

3

**Esame di stato per l'abilitazione
all'esercizio della Professione di Ingegnere
Ingegneria delle Telecomunicazioni
Prova del 25 Giugno 2002
Tema 2**

Nota: Il candidato legga attentamente il testo riportato nel seguito e risolva il maggior numero possibile di quesiti. Il testo è organizzato in modo che sia possibile rispondere separatamente alle singole domande, e che sia possibile passare a domande successive senza aver risposto alle domande precedenti.

Si deve progettare un collegamento radio con una sonda spaziale destinata ad una missione nello spazio profondo. Si è interessati in particolare al collegamento uni-direzionale dalla sonda alla stazione di terra. Lo schema di modulazione utilizzato è di tipo OQPSK (Offset Quadrature Shift Keying). L'impulso elementare utilizzato per la modulazione è di tipo rettangolare, con durata $2T_b$, dove $R_b = 1/T_b$ è il bit-rate della sequenza numerica trasmessa. Lo schema di principio del modulatore è mostrato in Figura 1. Il modulatore è realizzato mediante componenti analogici, per cui la durata dell'impulso rettangolare che rappresenta la trasmissione di un "uno logico" e la durata dell'impulso rettangolare che rappresenta uno "zero logico" possono essere leggermente diverse a causa delle imperfezioni dei circuiti di modulazione. Tale fenomeno viene definito "data asymmetry".

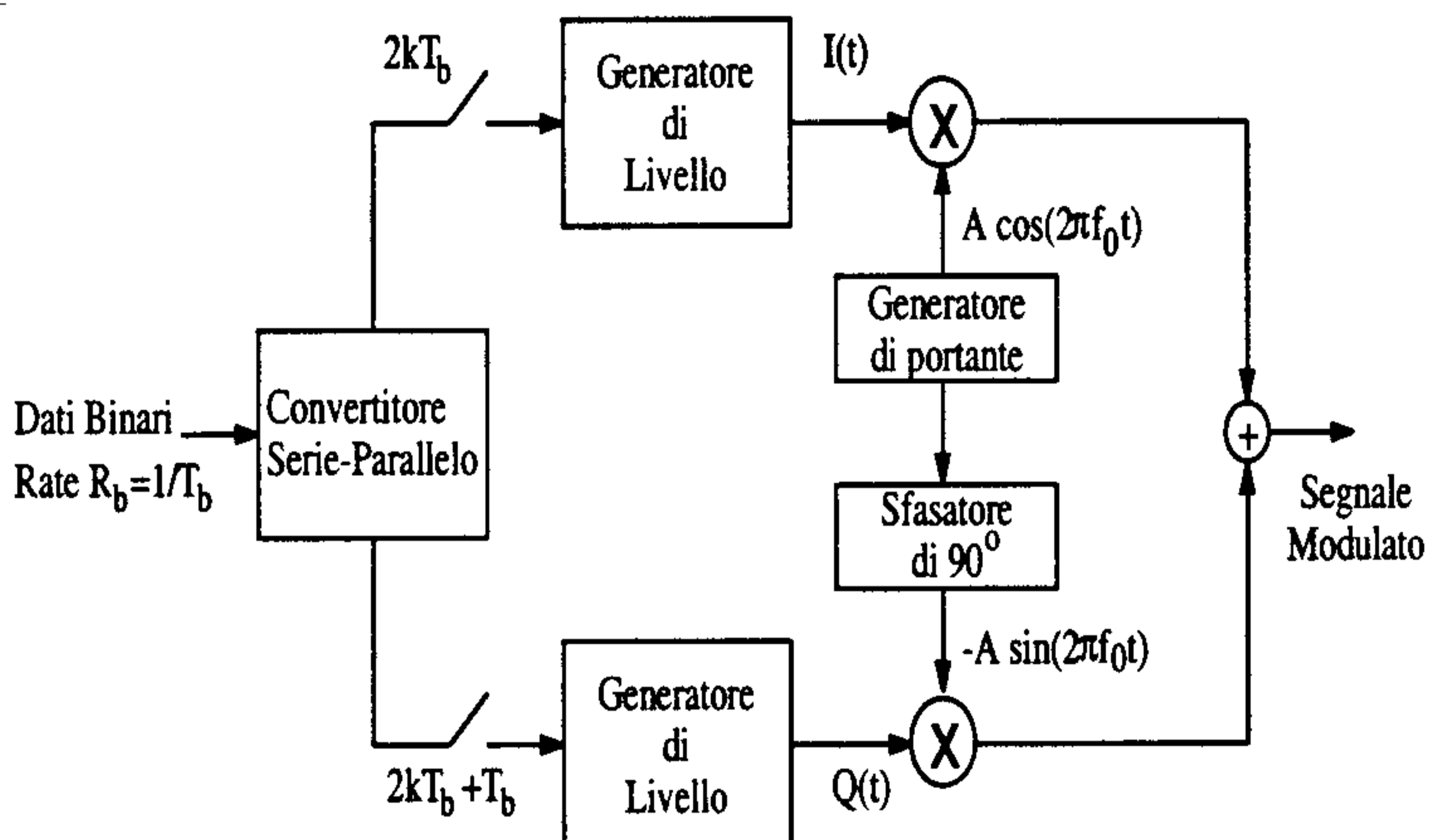


Figura 1: Schema di principio di un modulatore OQPSK

Al ricevitore di terra viene utilizzato un ricevitore coerente a filtro adattato, secondo lo schema mostrato in Figura 2, dove $h(t)$ è un impulso rettangolare di durata $2T_b$ e la sigla BPF (Band-Pass Filter) rappresenta un filtro passabanda ideale.

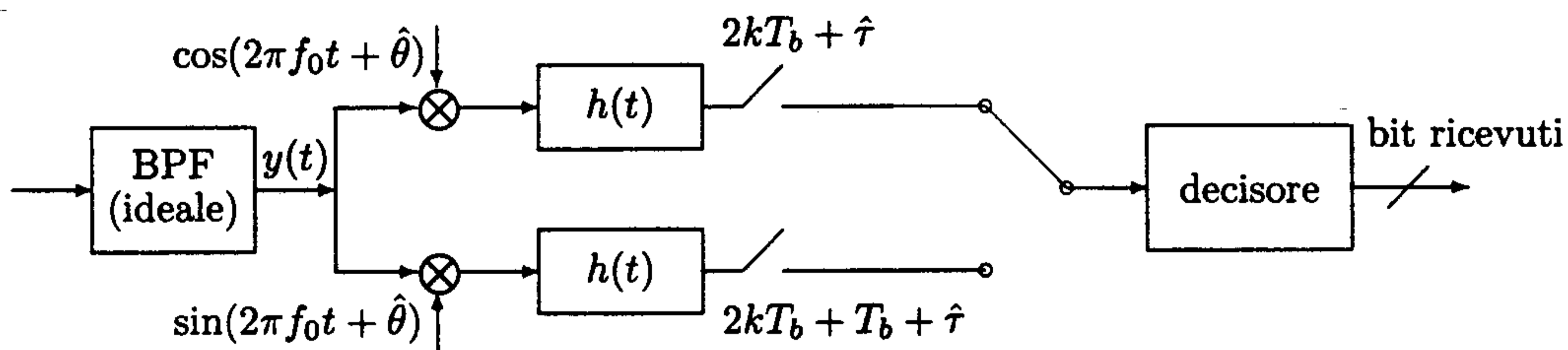


Figura 2: Schema di principio del ricevitore coerente a filtro adattato per modulazione OQPSK.

Nell'ipotesi di modellare il canale di trasmissione come un canale gaussiano additivo, e denominato (E_b/N_0) il rapporto fra l'energia per bit e la densità spettrale di rumore unilatera all'ingresso del ricevitore, viene chiesto di calcolare:

- La probabilità di errore sul bit (esatta) in condizioni ideali.
- La probabilità di errore sul bit in presenza di errore fisso di fase, ovvero in presenza di una fase stimata $\hat{\theta}$ (in Figura 2) diversa da 0. Si consideri il caso di errore di fase piccolo, ovvero $|\hat{\theta}| \leq 5^\circ$.
- La probabilità di errore sul bit in presenza di errore fisso nell'istante di campionamento, ovvero in presenza di un riferimento temporale $\hat{\tau}$ (in Figura 2) diverso da 0. Si consideri il caso di errore di temporizzazione piccolo, ovvero $|\hat{\tau}| \leq T_b/4$.
- La probabilità di errore sul bit in presenza di un simultaneo errore di fase e di campionamento, nelle stesse ipotesi descritte ai due punti precedenti.
- La probabilità di errore sul bit nel caso di sincronizzazione ideale di portante ma in presenza di "data asymmetry" in percentuale pari al 2 per mille ($\eta = 2/1000$). Si ricorda che il fenomeno del "data asymmetry" è dovuto ai tempi di salita e discesa non uguali fra di loro dei circuiti logici, i quali producono transizioni ad istanti diversi dagli istanti nominali kT , dove $T = 2T_b$, e quindi un'asimmetria nella durata degli impulsi rettangolari con polarità positiva e negativa (corrispondenti ad uno zero o ad un uno logico), come mostrato in Figura 3.

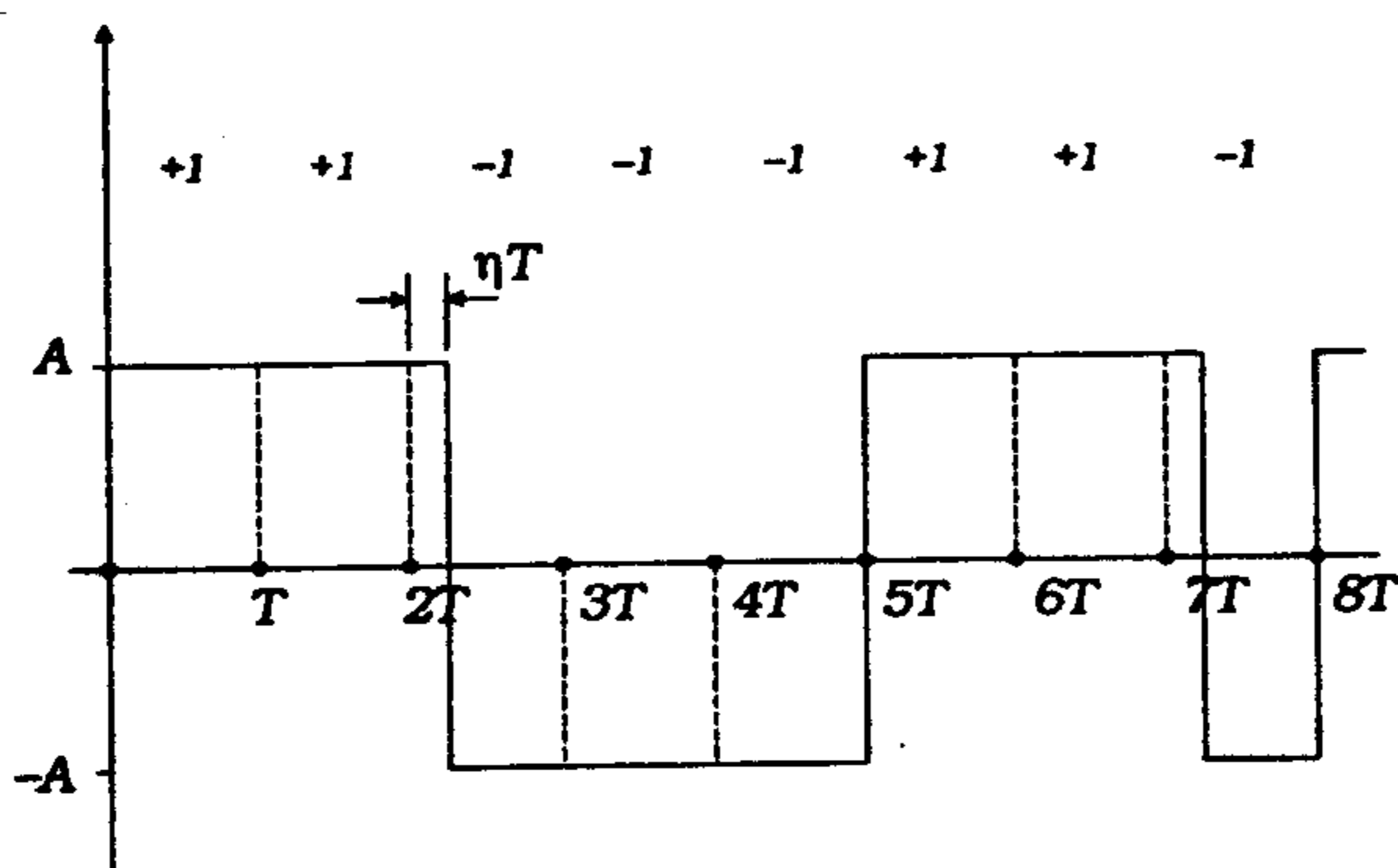


Figura 3: Il fenomeno del "data asymmetry"

Per lo studio in questione è possibile utilizzare il seguente modello: detta T la durata nominale di un impulso rettangolare, in presenza di una transizione dall'alto al basso la durata dell'impulso rettangolare con segno positivo è pari a $T(1 + \eta)$, mentre in corrispondenza di una transizione dal basso all'alto la durata dell'impulso rettangolare con segno negativo è pari a $T(1 - \eta)$. In caso di transizioni dal basso all'alto o in assenza di transizioni, gli impulsi rettangolari mantengono la loro durata nominale $T = 2T_b$.

Viene inoltre chiesto di determinare:

- La struttura del sincronizzatore di temporizzazione MAP (Maximum a Posteriori) per lo schema proposto, ovvero lo schema in grado di stimare il riferimento temporale $\hat{\tau}$ massimizzando la probabilità di ricevere il segnale $y(t)$ dato un riferimento temporale $\tau = \hat{\tau}$. In termini formali viene richiesto di determinare lo schema di sincronizzazione di temporizzazione in grado di valutare $\hat{\tau}$ come quel valore di τ che massimizza $P(y(t)|\tau)$:

$$\hat{\tau} = \arg \max_{\tau} [P(y(t)|\tau)]$$

- la struttura del sincronizzatore di fase MAP (Maximum a Posteriori) per lo schema proposto, ovvero lo schema in grado di stimare la fase della portante recuperata al ricevitore $\hat{\theta}$ massimizzando la probabilità di ricevere il segnale $y(t)$ data una fase $\theta = \hat{\theta}$. In termini formali viene

richiesto di determinare lo schema di recupero della fase in grado di valutare $\hat{\theta}$ come quel valore di θ che massimizza $P(y(t)|\theta)$:

$$\hat{\theta} = \arg \max_{\theta} [P(y(t)|\theta)]$$

Per tutto quanto non specificato nel testo, il candidato è libero di formulare ipotesi, purché tali ipotesi siano commentate e giustificate.

POLITECNICO DI TORINO

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

SEZIONE A

I SESSIONE 2002

**PARTE B DEL TEMA
COMUNE A TUTTI I SETTORI
(CIVILE ED AMBIENTALE,
INDUSTRIALE,
DELL'INFORMAZIONE)**

Il candidato dovrà dare risposta, in modo schematico, relativamente al tema prescelto compatibilmente al tema stesso, su almeno due delle seguenti domande:

- 1. principi generali di stima del valore;**
- 2. normative di riferimento;**
- 3. le figure e le responsabilità di chi progetta, esegue e controlla;**
- 4. sostenibilità degli interventi;**
- 5. sicurezza;**
- 6. qualità;**
- 7. conoscenza dei risvolti tariffari.**

Manfredi
Manfredi