

作业案例

已知参数

射频信号参数: $f_{IF} = 125\text{MHz}$ 、 $B = 40\text{MHz}$

ADC参数: f_s 范围 $80 - 125\text{MHz}$ 、 14bit 、电压范围 $-1.5 - 1.5\text{V}$

设计任务

1. 确定ADC的 f_s
2. 采样前后信号频谱
3. 输入0dBm的正弦信号，量化值范围？（输入电阻 50Ω ）
4. NCO的频率？
5. 用MATLAB设计LP，并画出频响特性

设计过程

首先考虑Nyquists低通采样定理：一个带宽限制在 $0 - f_{max}$ 的时间连续信号，可以唯一地由一系列时间间隔不大于 $1/(2f_{max})$ 的均匀采样值决定。

$f_H = 125 + B/2 = 145\text{MHz}$, $f_s > 2f_H = 290\text{MHz}$, ADC不支持

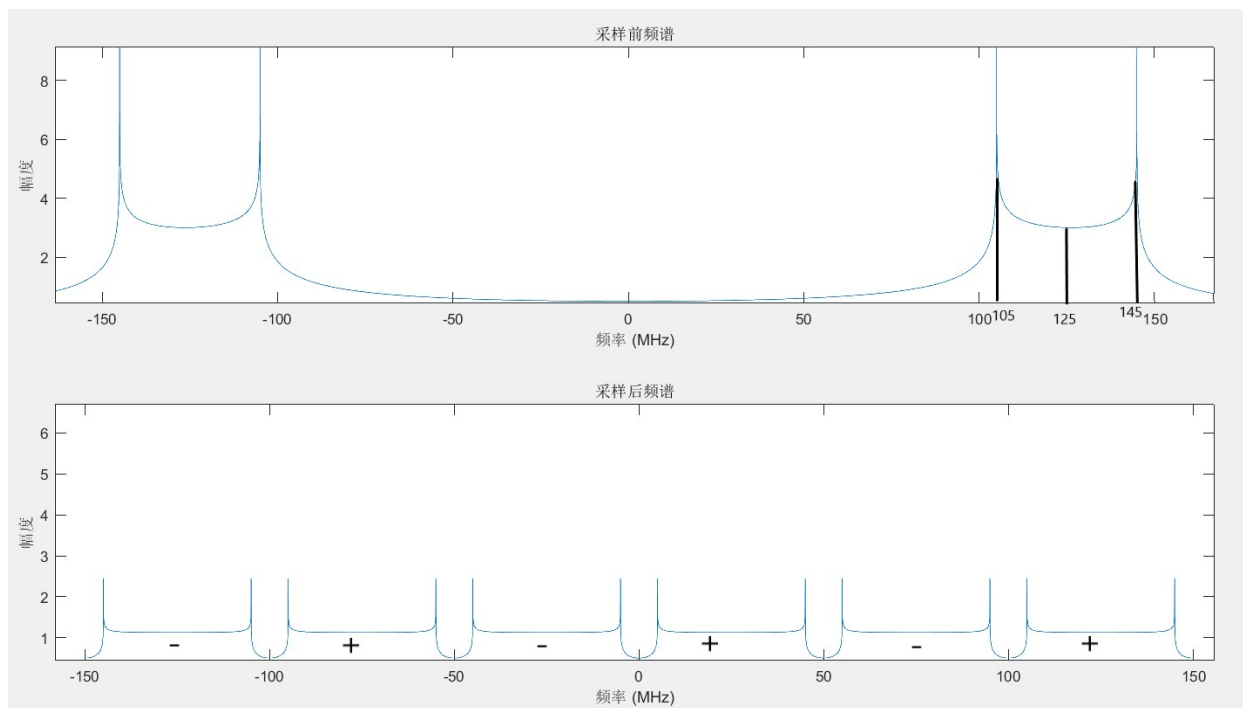
故考虑带通采样定理

信道处理带宽为 B ，则根据带通采样定理，有：

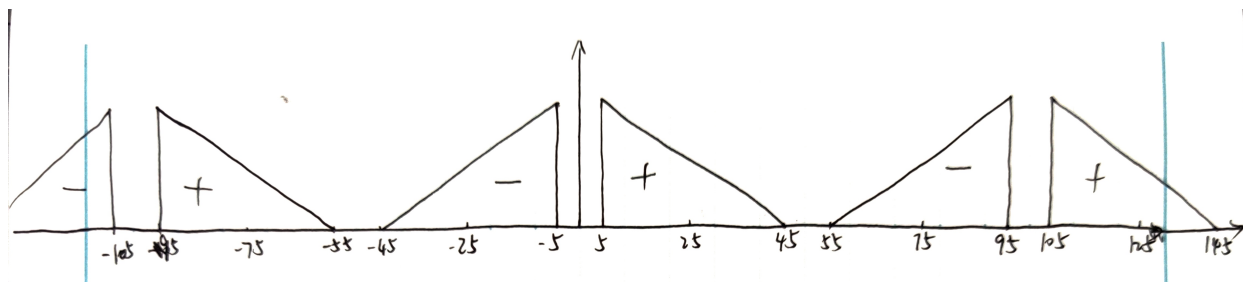
$$\begin{cases} B = \frac{2f_o}{2M+1} = \frac{250\text{MHz}}{2M+1} \geq 40\text{MHz} \\ f_s = 2B \\ 80 \leq f_s \leq 125 \end{cases}$$

解得 $M = 2$ ，此时采样频率 $f_s = 100\text{MHz}$ ，信号处理带宽 $B = 50\text{MHz}$ 。

采样前后信号如图：



手画版本:



0 dBm对应的电压是1 mW在50 Ω 电阻下的电压,

可以使用公式 $V = \sqrt{P \times R}$ 计算得到:

$$V_{\text{有效}} = \sqrt{0.001W \times 50\Omega} = 0.2236V$$

由于正弦波的峰值电压是RMS电压的 $\sqrt{2}$ 倍,

因此输入信号的峰值电压为:

$$V_{\text{peak}} = 0.224 \times \sqrt{2} \approx 0.316V$$

因此, 输入信号的峰峰值为:

$$V_{pp} = 2 \times V_{\text{peak}} = 0.632V$$

对于14位ADC, 它的电压量化范围是-1.5V到1.5V, 量化电平就是 $1.5V - (-1.5V)/2^{14} = 183.1\mu V$ 。

因此, 输入信号的量化值范围为:

$$V_{pp}/(183.1\mu V) \approx 3451.67$$

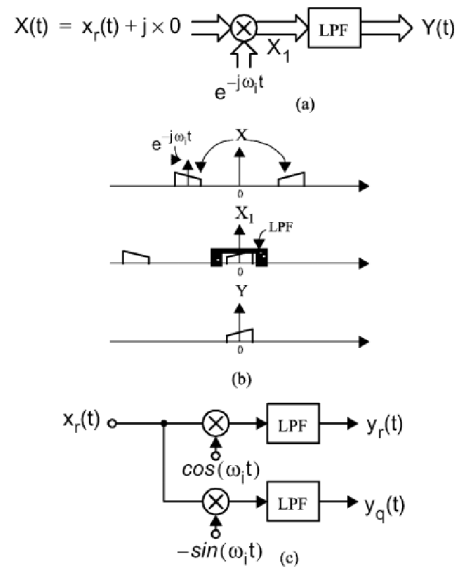
即输入信号的峰峰值可以分成3452个量化级别。

正交解调的本振频率:

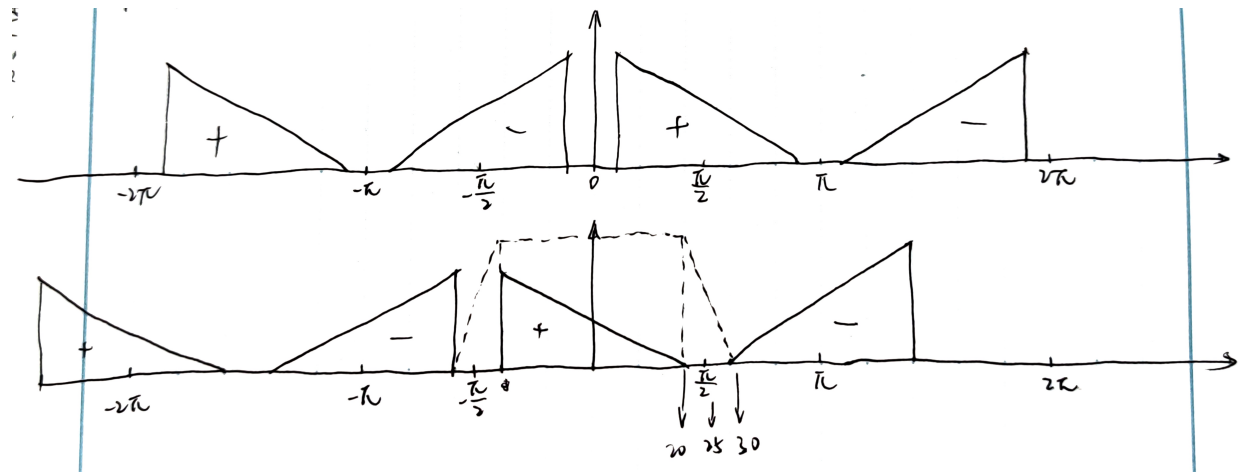
$$\omega_L = 2\pi \frac{f_0}{f_s} = 2\pi \frac{f_0}{\frac{4f_0}{2M+1}} = \left(M + \frac{1}{2}\right)\pi = \frac{5}{2}\pi$$

故NCO的数字角频率可以是 $\frac{1}{2}\pi$ ，此时本振频率为25MHZ

根据

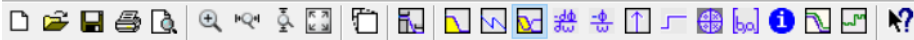


频谱将被向左搬移 $\frac{1}{2}\pi$ ，如图所示



所以需要设计一个通带截止频率为20，阻带截止频率为30的低通滤波器。

我们选取阶数较低，比较好实现的IIR巴特沃斯低通数字滤波器，在MATLAB中进行设计：



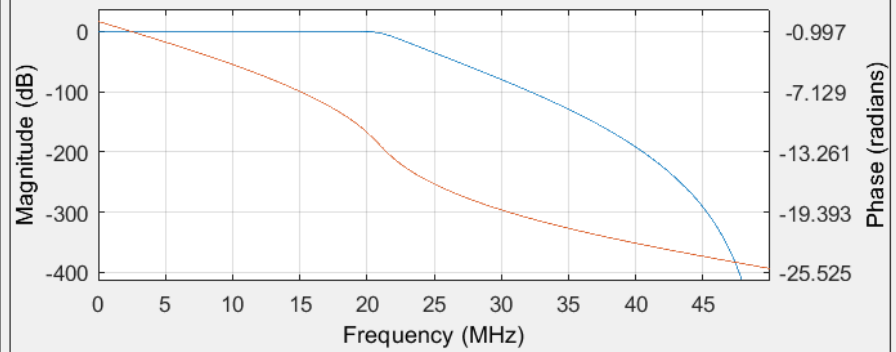
Current Filter Information

Structure: Direct-Form II,
Second-Order Sections
Order: 16
Sections: 8
Stable: Yes
Source: Designed (quantized)

Store Filter ...

Filter Manager ...

Magnitude Response (dB) and Phase Response



Response Type

- ☒ Lowpass
☐ Highpass
☐ Bandpass
☐ Bandstop
☐ Differentiator

Design Method

- ☒ IIR Butterworth
☐ FIR Equiripple

Filter Order

- ☐ Specify order: 10
☒ Minimum order

Options

Match exactly: stopband

Frequency Specifications

Units: MHz
Fs: 100
Fpass: 20
Fstop: 30

Magnitude Specifications

Units: dB
Apass: 1
Astop: 80

Design Filter

Ready