

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA

LABORATORIO LUTEC

**Descripción general de arquitectura para
el robot KROTIC**

Índice

1. Niveles de funcionalidad	2
1.1. Nivel superior	2
1.2. Nivel inferior	2
2. Presupuesto	2
3. Consumo energético	3
4. Limitaciones físicas	4
5. Conexión a internet	4
6. Recursos computacionales	4
7. Protocolos de comunicación	4
8. Modo de conexión de batería de la Raspberry Pi	5

1. Niveles de funcionalidad

1.1. Nivel superior

El nivel superior de funcionalidad del robot KROTIC tiene las siguientes funciones:

- Capturar videos e imágenes utilizando cámara USB.
- Transmitir vía WiFi lo capturado por el módulo de cámara hacia los estudiantes en tiempo real.
- Controlar las luces utilizadas por los programas de los estudiantes.
- Manejar la petición de datos de sensores al nivel inferior cuando los programas así lo requieran.

1.2. Nivel inferior

Por otro lado, el nivel inferior ofrece las siguientes funcionalidades:

- Controlar la captura de datos de sensores. Para este proyecto se consideran los sensores de:
 - luz
 - movimiento
 - temperatura
 - sonido
- Controlar el movimiento de los robots a través de servos.
- Controlar funciones de temporización.
- Proveer de los valores leídos por los sensores al nivel superior cuando se requiera.

Este nivel se encuentra descompuesto en dos partes. Cada parte utiliza un Arduino UNO para manejar sus funciones específicas.

2. Presupuesto

A continuación se adjunta una tabla con los componentes necesarios para construir la arquitectura propuesta junto con su precio.

El presupuesto planteado en el plan de proyecto fue de \$400, que en colones, con respecto al tipo de cambio para el 28 de mayo, se traduce a ₡247164,76. Entonces se utilizó un aproximado del 40 % del presupuesto especificado.

Cuadro 1: Componentes de la arquitectura y su costo.

Componente	Cantidad	Costo conjunto
Raspberry Pi Model B.	1	€27853
Arduino UNO.	1	€7384
Módulo de cámara de RPi.	1	€12234
Paquete de baterías 4xAA	1	€1379
Baterías 18650 2000 mAh	2	€8589,2
Holder para baterías 18650	2	1359,44
Adaptador AC/DC 5V@3A	1	€3647
Adaptador WiFi USB	1	€9238,02
LEDs	7	€700
Resistencia de 220 Ohmios.	7	€700
Servo de rotación continua	2	€23419,46
Convertidor analógico a digital	1	€3711,47
	Total	€106361

3. Consumo energético

Uno de los requerimientos especifica explícitamente que la arquitectura debe ser amigable con el ambiente desde el punto de vista energético. Por lo tanto a la hora de proponer los componentes que alimentan el circuito, se trató de solo utilizar lo necesario.

Para alimentar la tarjeta del nivel inferior, se utilizan dos baterías 18650 de 3.7 V a 2000 mAh cada una, en serie. Por lo tanto, el Arduino se alimenta con un total de 7.4 V a 2000 mAh lo cuál es más que suficiente para asegurar la estabilidad de las tarjetas y que además, el correcto funcionamiento de los componentes que se conectan a los pines de propósito general. El nivel inferior ocupa 9 pines, donde todos pueden utilizar un máximo de 5V y 40 mA. Si se toman estos valores máximos se tiene que la potencia se da por la multiplicación de corriente y voltaje, entonces para cada pin se tiene 200 mW, y en conjunto sería 1.8 W solo en los pines. Se le debe sumar 0.29 W que utiliza la tarjeta para funcionar sin ningún componente conectado. Entonces en total para el nivel inferior se tiene que la potencia es de 2.09 W en utilización máxima de los 9 pines.

Por la naturaleza de los servos y para asegurar el buen funcionamiento de las tarjetas de desarrollo, estos deben ser alimentados por separado a la tarjeta. Por lo que se necesita un paquete de cuatro baterías AA en serie. Donde cada una ofrece 1.5 V, y en conjunto darán un total de 6 V, pero se toman 6.4 V cuando las baterías están cargadas completamente. Lo cual es lo máximo que los servos deben tomar, ya que un voltaje mayor puede dañar a los servos. Además, este paquete de baterías puede ofrecer el consumo de corriente que los servos pueden alcanzar, que es de 200 mA como máximo, pero que puede tener picos en momentos de altos requisitos de capacidad. La potencia máxima que pueden tomar los servos entonces está dada por la multiplicación de 200 mA y 6.4 V. Esto es un total de 1.28 W por servo, y como se tienen dos el total conjunto es de 2.54 W.

Para la Raspberry, se tiene que considerar que se tienen dos dispositivos USB; cada puerto USB puede usar un máximo de 600 mA y el funcionamiento normal de la tarjeta necesita en promedio un mínimo de 500 mA para funcionar. Además, considerar las necesidades de los pines que manejan LEDs y comunicación I²C. Por lo que la batería que se

use debe proveer de al menos 2A y 5V constantes para que la tarjeta funcione de manera correcta. La potencia entonces está dada por 10 W.

Entonces el sistema conjunto consume potencia total $W_t = 10 + 2.54 + 2.09 \text{ W} = 14.63 \text{ W}$.

4. Limitaciones físicas

Al incrementar el tamaño de la arquitectura, obviamente, el tamaño necesario para los componentes aumenta. Como se vio en la sección anterior, existen tres fuentes de alimentación, que ya ocupan suficiente lugar. Esto no pudo haberse hecho de otra forma ya que los tres componentes tienen distintos requerimientos de alimentación o se necesitaría una fuente muy grande que pudiera dividir las necesidades de cada componente, pero por restricciones físicas, tampoco es una opción viable.

5. Conexión a internet

La conexión a internet se hace a través de un adaptador WiFi EDUP EP-N8508GS USB 150 Mbps. No requiere de instalación especial, simplemente se conecta a la Raspberry y se selecciona la red a la que se quiere conectar.

6. Recursos computacionales

Se tienen dos dispositivos con distintas especificaciones de recursos computacionales.

Primero se tiene, en el nivel superior de funcionalidad, una Raspberry Pi 1 Model B Rev 2, que cuenta con 512 MB de RAM y 26 pines de propósito general. Sin embargo, la mayor parte del almacenamiento proviene de la tarjeta SD que también se usa para el almacenamiento del sistema operativo. El procesador es un BCM2835, que utiliza arquitectura ARM11 a 700 MHz y además posee una GPU VideoCore IV.

Luego, en el nivel inferior, se tiene un Arduino UNO que cuenta con 6 pines para entradas analógicas y 14 pines para de I/O digitales. Se tiene una SRAM de 2 KB y una EEPROM de 1 KB. Aunque se tiene poca memoria, el programa que se corre en el Arduino es muy liviano. Utiliza un microcontrolador ATmega328P, que es un chip de 8 bits que opera a 16 MHz.

7. Protocolos de comunicación

El protocolo de comunicación utilizado entre el nivel superior e inferior es el I²C. Este es un protocolo basado en el modelo de Maestro-Esclavo. La comunicación es bidireccional, pero siempre es iniciada por el maestro. En la arquitectura se utiliza para que el nivel superior instruya al esclavo sobre la instrucción que debe realizar. Asimismo, el maestro puede solicitar datos provenientes de los sensores.

Para efectos de implementación, debido a la abstracción que ofrecen las bibliotecas de Arduino y Python no se requiere de mayor implementación más que llamar a los métodos que ya están definidos.

8. Modo de conexión de batería de la Raspberry Pi

La tarjeta Raspberry Pi al tener un consumo alto de energía con respecto a los otros dispositivos, no se pudo compartir alimentación sin afectar negativamente a los otros componentes. Por lo que se propone que, para alimentar la Raspberry se utilice un dispositivo como el Lipo Rider Plus, el cual es un *booster* para baterías de iones de litio. Se necesita un *booster* porque este tipo de baterías normalmente proveen de 3.7 V de salida, lo cual es insuficiente para la Raspberry. Además, el componente propuesto puede dar hasta 2.4 A de corriente, lo cual es más que suficiente para soportar todo lo que maneja el nivel superior. Para poder dar esta cantidad de corriente es necesario un adaptador de USB Type-A a microUSB, porque el *booster* puede dar esa en el puerto USB, o puede llegar a los 2 A en el conector USB Type-C. Además de poder cargar las baterías también de forma muy rápida.

Otra opción es utilizar el LiPo Shim, que es otro *booster*, pero que da hasta 1.5 A, con lo que se cree que podría llegar a funcionar bien la Raspberry, y si no, se pueden realizar configuraciones en el sistema operativo para apagar módulos innecesarios de la tarjeta y maximizar el consumo energético.

En caso de elegir otras opciones, se recomienda que la corriente que se pueda dar no caiga por debajo de los 1.5 A, de modo que no se tenga ningún inconveniente con el servicio de streaming ni se llegue a dañar ninguno de los componentes.