

# Frequency Modulation

Fábio Demo da Rosa

Universidade Federal de Santa Maria  
Pós-Graduação em Ciência da Computação  
Disciplina de Robótica Móvel

*faberdemo@gmail.com*

25 de Agosto de 2023

- ① Introdução
- ② VRSS Automotive Collision Avoidance Radar
- ③ VORAD Vehicle Detection and Driver Alert System
- ④ Safety First System Vehicular Obstacle Detection and Warning System
- ⑤ Millitech Millimeter Wave Radar

# Introdução I

- O *Frequency Modulated Continuous Wave Radar* (FMCW), ou Radar de Onda contínua com Modulação de Frequência, é uma técnica alternativa ao Phase-shift measurement;
- Transmissão de uma onda eletromagnética contínua modulada por um sinal triangular periódico que ajusta a frequência da portadora acima e abaixo da frequência média  $f_0$ ;
- O transmissor emite um sinal que varia em frequência como uma função linear do tempo;

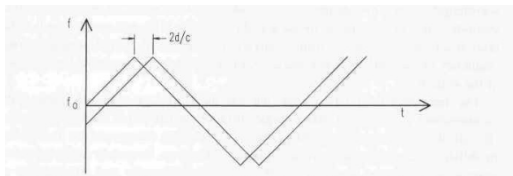
$$f(t) = f_0 + at \quad (1)$$

- Onde:
  - $a = \text{some constant}$ ;
  - $t = \text{elapsed time}$ .
- O sinal é refletido no alvo e chega ao receptor em um tempo  $t + T$

$$T = \frac{2d}{c} \quad (2)$$

# Introdução II

- Onde:
  - $T = \text{round-trip propagation time};$
  - $d = \text{distance to target};$
  - $c = \text{speed of light}.$



Fonte: (EVERETT, 1995)

**Figura 1:** A curva de frequência recebida é deslocada ao longo do eixo do tempo em relação à frequência de referência.

- O sinal recebido é comparado com o sinal referência obtido diretamente do transmissor;

# Introdução III

- A curva de frequência recebida será deslocada ao longo do eixo de tempo, por um período igual ao tempo necessário para a onda se propagar e retornar;
- Devido ao efeito Doppler, pode ocorrer um deslocamento no eixo de frequência.
- As duas frequências da 1, quando combinadas em um misturador, produzem uma frequência de batida  $f_b$ :

$$F_b = f(t) - f(T + t) = aT \quad (3)$$

- A *frequency beat* é a medida usada para calcular a distância do objeto (alvo):

$$d = \frac{F_b c}{4F_r F_d} \quad (4)$$

- Onde:
  - $c$  = range to target;
  - $d$  = speed of light;
  - $F_b$  = *beat frequency*;

# Introdução IV

- $F_r = \text{repetition (modulation) frequency}$ ;
- $F_d = \text{total FM frequency deviation}$ .
- A medida da distância é proporcional a diferença ou *frequency beat*;
- Os avanços no controle de onda de diodos laser permite essa tecnologia de alcance com radar ser usada com lasers.
- A *frequency-modulation* apresenta vantagens sobre a *phase-shift measurement*, já que não apresenta ambiguidade quando medindo uma única distância;
- Entretanto, possui desvantagens associadas com a linearidade e repetibilidade da *frequency ramp*, assim como a coerência do feixe de laser em sistemas ópticos;
- Sendo assim, a maioria dos

# Recurrent Neurons and Layers I

- Semelhante a uma Feedforward Neural Network, sem conexões apontando para trás;

# Recurrent Neurons and Layers I

- Semelhante a uma Feedforward Neural Network, sem conexões apontando para trás;



# Recurrent Neurons and Layers I

- Semelhante a uma Feedforward Neural Network, sem conexões apontando para trás;

# Recurrent Neurons and Layers I

- Semelhante a uma Feedforward Neural Network, sem conexões apontando para trás;

EVERETT, H.R. **Sensors for Mobile Robots**. [S.l.]: CRC Press, 1995. ISBN 9781439863480.  
Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=s0BZDwAAQBAJ>.

# Frequency Modulation

Fábio Demo da Rosa

Universidade Federal de Santa Maria  
Pós-Graduação em Ciência da Computação  
Disciplina de Robótica Móvel

*faberdemo@gmail.com*

25 de Agosto de 2023