

SENSORES PARA TODOS 2018. IGACIENCIA

Autores:

Diego Baleirón Pais
Diego Basante Magariños
Noelia Canda Pazos
Antón Carcedo Martínez
Verónica Godoy Antelo
David Gualillo Lago
Alberte Xosé López Freire

Ainhoa Pérez Raña
Aarón Peula Velarde
Sara Picos Gómez
Alejandro Quintana Cid
Carlos Ruiz Abete
Carla Villar Cobas
Fátima Viqueira Barca

Profesorado que coordinou o proxecto:

Luz Ramos López

Xabier Lorenzo Abalde

**Debuxo Técnico I, Tecnoloxía Industrial I, TIC I
1º Bacharelato. IES de Brión**

RESUMO DO PROXECTO

Deseño, fabricación, control e programación dun robot con patas articuladas inspirado nas esculturas cinéticas de Theo Jansen. O robot está dotado con diversos sensores que nos permiten recoller información do entorno. Ten incorporada unha pantalla LCD para amosar os datos recollidos e un módulo bluetooth para enviar eses mesmos datos a un smartphone no que se amosan en formato gráfica. Dende o teléfono móbil tamén é posible interactuar co robot e controlar os seus movementos.

Os principais obxectivos do proxecto foron:

- Experimentar con modelos de robots diferentes aos robots con rodas
- Estudar a cinemática para conseguir o avance do robot
- Deseñar e modelar os elementos do robot
- Manexar a impresión 3D como técnica de fabricación
- Aproximarse a unha linguaxe de programación con código IDE Arduino
- Control do robot a partir de sensores e establecendo comunicación vía Bluetooth e LCD

MATERIAIS E RECURSOS

- **Impresoras 3D:** León 3D, Mendel XL
- **Ordenadores portátiles HP 620**, software: Geogebra 5.0.360.0, Blender V2.76, Arduino 2:1.0.5 e 2:1.8.5, Slic3r
- **Smartphone**, con App: Bluetooth Electronic
- **Hardware:** Tarxeta controladora Arduino Uno
- **Electrónica:**
 - Servomotores
 - Sensores:
 - Sensor de temperatura e humidade (DHT11)
 - Sensor LDR
 - Sensor de ultrasóns HC-SR04
 - Módulos:
 - LCD (20 filas x 4 columnas) incorpora un módulo I2C
 - Módulo Bluetooth (un HC-06)
 - Placaprotoboard
- **Materiais:** PLA, parafusos, arandelas, porcas, laca, adhesivos (loctite, barras de silicona), pilas de 1,5 V, portapilas
- **Ferramentas e útiles de traballo:** soldador, lima, trade, calibre, cutter

DESCRICIÓN

O proxecto desenvolveuse nas materias de Tecnoloxía Industrial I, Debuxo Técnico I e TIC I polo alumnado, titorizado polo profesorado, empregando o Método de Traballo por Proxectos como proposta interdisciplinar no último trimestre de curso. A proposta inicial de investigación, deseño, construción e programación do robot foi definíndose e concretándose durante o proceso de traballo ata chegar ao produto final.

BrionXbot é un robot de seis patas distribuídas en dous trens situados nos costados dun corpo central ou chasis. Cada tren está formado por tres patas articuladas montadas sobre un cigüeñal e ancoradas nun eixe fixo. A rotación do motor move estes mecanismos de tal xeito que os extremos das patas describen unha traxectoria cíclica de avance. BrionXbot está dotado de diversos sensores que nos permiten recoller datos sobre distancias, temperatura, humidade e luminosidade. O módulo de Bluetooth e a pantalla LCD permiten ler e graficar os datos obtidos a través dun smartphone ou directamente no robot. Tamén é posible controlar os movementos do robot de modo remoto dende un teléfono móbil vía Bluetooth.

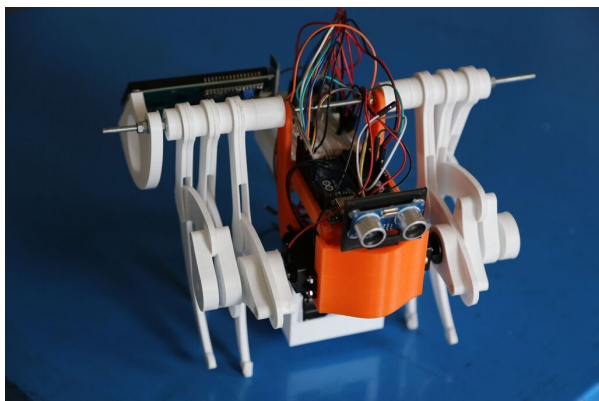


Figura 1: Vista frontal do BrionXbot

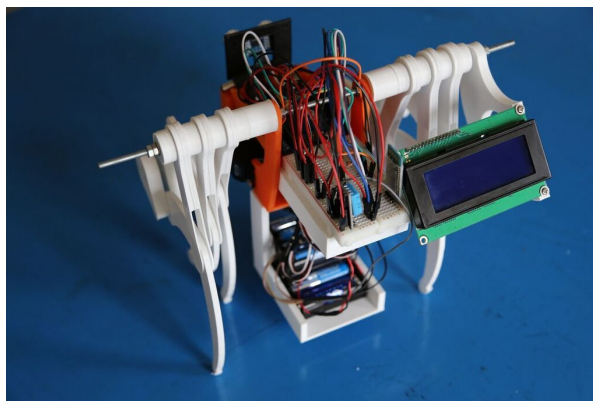


Figura 2: Vista traseira do BrionXbot

O proxecto consta de varias fases:

- Análise do problema e busca de información: Estruturas cinéticas de Theo Jansen, tipos de robots con patas, observación do movemento en animais.
- Análise de percorridos e definición das traxectorias das patas con Geogebra.
- Deseño e modelado dos compoñentes do robot con Geogebra e Blender, tamén nunha fase previa de realización de bosquexos en papel.
- Impresión en PLA das diferentes pezas coas impresoras 3D.
- Montaxe do robot coas pezas e as diferentes partes dos mecanismos: chasis, cigüeñal, patas, soportes e outros elementos auxiliares.
- Programación e control do movemento de dous motores que traballan simultaneamente, un para cada cigüeñal.

- Programación dos sistemas de lectura para recoller os valores dos sensores: Módulo de temperatura e humidade, ultrasóns e LDR.
- Programación do módulo de comunicación vía Bluetooth e da pantalla LCD.
- Integración dos compoñentes electrónicos e cableado.
- Integración dos diferentes programas de proba nun único programa.

DESENVOLVEMENTO DO PROCESO E DIFICULTADES

Fase 1. Análise do problema e busca de información:

Comezamos cunha busca de información, posta en común e discusión de diferentes posibilidades para o deseño dun robot con patas. Posteriormente restrinximos o estudo ás posibilidades derivadas da análise das esculturas cinéticas do escultor holandés Theo Jansen.



Figura 3. Escultura de Theo Jansen. Vía Wikipedia.org

Fase 2. Análise de percorridos e definición das traxectorias:

Desenvolvemos, traballando en gran grupo, o deseño das traxectorias e a forma das patas. Para definir estes trazados empregamos Geogebra, software de xeometría dinámica especialmente axeitado para este tipo de análise.

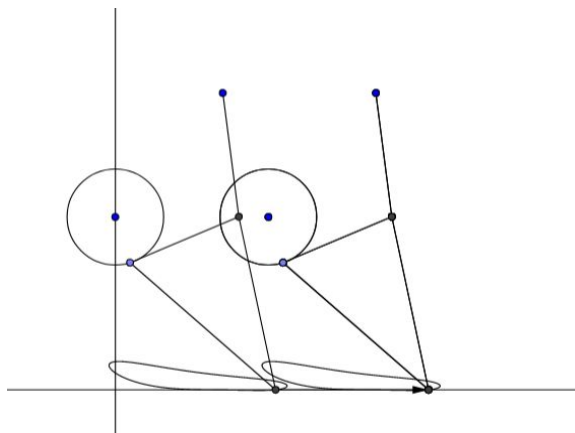
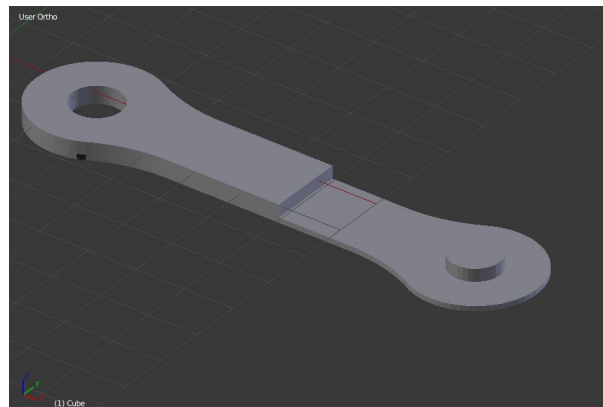
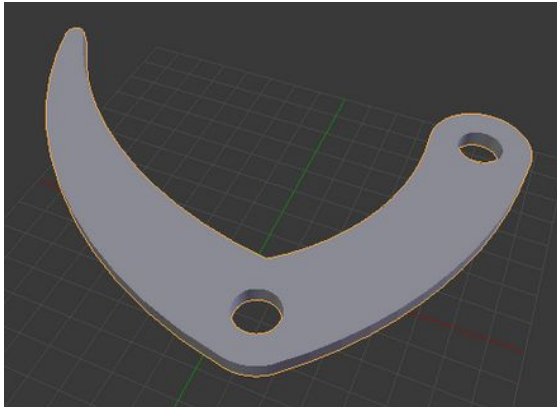


Figura 4. Percorrido e traxectoria das patas

Fase 3. Modelado dos compoñentes do robot

Traballando en pequenos grupos, deseñamos e modelamos as diferentes pezas que conforman a estrutura do robot: patas, chasis, elementos do cigüeñal, separadores e soportes.



Figuras 5 e 6. Elementos das patas



Figura 7. Soporte da placa Arduino

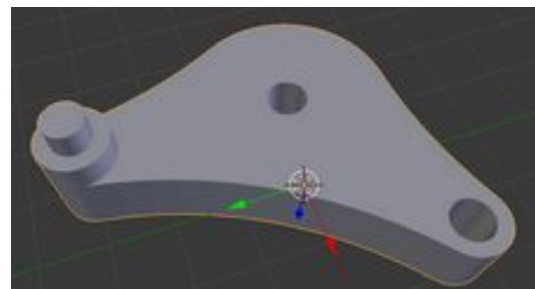


Figura 8. Compoñente do cigüeñal

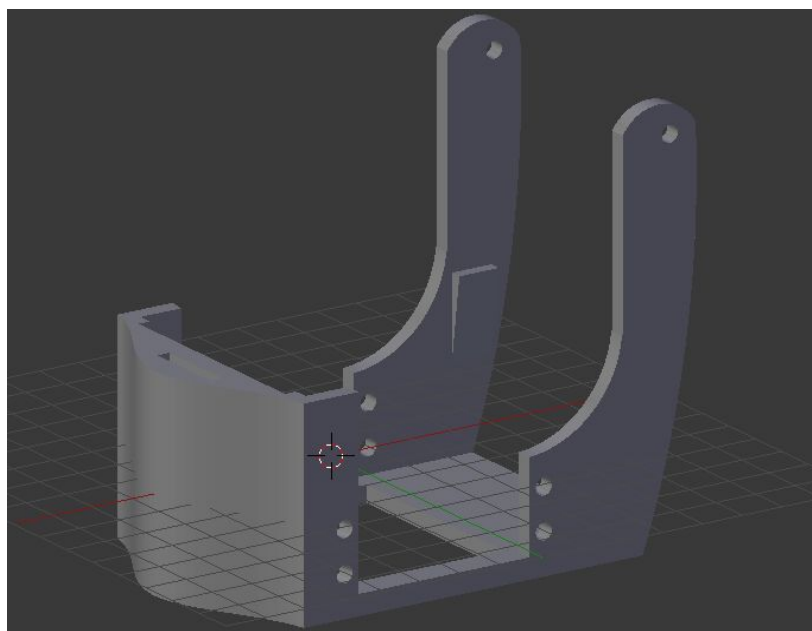


Figura 9. Chasis do robot

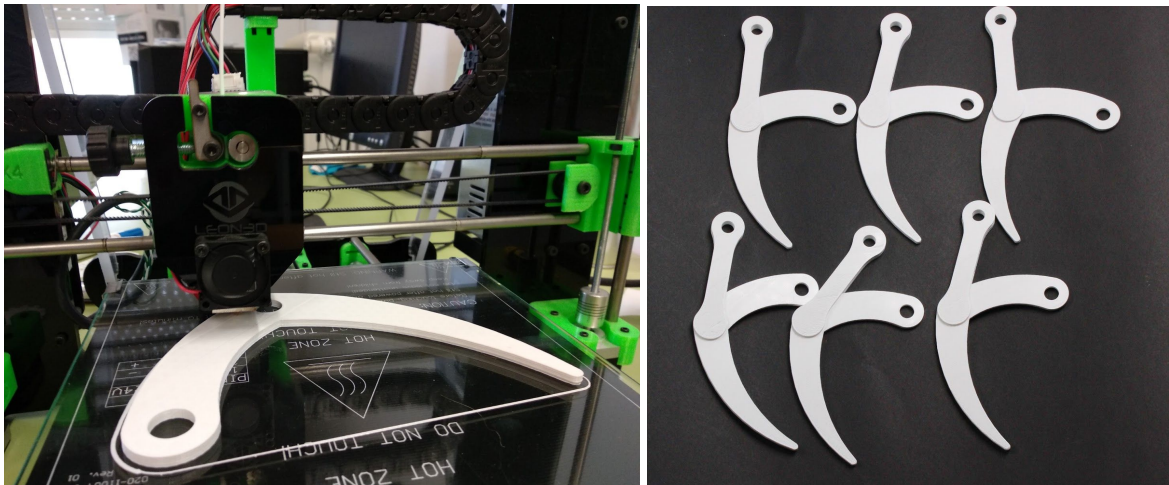
Empregamos fundamentalmente dúas técnicas de modelado:

- Creando as figuras directamente en Blender a partir de sólidos predefinidos (cubos, cilindros...). Estas figuras editámolas para escalalas, trasladalas, rotalas e aplicámoslle operacións booleanas para unilas, realizar perforacións e conseguir outras formas complexas.
- Creando as figuras a partir da extrusión de trazados vectoriais elaborados con Geogebra. O Blender permite importar trazados "svg" e transformalos en nubes de puntos para modelar figuras.

Fase 4. Impresión 3D

En paralelo ao proceso de deseño e modelado comezamos a imprimir as patas e logo o resto das pezas. A medida que montábamos a estrutura do robot, tivemos que redeseñar e volver a imprimir algunhas pezas para axustalas á súa función.

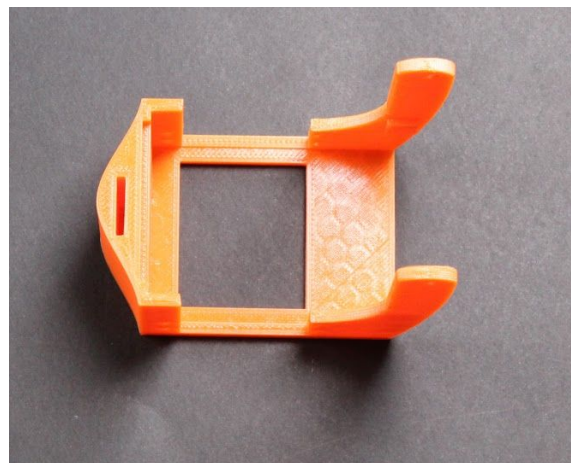
Para imprimir as pezas exportamos dende Blender os modelados en formato "stl". Importamos dende Slic3r (laminador) os "stl", cargamos os parámetros da impresora, configuramos outros parámetros como a temperatura e a velocidade de impresión, a altura de capa e o tipo de recheo e exportamos a "gcode" para enviar directamente á impresora a través dunha SD. O proceso de impresión debe ser atendido, sobre todo ao comezo, xa que pode interromperse ou fallar por diversas causas.



Figuras 10 e 11. Patas impresas



Figura 12. Módulos do cigüeñal



Figuras 13 e figura 14. Chasis impreso

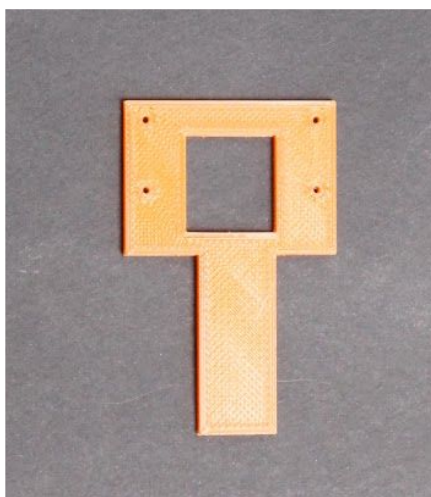


Figura 15. Soporte ultrasón



Figura 16. Chasis con soporte de placa e ultrasón

Fase 5. Programación

Unha vez que a idea xeral comezaba a materializarse, iniciamos a fase de programación do módulo de comunicación, sensores e LCD para incorporarllos ao robot. Programamos co IDE de Arduino.

En primeiro lugar incorporamos varias **librerías** (DHT, SoftwareSerial, Servo, Wire e LiquidCrystal_I2C.) para poder empregar as funcionalidades de diferentes compoñentes (sensores, motores e módulos de comunicación). Tamén asignamos as dimensións e outras características da LCD así como o porto e o modelo do sensor de humidade e temperatura.

Declaramos unha serie de **variables** globais de distintos tipos segundo a súa función, por exemplo unha variable *char* para asignar valores de un só dígito, no noso caso, una letra que nos permite controlar o movemento do robot mediante a cruceta.

Acto seguido procedemos a **definición das funcións** que conforman o programa o que nos axudará a ter un código moito máis sintético e fácil de visualizar. Despois de definir as funcións procedemos a definir o **void setup** onde inicializamos variables e as funcións que se executan unha única vez ao comezo do programa.

Contamos coas funcións **bluetooth** e **humidade** para ler e enviar os datos de distancia, tempo, humidade e temperatura. Tamén con **graficar** e **graficar2** para que a aplicación represente os datos obtidos polos sensores mediante gráficas ou mediante datos numéricos, no caso da segunda. Así mesmo definimos as funcións **cruceta** para controlar o movemento vía bluetooth, **lcdA** para mostrar determinados datos na LCD e por último **cor** e **ldr** que se encargan do funcionamento do RGB en función do LDR.

Unha vez feito isto comezamos co **void loop** que é a parte do programa que se executa repetidamente a modo de bucle. Dentro desta función hai un condicional en función dunha das variables declaradas ao principio (*distance*, concretamente) se se cumpre a condición establecida o programa lerá a parte do texto onde se executan todas as funcións definidas anteriormente, se a condición establecida non se cumpre o robot recibirá unha orde de moverse cara atrás e volveremos a chamar as funcións anteriores para evitar que o programa deixe de executalas se a condición non se da. A única que non se volve a incluír é a encargada do control do movemento xa que a orde principal é de moverse unicamente cara atrás no caso de que a condición non se cumpla.

Para a realización do programa axudámonos do manual de programación: *ARDUINO CURSO PRÁCTICO DE FORMACIÓN* de Óscar Torrente Artero, Editorial RC Libros. Tamén consultamos as guías de programación da páxina web da app *bluetooth electronics*.

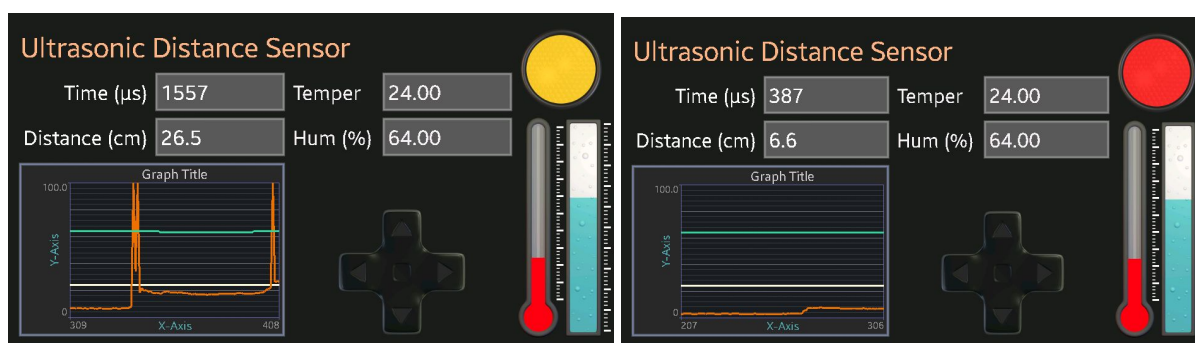
[Código en arduino](#)

5.1 Control por Bluetooth:

O módulo está programado para poder conectarse co móbil coa App **Bluetooth Electronic** e mostrarnos unha serie de gráficas co nivel de humidade, temperatura e distancias.

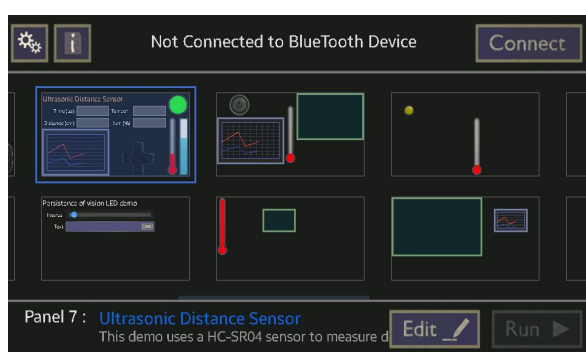
5.1.1: Engadimos dous cadros de texto para indicar o tempo que tarda o sensor de ultrasóns en recibir a sinal tras enviala (en microsegundos) e a distancia á que se atopa o obstáculo detectado (en centímetros). Ademais incorporamos unha gráfica que representa a distancia que detecta o sensor ao longo do tempo.

5.1.2: Pasamos a incorporar outros 2 cadros de texto para a temperatura (en graos celsius) e para a humidade (en porcentaxe). Estes datos tamén aparecen na gráfica. Na captura de pantalla pódense observar gráficas referentes aos sensores, tanto ultrasóns, como sensor de humidade e temperatura. Tamén está presente un botón que se iluminará de verde ou vermello en función da detección dos ultrasóns.

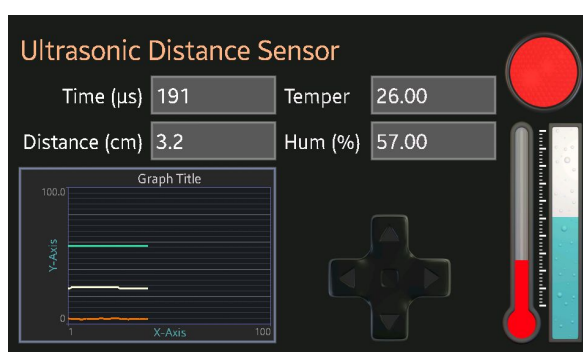


Captura dun programa inicial

Captura avanzada cos datos nas gráficas



Menú de paneis dentro da aplicación



Datos obtidos e gráficos

Figura 17. Gráficos e datos da App Bluetooth Electronic

5.1.3 Cruceta: Para controlar o robot usamos unha cruceta con catro posicións, para poder ordenar ao robot moverse para adiante, atrás, esquerda e dereita.

5.2 Control de luminosidade:

LDR: O LDR está programado para indicarnos o nivel de luz, que se transmite ao LCD.

LED RGB: O LED iluminarase dunha cor ou outra en función da luz que lle chegue ao LDR.

LCD: Usamos un módulo I²C que nos permitiu reducir o número de cables de conexión coa LCD a 4 (GND, VCC, SDA, SCL). Na pantalla mostramos o valor da distancia e da luminosidade.

5.3 Control de motores:

Servomotor: Fixemos un programa para controlar os servos que permite que estes se movan cara adiante ou atrás de modo independente, permitindo, por tanto, avanzar, retroceder e xirar. Se os ultrasóns detectan un obstáculo a certa distancia, os servos moveranse cara atrás.

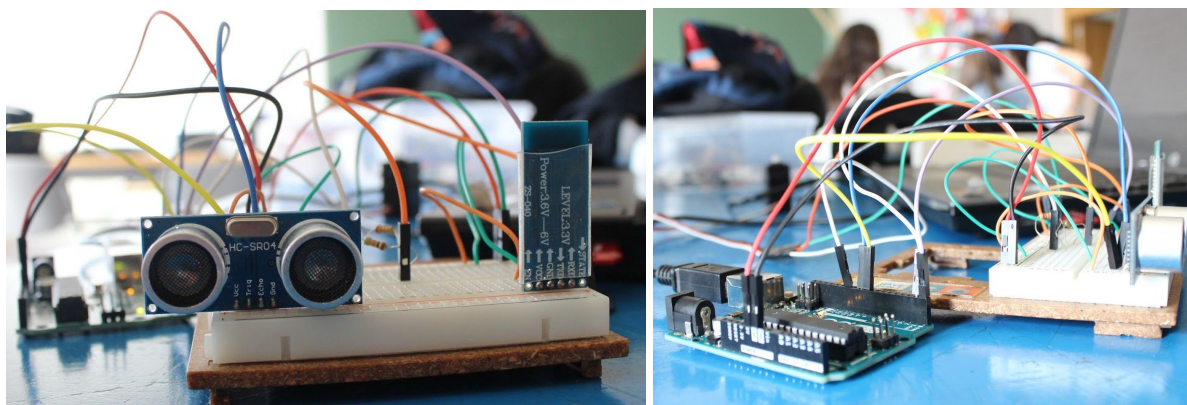


Figura 18 e Figura 19. Montaxes de proba co ultrasón e módulo bluetooth

Fase 6. Montaxe do robot:

Coa maioría das pezas impresas e cos programas case listos, procedimos á montaxe das pezas do robot e á electrónica. Acoplamos os servomotores e unha varilla roscada como eixe fixo ao chasis. Logo montamos as patas e os elementos do cigüeñal, que tiñan que estar perfectamente aliñados para poder obter o movemento desexado e fixamos os tres de patas aos motores e ao eixe fixo. Empregamos loctite e cola quente para unir todas as pezas. Colocamos as pezas no chasis xunto co soporte da placa Arduino e o soporte de ultrasóns.

Cara ao final do proceso de montaxe, e logo de facer algunhas probas de funcionamento, pequenos grupos estabamos traballando simultaneamente en tarefas tan diferentes como modelado e impresión 3D, montaxe da electrónica, instalación de sensores, documentación gráfica, elaboración da memoria e pequenos axustes para optimizar o noso robot.

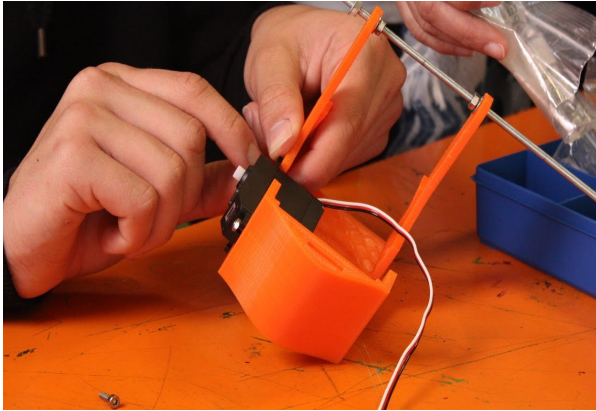
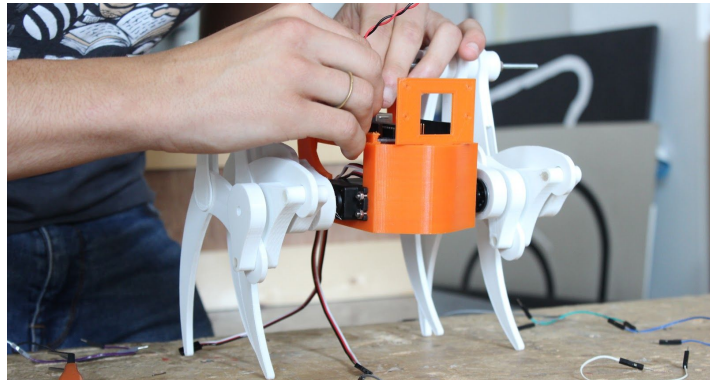
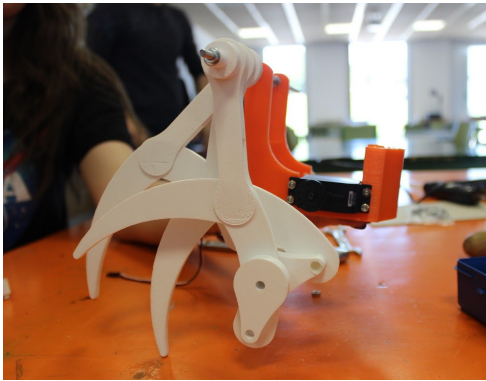


Figura 20. Montaxe dos servomotores



Figura 21. Montaxe das patas no punto fixo



Figuras 22 e 23 Montaxe do chasis ás patas

Ao final de todo o proceso e despois de varias probas, deseñamos e montamos uns novos soportes para a pantalla LCD e para as pilas.

ANÁLISE DOS RESULTADOS

Conseguimos deseñar e construír un robot con patas capaces de describir unha traxectoria que permite o seu avance. Este ten un equilibrio inestable. Pode chegar a caer nos cambios de dirección ou se a velocidade é alta. Resolvemos parcialmente esta cuestión modificando o seu centro de gravidade aproveitando a ubicación das pilas.

Conseguimos sincronizar o movemento das patas coa utilización dun cigüeñal acoplado a cada motor e construír un corpo central ou chasis adaptado ás nosas necesidades actuais e ampliable para engadir novos elementos.

A montaxe de todos os compoñentes no robot plantexou un reto máis difícil do que nos pareceu inicialmente.

Conseguimos combinar un importante número de sensores e actuadores implicados no control dun sistema mecánico complexo respectado a unidade dun sistema integrado e autónomo para poder obter diversos parámetros físicos do entorno.

Resulta especialmente cómodo poder manexar o robot remotamente vía Bluetooth. Entendemos que este modo de control é moi intuitivo e fai o produto moi atractivo, sobre todo pensando nas posibles aplicacións. Creemos que as persoas usuarias agradecerán unha interacción tan directa.

Resulta tamén moi práctico poder recibir os datos no móbil, ademais de na LCD, para elaborar gráficas, enviar a terceiros ou realizar calquera tipo de tratamento.

No que respecta a programación observamos a gran cantidade de interferencias e problemas que existen entre o software e o hardware debido ao módulo Bluetooth xa que para establecer conexión correctamente hai que seguir unha serie de pasos coas conexións do módulo á hora de cargar o programa na placa Arduino.

A programación final é moi estable. Establece e mantén sen problemas a comunicación vía Bluetooth co smartphone, permite ler os valores enviados polos diferentes sensores e controlar os motores, LEDs, pantalla LCD e gráficas. Esta programación final que unifica e recompila diferentes programacións elaboradas en pequeno grupo para os diferentes elementos, podería ser ampliada no futuro se se desexase incorporar novos compoñentes.

CONCLUSIÓN

En vista dos obxectivos e expectativas que tiñamos ao comezo do proxecto podemos concluír que acadamos satisfactoriamente todas as nosas metas. Incluso foi posible improvisar, logo da observación e análise de resultados parciais, para optimizar e axustar unha serie de cuestións definidas no inicio.

Traballar neste proxecto permitiunos experimentar o proceso de deseño, construción, programación e control dun produto a partir das nosas propias ideas, da procura de información, do debate e a posta en común. O reparto de tarefas e o traballo en grupos permitiúnnos afrontar as distintas cuestións sen perder a visión

de conxunto do traballo. A experiencia resultou positiva e enriquecedora a nivel educativo e persoal e simula entornos de traballo de profesionais

Aínda que foi difícil conseguir que a través do Bluetooth se xestionase tal cantidade de procesos despois de moito traballo sobre todo de programación, consideramos que foi un acerto apostar pola súa incorporación, de feito entendemos que futuras edicións de BrionXbot non poderán prescindir deste ou doutros módulos de comunicación remota, por exemplo un módulo Wifi.

Coa impresora 3D é posible crear pezas que cumpran moi diversas funcións. As posibilidades de deseño e modelado permítenos resolver problemas técnicos de modo creativo. Logo de rematado o proxecto, quedounos máis clara a relación entre forma e función, entre trazados e movementos, deseño e procesos de fabricación.

Para rematar, destacamos que nos satisface ter conseguido crear un robot diferente aos que podemos atopar no mercado, capaz de andar, de recompilar e enviar distintos datos segundo o que detecten os sensores que incorpora.

NÚMERO DE CUESTIÓNS QUE RESPONDE Á SÚA CALIDADE

- Diversidade e complexidade das pezas modeladas.
- Funcionalidade e orixinalidade das solucións mecánicas.
- Uso do módulo de comunicación Bluetooth para controlar os movementos e monitorizar o robot.
- Dispoñibilidade da lectura de datos na LCD integrada.
- Variedade de sensores empregados, e tratamento dos datos (saída a LDC, smartphome e gráficas).
- Complexidade da programación en Arduino para integrar o control de todos os elementos do robot.

BREVE PRESENTACIÓN

Vídeo: “ [Presentación e Resumo do proxecto](#)”