

参考如下

Programming Chirp Parameters in TI Radar Devices TI雷达设备中的Chirp参数编程)

2.1.1 Maximum Range

在汽车自适应巡航控制(ACC)等应用中，能够看到一个遥远的物体(> 150m)是很重要的。探测一个遥远的物体会被接收到的信号的SNR或者是雷达支持的IF带宽所限制。

(1)IF带宽

$$d_{max} = \frac{f_s c}{2S}$$

最大距离和IF带宽的关系在等式1中被显示。

TI的AWR2243的雷达设备提供了20MHz的大带宽，AWR1243提供15MHz的带宽，2944具有5GHz 的可用带宽，在斜率slope上使用有更大的灵活性，这间接地有助于增加最大速度，稍后将会看到。

- 注意，IFmax还取决于所使用的ADC采样频率(ADCsampling)。在complex 1x采样模式下，中频带宽被限制为0.9*(ADCsampling)。在complex 2x和实数采样模式下，中频带宽被限制为0.9*(ADCsampling) / 2。在TI的雷达上最大的ADC采样率是45MHz(AWR22xx)和37.5MHz(AWR1xxx)

(2)信噪比(SNR)

取决于：

雷达设备的RF性能，如TX输出功率、RX噪声系数以及chirp参数如chirp持续时间和在frame中chirp的数量 天线参数，如感兴趣方向上的TX和RX天线增益 目标特性，如雷达散射截面(RCS)。RCS是测量物体反射回来的能量。这决定了雷达传感器对目标的探测程度 检测算法 检测目标所需的最小SNR

基于SNR的 $Range_{max} = \sqrt[4]{\frac{P_t G_{RX} G_{TX} c^2 \sigma N T_r}{f_C^2 (4\pi)^3 * k T * N F * SNR_{det}}}$

Pt代表的是Tx输出功率 GRX， GTX代表的是RX和TX天线的增益 σ \sigma \sigma代表的是物体的截面积 N代表的是chirp的数量 Tr代表的是chirp的时间 NF代表的是接收器的噪声系数 SNRdet代表的是对于检测一个物体算法所需要的SNR k代表的是玻尔兹曼常数 Tdet代表的是环境温度

2.1.2 Range Resolution

在许多应用中，能够将两个间距很近的对象分解为两个独立的对象是很重要的，而不是把它作为一个整体来检测。两个物体之间的最小距离本检测为单独的物体称为距离分辨率。这主要取决于雷达传感器提供的chirp扫描带宽。扫描带宽越大，范围分辨率越好。TI的雷达设备支持4GHz的扫描带宽，允许最低的距离分辨率大约为4cm。

$$d_{Res} = \frac{c}{2B}$$

2.2.1 Maximum Velocity

与距离一样，物体的相对速度是另一个重要的参数。在快速调频连续波调制雷达中最大可测速度取决于chirp的周期时间，即，两个连续的chirp开始的时间差。这又取决于执行频率扫描的速度和允许的最小inter-chirp时间 MMIC的频率的斜率越快，最大无模糊速度就越高。TI的MMIC允许100MHz/us。此外，闭环锁相环closed loop PLL的设计是为了支持快速的频率斜率。因此，对于VCO从ramp频率的末端到重新启动下一个斜坡的时间是非常低的，并且允许更短的空闲时间（低至2us）。对于最小空闲时间的计算，见第5节。最大无模糊速度：

$$v_{max} = \frac{\lambda}{4T_c}$$

实际测量的最大速度可以使用更高级的算法来扩展到超过最大无模糊速度（2944使用毫米波雷达解速度模糊算法（CRT））

2.2.2 Velocity Resolution

在泊车辅助等应用中，您可能需要用速度差异较小分离出物体，以便需要更好的速度分辨率。速度分辨率主要取决于传输帧的持续时间，也就是说，在frame中增加chirp的数量可以提高速度分辨率 最大无模糊速度

$$\text{velocity} = \frac{\lambda}{2 * N * T_C}$$

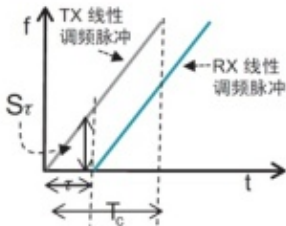
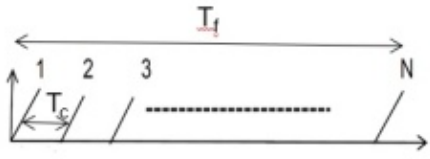
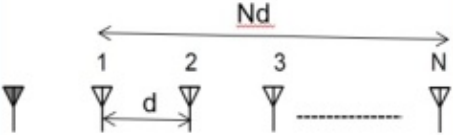
N代表的是在一个帧中chirp的数量

2.3.1 Angular Resolution

角度估算和最大角视场参考

《TI官方白皮书毫米波传感器基础知识中文版.pdf》

《毫米波雷达学习笔记（看官方版）.pdf》

 <ul style="list-style-type: none">• 距离$d = \frac{fc}{2S}$• 距离分辨率$d_{res} = \frac{c}{2B}$• 最大测量距离$d_{max} = \frac{F_s C}{2S}$	 <ul style="list-style-type: none">• 速度$v = \frac{\lambda \Delta \phi}{4\pi T_c}$• 速度分辨率$v_{res} = \frac{\lambda}{2T_f}$• 最大测量速度$v_{max} = \frac{\lambda}{4T_c}$	 <ul style="list-style-type: none">• 角度$\theta = \sin^{-1}\left(\frac{\lambda \Delta \phi}{2\pi d}\right)$• 角度分辨率$\theta_{res} = \frac{\lambda}{Nd \cos(\theta)}$• 最大测量角度$\theta_{max} = \sin^{-1}\left(\frac{\lambda}{2d}\right)$
---	--	--

3 Chirp Configurations for Common Applications

雷达在汽车领域最常见的应用包括近程雷达(通常安装在角落)和中远程雷达(通常是正面的) 本节介绍了22m USRR、45m SRR、125m MRR和225m LRR用例的chirp配置。需要注意的是，这些只是一般的示例配置，并且有可能根据用户的特定系统的性能要求来更改参数。Sample chirp配置和使用案例对于各种TI的mmwave雷达设备在特定于设备的概述白皮书中被展示。

表1：Example Chirp Configurations for Typical Applications

Parameter	Units	LRR	MRR	SRR	USRR
Max unambiguous range	m	225	125	45	22.5
Sweep bandwidth	MHz	300	540	750	1500
Ramp slope	MHz/us	10	12	15	30
Inter-chirp duration	us	8	10	12	50
Number of chirps	-	256	128	128	128
Range resolution	m	0.50	0.28	0.20	0.1
Chirp duration	us	30	45	50	50
Max unambiguous relative velocity ⁽¹⁾	kmph	92.28	63.75	56.56	35.3
Max beat frequency	MHz	15	10	4.5	4.5
ADC sampling rate (complex)	Msp/s	16.67	11.11	5.00	5.00
Number of samples per chirp		500	500	250	250
Range FFT size	-	512	512	256	256
Frame time (total)	ms	9.728	7.04	7.94	12.8
Frame time (active)	ms	7.68	5.76	6.4	6.4
Radar data memory required	KB	2048	1024	512	512

https://blog.csdn.net/Xiao_jie123

注意，通过使用更高层次的算法，最大速度可以提高超过最大无模糊速度。

4 Configurable Chirp RAM and Chirp Profiles

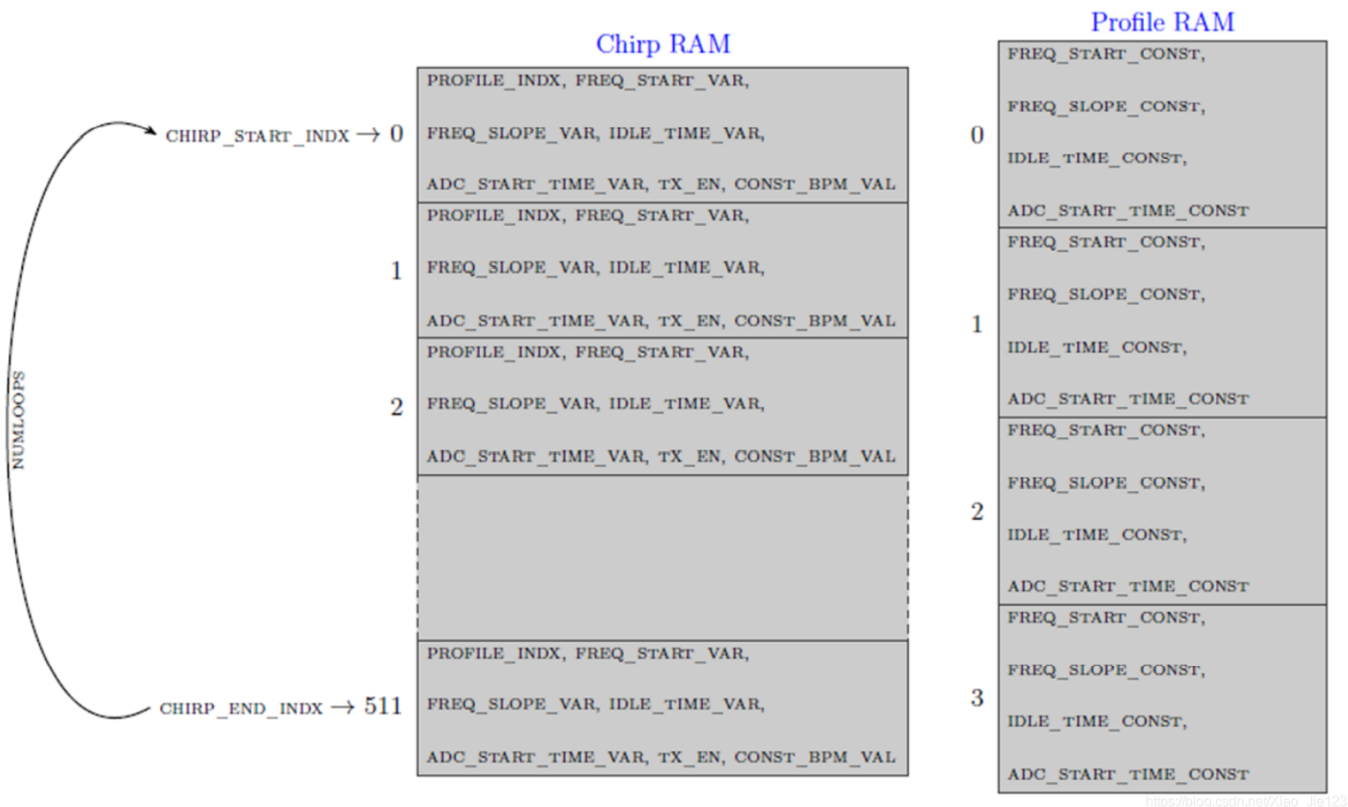
TI雷达设备允许你在frame内定义chirp或者 profiles来控制chirp的参数，以及通过chirp configuration RAM在这些profiles上的变化。chirp profiles是基本的chirp时序模板，用于定义一个或多个定义中存在显示差异的chirp变量参数(开始频率、斜率、空闲时间等)。雷达设备允许你设置4个不同的chirp profiles。此外，最多512个独立的chirps可以预先编程并存储到chirp配置的RAM中。在RAM中的每个chirp定义能属于4个配置文件中的一个，并且可以在某些参数值中，有选择地与其父profile不同。一个frame会然后在chirp配置RAM中包含从起始索引到结束索引的chirps序列，最多可以循环255次。每个chirp配置文件可控制的参数为：

开始频率 频率的斜率 空闲时间 ADC开始时间 斜坡结束时间

chirp配置的RAM中的每个chirp可以具有较小的抖动值，这些值可以被添加到profile RAM中的profile参数。这些是：

起始频率变量 频率斜率变量 空闲时间变量 ADC开始时间变量

chirp RAM和profile RAMs在图6中被描述： 图6： Chirp and Profile RAM Memory Allocation



5 Chirp Timing Parameters

5.1 Idle Time

所需的最小空闲时间由合成器缓降的稳定时间决定，是一个带宽下降的函数。对于一些典型的带宽合成器下降的时间如表3所示： 表3： Typical Synthesizer Ramp Down Times for Different Modulation Bandwidths

Ramp Bandwidth	Synthesizer Ramp Down Time (μs)
< 1 GHz	2
> 1 GHz and < 2 GHz	3.5
> 2 GHz and < 3 GHz	5
> 3 GHz	7

https://blog.csdn.net/Xiao_jie123

表3能直接用来设置最小的空闲时间，这些案例是针对采样率为5Msps或者更高。然后，对于低采样率(<5Msps)，还有另一个限制需要，当在最小空闲时间进行编程的时候需要被记住。这是来自于sigma-delta ADC抽取链中的数字管道延迟。因此，最短空闲时间可能比表3所示的值稍长一点。chirp参数配置计算器应用程序(radar studio中的一部分)同时也处理这个限制，并提供了建议的空闲时间。

5.2 ADC Start Time

ADC启动时间对正确的芯片功能没有严格的最低要求。然而，在这个参数值和"chirp开始"信号的质量之间有一个折衷包络沉降，取决于以下因素：

合成器PLL斜坡上升稳定时间，它是斜坡坡度的函数 HPF阶跃响应设置，这是HPF转角频率的函数 IF/DFE LPF稳定时间，它是DFE输出模式和采样率的函数

chirp定时参数配置计算器实用程序在计算中考虑了这些方面的建议值。 用户还可以考虑其他因素，例如来自与基于最终用例目标的最大往返延迟，这个可以从实体程序添加到建议的ADC开始时间。用户也可以选择实用比建议值较小的值，以降低总的inter-chirp间隔，通过权衡结算的质量。

5.3 Ramp End Time

斜坡结束时间是(a)ADC开始时间，(b)ADC采样时间和 (c) 在斜坡结束时超过斜坡时间的总和。对于超过斜坡时间没有硬性要求。然而，在过度倾斜的数量和"chirp的结束"之间，又有一个权衡沉降性能。决定所需过度倾斜的主要因素是IF/DFR滤波延迟，这也是DFE输出模式和采样率的函数。 chirp定时参数配置计算器应用程序考虑这些因素对于这些参数给出推荐的值 表4: Typical IF/DFE Filtering Latencies as a Function of DFE Mode and Output Sampling Rate

DFE Mode	DFE Sampling Rate (Mpsps)	IF/DFE Filtering Latencies (µs)
Complex1x	16.7	0.3
	10	0.5
	5	1.0
Real/Complex2x	33.3	0.1
	16.7	0.2
	10	0.4
	5	0.8

6.2 Individual Transmitter Binary Phase Modulation (BPM)

TI的雷达设备允许每个发射机输出0度或180度进行调制。这允许通过使用互不相关的二进制码同时使用多个发射机。因此，有效地提高了信噪比。 相位配置由"Bpmcfg" API来完成。有关BPM和MIMO雷达的详细信息，参见MIMO Radar。

7 Basic Chirp Configuration Programming Sequence

TI的mmwave link APIs为MMIC提供了简单的接口，并提供了充分的灵活性来配置所有基于应用和要求的chirp参数。每个API和参数说明见"毫米波雷达接口的控制文件"。图10显示了对于配置chirp和frame要遵循的典型序列 图10: Radar Configuration Sequence

