

|                                                                                 |         |  |      |  |      |                                      |       |      |        |  |          |  |                            |  |                                                                                   |                                                                                                                                                                                                     |       |                                      |       |           |  |                                      |  |
|---------------------------------------------------------------------------------|---------|--|------|--|------|--------------------------------------|-------|------|--------|--|----------|--|----------------------------|--|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|--------------------------------------|-------|-----------|--|--------------------------------------|--|
|  | TITLE   |  |      |  |      | GPIO, zbocza i quiet-window debounce |       | VER. | v00.01 |  | DATETIME |  | 2026-07-20T00:00:00+02:00  |  |  |                                                                                                                                                                                                     |       |                                      |       |           |  |                                      |  |
|                                                                                 | PROJECT |  |      |  |      | Freestanding C na RV32I              |       |      |        |  | SERIES   |  | Freestanding RV32I and K&R |  |                                                                                   | CARD                                                                                                                                                                                                | 13/13 |                                      | SHEET | 1/10      |  |                                      |  |
|                                                                                 | DIR.    |  | PRG. |  | CORE |                                      | SCOPE |      | LEVEL  |  | POS.     |  | GITEA UUID                 |  |                                                                                   | 29e6021a-d033-5fbc-a5fc-ec03442ac68a                                                                                                                                                                |       | 72e2c3ba-4658-5d2c-a0dc-786009e347bd |       | CARD UUID |  | 72e2c3ba-4658-5d2c-a0dc-786009e347bd |  |
|                                                                                 | GITEA   |  |      |  |      |                                      |       |      |        |  |          |  |                            |  |                                                                                   | <a href="https://zsl-gitea.mpabi.pl/edu-inf/lab-rv32i-c-gpio-edges-debounce">https://zsl-gitea.mpabi.pl/edu-inf/lab-rv32i-c-gpio-edges-debounce</a>                                                 |       |                                      |       |           |  |                                      |  |
|                                                                                 | HTML    |  |      |  |      |                                      |       |      |        |  |          |  |                            |  |                                                                                   | <a href="https://dce7fb9d-7b2f-5d49-96a2-3a30d3070b84.mpabi.pl/29e6021a-d033-5fbc-a5fc-ec03442ac68a">https://dce7fb9d-7b2f-5d49-96a2-3a30d3070b84.mpabi.pl/29e6021a-d033-5fbc-a5fc-ec03442ac68a</a> |       |                                      |       |           |  |                                      |  |

# Cel karty

Uczeń rozdziela fizyczny lub modelowany poziom wejścia, detekcję zbocza, zatrzaśnięty pending, maskowanie kontrolera, wybór handlera i efekt wykonywany później przez main. Potrafi zrealizować quiet-window debounce oraz połączyć timer, UART i GPIO w końcowym superloop bez RTOS.

# Zakres i zachowane przykłady

Cztery przykłady wykonują się na centralnym modelu RTL Hazard3. TEST\_IN i UART TEST\_RX są jawnie wyłącznie bodźcami testbencha. Karta nie udaje modelu RP2350 ani fizycznego pinu. Task01 dowodzi DIR/OUT/IN przez polling, Task02 pełnej ścieżki rising-edge IRQ18 z W1C, Task03 krótkiego ISR i decyzji debounce w main, a Task04 współpracy machine timer, UART IRQ16 i GPIO IRQ18.

**Układ każdego przykładu:** pełny profil A1–A8; widok N/D ma jawny powód, a diagram nie jest wymagany, gdy tekst daje lepszy dowód.

| Typ   | Task   | Idea                                                     | Waga     |
|-------|--------|----------------------------------------------------------|----------|
| POLL  | Task01 | kierunek, latch wyjścia i testbench-only bodziec wejścia | kluczowe |
| IRQ18 | Task02 | zbocze, pending peryferium, kontroler i resume           | kluczowe |
| DBNC  | Task03 | krótki ISR, mtime i decyzja stabilności w main           | kluczowe |
| LOOP  | Task04 | trzy źródła, dwa dispatchery, flagi i efekty main        | kluczowe |

|                                                                                                                                                                                                          |      |                                                          |                                    |            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|----------------------------------------------------------|------------------------------------|------------|
| TITLE GPIO, zbocza i quiet-window debounce                                                                                                                                                               |      | VER v00.01                                               | DATETIME 2026-07-20T00:00:00+02:00 |            |
| PROJECT Freestanding C na RV32I                                                                                                                                                                          |      | SERIES Freestanding RV32I and K&R                        | CARD 13/13                         | SHEET 2/10 |
| URL                                                                                                                                                                                                      | PRG. | CORE                                                     | SCOPE                              | LEVEL      |
| INF.                                                                                                                                                                                                     |      |                                                          |                                    |            |
| GITEA <a href="https://zsl-gitea.mpabi.pl/edu-inf/lab-rv32i-c-gpio-edges-debounce">https://zsl-gitea.mpabi.pl/edu-inf/lab-rv32i-c-gpio-edges-debounce</a>                                                |      | GITEA UUID 29e6021a-d033-5fbc-a5fc-ec03442ac68a          |                                    |            |
| HTML <a href="https://dce7fb9d-7b2f-5d49-96a2-3a30d3070b84.mpabi.pl/29e6021a-d033-5fbc-a5fc-ec03442ac68a">https://dce7fb9d-7b2f-5d49-96a2-3a30d3070b84.mpabi.pl/29e6021a-d033-5fbc-a5fc-ec03442ac68a</a> |      | 72e2c3ba-4658-5d42-a0dc-8b6009e3f7b0 NOTHUR W. PAB12E23E |                                    |            |

## 1 1 — Rejestr modelu nie jest fizycznym pinem

OG  
WE 01

GPIO modelu zaczyna się pod adresem `0xc0000300`. DIR wybiera kierunek, OUT/OUT\_SET/OUT\_CLR sterują zatrzaśnięciem wyjściowym, a IN pokazuje wyjścia dla pinów ustawionych jako output i bodziec zewnętrzny dla pinów input. RISE\_EN i FALL\_EN wybierają wykrywane zbocza, a PENDING zatrzaskuje je do zapisu W1C.

TEST\_IN istnieje tylko po stronie laboratorium. Pozwala programowi testowemu wywołać zmianę otoczenia bez fizycznego przewodu. Produkcyjny sterownik czyta IN; nie powinien zawierać zapisu do takiego fixture'u.

## 2 2 — Source, pending i enable to trzy różne fakty

OG  
WE 01

Zmiana 0 na 1 jest source dla detektora rising edge. Włączony bit RISE\_EN pozwala zatrzasnąć bit w PENDING; ten bit utrzymuje poziomą linię GPIO external IRQ18. Kontroler Hazard3 osobno ma per-line enable, priorytet oraz globalne bramki `mie.MEIE` i `mstatus.MIE`. Dispatcher odczytuje aktywny numer i wywołuje handler z tablicy.

W1C usuwa źródło poziomowego żądania po stronie peryferium. Sam powrót z handlera, odczyt PENDING ani zamknięcie maski nie potwierdzają zdarzenia.

## 3 3 — Debounce jest decyzją czasu w main

OG  
WE 01

ISR Task03 robi tylko trzy rzeczy: zapisuje czas i poziom, potwierdza pending przez W1C oraz na końcu publikuje licznik. Main obserwuje kandydata i akceptuje go dopiero wtedy, gdy od ostatniego zbocza minęło quiet window oraz bieżący poziom nadal odpowiada kandydatowi. Każde nowe zbocze przesuwa początek okna.

Sekwencja 1-0-1 jest kontrolowanym bounce. Oba odstępy są krótsze od 2000 taktów, dlatego żaden z trzech bezpośrednich odczytów nie może zaakceptować stanu. To polityka aplikacji, nie funkcja kontrolera przerw.

## 4 4 — Superloop jest granicą serii raw C

OG  
WE 01

Task04 łączy machine timer, UART0 RX external IRQ16 i GPIO external IRQ18. ISR-y publikują flagi, a main konsumuje je i ustawia trzy różne bity wyjściowe. Flaga może skleić wiele produkcji, więc nie jest kolejką; zachowanie liczby i kolejności zdarzeń należy do następnej serii FreeRTOS.

|                                                                                  |                                                                                                 |  |  |  |  |                                                      |                                     |  |            |            |                                     |                                                                                    |
|----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|------------------------------------------------------|-------------------------------------|--|------------|------------|-------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
|  | TITLE GPIO, zbocza i quiet-window debounce                                                      |  |  |  |  | VER. v00.01                                          | DATE/TIME 2026-07-20T00:00:00+02:00 |  |            |            |                                     |  |
|                                                                                  | PROJECT Freestanding C na RV32I                                                                 |  |  |  |  | SERIES Freestanding RV32I and K&R                    |                                     |  | CARD 13/13 | SHEET 3/10 |                                     |                                                                                    |
|                                                                                  | SHEET 3/10                                                                                      |  |  |  |  | GITEA UUID 29e6021a-d033-5fbc-a5fc-ec03442ac68a      |                                     |  |            |            | 72e2c3ba-4658-5d2c-a0dc-8b600e347b0 |                                                                                    |
|                                                                                  | GITEA URL https://zsl-gitea.mpabi.pl/edu-inf/lab-rv32i-c-gpio-edges-debounce                    |  |  |  |  | GITEA CARD UUID 29e6021a-d033-5fbc-a5fc-ec03442ac68a |                                     |  |            |            | AUTHOR W. PASIECZKA                 |                                                                                    |
|                                                                                  | HTML https://dce7fb9d-7b2f-5d49-96a2-3a30d3070b84.mpabi.pl/29e6021a-d033-5fbc-a5fc-ec03442ac68a |  |  |  |  |                                                      |                                     |  |            |            |                                     |                                                                                    |

## 5 Zadania — zachowane przykłady w profilu A1–A8

|                                                                                                                                                                                                                                                 |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| TASK TASK01 · Polling DIR, OUT i IN                                                                                                                                                                                                             |  |
| 223fada6-43e4-532a-9c9b-e17445857214                                                                                                                                                                                                            |  |
| BLOCK A1 CONTEXT · AKTYWNE - dwa źródła widocznego IN                                                                                                                                                                                           |  |
| Zachowany przykład: src/tasks/task01_gpio_polling.c.                                                                                                                                                                                            |  |
| Dla bitu z DIR=1 widoczne IN pochodzi z latchinga OUT; dla DIR=0 pochodzi z modelowanego wejścia. TEST_IN zmienia tylko tę drugą część i jest bodźcem laboratorium, nie pinem RP2350.                                                           |  |
| BLOCK A2 STRUCTURE · AKTYWNE - pin0 output, pin1 input                                                                                                                                                                                          |  |
| Maska 0x1 wybiera pin wyjściowy, a 0x2 wejściowy. Rejestry SET i CLR modyfikują latch bez read-modify-write. Jeden odczyt IN składa oba widoki, dlatego przy obu stanach wysokich wynosi 0x3.                                                   |  |
| BLOCK A3 DISPATCH · N/D                                                                                                                                                                                                                         |  |
| N/D. Task01 wyłącza detektory zboczy i przerwania; każdy krok jest bezpośrednim pollingiem MMIO, bez ISR, callbacku ani wyboru handlera.                                                                                                        |  |
| BLOCK A4 APPLICATION · AKTYWNE - kontrolowany round trip poziomów                                                                                                                                                                               |  |
| Po external high program widzi 0x2. SET pinu0 daje OUT=0x1 i IN=0x3. CLR pinu0 oraz TEST_IN=0 kończą sekwencję IN=0. Te liczby są bitowymi relacjami modelu, nie numerami pinów konkretnej płytki.                                              |  |
| BLOCK A5 FLOW · AKTYWNE - configure, stimulate, sample, clear                                                                                                                                                                                   |  |
| Program wyłącza edge enable, czyści pending, ustawia kierunek i stan początkowy. Następnie podaje bodziec wejściowy, próbkuję, ustawia output, próbkuję ponownie i zeruje oba źródła. Każdy pomiar następuje po odpowiadającym mu zapisie MMIO. |  |
| BLOCK A6 STATE · AKTYWNE - 0x2 → 0x3 → 0x0                                                                                                                                                                                                      |  |
| Widoczny stan portu przechodzi kolejno przez tylko input high, oba bity high i oba low. Kierunek pozostaje 0x1 przez cały eksperyment, a pending pozostaje pusty.                                                                               |  |
| BLOCK A7 RUNTIME · AKTYWNE - rzeczywiste transakcje pod 0xc0000300                                                                                                                                                                              |  |
| Log RTL raportuje 1,2,1,3,0 i pass=1. Listing powinien pokazać osobne zapisy do offsetów DIR, TEST_IN, OUT_SET i OUT_CLR oraz odczyty IN; nie ma wejścia do wspólnego dispatchera external IRQ.                                                 |  |
| BLOCK A8 PATTERNS · AKTYWNE - polling z jawną granicą fixture                                                                                                                                                                                   |  |
| Wzorzec produkcyjny konfiguruje kierunek i czyta wejście lub steruje wyjściem. Warstwa testowa może dostarczyć osobny mechanizm wstrzyknięcia, ale jego nazwa, dokumentacja i lokalizacja muszą uniemożliwiać pomylenie z rejestrem sprzętu.    |  |
| BLOCK Ćwiczenie · Przewidywanie → wykonanie → wniosek                                                                                                                                                                                           |  |
| Przewidź cztery wartości: IN po ustawieniu zewnętrznego pinu 1, OUT po ustawieniu pinu 0, IN przy obu wysokich i IN po wyzerowaniu. Wyjaśnij, dlaczego zapis TEST_IN jest dozwolony tylko w fixture testbencha.                                 |  |
| <b>Evidence:</b> Tabela DIR/OUT/IN przed uruchomieniem, log wykonania RTL Hazard3 z kodem wyjścia, odczyt rejestrów MMIO i wniosek oddzielający fixture TEST_IN od produkcyjnego API GPIO.                                                      |  |
| <b>Acceptance:</b> Oracle: dir=1, external_high=2, out_after_set=1, both_high=3, final_in=0, pass=1 i kod wyjścia 0. PENDING pozostaje 0, ponieważ detektory zboczy są wyłączone.                                                               |  |

|                                                                                                 |                                                                          |      |      |       |       |                                   |                                                                                      |            |            |                                                                                    |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|------|------|-------|-------|-----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|------------|------------|------------------------------------------------------------------------------------|--|
|                 | TITLE GPIO, zbocza i quiet-window debounce                               |      |      |       |       | VER. v00.01                       | DATETIME 2026-07-20T00:00:00+02:00                                                   |            |            |  |  |
|                                                                                                 | PROJECT Freestanding C na RV32I                                          |      |      |       |       | SERIES Freestanding RV32I and K&R |                                                                                      | CARD 13/13 | SHEET 4/10 |                                                                                    |  |
|                                                                                                 | DIR.                                                                     | PRG. | CORE | SCOPE | LEVEL | POS.                              | GITEA UUID 29e6021a-d033-5fbc-a5fc-ec03442ac68a 72a2cbb4-6f58-5d42-82dc-4b60c9a37f90 |            |            |                                                                                    |  |
|                                                                                                 | GITEA https://zal-gitea.mpabi.pl/edu-inf/lab-rv32i-c-gpio-edges-debounce |      |      |       |       | ARTIST W. PAWLOSKI                |                                                                                      |            |            |                                                                                    |  |
| HTML https://dce7fb9d-7b2f-5d49-96a2-3a30d3070b84.mpabi.pl/29e6021a-d033-5fbc-a5fc-ec03442ac68a |                                                                          |      |      |       |       |                                   |                                                                                      |            |            |                                                                                    |  |

BLOCK TASK01 · Zapis dowodu ucznia

1. Przewidywanie przed uruchomieniem

.....

.....

2. Log RTL: DIR, OUT i kolejne wartości IN

.....

.....

3. Granica modelu: TEST\_IN kontra fizyczny pin

.....

.....

4. Wniosek: reguła języka lub kontrakt targetu potwierdzony przez pomiar

.....

.....

|                                                                                                                                                                                                           |                                            |      |      |       |       |                                   |                                                 |  |            |                                     |                     |                                                                                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|------|------|-------|-------|-----------------------------------|-------------------------------------------------|--|------------|-------------------------------------|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                           | TITLE GPIO, zbocza i quiet-window debounce |      |      |       |       | VER. v00.01                       | DATE/TIME 2026-07-20T00:00:00+02:00             |  |            |                                     |                     |  |
|                                                                                                                                                                                                           | PROJECT Freestanding C na RV32I            |      |      |       |       | SERIES Freestanding RV32I and K&R |                                                 |  | CARD 13/13 | SHEET 5/10                          |                     |                                                                                    |
|                                                                                                                                                                                                           |                                            |      |      |       |       |                                   |                                                 |  |            |                                     |                     |                                                                                    |
|                                                                                                                                                                                                           | URL: Inf.                                  | PRG. | CORE | SCOPE | LEVEL | POS.                              | GITEA UUID 29e6021a-d033-5fbc-a5fc-ec03442ac68a |  |            | 72e2c3ba-4658-5d42-a0dc-78600e3f7bd |                     |                                                                                    |
|                                                                                                                                                                                                           |                                            |      |      |       |       |                                   |                                                 |  |            |                                     |                     |                                                                                    |
| GITEA <a href="https://zsl-gitea.mpabi.pl/edu-inf/lab-rv32i-c-gpio-edges-debounce">https://zsl-gitea.mpabi.pl/edu-inf/lab-rv32i-c-gpio-edges-debounce</a>                                                 |                                            |      |      |       |       |                                   |                                                 |  |            |                                     | NOTHUR W. PAB12E23E |                                                                                    |
| HTML. <a href="https://dce7fb9d-7b2f-5d49-96a2-3a30d3070b84.mpabi.pl/29e6021a-d033-5fbc-a5fc-ec03442ac68a">https://dce7fb9d-7b2f-5d49-96a2-3a30d3070b84.mpabi.pl/29e6021a-d033-5fbc-a5fc-ec03442ac68a</a> |                                            |      |      |       |       |                                   |                                                 |  |            |                                     |                     |                                                                                    |

## TASK TASK02 · Rising edge, IRQ18 i W1C

93fb66db-d0ac-5fc2-811e-5b28e072a346

### BLOCK A1 CONTEXT · AKTYWNE - zbocze tworzy zatrzaśnięty fakt

Zachowany przykład: `src/tasks/task02_gpio_rising_irq.c`.

Bodziec `TEST_IN` zmienia pin2 z 0 na 1. Włączony bit `RISE_EN` tworzy bit 0x4 w GPIO `PENDING`, a ten utrzymuje external IRQ18. `TEST_IN` jest sztuczny, lecz dalsza ścieżka przez kontroler i rdzeń jest rzeczywistą ścieżką modelu RTL.

### BLOCK A2 STRUCTURE · AKTYWNE - dwa pending i tablica handlerów

Pierwszy pending leży w peryferium jako maska pinów. Drugi jest widokiem aktywnej linii 18 w kontrolerze Hazard3. Tablica `_external_irq_table[18]` przechowuje adres zwykłej funkcji handlera.

### BLOCK A3 DISPATCH · AKTYWNE - external vector wybiera linię 18

`mtvec` wybiera wspólny vector machine external interrupt. `irq_dispatch.S` odczytuje aktywną linię z `meinext`, indeksuje tablicę i wykonuje pośredni `jalr` do handlera GPIO. Handler potwierdza, że bieżący numer to 18.

### BLOCK A4 APPLICATION · AKTYWNE - jedno zbocze, jedno wznowienie

Program celowo generuje edge przy zamkniętym globalnym MIE. Dzięki temu może najpierw zmierzyć oba pending jako 1. Po otwarciu MIE oczekuje dokładnie jednego handlera, W1C, obu pending równych 0 i wykonania kodu `resume`.

### BLOCK A5 FLOW · AKTYWNE - source → pending → enable → dispatch → W1C

0→1 ustawia GPIO `PENDING`. Włączona linia18, MEIE i później MIE dopuszczają `trap`. Dispatcher wybiera `handler18`; ISR próbkuję maskę i poziom, zapisuje tę maskę do `PENDING` jako W1C, a dopiero potem publikuje `count`. Main wraca i mierzy stan 0.

### BLOCK A6 STATE · AKTYWNE - IDLE, LATCHED, HANDLING, ACKED, RESUMED

IDLE ma input low i pending 0. Rising edge tworzy LATCHED. Otwarcie MIE prowadzi do HANDLING. Zapis W1C tworzy ACKED, a powrót dispatchera RESUMED. Ponowne high pozostaje ACKED, ponieważ nie zaszła zmiana 0→1.

### BLOCK A7 RUNTIME · AKTYWNE - 0x4 w GPIO i 18 w kontrolerze

Raport daje `count=1`, `irq=0x12`, `source/controller` przed 1, pending w ISR 0x4, oba pending po 0 i `same-level` 0. Listing ma zawierać handler GPIO oraz wspólny dispatcher zakończony `mret`.

### BLOCK A8 PATTERNS · AKTYWNE - acknowledge peripheral before publish

Dla poziomowego IRQ najpierw ustal i usuń przyczynę po stronie peryferium, a dopiero potem publikuj zakończenie dla main. Zamknięcie maski może odłożyć obsługę, ale nie jest potwierdzeniem zdarzenia.

### BLOCK Ćwiczenie · Przewidywanie → wykonanie → wniosek

Rozpisz ścieżkę od zmiany `TEST_IN` 0→1 do wznowienia main. Zaznacz GPIO `PENDING`, pending linii 18 w kontrolerze, dwa poziomy `enable`, decyzję dispatchera, zapis W1C i efekt ponownego podania tego samego poziomu.

**Evidence:** Przewidywany łańcuch `source-pending-enable-dispatch-effect`, log RTL z IRQ18 i stanami przed/po, listing wspólnego dispatchera oraz wniosek wyjaśniający W1C i brak drugiego zbocza dla `high→high`.

**Acceptance:** Jeden handler IRQ18 widzi `PENDING=0x4` i poziom high. GPIO `source` oraz `controller pending` są 1 przed globalnym `enable` i 0 po W1C; `high→high` nie tworzy nowego pending, `resume=1`, `pass=1`.

|                                                                                                                                                                                                          |                                            |      |      |       |       |      |                                   |                                      |                                      |            |            |            |  |                                                                                    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|------|------|-------|-------|------|-----------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|------------|------------|------------|--|------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                          | TITLE GPIO, zbocza i quiet-window debounce |      |      |       |       |      | VER. v00.01                       | DATETIME 2026-07-20T00:00:00+02:00   |                                      |            |            |            |  |  |
|                                                                                                                                                                                                          | PROJECT Freestanding C na RV32I            |      |      |       |       |      | SERIES Freestanding RV32I and K&R |                                      |                                      | CARD 13/13 | SHEET 6/10 |            |  |                                                                                    |
|                                                                                                                                                                                                          | SUBJ.                                      | PRG. | CORE | SCOPE | LEVEL | POS. | GITEA UUID                        | 29e6021a-d033-5fbc-a5fc-ec03442ac68a | 72e2c3ba-4658-5d92-a0dc-9b6009e347b0 | CARD UUID  | 13/13      | SHEET 6/10 |  |                                                                                    |
|                                                                                                                                                                                                          |                                            |      |      |       |       |      |                                   |                                      |                                      |            |            |            |  |                                                                                    |
|                                                                                                                                                                                                          |                                            |      |      |       |       |      |                                   |                                      |                                      |            |            |            |  |                                                                                    |
| GITEA <a href="https://zsl-gitea.mpabi.pl/edu-inf/lab-rv32i-c-gpio-edges-debounce">https://zsl-gitea.mpabi.pl/edu-inf/lab-rv32i-c-gpio-edges-debounce</a>                                                |                                            |      |      |       |       |      |                                   |                                      |                                      |            |            |            |  |                                                                                    |
| HTML <a href="https://dce7fb9d-7b2f-5d49-96a2-3a30d3070b84.mpabi.pl/29e6021a-d033-5fbc-a5fc-ec03442ac68a">https://dce7fb9d-7b2f-5d49-96a2-3a30d3070b84.mpabi.pl/29e6021a-d033-5fbc-a5fc-ec03442ac68a</a> |                                            |      |      |       |       |      |                                   |                                      |                                      |            |            |            |  |                                                                                    |

BLOCK TASK02 · Zapis dowodu ucznia

1. Przewidywanie przed uruchomieniem

2. Log RTL: pending GPIO i kontrolera przed/po ISR

3. Dowód dispatchu IRQ18 i zapisu W1C

4. Wniosek: reguła języka lub kontrakt targetu potwierdzony przez pomiar

|                                                                                  |                                                                                                                                                                                                           |  |  |  |  |  |                                                 |                                     |                                      |                                                                                    |            |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|-------------------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|------------|
|  | TITLE GPIO, zbocza i quiet-window debounce                                                                                                                                                                |  |  |  |  |  | VER. v00.01                                     | DATE/TIME 2026-07-20T00:00:00+02:00 |                                      |  |            |
|                                                                                  | PROJECT Freestanding C na RV32I                                                                                                                                                                           |  |  |  |  |  | SERIES Freestanding RV32I and K&R               |                                     | CARD 13/13                           |                                                                                    | SHEET 7/10 |
|                                                                                  | URL: <a href="https://zsl-gitea.mpabi.pl/edu-inf/lab-rv32i-c-gpio-edges-debounce">https://zsl-gitea.mpabi.pl/edu-inf/lab-rv32i-c-gpio-edges-debounce</a>                                                  |  |  |  |  |  | GITEA UUID 29e6021a-d033-5fbc-a5fc-ec03442ac68a |                                     | 72e2c3ba-4658-5d2e-a0dc-78600e3377b0 |                                                                                    |            |
|                                                                                  | HTML: <a href="https://dce7fb9d-7b2f-5d49-96a2-3a30d3070b84.mpabi.pl/29e6021a-d033-5fbc-a5fc-ec03442ac68a">https://dce7fb9d-7b2f-5d49-96a2-3a30d3070b84.mpabi.pl/29e6021a-d033-5fbc-a5fc-ec03442ac68a</a> |  |  |  |  |  |                                                 |                                     |                                      |                                                                                    |            |
|                                                                                  |                                                                                                                                                                                                           |  |  |  |  |  |                                                 |                                     |                                      |                                                                                    |            |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| TASK TASK03 · Quiet-window debounce po trzech zboczach                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |
| a2e3b023-04f1-5863-a4e0-360b5ec69b89                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |  |
| BLOCK A1 CONTEXT · AKTYWNE - IRQ rejestruje zmianę, nie intencję użytkownika                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |  |
| <p>Zachowany przykład: <code>src/tasks/task03_gpioQuietWindow.c</code>.</p> <p>Trzy przejścia <code>TEST_IN</code> modelują bounce, nie trzy świadome naciśnięcia. Kontroler potrafi zgłosić rising i falling edge, lecz nie zna quiet window ani znaczenia stabilnego przycisku. Ta semantyka należy do kodu normalnego.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |
| BLOCK A2 STRUCTURE · AKTYWNE - historia ISR i kandydat main                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |  |
| ISR zapisuje trzy pary <code>level,time</code> , a osobno publikuje ostatni poziom, ostatni czas i count. Main utrzymuje seen count, candidate level oraz candidate time. Krytyczna sekcja chroni snapshot 64-bitowego czasu na RV32.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |
| BLOCK A3 DISPATCH · AKTYWNE - każde włączone zbocze wybiera GPIO18                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |
| <p><code>RISE_EN</code> i <code>FALL_EN</code> pozwalają trzem przejściom utworzyć pending. External dispatcher trzy razy wybiera wpis 18 i wywołuje ten sam krótki handler. Numer ostatniego handlera oraz <code>count=3</code> są dowodem decyzji, nie sam fakt zapisu <code>TEST_IN</code>.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |
| BLOCK A4 APPLICATION · AKTYWNE - restart okna po każdym bounce                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |
| Po każdym nowym count main zastępuje candidate time czasem ostatniego zbocza. Natychmiastowe próby dają <code>early=0</code> . Dopiero stabilny high utrzymany przez co najmniej 2000 taktów daje <code>accepted=1</code> .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |  |
| BLOCK A5 FLOW · AKTYWNE - ISR publish, main observe, wait, validate                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |
| ISR czyta pending, poziom i mtime, zapisuje rekord, wykonuje <code>W1C</code> i na końcu zwiększa count. Main atomowo pobiera publikację, aktualizuje kandydata, mierzy wiek oraz porównuje bieżący IN. Nowe zbocze wraca do początku okna.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |  |
| BLOCK A6 STATE · AKTYWNE - HIGH?, LOW?, HIGH?, STABLE_HIGH                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |  |
| <p>Pierwsze high jest kandydatem, low unieważnia go, a drugie high tworzy nowego kandydata. Żaden stan z wiekiem mniejszym niż quiet nie jest zaakceptowany. <code>STABLE_HIGH</code> powstaje dopiero po pełnym oknie bez kolejnego IRQ.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |
| BLOCK A7 RUNTIME · AKTYWNE - dwa bounce gapy krótsze od 0x7d0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |
| <p>Bieżący RTL raportuje czasy low 0x591, 0x8ea, 0xc43, czyli oba gapy 0x359. Akceptacja następuje po 0x878 od ostatniego edge. Konkretnie czasy zależą od buildu; oracle niezależnie sprawdza tylko relacje <code>gap&lt;quiet</code> i <code>accepted_after&gt;=quiet</code>.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |
| BLOCK A8 PATTERNS · AKTYWNE - timestamp in ISR, policy in consumer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |
| ISR powinien szybko potwierdzić sprzęt i opublikować minimalne dane. Konsument może wtedy zmieniać quiet window, politykę akceptacji lub raportowanie bez wydłużania czasu blokowania innych przerwań.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |
| BLOCK Ćwiczenie · Przewidywanie → wykonanie → wniosek                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |
| <p>Dla sekwencji poziomów 1,0,1 oblicz oba odstępy i porównaj z <code>quiet=2000</code>. Wyjaśnij, dlaczego ISR publikuje czas, lecz nie akceptuje przycisku, oraz jak nowe zbocze restartuje okno ciszy.</p> <p><b>Evidence:</b> Przewidywana sekwencja kandydatów, log RTL z trzema czasami i poziomami, niezależne przeliczenie gapów oraz <code>accepted_after</code> i wniosek przypisujący politykę debounce do main.</p> <p><b>Acceptance:</b> Poziomy 1,0,1, <code>count=3</code> i <code>IRQ18</code>. Oba gapy są dodatnie i mniejsze od <code>quiet=2000</code>; <code>early=0</code>, <code>accepted=1</code>, zaakceptowany poziom high, <code>accepted_after &gt;= quiet</code> i <code>pass=1</code>.</p> |  |

|                                                                                  |                                                                                                 |      |      |       |       |      |                                                                                      |                                    |  |            |            |  |  |                                                                                    |  |  |
|----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|-------|-------|------|--------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|--|------------|------------|--|--|------------------------------------------------------------------------------------|--|--|
|  | TITLE GPIO, zbocza i quiet-window debounce                                                      |      |      |       |       |      | VER. v00.01                                                                          | DATETIME 2026-07-20T00:00:00+02:00 |  |            |            |  |  |  |  |  |
|                                                                                  | PROJECT Freestanding C na RV32I                                                                 |      |      |       |       |      | SERIES Freestanding RV32I and K&R                                                    |                                    |  | CARD 13/13 | SHEET 8/10 |  |  |                                                                                    |  |  |
|                                                                                  | DIR.                                                                                            | PRG. | CORE | SCOPE | LEVEL | POS. | GITEA UUID 29e6021a-d033-5fbc-a5fc-ec03442ac68a 72e2c3ba-4658-5d92-a0dc-y86009e347b0 |                                    |  |            |            |  |  |                                                                                    |  |  |
|                                                                                  | GITEA https://zal-gitea.mpabi.pl/edu-inf/lab-rv32i-c-gpio-edges-debounce                        |      |      |       |       |      | CARD UUID 72e2c3ba-4658-5d92-a0dc-y86009e347b0                                       |                                    |  |            |            |  |  |                                                                                    |  |  |
|                                                                                  | HTML https://dce7fb9d-7b2f-5d49-96a2-3a30d3070b84.mpabi.pl/29e6021a-d033-5fbc-a5fc-ec03442ac68a |      |      |       |       |      |                                                                                      |                                    |  |            |            |  |  |                                                                                    |  |  |

BLOCK TASK03 · Zapis dowodu ucznia

1. Przewidywanie przed uruchomieniem

.....

.....

2. Log RTL: trzy poziomy, czasy i gapy

.....

.....

3. Dowód quiet window i miejsca decyzji w main

.....

.....

4. Wniosek: reguła języka lub kontrakt targetu potwierdzony przez pomiar

.....

.....

|                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                           |       |      |       |       |                                   |                                                 |                                      |                                                                                    |                      |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|------|-------|-------|-----------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|--|
|                                                                                                                           | TITLE GPIO, zbocza i quiet-window debounce                                                                                                                |       |      |       |       | VER. v00.01                       | DATETIME 2026-07-20T00:00:00+02:00              |                                      |  |                      |  |
|                                                                                                                                                                                                           | PROJECT Freestanding C na RV32I                                                                                                                           |       |      |       |       | SERIES Freestanding RV32I and K&R |                                                 | CARD 13/13                           |                                                                                    | SHEET 9/10           |  |
|                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                           |       |      |       |       |                                   |                                                 |                                      |                                                                                    |                      |  |
|                                                                                                                                                                                                           | URL: <a href="https://zsl-gitea.mpabi.pl/edu-inf/lab-rv32i-c-gpio-edges-debounce">Inf.</a>                                                                | PROG. | CORE | SCOPE | LEVEL | POS.                              | GITEA UUID 29e6021a-d033-5fbc-a5fc-ec03442ac68a | 72e2c3ba-4658-5d49-96a2-3a30d3070b84 |                                                                                    | AUTHOR N. PABISZCZAK |  |
|                                                                                                                                                                                                           | GITEA <a href="https://zsl-gitea.mpabi.pl/edu-inf/lab-rv32i-c-gpio-edges-debounce">https://zsl-gitea.mpabi.pl/edu-inf/lab-rv32i-c-gpio-edges-debounce</a> |       |      |       |       |                                   |                                                 |                                      |                                                                                    |                      |  |
| HTML. <a href="https://dce7fb9d-7b2f-5d49-96a2-3a30d3070b84.mpabi.pl/29e6021a-d033-5fbc-a5fc-ec03442ac68a">https://dce7fb9d-7b2f-5d49-96a2-3a30d3070b84.mpabi.pl/29e6021a-d033-5fbc-a5fc-ec03442ac68a</a> |                                                                                                                                                           |       |      |       |       |                                   |                                                 |                                      |                                                                                    |                      |  |

## TASK TASK04 · Timer + UART16 + GPIO18 bez RTOS

### BLOCK A1 CONTEXT · AKTYWNE - trzy usługi, wspólny czas CPU

Zachowany przykład: `src/tasks/task04_raw_c_superloop.c`.

Machine timer pochodzi z `mtime>=mtimecmp`, UART16 z niepustego RX FIFO przy włączonym RX IRQ, a GPIO18 z rising edge zatrzaśniętego w PENDING. TEST\_RX i TEST\_IN tworzą tylko bodźce; logika timer/UART/GPIO po nich jest rzeczywistym modelem RTL.

### BLOCK A2 STRUCTURE · AKTYWNE - trzy publikacje i trzy bity efektu

Każda usługa ma licznik ISR, payload i flagę. Main ma osobny licznik konsumpcji. Bity OUT 0,1,2 reprezentują odpowiednio efekt GPIO, UART i timera, więc końcowe 0x7 dowodzi wykonania trzech gałęzi bez ukrywania ich w jednej sumie.

### BLOCK A3 DISPATCH · AKTYWNE - slot 7 oraz external 16/18

Machine timer cause 7 trafia bezpośrednio do `isr_machine_timer` i wraca przez `mret`. Machine external vector trafia do wspólnego dispatchera; `meinext` wybiera wpis 16 dla UART albo 18 dla GPIO i wykonuje `jalr`.

### BLOCK A4 APPLICATION · AKTYWNE - efekt dopiero po konsumpcji flagi

UART handler publikuje U, GPIO handler high, a timer handler tick. Żaden ISR nie ustawia aplikacyjnego bitu OUT. Superloop atomowo zabiera flagę i dopiero jego trzy gałęzie ustawiają 0x2, 0x1 i 0x4.

### BLOCK A5 FLOW · AKTYWNE - source → pending → dispatch → ISR → main

Timer: `comparator→MTIP→slot7→tick flag→bit2`. UART: `RX FIFO→IRQ16→external dispatcher→read DATA i flag→bit1`. GPIO: `edge→PENDING→IRQ18→dispatcher→W1C i flag→bit0`. Main używa WFI tylko wtedy, gdy nadal brakuje któregoś efektu.

### BLOCK A6 STATE · AKTYWNE - trzy niezależne PRODUCED/CONSUMED

Każda usługa przechodzi IDLE→PRODUCED w ISR i PRODUCED→CONSUMED w main. Stan końcowy wymaga trzech liczników konsumpcji równych 1. Flaga wraca do 0, ale licznik zachowuje dowód przejścia.

### BLOCK A7 RUNTIME · AKTYWNE - cause 7, linie 16/18 i OUT 0x7

Raport daje timer count 1 i mcause 0x80000007, UART count 1/irq 0x10/byte 0x55, GPIO count 1/irq 0x12/high oraz trzy main actions po 1. OUT=0x7, a IN=0x17 dodaje widoczny wysoki pin wejściowy 0x10.

### BLOCK A8 PATTERNS · AKTYWNE - ISR-to-main flags with an explicit ceiling

Jednokomórkowa flaga jest poprawna tylko wtedy, gdy wystarcza informacja co najmniej jedno zdarzenie. Nie zachowuje liczby ani kolejności wielu produkcji. Ten sufit jest powodem przejścia do kolejek i tasków FreeRTOS, a nie pretekstem do nazywania flagi kolejką.

### BLOCK Ćwiczenie · Przewidywanie → wykonanie → wniosek

Dla timer tick, bajtu U i rising edge narysuj trzy osobne ścieżki `source→pending→enable→dispatcher→ISR→flag→main effect`. Wyjaśnij, dlaczego trzy flagi nie są kolejką i jakie ograniczenie przechodzi do serii FreeRTOS.

**Evidence:** Trzy przewidywane ścieżki zdarzeń, log RTL z numerami przerwań i licznikami, listing machine-timer oraz external dispatchera, końcowe OUT/IN i wniosek o granicy flag jednozdarzeniowych.

**Acceptance:** Po jednym timer IRQ z mcause=0x80000007, UART IRQ16 z bajtem 0x55 i GPIO IRQ18 z high. Main konsumuje każdą flagę raz, ustawia trzy bity, OUT=0x7, IN=0x17, pass=1.

|                                                                                  |                                                                          |      |      |       |       |                                                                                                 |                                                                                     |            |             |                                                                                    |  |
|----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|------|------|-------|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------|-------------|------------------------------------------------------------------------------------|--|
|  | TITLE GPIO, zbocza i quiet-window debounce                               |      |      |       |       | VER. v00.01                                                                                     | DATETIME 2026-07-20T00:00:00+02:00                                                  |            |             |  |  |
|                                                                                  | PROJECT Freestanding C na RV32I                                          |      |      |       |       | SERIES Freestanding RV32I and K&R                                                               |                                                                                     | CARD 13/13 | SHEET 10/10 |                                                                                    |  |
|                                                                                  | DIR.                                                                     | PRG. | CORE | SCOPE | LEVEL | POS.                                                                                            | GITEA UUID 29e6021a-d033-5fbc-a5fc-ec03442ac68a72a2cbb4-6f58-5d49-96a2-3a30d3070b84 |            |             |                                                                                    |  |
|                                                                                  | GITEA https://zal-gitea.mpabi.pl/edu-inf/lab-rv32i-c-gpio-edges-debounce |      |      |       |       | HTML https://dce7fb9d-7b2f-5d49-96a2-3a30d3070b84.mpabi.pl/29e6021a-d033-5fbc-a5fc-ec03442ac68a |                                                                                     |            |             |                                                                                    |  |

BLOCK TASK04 · Zapis dowodu ucznia

1. Przewidywanie przed uruchomieniem

.....

.....

2. Log RTL: timer, UART16, GPIO18 i efekty main

.....

.....

3. Dowód dwóch dispatcherów i końcowego OUT/IN

.....

.....

4. Wniosek: reguła języka lub kontrakt targetu potwierdzony przez pomiar

.....

.....