
白皮書

適用於物聯網 (IoT) 終端設備應用的瑞薩電子 RL78 快速解決方案

2019 年 1 月

摘要

瑞薩 RL78 微控制器 (MCU) 系列是實現各種物聯網感測器和終端裝置 (edge device) 的最佳選擇，它具有低功耗和高效率的 CPU 性能，支援裝置到裝置，以及裝置到系統的無線連接。RL78 MCU 可在更靠近終端感測器的位置處理資料和訊號，以減少延遲並做到即時回報，是近端感測器處理的理想平台。RL78 MCU 結合了高度整合的架構、強大的開發支援、卓越的設計工具，以及內建的資料性安全和操作性保全功能，可用於開發精簡且節能的物聯網系統，以低成本簡化系統開發流程。

本文件列出若干適用於物聯網應用的 RL78 快速解決方案實例，這些是已經過完全開發的參考設計，附有可下載的檔案和軟體庫，其中包括了使用者手冊、原始碼、樣本碼、電路圖、物料清單、印刷電路板 (PCB) 布局和底片檔 (Gerber files)。RL78 快速解決方案可幫助加速物聯網應用的原型和產品開發，並協助設計工程師縮短產品上市時間。

在連線的物聯網系統中啟用近端感測器處理

大型物聯網系統包含數千個聯網感測器，而每個感測器所監測、收集、傳輸的資料和類比資訊也日漸龐大，因此，如何更快速地傳輸和處理這些資料，並且比以往更迅速地提供情報，也就更顯重要。傳統物聯網的網路設計為集中式物聯網資料處理——由網路終端的感測器節點偵測到事件，並將所有原始資料發送回中央監控點 (通常距離網路終端感測器節點很遠) 以進行處理。這種集中式設計可能會造成資料載入延遲的意外後果，且當訊號通過的傳輸通路過於繁雜時，可能導致資料損壞。而隨著物聯網系統在製造、公共安全、運輸和醫療方面逐漸扮演重要角色，這些缺陷都會成為不利因素，甚至是危險因素。

近期的新型物聯網網路設計稱為近端感測器處理，其將物聯網系統的資料和訊號移到更靠近感測器的位置進行處理，以解決上述問題。在傳輸之前對終端感測器輸出進行濾波和處理，可提高訊號的完整性和系統的可靠性；然而數位訊號處理需要強大的運算能力，且會消耗大量電力，在過去來說，這些要求很難在網路終端達成。

近端感測器處理採用新一代高度微型化、以感測器為基礎的子系統，這些子系統具有更小的尺寸、重量和功率 (SWaP)，同時也降低成本、延遲、頻寬要求和系統複雜度。因此，若要讓近端感測器能有效地處理資料，超低功耗和低成本的 MCU 便是關鍵要素——其需要提供高效率的訊號處理、高速喚醒時間和電源管理，為遠端和可攜式應用提供最佳的能源消耗率和電池壽命。近端感測器處理亦需要低成本和易於設計的無線連接，確保可以在整個系統中可靠地傳輸物聯網資料，進而獲得基於這些資料的即時分析，以取得優勢。



圖 1. 近端感測器處理可快速處理日漸增加的類比資訊量與資訊種類

瑞薩 RL78 系列 MCU 提供多種功能，支援近端感測器處理，可實現更快且更能應付關鍵任務的物聯網系統。無線連接是傳輸物聯網資料的關鍵，優秀的 RL78 MCU 內建射頻 (RF) 周邊組件，亦提供更多已整合的類比周邊，包括晶片內建類比轉數位 (A/D) 和數位轉類比 (D/A) 轉換器、可程式化增益運算放大器、比較器，運算放大器和類比多工器。與同類型的微控制器相比，RL78 MCU 大幅提高了電源效率並延長電池壽命，能為物聯網感測器系統提供理想的平台，使資料和訊號處理更接近「資料源」，從而減少延遲並實現即時的回報。

近端感測器處理的無線連接

在近端感測器處理中的「裝置到裝置」和「裝置到系統」連線方面，有兩種無線技術最有效率，分別是 Bluetooth Low Energy® 和 Sub-GHz 無線通訊。

Bluetooth Low Energy (藍芽低功耗)

Bluetooth Low Energy 是一種智慧型的超低功耗藍芽無線技術。其電源效率非常適用於可攜式、電池供電和低能耗的應用。

Bluetooth Low Energy 最吸引人的地方，在於它能夠提供物聯網網路與智慧型手機或平板電腦之間的通訊。藍芽低功耗特別適合 beacon 功能 (用於將訊息推播到智慧型手機)、健康與健身應用、家用電器、家庭自動化、零售、移動定位服務，以及許多其他新興的物聯網應用。

瑞薩 RL78/G1D 微控制器配備低功耗 Bluetooth Low Energy 收發器和豐富的周邊功能，例如序列介面和 A/D 轉換器。RL78/G1D 並提供業界最低的電流消耗，可以達到 4.3 mA RF 傳送電流 (0 dBm 輸出) 和 3.5 mA RF 接收電流。瑞薩也為 RL78/G1D 開發了一個支援無線更新的軟體堆疊 (software stack)，有助於提高軟體維護的效率。

RL78/G1D 也可做為一個模組，其將 MCU、天線和用於 RF 晶片的 32 MHz 晶體共振器都整合在一個精簡的 8.95 x 13.35 x 1.7 毫米封裝中。由於連接天線所需的電路元件都內建於 MCU，這不僅簡化了天線連接的電路設計，而且省下許多外部組件，也有助於降低最終產品的成本。此外，該模組繼承了 RL78/G1D 的功能性接腳，因此開發人員不僅可以將其用於 Modem 配置 (modem configuration)，也可以利用 MCU 的優勢進行嵌入式配置。

此外，RL78/G1D 還根據無線電波條件，自動最佳化射頻特性和電流。可在短距離內進行超低功耗作業，最遠可達 65 英尺 (20 公尺)。



圖 2. RL78/G1D 模組整合天線與 RF 電路

Sub-GHz (Wi-SUN)

與使用 2.4 GHz 頻段的 Bluetooth Low Energy 相比，Sub-GHz 無線通訊技術使用 920 MHz 頻帶附近的波長。Sub-GHz 裝置能夠傳輸超過半英里 (約 1 公里) 的資料，而且與 Wi-Fi 或 Bluetooth Low Energy 不同的是，Sub-GHz 波長能夠繞過物理障礙物。

Sub-GHz 無線技術是智慧農業、建築管理、照明、災害應變、犯罪預防、保全、工廠自動化、偵測、遠端控制等物聯網應用領域的理想選擇。

瑞薩 RL78/G1H 將 Sub-GHz 無線功能與超低功耗 RL78 核心整合在晶片上。此 MCU 具有業界領先的低功耗特性，等待 RF 接收時，在待機模式下最低可達 5.8 mA (3.3V)——使用結合 Sub-GHz RF 收發器的 RL78/G1H MCU，可大幅延長電池壽命。

瑞薩提供 Sub-GHz 無線通訊解決方案，具有晶片內建的高性能 IEEE 802.15.4g 相容系統以及評估板、方便的入門套件和 Wi-SUN Alliance 認證的軟體堆疊，可幫助開發人員輕鬆開始設計 Sub-GHz 物聯網應用。與其他 RL78 MCU 一樣，G1H 具有多種內建周邊功能，包括預先整合的

balun 電路和濾波器電路，可簡化天線電路設計。IC 封裝則可省去超過 20 個外部元件，降低元件、安裝、管理和 PCB 重新設計的成本。

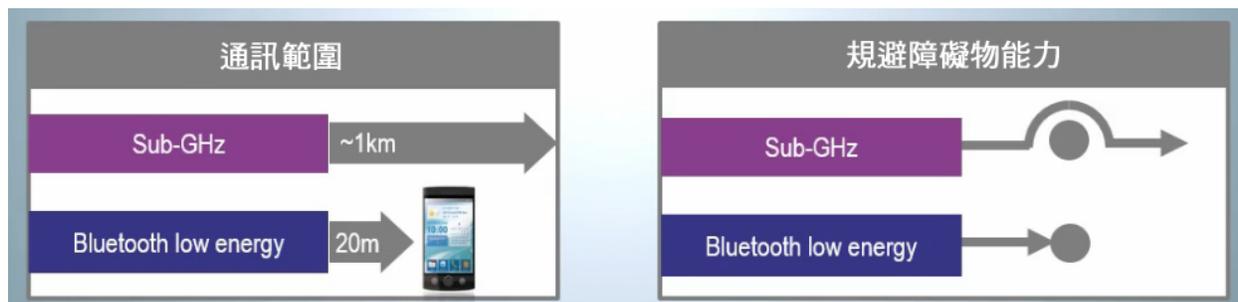


圖 3. Bluetooth Low Energy 和 Sub-GHz 滿足物聯網系統不同的無線連接需求

這些解決方案能讓系統製造商確保與所有第三方裝置的互連性，並簡化家庭能源管理系統 (HEMS) 產品通過 Wi-SUN 認證標準的過程。

真正的低功耗元件，降低能源消耗

除了針對網路終端物聯網應用而優化的無線連接技術外，用於近端感測器處理的 MCU 還需要高效率的 CPU 性能以發揮效能，在資料源的節點上實現大量的資料和訊號處理。

RL78 系列以兩種主要方式實現真正的低功耗：透過降低 MCU 本身的功耗，以及協助最終應用達到更高效的能源管理。

瑞薩 RL78 MCU 在待機—停止模式 (停止模式：無時脈操作和 RAM 內容保留) 下提供 $0.23 \mu\text{A}$ 的超低功耗；在 CPU 執行模式執行 NOP 指令和 $144 \mu\text{A}/\text{MHz}$ 工作電流時，仍能達到 $66 \mu\text{A}/\text{MHz}$ 。這使得 MCU 在 32MHz 作業時，可以實現高達 51.2 DMIPS 的高效率功耗。因而，與市面上其他 8 位元和 16 位元微控制器相比，RL78 系列具有更高的性能。

RL78 MCU 具有電源管理系統，可進一步促進電源的有效使用，這對於可攜式應用的電池壽命最佳化是非常重要的。由於 RL78 MCU 本身不會消耗太多功率，在 32 MHz 作業、+3V 電源和所有周邊都啟動的情況下，一般不超過 20 毫瓦，能輕易滿足電器產業只能從交流線路中消耗小於 100 毫瓦待機電量的目標。當裝置處於三種低功耗作業模式 (休眠、暫停和停止) 中的任一種模式時，停用未使用的 CPU 和周邊功能，可更進一步降低 RL78 MCU 的功耗，並大幅延長電池壽命。

使電池壽命最大化的關鍵之一是確保 CPU 經常閒置，並且在作業時盡量保持高效執行的靈活性。在 CPU 執行模式下，當不需以最大 CPU 性能執行時，RL78 的內建振盪器可降到更低的頻率，以節省 MCU 電流。暫停模式會暫停 CPU 處理程序，但允許所有周邊功能執行。此模式可保留進入暫停模式之前執行的系統時脈，允許快速重新建立 CPU 作業，而無需等待系統啟動時

脈。與 CPU 執行時相比，暫停模式可節省高達 80% 的 MCU 總電流。而在**停止模式**時，監視計時器和電壓偵測器 (例如上電重置 (PoR) 電路) 均可在保留所有 RAM 資料的情況下作業，而系統功耗一般僅為 $0.53 \mu A$ 。此外，15kHz 低速時脈和 32kHz 次時脈仍可執行，並實現各種操作，包括日期/時間的即時計數器、LCD 控制器驅動升壓電路，以及定時事件的 8 位元或 12 位元間隔計時器。上述所有停止模式的周邊功能均為低功耗，總功耗不到 1 微安培。

RL78 新增了一種特殊的低功耗模式，稱為**休眠模式**，是以往的低功耗 MCU 不曾擁有的全新功能。使用休眠模式，可讓序列通訊和 ADC 轉換器從停止模式高速啟動晶片內建振盪器的時脈操作，但無需為 CPU 提供時脈。因此，休眠模式類似於暫停模式，在擷取資料之前不需要 CPU 干預，以節省電流消耗。此模式可大幅延長電池壽命，因此非常適合電池供電系統。

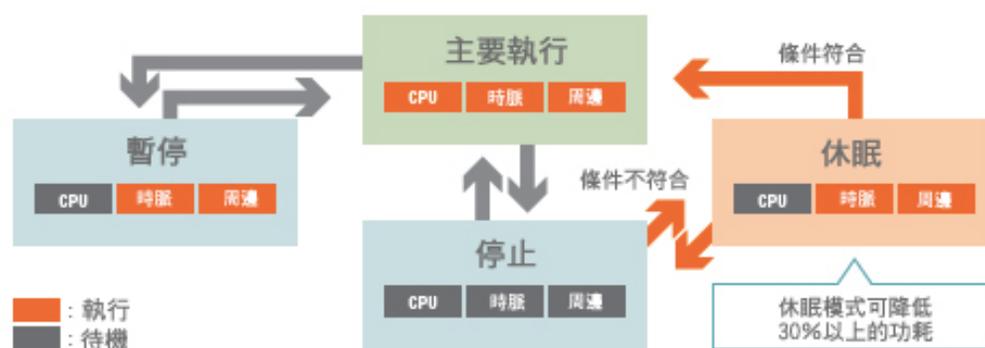


圖 4. RL78 具有三種低功耗工作模式，可大幅延長電池壽命

卓越的性能，可在終端裝置處理更多資料

RL78 MCU 提供無與倫比的功耗性能比。RL78 採用具有哈佛架構的最佳化 16 位元 CPU，備有用於 RAM、控制暫存器和周邊的完整 16 位元資料匯流排，也具有三階段管線操作，可在單個處理器內實現指令階級平行運算。86% 的指令能以最大 32MHz 時脈速度，在一個或兩個時脈週期內執行。這樣的高性能帶來了 1.6 DMIPS/MHz (Dhrystone 測試基準) 的成效，在 32MHz 作業時達到約 51.2 DMIPS 的成效。RL78 系列也提供同類產品中最廣的工作電壓範圍：1.6V 至 5.5V。

此外，RL78 MCU 還提供用於乘法、乘法累加和除法功能的硬體輔助。乘法和 MAC 分別在一個和兩個週期中執行。多達四個獨立的 DMA 通道允許周邊資料在兩個時脈週期內輸入/輸出 RAM 記憶體。但也有若干 RL78 MCU 群組具有 DTC (資料傳輸控制)，可為周邊資料傳輸功能提供更高的靈活性和更多通道。

RL78 為物聯網系統開發帶來更多優勢

RL78 MCU 系列提供其他重要功能，以支援並簡化物聯網應用的設計和開發。

- **廣泛的可選擇性和擴展性**，從 10 到 128 個接腳以及 1 KB 至 512 KB 快閃記憶體，共提供超過 1000 個裝置。設計人員能輕鬆地從同一個系列中最小程式碼的快閃記憶體容量，擴充到最大程式碼的快閃記憶體容量，以透過轉換到更大接腳數的方法，輕鬆添加額外的 I/O 和功能，而無需重寫先前已編寫和除錯的驅動程式碼。軟體程式碼亦可在所有 RL78 系列產品中重複使用。
- **高品質、高可靠性、高防護性、高安全性**，並通過 UL/IEC 60730 標準認證。RL78 MCU 具有許多安全功能，可對正常作業進行重點確認，並提高系統可靠性。RL78 MCU 為儲存在快閃記憶體中的關鍵軟體程式碼和資料提供「永久」保護。RL78 快閃記憶體採用 130 奈米幾何結構的可靠快閃記憶體單元，實現最低功耗錯誤修正式碼 (ECC)，每 32 位元快閃記憶體具有 38 位元的程式碼。若快閃記憶體的更改超出 ECC 修復能力，RL78 CRC (循環冗餘檢查) 功能可識別嚴重錯誤，因此軟體能夠立即安全停用 MCU。此外，RL78 快閃記憶體支援內建除錯 (OCD) 功能，此功能提供密碼保護，以防止駭客對應用客戶的程式碼進行逆向工程。
- **全面的設計資源生態系統**，包括開發工具、解決方案工具包、線上資源和合作夥伴網路，可降低設計和開發成本，並加快上市時間。

為熱門的物聯網應用導入 RL78 快速解決方案

快速解決方案是易於建置的參考工具包，可協助設計人員開發以 RL78 為基礎的物聯網產品。就目標物聯網領域的發展挑戰和機會方面，目前提供 20 種快速解決方案，例如家用電器、可攜式醫療和個人醫療解決方案、建築和工業自動化以及消費電子產品等。

開發人員在開發新物聯網應用程式時所面臨的各種困難的設計問題，都能以 RL78 快速解決方案加以解決。包括為物聯網感測器節點配置無線功能，或最佳化低功耗功能，以延長物聯網網路終端遠端裝置的電池壽命。

您可在 [瑞薩官方網站下載](#) RL78 快速解決方案，包括使用者手冊、示意圖、材料清單，原始碼和專案檔案等設計師所需的一切資料，快速輕鬆開發新產品。

以下提供兩個範例，說明 RL78 智慧型解決方案促進物聯網樣本設計的開發過程。

用於農業濕度感測器的 RL78 快速解決方案

本快速解決方案為具有 Bluetooth Low Energy 連接功能的智慧型農業濕度感測器提供檔案和原始碼，可監控植物和土壤的溫度和濕度，甚至自動供水。

此濕度感測器採用 24 接腳的 RL78/G11 MCU 測量土壤狀況，並透過 RL78/G1D Bluetooth Low Energy 模組將資料傳輸到智慧型手機的應用程式上。另外，本解決方案還可以透過輸出馬達訊號來控制水閥。

在本設計中，三個不同的可選電阻一一連續動態接通，以測量大範圍的土壤條件。此應用搭配可程式化增益放大器，為 ADC 類比輸入提供放大功能。RL78/G11 甚至可執行所有感測器終端處理，並管理四種不同的活動：

- 若土壤過於乾燥，蜂鳴器就會發出警報。
- 電磁閥控制開啟和關閉水閥，並透過直流馬達 H 橋驅動器雙向驅動馬達。
- 當濕度超出最高或最低範圍時，RL78/G1D Bluetooth Low Energy RF 收發器會通訊傳輸到 iOS 或 Android 智慧型手機。
- 濕度採樣和其他週期性事件的定時喚醒。

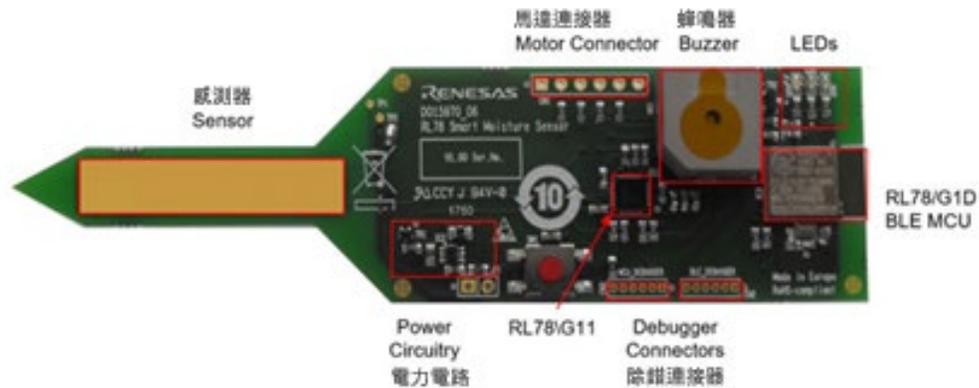


圖 5. 濕度感測器實現 RL78/G11 和 RL78/G1D Bluetooth Low Energy 收發器的功能

為了保持較小的感測器尺寸，採用了 4 X 4 毫米 QFN 表面黏著裝封和單節 1.5 AA 鹼性電池。因此，採用 DC-DC 升壓變換器為 MCU 提供固定的 3.3V 電源。而當 MCU 處於停止待機模式時，其一般消耗電流為 0.35 μ A。

RL78 快速解決方案：智慧鎖

本瑞薩快速解決方案設計參考提供開發智慧鎖所需要的所有檔案和原始碼，允許使用者透過智慧型手機應用程式遠端上鎖和解鎖大門。

瑞薩智慧鎖快速解決方案設計的主要特點包括：

- 遠端鑰匙上鎖、解鎖，以及鎖定狀態確認
- 低電流與低功耗
- 透過智慧型手機控制鑰匙
- 當鑰匙未連線時，啟動警報功能和密碼更改功能

這款智慧鎖採用內建 Bluetooth Low Energy 的 RL78/G1D MCU 所建置 (但智慧鎖設計也適用除 Bluetooth Low Energy 之外的其他無線技術)。在 RL78/G1D 中寫入 Bluetooth Low Energy 協定堆疊和應用程式，然後在智慧型手機中寫入適當的應用程式，透過 Bluetooth Low Energy 無線功能實現智慧鎖控制功能。



圖 6. 智慧鎖系統

為確保安全性，必須輸入正確的密碼才能解鎖智慧鎖。使用者可以透過智慧型手機應用程式遠端查看智慧鎖的狀態。智慧鎖運用內建警報模式 (在鎖定狀態下，門鎖鏈被切斷時啟動警報) 和智慧型手機應用程式中的密碼管理功能，有助於提高安全性。

智慧鎖的控制原理來自直流馬達，其驅動門鎖以執行上鎖、解鎖操作。馬達電流偵測電路可偵測門鎖位置 (當馬達到達預設位置時，將被鎖定並提升電流)。當智慧鎖處於鎖定狀態時，如果鎖芯被切斷，蜂鳴器將會發出聲音。使用者可以透過智慧型手機應用程式連接智慧鎖裝置，以執行上鎖、解鎖或撤除警報。使用者密碼儲存在 RL78/G1D 內部快閃記憶體中。智慧鎖則使用三節 AAA 電池做為電源。

結論

高性能、低功耗的瑞薩 **RL78 MCU** 是在物聯網網路終端裝置實現近端感測器處理的最佳選擇。這些 **MCU** 可透過執行訊號處理和提供電源管理模式來支援物聯網感測器和其他終端裝置，從而使遠端和可攜式應用的電池壽命最佳化。低功耗無線連接是近端感測器處理的另一個要求，而優秀的 **RL78 MCU** 可提供內建低功耗藍芽和 **Sub-GHz** 無線功能，使新增物聯網系統的無線功能變得簡單無比且具成本效益。針對物聯網市場中迅速成長的機會，瑞薩可供下載的快速解決方案檔案提供使用者手冊、電路圖、材料清單、原始碼和專案檔案等一切設計師所需的新產品原型開發資料，讓設計師能夠快速輕鬆地進行開發。

© 2019 Renesas Electronics America Inc. (REA). All rights reserved. Bluetooth is a registered trademark of Bluetooth SIG, Inc., U.S.A. Renesas is licensed to use this trademark. All other trademarks and trade names are those of their respective owners. REA believes the information herein was accurate when given but assumes no risk as to its quality or use. All information is provided as-is without warranties of any kind, whether express, implied, statutory, or arising from course of dealing, usage, or trade practice, including without limitation as to merchantability, fitness for a particular purpose, or non-infringement. REA shall not be liable for any direct, indirect, special, consequential, incidental, or other damages whatsoever, arising from use of or reliance on the information herein, even if advised of the possibility of such damages. REA reserves the right, without notice, to discontinue products or make changes to the design or specifications of its products or other information herein. All contents are protected by U.S. and international copyright laws. Except as specifically permitted herein, no portion of this material may be reproduced in any form, or by any means, without prior written permission from Renesas Electronics America Inc. Visitors or users are not permitted to modify, distribute, publish, transmit or create derivative works of any of this material for any public or commercial purposes.