

HT8 MCU UART 應用須知

文件編號：AN0687TC

簡介

UART(Universal Asynchronous Receiver/Transmitter, 通用非同步收發器)是一種常用的串列通訊協定, UART 支援雙向通訊, 可以實現全雙工或半雙工的發送和接收。UART 廣泛應用在 MCU 與外部設備(例如 MCU、感測器)之間的通訊。

本文將通過功能說明和應用注意事項介紹, 幫助客戶快速上手 HT8 MCU 的 UART 功能, 加速產品開發。

功能說明

HT8 MCU 提供了獨立 UART 和 USIM 兩種 UART 功能介面, 下表列出兩種介面主要差異。

區別	獨立 UART	USIM
支援通訊協議	UART	SPI、I ² C、UART
UART Mode 選取	不需選擇 UART 模式 (部份 MCU 支援單線模式, 由 SWM bit 選擇是否使用單線模式)	通過 SIMC0 暫存器 UMD bit 選擇 UART 模式 (部份 MCU 支援單線模式, 由 USWM bit 選擇是否使用單線模式)

表 1

兩種 UART 介面支援通訊協議和選取方式會略有不同, 但在應用上原理相似。

UART 介面及特點

介面說明

HT8 MCU UART 介面一般採用 2 根通訊腳位, 分別是發送腳位(TX 或 UTX)和接收腳位(RX 或 URX), 部分 MCU 支援單線模式, 可通過一根通訊腳位(RX/TX 或 URX/UTX)實現半雙工資料收發, 總結如下表:

腳位功能	獨立 UART (不支援單線模式)	獨立 UART (支援單線模式)	USIM (不支援單線模式)	USIM (支援單線模式)
發送腳位	TX	TX 或 RX/TX	UTX	UTX 或 URX/UTX
接收腳位	RX	RX/TX	URX	URX/UTX

表 2. HT8 MCU UART 發送/接收腳位

備註：腳位名稱具體參考對應型號 Datasheet。

以支援單線 UART 模式的 USIM 為例，UART 通訊常見的连接方式有如下兩種：

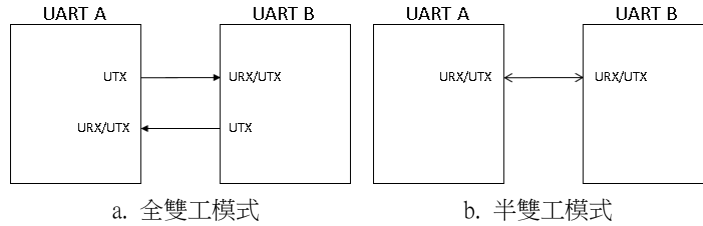


圖 1. UART 連接方式

特點介紹

HT8 MCU UART 具有如下特點，其中部份項目依不同 MCU 存在差異：

項目	說明
通訊方式	支援全雙工，部份規格支援半雙工(單線)模式
串列傳輸速率發生器	依串列傳輸速率發生器規格差異，HT8 MCU UART 可分為一般類型和高速類型： 1. 一般類型：支援 8 位預分頻 2. 高速類型：支援 16 位預分頻 不同 UART 類型對應不同的串列傳輸速率設定方式和計算公式，具體見下文“UART 串列傳輸速率配置”小節
傳輸格式長度	8 位或 9 位資料長度可選
校驗方式	皆支援奇校驗、偶校驗和無校驗； 部份規格支援 Mark 校驗和 Space 校驗
停止位數	依 UART 類型區分： 1. 一般類型：支援 1 位或 2 位停止位可選 2. 高速類型： (1) 發送：固定 2 位停止位，不可選 (2) 接收：1 位或 2 位停止位可選
錯誤檢測	奇偶、幀、噪聲和溢出錯誤檢測
發送資料緩衝器	1-byte FIFO
接收資料緩衝器	依 UART 類型區分： 1. 一般類型：支援 2-byte FIFO 2. 高速類型：支援 4-byte FIFO (4-byte FIFO 可由暫存器設定中斷觸發等級)
中斷觸發條件	1. 發送器為空 2. 發送器空閒 3. 接收完成或接收器達到 FIFO 觸發位元組數 4. 接收器溢出 5. 位址檢測 6. 接收腳位喚醒
其它	獨立的發送和接收使能

表 3. HT8 MCU UART 特點列表

UART 通訊說明

UART 採用標準的不歸零碼(NRZ)傳輸資料，它由 1 位起始位，8 位或 9 位資料位和 1 位或者 2 位停止位組成。奇偶校驗由硬體自動完成。

資料傳輸格式由資料長度、是否校驗、校驗類型、位址位以及停止位長度決定。下表列出了各種資料傳輸格式。

起始位	資料位	位址位	校驗位	停止位
8 位資料位				
1	8	0	0	1 或 2
1	7	0	1	1 或 2
1	7	1	0	1 或 2
9 位資料位				
1	9	0	0	1 或 2
1	8	0	1	1 或 2
1	8	1	0	1 或 2

表 4. UART 資料傳輸格式

下圖是傳輸 8 位和 9 位資料的波形。

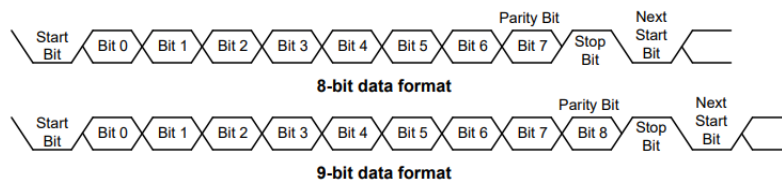


圖 2. 8 位資料與 9 位資料傳輸波形

UART 暫存器介紹

一般類型 UART(8-bit 串列傳輸速率計數器)以 HT66L2530A 為例，其 UART(USIM 結構)相關暫存器如下表，具體說明請參考 MCU Datasheet。

暫存器名稱	作用
SIMC0	通過設定 UMD bit 選擇 UART 模式
UUSR	UART 的狀態暫存器，可以通過程式讀取以得知當前 UART 狀態
UUCR1	UART 的第一個控制暫存器，用於設定 UART 資料結構
UUCR2	UART 的第二個控制暫存器，用於控制發送器、接收器以及使能/除能各種 UART 模式中斷源
UUCR3	UART 的第三個控制暫存器，用於使能 UART 單線模式
UTXR_RXR	資料暫存器，用來儲存 UTX 腳位將要發送或 URX/UTX 腳位正在接收的資料
UBRG	用於設定串列傳輸速率

表 5. 一般類型 UART 相關暫存器 - 以 HT66L2530A 為例

高速類型 UART(16-bit 串列傳輸速率計數器)以 HT66F2030 為例，其 UART(獨立 UART)相關暫存器如下表，具體說明請參考 MCU Datasheet。

暫存器名稱	作用
USR	UART 的狀態暫存器，可以通過程式讀取以得知當前 UART 狀態
UCR1	UART 的第一個控制暫存器，用於設定 UART 資料結構
UCR2	UART 的第二個控制暫存器，用於控制發送器、接收器以及使能/除能各種 UART 模式中斷源
UCR3	UART 的第三個控制暫存器，用於使能 UART 單線模式
TXR_RXR	資料暫存器，用來儲存 TX 腳位將要發送或 RX/TX 腳位正在接收的資料
BRDH	用於設定串列傳輸速率除頻器高位元組
BRDL	用於設定串列傳輸速率除頻器低位元組
UFCCR	FIFO 控制暫存器，用於 UART 調製控制、BRD 範圍選擇、RXIF 和中斷的觸發位元組數選擇
RxCNT	用於記錄未被 MCU 讀取的接收器 FIFO 中接收的資料位元組數

表 6. 高速類型 UART 相關暫存器 - 以 HT66F2030 為例

UART 配置說明

下面介紹 HT8 MCU UART 功能的配置方法，主要包含 UART 腳位配置、串列傳輸速率配置、單線模式與中斷配置方法。

UART 腳位配置

UART 通訊腳位一般與 I/O 埠或其它功能共用腳位，使用 UART 功能前或結束使用 UART 後相關腳位需依如下說明設定。

- 使能 UART 通訊腳位功能：需先正確配置相應的腳位共用控制暫存器，再配置相應的外圍功能。以 HT66L2530A USIM 結構的 UART 為例，UTX 與 PC2 共用腳位，URX/UTX 與 PC1 共用腳位
 1. 設定 PCS05~PCS04=11，PCS03~PCS02=11
 2. 設定 UREN=1、UTXEN=1 和 URXEN=1
- 除能 UART 通訊腳位功能：需先除能外圍功能，再配置相應的腳位共用功能控制暫存器選擇其它腳位共用功能。以 HT66L2530A USIM 結構的 UART 為例，UTX 與 PC2 共用腳位，URX/UTX 與 PC1 共用腳位
 1. 設定 UREN=0、UTXEN=0 和 URXEN=0
 2. 設定 PCS05~PCS04 ≠ 11，PCS03~PCS02 ≠ 11
 3. 設定 PCC1=1、PCC2=1、PCPU1=1、PCPU2=1

當僅設定第 1 步，UART 腳位將會處於浮空狀態；若 UTX 或 URX/UTX 腳位暫未使用，建議設定為輸入上拉，即第 3 步。

UART 串列傳輸速率配置

HT8 MCU UART 自身具有一個串列傳輸速率發生器，用於設定串列資料傳送/接收速度，即串列傳輸速率。依串列傳輸速率計數器(預分頻)位數分為 8 位和 16 位 2 種不同規格，下面分別介紹這兩種規格串列傳輸速率的配置方式和誤差計算。

請注意，實際應用時，串列傳輸速率最大誤差不應超過±2%。

8 位計數器

以 HT66L2530A 為例，串列傳輸速率由 UBRG 暫存器和 UUCR2 暫存器的 UBRGH 位來控制。UBRGH 是決定串列傳輸速率計算公式的選用，如下表所示。UBRG 暫存器的值 N 可根據下表中的公式計算，N 的範圍是 0 到 255。

UUCR2 的 UBRGH 位	0	1
串列傳輸速率(BR)	$BR = f_H / [64(N + 1)]$	$BR = f_H / [16(N + 1)]$

為得到相應的串列傳輸速率，首先需要設定 UBRGH 來選擇相應的計算公式從而算出 UBRG 的值。由於 UBRG 的值不連續，所以實際串列傳輸速率和理論值之間有一個偏差。

下面舉例怎樣計算 UBRG 暫存器中的值 N 和誤差。

- 若選用 4MHz 時鐘頻率且 UBRGH=0，若期望的串列傳輸速率為 4800，計算它的 UBRG 暫存器的值 N，實際串列傳輸速率和誤差
- 根據上表，串列傳輸速率 $BR = f_H/[64(N + 1)]$
- 轉換後的公式 $N = [f_H/(BR \times 64)] - 1$ ，帶入參數得 $N = [4000000/(4800 \times 64)] - 1 = 12.0208$
- 取最接近的值，十進制 12 寫入 UBRG 暫存器，實際串列傳輸速率如下：
 $BR=4000000/[64 \times (12+1)]=4808$
 因此，誤差 = $(4808-4800)/4800=0.16\%$

16 位計數器

以 HT66F2030 為例，串列傳輸速率由 BRDH/BRDL 暫存器和 UART 調製控制位 UMOD2~UMOD0 來控制，BRD(BRDH/BRDL)取值範圍由 BRDS 位決定，具體如下：

$$0 : BRD = 16 \sim 65535$$

$$1 : BRD = 8 \sim 65535$$

如果由 UART 時鐘 f_H 生成所需的串列傳輸速率 BR，則：

$$f_H/BR = \text{整数部分} + \text{小数部分}$$

整數部分載入 BRD (BRDH/BRDL)，小數部分乘以 8，四捨五入後載入 UMOD 欄位，如下：

$$BRD = \text{TRUNC}(f_H/BR)$$

$$UMOD = \text{ROUND}[\text{MOD}(f_H/BR) \times 8]$$

因此，實際串列傳輸速率如下：

$$\text{串列傳輸速率} = f_H/[BRD + (UMOD/8)]$$

下面舉例怎樣計算 BRDH/BRDL 暫存器的值，實際串列傳輸速率和誤差。

若選用 4MHz 時鐘頻率且期望的串列傳輸速率為 230400：

- 根據上述公式， $BRD = \text{TRUNC}(f_H/BR) = \text{TRUNC}(17.3611) = 17$
- $UMOD = \text{ROUND}[\text{MOD}(f_H/BR) \times 8] = \text{ROUND}[0.3611 \times 8] = \text{ROUND}(2.88888) = 3$
- 實際串列傳輸速率 = $f_H/[BRD + (UMOD/8)] = 230215.83$
- 因此，誤差 = $(230215.83 - 230400)/230400 = -0.08\%$

UART 單線模式

UART 一般發送、接收設定步驟請參考 Datasheet 相應章節，下面以 HT66L2530A 先設定為發送再接收為例，說明 UART 單線模式配置步驟。

- 步驟 1：正確地設定 UBNO、UPRT、UPREN 和 USTOPS 位以確定資料長度、校驗類型和停止位長度
- 步驟 2：設定 UBRG 暫存器，選擇期望的串列傳輸速率
- 步驟 3：置高 USWM，使能單線模式

- 步驟 4：令 UTXEN=1，URXEN=0，使能 UART 發送器且使 URX/UTX 作為 UART 的發送端
- 步驟 5：讀取 UUSR 暫存器，然後將待發資料寫入 UTXR_RXR 暫存器
- 步驟 6：當資料發送完畢後，令 UTXEN=0，URXEN=1，使 URX/UTX 作為 UART 的接收端
- 步驟 7：置高 URIE=1，使能接收中斷
- 步驟 8：當 UOERR 或 URXIF 置位時，USIM 的中斷請求旗標 USIMF 置位
- 步驟 9：讀取 UUSR 暫存器檢查是否出錯
- 步驟 10：讀取 UTXR_RXR 暫存器，獲取資料

UART 中斷

HT8 MCU UART 可由 6 種條件觸發 UART 中斷，下面以 HT66L2530A 為例介紹 USIM 中斷配置方式。

- 發送暫存器為空

程式設定 UTEIE=1，當發送暫存器為空時，UTXIF 將被硬體置位，此時 USIM 的中斷請求旗標被置位。
- 發送器空閒

程式設定 UTIE=1，當發送器空閒時，UTIDLE 將被硬體置位，此時 USIM 的中斷請求旗標被置位。
- 接收完成

程式設定 URIE=1，當接收完成時，URXIF 置位時，此時 USIM 的中斷請求旗標被置位。
- 接收器溢出

當發生接收器溢出(UOERR=1)且 URIE=1 時，USIM 的中斷請求旗標被置位。
- 位址檢測

程式設定 UADDEN=1，當檢測到位址(資料最高位為 1)時，USIM 的中斷請求旗標被置位。
- 接收腳位喚醒

程式設定 UAXEN=1、UWAKE=1 和 URIE=1，當 UART 時鐘源 f_{in} 關閉且 URX/UTX 腳位有下降緣時，USIM 的中斷請求旗標 USIMF 被置位。

應用注意事項

一般注意事項

1. UART 通訊雙方的資料傳輸格式需設定一致，包含串列傳輸速率、資料長度等。串列傳輸速率誤差與 UART 除頻器和系統時鐘誤差有直接關係。通訊雙方允許的最大誤差和選擇的傳輸格式有關連，例如常見的 8-N-1 格式，加上啟動位，共計 10-bit 資料，假設每個 bit 準位採樣位置在中心點，則二者之間允許最大的誤差不能超過 $\pm 50\%/10 = \pm 5\%$ ，若是 8-E-2 或是 8-O-2 格式，共計 12-bit 資料，允許的最大誤差不能超過 $\pm 50\%/12 = \pm 4.1\%$ 。因而建議單一 MCU 串列傳輸速率最大誤差不應超過 $\pm 2\%$ 。

2. 當 UART 通訊雙方的電壓不一致時，需要經過準位轉換後方可通訊，或者有部分 Holtek MCU 提供 VDDIO 腳位，透過該腳位可提供不同於 MCU V_{DD} 電壓給 UART 通訊腳位。
3. UART 通訊雙方空閒時 TX 均為輸出高準位，當其中一方低功耗狀態是使用斷電方式時，需注意對方 TX 的高準位可能會導致意外的漏電或是運行狀態，以及另外一方 RX 處於浮空狀態，可能會接收到意外的資料。
4. UUSR 暫存器中的錯誤旗標(UOERR/UFERR/UPERR)為只讀位，可通過軟體方式清除，具體步驟為先讀 UUSR 暫存器再讀 UTXR_RXR 暫存器。^(註)
5. 在單線模式下建議不要將 URXEN 位和 UTXEN 位同時設定為高。若 URXEN 位和 UTXEN 位同時為高，URXEN 位具有更高的優先級，此時 UART 為接收器狀態。^(註)

註：上述一般注意事項第 4 點和第 5 點所提及之暫存器或位元名稱，均係源自 HT66L2530A Datasheet，實際應用中，請務必參照對應型號之 Datasheet。

特殊注意事項

使用高速類型 UART 功能時，強烈建議遵循以下注意事項：

1. 當 UART 需連續接收多幀資料，建議接收器使用 2 位停止位，以避免接收器串列傳輸速率頻率累積誤差造成的接收錯誤。
2. 當 EMI 開啟時，在 UART 接收資料過程中如有其他副程式被呼叫且執行時間大於 UART 接收五幀資料的時間，若副程式執行期間無法及時讀取 UART 接收資料，則需提前將 RXEN 清零，暫停接收資料；當 EMI 關閉時，若副程式執行期間無法及時響應 UART 中斷處理溢出錯誤，則需確保執行副程式時 RXEN 是關閉的，副程式執行完成後，再開啓 RXEN，繼續接收 UART 資料。^(註)
3. 當接收器溢出旗標位 OERR 被設為“1”時，代表 4 層 FIFO 已滿，而且另外有已接收完成的 1 筆資料也已存入移位暫存器中，因此用戶需要立即讀取五筆資料，避免 UART 無法再接收資料或其他無法預期的錯誤發生。如果發生上述錯誤，可將 RXEN 清為“0”再設為“1”，重新接收資料。建議用戶可配置接收器 FIFO 達 2 個位元組時觸發中斷(RxFTR1~RxFTR0=10)，避免超出 4 個位元組無法由程式及時處理的溢出狀態。^(註)

註：上述特殊注意事項第 2 點和第 3 點所提及之暫存器或位元名稱，均係源自 HT66F2030 Datasheet，實際應用中，請務必參照對應型號之 Datasheet。

結論

本文針對 HT8 MCU UART 規格和功能進行了詳細說明，進一步羅列了應用中需要注意的事項。用戶通過閱讀本文可以對 HT8 MCU UART 介面有進一步的認識，提高用戶在使用 UART 介面時的深入程度。

參考資料

參考文件 HT66L2530A、HT66F2030 Datasheet。

如需進一步瞭解，敬請瀏覽 Holtek 官方網站 www.holtek.com.tw。

版本及修改資訊

日期	作者	發行	修訂說明
2024.5.24	鄭家鑽	V1.00	第一版

免責聲明

本網頁所載的所有資料、商標、圖片、連結及其他資料等（以下簡稱「資料」），只供參考之用，盛群半導體股份有限公司及其關聯企業（以下簡稱「本公司」）將會隨時更改資料，並由本公司決定而不作另行通知。雖然本公司已盡力確保本網頁的資料準確性，但本公司並不保證該等資料均為準確無誤。本公司不會對任何錯誤或遺漏承擔責任。

本公司不會對任何人士使用本網頁而引致任何損害（包括但不限於電腦病毒、系統故障、資料損失）承擔任何賠償。本網頁可能會連結至其他機構所提供的網頁，但這些網頁并不是由本公司所控制。本公司不對這些網頁所顯示的內容作出任何保證或承擔任何責任。

責任限制

在任何情況下，本公司並不須就任何人由於直接或間接進入或使用本網站，并就此內容上或任何產品、資訊或服務，而招致的任何損失或損害負任何責任。

管轄法律

本免責聲明受中華民國法律約束，并接受中華民國法院的管轄。

免責聲明更新

本公司保留隨時更新本免責聲明的權利，任何更改於本網站發布時，立即生效。