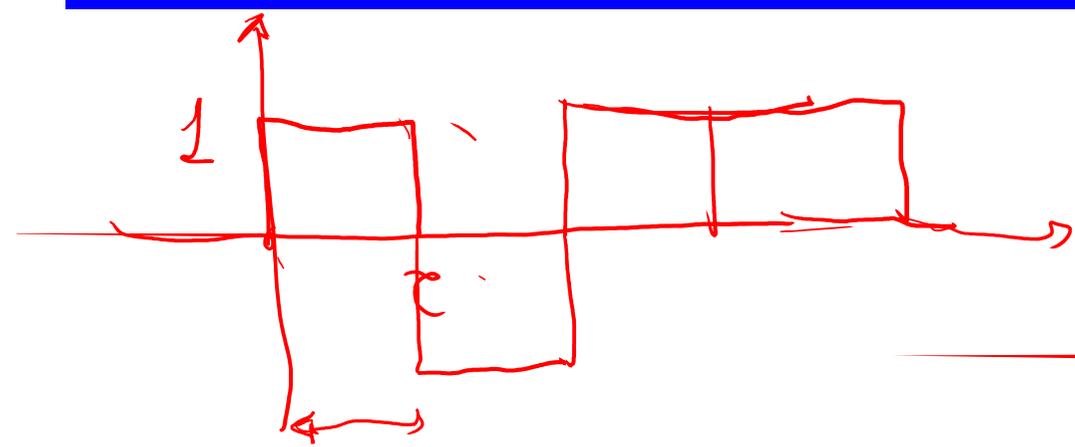


---

# Forme d'onda con modulazione di fase

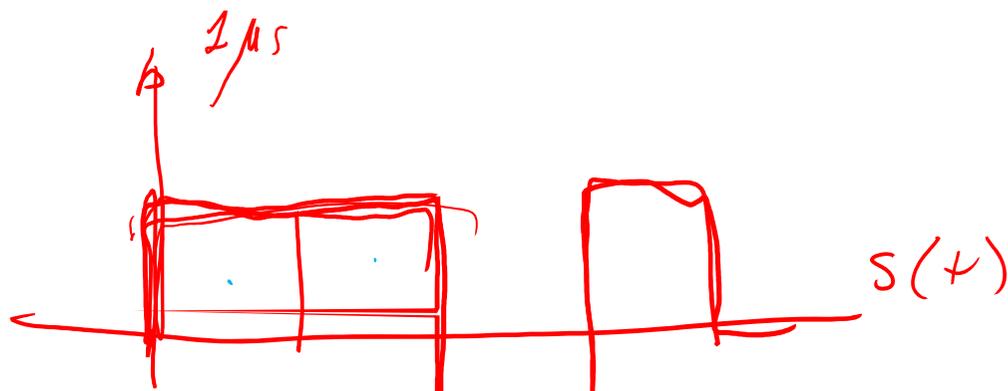
*Pierfrancesco Lombardo*

$$B = 1 \text{ MHz} \quad \tau = \frac{1}{B} = 1 \mu\text{s}$$



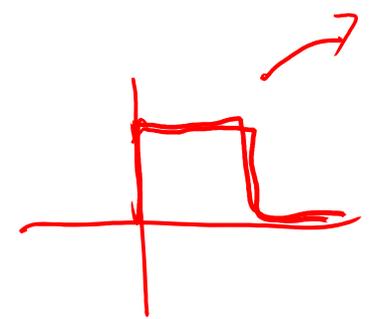
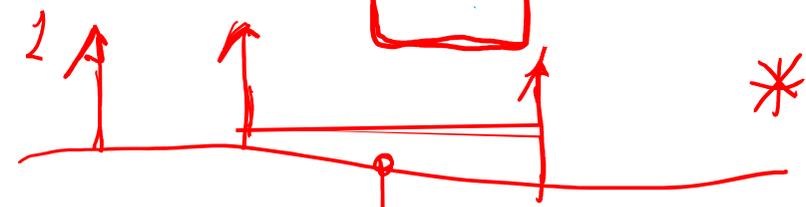
1 MHz

4 μs



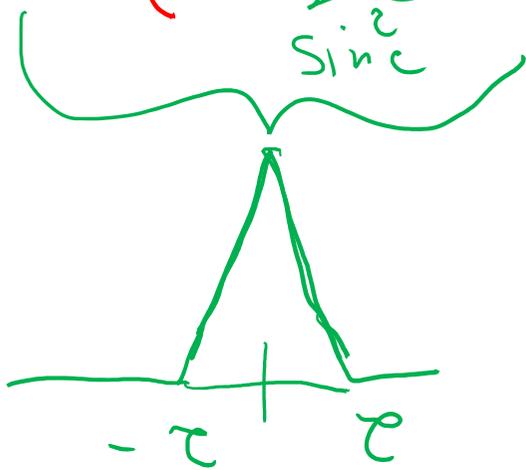
$$S(f) = \mathcal{F}\{\text{rect}\}$$

$$\bullet \mathcal{F}\{\sum s\}$$



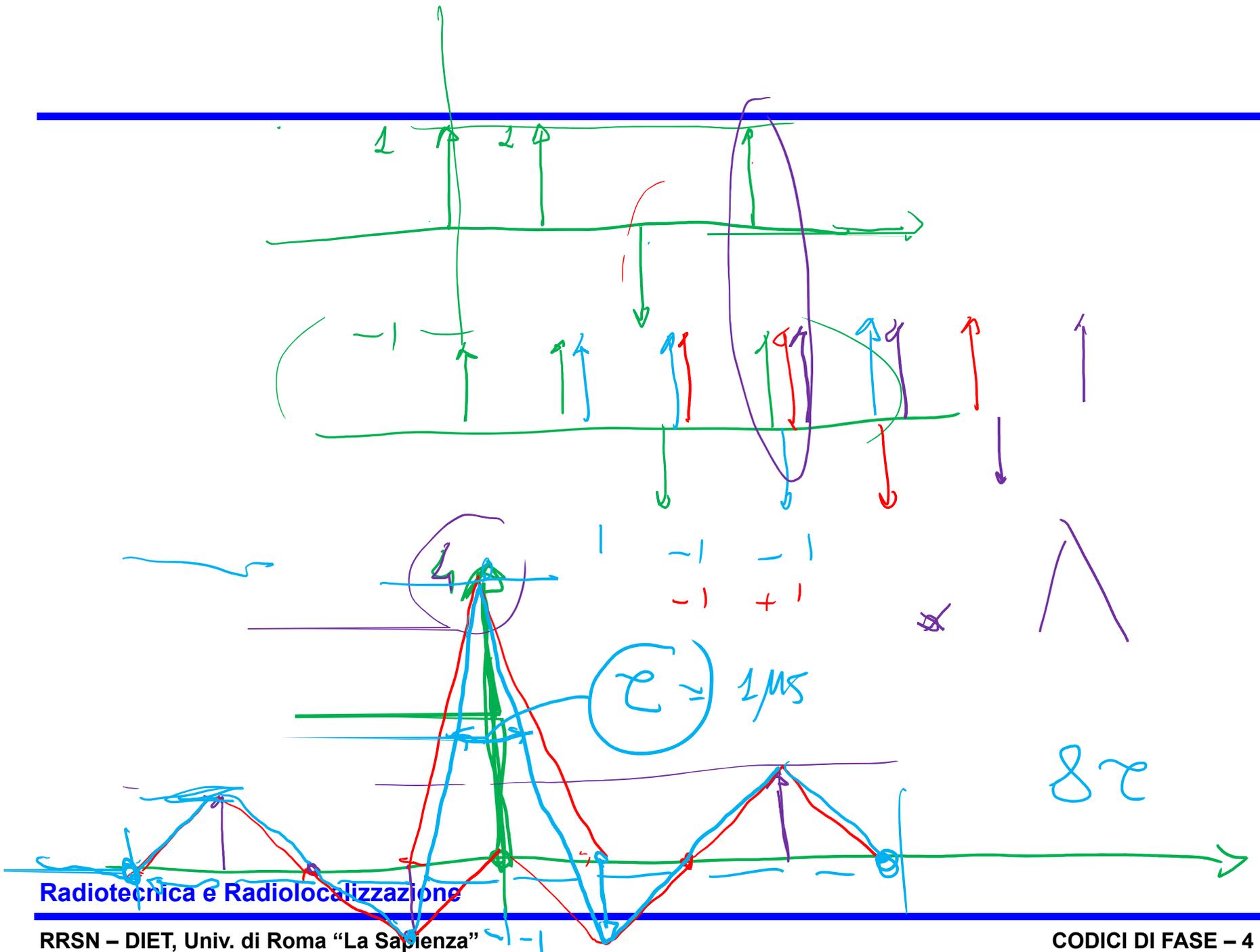
$$Y(f) = |F\{\text{rect}\}|^2 \cdot |F\{\Sigma s\}|^2$$

$$y(t) = \mathcal{F}^{-1}\{|F\{\text{rect}\}|^2\} * \mathcal{F}^{-1}\{|F\{\Sigma s\}|^2\}$$



\*

autocorreln  
seq. di  $\tau_c$



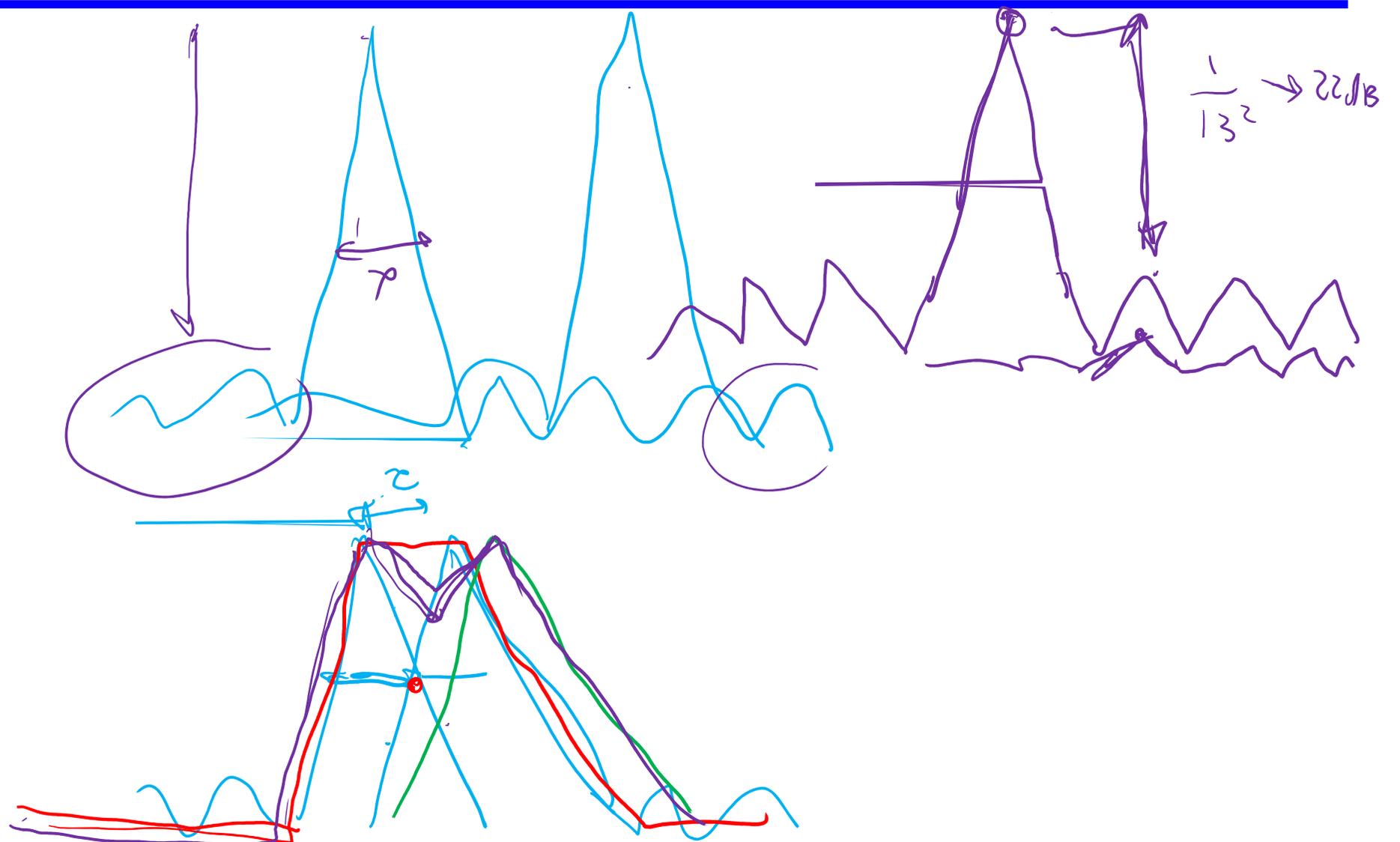
# Forme d'onda con codifica di fase

---

$$s_0(t) = \frac{1}{\sqrt{N\tau_p}} \sum_{n=0}^{N-1} s_{0n}(t - n \cdot \tau_p)$$
$$s_{0n}(t) = e^{j\phi_n} \text{rect}_{\tau_p} \left( t - \frac{\tau_p}{2} \right) = \begin{cases} e^{j\phi_n}, & 0 \leq t \leq \tau_p \\ 0, & \text{altrove} \end{cases}$$

**Barker**  
**Frank**  
**P3 e P4**  
**P(n,k)**

- **Codici bi-fase:**
  - facili da implementare
  - permettono buon controllo dei lobi laterali
  - non forte tolleranza alla frequenza Doppler
- **Codici poli-fase:**
  - tendono ad avere migliore tolleranza alla frequenza Doppler
  - tendono a permettere un miglior controllo dei lobi laterali

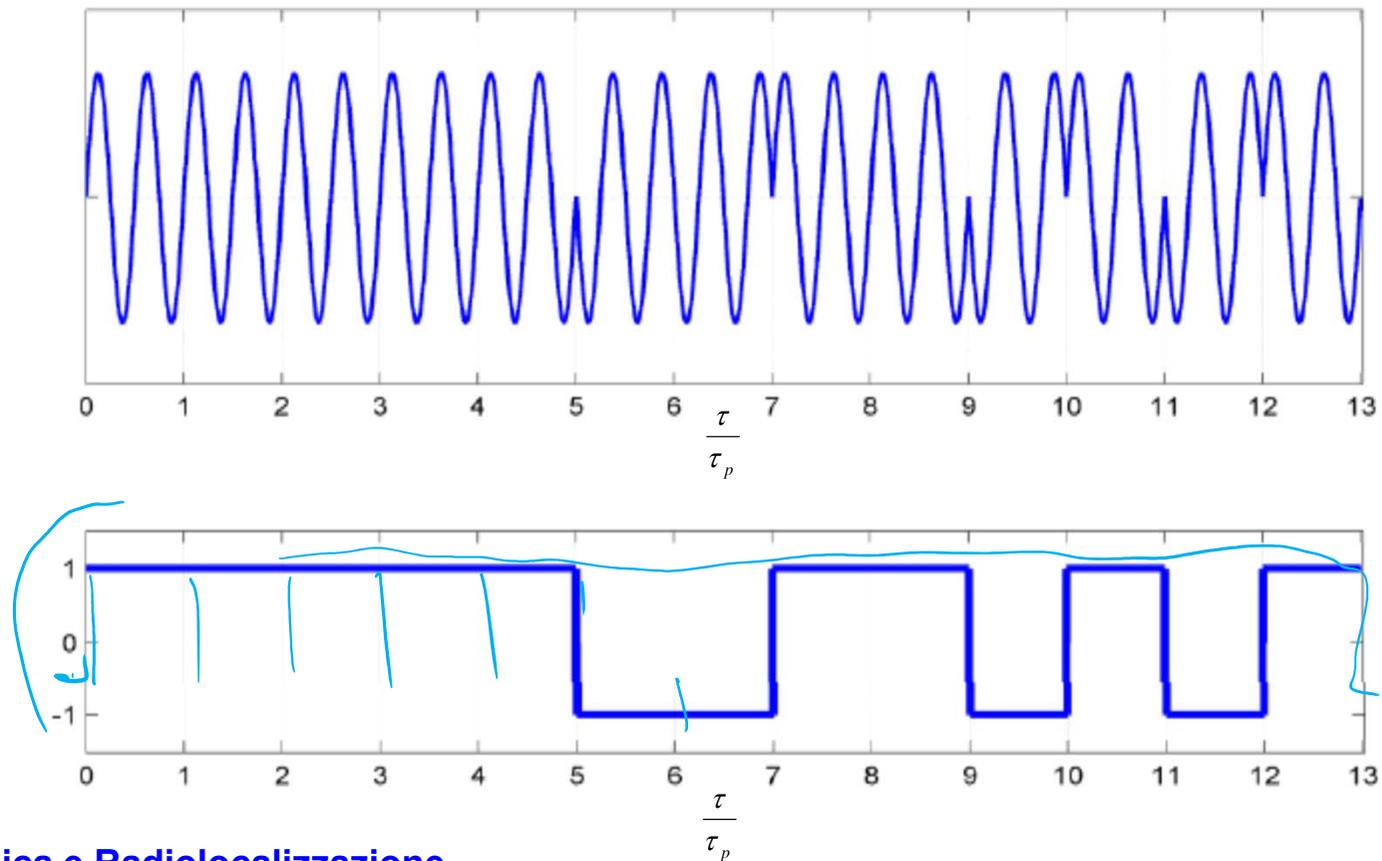


# Codici Binari

---

- La fase della portante ad RF commuta fra due valori di fase distanti di  $180^\circ$

Può essere descritta usando sequenze di +1 e -1:



# Codici di Barker

Sono codici binari di lunghezza  $N$ , caratterizzati da Funzione di AutoCorrelazione (ACF) con lobi laterali in modulo  $\leq 1/N$

- Esistono solo poche sequenze con queste caratteristiche:

Lunghezza N	codice	PSR (dB)	ISLR (dB)
2	+ -	6,0	3,0
2	++	6,0	3,0
3	++-	9,5	6,5
3	+ - +	9,5	6,5
4	++-+	12,0	6,0
4	+++ -	12,0	6,0
5	+++ - +	14,0	8,0
7	+++ - - + -	16,9	9,1
11	+++ - - - + - - + -	20,8	10,8
13	+++++ - - + - - + - +	22,3	11,5

# Calcolo ACF del codice di Barker da 7

Table 8.3 The Autocorrelation Sequence of a Barker Code of Length 7

$\{u_n\}$		+	+	+	-	-	+	-						
$\{u_{N-n+1}^*\}$														
-		-	-	-	+	+	-	+						
+			+	+	+	-	-	+	-					
-				-	-	-	+	+	-	+				
-					-	-	-	+	+	-	+			
+						+	+	+	-	-	+	-		
+							+	+	+	-	-	+	-	
+								+	+	+	-	-	+	-
Output sequence		-1	0	-1	0	-1	0	+7	0	-1	0	-1	0	-1

Da N. Levanon, "Radar Principles"

# ACF del codice di Barker da 13

Rispetto ad impulso non modulato  $\tau_p$ :

- Energia trasmessa  $BT=n=13$  volte superiore
- risoluzione in tempo uguale
- risoluzione in Doppler  $BT=n=13$  volte superiore
- (zona cieca  $BT=n=13$  volte più larga)

Rispetto ad impulso non modulato  $T=n\tau_p$ :

- Energia trasmessa uguale
- risoluzione in tempo  $BT=n=13$  volte migliore
- risoluzione in Doppler uguale
- (zona cieca uguale)

