

Proposta de um Head Mouse Bluetooth de Baixo Custo para Pessoas com Deficiência Motora

Emerson da S. Santos¹, Flavius L. Gorgônio^{1,2}, Francisco M. Barboza²

¹Laboratório de Inteligência Computacional Aplicada a Negócios (LABICAN)
Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) – Campus CERES
Rua Joaquim Gregório, 296, Penedo, 59.300-000 – Caicó – RN – Brasil

²Departamento de Computação e Tecnologia (DCT)
Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) – Campus CERES
Rua Joaquim Gregório, 296, Penedo, 59.300-000 – Caicó – RN – Brasil

emerson.santos.125@ufrn.edu.br, {flavius.gorgonio, marcio.barboza}@ufrn.br

Abstract. *This work presents the development of a low-cost Bluetooth head mouse to assist people with motor disabilities in interacting with computational devices. The device uses sensors integrated with an ESP32 microcontroller, transmitting commands via Bluetooth. With an estimated cost of R\$ 100.00, it provides an affordable alternative compared to commercial solutions that typically cost around R\$ 3,000.00. The proposal aims to democratize assistive technology, promoting greater digital inclusion. The results obtained show that, despite its simplicity, the device is functional and effective, standing out as a viable, accessible solution capable of increasing the autonomy of people with motor disabilities.*

Resumo. *Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um head mouse Bluetooth de baixo custo, voltado a auxiliar pessoas com deficiências motoras na interação com dispositivos computacionais. O dispositivo utiliza sensores integrados a um microcontrolador ESP32, transmitindo comandos via Bluetooth. Com custo estimado de R\$ 100,00, oferece uma alternativa acessível em comparação com soluções comerciais que custam em média R\$ 3.000,00. A proposta visa democratizar a tecnologia assistiva, proporcionando maior inclusão digital. Os resultados obtidos mostram que, apesar da simplicidade, o dispositivo é funcional e eficaz, destacando-se como uma solução viável, acessível e capaz de aumentar a autonomia de pessoas com deficiências motoras.*

1. Introdução

A tecnologia assistiva desempenha um papel fundamental na promoção da inclusão de pessoas com deficiências, oferecendo recursos que ampliam suas capacidades funcionais e facilitam a realização de atividades diárias [Bersch 2017]. Dentre essas tecnologias, dispositivos que permitem a interação com computadores são essenciais para a comunicação, educação e trabalho.

No Brasil, segundo a Pesquisa Nacional de Saúde, realizada em 2019, aproximadamente 7,8 milhões de pessoas possuem deficiência física nos membros inferiores, e 5,5 milhões apresentam deficiência nos membros superiores [IBGE 2020]. Pessoas com

limitações motoras severas enfrentam desafios significativos ao utilizar interfaces tradicionais, como teclados e mouses, tornando essencial o uso de dispositivos adaptativos. Nesse contexto, os mouses de cabeça (ou *head mouses*) permitem capturar os movimentos da cabeça do usuário e convertê-los em ações para controlar o cursor do mouse, surgindo como uma solução viável para contornar as limitações de uso de dispositivos eletrônicos por esses usuários [Freitas et al. 2019].

No entanto, muitos dos dispositivos disponíveis no mercado possuem custos elevados, limitando seu acesso pela população de baixa renda. Por exemplo, o Origin Head-Mouse Nano, da Tobii Dynavox, é comercializado por US\$ 995,00, o que, considerando taxas de importação e impostos, pode elevar seu custo para aproximadamente R\$ 5.000,00 no Brasil. Assim, o desenvolvimento de um *head mouse* Bluetooth de baixo custo torna-se relevante, pois alia funcionalidade a um preço acessível, ampliando o alcance da tecnologia assistiva.

O objetivo geral deste trabalho é desenvolver um protótipo funcional de um *head mouse* Bluetooth de baixo custo (inferior a R\$ 100,00), utilizando sensores de movimento para capturar os movimentos da cabeça e transmitir os comandos via Bluetooth para computadores e celulares. Essa solução visa contribuir para a inclusão digital de pessoas com deficiências motoras, proporcionando maior autonomia e qualidade de vida aos seus usuários, promovendo acessibilidade e inclusão digital.

2. Metodologia

O desenvolvimento do *Head Mouse Bluetooth de Baixo Custo* seguiu uma abordagem sistemática, abrangendo desde a seleção de componentes até a validação do dispositivo por meio de testes técnicos, incluindo testes com usuários.

2.1. Seleção e Integração de Componentes

Para garantir um dispositivo funcional, acessível e de baixo custo, inicialmente foi realizada uma análise das tecnologias disponíveis para comunicação sem fio disponíveis em trabalhos similares [Kim et al. 2010, Abiyev and Arslan 2020, Kader et al. 2024], tendo sido escolhidos os seguintes componentes:

- **ESP32 WROOM:** Microcontrolador principal, responsável pelo processamento dos dados e comunicação via Bluetooth [Systems 2021].
- **MPU6050:** Sensor inercial para captura dos movimentos da cabeça [InvenSense 2013].
- **Módulo TCRT5000:** Dois sensores ópticos infravermelhos para captura de cliques simples [Intertechnology 2018].
- **Sensor TTP223:** Três sensores capacitivos utilizados para detectar cliques duplos e prolongados, possibilitando funcionalidades como arraste e seleção [Tontek 2020].

2.2. Montagem do Protótipo

Para garantir a funcionalidade e o conforto do usuário, foi utilizada uma armação de óculos sem lentes e os componentes do *head mouse* foram posicionados estrategicamente na estrutura do dispositivo. A montagem seguiu as seguintes diretrizes:

- O sensor **MPU6050** foi posicionado na parte superior direita da armação dos óculos, permitindo a captura precisa dos movimentos da cabeça.
- Os módulos **TCRT5000** foram fixados um de cada lado da armação, possibilitando o reconhecimento de piscadas como cliques.
- Os sensores **TTP223** foram distribuídos fora da armação, permitindo que o usuário ative comandos ao pressionar diretamente o módulo ou aproximando alguma parte do corpo.
- O microcontrolador **ESP32** foi posicionado levemente distante dos óculos, garantindo a recepção e o processamento eficiente dos dados transmitidos pelos sensores.

A montagem do dispositivo foi planejada para otimizar a ergonomia e eficiência, proporcionando uma experiência intuitiva e acessível. Sua estrutura modular facilita manutenção, substituições e futuras melhorias.

2.3. Desenvolvimento do *Firmware*

O *firmware* do dispositivo foi desenvolvido utilizando a *Arduino IDE*, com uma biblioteca para conversão dos dados sensoriais em comandos de entrada de mouse. As principais funcionalidades implementadas incluem:

- **Captura de Movimento:** O MPU6050 detecta a inclinação da cabeça e traduz os dados em deslocamentos do cursor.
- **Deteção de Cliques:** Os sensores TCRT5000 e TTP223 registram diferentes tipos de interação, incluindo cliques simples, duplos e arraste.
- **Otimização da Conectividade:** A comunicação via *Bluetooth Low Energy* (BLE) reduz o consumo energético e melhora a estabilidade da conexão com dispositivos computacionais.

2.3.1. Calibração e Testes

A fim de garantir a usabilidade do dispositivo proposto, o *head mouse* passou por uma etapa de calibração, onde foram avaliados os seguintes aspectos: i) necessidade de ajustes nas distâncias dos sensores ao rosto do usuário; ii) precisão dos sensores na detecção dos movimentos e cliques; e iii) estabilidade e latência da comunicação Bluetooth.

Posteriormente, foram conduzidos testes técnicos que incluíram: i) a avaliação da precisão do MPU6050 na detecção dos movimentos da cabeça; ii) a verificação da resposta dos sensores TCRT5000 na captação de piscadas para ativação de cliques; iii) alguns testes de funcionalidade dos sensores TTP223 para cliques duplos e arraste; iv) uma análise da estabilidade e latência da comunicação Bluetooth entre o ESP32 e o dispositivo computacional.

3. Resultados e Discussões

A Figura 1 apresenta uma imagem do protótipo montado, acompanhada do diagrama de conexões do projeto, no qual é possível visualizar os componentes utilizados e a portabilidade do sistema. Um vídeo demonstrativo com os testes realizados pode ser acessado por meio do seguinte link: <https://encurtador.com.br/SNlh0>.

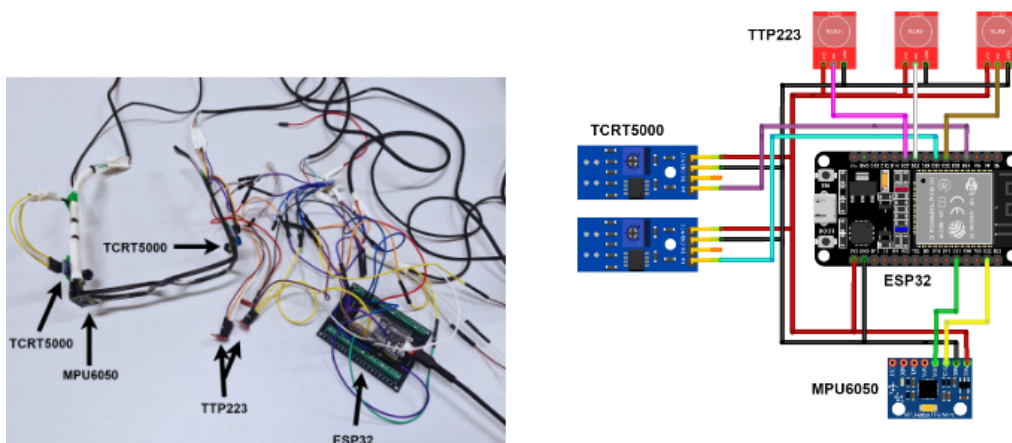


Figura 1. Protótipo montado

4. Conclusão

Este artigo apresenta uma proposta de *head mouse* Bluetooth de baixo custo. A avaliação de um protótipo do dispositivo proposto incluiu a realização de testes técnicos e práticos com usuários reais, a fim de mensurar o desempenho. Os resultados indicaram que o dispositivo apresenta um tempo de resposta satisfatório e alta precisão nos comandos, tornando-se uma solução viável e acessível para pessoas com deficiência motora. A análise qualitativa com usuários demonstrou uma curva de aprendizado reduzida, permitindo uma adaptação rápida ao uso do sistema.

Referências

- Abiyev, R. H. and Arslan, M. (2020). Head mouse control system for people with disabilities. *Expert Systems*, 37(1):e12398.
- Bersch, R. (2017). *Introdução à Tecnologia Assistiva*. Editora Inclusiva.
- Freitas, D., Rodrigues, S., and Ribeiro, J. (2019). Interfaces de acesso ao computador para pessoas com limitações motoras: um estado da arte. In *Tecnologias Assistivas: Formação, Experiências e Práticas*, pages 156–175. IC-Online.
- IBGE (2020). *Pesquisa Nacional de Saúde, 2019: Informações sobre domicílios, acesso e utilização dos serviços de saúde: Brasil, grandes regiões e unidades da federação*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro.
- Intertechnology, V. (2018). *TCRT5000 Datasheet*.
- InvenSense (2013). *MPU-6050 Datasheet*.
- Kader, M. A., Orna, S. S., Tasnim, Z., and Hassain, M. M. (2024). Wireless need sharing and home appliance control for quadriplegic patients using head motion detection via 3-axis accelerometer. *Indones. J. Electr. Eng. and Informatics (IJEEI)*, 12(3):558–574.
- Kim, S., Park, M., Anumas, S., and Yoo, J. (2010). Head mouse system based on gyro and opto-sensors. In *2010 3rd International Conference on Biomedical Engineering and Informatics*, volume 4, pages 1503–1506.
- Systems, E. (2021). *ESP32-WROOM-32 Datasheet*.
- Tontek (2020). *TTP223 Datasheet*.