

优化 SimpleLink CC1352P 以在 10dBm 输出功率下通过纽扣电池供电



Torstein Ermesjo

摘要

本应用报告介绍了如何在 SimpleLink™ CC1352P 和 CC2652P 器件中配置高功率 PA，从而在 2.4GHz 下实现 10dBm 的输出功率，且电流消耗仅为 22mA。此解决方案适用于使用纽扣电池或类似电池供电的能量受限型应用。

内容

1 引言.....	2
2 射频匹配网络.....	2
3 系统注意事项.....	2
4 结果.....	3
5 设置.....	3
5.1 PA 表.....	3
5.2 覆盖.....	5
A 设计详情.....	7
A.1 原理图.....	7
A.2 布局.....	8
B 参考文献.....	9
修订历史记录.....	9

插图清单

图 A-1. CC1352PEM-XD7793-XD24-PA24_10dBm 原理图.....	7
图 A-2. CC1352PEM-XD7793-XD24-PA24_10dBm 完整布局.....	8
图 A-3. CC1352PEM-XD7793-XD24-PA24_10dBm 放大布局.....	9

商标

SimpleLink™ and SmartRF™ are trademarks of Texas Instruments.

Zigbee® is a registered trademark of ZigBee Alliance.

Wi-SUN® is a registered trademark of Wi-SUN Alliance.

蓝牙® is a registered trademark of Bluetooth SIG, Inc.

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 引言

SimpleLink CC1352P 和 CC2652P 器件是多协议、多频带、低于 1GHz 和 2.4GHz 无线 MCU，支持无线 M-Bus、IEEE 802.15.4g、支持 IPv6 的智能对象 (6LoWPAN)、Thread、Zigbee®、KNX RF、Wi-SUN®、低功耗蓝牙® 5 以及专有系统。该器件包含具有出色效率的集成式高功率放大器 (PA)，适用于远距离应用，可提供高达 20dBm 的功率。

在 2.4GHz 下，20dBm 输出功率对应的电流消耗超过 80mA，不适合使用小尺寸电池（如纽扣电池）的应用。为减轻这种限制，本应用报告记录了如何优化 PA 以在 10dBm 输出功率下实现超高效率，并在 3.0V 时将峰值电流消耗降低至仅 22mA。根据多种常见协议，最终选择了 10dBm 输出功率，这是欧洲所允许的最高功率水平。

针对 10dBm 功率运行优化 PA 需要满足两个条件：专用的射频匹配网络和专用的无线电配置设置。本文档中介绍了前者，而后者相关信息可在适用的 SDK 和 SmartRF™ Studio 软件中找到。

2 射频匹配网络

射频匹配网络包含平衡-非平衡变压器和滤波器。平衡-非平衡变压器和滤波器的组合还将 PA 的复杂差分输出阻抗转换为 50Ω。而且，还通过外部射频网络对 PA 进行偏置（供电）。若要使输出达到 20dBm，从 VDD5 对 PA 进行偏置来实现足够大的电压摆幅。

为实现 10dBm 功率而优化 PA 时，必须进行两项更改：

- 首先，将偏置从 VDD5 更改为 VDDR。这会移动输出级的直流工作点，从而将可用输出功率降低至 10dBm，同时保持高效率。VDDR 通常源自具有非常高效率的内部 DCDC 稳压器，因此来自 VDDR 的偏置还降低了无线电的整体电流消耗。
- 其次，更新射频匹配网络中的元件值。不同偏置和不同输出功率会改变 PA 的工作点，因此最佳负载阻抗也会改变，从而必须相应地调整外部匹配。

针对 10dBm PA 操作生成的建议原理图如 [Appendix A.1](#) 所示。

对于此设计，应使用 48MHz 晶体的外部负载电容器来减少时钟杂散。

这种布局基于 [CC1352PEM-XD7793-XD24-PA24](#) 设计文件。除了从 VDDR（而非 VDD5）偏置射频网络之外，顶层与从射频引脚到 50Ω 点的顶层相同。

3 系统注意事项

此 EVM 用于此应用报告以及 [具有集成式功率放大器的 CC1352P SimpleLink™ 高性能双频带无线 MCU 数据表](#) 或 [具有集成功率放大器的 CC2652P SimpleLink™ 多协议 2.4GHz 无线 MCU 数据表 \(SWRS195\)](#) 中提供的测试结果，将 PA 输出直接连接到 SMA 连接器。在典型应用中，您将使用射频开关将 PA 输出与 Rx 的常规 2.4GHz 射频匹配相结合。对于应用示例，请参阅 [LAUNCHXL-CC1352P-2 设计文件](#)。考虑到此类射频开关的典型损耗，在测试 EVM 上将 10dBm 输出功率设置调整为输出 10.5dBm。

根据 EN300 328 最大输出功率为 10dBm/MHz E.I.R.P。根据数据速率和天线增益，这可能会限制传输到天线的最大传导输出功率。

为确保 Zigbee 在 2480MHz 下达到 FCC 频带边缘要求的裕度，必须评估输出功率的回退。

4 结果

有关性能数据，请参阅 [具有集成式功率放大器的 CC1352P SimpleLink™ 高性能双频带无线 MCU 数据表](#) 或 [具有集成功率放大器的 CC2652P SimpleLink™ 多协议 2.4GHz 无线 MCU 数据表](#)。

在某些装置中，对于 200MHz 至 300MHz 范围内的频率，传导输出功率将高于 ETSI 和 FCC 限值。该频率范围内的能量将被天线衰减，辐射测量将通过。

5 设置

以下设置对 SmartRF Studio 2.19 或更高版本有效。

若要导出所需的设置，请在 SmartRF Studio 中执行以下操作：

- 打开 CC1352P。选择“BLE mode”或“IEEE 802.15.4 mode”
- 在“RF Design Based On”下拉菜单中，选择“LAUNCHXL-CC1352P-4”

这些设置是 BLE 和 Zigbee 的额定设置，但也适用于专有应用。

WARNING

这些设置只能用于从 VDDR 进行偏置的大功率 PA 的硬件。如果高功率 PA 是从 VDDS 进行偏置，并且使用了这些设置，PA 将在建议的运行条件之外运行。

5.1 PA 表

SmartRF Studio 导出的功率表将如下所示：

```

RF_TxPowerTable_Entry txPowerTable[TX_POWER_TABLE_SIZE] =

{

    {6, RF_TxPowerTable_HIGH_PA_ENTRY(42, 0, 1, 39, 20) },

    {7, RF_TxPowerTable_HIGH_PA_ENTRY(31, 1, 0, 20, 20) },

    {8, RF_TxPowerTable_HIGH_PA_ENTRY(26, 1, 1, 25, 16) },

    {9, RF_TxPowerTable_HIGH_PA_ENTRY(31, 1, 1, 31, 16) },

    {10, RF_TxPowerTable_HIGH_PA_ENTRY(38, 1, 1, 39, 16) },

    RF_TxPowerTable_TERMINATION_ENTRY

};
  
```

对于本使用此表的应用，输出功率根据以下结构设置：

```

// 覆盖 CMD_PROP_RADIO_DIV_SETUP_PA

uint32_t pOverridesTx20[] =
  
```

```

{

// 列表中应始终首先定义 TX 功率元素

TX20_POWER_OVERRIDE(override),

// ANADIV 无线电参数基于 LO 分压器 (0) 和前端 (0) 设置

(uint32_t)0x11C10703,

// override_phy_tx_pa_ramp_genfsk_hpa.xml

// Tx: 配置 PA 斜升, 设置关断前的等待时间 (16/24us 的 0x2F 次滴答 = 31.3us)。

HW_REG_OVERRIDE(0x6028,0x002F),

(uint32_t)0xFFFFFFFF,

};

```

下表中的覆盖值：

覆盖	输出功率 [dBm]
0x104F66	10.5
0x103F5F	9.5
0x10335A	8.5
0x14285F	7.5
0x144F2A	6.5

5.2 覆盖

覆盖列表中共有 3 行在 +10dBm 模式和高功率 PA 的标称设置中有所不同。不同的行在以下代码中标记为斜体：

```
// 覆盖 CMD_BLE5_RADIO_SETUP_PA

uint32_t pOverridesTxStd[] =

{

    // 列表中应始终首先定义 TX 功率元素

    TX_STD_POWER_OVERRIDE(0x7217),

    // ANADIV 无线电参数基于 LO 分压器 (0) 和前端 (0) 设置

    (uint32_t)0x05320703,

    // override_txstd_settings.xml

    // 蓝牙 5: 将标准 PA 的 RTIM 偏移设置为默认值

    (uint32_t)0x00008783,

    // 蓝牙 5: 将 TX 设置为 IPEAK = 3 且 DCDC 去抖

    (uint32_t)0x00F388D3,

    // 蓝牙 5: 将标准 PA 的合成多路复用器设置为默认值

    (uint32_t)0x050206C3,

    // 在 RX 和空闲/TX 模式中分别将 TXRX 引脚设置为 0 和高阻抗。

    HW_REG_OVERRIDE(0x60A8, 0x0401),

    (uint32_t)0xFFFFFFFF

};

// 覆盖 CMD_BLE5_RADIO_SETUP_PA
```

```
uint32_t pOverridesTx20[] =  
  
{  
  
    // 列表中应始终首先定义 TX 功率元素。将通过 smartRF studio 进行覆盖  
  
    TX20_POWER_OVERRIDE(0x413D982B),  
  
    // ANADIV 无线电参数基于 LO 分压器 (0) 和前端 (0) 设置  
  
    (uint32_t)0x01C20703,  
  
    // override_tx20_settings.xml  
  
    // 蓝牙 5: 将高功率 PA 的 RTIM 偏移设置为 3  
  
    (uint32_t)0x00038783,  
  
    // 蓝牙 5: 将 TX 设置为 IPEAK = 7 且 DCDC 去抖  
  
    (uint32_t)0x00F788D3,  
  
    // 蓝牙 5: 设置高功率 PA 的合成多路复用器  
  
    (uint32_t)0x010206C3,  
  
    // 在 RX/TX 和空闲模式中分别将 TXRX 引脚设置为 0 和高阻抗。  
  
    HW_REG_OVERRIDE(0x60A8, 0x0001),  
  
    // 将 HPA 设置为 VCTRIM = 0  
  
    ADI_REG_OVERRIDE(1, 26, 0xF, 0x0),  
  
    (uint32_t)0xFFFFFFFF  
  
};
```

A 设计详情

A.1 原理图

图 A-1 展示了用于测试的电路板的原理图。仅针对此特定开发板测试了 10dBm 2.4Ghz 路径。

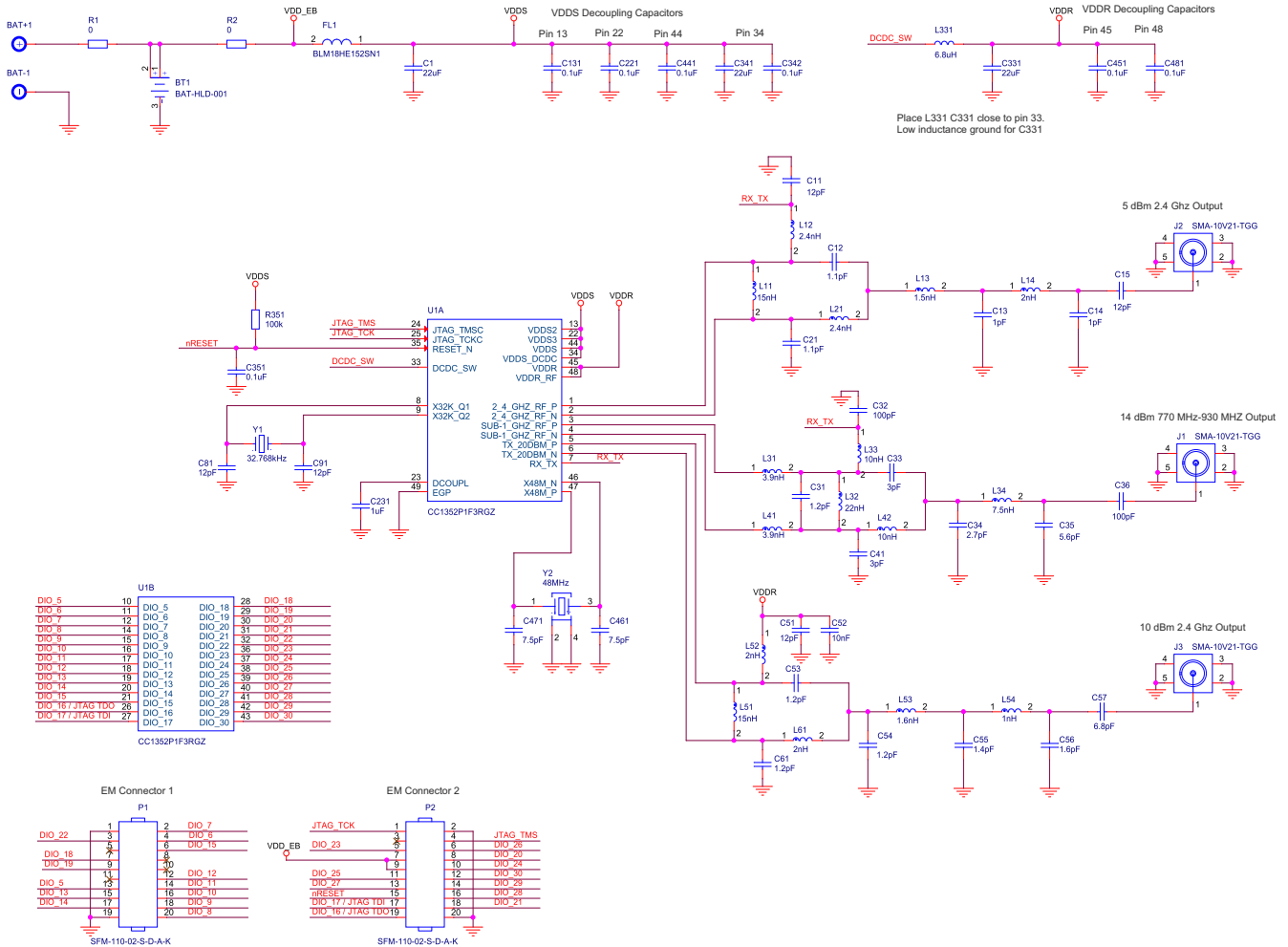


图 A-1. CC1352PEM-XD7793-XD24-PA24_10dBm 原理图

A.2 布局

下方的两个图展示了布局。图 A-2 所示为用于测试的完整电路板布局。图 A-3 所示为表明 VDDR 布线的放大版本。

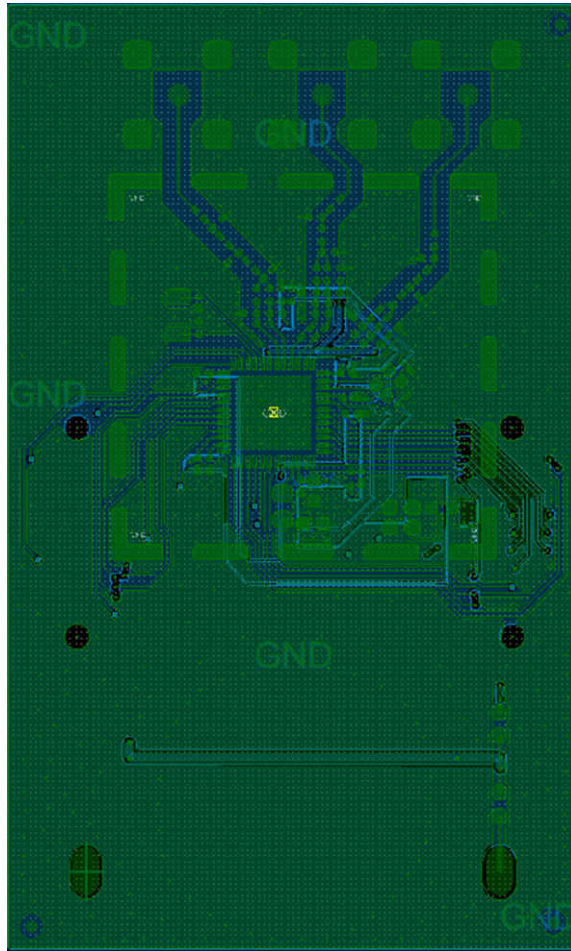


图 A-2. CC1352PEM-XD7793-XD24-PA24_10dBm 完整布局

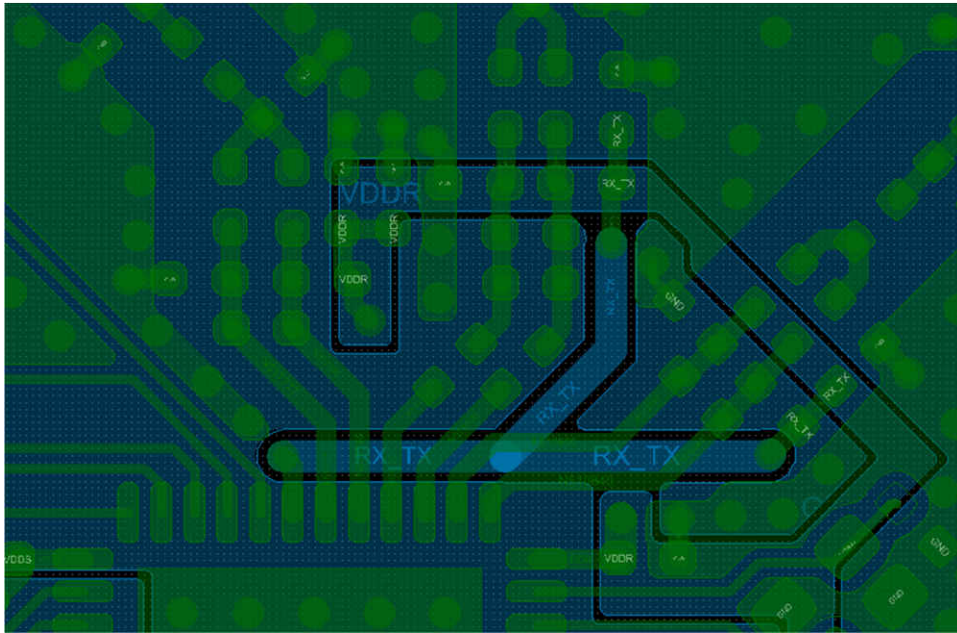


图 A-3. CC1352PEM-XD7793-XD24-PA24_10dBm 放大布局

B 参考文献

- [LAUNCHXL-CC1352P-2 设计文件](#)
- 德州仪器 (TI) : [具有集成式功率放大器的 CC1352P SimpleLink™ 高性能双频带无线 MCU 数据表](#)
- 德州仪器 (TI) : [具有集成式功率放大器的 CC2652P SimpleLink™ 多协议 2.4GHz 无线 MCU 数据表](#)

修订历史记录

注：以前版本的页码可能与当前版本的页码不同

Changes from Revision B (November 2019) to Revision C (December 2020)	Page
• 更新了整个文档中的表格、图和交叉参考的编号格式.....	2
• 对节 5 进行了更新.....	3

重要声明和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、某特定用途方面的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他功能安全、信息安全、监管或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 的销售条款](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款/TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

邮寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265

Copyright © 2022，德州仪器 (TI) 公司