

無線連結技術選擇指南



介紹

選擇適當無線連結技術是一開始最重要的設計決策。此決策將決定應用的協定互通性、距離、強固性與使用案例。本選擇指南將逐一探討幾個重要決策要求，首先以下表說明各種無線通訊技術的高階摘要。

功能與規格	傳統藍牙	低功耗藍牙	藍牙網狀網路	Zigbee	Thread	Wi-Fi®	無線 M-BUS	MIOTY	Amazon Sidewalk	WI-SUN® FAN 1.0	非標準 Sub-1 GHz / 2.4 GHz
範圍	最高達 100 m	最高達 200 m 或 400 m w LR	最高達 200m ⁽¹⁾	最高 200 m ⁽¹⁾	最高 200 m	最高 200 m	網路覆蓋範圍為數公里	網路覆蓋範圍為數公里	根據參與的橋接器數量而異	網路覆蓋範圍為數公里	最高 1600 m
頻率	2.4 GHz	2.4 GHz	2.4 GHz	2.4 GHz	2.4 GHz	2.4 GHz 5 GHz	Sub-1GHz	Sub-1GHz	Sub-1GHz 及 BLE: 2.4 GHz	Sub-1GHz	Sub-1 GHz 2.4 GHz
PHY 傳輸速率	最高 3 Mbps	最高 2 Mbps	最高 1 Mbps	最高 250 Kbps	最高 250 Kbps	最高 100 Mbps	C-S 與 T 模式: 32 Kbps - 100 Kbps N 模式: 2.4 至 19.2 Kbps ¹	400 Bps	FSK - 50 Kbps (之後會提供更多資料傳輸速率) BLE - 2 Mbps、1 Mbps、500 Kbps 與 125 Kbps	50 - 200 Kbps	500 Kbps (Sub-1) 2 Mbps (2.4 GHz)
網路類型	對等網路 (P2P)、星狀	對等網路 (P2P)、星狀、廣播	網狀	網狀	網狀	星狀 (AP-STA 模式)、網狀、對等網路 (Wi-Fi Direct)	星狀	星狀	星狀	網狀	對等網路 (P2P)、星狀、網狀
電池類型	單 AA 電池	鈕釐型單芯電池	鈕釐型單芯電池	鈕釐型單芯電池與能源收集電池	鈕釐型單芯電池	雙 AA 電池	鋰電池 (超低功耗)	鈕釐型單芯電池	鈕釐型單芯電池	目前不適用於電池供電的節點	鈕釐型單芯電池

附註: (LR) 長距離 - 需要使用無線功率放大器與適當天線設定。(1) 適合單躍。

技術	考量
傳統藍牙	傳統藍牙優點: • 網路類型 傳統藍牙專為短距離應用而設計，支援對等網路 (P2P) 與星狀網路拓撲等網路類型。 • 傳輸速率 傳統藍牙專為高數據處理能力應用設計，例如資料傳輸速率高達 3 Mbps 的音訊串流。 • 目標應用 透過無線耳機、喇叭和單件式喇叭進行的音訊串流。 傳統藍牙的潛在缺點: • 功耗 傳統藍牙非低功耗應用的最佳選擇。 若要著手進行傳統藍牙應用，請造訪 www.ti.com/product/CC2564C

技術	考量
低功耗藍牙	低功耗藍牙的優點： • 網路類型 低功耗藍牙專為短距離應用而設計，支援對等網路 (P2P)、星狀與廣播等網路類型。低功耗藍牙可應用在健康監控、個人電子產品、資產追蹤等應用中。藍牙 是一種優異的無線技術媒介，可在智慧汽車門禁等裝置間快速建立連線並交換資料。 • 功耗 低功耗藍牙專為超低功率無線通訊設計，只要一個鈕釦型單芯電池即可運行數年。使用的協定採輕量設計，可靈活調整各種通訊時間間隔參數，例如以 1 秒時間間隔進行廣播。 • 傳輸速率 低功耗藍牙 4 與較新版本的標準資料傳輸速率為 1 Mbps，足以供多數通訊類型使用。但 藍牙 5 低功耗能現在也支援最高 2 Mbps，以更快速度進行資料傳輸。 • 無線穩固性 低功耗藍牙使用 2.4 GHz 無線頻帶，並與 Wi-Fi、Zigbee 與 Thread 等其它無線技術共用此無線頻帶。為了在擁擠的頻帶中減少衝突，藍牙 會使用跳頻技術在通訊前尋找開放通道。 • 安全性 若要進一步了解 藍牙 網路中的安全，請參閱：瞭解 SimpleLink™ 藍牙®-低功耗 CC13x2 與 CC26x2 無線 MCU 的安全功能 • 目標應用 無線鍵盤、心律監測器、血壓監測器、智慧汽車門禁等。低功耗藍牙是最廣為使用的無線技術，所有智慧型手機或平板電腦皆可看到其應用。 低功耗藍牙的潛在缺點： • 範圍 藍牙不適合需長距離連線的應用。藍牙 需以閘道橋接器來連接 IP 網路。 若要著手進行低功耗藍牙應用，請造訪 www.ti.com/ble 探索我們的低功耗藍牙開發指南
藍牙網狀網路	藍牙網狀網路的優點： • 網路類型 藍牙網狀網路以現有的低功耗藍牙技術為基礎，可透過多躍點的網狀網路延伸無線通訊範圍，進而延伸無線連結的範圍。其具備工業級訊息性能，可支援從小型網路到多達 100 個節點的大型網路，同時提供沒有故障點的自療式多路徑網路。單一產品可與另一個產品連線並通訊，建立一對一的關係。產品能在網路內與多個產品建立一對一的關係，進而建立中樞網狀網路。 • 功耗 如同低功耗藍牙技術，藍牙網狀網路專為超低功耗無線通訊設計，只要一個鈕釦型單芯電池即可運作數年。如此可延長每次開啟無線電的間隔時間，進而讓產品能維持更長的待機時間。 • 範例應用 照明、暖通空調、無線感測器網路、數據收集等。 低功耗藍牙的潛在缺點： • 傳輸速率 藍牙網狀網路並非為高數據處理能力而設計。其為低延遲應用。如需高數據處理能力，建議使用低功耗藍牙技術。 若要著手進行藍牙網狀網路應用，請造訪 www.ti.com/bluetoothmesh 探索我們的低功耗藍牙開發指南

技術	考量
Zigbee	Zigbee 的優點： • 網路類型 Zigbee 技術是網格式協定，讓網路可隨應用需求擴展。此技術支援自組與自療網路。Zigbee 共扮演四種角色：協調器、路由器、終端裝置與綠能裝置。Zigbee 主要應用在建築與居家自動化中。 • 功耗 Zigbee 是一種低功耗無線通訊技術，可增加終端應用的電池壽命。為達此能源消耗，將定期喚醒終端裝置傳送資料，並盡快進入低功耗模式。Zigbee 綠能裝置更可減少應用所需電池，例如運用太陽能板進行能源收集。 • 無線穩固性 Zigbee 是以 IEEE 802.15.4 為基礎的無線堆疊（做為實體與 MAC 層）。Zigbee 應用可選擇特定通道，最多可與 16 個通道進行通訊。Zigbee 具自療功能且能找出網路的中斷節點，並可視需要進行繞路以維護網路。 • 範圍 Zigbee 應用的一般範圍在單躍距離下可達視線範圍 200 m。但運用網路中的菊鏈多 Zigbee 路由器，Zigbee 可透過其網狀網路提供長距離範圍。 • 安全性 若要進一步了解 Zigbee 網路中的安全，請參閱：了解 SimpleLink™ Zigbee CC13x2 與 CC26x2 Wireless MCU 的安全功能 • 目標應用 您可在無線照明開關、調溫器等各種居家自動控制中，看到 Zigbee 網路的應用。Zigbee 認證也可確保與其他廠商 Zigbee 認證產品間的互通性。 Zigbee 的潛在缺點： • 網路類型 Zigbee 無法提供便利的雲端連線方式。與 IP 網路連線必須透過閘道與位址轉換層。 • 傳輸速率 Zigbee 非為高資料速率傳輸而設計。此技術適合最大傳輸速率為 250 Kbps 的低資料傳輸速率應用。 探索新的無線技術，例如 Zigbee SubGHz，此技術結合了經過實證且安全可靠的低功耗 Zigbee 技術以及超長距離的通訊範圍。 若要著手進行 Zigbee 應用，請造訪 www.ti.com/zigbee 探索我們的 Zigbee 開發指南
技術	考量
Thread	Thread 的優點： • 網路類型 Thread 專為使用網格式與 IP 網路相連的居家連線裝置而設計。主要運用在建築自動化以控制照明、調溫器與其他產品。Thread 可自療也可自組，代表其可自動進行節點升級或降級，以確保網路中沒有故障點。此外，Thread 可搭配 IPv6 閘道運作，在網路中配置新裝置也因此變得更簡單。 • 功耗 Thread 適合在低功耗感測應用中運作，並可將感測器連接至 IPv6 網路。Thread 終端裝置可長時間休眠，因此可增加電池壽命。 • 範圍 Thread 範圍在單躍下通常可達視線範圍 200 m。Thread 為網狀網路，最多可達 32 躍點以延伸範圍。 • 安全性 根據預設，裝置間通訊可透過 AES-128 加以保護。配置則採用標準 DTLS 與 ECJ-PAKE。 • 目標應用 您可在照明燈泡、電子鎖等各種居家自動控制中，看到 Thread 網路的應用。Thread 也可透過任何 Thread 認證裝置進行控制。也可與任何現有應用架構輕鬆整合。 Thread 的潛在缺點： • 傳輸速率 IPv6 網路的負擔可能較高，因此 Thread 的 250 Kbps 傳輸速率可能無法應付現有 IPv6 部署所需。 • 應用不可確認性 Thread 未規定互通應用架構；Thread 可認證網路互通性，但無法保證應用架構互通性。 若要著手進行 Thread 應用，請造訪 www.ti.com/thread 探索我們的 線程開發指南

技術	考量
Wi-Fi	Wi-Fi 的優點： • 網路類型 Wi-Fi 可支援星狀連線 (具有中心存取點的多個站台)、對等網路連線 (Wi-Fi direct) 和網狀網路。Wi-Fi 在大多數住家和企業環境中相當普遍，讓使用此技術的產品可非常快速地連接至現有基礎設施。 • 無線穩固性 Wi-Fi 技術可支援在 2.4 GHz 和 5 GHz 頻帶中運作，讓 Wi-Fi 產品可靈活決定欲支援的頻帶。由於 Wi-Fi 技術可於 5 GHz 頻帶中運作，讓產品可利用較不壅塞的通道以提升性能，從中獲得助益。此外，先進的 PHY 調變機制讓 Wi-Fi 能快速傳送數據，藉此縮短傳輸時間並減少發生衝突的情況。 • 安全性 Wi-Fi 技術擁有主動式生態系統，其安全性會持續進化，以維持最新狀態並穩固抵禦駭客侵襲。Wi-Fi 數據可在傳輸前使用最新的 WPA3 個人與企業層級加密技術進行加密。此外由於具有 5 等原生 IP，Wi-Fi 也擁有多個安全層。我們的產品具有 FIPS 140-2 驗證，符合部分最高層級的安全性要求。若要進一步了解 Wi-Fi 網路的安全性，請參閱：了解 SimpleLink Wi-Fi CC32xx MCU 的安全功能 • 傳輸速率 Wi-Fi 協定的設計具有可擴充性，因此可支援從邊緣節點到閘道等各種不同的應用傳輸速率需求。其利用 MIMO (多輸入多輸出)，傳輸速率高達 100Mbps，因此能實現迅速的無線 (OTA) 更新作業並啟用一般的 IoT/邊緣節點產品。 • 功耗 Wi-Fi 協定也十分靈活，當電池供電應用連接至網路時，可讓其使用極低平均功率。它也是每位元功率效率最高的數據傳輸方式。 • 目標應用 Wi-Fi 常用於消費者、工業與企業應用中，讓產品之間能透過無線方式連線，並且能以無線方式連接至雲端。許多產品皆採用 Wi-Fi 技術，例如智慧化建築物的視訊監控、暖通空調、進出管制產品；照護的病患監測器、醫療設備產品；電網基礎設施的智慧電表、太陽能/再生能源、電動車充電；以及許多需要連接網際網路和遠端監控的智慧型產品等。請注意，Wi-Fi 是產品與網際網路之間最常用的無線通訊標準。 Wi-Fi 的潛在缺點： • 功耗 除了為了維持 Wi-Fi 連線的應用需求外，Wi-Fi 網路類型也包括額外的傳輸/接收週期負擔。其校準和 TX/RX 電流可能會高於其它技術，讓 Wi-Fi 解決方案必須仰賴 AA 電池，且具有較高的尖峰電流消耗量。 • 範圍 由於以較高頻率傳輸而造成的路徑損耗，讓 5 GHz 的傳輸距離較短。這也降低了其穿透固體表面的能力，例如家中的牆壁或天花板等。 若要著手進行 Wi-Fi 應用，請造訪 www.ti.com/wifi 探索我們的 Wi-Fi 開發指南
技術	考量
專屬 2.4 GHz	專屬 2.4 GHz 的優點： • 網路類型 專屬 2.4 GHz 網路讓您可靈活地量身設計無線應用層協定，並提供設計對等網路、網狀或星狀網路配置的彈性。2.4 GHz 以全球免授權頻段運作，代表您可以較低成本進行應用部署。 • 功耗 專屬解決方案可提供最優異的潛在電源最佳化，您可自訂資料傳輸的時脈與持續時間而不受限制。 • 傳輸速率 有效資料傳輸率可高於多數無線標準，您可針對通常與無線協定有關的通訊負擔進行最佳化。 • 目標應用 非常適合用於自訂無線協定應用，並可提供與舊有 2.4 GHz 無線協定應用的互通性。 專屬 2.4 GHz 的潛在缺點： • 標準 選擇專屬 2.4 GHz，啟用不同於現有標準的自動協定。與不同對等裝置通訊時，您必須定義應用層協定。專屬 2.4 GHz 協定無法與使用其它無線標準的產品互通。 • 範圍 2.4 GHz 網路一般無法提供最長距離 (請參閱適用於長距離專屬網路的專屬 Sub-1 GHz)。但也提供含功率放大器 (PA) 的無線裝置選擇，透過與適當外部天線配對來增加應用範圍。 若要著手進行 Wi-Fi 應用，請造訪 www.ti.com/wireless

技術	考量
含 15.4 堆疊的專屬 Sub-1 GHz	專屬 Sub-1 GHz 的優點： • 網路類型 專屬 Sub-1 GHz 網路讓您可靈活地為無線應用層協定量身訂做，並提供對等網路、網狀或星狀網路配置選擇。 • 無線穩固性 Sub-1 GHz 的壅塞程度通常低於 2.4 GHz 頻帶，因此可提供更穩固的無線通訊。但 Sub-1 GHz 頻段（通常為 300 MHz 至 900 MHz）會隨地理區域有所不同，設計全球部署產品時必須將頻帶授權納入考量。部分國家/地區在 Sub-1 GHz 中有特定頻帶不需授權。例如 915 MHz 在美國免授權，但不適用全球。 • 功耗 專屬解決方案可提供最優異的潛在電源最佳化，您可自訂資料傳輸的時脈與持續時間而不受限制。 • 範圍 Sub-1 GHz 頻帶的載波較長可穿透薄壁，因此可傳輸距離顯著增加。但距離越長所需資料速率越低，因為會產生資料損耗。此外，您也可選擇使用功率放大器 (PA)，透過與適當外部天線配對來增加應用範圍。 • 目標應用 適合需長距離通訊的應用，例如儀器測量、建築物煙霧偵測器或溫度感測器與工業應用。 專屬 Sub-1 GHz 的潛在缺點： • 標準 Sub-1 GHz 頻帶中目前沒有普遍接受的無線標準。在專屬網路中與不同對等裝置通訊時，您必須定義應用層協定。 • 傳輸速率 Sub-1 GHz 的數據處理能力範圍為從 5 Kbps 到 500 Kbps，因此實際上低於如 2.4 GHz 等較高頻率的資料傳輸速率。頻率越低，由於頻寬關係可傳輸資料頻寬也會降低。 若要著手進行專屬 Sub-1 GHz 應用，請造訪 www.ti.com/sub1ghz 探索我們的低於 1 GHz 的開發指南
技術	考量
Amazon Sidewalk	Amazon Sidewalk 的優點： • 概覽 Amazon Sidewalk 為共用網路，可讓 Amazon Echo 產品、Ring 安全性、戶外照明和動作感測器等產品，以更佳的方式在家中和大門外運作。啟用 Sidewalk 時，Sidewalk 可以讓您的終端產品發揮其獨一無二的優勢，並且支援社區中的其它 Sidewalk 產品，甚至還可藉此利用全新創新技術，例如可尋找連接至 Sidewalk 的品項等。 • Network type Amazon Sidewalk 為星狀網路，便於連接位於大門外的產品。 • 功耗 在終端節點中所使用收發器和無線 MCU 皆採用與流量表相同的低功耗技術，讓節點能靠 AAA 電池供電運轉多年。 • 傳輸速率 FSK – 50 Kbps、低功耗藍牙 2 Mbps、1 Mbps、500 Kbps、125 Kbps。資料傳輸速率會持續進化，而 TI 收發器和無線 MCU 可支援廣泛的資料傳輸速率。 • 無線穩固性 適用於 Sidewalk 的 TI 解決方案採用 Sub-1 GHz 頻帶和 低功耗藍牙技術。Sub-1 GHz 的壅塞程度通常也低於 2.4 GHz 頻帶，因此可提供更穩固的無線通訊。部分國家/地區在 Sub-1 GHz 中有特定頻帶不需授權。例如 915 MHz 在美國免授權，但不適用全球。 • 範圍 Sidewalk 讓終端節點能使用極低比例的頻寬連接至鄰近的 Sidewalk 橋接器，這代表只要在終端節點的傳輸範圍內具有 Sidewalk 橋接器，終端節點即可一律維持連線狀態。 • 安全性 可透過多種不同層級的安全措施來保護客戶的數據和隱私權。如需更多詳細資訊，請參閱此 Amazon 白皮書。 • 目標應用 各式各樣的應用皆適用。例如智慧住宅、濕度感測器、車庫門鎖、洩漏和溫度感測器、寵物追蹤器、居家安全等等。 Amazon Sidewalk 的潛在缺點： • 全球支援 目前，Sidewalk 的重心放在美洲 ISM 頻帶上。 若要著手進行 Amazon Sidewalk 應用，請造訪 www.ti.com/amazonsidewalk

技術	考量
Matter (IP 互聯家庭 (CHIP))	Matter (IP 互聯家庭 (CHIP)) 的優勢： • 網路類型 Matter (CHIP 專案) 應用架構設計為可透過多種 IP 式無線技術運作，例如 Thread 或 Wi-Fi，並且採用低功耗藍牙技術，便於開通。其設計能與智慧喇叭或感測器等各種居家或建築自動化生態系統互通，並且可連接至全球資訊網。 • 功耗、傳輸速率、範圍、無線穩固性 須視所使用的基礎 IP 式無線技術而定。 • 安全性 每個產品都需要驗證和產品證明，以確保產品未經竄改。 • 範例應用 門鎖、空調、溫度感測器、照明開關，以及其它多種連線居家自動化產品 Matter 的潛在缺點： • 產品需求 記憶體需求偏高 若要著手進行 Matter 應用，請造訪 www.ti.com/matter
技術	考量
MIOTY	MIOTY 的優點： • 概覽 MIOTY 技術為新的低功耗廣域網路 (LPWAN) 解決方案，並且是根據 ETSI 103 357 所開發的真正標準化技術。MIOTY 可透過 Sub-1 GHz 通訊實現長距離通訊範圍，且由於採用創新的電報拆分 (telegram splitting) 技術，因此可提供穩固的網路。電報拆分技術也讓 MIOTY 能擴充至單一基地台上的數千個產品。其目標應用為超低功耗感測器產品，例如計量和環境/工業監控等。 • 網路 MIOTY 為內含超過 10,000 個節點的星狀網路。 • 功耗 在超低功耗應用中會使用 MIOTY。利用 MIOTY，即可讓電池續航力高達 15 年以上。 • 傳輸速率 MIOTY 的資料傳輸速率極低，只有 400 Bps，但是具有長距離的通訊範圍。 • 範圍 MIOTY 擁有出色的長距離性能，於都市環境中的通訊距離可達 5 公里，而在鄉村地區則可高達 15 公里。 • 範例應用 對於低資料傳輸速率已足以滿足需求的應用而言，MIOTY 是理想選擇。例如智慧電網領域中的流量表 (瓦斯和水) 就是很好的例子。資產追蹤是另一種非常適合採用 MIOTY 的應用。而智慧農業則是迅速成長的市場。這包括如環境和土壤監測器、農場資產追蹤與灌溉控制等應用。 MIOTY 的潛在缺點： • 傳輸速率 MIOTY 無法因應需要更高傳輸速率的應用，例如智慧電表。 若要著手進行 MIOTY 應用，請造訪 www.ti.com/MIOTY 探索我們的低於 1 GHz 的開發指南

技術	考量
Wi-SUN®	Wi-SUN 的優點： • 概覽 Wi-SUN® 為以標準為基礎的網狀網路，並且具備跳頻功能。Wi-SUN Alliance 在 46 個國家/地區中擁有超過 300 個成員，並且在世界各地部署了超過 1 億個產品。Wi-SUN 支援以 IPv6 協定套組和標準為基礎的多層安全性。其標準支援多種資料傳輸速率和頻帶，可滿足全球各地的不同法規要求。其應用包括智慧電網和智慧城市應用，而獲得認證的產品則能實現多廠商的互通性。 • 網路類型 Wi-SUN 為網狀網路，一個界線路由器通常可支援數百個節點。您可使用相同網路名稱和不同的 PAN ID，部署多個界線路由器，或者也可設定不同的網路名稱，以將網路擴充至數千個節點。多個界線路由器也可提升整體網路穩固性。 • 範圍 在都市地區中，一般的 Wi-SUN 網路可涵蓋最多數平方公里的範圍，並且具有 5–10 個躍點。Wi-SUN 1.0 標準允許最多 24 個躍點（或層級）。 • 功耗 Wi-SUN 1.0 網路中的所有節點都是路由器，且不可使用電池供電。此標準規劃未來也會推出支援電池供電產品的版本。 • 安全性 Wi-SUN FAN 1.0 支援以 IEEE 802.1x 規範為基礎的同級最佳網路安全性。其使用具有 x.509 憑證的重要公共基礎設施，且 Wi-SUN 網路中的每個產品皆應具備該產品的專有憑證。透過 Wi-SUN Alliance 認可的第三方憑證機構 (CA) 可取得產品身分識別憑證，或是也可透過製造商 CA 取得。 • 範例應用 安裝最多 Wi-SUN 產品的領域為智慧電表，不過在如路燈等智慧城市應用中，也漸趨普遍。對於需要較長的 RF 傳輸距離、良好的安全性與眾多節點的任何智慧城市應用而言，Wi-SUN 會是合適的選擇。 Wi-SUN 的潛在缺點： • 功耗 Wi-SUN FAN 1.0 標準僅支援常開路由器，這對電池供電產品來說是一大挑戰。此標準的未來目標為支援以電池供電的休眠節點。 • 安全性 Wi-SUN FAN 1.0 要求使用安全性憑證，因此會對無須高度安全性的應用造成額外負擔。 若要著手進行 Wi-SUN 應用，請造訪 www.ti.com/wisun 探索我們的 Wi-SUN 開發指南
技術	考量
無線 M-Bus	無線 M-Bus 的優點： • 概覽 無線 M-Bus (wM-Bus) 是唯一的無線讀表歐洲標準。歐洲各地的大型計量公司廣泛採用此標準，因此目前安裝於歐洲境內的無線量表或暖氣費計費器，都可能採用了此標準。數個歐洲國家/地區採行此標準的時間已超過 15 年。wM-Bus 是以歐洲標準 (EN) 13757-4 為基礎，其規定涵蓋了量表和數據收集器（亦稱為閘道）之間的通訊規格。 • 網路 wM-Bus 為內含超過 1,000 個節點的星狀網路 (LPWAN)。這是為了涵蓋鄉里和城市的讀表作業。 • 功耗 wM-Bus 的設計以低功耗為考量。有鑑於計量設計的本質，大多數 wM-Bus 產品皆以鋰電池供電。 • 傳輸速率 wM-Bus 堆疊支援多種傳輸速率，而這些傳輸速率皆以不同模式加以定義。靜態 (S) 模式適用於僅需每天只傳送幾次數據的量表。頻繁傳輸 (T) 模式適用於需要每天傳送較大量數據的情況。緊密 (C) 模式則可處理更高的資料傳輸速率。這三種模式都以 868MHz 運作。C、S 與 T 模式可支援 32 Kbps 至 100 Kbps。若您不需要高資料傳輸速率，但網路延伸涵蓋了廣泛區域，那麼您可採用 169MHz 的窄頻網路做為解決方案。N 模式有時亦稱為窄頻模式，可支援 2.4 至 19.2 Kbps。 • 範圍 wM-Bus 提供的網路涵蓋範圍為數公里。 • 範例應用 wM-Bus 是為了無線計量市場而設計。無線量表包括電表、瓦斯表和水表。暖氣費計費器也常採用 wM-Bus 技術。 wM-Bus 的潛在缺點： • 全球支援 目前，wM-Bus 大多部署於歐洲國家/地區內，因此若您並非身在歐洲，那麼此技術在您所在區域可能較不普遍。 若要著手進行 wM-Bus 應用，請造訪 www.ti.com/wmbus 探索我們的低於 1 GHz 的開發指南

為您的應用使用案例選擇無線連結技術十分富有挑戰性，本指南提供您最初應考慮的相關規格。因此 TI 提供支援前述所有協定的裝置，您可隨需求改變，輕鬆地重新使用應用程式碼和改變用途。若要著手進行您的下一個無線連結專案，請造訪 www.ti.com/wireless，以進一步瞭解每種特定的無線技術。

重要聲明：本文所述德州儀器及其子公司相關產品與服務經根據 TI 標準銷售條款及條件。建議客戶在開出訂單前先取得 TI 產品及服務的最新完整資訊。TI 不負責應用協助、客戶的應用或產品設計、軟體效能或侵害專利等問題。其他任何公司產品或服務的相關發佈資訊不構成 TI 認可、保證或同意等表示。

平台列與 SimpleLink 皆為德州儀器的商標。所有其他商標皆屬於其各自所有人之財產。

IMPORTANT NOTICE AND DISCLAIMER

TI PROVIDES TECHNICAL AND RELIABILITY DATA (INCLUDING DATA SHEETS), DESIGN RESOURCES (INCLUDING REFERENCE DESIGNS), APPLICATION OR OTHER DESIGN ADVICE, WEB TOOLS, SAFETY INFORMATION, AND OTHER RESOURCES "AS IS" AND WITH ALL FAULTS, AND DISCLAIMS ALL WARRANTIES, EXPRESS AND IMPLIED, INCLUDING WITHOUT LIMITATION ANY IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE OR NON-INFRINGEMENT OF THIRD PARTY INTELLECTUAL PROPERTY RIGHTS.

These resources are intended for skilled developers designing with TI products. You are solely responsible for (1) selecting the appropriate TI products for your application, (2) designing, validating and testing your application, and (3) ensuring your application meets applicable standards, and any other safety, security, regulatory or other requirements.

These resources are subject to change without notice. TI grants you permission to use these resources only for development of an application that uses the TI products described in the resource. Other reproduction and display of these resources is prohibited. No license is granted to any other TI intellectual property right or to any third party intellectual property right. TI disclaims responsibility for, and you will fully indemnify TI and its representatives against, any claims, damages, costs, losses, and liabilities arising out of your use of these resources.

TI's products are provided subject to [TI's Terms of Sale](#) or other applicable terms available either on [ti.com](#) or provided in conjunction with such TI products. TI's provision of these resources does not expand or otherwise alter TI's applicable warranties or warranty disclaimers for TI products.

TI objects to and rejects any additional or different terms you may have proposed.

Mailing Address: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2022, Texas Instruments Incorporated