Technical White Paper

運用 CCStudio™ IDE 中的代理式 AI，加速嵌入式開發

摘要

隨著軟體工程逐漸轉向代理式 AI，嵌入式系統也面臨一些獨特的挑戰，包括底層硬體限制、複雜的週邊設備設定，以及嚴格的時序要求。在這些環境中，AI 產生的幻覺程式碼可能會導致產品在實際使用時發生故障。本文將探討德州儀器的 CCStudio™ IDE 如何將硬體智慧整合至開發流程，讓 AI 的功能延伸至硬體設定、建置管理及晶片內建偵錯等工作流程。CCStudio IDE 採用多層式架構，讓 AI 代理能夠操作實際晶片，從初始設定一路執行到最後的故障排除。

目錄

1 簡介.....2
2 核心平台功能.....3
3 CCStudio IDE 遷移技能.....4
4 遷移技能如何驗證結果.....5
5 結論.....5

註冊商標

CCStudio™ is a trademark of Texas Instruments.
所有商标均为其各自所有者的财产。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

1 簡介

AI 工具現在能處理越來越多過去需要開發人員親自處理的任務，縮短了從發想到寫出可運作的程式碼所花的時間。Gartner 預測，到 2028 年，90% 的企業軟體工程師都會使用 AI 程式碼助理。图 1-1 展示如何在整個開發生命週期中導入 AI 工具。

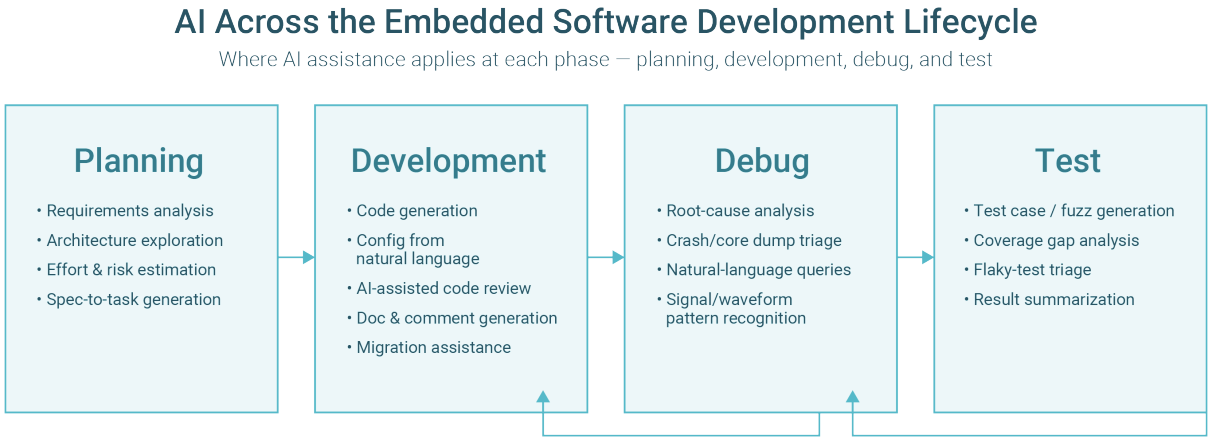


图 1-1. 嵌入式軟體開發中導入 AI 工具的工作流程圖表

然而，一般 AI 模型難以應對嵌入式系統的複雜性。例如，當針腳分配、週邊設備設定或低階時序控制出現問題時，如果無法取得硬體專屬資料，模型就很難找出這些錯誤。

若要讓 AI 輔助工作流程在這類情境下順利運作，代理必須能夠可靠地存取嵌入式開發人員所仰賴的特定硬體與工具鏈資料。否則，AI 可能產生雖然能成功編譯，卻因硬體假設錯誤而無法正常執行的程式碼。

CCStudio IDE 是 CCStudio 開發生態系統的一部分，專為特定用途打造的環境，能讓 AI 代理直接存取 TI 的程式碼編輯、建置及偵錯工具。CCStudio IDE 支援嵌入式系統開發所需的完整自主工作流程 (图 1-2)。

English Document: STDA069
Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

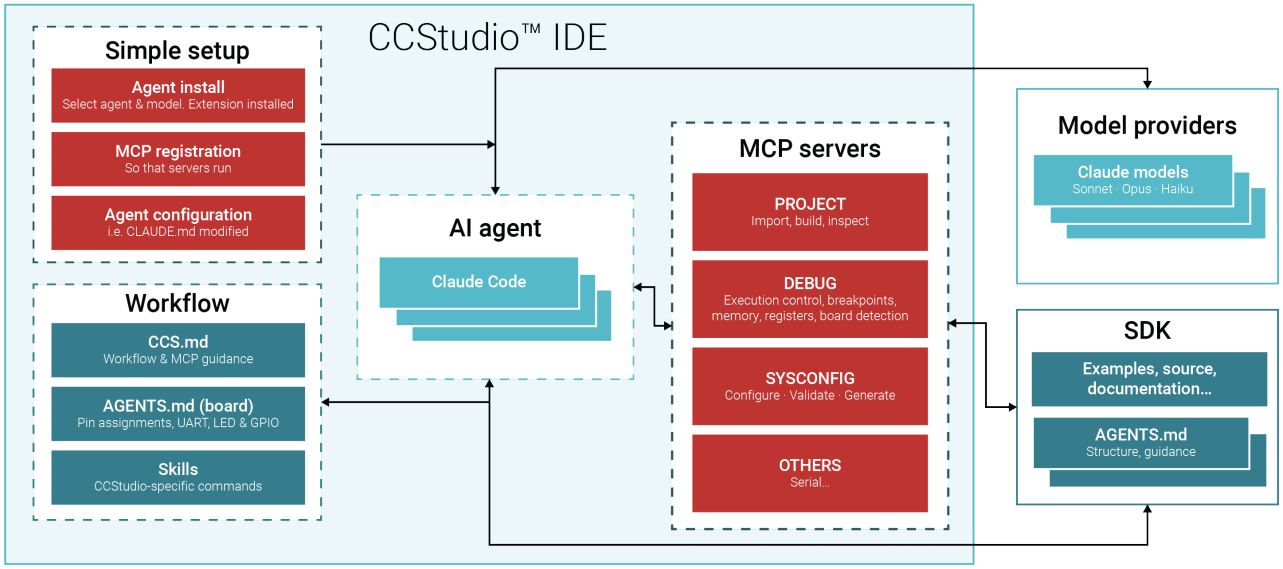


图 1-2. CCStudio IDE 整合代理式 AI 功能的簡化圖表

2 核心平台功能

CCStudio IDE 透過多項整合功能，提供 AI 代理高效率運作所需的技術基礎架構：

1. **多模型互通性**：CCStudio IDE 支援符合業界標準的代理和模型，讓團隊可以選擇偏好的模型，例如 Claude、GPT 或內部部署模型。這種設計也能滿足企業的安全需求，因為 CCStudio IDE 將內部部署及由客戶自行控管的模型託管環境視為主要支援情境，確保專有韌體和智慧財產權留在受保護的網路內。
2. **自動化 AI 設定精靈**：為了減少手動設定作業，AI 設定精靈會自動完成 MCP 伺服器註冊、憑證設定及擴充功能安裝，確保代理能掌握專案資訊並隨時開始工作，開發人員無須手動設定代理。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

3. **結構化文件與範例**：如果缺乏可靠且具權威性的資料，代理可能會產生錯誤的設定，例如，因為無法取得正確的時脈來源，而計算出錯誤的鮑率除數。CCStudio IDE 讓代理能直接存取經 TI 驗證的文件，包括結構化的 API 參考資料、暫存器對照表，以及特定裝置的範例，讓代理在執行設定工作時有所依據。
4. **使用 SysConfig 進行確定性設定**：SysConfig 在 AI 代理與硬體之間扮演確定性的介面。代理不必再自行猜測週邊設備的設定，SysConfig 會提供即時驗證機制：代理提出變更後，便能立即收到可能發生的針腳或時脈樹衝突的意見回饋，並在產生程式碼之前解決相關相依性問題。
5. **完整閉環的硬體偵錯與遙測**：CCStudio IDE 讓代理能直接存取晶片上的偵錯功能，進而自主進行故障排除。代理可以執行完整的偵錯循環，包括燒錄韌體、設定斷點、檢查呼叫堆疊與核心暫存器，以及查看序列終端的遙測資訊，持續掌握系統狀態。

3 CCStudio IDE 遷移技能

結合運用這些功能來處理複雜的高價值任務時，最能充分發揮其效益，例如跨廠商裝置遷移。遷移應用程式時，必須先瞭解原本不熟悉的程式碼庫，再將週邊設備對應至新的針腳配置，並在新的晶片上驗證移植後的應用程式。

CCStudio IDE 遷移技能利用平台底層架構，透過專門設計的協調管線自動執行這項流程：

遷移功能 (图 3-1) 採用協調器架構，由協調器統籌一組專門的子代理，每個子代理各自負責移植作業中的一個階段。

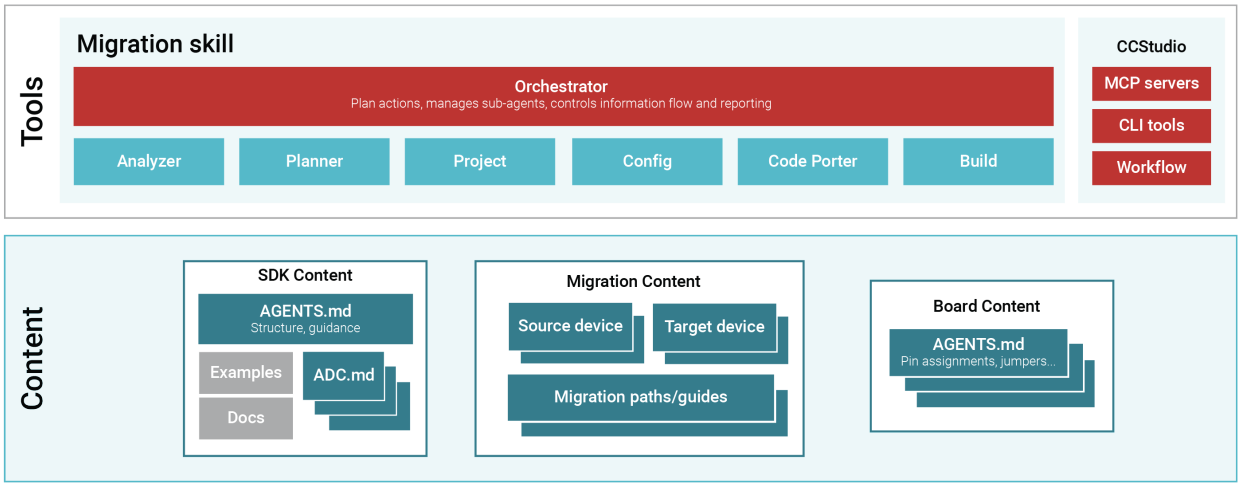


图 3-1. CCStudio IDE 遷移工具的架構

English Document: STDA069
Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

CCStudio IDE 子代理包括：

- **分析器**：識別來源裝置、專案用途，以及目前使用的週邊設備。
- **規劃器**：建立依區域分類且依序排列的移植計畫，並保留空間供使用者檢視及調整。
- **專案**：建立新的 CCStudio 專案，並複製與裝置無關的應用程式檔案。
- **設定**：使用多個相互協作的子代理，設定週邊設備及軟體設定。
- **程式碼移植器**：同樣透過多個子代理，將原始程式碼及 API 使用方式移植至目標裝置的 SDK。
- **建置**：建置專案，並反覆處理以解決建置錯誤。

此協調器會使用前文所述的相同 MCP 伺服器、CLI 工具及工作流程指引，並參考另外維護的結構化內容。這些結構化內容包括 SDK 文件與範例、來源裝置與目標裝置的移植指南，以及特定開發板的針腳和跳線資訊。將這些內容與協調邏輯分開維護，代表隨著文件和範例的改善，移植品質也能隨之提升。

4 遷移技能如何驗證結果

產生移植後的專案，只完成了一半的工作。程式碼遷移可能需要很長的時間（甚至長達數小時），因此這套流程特別設計成可隨時中斷並恢復執行，以便在 AI 環境發生問題，或需要在流程尚未完成時暫停作業的情況下，仍能繼續進行。遷移完成後，仍須在實際硬體上驗證移植後的應用程式是否能正常運作。這項工作會由另一個獨立的測試遷移技能負責，並在程式碼遷移完成後啟動，透過以下三個階段進行：

- **協調器**：確認目前有哪些測試設備可用，並引導使用者完成必要的設定（例如接線、跳線設定）。
- **規劃器**：閱讀遷移報告，並擬定依優先順序排列的測試計畫。
- **執行器**：逐一執行測試；若測試失敗，便嘗試修正問題、重新建置並再次測試。在達到預設的重試次數上限後，將問題標記出來，交由人工處理。

測試結果會在收到時即時記錄，讓使用者能隨時掌握測試進度。這套方法也能依據實際可用的測試設備彈性調整，並可驅動既有的測試架構及實驗室設備，例如邏輯分析儀或訊號產生器，也支援目標裝置上的偵錯與序列通訊。遷移技能會產生一套測試套件，即使脫離 AI 環境，也能獨立重複使用。

5 結論

要讓代理式 AI 在嵌入式開發中發揮效益並提升效率，就必須提供適當的工具，讓 AI 能可靠地連接並操作實際要控制的硬體。TI 將結構化文件和直接存取硬體偵錯功能整合至 CCStudio IDE，讓 AI 代理具備處理例行嵌入式工程任務所需的條件，使開發人員能將更多時間投入系統層級的設計決策。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

重要聲明與免責聲明

TI 以「現狀」及所含一切錯誤提供技術與可靠數據 (包含產品規格書)、設計資源 (包含參考設計)、應用或其他設計建議、網頁工具、安全資訊和其他資源，且不承擔所有明示或默示保證，包括但不限於適銷性或用於特定用途之適用性的任何默示保證，或不侵害第三方智慧財產的任何默示保證。

所述資源可供專業開發人員應用 TI 產品進行設計使用。您應自行負責 (1) 選擇適合您應用的 TI 產品，(2) 設計、驗證與測試您的應用，與 (3) 確保應用符合適用標準，以及任何其他安全、安保、法規或其他要求。

這些資源得進行修改且無需通知。TI 對您使用所述資源的授權僅限於開發資源所涉及 TI 產品的相關應用。除此之外不得複製或展示所述資源，也不提供其它 TI 或任何第三方的智慧財產權授權許可。如因使用所述資源而產生任何索賠、賠償、成本、損失及債務等，TI 對此概不負責，並且您須賠償由此對 TI 及其代表造成的損害。

TI 的產品均受 TI 的銷售條款 、TI 的通用品質指南 或 ti.com 上其他適用條款，或連同這類 TI 產品提供之適用條款所約束。TI 提供此等資源並不會擴大或以其他方式改變 TI 對於 TI 產品的適用保證或保證免責聲明。 除非 TI 明確將某產品指定為自訂或客戶指定型號，否則 TI 產品均為標準、類比、通用裝置。

TI 反對並拒絕您可能提出的任何附加或不同條款。

Copyright © 2026, Texas Instruments Incorporated

上次更新 10/2025

IMPORTANT NOTICE AND DISCLAIMER

TI PROVIDES TECHNICAL AND RELIABILITY DATA (INCLUDING DATASHEETS), 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 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, TI’s General Quality Guidelines, 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. Unless TI explicitly designates a product as custom or customer-specified, TI products are standard, catalog, general purpose devices.

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

Copyright © 2026, Texas Instruments Incorporated

Last updated 10/2025