



螺旋天线制作 & ECG前端电路测试

金向东
2019.5

内容



- 螺旋天线原理
- 螺旋天线的制作与测试
- ECG前端电路测试

螺旋天线



将导线绕制成螺旋形线圈而构成的天线称为螺旋天线。通常它带有金属接地板（或接地网栅），由同轴线馈电，同轴线的内导体与螺旋线相接，外导体与接地板相连，其结构如图6 - 9 所示。螺旋天线是常用的圆极化天线。

螺旋天线的参数有：

$$\alpha = \arctg \frac{S}{C}$$

螺旋直径D；

螺旋天线的周长C， $C=\pi D$ ；

螺距S， $S=C \tan \alpha$ ；

螺距角 α ，

一圈的长度L， $L = \sqrt{C^2 + S^2}$ 圈数N；

轴向长度h， $h=NS$ ；

螺旋导线的直径d。

螺旋天线结构

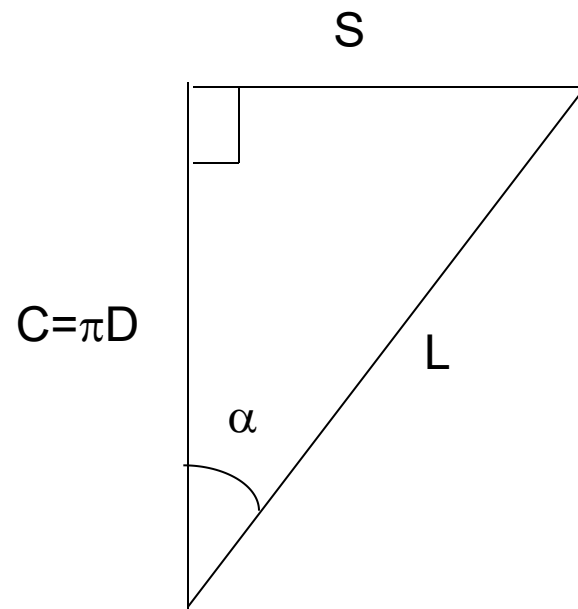
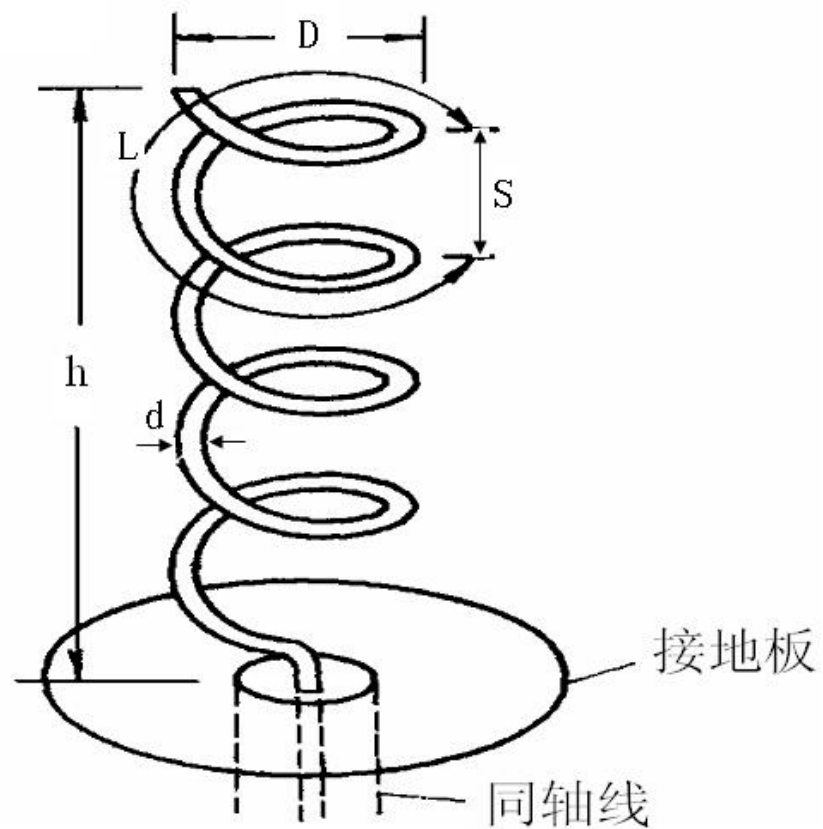


图 6-9 螺旋天线



- 一般认为，电磁波沿金属螺旋线以光速 C 作匀速运动
- 行径一个螺旋，所需时间为 $t = \pi D/C$
- 而对螺旋天线而言，其轴向电磁波只运动行进了一个螺距 S
- 其轴向等效速率： $u = S/t = C \cdot (S/\pi D)$
- 由上式可以看出， u 总是小于等于 C 的。故螺旋天线能使电磁波运动速度减慢，是一个慢波系统，其等效波长 λ 小于工作波长 λ 。对于螺旋天线而言，应谐振于其 $1/4$ 等效波长，因而能缩短螺旋天线的几何长度。

Commercial RH Helical Antenna (100-160 MHz)

(Courtesy: Seavey Engineering Associates)



Copyright©2005 by Constantine A. Balanis
All rights reserved

Chapter 10
Traveling Wave and Broadband Antennas

螺旋天线的辐射特性

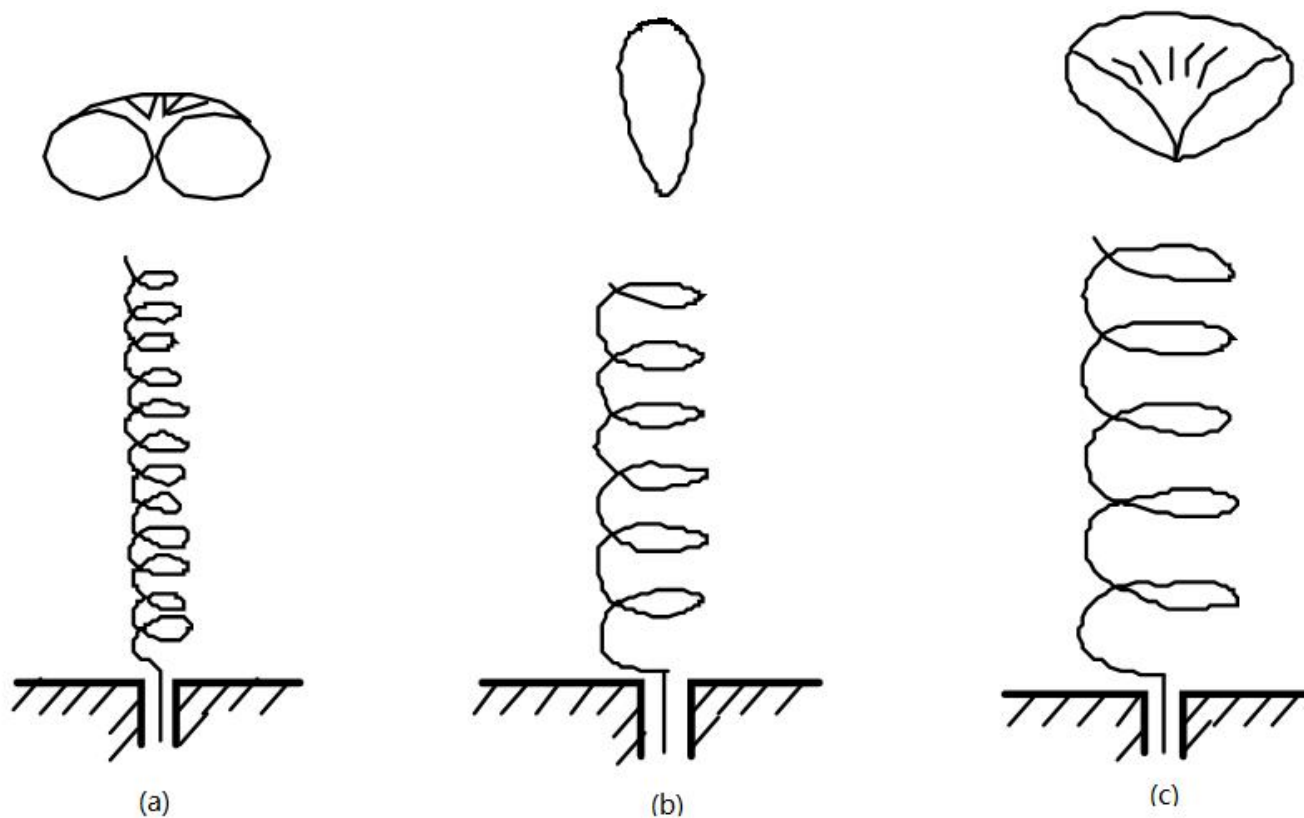


图 6-10 螺旋天线的辐射特性与螺旋的直径的关系



螺旋天线的辐射特性

- ① $D/\lambda < 0.18$ 时, 天线的最大辐射方向在与螺旋轴线垂直的平面内, 称为法向模式, 此时天线称为法向模式天线, 如图6- 10(a)所示。
- ② 当 $D/\lambda \approx 0.25 \sim 0.46$ 时, 即螺旋天线一圈的长度 c 在一个波长左右的时候, 天线的辐射方向在天线的轴线方向, 此时天线称为轴向模式天线, 如图 6 - 10(b)所示。
- ③ 当 $D/\lambda > 0.5$ 时, 天线的最大辐射方向偏离轴线分裂成两个方向, 方向图呈圆锥形状, 称为圆锥模式天线, 如图 6-10(c)所示。



1. 法向模式螺旋天线

- 由于法向模螺旋天线的直径电尺寸较小, 其辐射场可以等效为电基本振子与磁基本振子辐射场的叠加, 且它们的电流振幅相等, 相位相同, 如图 6 - 11(a)所示。
- 每一圈螺旋天线的辐射场为: $\vec{E} = \hat{\theta}E_{\theta} + \hat{\phi}E_{\phi}$
 - 式中, E_{θ} 和 E_{ϕ} 分别是电基本振子与磁基本振子的辐射场。

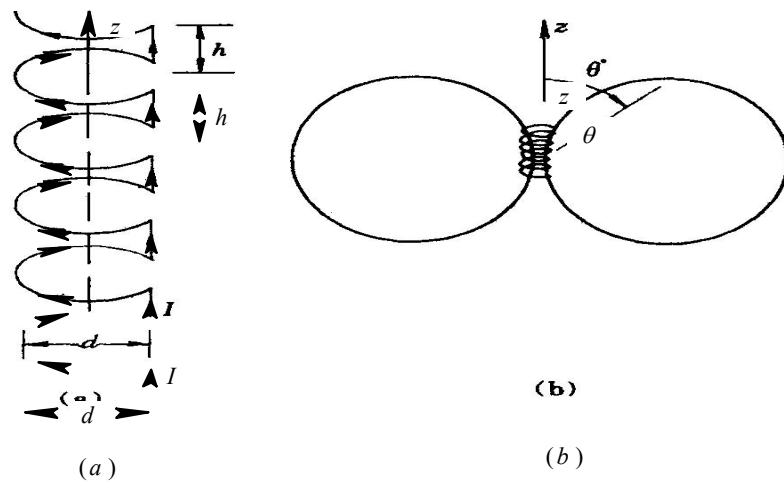
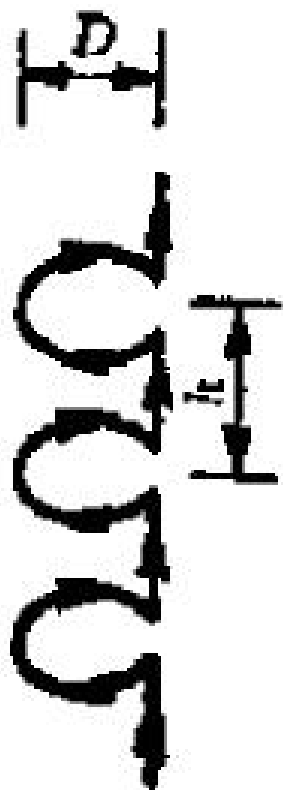


图 6 - 11法向模螺旋天线的辐射特性分析

(a) 电基本振子与磁基本振子的组合; (b) E_{θ} , E_{ϕ} 方向图



尺寸远小于波长，可近似认为电流振幅和相位沿全长都是同相的。

一圈螺旋可近似为小电流环和电偶极子的叠加。

对于法模螺旋天线，由于 $D \ll \lambda$ ，辐射近似为垂直极化波。



法向模式的螺旋天线应用：移动通信设备天线



长度约为四分之波长，高度小于四分之波长的单极子天线

通常为垂直线极化

与同样长度的短单极子天线相比具有更大的辐射电阻，便于匹配

2. 轴向模螺旋天线



- 当 $D/\lambda \approx 0.25 \sim 0.45$ 时, 螺旋天线的一圈的周长接近一个波长, 此时天线上的电流呈行波分布, 则天线的辐射场呈圆极化, 其最大辐射方向沿轴线方向。
- 由于螺旋天线的螺距角较小, 可将一圈螺旋线看作是平面圆环, 设一圈的周长等于 λ 。

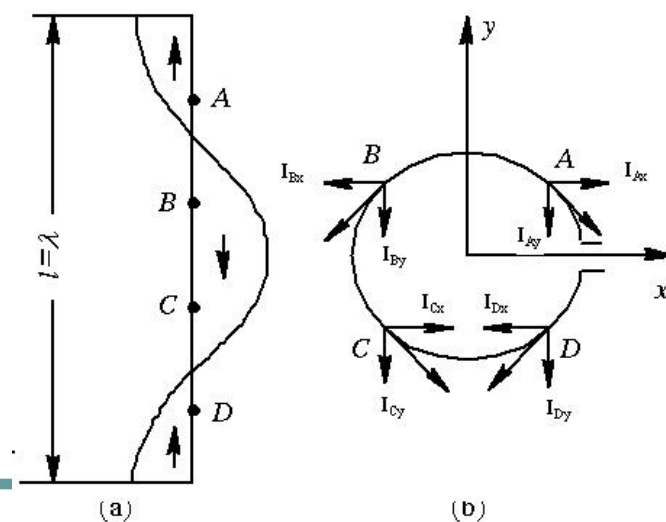
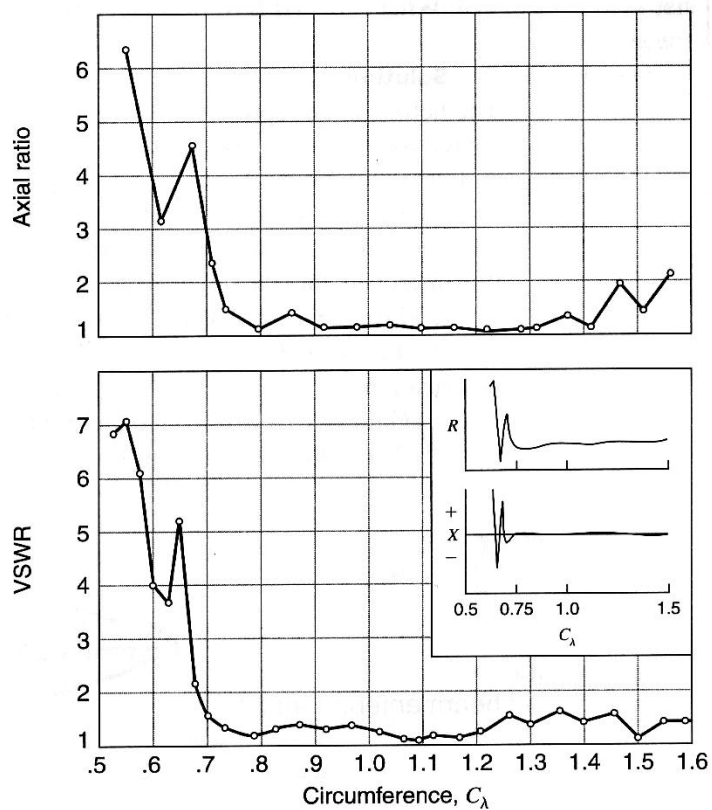


图 8 - 4 平面环的瞬时电流分布

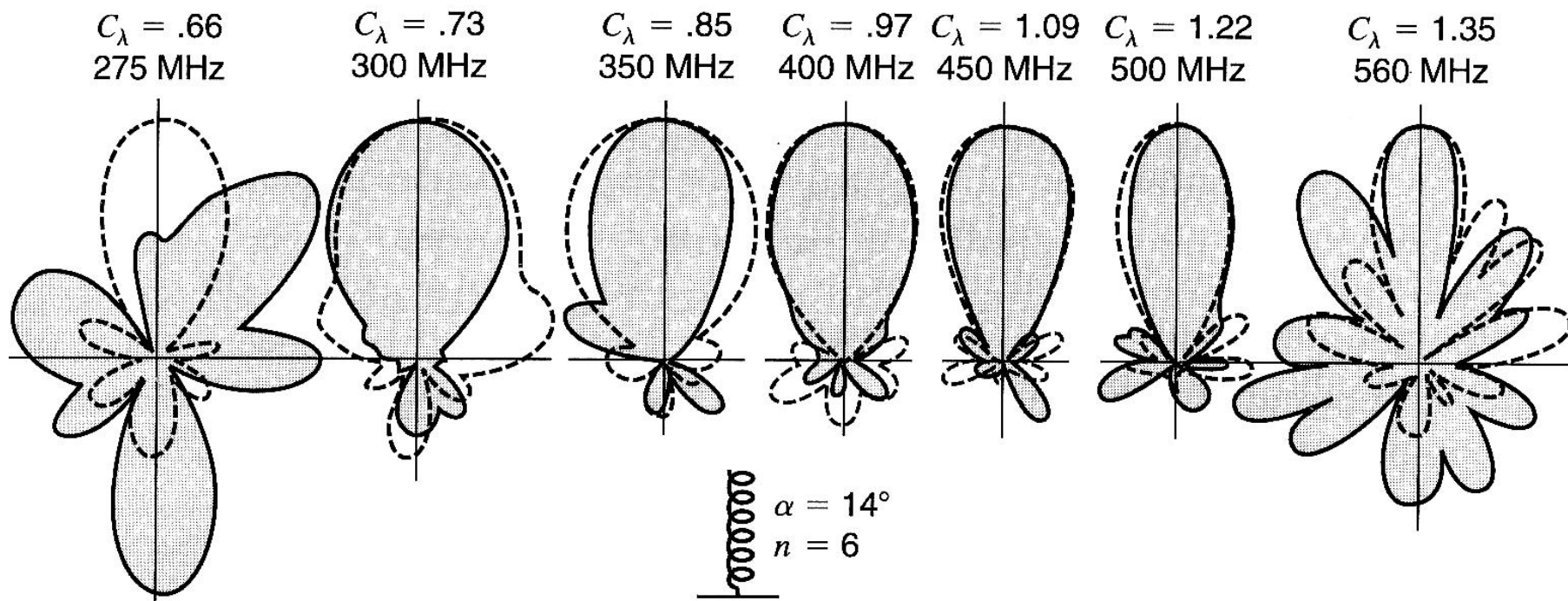
轴向螺旋天线的工作特性



工作频带较宽，输入阻抗近似为纯电阻

辐射场在轴向方向为圆极化

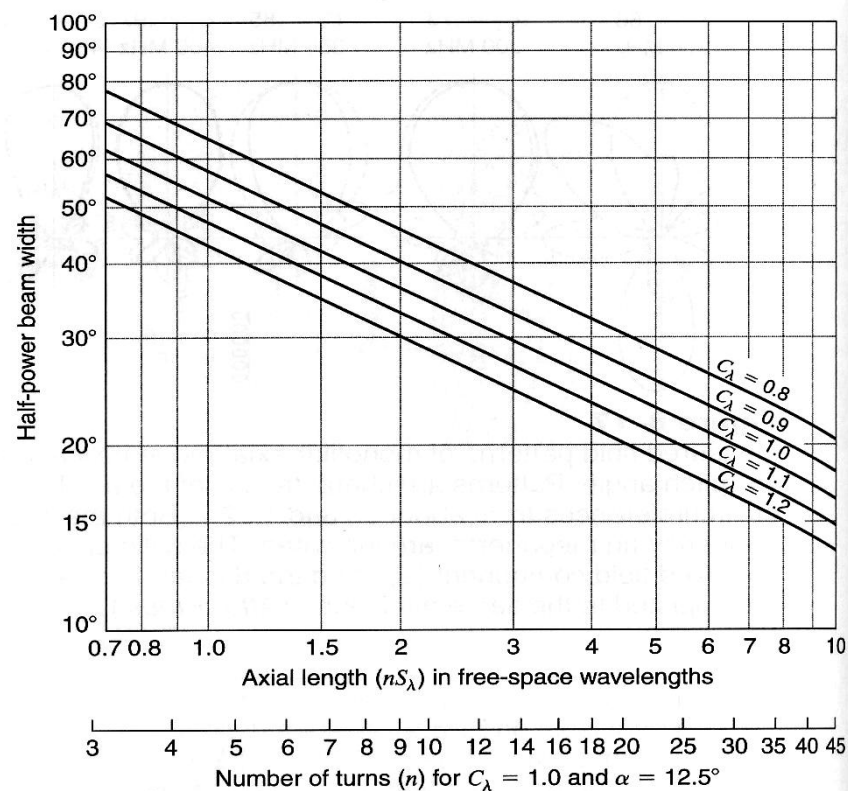
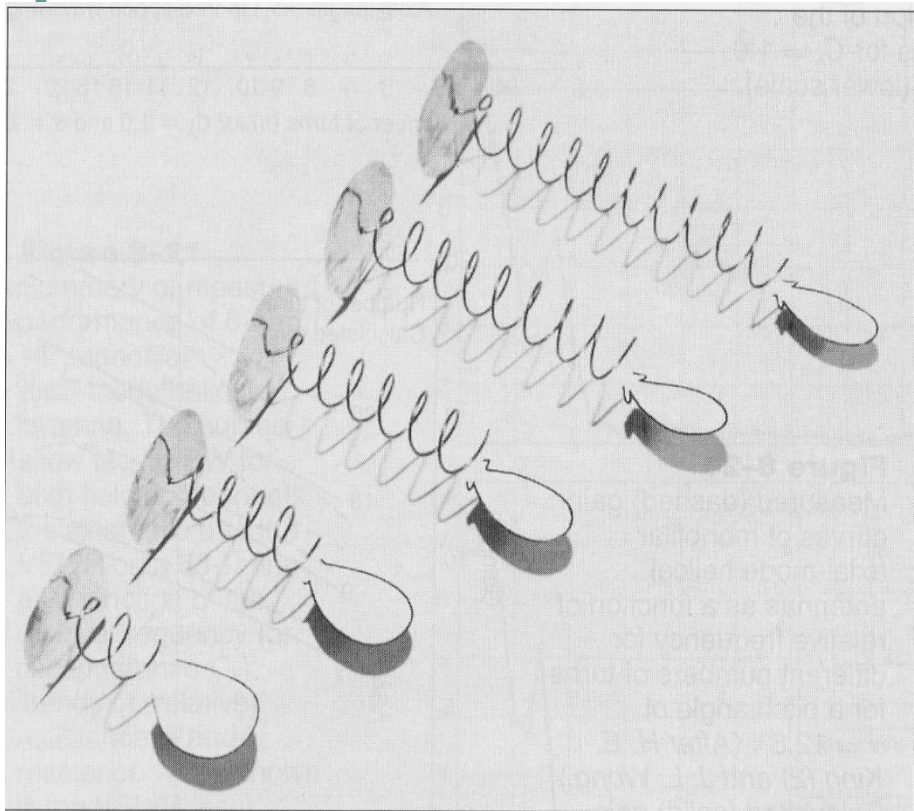
轴向模式螺旋天线的辐射方向图



(J. D. Kraus: Antenna)



轴向模式螺旋天线的主瓣宽度与圈数和周长关系



轴向模式螺旋天线的应用：卫星通信



天线阵





螺旋天线制作参数计算

- 对于工作于一定中心频率的通讯机来说，其所需绕的线圈数 N 可以由下式近似算出：

- 式中：

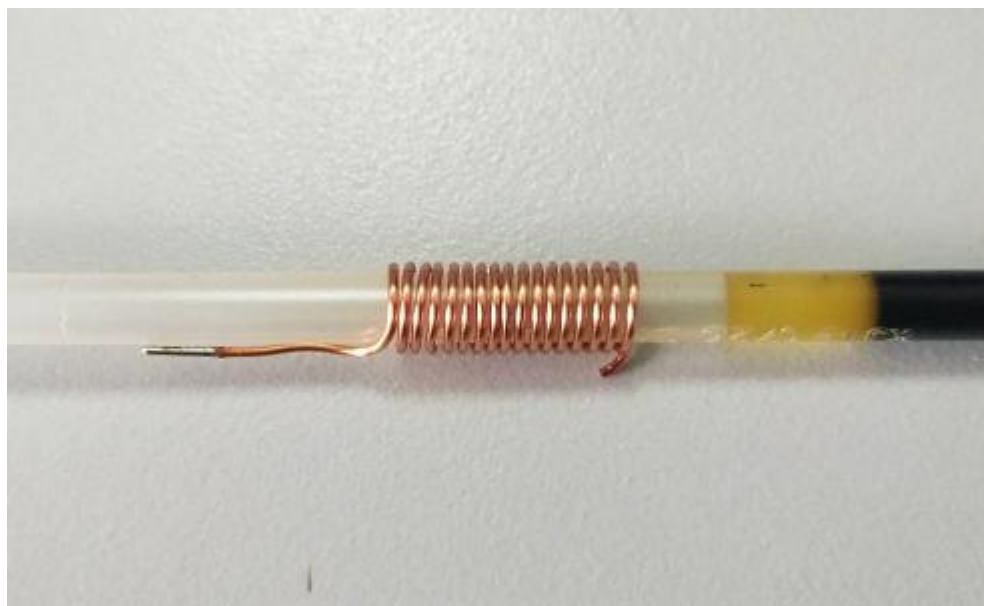
$$N = \frac{30}{fD} \left(\frac{L}{D} \right)^{\frac{1}{5}}$$

- f 是工作中心频率；
- D 是螺旋天线直径；
- L 是螺旋天线长度；
- N 是螺旋圈数；
- 另外
 - 螺距： $u=L/N$
 - 所需金属线长度： $l=N\pi D$ 。

螺旋天线制作



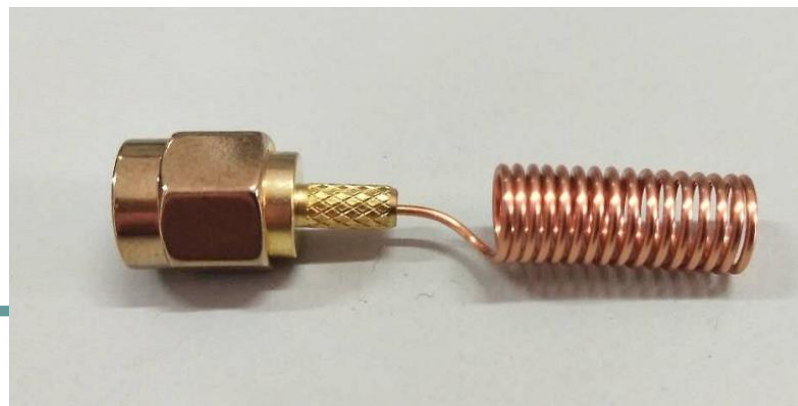
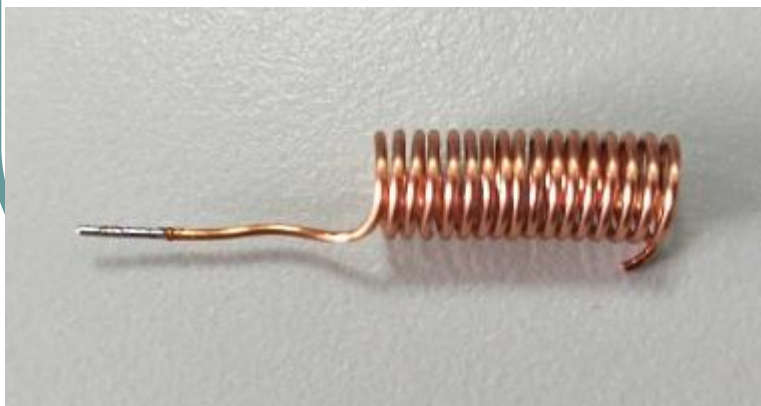
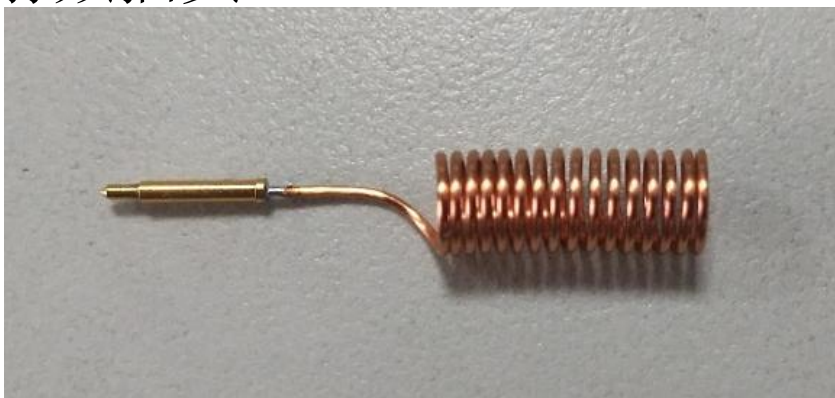
- 取线径0.6mm左右，长度为350mm左右的漆包线
- 在5mm左右的圆棒（可以用水笔芯）上紧密绕制



螺旋天线制作



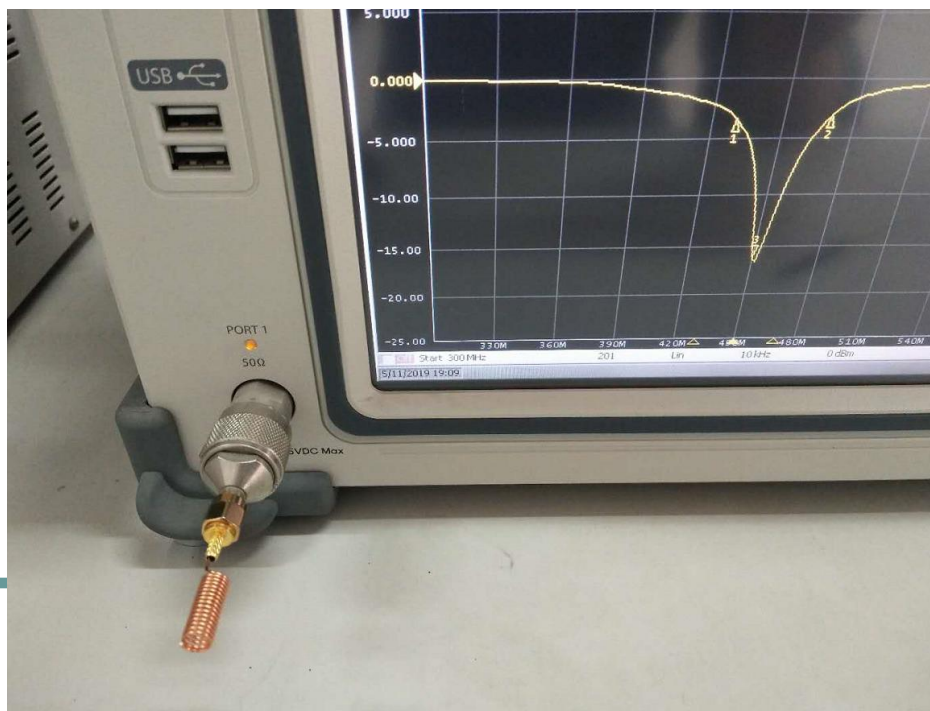
- 从骨架中脱开，并可适当拉松到螺距为1mm左右
- 焊接SMA针
- 装配SMA射频插头



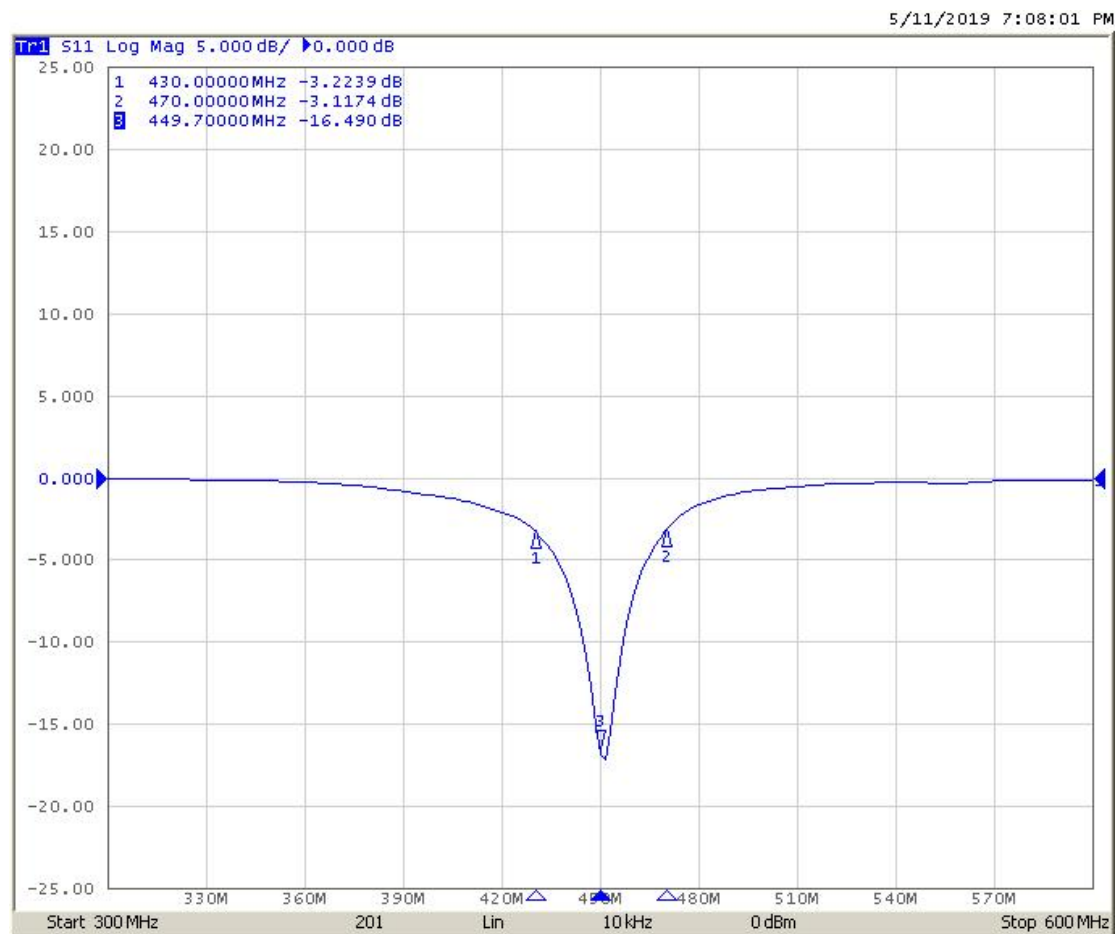
螺旋天线制作



- 采用矢量网络分析仪，测量天线的S11
- 初始状态，吸收频率会比较低（400MHz以下），说明圈数过多
- 通过调整圈数（可以用斜口钳剪掉几圈），把吸收频率调整到所要求的的发射频率附近。



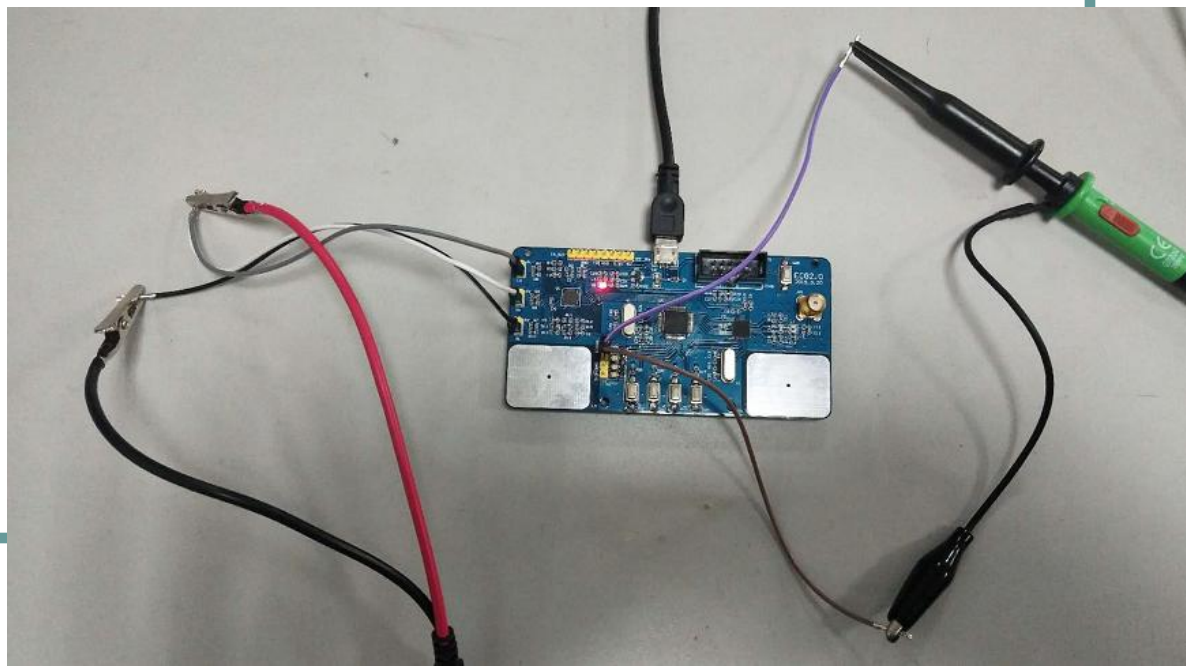
实测的S11参数



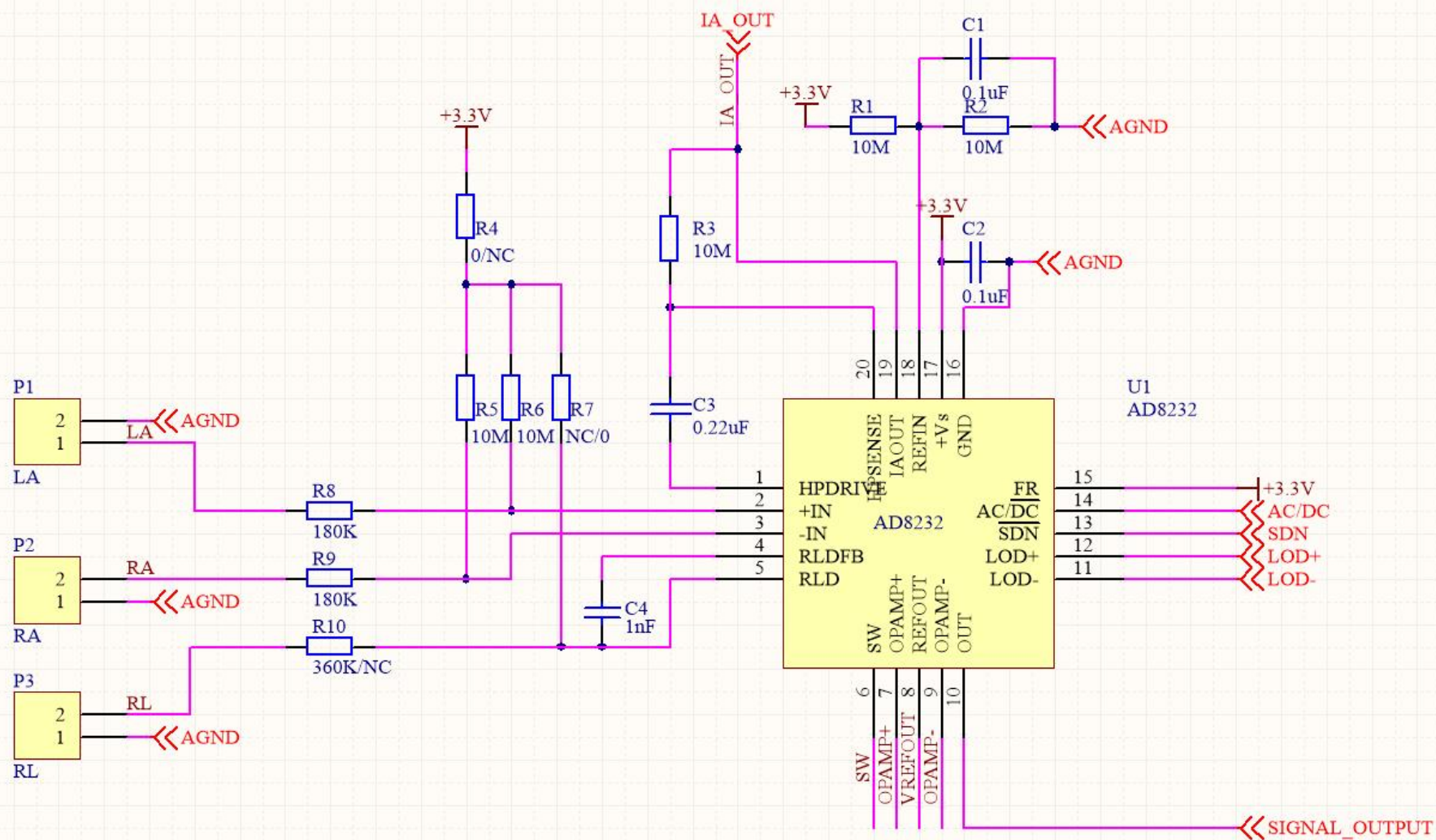


ECG前端电路测试-测试系统连接

- 供电：
 - USB, or P5的GND 和 5V脚
- 输出：P6-Signal，采用P6-VrefOut作为示波器的参考（接探头鳄鱼夹），去除直流影响，方便观察小信号。
- 输入：先用杜邦线连接信号源，进而进行生物电测试。



ECG采集前端



ECG前端电路测试-电器测试



- 共模抑制比测试

- 频率：20Hz，差模信号输入幅度：5mVp-p，共模信号输入幅度1000mVp-p
- 右脚驱动作为公共端

- 幅频特性测试

- 调整合适的输入信号幅度，是的输出不失真
- 测试频率范围：5Hz-100Hz

- 脉冲波测试

- 输入信号幅度：5mVp-p
- 频率：2Hz
- 占空比：5%



ECG前端电路测试-生物电测试



- 两手手指搭到测试点，观察前置输出信号
- 加右脚驱动，比较输出信号的变化

