

白皮書

# RL78 快速解決方案 可加速常見應用的原型開發

2019 年 1 月

---

## 摘要

瑞薩電子 RL78 微控制器 (MCU) 是實現各種消費級和工業應用的最佳選擇，其運用高效率卻仍維持低功耗的 CPU 性能。RL78 MCU 結合高度整合式架構、強大的開發支援、卓越的設計工具，以及內建的資料安全和操作安全功能，能讓設計工程師快速有自信地開發精簡節能且低成本的系統。部分 RL78 應用將以快速解決方案提供，這些是經過完全開發的設計，能針對關鍵的嵌入式使用案例加速產品開發。RL78 快速解決方案適合各種常見的應用類型，可幫助加速原型開發設計，附有可下載的文件庫，如使用手冊、軟體原始碼樣本、電路圖、印刷電路板 (PCB) 布局和底片檔 (Gerber files) 和物料清單。

## 為您介紹瑞薩電子 RL78 MCU

瑞薩電子 16 位元 RL78 系列嵌入式微控制器結合先進的低功耗技術與出色效能，採用精密的電源管理系統，可進一步促進電源供應的有效使用，這對於最佳化可攜式應用的電池壽命是非常重要的。RL78 MCU 系列裝置很適合用於開發各種應用，適用的目標市場包括有白色家電、小型家電、工業和大樓自動化、醫療家用診斷設備、個人醫療裝置及消費電子產品。

RL78 MCU 重要功能概觀包括：

- 真正的低功耗作業，停止模式下耗電量最低僅  $0.23 \mu A$ ，具有三種低功耗工作模式，可實現最佳的能源消耗率，大幅延長電池壽命。
- 高處理效能，RL78/G14 在 32MHz 下最高可提供 51.2 DMIPS 的效能。
- 廣泛的可擴展性，提供超過 1,000 個裝置可用的套件，包括 10 到 128 個腳位和 1 KB 到 512 KB 的快閃記憶體。
- 晶片內建周邊功能，可降低系統整體成本，克服空間限制。
- 高品質、高可靠性、高資訊安全性、高安全性，支援 UL/IEC 60730 標準認證。

瑞薩電子全面的設計資源生態系統，包括開發工具、解決方案設計、線上資源和合作夥伴網路，可協助客戶降低設計和開發成本，加快上市時間。

### 真正的低功耗元件，降低能源消耗

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，以及協助最終系統達成更高效的能源管理。

瑞薩電子 RL78 MCU 在 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 MCU 在 32MHz 作業時，可以實現高達 51.2 DMIPS 的高效率功耗。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，這對於最佳化可攜式應用的電池壽命是非常重要的。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 毫瓦待機電能的目標。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，可更降低 RL78 MCU 的功率，並大幅延長電池壽命。

最大化電池壽命的關鍵之一是確保 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，在不需以最大 CPU 性能執行時，RL78 的晶片內建振盪器可以降到更低的頻率，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，暫停模式可以節省高達 80% 的 MCU 總電流。在停止模式下，所有這些 RL78 低功耗功能都可以運作：看門狗定時器，低電壓檢測器 (LVD 類似於 BOR: BrownOutReset 電路)，POR (PowerOnReset 電路)，並且所有 RAM 數據都被保留，而 MCU 則只需要一個典型值 0.53 $\mu\text{A}$ 。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。上述所有低功耗周邊功能均可使用停止模式，總功耗不到 1 $\mu\text{A}$ 。

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。此模式可以大幅延長電池壽命，因此非常適合電池供電系統。

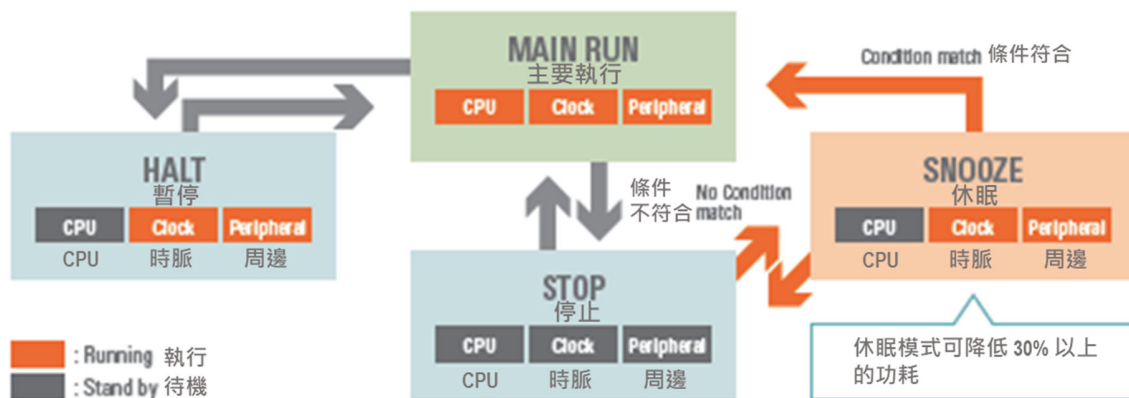


圖 1：RL78 具有三種低功耗工作模式，可大幅延長電池壽命

### 卓越的性能，可在邊緣裝置處理更多資料

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，從 1.6V 至 5.5V。

此外，RL78 MCU 還提供用於乘法、乘法累加 (MAC) 和除法功能的硬體輔助。乘法和乘法累加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。

## 可擴充支援各種裝置

瑞薩電子 RL78 系列提供業界最多樣化的 MCU 系列，內含超過 1,000 種裝置，以 17 種不同的腳位數提供，涵蓋從 10 到 128 腳位，並提供 1 KB 至 512 KB 的快閃記憶體。G 系列機型代表通用型 MCU，L 系列 MCU 則提供 LCD 控制器驅動器功能。F 系列適用於汽車應用。I 系列支援工業應用，例如照明、測距或偵測等。設計人員能輕鬆從同一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，以透過轉換到更大的腳位數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。軟體程式碼可在所有 RL78 系列產品中重複使用。例如，任何能使用於較少 RL78 腳位數 MCU 的 I<sup>2</sup>C、通用非同步收發器/傳輸器 (UART) 或類比轉數位 (ADC) 驅動器軟體，不需修改程式碼便能直接使用於較多腳位數的裝置，即使是橫跨不同的 RL78 系列類型也一樣。此外，I/O 連接埠腳位和周邊功能腳位可從最少擴充到最多的腳位數，而且即使腳位數增加，仍能維持邏輯化的連接埠腳位編號方式，將周邊腳位的實體 PCB 布局保持相同的位置順序。

另一方面，RL78 的周邊 IO 重新導向暫存器 (PIOR) 功能允許設計人員將實體腳位連線重新對應至所選的周邊，設計出最佳的周邊腳位功能。由於布局或周邊腳位共用的限制，現有的周邊 I/O 指派可能會發生衝突。在此情況下，PIOR 可抹除腳位上的功能瓶頸，藉此將周邊腳位功能最佳化。

## 採用更可靠的 MCU，降低系統成本

RL78 MCU 擁有高整合度，並內建進階周邊，免用外部元件，直接將下列元件內建到晶片中：

- 高速系統振盪器，頻率精度為 ±1%，含校正暫存器。
- 看門狗計時器。
- 低電壓檢測器 (LVD)。
- 資料快閃記憶體，用來儲存使用者的偏好設定、機器參數和記錄資料，免用外部的 EEPROM。RL78 資料快閃記憶體支援 1 百萬次的抹除/寫入週期，與典型 EEPROM 的使用壽命相同。
- 溫度感應器測量範圍為 -40C 至 +85C。
- 多重供電介面連接埠。

## 內建周邊功能，可降低系統總成本

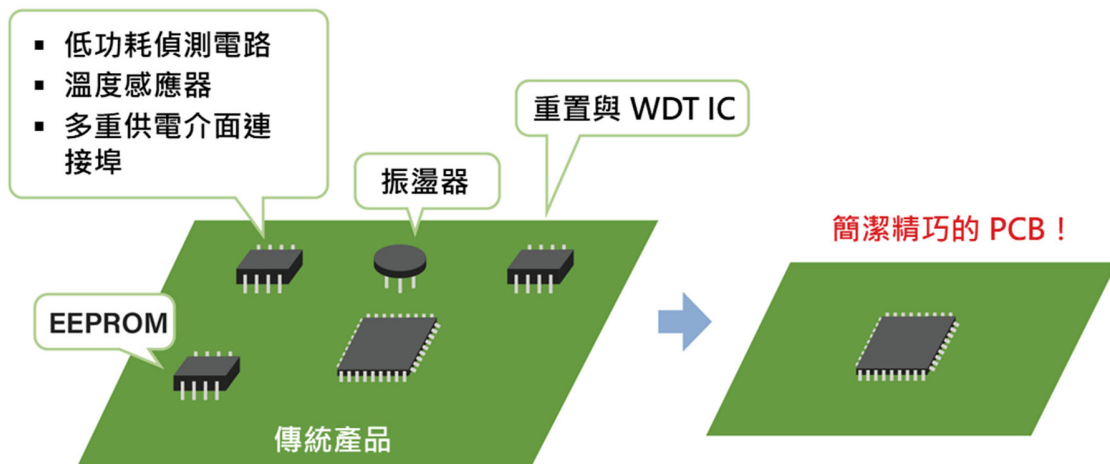


圖 2：RL78 MCU 透過將更多周邊功能整合到晶片內，降低整體成本和元件尺寸

## 內建高品質、操作安全和資料安全功能

RL78 MCU 具有許多安全功能，可以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。如果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 快閃記憶體支援晶片內建除錯 (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；不過，擁有正確密碼的授權使用者可以檢視程式碼快閃記憶體中的修訂編號或確認自我程式設計代碼的變更。

針對外部的 RL78 快閃記憶體程式設計，有三個獨立的快閃記憶體安全位元可針對不同的保護策略進行設定：

- **抹除保護**，避免快閃記憶體程式設計器對重映像程式碼和硬體改寫起作用。
- **寫入保護**，避免使用後門方法重映像單一的 1k 程式碼區塊。
- **開機叢集保護**，避免遭外部晶片抹除動作抹除，也可透過使用者程式碼的自我編程順序來控制開機載入器的動作。

RL78 MCU 的硬體區塊通過 UL/IEC 60730 認證，能自我辨識錯誤並安全關機。此外，UL 和 IEC 皆已針對 RL78 的自我測試程式庫軟體模組進行認證，方便客戶將這些 UL 和 IEC 需求實作到其應用系統中。

RL78 MCU 可在 -40°C 至 +125°C 的極端溫度範圍下安全作業。

### 豐富的資源生態系統，可加快上市時間

瑞薩提供完整的開發支援生態系統，能幫助設計人員更快交付系統，減少錯誤，系統包含：

- **硬體工具**，例如瑞薩推廣板；瑞薩電子入門套件；適用於 RL78 系列的高效能全規格模擬器 IECUBE；和 E1/E2 晶片內建偵錯器。
- **軟體工具**，例如 IAR Embedded Workbench，含完整的 C 和 C++ 支援，及 MISRA C 合規檢查器；Eclipse 型 e2studio IDE，能為瑞薩 MCU 提供整合式開發環境；Appilet Code Generator；以及各種即時作業系統。
- **廣泛的線上資源**，例如 Renesas Rulz，開發人員可從中尋求同儕支援的線上社群；My Renesas，免費的線上訂閱服務，提供文件下載與警示；以及 Renesas Interactive，提供可自訂進度的線上訓練課程。

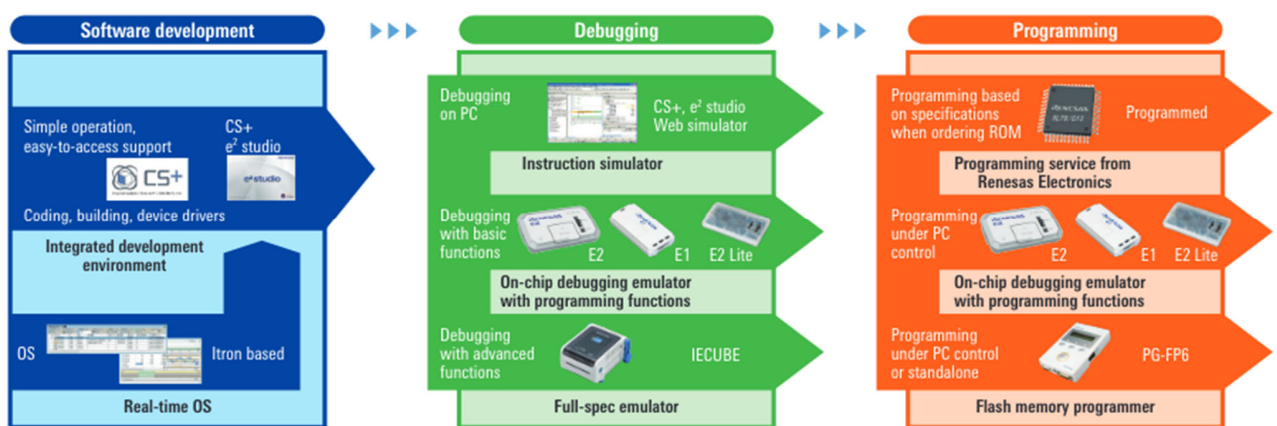


圖 3：支援快速高效開發的完整工具系列



---

## 為您介紹 RL78 快速解決方案

快速解決方案是易於建置的參考設計，可協助設計人員開發以 RL78 為基礎的產品，以使用在許多受歡迎的嵌入式市場。就目標應用領域的發展挑戰和機會方面，目前提供 21 種快速解決方案，例如家用電器和白色家電、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。

開發人員在嘗試開發新物聯網和嵌入式應用的原型時，所面臨的各種困難設計問題，都能以 RL78 快速解決方案加以解決。這包括為物聯網感應器節點配置無線功能，或最佳化低功耗功能，以延長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，包括一切設計人員所需的資料，例如使用手冊、示意圖、材料清單、原始碼和專案檔案，快速輕鬆開發新產品。

以下提供兩個範例，說明 RL78 快速解決方案促進熱門目標市場的設計流程。

### 適用於含可攜式電池的 PM2.5 監控器的 RL78 快速解決方案

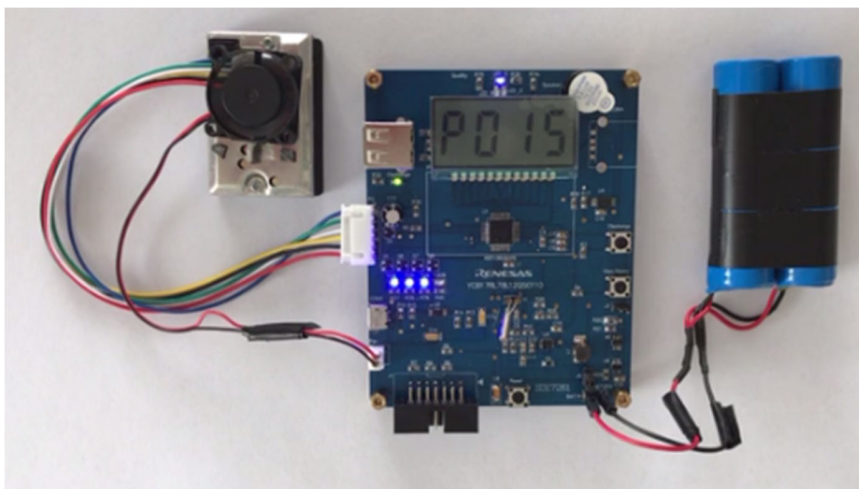
本快速解決方案設計參考提供設計低成本、低功耗可攜式裝置需要的所有背景文件和原始碼，可用來設計能即時測量及偵測 PM2.5 濃度的可攜式裝置。

PM2.5 直徑不到 2.5 微米，約為人類頭髮直徑的 3%。PM2.5 的自然汙染源如海鹽、林火、花粉和黴菌。這些汙染源出自大自然，因此難以控制，通常也無法管制。人為汙染源如燃料、工業機具的燃燒過程和交通工具廢氣，則能加以管制。測量及監控 PM2.5 含量對許多環境來說甚為關鍵，包括工業自動化、營建和農業等。

本快速解決方案的空氣品質監控器採用 48 腳位的 RL78/L12，該 MCU 包含晶片內建區段 LCD 控制器/驅動器，能在方便閱讀的 LCD 監控器上顯示空氣品質測量結果。四位數 LCD 面板由十二行、八個區段線，和四個通用行。48 腳位的組態只需要四個未使用的 MCU 腳位，有助於推出最佳的設計。

LCD 監控器會根據 LED 彩色顯示器 (紅色/綠色/藍色) 所顯示的相對空氣品質來指出空氣品質。如果超出預設的濃度臨界值，或電池電壓降到 2.8V 以下，裝置便會啟動蜂鳴器。

RL78/L12 其他重要功能還包括 I/O 連接埠、用於煙/微粒讀數的 A/D 轉換器、蜂鳴器、LCD 控制器、停止模式和其他適用於小型家電的功能。閾值和 PM2.5 濃度資料可儲存在外部的 EEPROM (假如資料量少於 2kB，也能儲存在 MCU 的內部資料快閃記憶體內)。此外，DC-DC 轉換器 IC 負責控制電池放電，另外電池充電器 IC 則控制充電，可提供極低的待機電源，以獲得最大的電池充電壽命。待機電流最低僅 0.56  $\mu$ A。



**圖 4：**以快速解決方案文件為依據，採用 RL78 L12 的 PM2.5 監控器硬體原型

## 用於農業濕度感應器的 RL78 快速解決方案

本快速解決方案為具有藍牙低功耗 (BLE) 連接功能的智慧型農業濕度感應器提供文件和原始碼，可監控植物和土壤的溫度和濕度，甚至自動供水。

此濕度感應器採用 24 腳位的 RL78/G11 MCU 測量土壤狀況，並透過 RL78/G1D BLE 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動態地接續導通，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 甚至可以執行所有感應器邊緣處理，並管理四種不同的活動：

- 如果土壤過於乾燥，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 BLE RF 收發器會通訊傳輸到 Android 智慧型手機。
- 濕度採樣和其他週期性事件的定時喚醒。

為了保持較小的感應器尺寸，採用了 4 X 4 毫米 QFN 表面黏著封裝和單一 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。當 MCU 處於停止模式時，其一般消耗電流為 0.35  $\mu$ A。

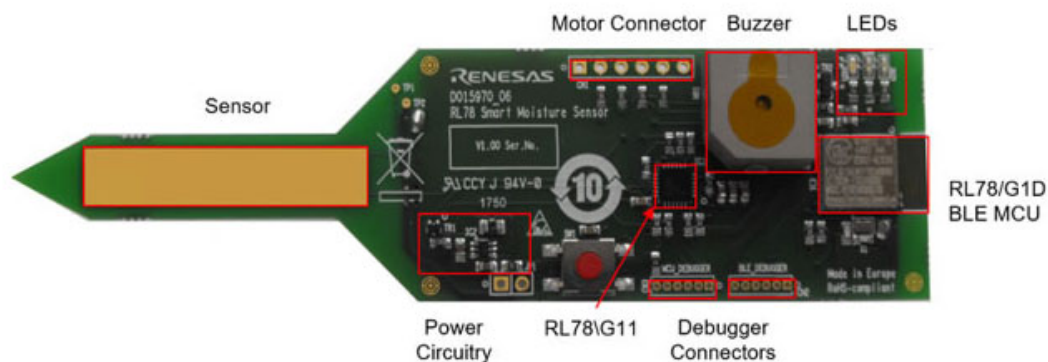


圖 5：濕度感應器實現 RL78/G11 和 RL78/G1D BLE 收發器的功能

## 結論

瑞薩電子 RL78 系列包含各種通用型 MCU，可針對各種應用專屬設計做為平台使用。RL78 MCU 為真正的低功耗，有功模式下電流消耗介於 66  $\mu$ A/MHz 至 144  $\mu$ A/MHz，使用低速時脈和低功耗計時器作業時的待機電流介於 0.5  $\mu$ A 至 0.6  $\mu$ A。這些裝置具有高效能，最高可達 1.6 DMIPS/MHz，或在 32MHz CPU 作業下最高達 51.2 DMIPS。RL78 MCU 提供廣泛的擴充能力，包括程式碼記憶體大小和腳位數兩方面，具有高晶片內建整合度，可降低系統成本。RL78 MCU 提供進階的硬體安全功能，以及 UL/IEC 認證的自我測試軟體庫，符合 UL/IEC 60730 標準。擁有廣泛的開發工具環境、第三方合作夥伴及其他線上資源，可幫助系統設計人員快速準確滿足成長快速的嵌入式系統市場。

其他重要的資源組合還有瑞薩 RL78 快速解決方案設計，可大幅加快原型開發速度，以及可下載的設計文件庫。快速解決方案是最受歡迎的某些嵌入式裝置和物聯網市場為目標，能幫助設計人員快速輕鬆地建立精簡且節能的系統。

---

© 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.