

Nhập môn Kỹ thuật Truyền thông

Phần 2: Các kỹ thuật điều chế số (Digital Modulations)

Bài 9: Không gian tín hiệu PAM (Pulse Amplitude Modulation)

PGS. Tạ Hải Tùng

Các kỹ thuật điều chế

Với mỗi kỹ thuật điều chế, chúng ta sẽ xem xét:

- Các tính chất (characteristics)
- Không gian tín hiệu (constellation) (tập tín hiệu/tập vector)
- Gán nhãn nhị phân (binary labelling) (Thuật toán Gray)
- Dạng sóng truyền (transmitted waveform)
- Phổ tín hiệu (signal spectrum)
- Băng thông và hiệu quả sử dụng phổ (bandwidth and spectral efficiency)
- Cấu trúc bộ điều chế (modulator structure) / bộ phát
- Cấu trúc bộ thu (receiver structure)
- Xác suất lỗi (error probability)
- Các ứng dụng thực tế (practical applications)

Điều chế băng tần cơ sở (baseband modulations)
(Mật độ phổ công suất tập trung quanh DC)
ví dụ: PAM

Điều chế băng tần dải qua (bandpass modulations)
(Mật độ phổ công suất tập trung quanh $f_0 \neq 0$)
ví dụ: PSK, QAM, FSK

$p(t)$ là đáp ứng xung của bộ lọc thông thấp

Thông thường, chúng ta sẽ quan tâm 3 bộ lọc thông thấp sau:

- $p(t)$ = ideal low pass filter bộ lọc thông thấp lý tưởng
- $p(t)$ = Bộ lọc RRC (root raised cosine) với hệ số uốn α
- $p(t) = P_T(t)$ = Xung vuông với thời gian T

Các kỹ thuật điều chế số

Không gian tín hiệu PAM

Không gian tín hiệu 2-PAM: các tính chất

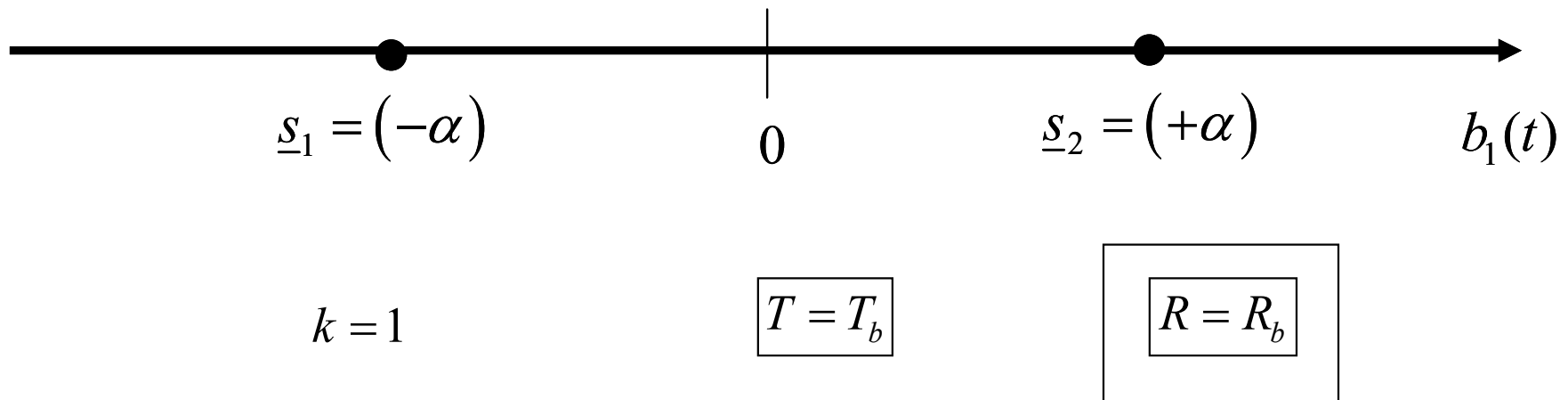
1. Điều chế băng tần cơ sở (Base-band modulation)
2. Không gian tín hiệu 1 chiều
3. Không gian tín hiệu nhị phân đối cực (antipodal binary constellation)
4. Thông tin được “ẩn” trong biên độ của xung PAM (Pulse Amplitude Modulation)

2-PAM: Không gian tín hiệu

Tập tín hiệu $M = \{s_1(t) = -\alpha p(t), s_2(t) = +\alpha p(t)\}$

Versor $b_1(t) = p(t) \quad (d=1)$

Không gian vector $M = \{s_1 = (-\alpha), s_2 = (+\alpha)\} \subseteq R$



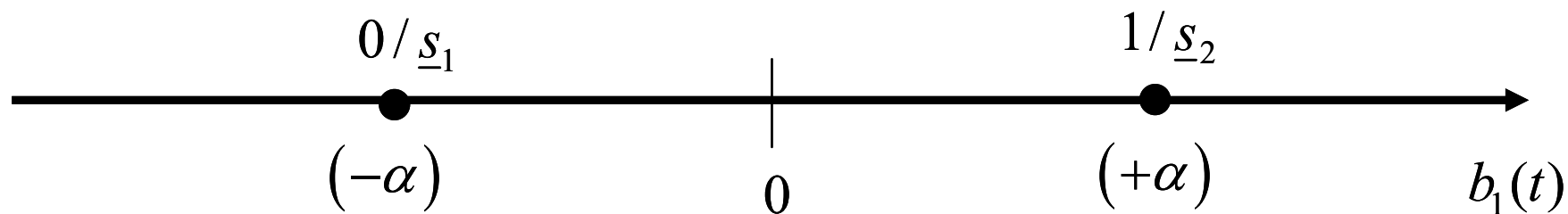
Gán nhãn nhị phân

Ví dụ:

$$e: H_1 \leftrightarrow M$$

$$e(0) = \underline{s}_1$$

$$e(1) = \underline{s}_2$$



Dạng sóng truyền

$$s(t) = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} a[n]p(t - nT)$$

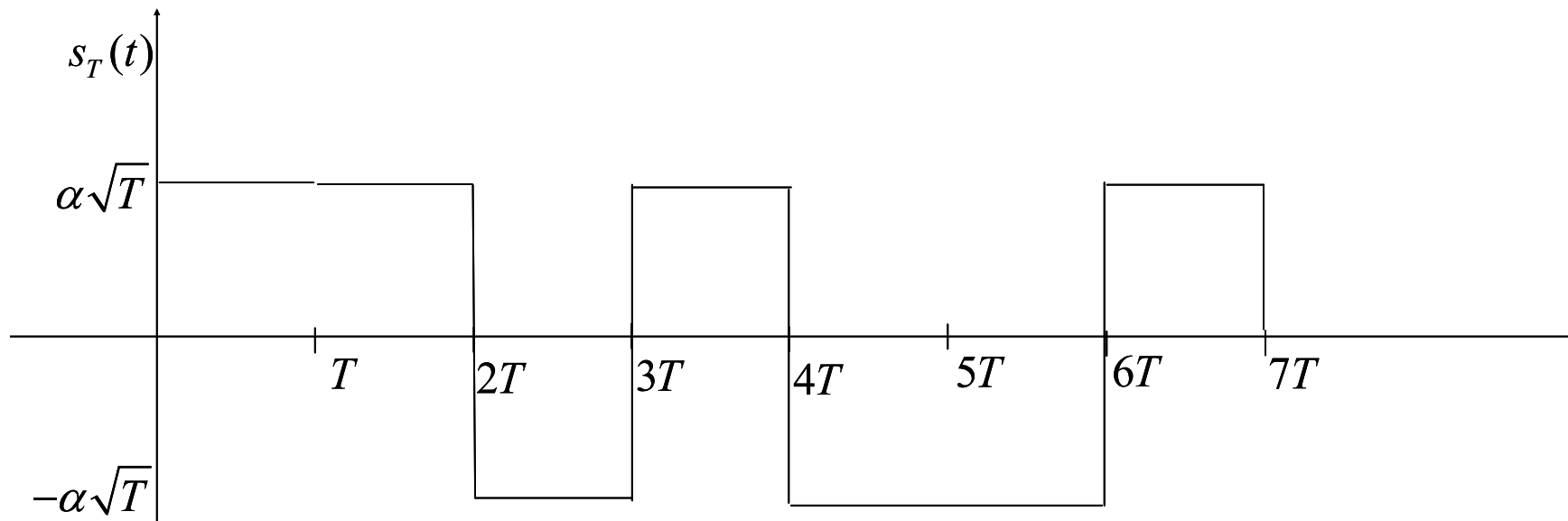
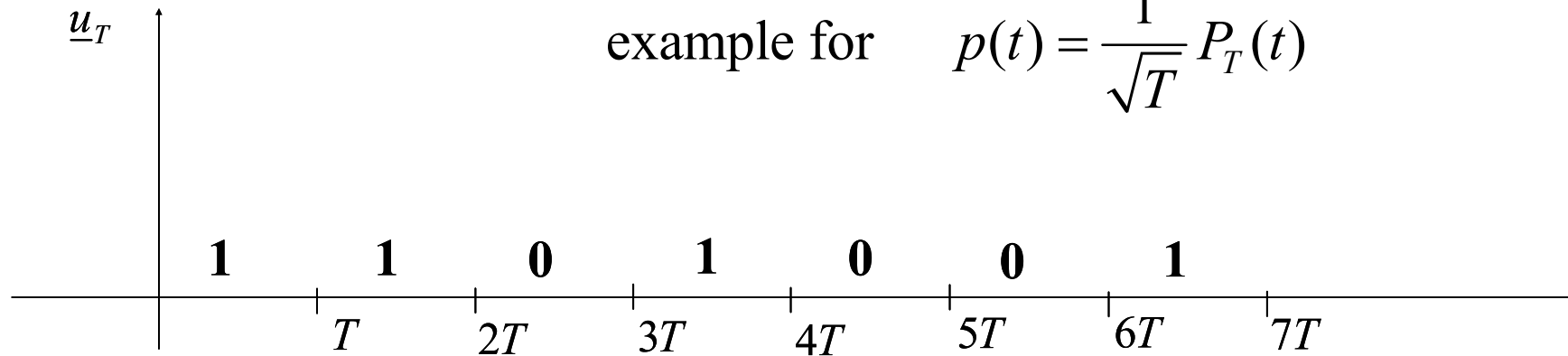
với

$$\boxed{T = T_b}$$

$$a[n] \in \{-\alpha, +\alpha\}$$

Các dạng sóng truyền (transmitted waveform)

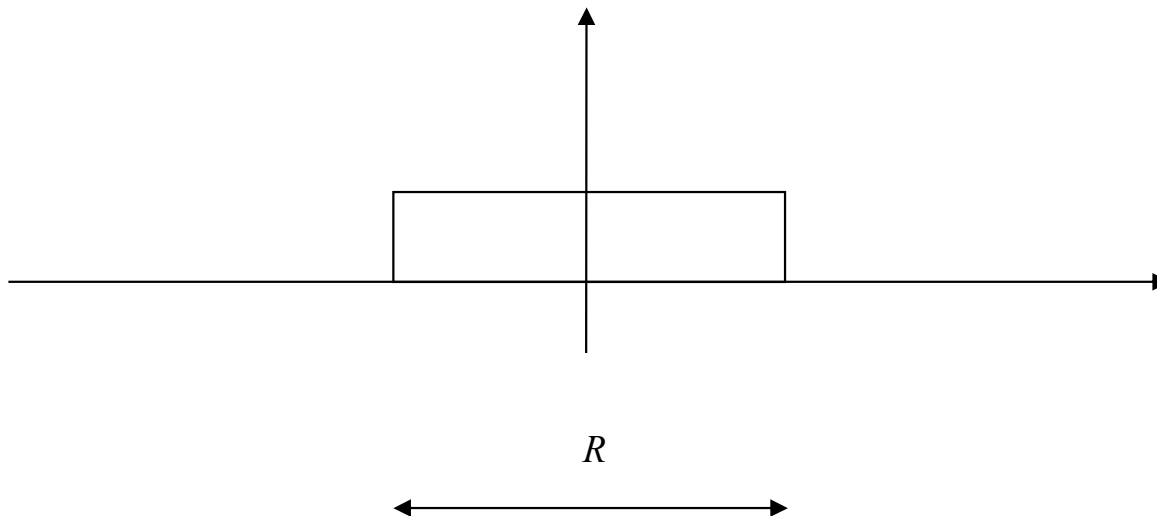
example for $p(t) = \frac{1}{\sqrt{T}} P_T(t)$



Phổ tín hiệu

$$G_s(f) = \sigma_a^2 \frac{|P(f)|^2}{T} = x |P(f)|^2 \quad x \in R$$

Trường hợp 1: $p(t)$ = bộ lọc thông thấp lý tưởng



Định nghĩa băng thông

Băng thông B [Hz] = vùng tần số chứa phần quan trọng nhất của mật độ phổ công suất $G_s(f)$

Các định nghĩa khác:

1. Băng thông tổng (chứa toàn bộ phổ)
2. Băng thông một nửa công suất (lấy từ -3dB dưới đỉnh của phổ lên)
3. Băng thông tạp âm tương đương (hình vuông (với độ cao bằng giá trị lớn nhất) chứa tất cả công suất tín hiệu)
4. Băng thông “null-to-null” (độ rộng của búp chính)

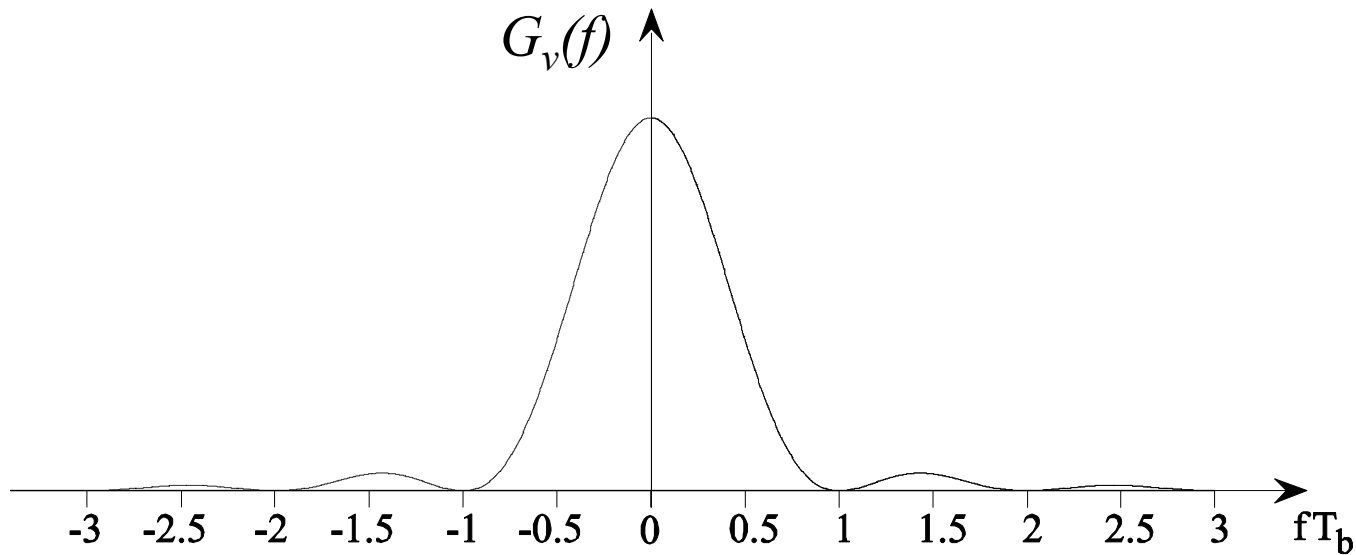
5. Băng thông 99% (99.9% etc.) chứa 99% công suất tín hiệu
6. Băng thông mật độ phổ công suất - 35 dB (-50 dB) ($G_s(f)$ từ - 35 dB dưới giá trị phổ lớn nhất)

Ví dụ:

Không gian nhị phân đối cực với xung vuông:

$$p(t) = b_1(t) = \frac{1}{\sqrt{T}} P_T(t)$$

$$G_s(f) = A^2 T \left(\frac{\sin(\pi f T)}{(\pi f T)} \right)^2$$



Ví dụ

Các khái niệm băng thông:

1. TOTAL BANDWIDTH = ∞
2. Half power bandwidth $\geq 0.44/T_b$
3. Equivalent noise bandwidth = $0.5/T_b$
4. Null to null bandwidth = $1/T_b$
5. 99% bandwidth $\geq 10.29/T_b$
6. -35 dB bandwidth $\geq 17.57/T_b$
6. -50 dB bandwidth $\geq 100.52/T_b$

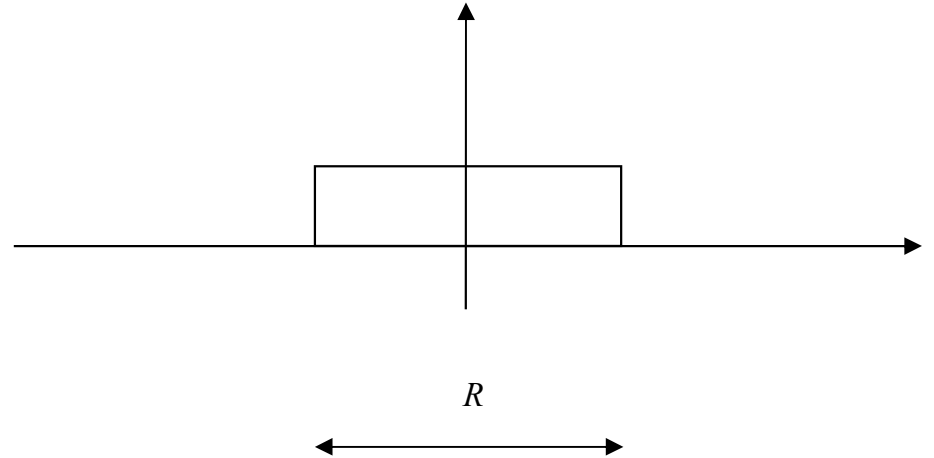
Hiệu quả sử dụng phổ

Hiệu quả sử dụng phổ [bps/Hz]

$$\eta = \frac{R_b}{B}$$

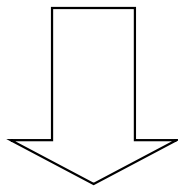
Băng thông và hiệu quả sử dụng phổ

Trường hợp 1: $p(t)$ = bộ lọc thông thấp



Băng thông tổng
(trường hợp lý tưởng)

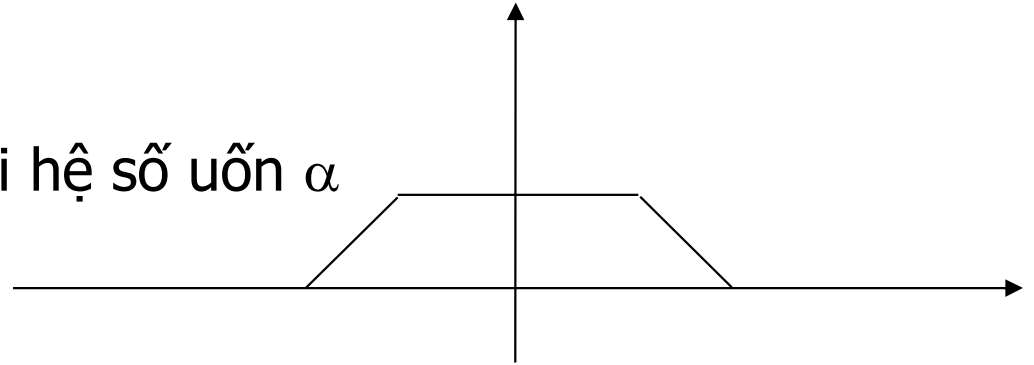
$$B_{id} = \frac{R}{2} = \frac{R_b}{2}$$



Hiệu quả sử dụng phổ
(trường hợp lý tưởng)

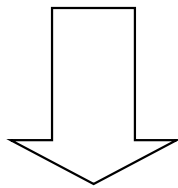
$$\eta_{id} = \frac{R_b}{B_{id}} = 2 \text{ bps / Hz}$$

Trường hợp 2: $p(f) =$ Bộ lọc RRC với hệ số uốn α



Tổng băng thông $B = \frac{R}{2}(1 + \alpha) = \frac{R_b}{2}(1 + \alpha)$

$R(1 + \alpha)$



Hiệu suất sử dụng
băng thông

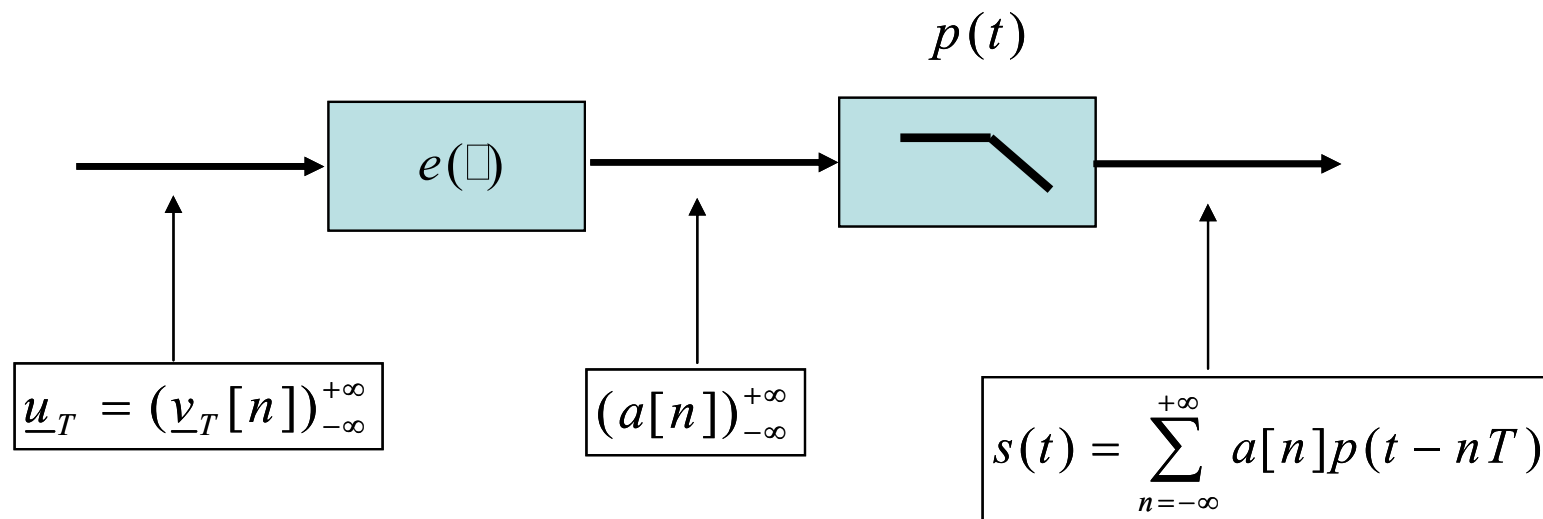
$$\eta = \frac{R_b}{B} = \frac{2}{(1 + \alpha)} \text{ bps / Hz}$$

Bài tập

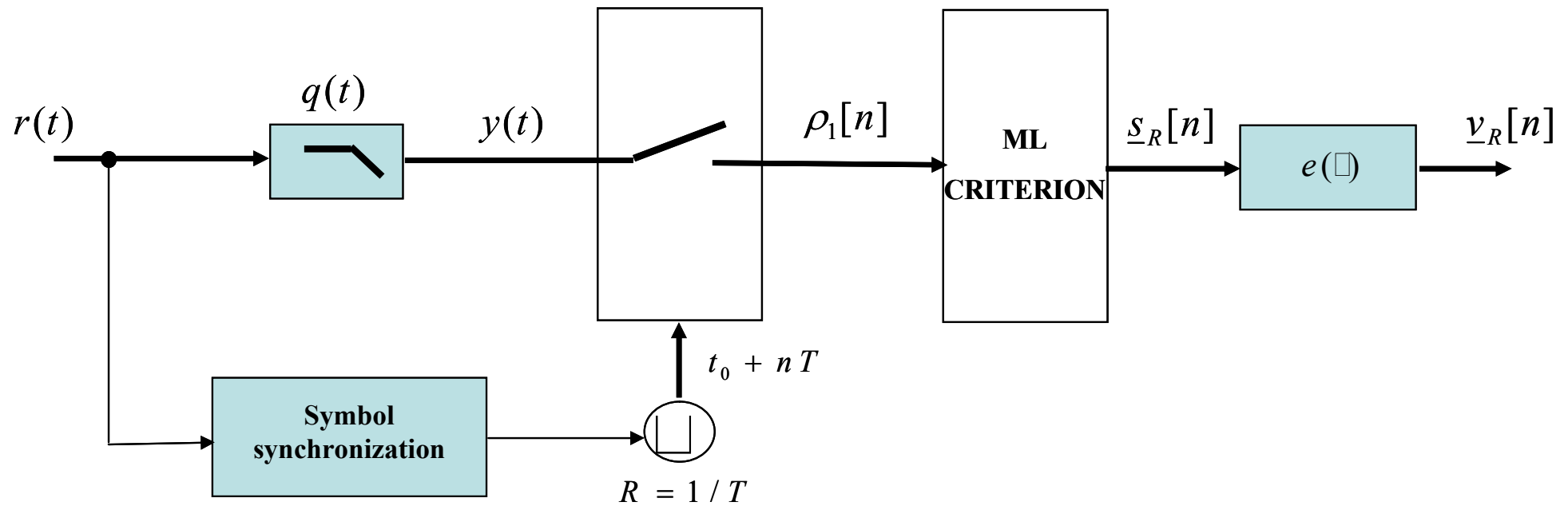
Cho một kênh băng tần cơ sở với băng thông B tới 4000 Hz, hãy tính tốc độ truyền bit lớn nhất R_b chúng ta có thể truyền qua kênh này với không gian 2-PAM trong hai trường hợp:

- Bộ lọc thông thấp lý tưởng
- Bộ lọc RRC filter với $\alpha=0.25$

2-PAM: bộ điều chế



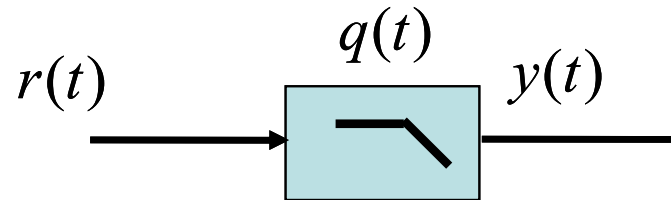
2-PAM: giải điều chế



Biểu đồ Eye

Cho đầu ra của bộ lọc phối hợp MF:

- Chia đầu ra thành các phân đoạn có thời lượng $2T$
- Chồng lấp các đoạn (oscilloscope)

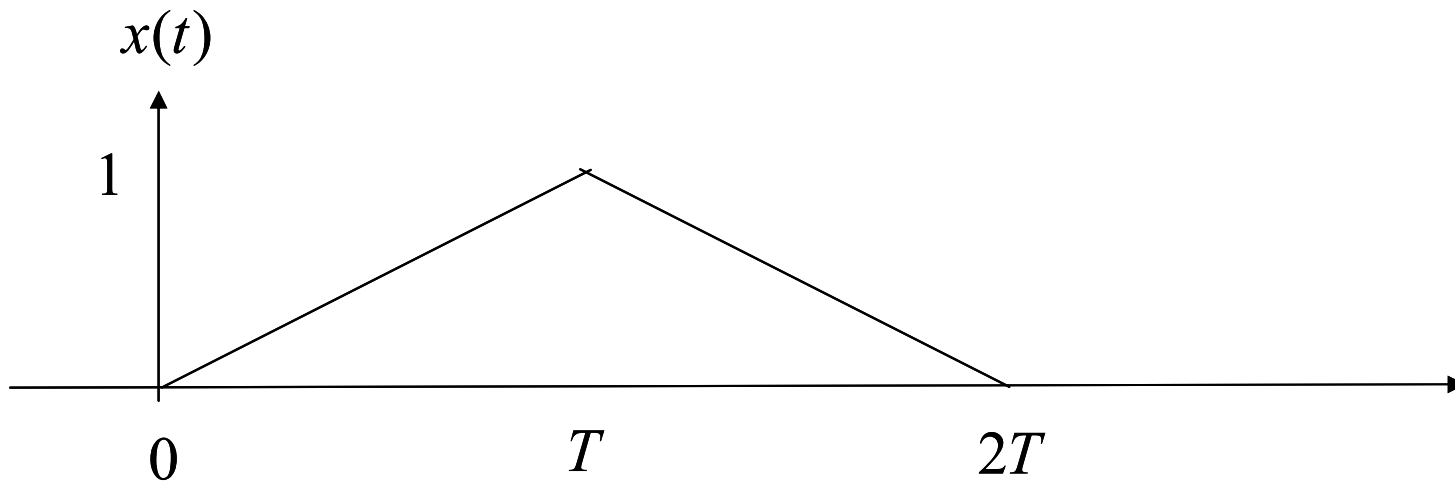


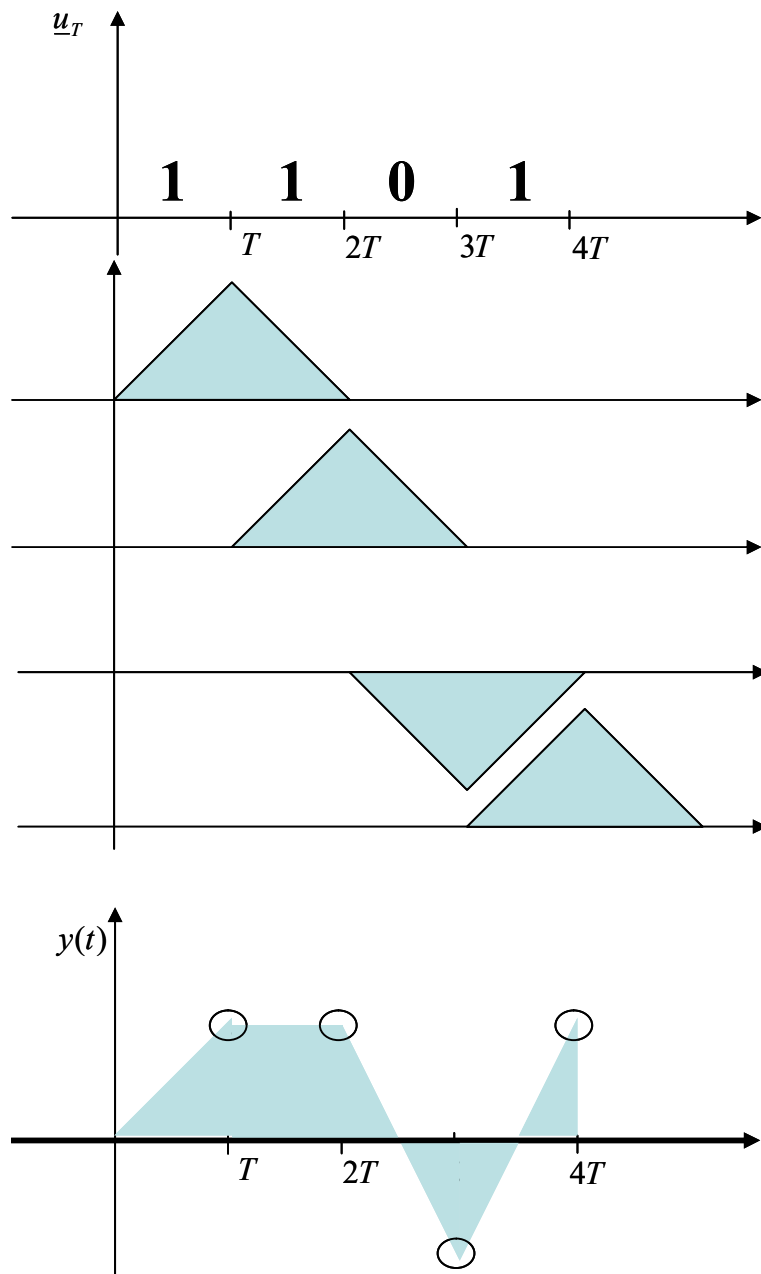
Ví dụ:

$$p(t) = b_1(t) = \frac{1}{\sqrt{T}} P_T(t)$$

$$q(t) = p(T - t) = \frac{1}{\sqrt{T}} P_T(t)$$

$$x(t) = p(t) * q(t)$$



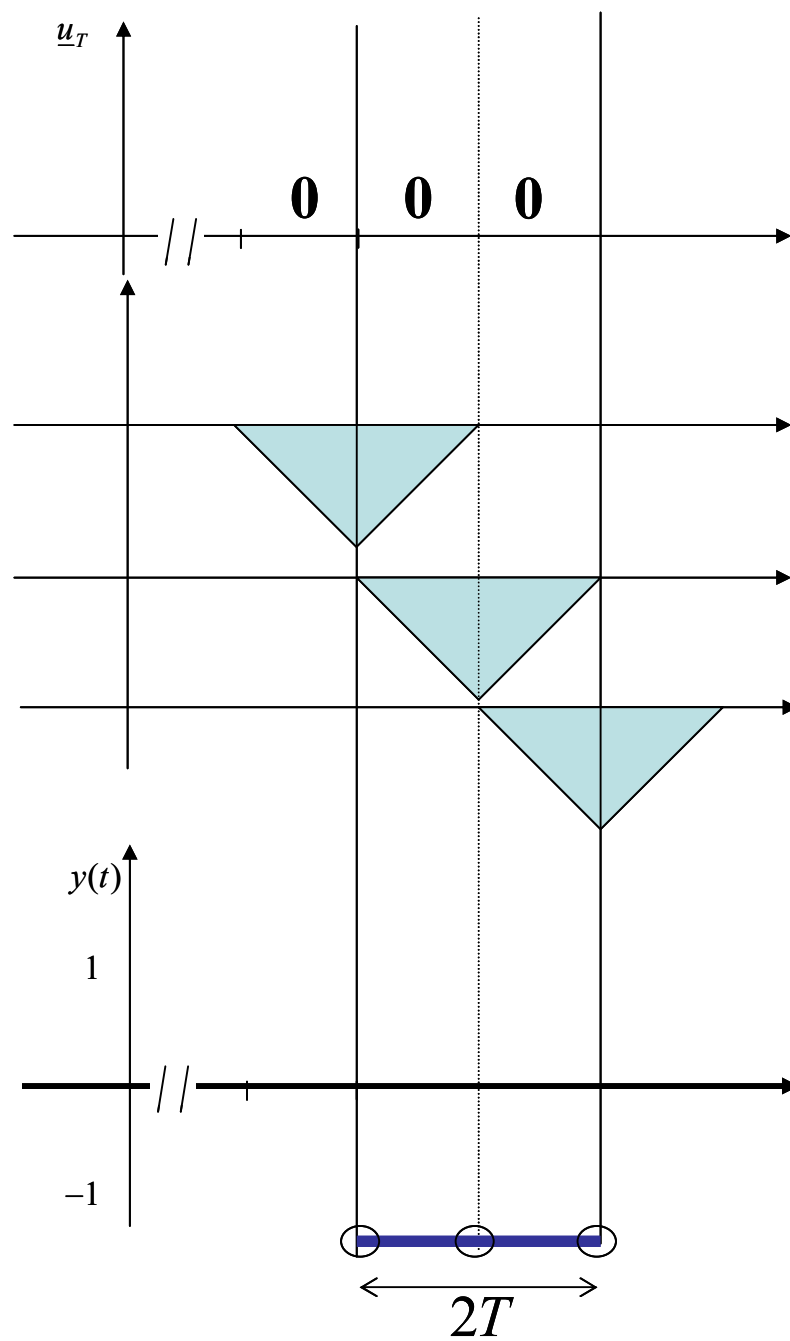


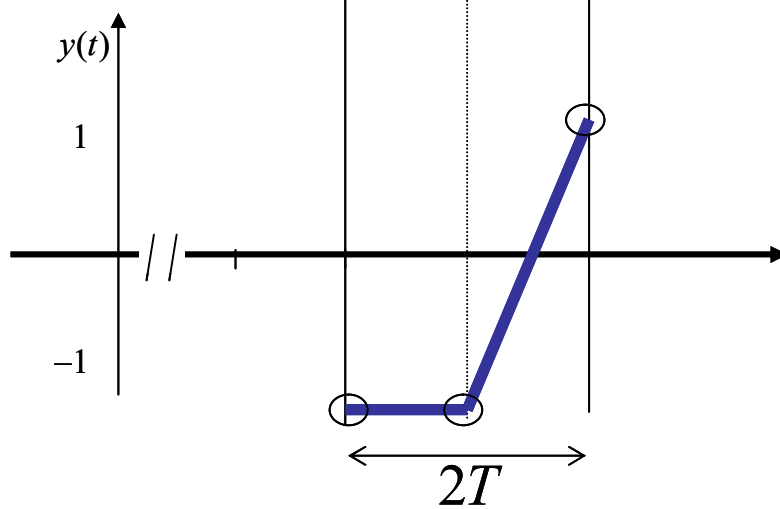
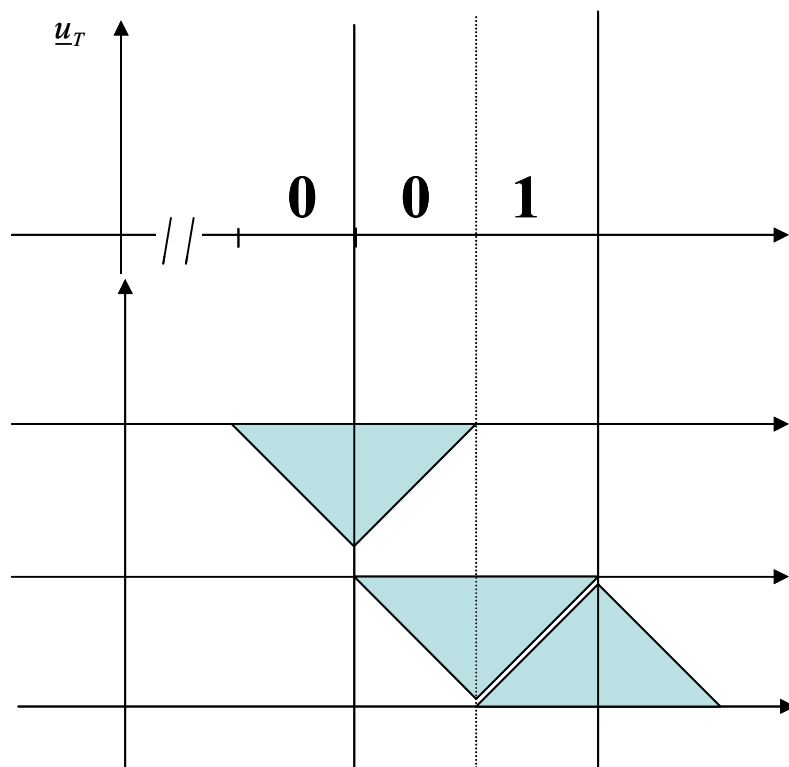
$$y(t) = \sum_n a[n]x(t - nT)$$

$$\rho[n] = y(T + nT) = a[n]$$

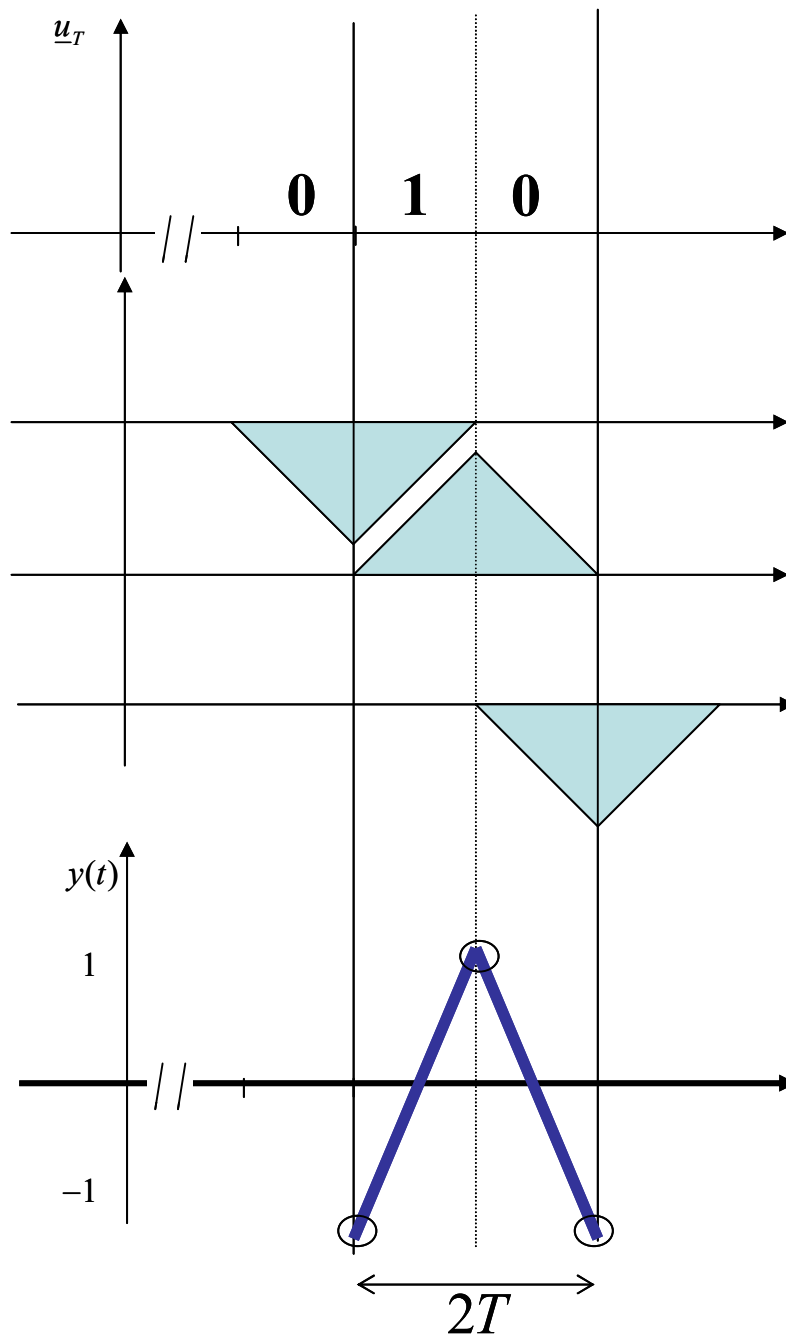
Không có ISI

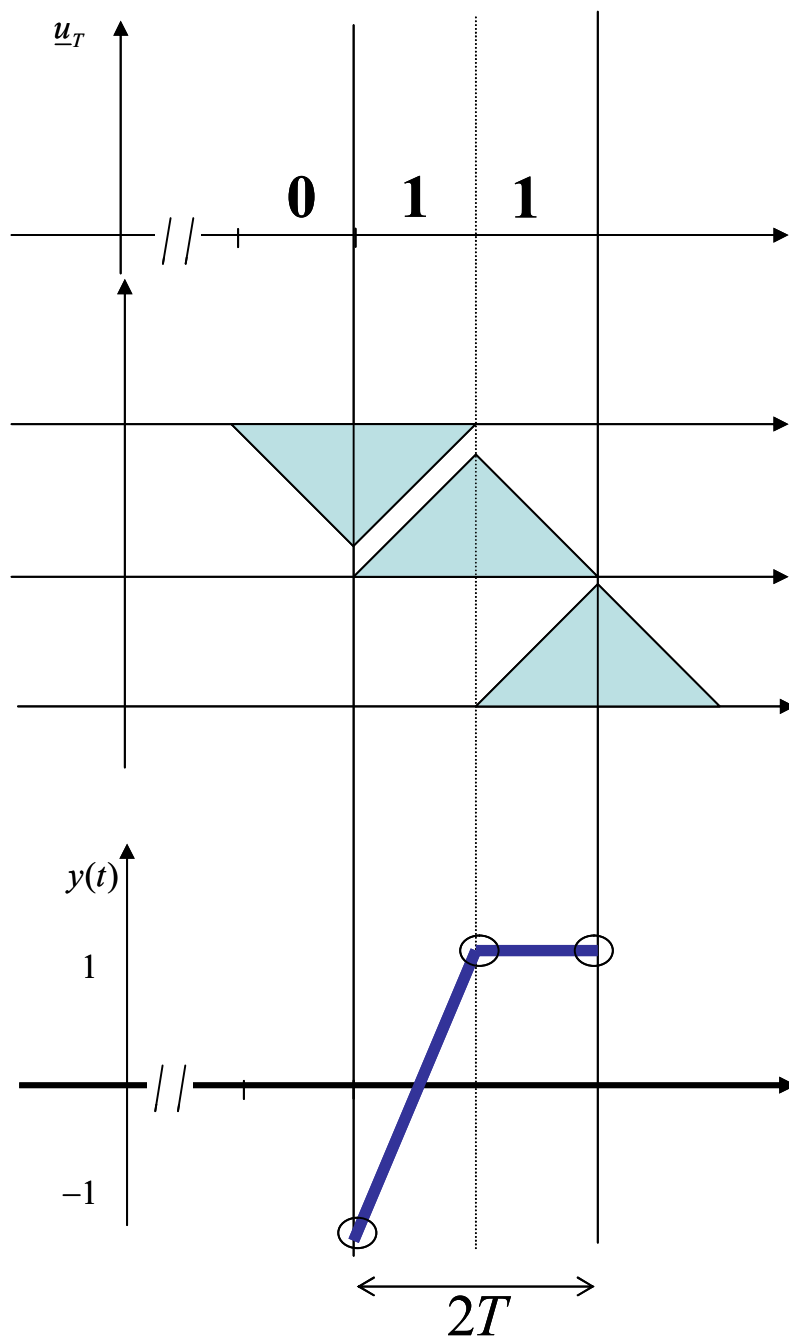
Xem xét tất cả các
phân đoạn có thời lượng $2T$

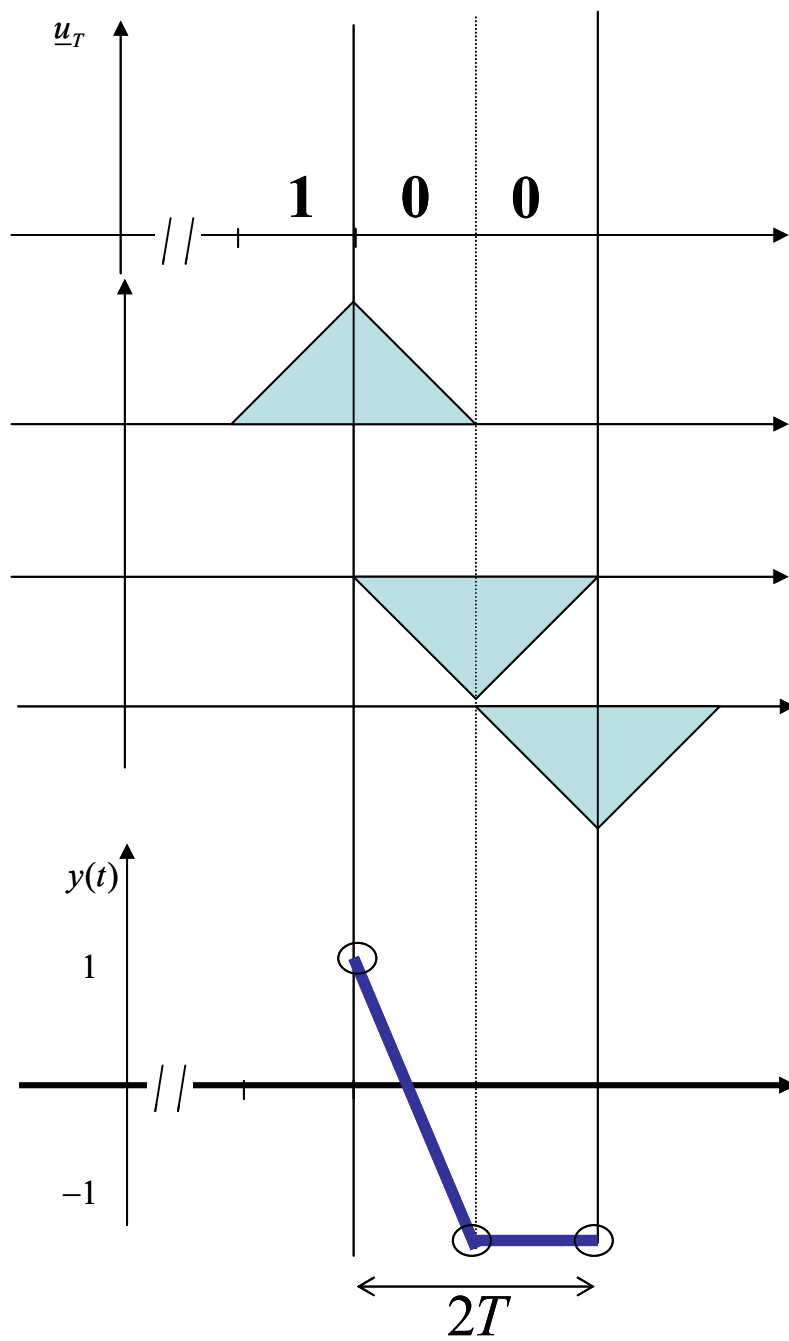


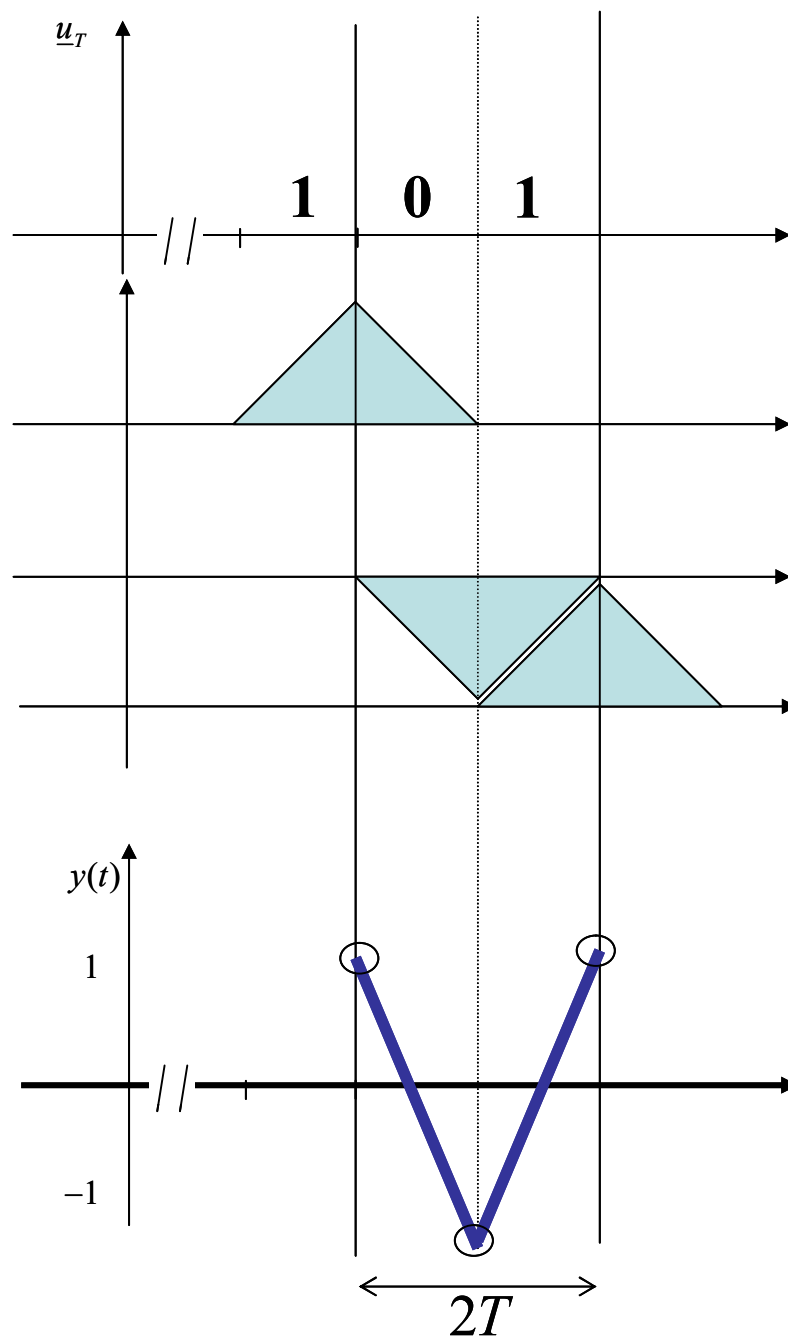


Example

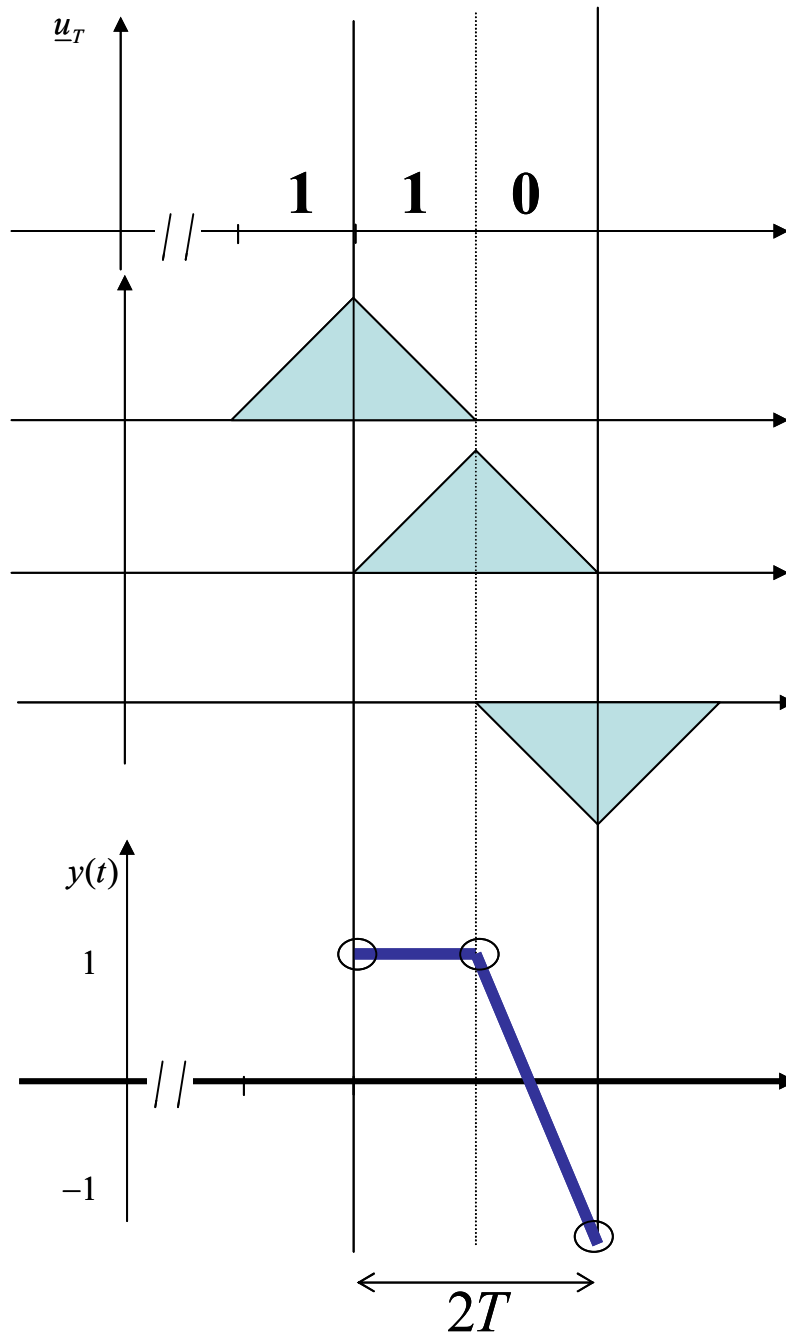


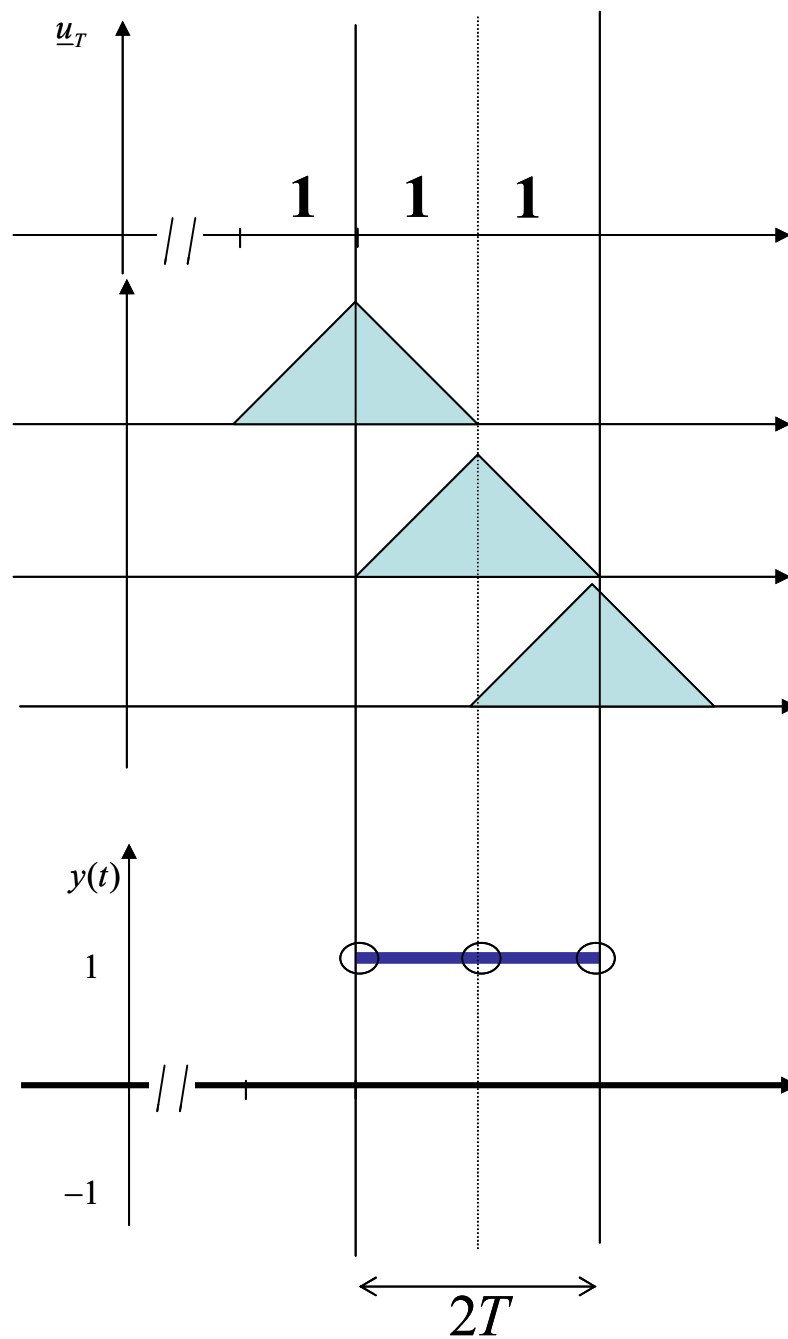




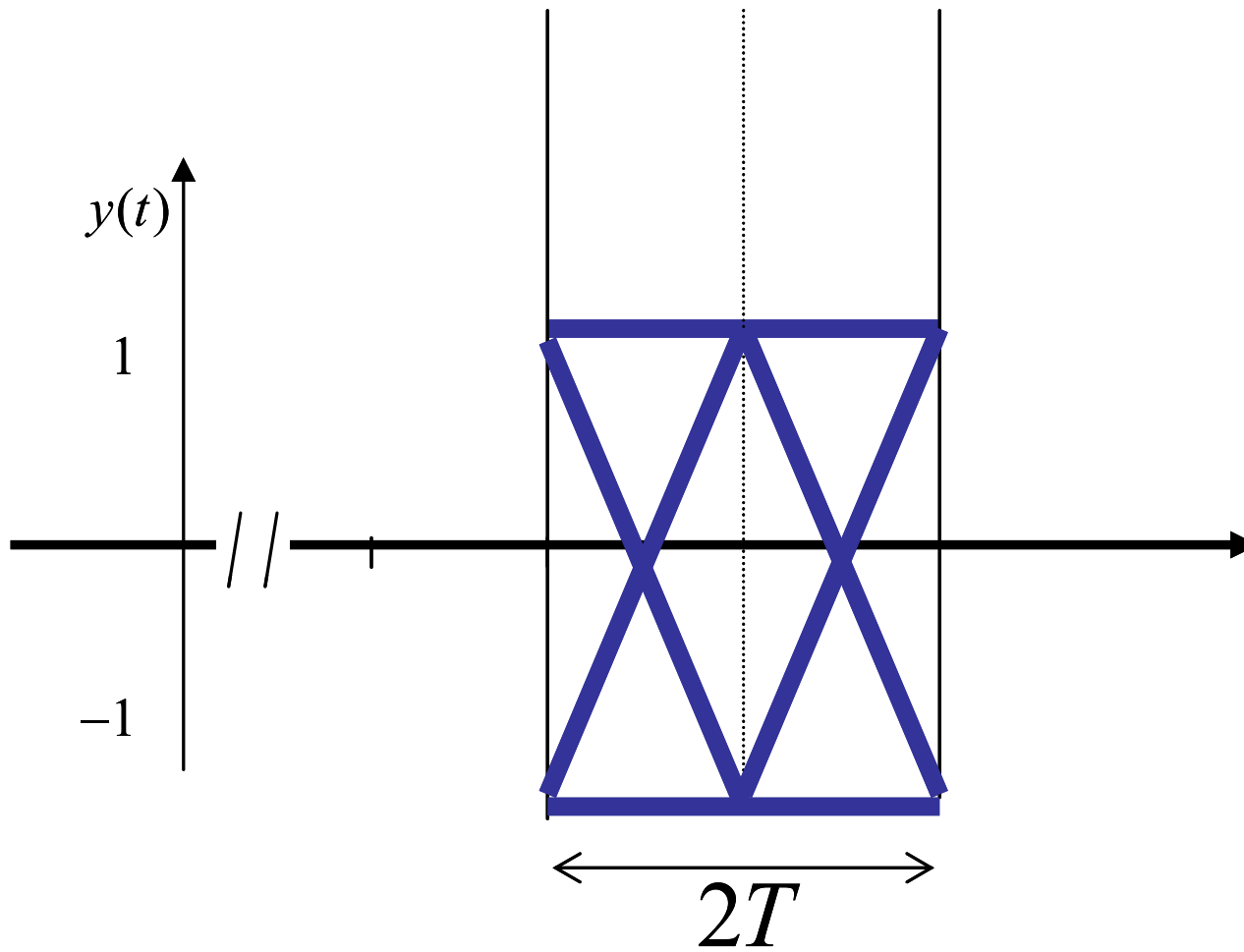


Example

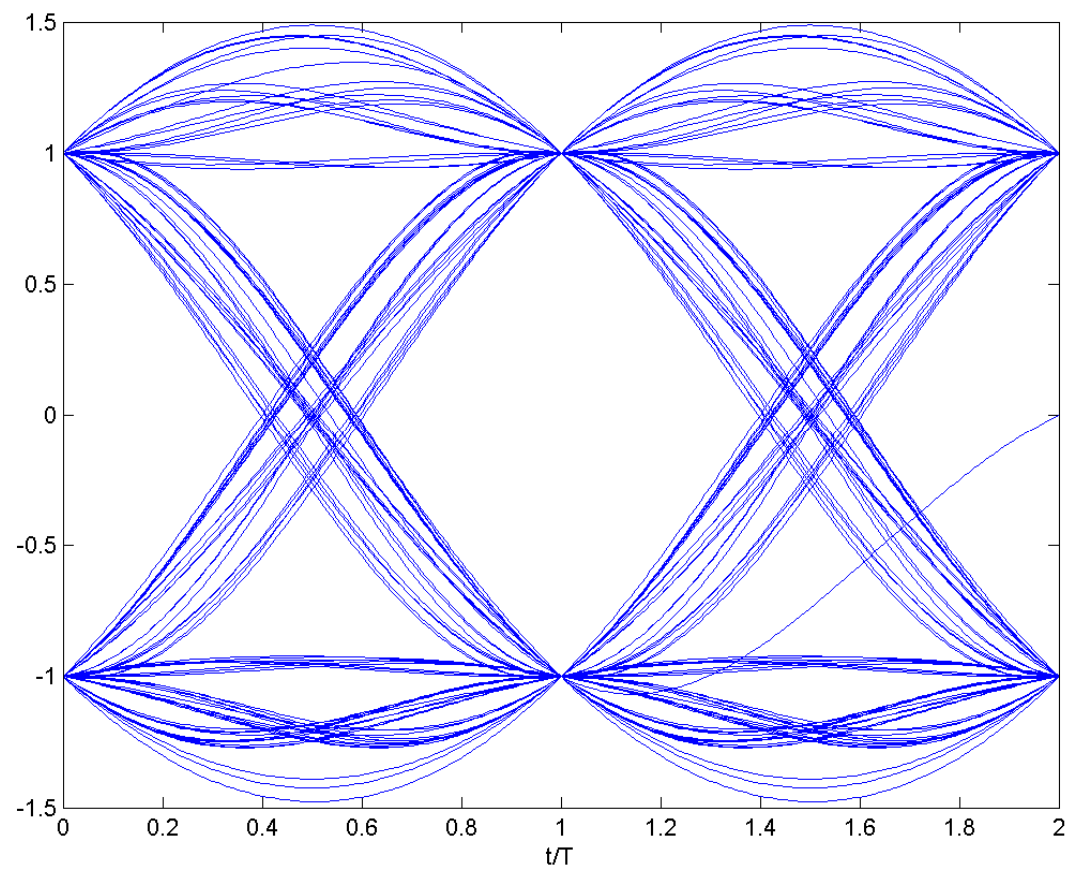




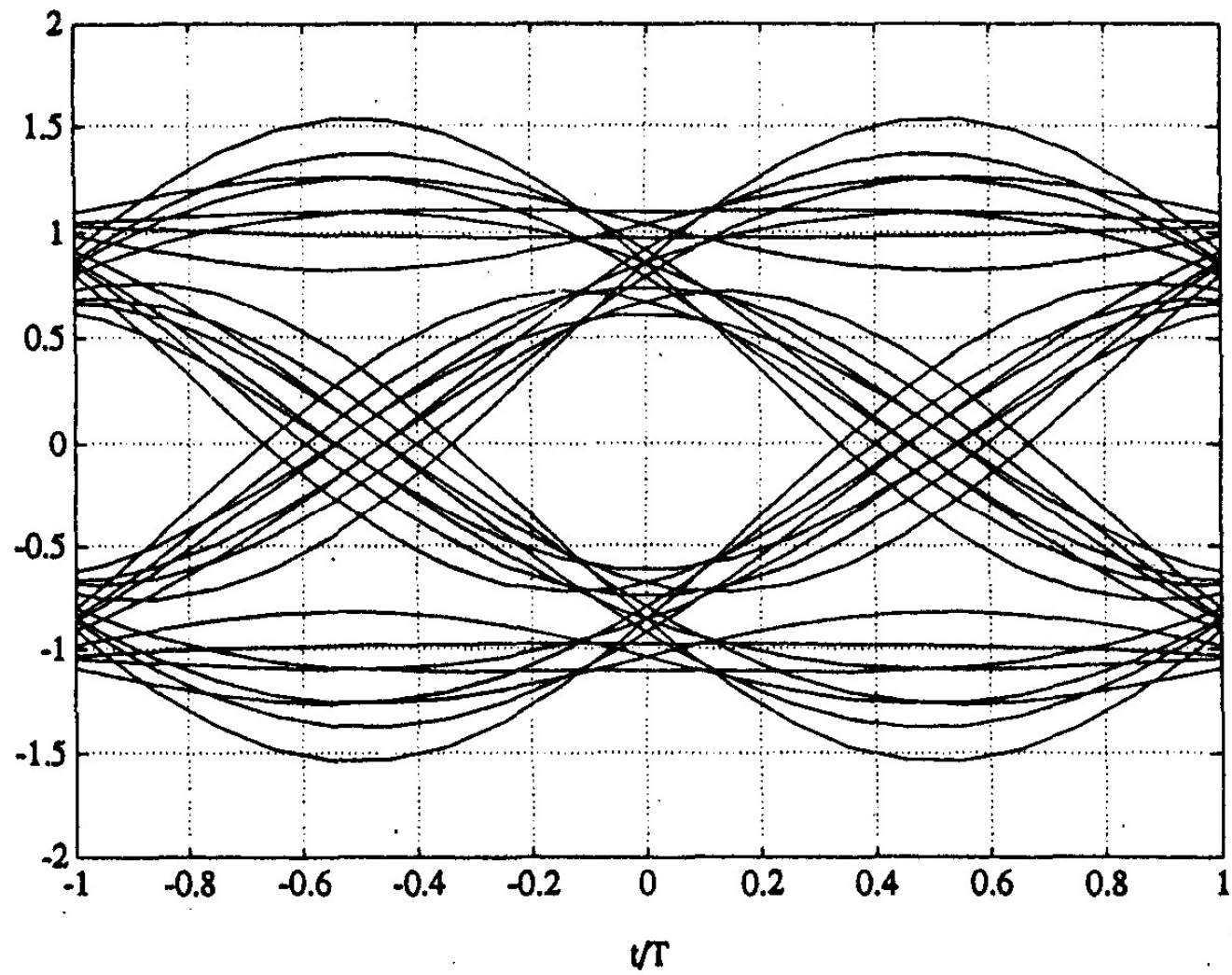
Chồng các phân đoạn



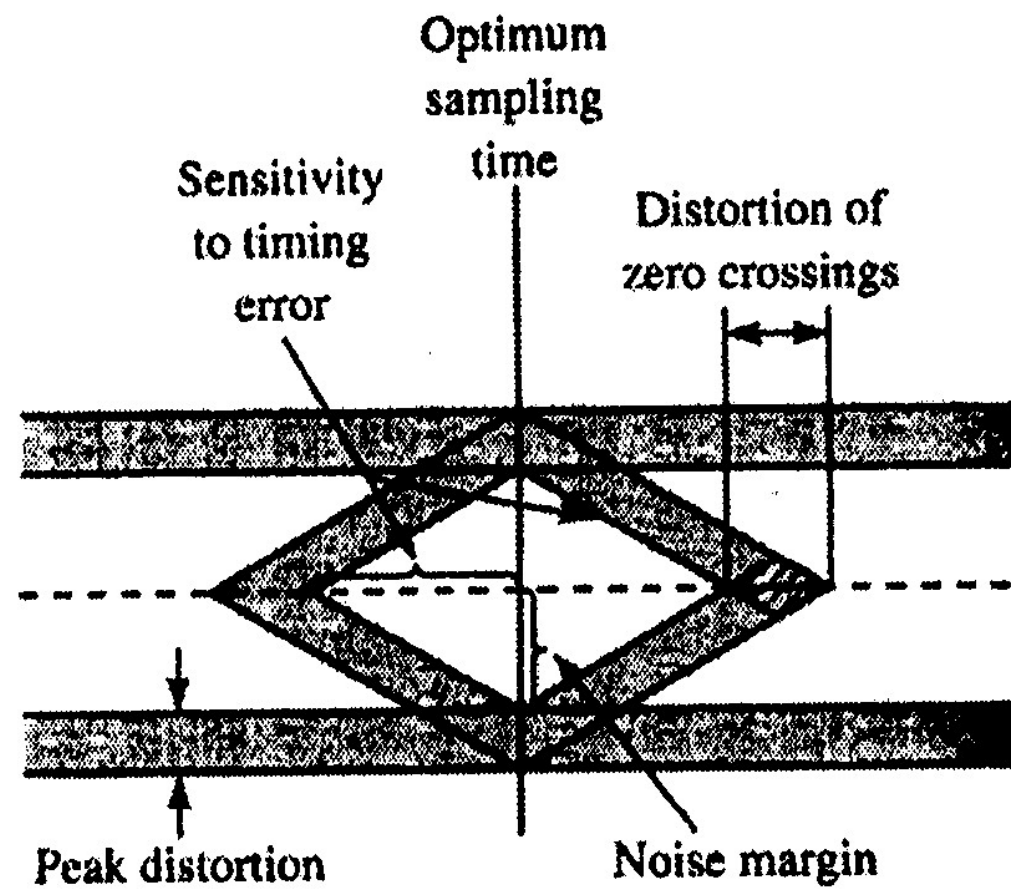
Trong trường hợp sử dụng bộ lọc RRC ($\alpha=0.5$)



2-PAM trong thực tế



Các định lượng cơ bản



2-PAM: Xác suất lỗi

XÁC SUẤT LỖI

$$BER = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \sqrt{\frac{E_b}{N_0}}$$

