

E-GOLD voice: 整合电源管理单元的基带射频手机芯片—CMOS 单片集成的又一飞跃

作者: 英飞凌科技有限公司通信系统部主任概念设计工师 Markus Hammes 博士
 英飞凌科技有限公司通信系统部主任概念设计工师 Christian Kranz 博士

1. E-GOLDvoice 概述

E-GOLDvoice立足于英飞凌公司完全符合GSM标准的芯片E-GOLDradio。E-GOLDradio是采用标准CMOS工艺制造的基带射频芯片。它于2005年亮相并于2006年初量产。E-GOLDvoice以这个成熟的设计为基础,采用了相同的基本架构(例如DSP、MCU、RF和混合信号等)。为了更好地优化成本,集成度得到了进一步提高。一方面集成了PMU,另一方面整合了完整的RAM(制造符合GSM标准的手机所必需的)。通过整合PMU,E-GOLDvoice可以与电池直接相连。集成PMU不仅支持片上功能模块,而且能够将能量提供给连接至芯片的其他部件,例如LED背光显示、存储器和SIM卡电压等。

芯片的一般功能如下表所示:

E-GOLDvoice芯片的功能概括	
RF	GSM 双频段 RF (900/1800 MHz & 850/1900 MHz)
混合信号音频	<ul style="list-style-type: none"> 支持麦克风、听筒和耳机 集成了高输出功率的扩音器驱动(用于免提和振铃)
控制器	<ul style="list-style-type: none"> 具备可扩展时钟频率的MCU 支持黑白和彩色显示 图形用户界面,支持Unicode格式文本 支持拉丁语、中文、印度语和阿拉伯语 文字输入,短信
DSP / 固件	<ul style="list-style-type: none"> DSP核 @ 78/104 MHz EFR / FR / HR / AMR 语音编解码器 和弦以及 AMR铃声 True Tones铃声支持 (ADPCM) 面向支持语音记事和声控标签的用户界面的AMR和ADPCM播放器 SAIC A51/3加密单元 CSD 数据 (透明、非透明, 9.6kbit/s)
接口	SSC、I2S、I2C、ASC、键盘和显示屏
封装	BGA

集成 PMU 的功能	
电池连接	直接连接电池
充电器	高达 20V 的充电器控制电压
电池类型	镍金属氢、镍镉、锂离子电池 (还支持 AA 电池)

<p>稳压器</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 用于所有数字、混合信号和 RF 核心电路的稳压器 • 用于外部模块（比如存储器、接口、显示屏等）的稳压器
<p>额外功能</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 用于生成白色 LED 电压的 DC/DC 转换器

为了应对即将来临的集成化挑战，需要选择合适的系统架构、芯片分区、电路设计、工艺和封装技术。这些内容将在下面的章节中分别讨论。图1所示为E-GOLDvoice的系统架构。

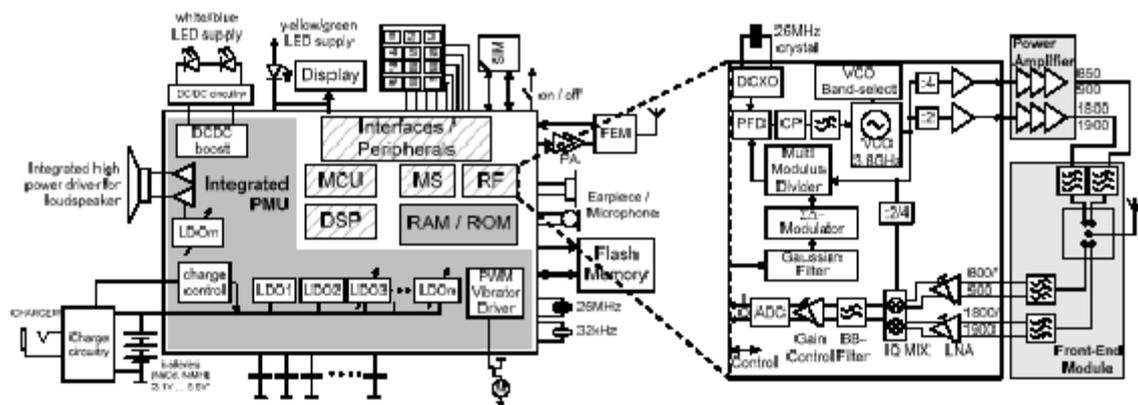


图1: E-GOLDvoice 的框图（包括详细的RF电路）

2. RF和 PMU集成的挑战

2.1. SoC 方案和工艺考虑

针对E-GOLDvoice，我们选择了一种SoC（片上系统）方案，这意味着所有功能模块将集成到一个芯片上。由于不能针对不同的功能模块单独选择工艺，因此，电路设计的要求应该与工艺条件精确匹配。潜在的交叉耦合及其应对策略将对芯片的总体布图产生很大影响。交叉耦合主要体现在以下几个方面：

- 从稳压器和DC/DC 转换器到敏感的射频和音频电路的热电交叉耦合
- 不同的片上功率损耗源造成的CMOS工艺的热应力

为了能够直接与电池相连并且降低整个芯片的成本（比如使用尺寸更小的工艺以缩小芯片面积），需要在不同的工艺条件之间进行权衡，以选择最合适的工艺。

对于E-GOLDvoice来讲，我们选择了标准的0.13微米CMOS工艺，该工艺提供了双重栅氧厚度的晶体管（I/O和模拟器件），它的漏源电压可以高达3.3V。因此主要的挑战在于和击穿电压相比，相对较高的电池电压（高达5.5V）。电场强度的增加需要采用专门的设计技术，这可以通过晶体管堆垛实现。理论上讲，两个堆垛的器件可以承受6.6V的高压，对于目标应用而言已经足够。

由于选择了普通数字CMOS工艺，因此应该利用特殊的电路形式，才能让稳压器和PMU充电器具备直连电池能力。

2.2. RF 架构

RF架构建立在接收端的零中频方案和发射端直接 $\Sigma\Delta$ 调制的基础上，如图1所示。利用调制信号的预失真对PLL有限的环路带宽进行补偿。半数字VCO使用一个开关电容阵列进行频率粗调，细调采用的则是MOS变容管。针对高低频段，VCO分别运行在两倍或者四倍的载波频率上。为了进一步抑制 $\Sigma\Delta$ 的量化噪声（特别是400kHz的频率偏移附近），我们对PLL的环路滤波器进行了优化。

为了提高LO信号的阻塞性能，降低其对毛刺的敏感度，我们采用了零中频架构。由于采用了经过噪声优化的LNA（低噪声放大器）和具有硬切换LO信号的混频器，总的噪声系数仅为3dB。典型GSM应用（包括匹配网络）接收机灵敏度的测量值为-111dBm（II类RBER，无衰落）。通过将LO与LNA隔离以及完全对称的版图布局，我们获得了优于87dB的AM抑制能力。高分辨率的ADC（14位）减少了增益控制和预滤波器的设计工作量，从而节约了芯片空间并且降低了功耗。

RF架构利用了以下工艺条件：可以放置在有源区的线性MIM电容，块状多晶硅电阻，用来降低串扰和提高电感Q因子的高阻基板，以及具备顶层厚金属的六层金属层。核心器件具有100MHz的 f_T 和60GHz的 f_{max} 。

2.3. 热电耦合

将高敏感度器件（比如RF-LNA和麦克风放大器）与功率部件放置在同一块芯片上，这将带来电场交叉耦合的风险。这里不能采用常规的解决方法（例如屏蔽和增加间距）。由于不同电路之间仅仅相距一两微米，因此还会发生热交叉耦合。图2给出了关键耦合路径。RF和音频电路的性能通常会受到本底噪声、磁耦合、电源耦合和封装串扰的影响。通过片上阻塞电容的合理布局以及适当的功率版图规划可以降低上述影响。GSM属于TDMA系统，因此RF电路并不是一直工作，而是处于脉冲工作状态。在RF电路工作期间，PMU的功率损耗很高，并且加入RF功能模块自身的功率损耗中。这意味着将根据TDMA的频率对芯片的温度进行调制，而且与RF的工作时间稍微有一些延迟。这种温度调制会导致LO调制，因此需要在电路设计和版图中进行相应补偿。

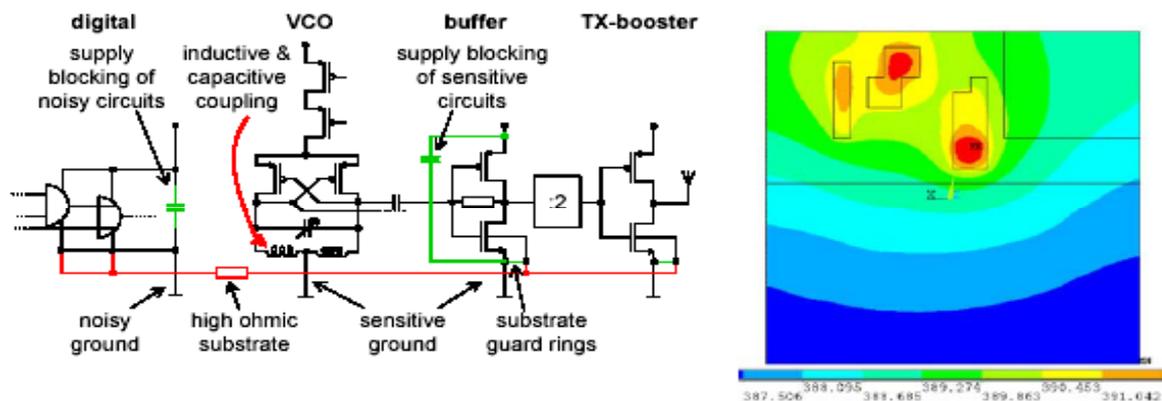


图2：热电耦合的建模和仿真

将恒定高功率损耗的部件放置在脉冲型功率损耗的电路中间，这样做可以实现热屏蔽。因此在芯片布图规划中，对与RF有关的热源放置要进行仔细斟酌（参见图2）。热源包括大功率的LDO（低压降稳压器）或者扩音器驱动。在封装设计时，将散热通孔放置在关键热点附近的封装区域，这样可以提高芯片的散热性能。E-GOLDvoice采用BGA倒装封装，根据电源布线、模拟性能、热效应和交叉耦合效应对版图进行优化。从图2可以看到，温度剖面显示芯片的最大温度差异大约有5个等级。

对于器件的性能和可靠性来讲，这并非临界数值。图3给出了一个电场交叉耦合的例子。芯片为背光LED的供电提供了一个硬切换DC/DC转换器。它产生快速瞬变和高峰值 (>100 mA) 的开关电流，从而驱动外部功率FET。本例中开关频率为168 kHz。我们对电路进行了适当的隔离，从而使RF调制屏蔽中的谱噪声可以忽略不计。图3表明并没有出现调制屏蔽的恶化。频谱屏蔽完全低于GSM 标准，而且在168.3 kHz频偏和它的倍频下也满足了相应要求。

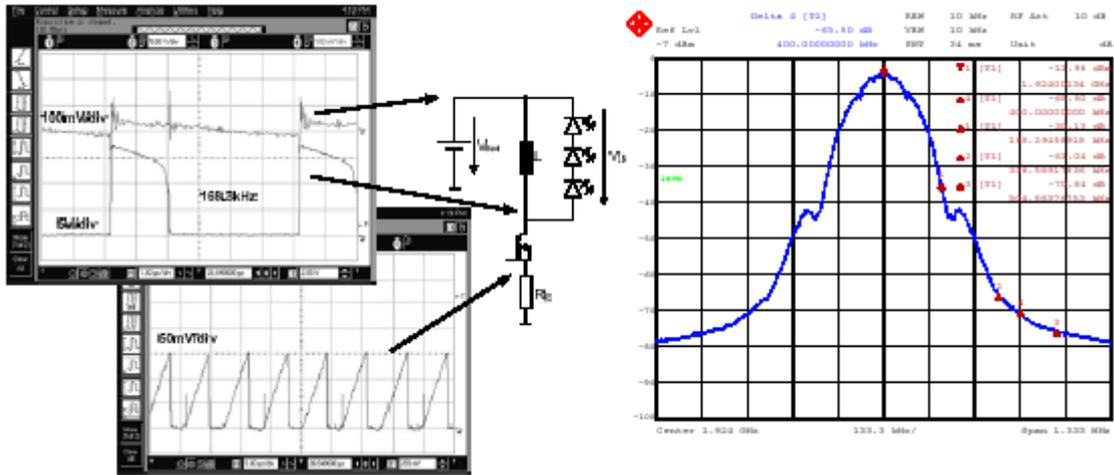


图3: 激活DC/DC转换器情况下RF频谱的测量结果 (证明抑制了交叉耦合 (用于网站))

3. 面向E-GOLDvoice 的超低成本平台

E-GOLDvoice是英飞凌公司第二代ULC (超低成本) 平台的核心部件，该平台支持以最低的材料成本 (BOM) 制造手机。它将电子元件的数目减少到50个以下，仅需占用印刷电路板大约4cm²的空间。该PCB可以是单面安装的四层PCB板。



	低成本手机	超低成本手机1 (基于 E-GOLDradio)	超低成本手机2 (基于 E-GOLDvoice)
所需PCB空间	22cm ²	9cm ²	4cm ²
PCB 元件数量	270	100	50
PCB层级	6	4	4
材料成本*	~ 35US\$	~ 20US\$	~ 16US\$
量产	2004/2005	2006	2007

图4: 集成度的不断提高 (*: 假定黑白显示屏)

图4给出了不同集成度条件下的手机PCB板，从中可以看出我们的方案所节省的材料成本和PCB空间。正如E-GOLDvoice平台所展示的那样，主要用于语音通信的基本型手机的制造成本可以低于16美元。这切实表明，E-GOLDvoice解决方案能够显著降低手机成本。

global  sources

提供有关电子工程及电子设计的最新资讯和科技趋势

电子工程专辑

www.EETchina.com
