

TEMA 6

COMUNICACIONES DIGITALES

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Modulación lineal vs no lineal

- PAM paso banda

$$\bar{s}_k(t) = a_k p(t)$$

- Las únicas diferencias con la PAM en banda base es que la expresión describe la envolvente compleja, y que a_k toma ahora valores complejos. Alternativamente:

$$s_k(t) = I_k \cdot p(t) \cdot \cos \omega_0 t - Q_k \cdot p(t) \cdot \sin \omega_0 t$$

- Con esta definición, es lo mismo hablar de modulaciones PAM o modulaciones lineales (ASK, PSK, QAM)

Uso de la modulación de señal ortogonal (QAM)

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Modulación lineal vs no lineal

- En otros casos, la forma de la señal enviada es diferente para miembro del alfabeto. No sólo se varía el escalado de los canales en fase en cuadratura, también la forma de la señal → modulaciones no lineales (FSK)

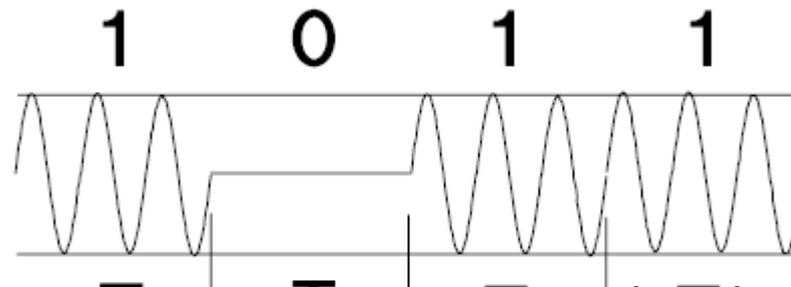
Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

ASK

- Versión digital de AM
- Enviar, cada T segundos, una de entre M sinusoides (misma frecuencia, diversas amplitudes, incluyendo la nula)
- ASK binaria = OOK (On-Off Keying)



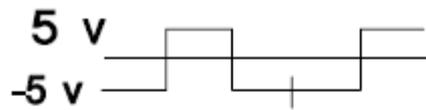
CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

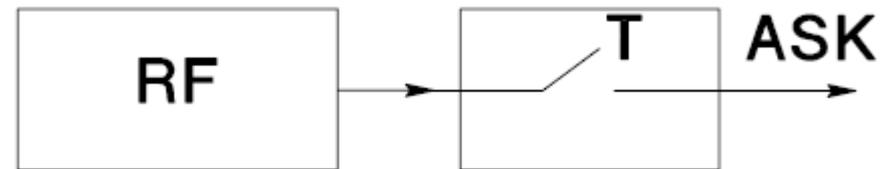
Cartagena99

ASK

- Generación
 - ASK binaria modulando en amplitud, al 100%, una portadora con un código NRZ bipolar
 - ASK binaria modulando en DBL un código NRZ unipolar
 - Mediante switch que interrumpa o no la transmisión de una portadora, en función de los datos



RF MODUL ASK



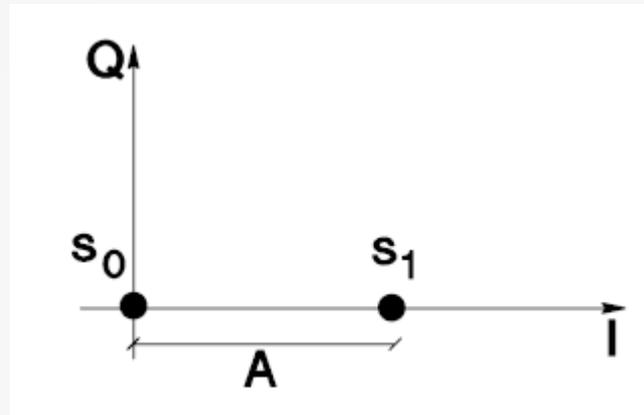
Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

ASK

- Constelación



- Demodulación
 - similar a la de AM
 - Diodo detector (incoherente)

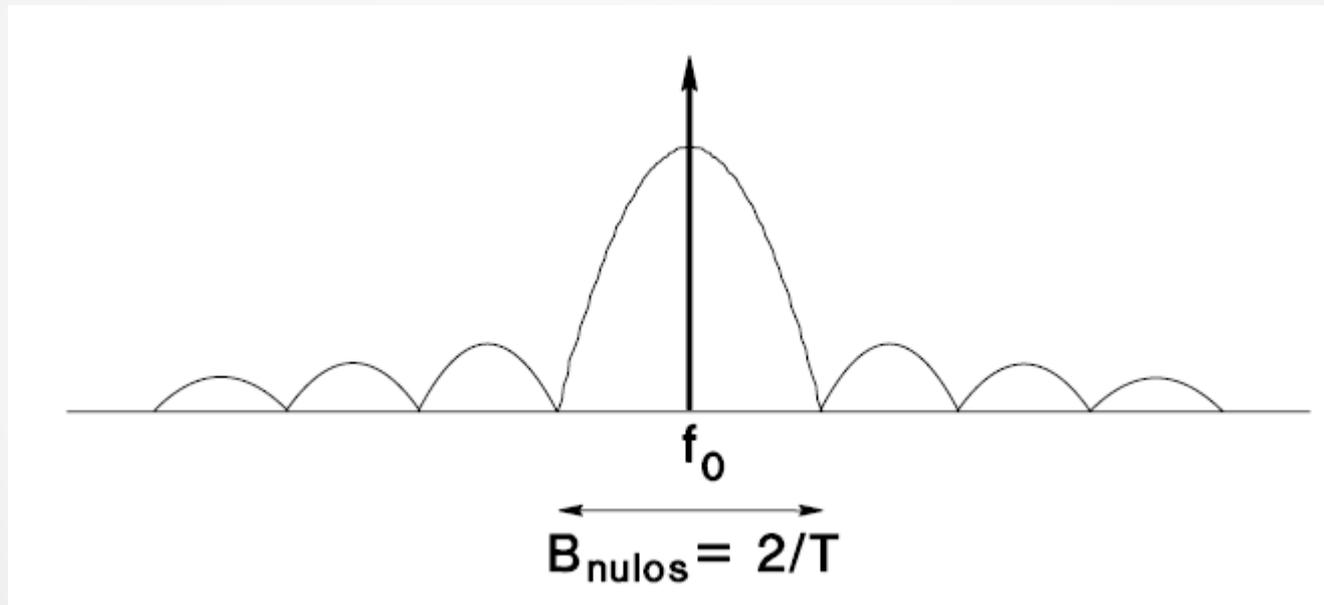
Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

ASK

- Espectro



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

ASK

- Prestaciones
 - Muy bajas, pero muy sencilla
 - No es óptima frente a ruido (centrando constelación ganamos 3dB de potencia de tx)
 - Ortogonal ($\rho=0$) para el caso binario, pero $\rho=1$ para muchas parejas de símbolos en multinivel
 - Eficiencia de potencia del 50%
 - No envolvente constante

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

QAM (QASK)

- Distintas versiones en función del número de símbolos
- Modulación de amplitud multinivel tanto de la componente en fase como de la componente en cuadratura

$$s_k(t) = I_k \cdot p(t) \cdot \cos \omega_0 t - Q_k \cdot p(t) \cdot \sin \omega_0 t$$

- $p(t)$ es un pulso básico de valor 1 y duración T segundos
- I_i y Q_i pueden tomar una serie de valores discretos (la cantidad de valores posibles será normalmente una potencia de 2), equiespaciados y simétricamente

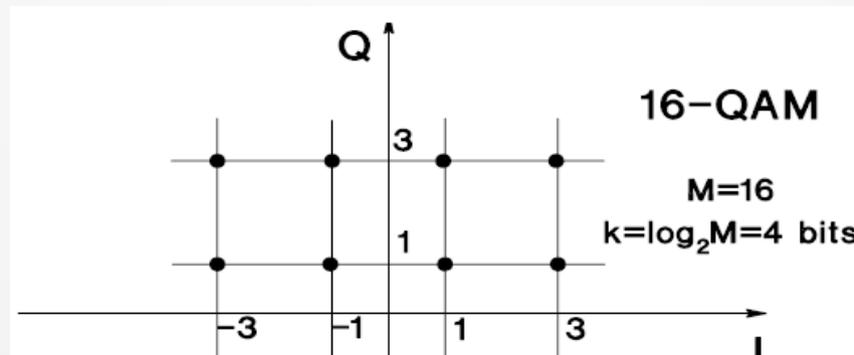
Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

QAM

- Ej:
 - $A=1$ y cada "canal" (I y Q) se modula con 4 niveles
 - $I = Q = \{-3, -1, 1, 3\}$
 - Alfabeto formado por 16 símbolos
 - cada símbolo transporta $k = \log_2 M = 4$ bits



CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

QAM

- Si el número de niveles posibles en cada canal es potencia de 2 \rightarrow asignar la mitad de los bits de cada símbolo al canal I y la otra al canal Q. Si 2^b niveles en cada canal, el número de símbolos en el sistema será: $(2^b)^2 = 2^{2b}$.
- Actualmente: 4-QAM, 16-QAM, 64-QAM, 256-QAM, 1024-QAM y 4096-QAM

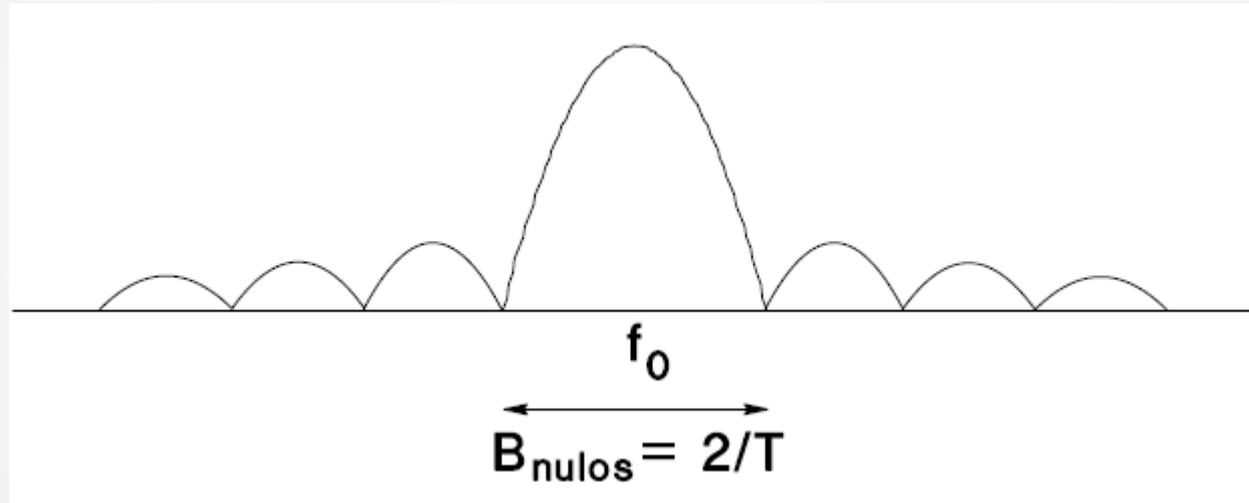
Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

QAM

- Espectro
 - Depende de V_s , no de V_t



- Cuantos más símbolos, más eficiencia espectral, pero

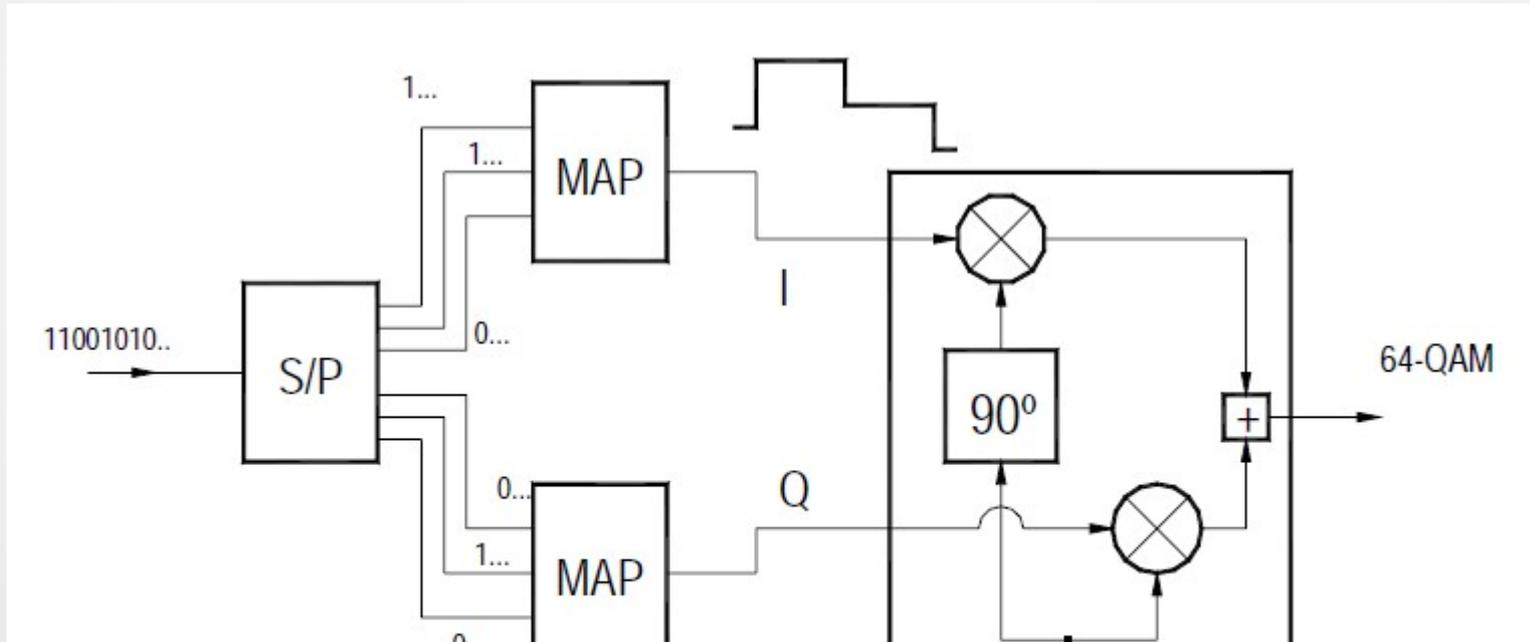
Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

QAM

- Generación
 - Modulador I-Q



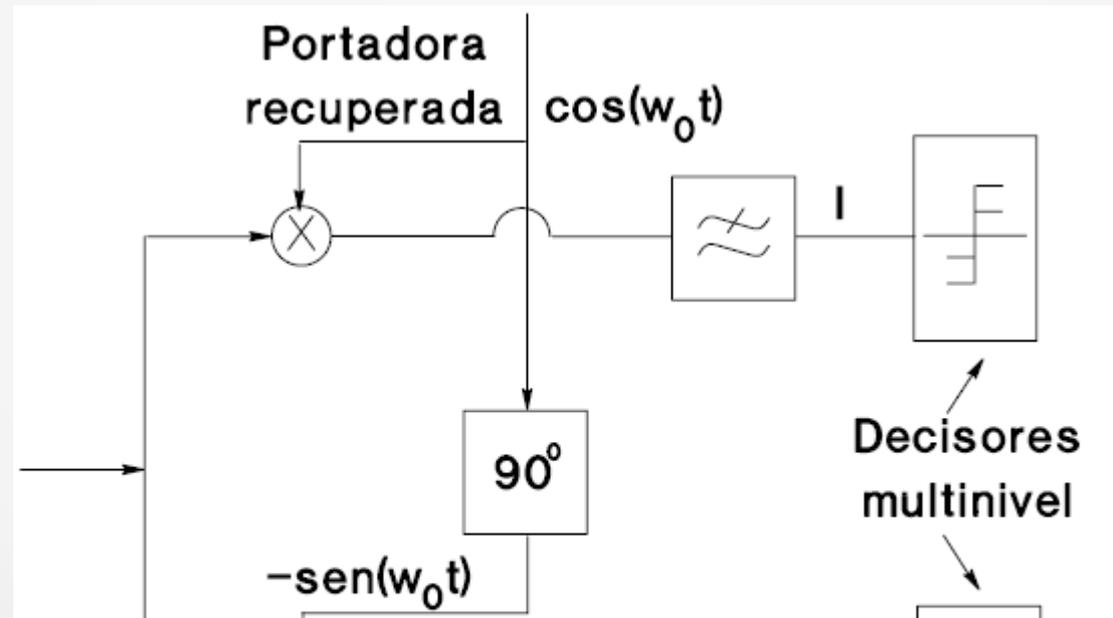
Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

QAM

- Recepción
 - Información en amplitud y fase → demod. coherente



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70