**System Requirements — Shortcut Keypad**

**R1 — Yêu cầu chức năng chính (Functional Requirements)**

**R1.** Hệ thống phải cho phép thực hiện các phím tắt và thao tác điều khiển trên máy tính thông qua thiết bị Shortcut Keypad.

* **R1.1**: Keypad phải phát hiện và truyền mã tương ứng cho **16 phím** (ma trận 4×4).
  + *AC (Acceptance):* Mỗi phím khi nhấn gửi đúng một byte mã ASCII (hoặc mã định trước) qua UART; test 100 lần/ngày không sai ≥ 99/100.
* **R1.2**: Hệ thống phải đọc và truyền trạng thái của **2 rotary encoder** (xoay lên/xuống — mỗi nhấp/tốc độ quy ước).
  + *AC:* Mỗi 3 xung vật lý tương ứng 1 “click” logic; gửi ký tự X/L/P/T (theo firmware hiện tại) qua UART đúng khi vượt ngưỡng.
* **R1.3**: Hệ thống phải gửi dữ liệu tới PC/Laptop qua **UART (baud 9600, 8N1)**.
  + *AC:* Dữ liệu đọc tại PC = dữ liệu gửi từ MCU trong ≥ 99% các lần test trong môi trường phòng lab.
* **R1.4**: PC side (Python app) phải nhận dữ liệu UART và thực thi hành động tương ứng (ví dụ: Ctrl+C, mở URL, tăng âm lượng).
  + *AC:* Với chuỗi ký tự hợp lệ nhận được, Python app thực thi hành động đúng trong vòng ≤ 500 ms.
* **R1.5**: Hệ thống phải cho phép **tùy chỉnh (map)** chức năng cho từng phím thông qua file cấu hình hoặc giao diện Python.
  + *AC:* Người dùng có thể thay đổi mapping và hành vi được áp dụng ngay hoặc sau khởi động lại app; thay đổi lưu được vào file cấu hình.

**R2 — Yêu cầu về giao diện / tương tác người dùng**

**R2.** Thiết bị phải có các phần cứng và tín hiệu để người dùng thao tác và biết trạng thái.

* **R2.1**: Tối thiểu 6 nút cứng được sử dụng cho các chức năng thường xuyên (TIME/HOUR/MIN/ALARM/SLEEP/SNOOZE) — (ghi chú: nhóm demo dùng 6 phím, nhưng toàn bộ 16 phím có thể được gán).
  + *AC:* Các phím vật lý phản hồi chính xác, có cơ chế chống rung (debounce).
* **R2.2**: Cần có LED báo nguồn và LED/biểu tượng báo trạng thái kết nối UART.
  + *AC:* LED nguồn sáng khi có điện; LED UART nhấp nháy khi có truyền.
* **R2.3**: Phím và encoder phải có cảm nhận cơ học rõ ràng (actuation force, travel), phù hợp tuổi thọ.
  + *AC:* Tuổi thọ phím ≥ 100.000 lần nhấn; actuation force ≈ 1.6N ±0.3N (tham khảo).

**R3 — Yêu cầu hiệu năng & phi chức năng (Non-functional requirements)**

**R3.** Hiệu năng, độ bền, môi trường hoạt động, an toàn.

* **R3.1 (Latency):** Tổng độ trễ từ khi nhấn phím/xoay encoder đến khi hành động hoàn tất trên PC ≤ **500 ms**.
  + *AC:* Test bịng đo trung bình ≤ 500 ms trong 50 lần lặp.
* **R3.2 (Độ tin cậy):** Tỉ lệ nhận diện phím ≥ 99% trong điều kiện môi trường bình thường.
* **R3.3 (Nguồn):** Hoạt động ở **3–5 V**; tiêu thụ điện ≤ **25 W**.
* **R3.4 (Môi trường):** Nhiệt độ hoạt động 0 °C đến 70 °C; độ ẩm 10–90% non-condensing.
* **R3.5 (Bảo trì):** Firmware dễ cập nhật (qua bootloader hoặc tái nạp trong IDE).
* **R3.6 (Bảo mật):** Ứng dụng PC phải không lưu thông tin nhạy cảm; kết nối local UART (không mở mạng) trừ khi người dùng cấu hình khác.

**R4 — Yêu cầu hệ thống / kiến trúc**

**R4.** Kiến trúc hệ thống gồm các module phần cứng và phần mềm rõ ràng.

* **R4.1 (MCU):** Dùng ATMEGA328P (hoặc tương đương) làm vi điều khiển.
  + *AC:* MCU có ≥ 8 GPIO cho matrix, 2 cặp cho encoder, 1 UART.
* **R4.2 (Giao tiếp):** UART (MCU → PC) mặc định 9600 bps; có thể cấu hình lại.
* **R4.3 (Firmware):** Firmware C/C++ phải thực hiện: IO\_Init, Keypad\_Scan, Encoder read, UART\_Trans, debounce, và logic nhấn giữ.
* **R4.4 (PC App):** Python app sử dụng PySerial (nhận UART) + PyAutoGUI / subprocess / webbrowser để thực thi hành động.
* **R4.5 (Configurability):** Phần mềm PC phải có file cấu hình (JSON/INI) mapping từ mã nhận được → hành động.

**R5 — Yêu cầu kiểm thử (Test Requirements)**

**R5.** Các tiêu chuẩn test cho phần cứng và phần mềm.

* **R5.1 (Hardware Tests):**
  + Kiểm tra continuity/shorts, kiểm tra chức năng phím (rollover test), kiểm tra encoder (độ chính xác xung), bài test tuổi thọ phím (simulated).
* **R5.2 (Software Tests):**
  + Test nhận UART (tốc độ, mất/gặp bit), test mapping hành động, test phản hồi thời gian (latency test), test xử lý lỗi (garbled input).
* **R5.3 (Acceptance Tests):** Toàn hệ: 16 phím + 2 encoder hoạt động → PC thực thi chính xác ≥ 99% trong 1000 thao tác.

**R6 — Yêu cầu phần cứng chi tiết (Hardware Specifications)**

**R6.** Thông số phần cứng cụ thể.

* **R6.1 (Keypad 4×4):** 8 pin (4 rows + 4 cols), size ~77×69 mm. Tuổi thọ phím ≥ 100.000 cycles.
* **R6.2 (Rotary Encoders x2):** 20 pulse/rev hoặc tương đương; có nút nhấn tích hợp nếu cần.
* **R6.3 (MCU):** ATMEGA328P — Flash 32 KB, RAM 2 KB, EEPROM 1 KB. Hoạt động 1.8–5.5 V.
* **R6.4 (Nguồn):** USB power (5 V) hoặc adapter DC 5 V; có mạch cấp và lọc.
* **R6.5 (Giao tiếp phụ trợ):** Header cho UART (TX/RX/GND), pads cho ISP/bootloader.

**Use Case Modelling**

**UC-01: Nhấn phím (Perform Shortcut)**

* **Actor:** User
* **Mô tả:** User nhấn 1 phím → MCU quét phát hiện → gửi mã qua UART → Python app nhận và thực hiện shortcut.
* **Precondition:** Thiết bị có nguồn; PC app đang chạy / listening COM port.
* **Postcondition:** Hành động trên PC thực hiện thành công.
* **Liên quan yêu cầu:** R1.1, R1.3, R1.4, R3.1, R5.2.

**UC-02: Xoay Encoder (Adjust Volume / Zoom)**

* **Actor:** User
* **Mô tả:** User xoay encoder → MCU lượng hóa xung → gửi ký tự định trước → Python app xử lý thành tăng/giảm.
* **Liên quan yêu cầu:** R1.2, R1.3, R1.4, R3.1.

**UC-03: Tùy chỉnh mapping (Configure Key Mapping)**

* **Actor:** User (admin)
* **Mô tả:** Mở app → load file config → thay đổi mapping → lưu → app áp dụng.
* **Liên quan yêu cầu:** R1.5, R4.5.