

5G 射频前端的进步带来了更长的电池续航

全新的 5G 设计 - 更多功能，更低的电池消耗

在手机射频(RF)前端设计系列博客的第一部分，我们讨论了从 4G 到 5G 过渡中不断增加的复杂性（见《[射频前端的进展使 5G 手机成为可能](#)》）。射频前端部分不得不相应扩张以应对无线电连接的新需求：更多的无线频率，更宽的频谱带宽，4G 和 5G 频率的共存以及频率的组合应用。

所有这些设计上的复杂性都会影响到手机的其他方面，尤其是功耗和能效。在本系列博客的第二部分，我们将注意力转向射频前端是如何演进，以便在有限的设备电量下支持额外的无线连接。

一切为了能效

对比智能手机带来的诸多便利，一个往往无法被满足的用户期望是：电池续航满足用户日间的应用需求。手机孱弱的电池续航、频繁的充电着实令人沮丧。因此，在讨论手机的射频通信等基础功能时，电源效率同样是一个不可避免的话题。试想一台因电量消耗太快而让你错失重要联系的智能手机意义何在？

节能提效

关于 5G 的许多讨论都集中在数据传输速率上，特别是下行链路性能。然而实际上对电池电量依赖最大的则是上行链路的性能。手机与基站间的无线通信质量是由输出功率和信号传播决定的；在网络基础设施侧不需要担心功率限制，因为所有的网络设备由固定的在线电源供电。而在设备端，手机的功率则受其电池容量大小及电力消耗速度的限制。

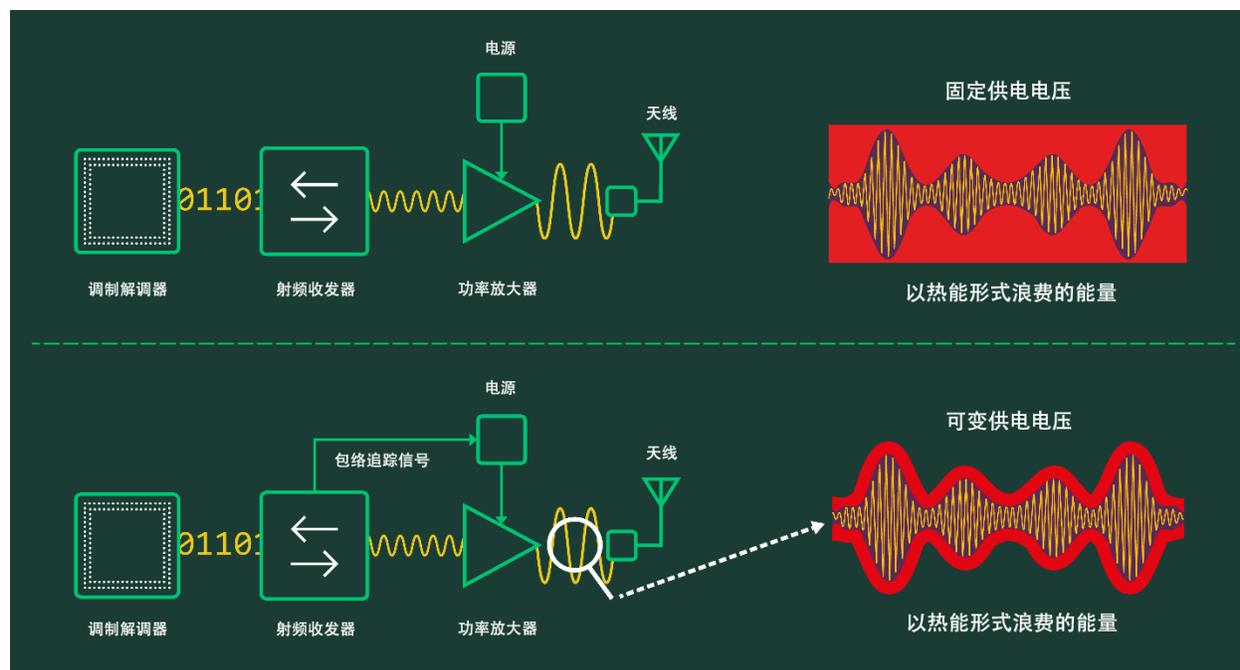
随着 5G 创造更快的无线链接，上行链路的数据传输速度及数据量与下载速度同时增加。因此，射频前端随着 4G 到 5G 的演进过程而变得更加复杂，当务之急是让增加的无线上行链路更有效地利用电能以确保实现 5G 移动通信可用性。

那么业界如何解决设备中的功率控制问题呢？答案就是通过对射频前端的上行链路部分实施更新的电源管理机制；即自 LTE 时代以来，各公司已采用的一种称为包络跟踪的先进电源管理技术。

大多数手机用户都经历过手机在长时间使用后变热的情况。例如，在长时间通话后或进行频繁网络通信时，手机会发热。这些多余的热量就是对射频链接中低效电源管理的副产品最好的解释。

对每个无线信号来说；射频前端包含两个主要路径：一个下行链路和一个上行链路。主要消耗移动设备电量的是上行链路：信号由调制解调器和收发器产生，然后传递到功率放大器。顾名思义，后者将这一信号放大，以提供足够的能量反馈给网络。功率放大器有一个特定的功率曲线，可以将输入信号放大到预定的输出峰值功率。在 LTE 和 5G 新无线电 (NR) 的当代无线协议中，通过使用高阶正交振幅调制和快速傅里叶变换操作对信号进行振幅调制以最大限度地提高比特率和频谱效率。这些技术导致了高峰值平均功率比，从而在上行链路信号的输出功率上体现出巨大的差异。

如果没有在射频前端设计中植入包络跟踪电路，5G 手机将出现上行链路通信过程中作为热量耗散的大量能量浪费（见下图）。而加入该机制后，射频前端设计通过连续监测上行链路信号的调制，整形功率包络和功放的输出强度以达到功率浪费最小化，从而变得更加高效。

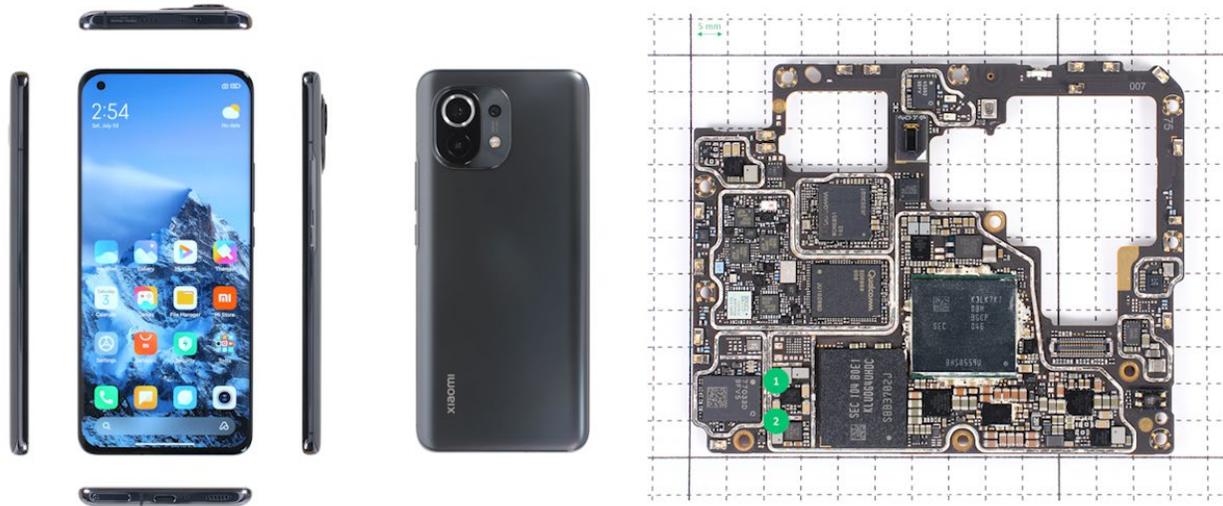


5G 包络跟踪技术面临的挑战

包络跟踪的概念相对简单。通过创建一个反馈控制回路，功率放大器可以在对应的时间输入匹配的电电压，以避免不必要的能量浪费。该技术自 LTE 时代就已存在，但添加相关的电路会增加射频前端设计的成本，所以在成本敏感的 4G 智能手机设计中，制造商通常会放弃这项技术。然而，如果想提供良好的 5G 用户体验，制造商就别无选择。

5G NR 与之前技术最大的区别之一是使用更宽的带宽：最大上行带宽在 100 兆赫和 400 兆赫之间；是固定在 20 兆赫的 LTE 带宽的 5 到 20 倍。增加的带宽对包络跟踪电路提出了要求；在处理更宽的信号带宽的同时又不至于拉低包络电路本身的能效。例如 Qorvo 这样的包络跟踪芯片（ETIC）供应商所宣传的 5G 解决方案在 100MHz 带宽的跟踪精度。与大多数新技术一样，Qorvo 在过去几年中不得不投入大量资金研发包络跟踪技术，作为从传统的平均功率跟踪（APT）向现今的包络跟踪(ET)解决方案全面过渡的一部分。然而，目前一些手机制造商；特别是廉价 5G 智能手机品牌；出于成本考虑，选择继续使用传统的 APT 电源管理技术。

高通公司作为当前包络跟踪技术的领导者，其旗下的 QET6100 系列包络跟踪器与骁龙 888 和射频系统设计一起，被应用于小米 11（如下图）等 5G 机型。



小米 11 智能手机配备了一对高通公司的包络跟踪器: QET6100 (1) and QET6110 (2)

2021 年 2 月，高通公司发布其第七代包络跟踪器 QET7100，与即将推出的骁龙 X62 和 X65 组成第四代 5G 调制解调器系统。新的多模、多输出功率放大器解决方案采用了高通公司的信号增强技术，即人工智能加持的自适应天线调谐系统。后者可以检测用户的手部位置并调谐天线和调整功率输出，以改善 5G 体验和电源效率。

总体而言，QET7100 相比前代产品可节省 30% 的功率。作为一个多模解决方案，它可以同时应用于 LTE 和 5G，成为比当前旗舰 5G 智能手机中的包络跟踪设计拥有更高集成度的选择。高集成度带来包括电路板尺寸的缩小、成本的优化以及上行链路电源效率的提高等诸多设计上的好处。

高通公司正在推广其称之为 Smart Transmit 2.0 套件的射频前端技术，作为实现高效射频前端传输路径整体方案的一部分。该套件采用在设备的多个天线上对上行链路的发射功率进行空间平均化等技术，旨在优化上行链路速度并提高电源效率。

射频性能和功耗 — 硬币的正反面

在本系列博客中，我们回顾了手机中的射频前端设计是如何发展以跟上 5G 通信的复杂需求，以及这些设计是如何受到电源效率要求的进一步挑战，迫使现代智能手机节能提效。

就表现而言，5G 智能手机的射频前端跟上了不断发展的无线连接技术的需求，却还没有获得应有的赞赏。手机射频前端设计实现了提升设备实用性和整体用户体验的各种技术，堪称一个工程奇迹。无线行业在控制控制成本和复杂性的同时，在节能提效方面也取得了显著的成就。

在本系列的第三篇也是最后一篇文章中，我们将研究射频集成发展趋势以及多功能射频模组的发展将如何助力开启射频前端演进的新篇章。