

# MÓDULO DE RADIOCOMUNICACIONES DIGITALES PARA APLICACIONES DOCENTES Y SENSORIZACIÓN REMOTA

Javier Diz Bugarín<sup>1</sup>, José Luis Rodríguez Fernández<sup>2</sup> (Dep. Electrónica, IES Escolas Proval, Nigrán, España)

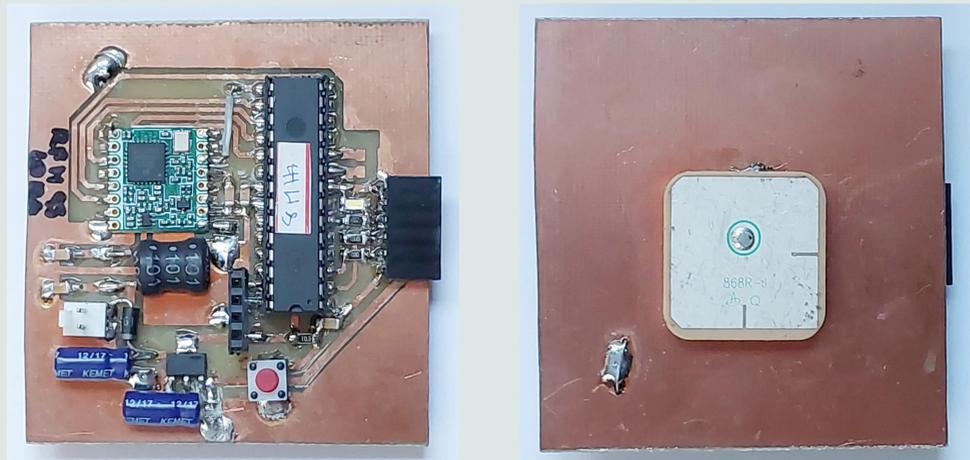
<sup>1</sup>javier.diz@edu.xunta.gal, <sup>2</sup>chechu@edu.xunta.gal

## INTRODUCCIÓN

En este trabajo se presenta un ecosistema de hardware y software con capacidad de transmisión y recepción usando modulaciones digitales como OOK, FSK, PSK/MSK y LoRa, pensado para prácticas de formación profesional en asignaturas de comunicaciones y en proyectos reales de innovación tecnológica y educativa.

Hemos realizado nuestros propios módulos hardware para poder adaptarlos a diferentes necesidades docentes, basados en un microcontrolador combinado con un módulo transceptor y antena en una misma placa.

El diseño de la placa de circuito impreso está optimizado para maximizar el rendimiento del conjunto transceptor-antena (y con ello la distancia de transmisión). Está previsto el uso de diferentes tipos de antenas integradas como monopolo o patch, y también pueden conectarse antenas comerciales (Yagi-Uda) mediante un conector N opcional.



Aspecto de un módulo terminado: a) lado de componentes b) antena y plano de masa

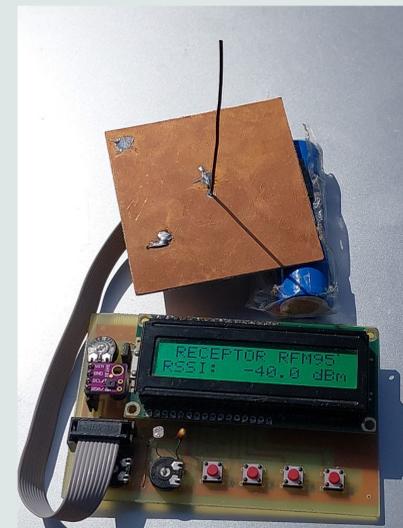
El sistema se programa bajo IDE Arduino y se ha desarrollado un programa propio que permite cambiar fácilmente el tipo de modulación y los parámetros del sistema como la frecuencia central, tasa de bits, desviación de frecuencia o ancho de banda.

Como aplicaciones reales se ha pensado en una red de sensores distribuidos, medida remota de parámetros meteorológicos o ambientales como la temperatura del aire o el agua de mar, control remoto de ventilación, la creación de una red comarcal de sensores para aplicaciones como agricultura, detección de inundaciones, etc.

## CARACTERÍSTICAS DEL MÓDULO

- Placa de circuito impreso de doble cara cuadrada o circular. Una de las caras funciona como plano de masa para antenas monopolo o patch (conector N opcional).
- Microcontrolador Atmega328P-PU a 8MHz.
- Módulo de radio HopeRF RFM69 o RFM95 (mismo patillaje). Soldado directamente en la placa en posición centrada para unión directa con la antena sin pérdidas o desadaptaciones.
- Alimentación a 3.3V con regulador LM1117 para USB y conector para batería 3.6V. Filtros LC en la alimentación del módulo transceptor.
- Conexión con ordenador mediante adaptador serie-usb FT232R o FT231X de FTDI.
- Prevista la conexión de sensores I2C mediante conector SIL-4.
- Permite la presentación de datos mediante visualizador LCD-I2C (modo autónomo) o envío a ordenador (modo conectado).
- Programación en Arduino utilizando la biblioteca RadioLib (permite utilizar todos los sistemas de modulación con un único transceptor).

El montaje de los primeros prototipos se ha realizado a lo largo de los cursos 2022-23 y 2023-24 por alumnos y profesores de formación profesional del IES Escolas Proval.



Pruebas en módulo autónomo con visualizador LCD: a) antena Yagi-Uda b) monopolo

## PRUEBAS Y RESULTADOS

Se han realizado diferentes pruebas de medida para verificar el funcionamiento de los módulos utilizando el modo FSK para obtener una potencia constante (+20 dBm) y frecuencia estable (868 MHz).

### A. Prueba de distancia en campo abierto

Esta prueba se ha realizado con módulos transmisor y receptor con antena monopolo. Se ha obtenido una distancia máxima superior a 2 km con recepción continua de datos, superior a la indicada en muchos módulos comerciales.

### B. Medida de diagrama de radiación y ganancia

Esta prueba se ha realizado con un módulo transmisor con antena monopolo hecha con hilo rígido de cobre y un receptor dotado de conector tipo N en el que se han conectado sucesivamente una antena Yagi-Uda de 11dBi y un monopolo. De los resultados obtenidos (ver tabla) se concluye que el ancho de lóbulo principal coincide aproximadamente con los valores teóricos ( $\pm 30^\circ$  para la antena Yagi-Uda). Se han obtenido nulos en las posiciones previstas ( $\pm 90^\circ$ ). Además la diferencia de ganancia medida entre ambas antenas (10.5 dB) se explica considerando el tamaño finito del plano de masa y la desadaptación de impedancias.

TIPO	Potencia recibida (dBm)						
	-90°	-75°	-30°	0°	+30°	+75°	+90°
Yagi-Uda	-50	-61.5	-38.5	-35.5	-38.0	-61.0	-50
Monopolo	-60		-47.0	-46.0	-46.5		-60

Tabla de medidas realizadas con antenas monopolo y Yagi-Uda



Medidas en modo FSK: distancia y diagrama de radiación en campo abierto

## CONCLUSIONES

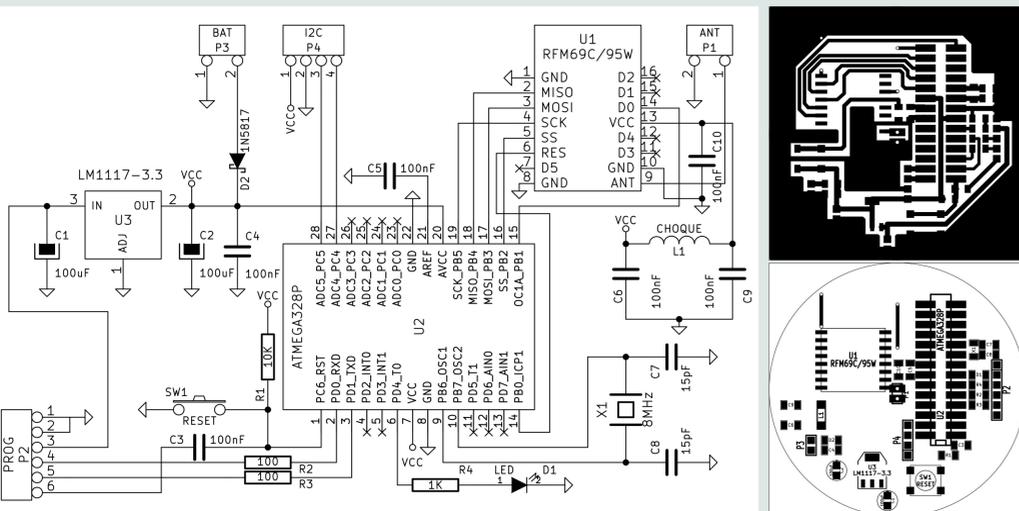
En este artículo se describe un ecosistema de hardware y software con capacidad de transmisión y recepción de distintas modulaciones digitales pensado para prácticas de formación profesional y proyectos reales de innovación tecnológica y educativa.

Se han realizado pruebas de distancia, ofreciendo unos resultados superiores a los de módulos comerciales en modulación FSK, lo que demuestra la validez de la solución adoptada para el montaje en placa de circuito impreso de doble cara con plano de masa.

También se han realizado pruebas de medida en exterior con antenas monopolo y Yagi-Uda, obteniendo resultados similares a las características teóricas de las antenas utilizadas. Se plantea medir el diagrama de radiación completo automatizando el proceso de control de ángulo y medición.

En los siguientes cursos se pondrá en marcha un programa de prácticas completo basado en el uso de estos módulos para impulsar la formación de nuestro alumnado en este tipo de tecnologías y favorecer su integración en el mercado laboral.

Además este diseño se utilizará como base para la actualización de la estación meteorológica del instituto con nuevos sensores digitales y una arquitectura distribuida, así como otras aplicaciones de innovación docente y tecnológica.



Esquema electrónico del módulo, trazado de pistas del pcb y plano de componentes