

SEÑALES ELÉCTRICAS

Unidad 1: Señales eléctricas en dominio de tiempo

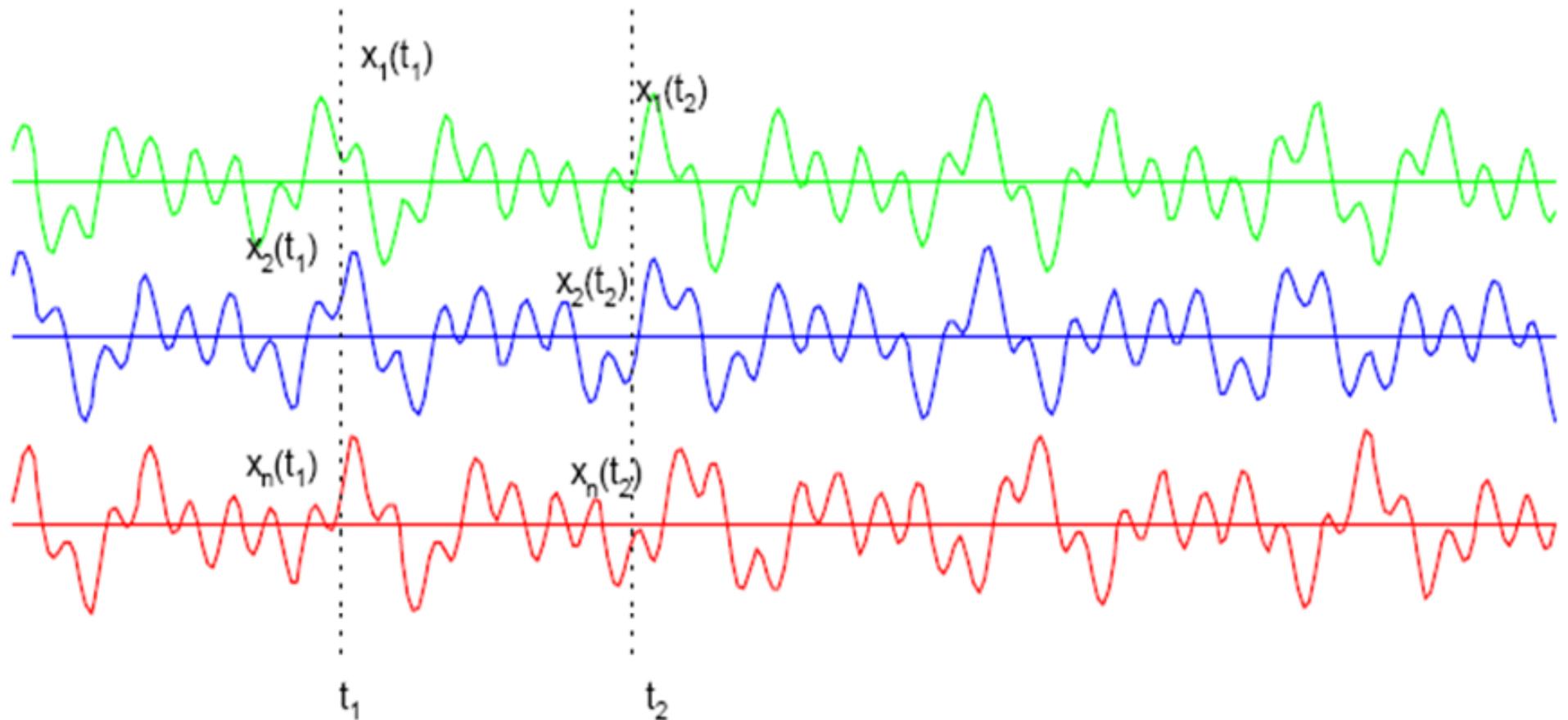
Clasificación de señales eléctricas en dominio de tiempo. Transitorias, Permanentes, Determinísticas, Aleatorias. Valor instantáneo, y promedios temporales: valor eficaz, potencia, energía. Señales aleatorias, promedios estadísticos. Funciones probabilidad acumulativa y Funciones de densidad de probabilidad.

Procesos estocásticos y, procesos ergódicos ¹

(Unidad 2: SEÑALES ELÉCTRICAS EN EL DOMINIO DE LA FRECUENCIA:
Transformada de Fourier. Teorema de Parseval ...)

[1] Cap. 9 “Communication systems“, Carlson-Crilly-Rutledge.

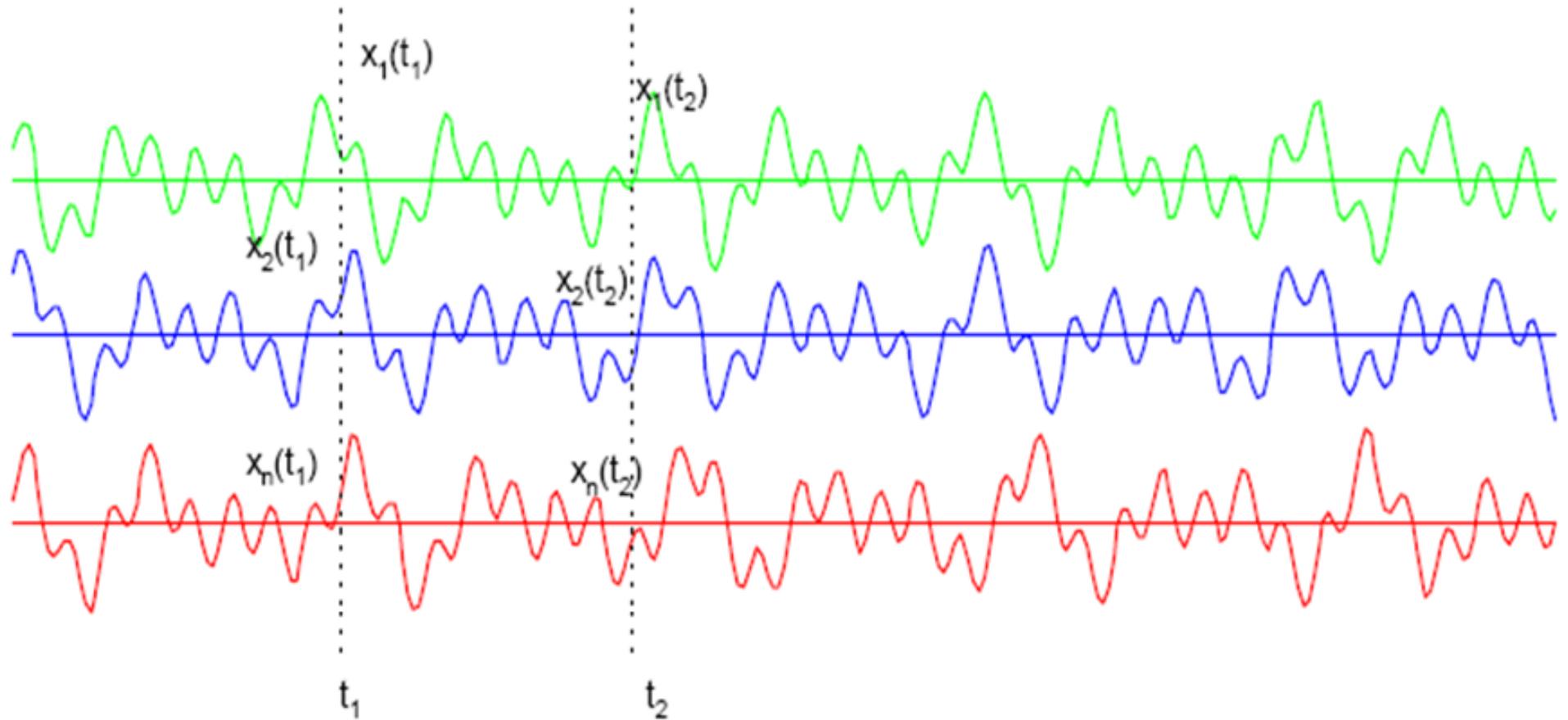
Procesos Estocásticos



Un **PROCESO ESTOCÁSTICO** (o random, o aleatorio) es un fenómeno que **transcurre en el tiempo** y tiene asociada una variable aleatoria, en nuestro caso: $x(t)$. Cada "muestra" asociada al proceso estocástico no es un valor aislado de $x(t)$, sino un trozo completo de señal en el tiempo. Las distintas muestras pueden provenir de una fuente física única, o de varias de la misma naturaleza. Al **conjunto** de estas muestras se les llama **ensemble** (en inglés).

PROCESO ESTACIONARIO: los promedios temporales se mantienen constantes a lo largo del tiempo. En el caso de la figura mostrada, el promedio de las muestras azul, verde, rojo etc., tendrían los mismos promedios temporales.

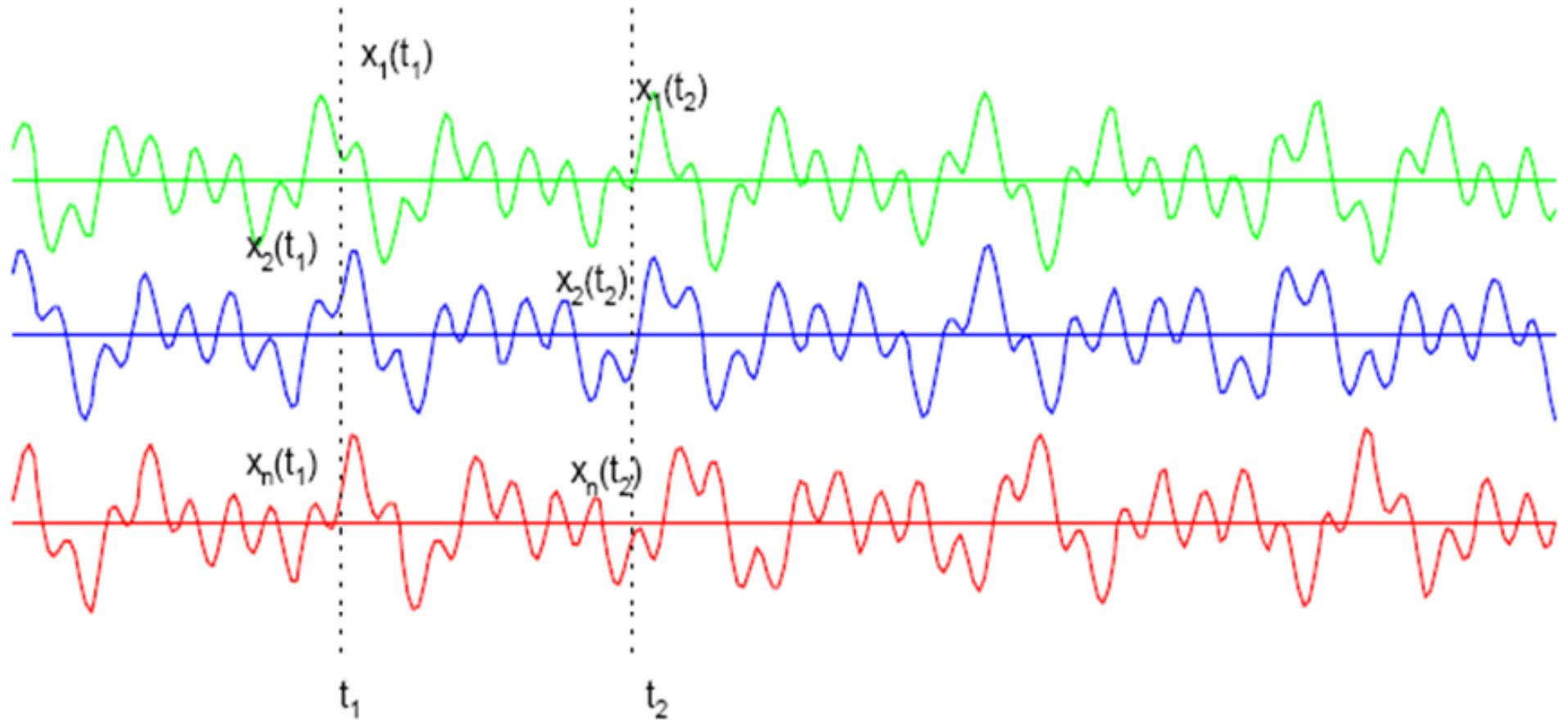
Procesos Estocásticos



Si sobre las muestras del proceso estocástico (señales verde, azul, rojo, etc.) se consideran los valores instantáneos en tiempos específicos (t_1, t_2, \dots), de manera "transversal" a las muestras temporales se forman **conjuntos** de valores discretos $X(t_1), X(t_2)$ etc.

Las medias estadísticas calculadas sobre cada una de los conjuntos $X(t_1), X(t_2), \dots$ se denominan "promedios de conjunto" (ensemble averages).

Procesos Ergódicos



Cuando ocurre que los promedios temporales tienen el mismo valor que los promedios de conjunto, se dice que el proceso estocástico es **ERGÓDICO**.

Procesos Ergódicos

Tomando una cualquiera de las señales miembro del experimento de muestreo, y se mide durante un tiempo τ suficientemente largo, sus promedios temporales $\langle x \rangle$ y $\langle x^2 \rangle$:

$$\langle x(t) \rangle = \lim_{\tau \rightarrow \infty} \frac{1}{\tau} \cdot \int_{-\tau/2}^{\tau/2} x(t) \cdot dt$$

$$\langle x(t)^2 \rangle = \lim_{\tau \rightarrow \infty} \frac{1}{\tau} \cdot \int_{-\tau/2}^{\tau/2} x(t)^2 \cdot dt$$

Si el proceso que genera las señales del experimento es, además de estacionario, ergódico, los promedios temporales definidos arriba son iguales a los promedios estadísticos, es decir:

$$\langle x \rangle = \bar{x} \quad \langle x^2 \rangle = \bar{x^2}$$

Además:

todas las medias de conjunto son independientes del tiempo.

$$\bar{x} = \frac{1}{n \cdot \Delta t} \sum_1^n x_n \cdot \Delta t$$

$$\bar{x^2} = \frac{1}{n \cdot \Delta t} \sum_1^n x_n^2 \cdot \Delta t$$

RESUMIENDO...

1. Para cualquier muestra aislada de un proceso estocástico... la igualdad $\langle x^n \rangle = \overline{x^n}$ se cumple SIEMPRE.
2. Por definición, en un proceso ergódico se debe cumplir la igualdad $\langle x^n \rangle = \overline{x^n}$, calculando los $\overline{x^n}$ como promedios "de conjunto"
3. Si el proceso estocástico es ergódico, los promedios de conjunto mantienen su valor para $t_1, t_2, \text{ etc. etc.}$
4. Ergodicidad implica Estacionareidad para los promedios temporales de todo orden.