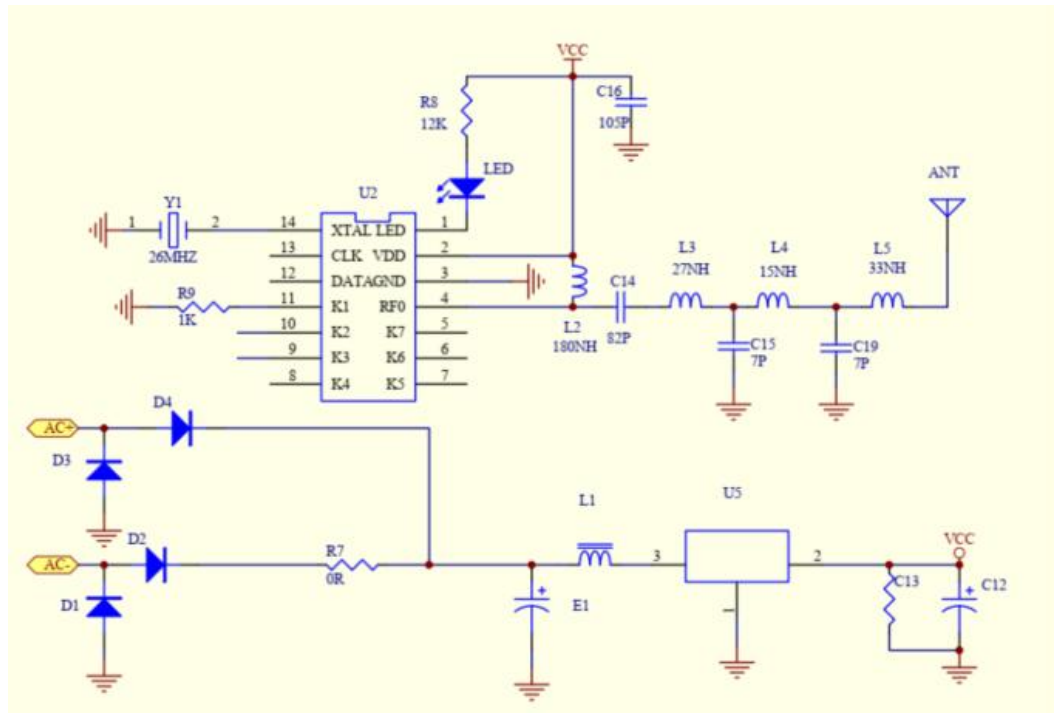


# 实习经历：

## 电路详解：



### 电路总体功能

这个电路是一个自发电无线模块，主要通过机械能发电，供电给无线通信模块（RF433芯片），并通过天线发送信号。核心模块包括：

**发电与整流模块**（左下角D1~D4、L1、E1等元件）

**稳压与滤波模块**（中部U5、C13、C12等元件）

**射频模块**（右侧U2、L3~L5、C15、C19等元件）

## 模块详细分析

### 1. 发电与整流模块

#### 元器件:

**发电机接口 (AC+, AC-) :** 通过机械运动驱动发电机, 产生交流电。

**整流二极管 (D1~D4) :**

**作用:** 将发电机的交流信号整流为直流信号。

**选型:** 采用肖特基二极管 (如1N5819), 具有低正向压降 (典型值0.2~0.4V), 减少功率损耗。

**滤波电容 (E1) :**

**作用:** 平滑整流后的脉动直流, 降低纹波。

**选型:** 一般选用大容量的铝电解电容 (如100μF~470μF), 根据纹波计算公式:

$$C = \frac{I}{f \cdot \Delta V}$$

其中  $I$  为负载电流,  $f$  为整流频率,  $\Delta V$  为允许的纹波电压。

### 2. 稳压与滤波模块

#### 元器件:

**电感 (L1) :**

**作用:** 与滤波电容 (E1) 组成π型滤波网络, 进一步抑制高频噪声。

**选型:** 根据负载电流和滤波需求选择合适的感值 (如10μH~100μH)。

**稳压模块 (U5) :**

**作用:** 将不稳定的直流电压稳定为3V, 供后级电路使用。

**选型:** 可采用低功耗LDO稳压芯片 (如AMS1117-3.3或XC6206P302MR)。

**滤波电容 (C13、C12) :**

**作用:** C13用于输入端滤波, C12用于输出端稳定。

**选型:** 一般选择陶瓷电容 (如10μF) 和电解电容组合, 低ESR值有助于减少输出噪声。

### 3. 射频模块 (RF433通信部分)

#### 元器件:

**晶振 (Y1, 26MHz) :**

**作用:** 为射频芯片 (U2) 提供时钟信号, 决定工作频率。

**选型:** 频率根据RF模块通信要求选择, 26MHz为标准频率, 要求稳定性高。

**射频芯片 (U2) :**

**作用:** 核心芯片, 负责编码调制信号并发送至天线。

**选型:** 此处可能是像CC1101或类似的低功耗RF芯片, 支持433MHz频段。

**天线匹配网络 (L3、L4、L5、C15、C19) :**

**作用:** 实现RF信号的阻抗匹配, 最大化信号传输效率。

**设计原理:**

根据天线的特性阻抗 (一般为50Ω) 设计L和C的值。

使用公式  $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$  确定谐振频率为433MHz。

**选型:**

电感L3~L5: 选择高Q值的贴片电感, 阻值如27nH、15nH和33nH。

电容C15、C19: 选用高精度、低损耗的贴片陶瓷电容。

R9 接入一个小电阻，根据我的理解是一个阻抗匹配的作用

#### 4. 指示与其他元件

元器件：

指示灯 (LED、R8)：

作用：指示工作状态。

选型：普通红色LED（正向压降约2V），R8的阻值通过公式  $R = \frac{V_{CC} - V_f}{I_{LED}}$  计算（一般取10kΩ）。

滤波电感 (L2) 与电容 (C14、C16)：

作用：提供射频电源的去耦功能，防止电源噪声影响RF性能。

### 主要贡献

在硬件设计中，参与了自发电无线智能门铃模块的研发。具体贡献包括：

在工程师的指导下，使用 Altium Designer 设计电路，优化电路中的滤波和信号传输，降低干扰。并完成 PCB 布局并解决信号完整性问题。  
遇到了什么问题：

在测试自发电无线智能门铃的过程中，发现 RF433 模块的信号接收端存在波形失真，导致数据通信频繁失败。经过初步排查，确认问题可能来自于 PCB 设计或供电模块。

问题定位：

初步排查：使用示波器观察RF模块信号引脚的波形，发现信号幅度波动较大，并且存在明显的高频干扰。

供电稳定性检查：进一步检测供电电压，发现在负载切换（如门铃按钮按下）时，电压从3V跌落到2.6V，未能维持稳定。

深入分析：

信号干扰来源：通过对比多个PCB的设计版本，发现RF模块附近的地线分布不均，可能引入了地环路干扰。

供电模块问题：整流后电路纹波较大，滤波电容容量不足，未能有效平滑电压波动。

## 解决措施：

### 调整PCB设计：

**优化地线布局：**重新设计地线网络，确保RF模块附近地线完整，并增加多点接地。

**调整信号线走线：**将高频信号线与低频电源线分离走线，避免耦合干扰。

### 供电优化：

增加滤波电容的容量（如E1由10 $\mu$ F提升至47 $\mu$ F），以减少纹波。

在稳压模块前增加一个LC滤波器，进一步降低输入电压的高频噪声。

## PCB 布线干扰最小化：

### 1. 确保信号干扰最小化的方法

#### 方法：

##### 关键信号线优化：

###### 走线宽度与阻抗匹配：

对关键信号线（如高频信号）进行宽度设计，通过加宽走线，减小传输阻抗。

采用50欧姆阻抗匹配设计，尤其在射频信号路径部分（如天线及滤波网络）。

###### 减少信号回流路径干扰：

信号线应尽量避免长距离、迂回布线，减少寄生电容和电感效应。

通过多点接地优化，缩短接地路径。

###### 保持层间信号完整性：

对于高速信号，建议采用分层布线，地层紧密贴近信号层，避免信号串扰。

##### 高频噪声处理：

关键信号附近增加去耦电容（如C14、C15）：

提供高频噪声旁路功能。

通过在射频芯片（U2）电源引脚附近布置去耦电容，滤除电源噪声。

###### 设置高频滤波网络：

如L3、L4、L5等电感，结合C15、C19构成LC滤波网络，限制高频噪声传播。

##### 多点接地设计：

使用地平面和多点接地优化，减少电磁干扰（EMI）。

在电路设计中，地线（如PCB中VSS）尽量保持低阻抗和完整性。



## RF 芯片模块密集布局导致干扰严重：

### 2. 面对挑战的应对措施

**挑战：**RF芯片、模块密集布局导致干扰严重

**原因分析：**

RF模块和电源模块靠得过近时，会引起传导干扰和辐射干扰。

噪声可能通过电源和地线耦合，干扰敏感信号（如RF信号的载波频率）。

**应对措施：**

**区域划分与屏蔽设计：**

**重新划分功能区：**

将高频RF模块和其他低频模拟模块分离，避免相互干扰。

射频模块和其他噪声源之间至少保持2倍PCB厚度的距离。

**屏蔽罩：**

对高频模块（如U2）增加金属屏蔽罩，将射频信号与外界电磁干扰隔离。

在屏蔽罩设计中，需要确保良好的接地连接。

**电源优化：**

**使用滤波电路：**

在电源输入处增加滤波器（如L1与C13形成 $\pi$ 型滤波网络），减少传导噪声。

**分布式去耦电容：**

在电源路径中合理分布多个去耦电容（如C14、C15、C19），改善电源稳定性。

**布线优化：**

天线信号线（ANT到L2的路径）单独布线，避免与其他模块走线交叉或平行布置。

优先布置关键信号，避免绕线和尖锐拐角。

**通过上述优化：**

**信号完整性提升：**

通过滤波、接地和屏蔽措施，降低噪声耦合对信号的干扰，保持信号稳定传输。

**抗干扰能力增强：**

高频信号干扰被有效抑制，低频信号部分也能通过滤波优化，避免干扰传递。

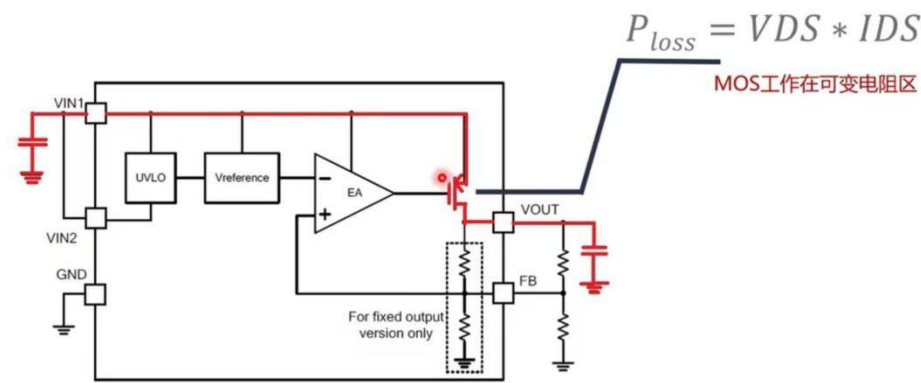
**设计规范性提升：**

符合射频信号传输的阻抗匹配要求，减少信号反射。

LDO 稳压芯片：

嘉立创EDA LDOs Low Drop Output

LDO MOS工作在可变电阻区，输入输出的压差由MOS承担，输出电压VOUT=VIN-VDS



可靠性分析

1. 自发电电路可靠性的设计措施

关键元件选择：

选用高质量的整流二极管（如D1-D4）和电容（如E1、C13、C12），确保耐高压、低损耗，延长元件寿命。

电感L1-L5选用高Q值低损耗的材料，以减少长期使用中的能量损耗。

RF芯片（U2）和天线接口采用耐高频干扰的设计，确保信号长期稳定传输。

稳压电路设计：

设计了稳压电路（L1、U5部分），确保即使负载或发电机输入变化时，输出依然稳定在3V左右。

使用去耦电容（如C14、C15），进一步抑制噪声对电路稳定性的影响。

机械部分：

发电机部分磁体和线圈采用抗腐蚀材料，适应恶劣环境下的长时间运转。

机械结构耐冲击设计，适应多次按钮操作中的反复振动和外力冲击。

## 2. 可靠性测试和验证

### (1) 长时间运行测试

**目的:**

确保电路在长时间连续工作下，电压稳定且元件无明显性能退化。

**测试内容:**

在实验室模拟环境下，对自发电模块进行连续运行测试（如持续按压按钮数千次，观察电压波形的稳定性）。

记录整流电路和稳压模块的输出波形，确保输出纹波始终保持在设计范围内。

### (2) 极端环境测试

**目的:**

验证电路在不同温度、湿度等环境下的性能表现。

**测试内容:**

低温/高温实验：模拟-20°C至70°C的温度环境，观察电路输出电压和射频模块的工作情况。

防潮实验：将电路放置在高湿环境中（如湿度90%以上），测试其绝缘性和电气性能。

耐冲击实验：反复测试按钮按压、振动和外力冲击对电路性能的影响。

### (3) 耐久性实验

**目的:**

验证电路寿命，模拟实际使用中的长期使用情况。

**测试内容:**

反复按压按钮的机械耐久性实验（如模拟用户按压10万次，观察发电机是否产生故障）。

统计实验中元器件的失效率，以评估整体电路寿命。