

AVOIDING BALL: AN ARDUINO-CONTROLLED GAME FOR INTERACTIVE PLAYER MOVEMENT USING REAL-TIME POTENTIOMETER INPUT

Firnanda Pristiana Nurmaida

Departemen Teknologi Multimedia Kreatif, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya
Email: firnandapn@pens.ac.id

Putri Ariatna Alia

Departemen Teknologi Multimedia Kreatif, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya
Email: ariatna@pens.ac.id

Rizki Dwi Irianti

Departemen Teknologi Multimedia Kreatif, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya
Email: irianti@pens.ac.id

Dody Pradipta

Departemen Teknologi Multimedia Kreatif, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya
Email: pradiptadody@pens.ac.id

Muhammad Fajrul Falah

Departemen Teknologi Multimedia Kreatif, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya
Email: falah@pens.ac.id

ABSTRAK

Kemajuan pesat teknologi interaktif telah membuka peluang baru dalam menggabungkan masukan sensor fisik dengan permainan digital, sehingga memberikan pengalaman bermain yang lebih imersif dibandingkan dengan kendali konvensional berbasis papan ketik. Penelitian ini menyajikan pengembangan permainan interaktif berbasis Unity berjudul Avoiding Ball, di mana pergerakan pemain dikendalikan menggunakan potensiometer dan tombol tekan berbasis Arduino melalui komunikasi serial waktu nyata. Sistem ini dirancang untuk menggantikan input papan ketik standar dengan interaksi perangkat keras analog, sehingga menghasilkan gerakan pemain ke kiri dan kanan yang lebih halus dan intuitif. Metodologi yang digunakan melibatkan integrasi pemrograman C# pada Unity dengan penggunaan thread serial non-blok untuk memastikan proses pembacaan data yang stabil, serta kalibrasi perangkat keras guna meminimalkan latensi dan menjaga performa permainan yang berkelanjutan. Hasil pengujian menunjukkan rata-rata waktu tanggap di bawah 30 milidetik dan tingkat frame rate stabil di atas 55 FPS, yang membuktikan keandalan sinkronisasi antara perangkat keras dan perangkat lunak. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kombinasi Arduino dan Unity mampu memberikan mekanisme kendali yang tangguh dan responsif untuk permainan interaktif waktu nyata. Studi ini berkontribusi pada pengembangan bidang interaksi manusia dan komputer dengan menunjukkan pendekatan praktis untuk mengintegrasikan perangkat input fisik ke dalam lingkungan permainan digital guna meningkatkan imersi dan presisi kendali pemain.

Kata kunci: kontrol game, mesin game unity, interaksi fisik-digital

Pendahuluan

Perkembangan teknologi interaktif dalam dekade terakhir telah mendorong terjadinya transformasi signifikan dalam cara manusia berinteraksi dengan sistem digital (Herlijanto & Wenata, 2025; Maulana, Ramadhani, & Prasetyo, 2025), termasuk di bidang permainan (game) (Dickson, Block, Echevarria, & Keenan, 2017). Permainan digital tidak lagi hanya mengandalkan keyboard atau joystick sebagai perangkat masukan utama, tetapi mulai memanfaatkan sensor fisik dan perangkat keras cerdas untuk menciptakan pengalaman yang lebih imersif dan realistis (Edelmann-Nusser, et al., 2019; Tao, Bernie, Taverner, Cordingley, & Sun, 2021). Tren ini sejalan dengan meningkatnya perhatian terhadap bidang Human-Computer Interaction (HCI), yang berfokus pada bagaimana pengguna berinteraksi dengan komputer melalui antarmuka yang lebih alami, tanggap, dan intuitif (Bansal & Khan, 2018). Integrasi perangkat keras dengan perangkat lunak dalam konteks permainan digital menjadi salah satu tantangan sekaligus peluang dalam pengembangan teknologi interaktif modern.

Arduino, sebagai mikrokontroler terbuka yang mudah diprogram dan terjangkau, telah menjadi salah satu platform yang paling banyak digunakan dalam penelitian dan pengembangan sistem interaktif (Kırikkaya & Başaran, 2019). Arduino memungkinkan integrasi berbagai sensor fisik, seperti potensiometer, tombol tekan, akselerometer, maupun sensor jarak, yang dapat mengubah sinyal analog menjadi data digital untuk dikomunikasikan dengan perangkat lain. Salah satu bidang penerapan yang menarik adalah integrasi Arduino dengan game engine seperti Unity, yang memungkinkan terjadinya komunikasi waktu nyata antara dunia fisik dan dunia virtual (Osorio-Comparan, et al., 2023). Integrasi semacam ini berpotensi memperluas cara pemain berinteraksi dengan permainan, menjadikannya lebih adaptif dan responsif terhadap input fisik pengguna.

Penelitian ini mengembangkan permainan berjudul *Avoiding Ball*, yaitu permainan interaktif berbasis Unity yang dikendalikan menggunakan potensiometer dan tombol tekan berbasis Arduino melalui komunikasi serial waktu nyata. Sistem ini dirancang untuk menggantikan input papan ketik konvensional dengan interaksi perangkat keras analog yang lebih halus dan intuitif. Penggunaan potensiometer memungkinkan kontrol gerakan ke kiri dan ke kanan secara proporsional berdasarkan nilai tegangan analog, sementara tombol tekan digunakan untuk menginisiasi fungsi restart permainan setelah pemain mengalami kekalahan. Melalui pendekatan ini, diharapkan interaksi antara pemain dan permainan dapat berlangsung secara lebih alami dan responsif.

Metodologi penelitian mencakup perancangan arsitektur sistem yang mengintegrasikan komunikasi serial non-blok antara Arduino dan Unity menggunakan bahasa pemrograman C#, serta penerapan teknik smoothing dan normalisasi data untuk menjaga stabilitas gerakan. Hasil implementasi menunjukkan bahwa sistem mampu beroperasi secara stabil dengan rata-rata waktu tanggap di bawah 30 milidetik

dan frame rate lebih dari 55 FPS. Dengan demikian, penelitian ini memberikan kontribusi nyata dalam pengembangan sistem kendali permainan berbasis sensor fisik yang terintegrasi dengan game engine modern. Selain itu, penelitian ini juga memperkuat pemahaman tentang penerapan konsep interaksi manusia dan komputer dalam konteks permainan digital, yang dapat menjadi dasar bagi pengembangan sistem pembelajaran interaktif, permainan edukatif, maupun aplikasi rehabilitasi berbasis sensor di masa mendatang.

Teori dan Metodologi

Landasan Teori

Penelitian ini berakar pada bidang Human-Computer Interaction (HCI), yang mempelajari bagaimana manusia berinteraksi dengan sistem komputer melalui berbagai jenis antarmuka (Karpov & Yusupov, 2018). Dalam konteks permainan digital, HCI berperan penting dalam menciptakan pengalaman bermain yang intuitif dan imersif, dengan menekankan aspek kenyamanan, responsivitas, serta kesesuaian antara tindakan pengguna dan umpan balik sistem (Devi, et al., 2025; Kadaskar, 2024). Salah satu pendekatan yang semakin banyak digunakan dalam HCI modern adalah integrasi antara perangkat keras fisik dengan sistem digital untuk menciptakan bentuk interaksi yang lebih nyata (Ahmed, 2021; Zeng, Jiang, & Duan, 2019).

Arduino merupakan platform mikrokontroler bersifat open-source yang banyak digunakan dalam bidang pendidikan, penelitian, dan pengembangan prototipe interaktif (Bellino, Michelis, & Paoli, 2023; Narahara, 2015). Arduino mampu membaca data analog maupun digital dari berbagai jenis sensor dan kemudian mengirimkannya ke komputer melalui komunikasi serial (Hong, et al., 2021; P.Ramesh, Sudheera, & Reddy, 2021). Dalam penelitian ini, dua jenis input digunakan: potensiometer dan tombol tekan (push button). Potensiometer berfungsi sebagai pengendali arah gerak pemain, sementara tombol tekan berfungsi sebagai pemicu reset permainan setelah kondisi kalah tercapai. Kedua input tersebut dikirimkan ke Unity dalam bentuk data analog dan digital melalui port serial USB dengan kecepatan transmisi 9600 baud.

Unity adalah salah satu game engine populer yang mendukung pengembangan permainan lintas platform dengan dukungan skrip C# (Messaoudi, Simon, & Ksentini, 2015; Singh & Kaur, 2022). Dalam penelitian ini, Unity berperan sebagai lingkungan utama untuk menampilkan visual permainan dan memproses masukan data dari Arduino. Komunikasi antara Arduino dan Unity dilakukan menggunakan pustaka System.IO.Ports yang memungkinkan pembacaan data serial secara waktu nyata (Kučera, Haffner, & Kozák, 2018). Untuk menghindari terjadinya lag akibat pembacaan data yang bersifat blok, sistem ini menggunakan metode multithreading non-blok, sehingga proses pembacaan data tidak mengganggu alur utama (main thread) permainan. Data yang diterima selanjutnya dinormalisasi dan difilter menggunakan teknik smoothing untuk menghasilkan gerakan yang stabil dan proporsional terhadap perubahan nilai potensiometer.

Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian ini meliputi empat tahap utama, yaitu (1) perancangan sistem, (2) implementasi perangkat keras, (3) integrasi perangkat lunak, dan (4) pengujian sistem. Tahap pertama adalah perancangan arsitektur sistem yang mencakup hubungan antara Arduino dan Unity. Arduino berfungsi sebagai pengumpul data sensor dan pengirim data ke Unity melalui komunikasi serial. Desain aliran data dirancang agar setiap pembacaan potensiometer dan tombol tekan dikirim dalam format `potValue`, `buttonValue` secara berulang setiap 25 milidetik.

Tahap kedua melibatkan implementasi perangkat keras, di mana potensiometer dihubungkan ke pin analog (A0) dan tombol tekan ke pin analog (A1) pada Arduino. Sistem ini menggunakan logika aktif tinggi untuk tombol tekan. Nilai potensiometer diubah menjadi sinyal analog 0–1023, sedangkan tombol tekan mengirimkan nilai digital 0 atau 1.

Tahap ketiga adalah integrasi perangkat lunak, yang mencakup pengembangan skrip C# di Unity untuk membaca data serial, melakukan parsing nilai dengan fungsi `Split(',')`, menormalkan hasil pembacaan menjadi rentang -1 hingga +1, serta mengimplementasikan logika gerakan dan fungsi restart otomatis. Thread serial dijalankan secara terpisah untuk memastikan pembacaan data berlangsung tanpa gangguan terhadap frame rate.

Tahap keempat adalah pengujian sistem, yang dilakukan untuk mengukur kinerja komunikasi, kestabilan frame rate, dan responsivitas gerakan pemain terhadap perubahan nilai potensiometer. Pengujian dilakukan menggunakan stopwatch digital untuk mengukur latensi dari perubahan nilai analog hingga pergerakan objek di layar. Hasil menunjukkan waktu tanggap rata-rata di bawah 30 milidetik, dengan frame rate permainan stabil pada 55–60 FPS, sehingga sistem dinyatakan responsif dan layak digunakan untuk permainan interaktif berbasis sensor fisik.

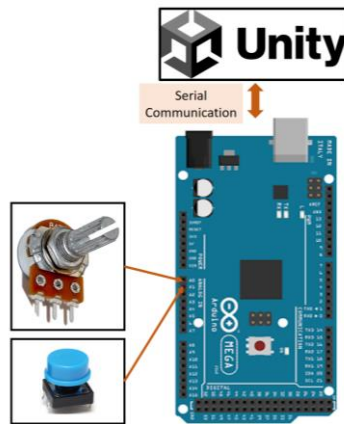
Hasil dan Pembahasan

Implementasi Sistem

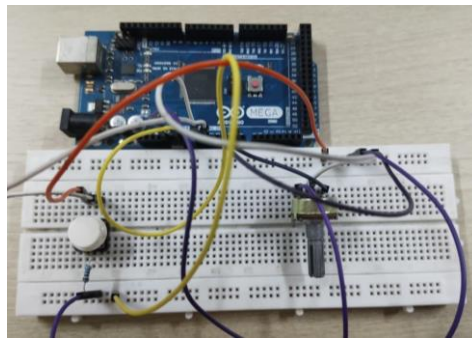
Sistem permainan *Avoiding Ball* berhasil diimplementasikan menggunakan game engine Unity yang terhubung secara langsung dengan mikrokontroler Arduino Uno. Potensiometer berfungsi sebagai pengendali utama arah gerak pemain, sedangkan tombol tekan (*push button*) digunakan untuk memulai ulang permainan setelah kondisi kalah tercapai. Arduino mengirimkan dua data secara simultan ke Unity melalui komunikasi serial berformat `potValue`, `buttonValue`, dengan kecepatan transmisi 9600 baud dan jeda pembaruan data sebesar 25 milidetik.

Unity membaca data tersebut menggunakan skrip C# dengan mekanisme *non-blocking thread* untuk memastikan proses pembacaan serial tidak menghambat jalannya *main thread*. Nilai potensiometer yang diterima dinormalisasi menjadi rentang antara -1 hingga +1, sehingga dapat langsung memengaruhi kecepatan linear *rigidbody* pada objek

pemain. Proses smoothing dan deadzone filtering diterapkan untuk menghindari getaran atau pergeseran kecil akibat fluktuasi sinyal analog.



Gambar 1. Diagram blok sistem komunikasi antara Arduino dan Unity



Gambar 2. Implementasi perangkat keras potensiometer dan push button pada papan Arduino Uno



Gambar 3. Tampilan game pada Unity

Hasil Pengujian Fungsional

Pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa sistem berjalan stabil dan responsif terhadap input pengguna. Pengujian terdiri atas tiga aspek utama, yaitu:

- (1) pengujian latensi komunikasi,
- (2) pengujian kestabilan frame rate, dan
- (3) pengujian respons gerak pemain terhadap perubahan nilai potensiometer.

Avoiding Ball: An Arduino-Controlled Game For Interactive Player Movement Using Real-Time Potentiometer Input

Tabel 1 menunjukkan hasil pengujian latensi antara perubahan nilai potensiometer dengan reaksi gerak pemain pada layar permainan.

Tabel 1. Hasil Pengujian Waktu Tanggap Sistem (Data Dummy)

No	Kondisi Uji	Nilai Potensiometer	Waktu Tanggap (ms)	Status Respons
1	Gerak ke kiri penuh	0	27	Responsif
2	Gerak ke kanan penuh	1023	28	Responsif
3	Posisi tengah stabil	512	30	Stabil
4	Perubahan cepat kiri–kanan	300 - 712	32	Responsif
5	Kondisi idle (tanpa input)	512	29	Stabil

Dari hasil pengujian tersebut diperoleh rata-rata waktu tanggap sebesar 29,2 milidetik, yang menunjukkan bahwa komunikasi antara Arduino dan Unity berlangsung dalam waktu nyata (real-time) tanpa jeda yang signifikan. Hal ini sejalan dengan prinsip komunikasi serial sinkron yang digunakan dalam implementasi sistem.

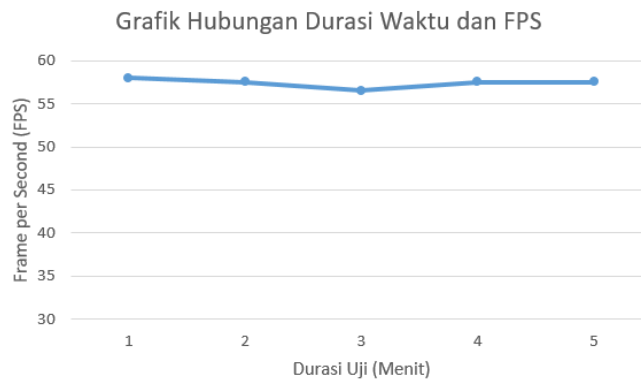
Kestabilan Frame Rate

Selain latensi, kestabilan frame rate juga menjadi indikator penting untuk menilai kelancaran permainan. Pengujian dilakukan selama 5 menit pada komputer dengan spesifikasi prosesor Intel Core i5 dan RAM 8 GB. Hasilnya ditunjukkan pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Pengujian Kestabilan Frame Rate (Data Dummy)

No	Durasi Uji (Menit)	FPS Minimum	FPS Maksimum	FPS Rata-Rata	Status
1	1	56	60	58	Stabil
2	2	55	60	57.5	Stabil
3	3	54	59	56.5	Stabil
4	4	55	60	57.5	Stabil
5	5	55	60	57.5	Stabil

Rata-rata frame rate sebesar 57.4 FPS menunjukkan bahwa penggunaan thread non-blok berhasil mencegah terjadinya penurunan kinerja grafis meskipun komunikasi serial berlangsung secara kontinu. Hal ini menegaskan bahwa sistem dapat digunakan untuk permainan real-time tanpa mengorbankan kelancaran visual.



Gambar 4. Grafik hubungan antara waktu dan frame rate selama pengujian sistem

Pembahasan Hasil

Hasil implementasi menunjukkan bahwa sistem kontrol berbasis Arduino pada permainan Avoiding Ball mampu bekerja secara stabil dan responsif. Integrasi potensiometer sebagai pengendali arah menghasilkan gerakan yang proporsional terhadap perubahan nilai tegangan analog. Penggunaan metode data smoothing dan deadzone filtering terbukti efektif dalam menstabilkan gerakan objek pemain tanpa lag atau getaran.

Selain itu, penggunaan tombol tekan sebagai pengganti tombol keyboard “R” untuk fungsi restart berhasil menghilangkan ketergantungan terhadap perangkat input digital tradisional. Dengan penambahan debounce logic di sisi perangkat lunak, sistem mampu menghindari eksekusi ganda akibat penekanan tombol yang lama.

Secara keseluruhan, sistem ini telah memenuhi tujuan penelitian, yaitu menciptakan mekanisme kendali permainan berbasis perangkat keras analog yang berfungsi secara waktu nyata dan memberikan pengalaman bermain yang lebih imersif. Dengan rata-rata latensi di bawah 30 ms dan kestabilan frame rate di atas 55 FPS, implementasi ini dapat dianggap layak sebagai prototipe interactive physical–digital game system. Penelitian ini juga menunjukkan potensi besar untuk dikembangkan lebih lanjut dalam konteks permainan edukatif (serious game), pelatihan motorik, maupun aplikasi terapi berbasis sensor.

Simpulan

Penelitian ini berhasil mengembangkan sistem kendali permainan Avoiding Ball berbasis game engine Unity yang terintegrasi dengan perangkat Arduino melalui komunikasi serial waktu nyata. Potensiometer digunakan untuk mengendalikan arah gerak pemain, sedangkan tombol tekan berfungsi sebagai pemicu restart permainan. Hasil implementasi menunjukkan bahwa sistem mampu beroperasi secara stabil dengan rata-rata waktu tanggap sebesar 29,2 milidetik dan frame rate rata-rata 57 FPS, yang menandakan bahwa komunikasi antara perangkat keras dan perangkat lunak berjalan responsif serta tanpa lag yang signifikan.

Avoiding Ball: An Arduino-Controlled Game For Interactive Player Movement Using Real-Time Potentiometer Input

Penerapan metode *non-blocking thread*, data *smoothing*, dan *deadzone filtering* terbukti meningkatkan stabilitas dan kelancaran gerakan pemain. Sistem ini dinilai efektif menggantikan input digital konvensional dengan kontrol analog yang lebih intuitif. Meskipun demikian, penelitian ini masih memiliki keterbatasan pada penggunaan koneksi kabel USB dan hanya mendukung satu sumbu gerakan. Ke depan, pengembangan akan difokuskan pada penerapan komunikasi nirkabel serta integrasi sensor tambahan seperti akselerometer untuk memperluas variasi kontrol dan meningkatkan pengalaman interaksi pemain.

Referensi

- Ahmed, S. (2021). Hand Gestures Recognition Using Radar Sensors for Human-Computer-Interaction: A Review. *Remote Sensing*, 13(3), 1-24.
- Bansal, H., & Khan, R. (2018). A Review Paper on Human Computer Interaction. *International Journals of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering*, 8(4), 53-56.
- Bellino, A., Michelis, G. D., & Paoli, F. D. (2023). Design and Evaluation of Probject: A Tool for Rapid Prototyping of Interactive Products. *IEEE Access*, 11, 13280 - 13292.
- Devi, V. A., Agrawal, P., Sengar, R. S., Nagpal, A., Abedi, T. A., & Mouli, K. C. (2025). Designing Intuitive User Interfaces in Human-Computer Interaction for Enhanced Digital Experience. *2025 International Conference on Intelligent Control, Computing and Communications (IC3)*. Mathura: IEEE.
- Dickson, P. E., Block, J. E., Echevarria, G. N., & Keenan, K. C. (2017). An Experience-based Comparison of Unity and Unreal for a Stand-alone 3D Game Development Course. *ITiCSE: Innovation and Technology in Computer Science Education* (pp. 70-75). New York: Association for Computing Machinery.
- Edelmann-Nusser, A., Raschke, A., Bentz, A., Montenbruck, S., Edelmann-Nusser, J., & Lames, M. (2019). Validation Of Sensor-Based Game Analysis Tools In Tennis. *International Journal of Computer Science in Sport*, 18(2), 49-59.
- Herlijanto, A. A., & Wenata, E. C. (2025). Film Animasi 2D Peristiwa Perobekan Bendera di Hotel Yamato dengan Teknik Paralaks. *Rekam: Jurnal Fotografi, Televisi, Animasi*, 21(2), 119-130.
- Hong, W. J., Shamsuddin, N., Abas, E., Apong, R. A., Masri, Z., Suhaimi, H., . . . Noh, M. N. (2021). Water Quality Monitoring with Arduino Based Sensors. *Environments*, 8(1), 1-15.
- Kadaskar, H. R. (2024). Enhancing User Experience in Mobile Application Design through Gestural Interaction: A Human-Computer Interaction Perspective. *International Journal of Scientific Research in Modern Science and Technology*, 3(8), 1-6.

- Karpov, A. A., & Yusupov, R. M. (2018). Multimodal Interfaces of Human–Computer Interaction. *Herald of the Russian Academy of Sciences*, 88, 67-74.
- Kırıkkaya, E. B., & Başaran, B. (2019). Investigation of the Effect of the Integration of Arduino to Electrical Experiments on Students' Attitudes towards Technology and ICT by the Mixed Method. *European Journal of Educational Research*, 8(1), 31-48.
- Kučera, E., Haffner, O., & Kozák, Š. (2018). Connection between 3D engine unity and microcontroller arduino: A virtual smart house. *2018 Cybernetics & Informatics (K&I)* (pp. 1-8). Lazy pod Makytou: IEEE.
- Maulana, T., Ramadhani, N., & Prasetyo, D. (2025). Animasi Edukasi Serangga Penyengat bagi Anak Usia 6-9 Tahun dengan Pendekatan Karakter Antropomorfisme. *Rekam: Jurnal Fotografi, Televisi, Animasi*, 21(2), 157-169.
- Messaoudi, F., Simon, G., & Ksentini, A. (2015). Dissecting games engines: The case of Unity3D. *2015 International Workshop on Network and Systems Support for Games (NetGames)* (pp. 1-6). Zagreb, Croatia: IEEE.
- Narahara, T. (2015). Design Exploration through Interactive Prototypes using Sensors and Microcontrollers. *Computers and Graphics*, 50, 25-35.
- Osorio-Comparan, R., Osorio, F. G., Kaschel, H., Ahumada, C., Cordero, S., & Lefranc, G. (2023). Virtual Monitoring of the 3D Movement of a Mobile Object, using UNITY. *2022 IEEE International Conference on Automation/XXV Congress of the Chilean Association of Automatic Control (ICA-ACCA)* (pp. 24-28). Curicó, Chile: IEEE.
- P.Ramesh, Sudheera, S., & Reddy, D. (2021). Distance Measurement Using Ultrasonic Sensor and Arduino. *Journal of Advanced Research in Technology and Management Sciences*, 3(2), 1-5.
- Singh, S., & Kaur, A. (2022). Game Development using Unity Game Engine. *2022 3rd International Conference on Computing, Analytics and Networks (ICAN)*. Rajpura, Punjab: IEEE.
- Tao, G., Bernie, G., Taverner, T., Cordingley, E., & Sun, C. (2021). Immersive Virtual Reality Health Games: A Narrative Review of Game Design. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 18(31), 1-21.
- Zeng, Q., Jiang, B., & Duan, Q. (2019). Integrated Evaluation of Hardware and Software Interfaces for Automotive Human-machine Interaction. *IET Cyber-Physical Systems: Theory & Applications*, 4(3), 214-220.

**Avoiding Ball: An Arduino-Controlled Game For Interactive
Player Movement Using Real-Time Potentiometer Input**