

---

# Il Phase Lock Loop

# Aggancio della fase

---

- Misura continua della fase della portante usando la sinusoide con modulazione BPSK o QPSK:

- *Aggancio della fase per demodulare QPSK*
- *Stima e compensazione della frequenza Doppler*
- *Misure di fase (come alternativa, di maggiore precisione - ma affette da ambiguità – delle misure di pseudorange con il codice)*

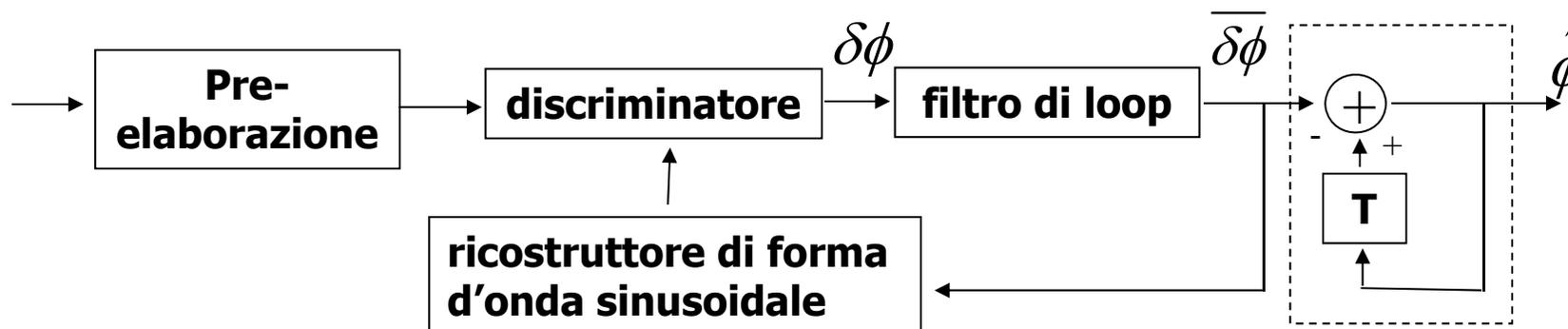
- Si vuole misurare continuamente una fase che varia nel tempo.
- Si assume di ricevere un segnale sinusoidale continuo, con modulazione di fase.
- Ovviamente si vuole ottenere la migliore accuratezza di stima possibile, mediando le misure su più impulsi.

## Radiolocalizzazione

---

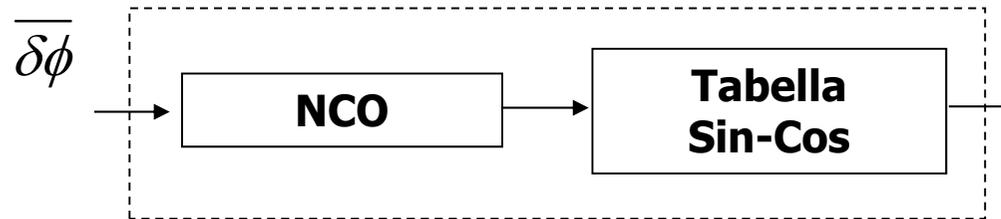
# Il principio del Phase Lock Loop

- se assumo di avere una stima ragionevole, posso pensare di “raffinarla” ad ogni nuovo ciclo e allo stesso tempo di tenere in conto il fatto che è possibile che la distanza (e quindi la fase) stia cambiando
- **l’approccio del PLL è composto dei seguenti passi:**
  1. generare una replica del segnale che ci si aspetta di ricevere (sinusoide), assumendo che la stima di distanza disponibile sia corretta;
  2. calcolare l’errore di disallineamento temporale fra il segnale ricevuto e quello generato (**discriminatore**);
  3. mediare le correzioni da introdurre (**filtro di loop**);
  4. correggere la stima di distanza = “fase con cui mi aspetto di ricevere il ciclo successivo”
- E’ una stima di ritardo ad anello chiuso: **Phase Lock Loop**



# Ricostruttore di forma d'onda

---



- avendo la stima di fase ad un dato ciclo, si vuole predire la successiva
- se la fase stimata è in ritardo rispetto alla fase di arrivo della forma d'onda (come da uscita del discriminatore) è necessario ridurre  $T$  per compensare
- la riduzione di  $T$  si può effettuare facilmente aumentando la velocità di conteggio del contatore
- se la fase stimata è in anticipo rispetto alla fase di arrivo della forma d'onda (come da uscita del discriminatore) è necessario aumentare  $T$  per compensare
- l'aumento di  $T$  si può effettuare facilmente diminuendo la velocità di conteggio del contatore
- l'aumento e la velocità di conteggio di un NCO, si controllano in modo numerico, con la parola di ingresso al contatore

## Radiolocalizzazione

---

# Il discriminatore di fase per il PLL

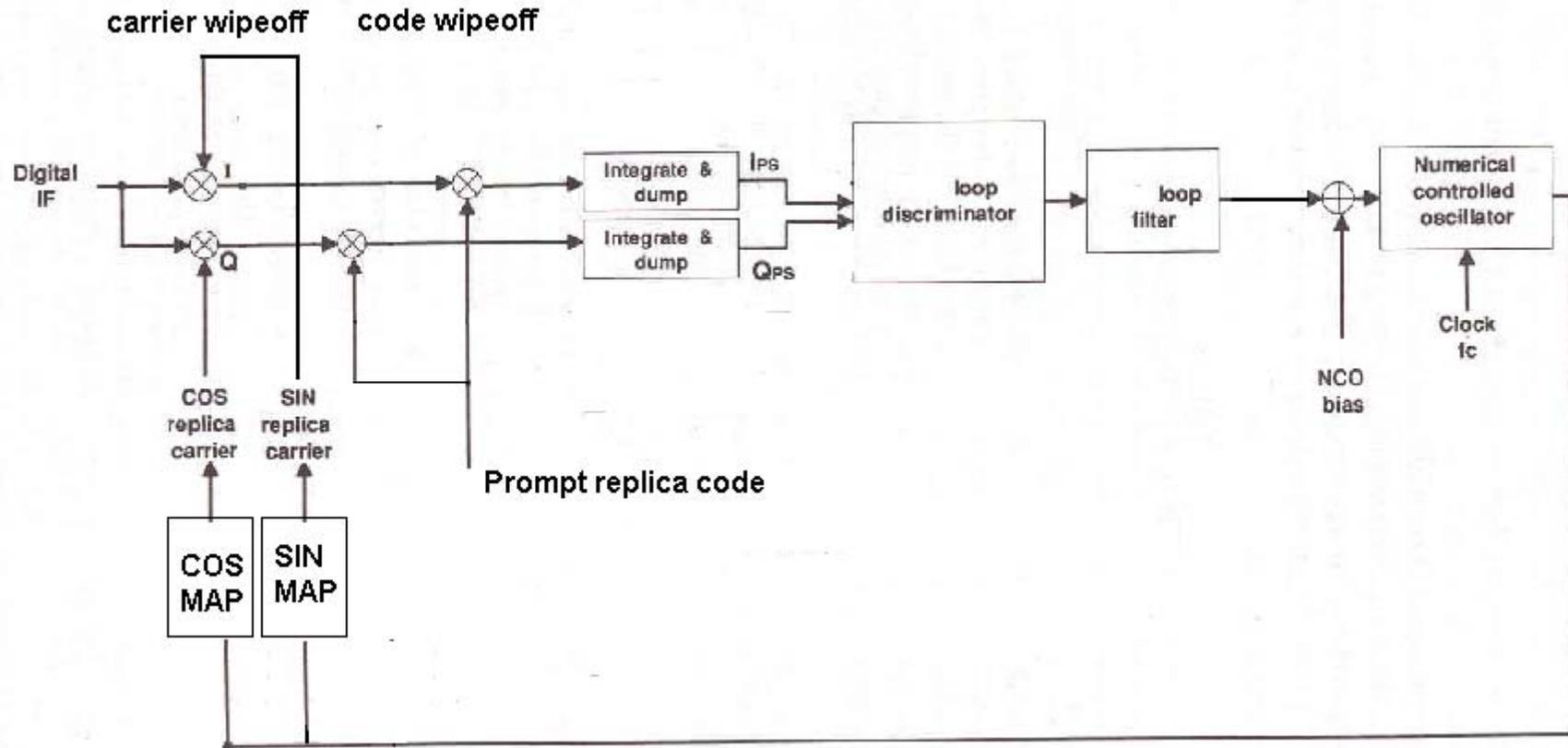
- stima della fase della portante ad anello chiuso: **Phase Lock Loop**

<i>Discriminator Algorithm</i>	<i>Output Phase Error</i>	<i>Characteristics</i>
$\text{Sign}(I_{PS}) \cdot Q_{PS}$	$\sin \phi$	Near optimal at high SNR. Slope proportional to signal amplitude $A$ . Least computational burden.
$I_{PS} \cdot Q_{PS}$	$\sin 2\phi$	Near optimal at low SNR. Slope proportional to signal amplitude squared $A^2$ . Moderate computational burden.
$Q_{PS}/I_{PS}$	$\tan \phi$	Suboptimal, but good at high and low SNR. Slope not signal amplitude dependent. Higher computational burden and must check for divide by zero error near $\pm 90^\circ$ .
 ATAN2 ( $Q_{PS}, I_{PS}$ )	$\phi$	Four-quadrant arctangent. Optimal (maximum likelihood estimator) at high and low SNR. Slope not signal amplitude dependent. Highest computational burden.

- intervallo non ambiguo di fase:  $-2\pi, 2\pi$

## Radiolocalizzazione

# Schema del PLL



in condizioni di aggancio:

- max su  $I_{PS}$
- min su  $Q_{PS}$

## Radiolocalizzazione

# Frequency Lock Loop (FLL)

- PLL Loop sensibile allo stress dinamico, ma buona accuratezza nella stima di velocità
- è usuale utilizzare un loop di inseguimento di frequenza più robusto all'inizio, o in condizioni di stress dinamico, per poi passare al loop di fase

<i>Discriminator Algorithm</i>	<i>Output Frequency Error</i>	<i>Characteristics</i>
$\frac{\text{sign}(\dot{\text{cross}})}{t_2 - t_1}$ <p>where</p> $\begin{aligned} \text{dot} &= I_{PS1} \cdot I_{PS2} + Q_{PS1} \cdot Q_{PS2} \\ \text{cross} &= I_{PS1} \cdot Q_{PS2} - I_{PS2} \cdot Q_{PS1} \end{aligned}$	$\frac{\sin[2(\phi_2 - \phi_1)]}{t_2 - t_1}$	Near optimal at high SNR. Slope proportional to signal amplitude A. Moderate computational burden.
$\frac{\text{cross}}{t_2 - t_1}$	$\frac{\sin[(\phi_2 - \phi_1)]}{t_2 - t_1}$	Near optimal at low SNR. Slope proportional to signal amplitude squared A <sup>2</sup> . Least computational burden.
$\frac{\text{ATAN2}(\text{cross}, \text{dot})}{(t_2 - t_1)360}$	$\frac{\phi_2 - \phi_1}{(t_2 - t_1)360}$	Four-quadrant arctangent. Maximum likelihood estimator. Optimal at high and low SNR. Slope not signal amplitude dependent. Highest computational burden.

8bis

LEZIONE\_SIRA\_2016\_04\_2