价格高。

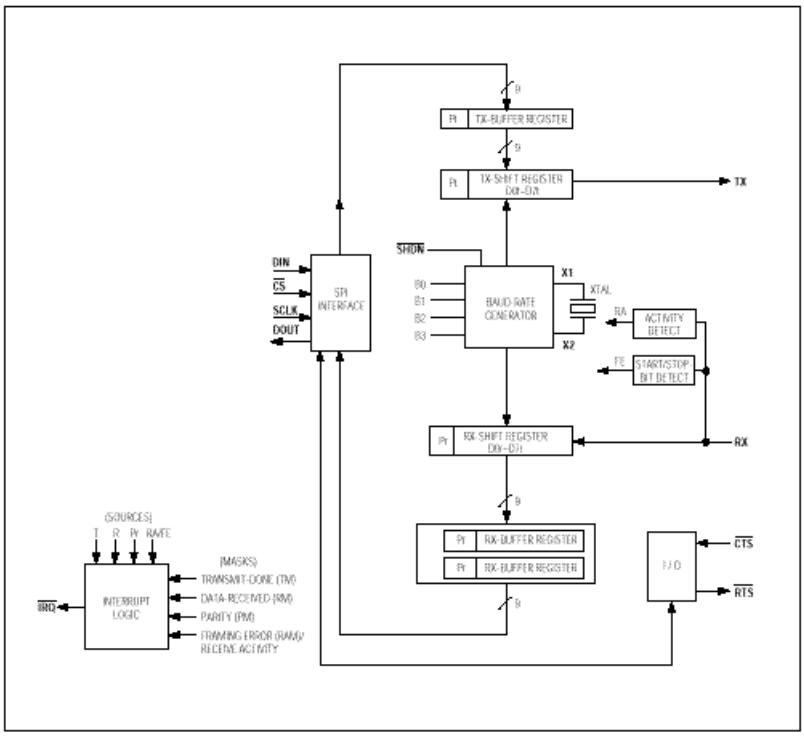
软件实现 UART 时，利用计数器/时间发生器将串行数据位分开，时间发生器是微控制器的宝贵资源。串行输入输出至少需要两个 I/O 口，串行输入（RX）应有中断能力，以使软件同步数据，这一中断使系统的设计更为复杂，因最大中断时间必须小于半个数据位时间才能可靠接收，高波特率时，将使微处理器无法工作，当需要握手信号时，还需要多条 I/O 口线，此外，依照处理器和 UART 的复杂程度还需 200-500 字节的编码，而很多小控制器仅有 500 字节。有些情况下，唤醒时间大于波特周期而导致处理器连续运行，还可造成较大的功率损耗。

相比之下，MAX3100 仅需要 4 条口线实现握手接口，有一条中断线可选，多数情况下这条中断线不需选用。此外，MAX3100 仅需要 50 字节编码，处理器和 UART 在等待串行事件时休眠，可以节省大量功耗，不需随波特率而改变时间。MAX3100 的 FIFO 还可缓解很多小系统中的突发信息。

4. MAX3100 使用说明

MAX3100 UART 实现 uP 的同步串行数据转换到异步串行通信口（RS-232、RS-485、IrDA），图一是 uP 的四条同步串行接口（与 SPI、QSPI、Microwire 兼容）和 MAX3100 的通用异步接收发送器（UART），附录给出了 SPI 的描述。

MAX3100 包括一个简单的 UART，带有 SPI 接口的波特率发生器和一个中断发生器，通过“写结构寄存器”完成波特率、字长、校验、8 字节接收 FIFO 的设定并选择通用 UART 或 IrDA，控制关闭状态和四个中断任务。



图一　　MAX3100　UART　框图

图一为功能框图，片上时钟 X1 可以是 1.8432MHZ，3.6864MHZ 或由占空比为 45%—55%的方波驱动 X1，片上时钟除以 16 是波特率时钟，B0—B3 四位确定波特率系数（BRD），波特率时钟除以 BRD 即为波特率，波特率的范围是 300—230K。

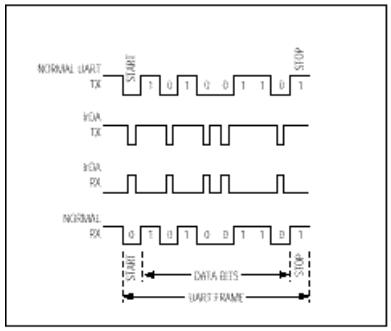
发送部分接收 SPI 数据，通过 TX 按异步串行发送出去，SPI 的数据进行发送缓存，MAX3100 加上起始位和停止位，并按要求的波特率发送。

接收部分接收异步串行数据，MAX3100 确定由高变低为起始位，确定方法是以 16 倍波特率时钟采样，按第 7、8、9 次的结果确定起始位，接收器在停止位的中间开始寻找下一个起

始位。

MAX3100 允许直接光耦输入输出，接收器有一个施密特触发器，发送器可以吸收 25mA，还有两个光耦用于握手信号（RS-232）或控制（RS-485）。

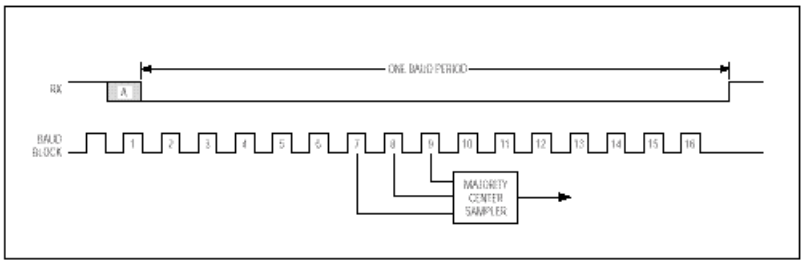
CPU 的计算时间包括 MAX3100 的 8 字节 FIFO 和中断逻辑。CPU 的传输时间被缓冲，当 CPU 服务接收中断时 FIFO 准 备 8 字节开始传送。MAX3100 有一个中断由 4 个源设置：校验（Pr），接收数据（R），接收开始/桢错（RA/FA）和发送缓存空（T），每个中断可以被屏蔽。



图二、起始位

这个 SPI UART 的另一特性是 IrDA 模式，可以与 SIR 兼容的设备通信，或者在光隔离应用中降低功耗，MAX3100 设计为直接驱动光隔离设备，所以驱动串行 IR（象 HP 的 HDSL-1000）时需倒相。

IrDA 模式时，一位的周期缩短到 3/16 波特周期，数据零对于发送引脚就是逻辑低，对于接收引脚就是逻辑高，见图 3。



图三　　IrDA 时间

接收模式时，接收信号的采样是在发送高电平的一半时进行，采样一次完成，而普通模式是采样三次完成。

IrDA 器件与 MAX3100 通信必须设置发送脉冲为波特周期的 3/16，MAX3100 忽略小于波特周期性 1/16 的脉冲。

5. MAX3100 开辟的新应用。

A. 能够使小微控制器实现 IrDA 或高速。

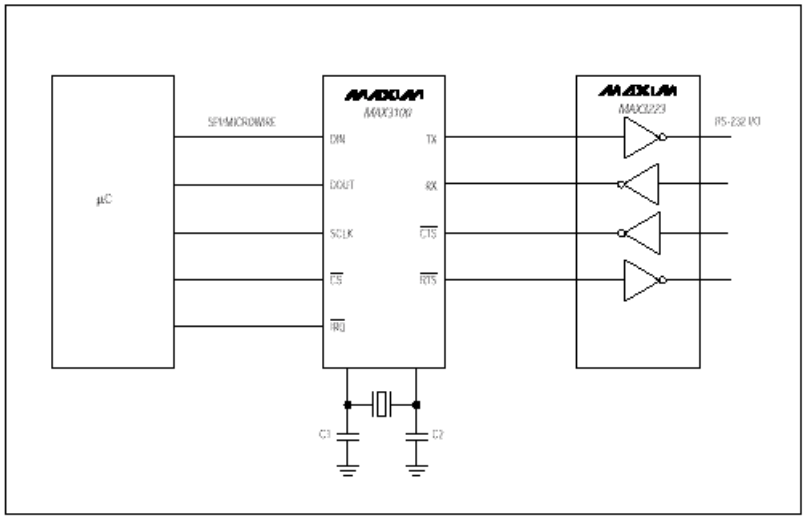
图 4 的电路用 MAX3100 UART 和常用的一种微控制器实现 IrDA SIR 方式或高速方式通信。微控制器到 UART 的接口用 SPI 串行接口，附录里给出三种微处理器的程序例子。虽然它们内部有 UART，但不与 IrDA 兼容，而且没有办法使微控制器实现这一功能。

MAX3100 的最高速率是 115KBD，但由于光耦而限制在 4800BD，如果采用高性能的光耦(HP HDSL-1000)，很容易达到 SIR 的满速率，但应知道很多 IrDA 设备支持低到 2400BD，而且这样的器件很便宜，几乎所有的光电二极管都可以用，但要滤除光电二极管周围的可见光，或者用外部 IR 滤波器放在光电二极管的前端。

处理器的工作电压从 2.7V 到 6. 0V, 很多小的微处理器每 1MHZ 耗电 1mA，如果实时处理由 UART 完成，处理器时钟可以不讲究，只要 UART 有一个稳定的时钟，而 MAX3100 耗电仅 1mA。

这个电路有几个特点，由软件完成的 IrDA UART 程序，活动时占 100%的 CPU 时间，而且不能高于 2400BD 的速率。分离逻辑 PAL 可以产生 IrDA 时间，但其价格很贵，功耗大，需要外部波特率发生器时钟源。图 4 简单的电路能够提供 IrDA 通信，而且价格低，

编程简单，功率低，另请注意 MAX3100 也能够实现 RS-232 通信。



图四　　系统框图

附录是 MAX3100 对 6805，PIC 和 8051 的源程序。

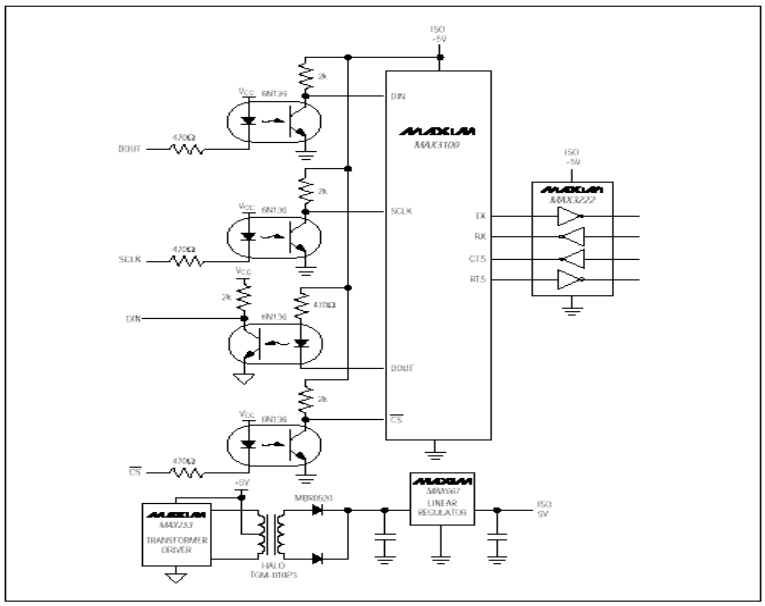
B．9 位网

MAX3100 支持普通多点通信称为 9 位模式。奇偶位用来指示地址信息，这种情况 MAX3100 可以产生中断，这种方法可以使从控制器不用处理很多与自己无关的信息。这可以让远端处理器处理更多有用的工作。

9 位模式时，MAX3100 设置为 8 位加校验，校验位设置为地址信息，网络中，主机发送带有地址信息，所有节点收到后判断地址信息，是自己的信息就处理。

奇偶位/第 9 位中断只受接收寄存器控制，不受 FIFO 内数据的影响，所以第 9 位中断的有效应用是 FIFO 失效，FIFO 失效时，收到的非地址字可以忽略掉，不用从 UART 读出。

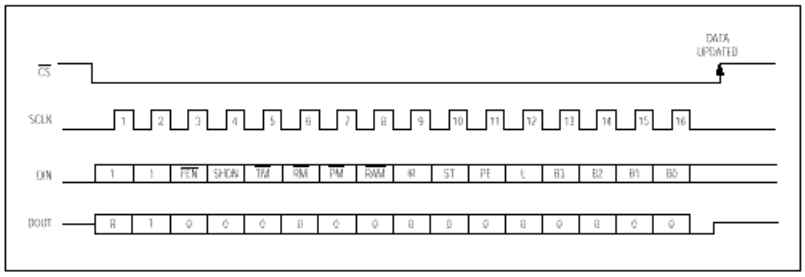
B．隔离应用



图五　　驱动光耦

图 5 是 MAX3100 用在隔离串行接口，MAX3100 的施密特触发器输入直接由光耦输出驱动，这个电路的一个特点是光耦不影响异步串行输出的时间，只需考虑 SPI 接口的建立和保持时间。

如果需要双向隔离仅需两个光耦，用 IrDA 的 3/16 宽波特周期可以节约 81%的功率。



图六　　SPI 时间图

附件：串行接口

MAX3100 是串行结构，这可以减少管脚，它与 Motorola 的 SPI 和 QSPI 以及国半的 Microwire 接口兼容，下面简单描述这些接口。

Microwire 和 Microwire Plus（国半的专利）。

Microwire 是用在国半 COP 控制器上的串行接口，包括时钟线，数据进出线和片选线。最大时钟速率 250KHZ，数据定义在时钟的下降沿，片选不用时为高。Microwire Plus 用在国半的 HPC 控制器上，将时钟相位对输入数据和输出数据倒相，可以加速接口时间。

SPI 和 QSPI（Motorola 的专利）

SPI 与 Microwire 非常相似，用在 Motorola 的控制器上，它也包括时钟线，数据输入输出线，片选线。最大时钟比 Microwire 高可达 2M bps，对 QSPI 超过 10M bps。QSPI 内有 16 级硬件控制，自动片选，和 SPI 处理。对外部器件，两种器件相同，数据时钟输入输出由 CPHA 位控制，CPOL 位控制时钟相位和希望的极性。

8051 软件清单

```
；基于 8051 的 UART—MAX3100 实现 IrDA 通信的代码
；MAX3100 实现双向通信，IrDA 到 RS-232 和 RS-232 到 IrDA。
；8051 和 MAX3100 两侧均为 9600BD 的速率。IrDA 由掌上型的 HP-100 完成，
；PC 运行终端程序。
PCON      EQU      87H
；口线定义
DOUT      BIT      P1.0      ;数据从 UART 输出
DIN       BIT      P1.1      ；数据从 UART 输入
SCLK      BIT      P1.2      ；串行时钟
CS        BIT      P1.3      ；片选，低电平有效
IRQ       BIT      P3.2
```

```
;RAM
TX1     EQU     10H;    发送
TX2     EQU     11H
RX1     EQU     12H;    接收
RX2     EQU     13H
; ****************************************************************
        ORG     0H
BEGIN:      MOV     SP, #70H    ; 初始化堆栈
        CLR     SCLK            ; 清时钟
; 初始化 8051 内部 UART
        MOV     TMOD, #20H      ; t1 波特率
        MOV     TH1, #253       ; 9600BD
        MOV     SCON, #50H      ; UART-ml,tx,rx
        MOV     PCON, #80H
        MOV     TCON, #40H
; 初始化 MAX3100—UART—IrDA 模式—9600BD
        MOV     TX1, #0E4H
        MOV     TX2, #0CAH
        CALL    UTLK            ;发送到 UART
; ************主循环程序**********************
LOOP:   JNB     IRQ, URCV       ; 数据有效?
NRECV:  JBC     RI, RCV51       ; 检测 8051 的接收
        JMP     LOOP
; 从 3100 收到的字节
URCV :  MOV     TX1, #0         ; 读数据
        MOV     TX2, #0         ; 读数据
        CALL    UTLK            ; 发送到 8051
        MOV     A, RX2          ; 读数到累加器
        MOV     SBUF, A         ; 发送到 RS-232
        JMP     LOOP            ; 从头开始
; 收到 8051 的字节
RCV51:  MOV     A, SBUF         ; 读取 8051 的 UART
        MOV     TX1, #80H       ; 发送数据
        MOV     TX2, A          ; 数据到 IrDA
        CALL    UTLK            ; 发送到 UART
        JMP     LOOP            ;
; ************************************************************
; 子程序 UTLK
UTLK:   CLR     CS              ; 使能 CS
        MOV     A, TX1          ; 读高字节
        CALL    BYT8            ; 发送
        MOV     RX1, A          ; 读接收 1
        MOV     A, TX2          ; 读高字节
        CALL    BYT8            ; 发送
```

```
        MOV     RX2，A          ；读接收 2
        SETB    CS              ；CS 取反
        RET
；*********************************************************
；BYT8—8 位位移
BYT8：  MOV     R4，#8          ；8 位发送
        SETB    DIN             ；确定 DIN 是输入
B8LP：  RLC     A               ；
        MOV     DOUT，C         ；
        SETB    SCLK            ；确定时钟高
        MOV     C，DIN          ；时钟变高读数据
        CLR     SCLK            ；清时钟
        MOV     ACC.0,C         ；
        DJNZ    R4,B8LP         ；8 位循环
        RET
        END
;*************************************************************
```