

創新整合式收發器簡化 2G 至 5G 基地台接收器設計

■作者：Jon Lanford 及 Kenny Man
Analog Devices, Inc

基地台接收器的設計是項令人生畏的任務。典型的接收器元件，包括混波器、低雜訊放大器 (LNA)、以及類比數位轉換器 (ADC) 等，多年來均有長足的改進，然而，它們本身的架構改變幅度卻不大。由於架構選擇上的限制，導致基地台設計者難以為其產品融入有別於市面上其他產品的差異化特色。針對近期產品的發展，尤其是整合式收發器方面，即使最艱難的基地台接收器設計，業者所面臨的各項限制也隨之大幅放鬆。這些收發器提供的新型基地台架構，並且讓基地台設計者可獲得更多的選擇與途徑，進而著手開發產品的差異化特色。

本文所將探討的整合式收發器系列，除了是業界首款支援當前 2G 至 5G 所有蜂巢式標準的產品，同時還覆蓋了 sub-6 GHz 的所有可調範圍。這些收發器讓基地台設計者可以只須透過一種精簡的無線電設計就能涵蓋所有頻帶以及功率。

首先，我們來看幾個基地台類型。大家熟知的標準機構 3GPP 規範多種基地台分類，期各有不同的名稱。廣義而言，最大的基地台、或稱之為廣域基地台 (WA-BS) 可提供最廣的地域覆蓋率以及連結最多的使用者，輸出的功率也最高，同時也必須提供最佳的接收器靈敏度。每小一級的基地台種類，所需的輸

表 1: 各種基地台尺寸

	非 GSM 基地台	GSM 基地台
最大的地域覆蓋率、最多使用者、最高輸出功率、以及最佳靈敏度	大型或廣域	正常
	中型	小型 (Micro)
較小的地域覆蓋率、較少使用者、較低功率、靈敏度的要求較寬鬆	區域或小型基地台 (small cell)	微型 (Pico)

出功率也越小，接收器靈敏度的要求也越寬鬆。

此外，3GPP 還定義了不同的調變機制。一般而言，實務上會把調變機制分為非 GSM (包括 LTE 與 CDMA 類型的調變) 與 GSM 調變 — 尤其是多載波 GSM (MC-GSM)。這兩種機制中，GSM 在射頻與類比效能上的要求最嚴格。此外，隨著更高吞吐無線電日趨普遍，MC-GSM 就成為取代單載波 GSM 的主流產品。大致上來說，基地台的無線電前端若能支援 MC-GSM 的效能，勢必也足以應付非 GSM 的效能需求，而能支援 MC-GSM 的電信商，便會有更多的彈性來掌握市場之各種商機。

長久以來，基地台內含了許多分立型元件。我們看好現今的整合式收發器不僅能取代許多分立型元件，還能提供許多系統層面的優勢。不過我們首先要探討的是基地台接收器設計方面的挑戰。

廣域或巨型基地台一向是最具挑戰性且昂貴的接收器設計，也一直是我們無線通訊網路的主力產品。究竟是什麼因素導致它面臨艱鉅的挑戰？簡單地說，就是靈敏度。

基地台接收器必須在規範條件下達到要求的靈敏度。靈敏度是一種品質因數，反映基地台接收器針對從手機傳來微弱訊號進行解調變的成效。靈敏

度可看成基地台與手機之間維持連線的最遠距離，靈敏度也分成兩層面：1) 沒有任何外在干擾的靜態靈敏度，以及 2) 存在干擾的動態靈敏度

首先，我們先探討靜態靈敏度。就工程用語而言，靈敏度是由系統雜訊指數 (NF) 決定。雜訊指數越低，代表靈敏度越高。達成要求的靈敏度，必須提高增益以達成要求的系統雜訊指數，而增益是透過名為低雜訊放大器 (LNA) 這種昂貴元件所產生。增益越高，LNA 的成本就越貴，功率也越高。

不幸的是，這種靈敏度與動態靈敏度之間必須進行取舍。動態靈敏度意謂靜態靈敏度會隨著干擾而變差。干擾是指接收器上出現不想要的訊號，包括外在世界的訊號，或是接收器不小心產生的訊號，包括例如互調變的產物。在這方面，線性度指的是系統應付干擾的成效。

在具有干擾的情況下，系統會喪失我們費盡心力達成的靈敏度。隨著增益提高，這樣的取舍就越艱難，因為伴隨增益而來的，往往是更低的線性度。換言之，越多增益會減低線性度的表現，致使在嚴重的干擾下靈敏度出現衰退。

無線通訊網路的設計，是將網路效能的重擔放在基地台上，而不是由手機承擔。WA-BS 設計成能覆蓋廣大的區域以及達成優異的靈敏度效能。WA-BS 除了要擁有最佳的靜態靈敏度，還必須支援蜂巢區邊緣處的手機，而在蜂巢區邊緣處手機所發送的訊號都很微弱。另一方面，在干擾或阻塞 (blocking) 的狀況下，WA-BS 接收器的動態靈敏度仍須維持良好水準。接收器即使從手機收到訊號微弱的情況，仍須維持良好效能，包括靠近基地台的手機發出高強度訊號而產生干擾的狀況。

以下訊號鏈是一個簡化的典型分立式元件系統接收器。

LNA、混波器、以及可變增益放大器 (VGA)，這些都屬於射頻前端元件。射頻前端元件設計的雜訊值為 1.8 dB，而 ADC 則是 29 dB，在圖 1 顯示的分析中，射頻前端增益沿著 X 軸一路前進，而這些元件決定了系統靈敏度。

現在，讓我們來比較一個簡化收發器接收訊號鏈。我們可以觀察到收發器接收訊號鏈的物料清單小於同等級分立式元件訊號鏈。此外收發器的設計中，晶片內含兩個發送器以及接收器。明顯簡單的整合性，隱含著接收器設計的簡潔性，其通常會達到 12 dB 的雜訊指數。以下分析顯示於圖 2，其說明在系統中，靈敏度如何發揮效益。

圖 3 顯示上述兩種配置中，射頻前端增益對比靜態靈敏度。在區域中運行的 WA-BS，其靈敏度符合最嚴格的靈敏度要求。反觀小型基地台產品的靈敏度曲線斜率最陡，但仍以小餘裕度符合標準的規範。收發器不僅達到要求的靈敏度，對於 WA-BS 與小型基地台方面，射頻前端的增益卻低了許多。

那麼動態靈敏度方面又如何？在射頻前端增益方面，我們通常會用收發器來設計廣域基地台，而其動態靈敏度也遠優於分立式解決方案。這是因為較低增益的射頻前端在特定功耗下會有更高的線性度。反觀一般採用的高增益分立式解決方案，決定線性度通常是射頻前端元件。在收發器設計方面，相較於分立式解決方案，因干擾導致靈敏度衰減的程度會大幅降低。

另外值得一提的是，在出現過多干擾時，系統

圖 1: 典型分立式接收器訊號鏈簡圖



圖 2: 典型的收發器 / 接收器訊號鏈簡圖

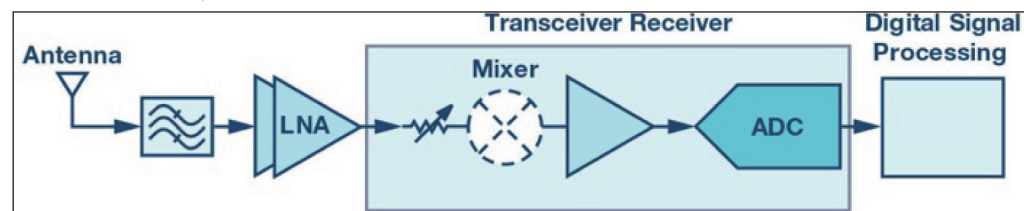
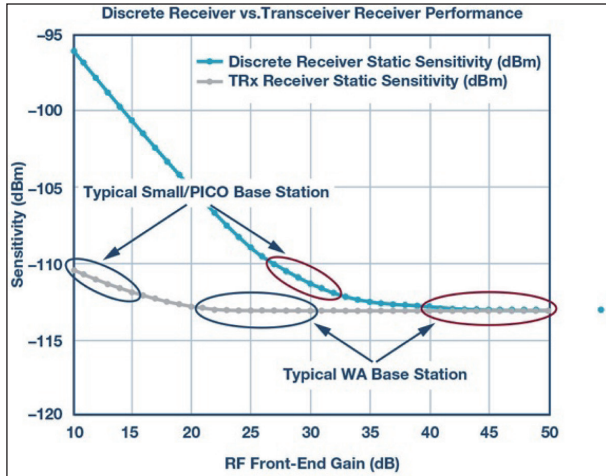


圖 3: 分立式接收器對比收發器 / 接收器的靈敏度



的設計會將增益降至一定程度，使得干擾能夠容忍，並將增益提高到干擾開始降低的程度。這種方法就是自動增益控制 (AGC)。任何降低增益的作法都會壓低靈敏度。若系統能容許干擾，那麼最好的方法是盡可能拉高增益，藉以達到最高的靈敏度。AGC 會在未來的專文中另行探討。

總結來說，這類型收發器的兩項卓越特色是優異的雜訊指數以及對干擾較高的免疫力。在您的訊號

鏈中使用一個收發器，意謂能在顯著降低的前端增益下達到要求的靜態靈敏度。此外，較低的干擾意謂您能達到更好的動態靈敏度。如果您真的得用到 LNA，應選用較低廉且省電的 LNA。您可在系統其他方面進行設計的取舍，藉以發揮這些特色的優勢。

現今市面上有許多可設定的接收器產品，它們在廣域與小型基地台設計上扮演一定的角色。Analog Devices 在這個新領域扮演著領先者的角色，並推出了 ADRV9009 與 ADRV9008 產品，其相當適合用在廣域基地台以及支援 MC-GSM 等級的效能。此外，AD9371 系列不僅提供多種選項來支援非 GSM(CDMA 與 LTE) 的效能與頻寬，而且還納入了更多功率最佳化。

本文僅僅點到為止，靈敏度的主題在後續專文中會有更深入的探討。此外，基地台接收器設計的其他挑戰，還包括自動增益控制 (AGC) 演算法、頻道預估 (channel estimation)、以及等化演算法等。我們計畫在本文之後推出一系列技術專文，希望能協助各位簡化您的設計流程，以及增進對接收器系統的認知。CTA

宇瞻科技發表全球體積最小工業級記憶體 節省 40% 主板空間

Apacer 宇瞻科技看準工業電腦體積輕薄化趨勢，發表全球首款 VLP DDR4 SODIMM 與 VLP DDR4 ECC SODIMM，針對有高度與空間限制的小尺寸嵌入式工業用主板，打造業界體積最小的工業級記憶體，有效避免機構干涉、改善系統散熱問題、增進系統穩定性並降低企業成本，全面佈署工業物聯網、智慧工廠、網通等指標性應用。

VLP SODIMM 系列針對 Mini-ITX、SBC、PC/104、EPIC 和 Qseven 等小尺寸嵌入式工業用主板設計，除了具備 SODIMM 輕薄短小的特點，更在高度上擁有絕對優勢，不論於垂直或水平安裝，皆可大幅節省約 40% 的主板空間。

VLP SODIMM 系列可將記憶體體積降至最低，預留主板空間以整合 AI 應用，有效省去客戶變更主板設計的麻煩與時間，進而滿足工業物聯網、智慧工廠、網通應用、數位看板、智能監控等垂直市場應用需求。

VLP SODIMM 工業級記憶體支援 ECC 功能，能偵測並校正資料錯誤，有效提升資料可靠度。針對工業電腦最擔心的系統過熱問題，則搭載原廠工規等級寬溫 IC，確保記憶體於 -40°C 到 85°C 的寬溫範圍內仍能正常運作。宇瞻目前擁有最完整的矮版、小尺寸 VLP 工業級記憶體產品，包含 VLP SODIMM、VLP ECC SODIMM、VLP UDIMM、VLP ECC UDIMM、VLP RDIMM、VLP Mini RDIMM、VLP Mini ECC DIMM 與 VLP SORDIMM，提供最全面的工業級記憶體解決方案，強化垂直應用市場布局。

Apacer 宇瞻科技 VLP DDR4 SODIMM 與 VLP DDR4 ECC SODIMM 工業級記憶體長度不到 7 公分，高度僅 1.8 公分，為全球體積最小工業級記憶體。提供 DDR4 2133/2400/2666 規格，符合高效能、低功耗與低延遲需求，並有 4GB 與 8GB 兩種容量可供選擇。

