Minesweeper

Introducere

 Minesweeper – un joc clasic de logică, reinventat pentru platforme embedded!

 Scopul proiectului: Jucătorul explorează o matrice de celule, evitând bombele și marcându-le corect cu steaguri . Am pornit de la ideea jocului original de pe PC și l-am adaptat pe un sistem embedded, pentru a-l face mai interactiv. Este un joc care antrenează logica și atenția, fiind în același timp o demonstrație practică a integrării între hardware și software.

Descriere generală

Implementare joc Minesweeper pe un LCD grafic.

Schema bloc a fost realizată în: Draw.io.

Placa de dezvoltare utilizată este compatibilă cu **Arduino UNO R3** și controlează un ecran **LCD TFT ST7735S** pentru afișarea grafică a jocului. Navigarea în matricea 8×8 se face cu ajutorul **joystick-ului analogic**, iar cele 2 butoane permit plasarea steagurilor, opțiunea de selecție a numelui și opțiunea de a pune pe pauza/a ieși din joc. **Buzzer-ul** oferă feedback auditiv în cazul declanșării unei bombe sau a terminarii jocului. Logica jocului este implementată în software pe **Arduino**, care actualizează afișajul și răspunde în timp real la interacțiunile jucătorului.

Hardware Design

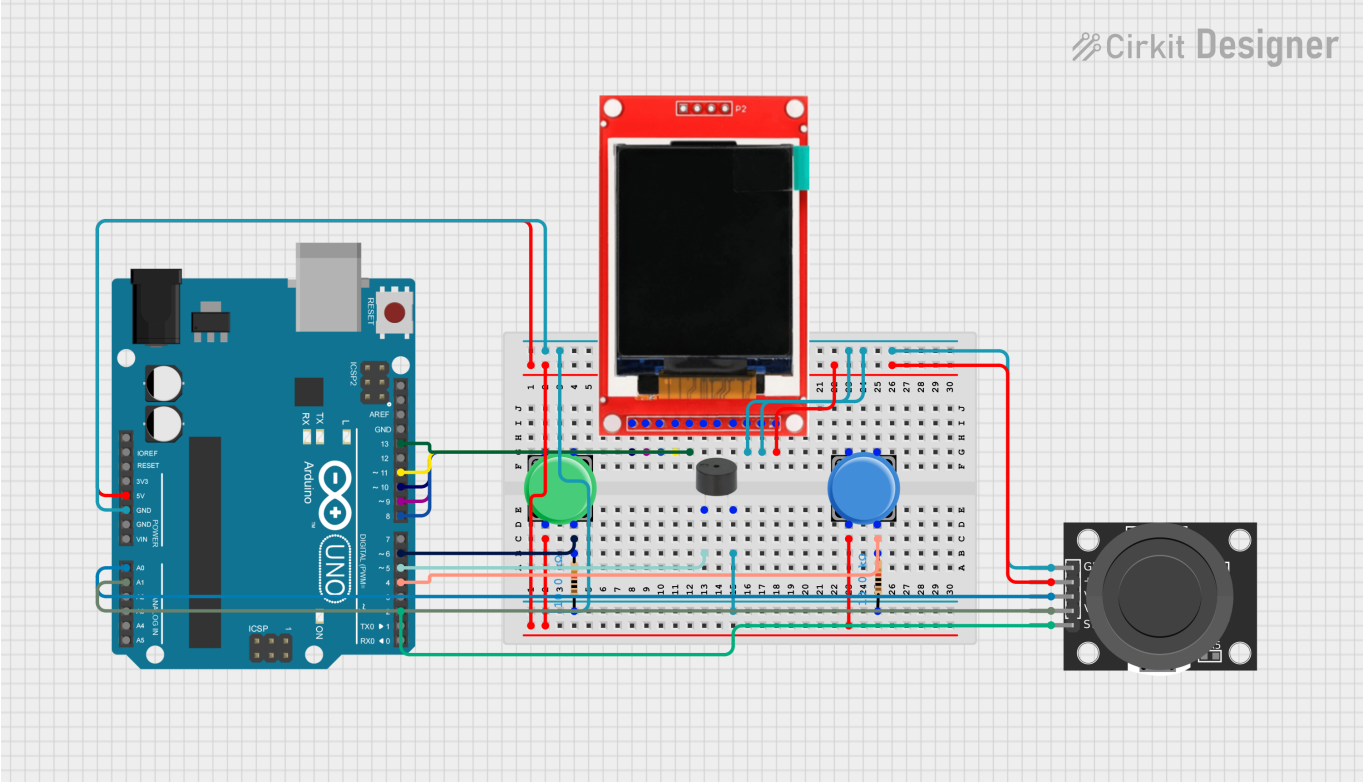
Bill of Materials

Componenta	Link achiziție	Cantitate	Preț
Buton Alb	Buton	2	1,99 lei
Buton Albastru	Buton	2	1,99 lei
Joystick analogic	Joystick	1	4,96 lei
LCD, 1.8”, 128×160 TFT, SPI Serial	Display	1	54,99 lei
Arduino UNO R3 și cablu 50cm	Placă de dezvoltare	1	39,37 lei
Buzzer Pasiv 5V	Buzzer	1	1,40 lei

Fire rigide	Set fire rigide	1	12,49 lei
Fire tată-tată	Set fire tată-tată	4	2,85 lei
Breadboard HQ (400 Points)	Breadboard	1	4,56 lei
Cost total componente: 137,13 lei			

Toate componentele sunt conectate pe un breadboard pentru testare ușoară, iar afișajul comunică cu placa prin interfața **SPI**.

Schema circuit



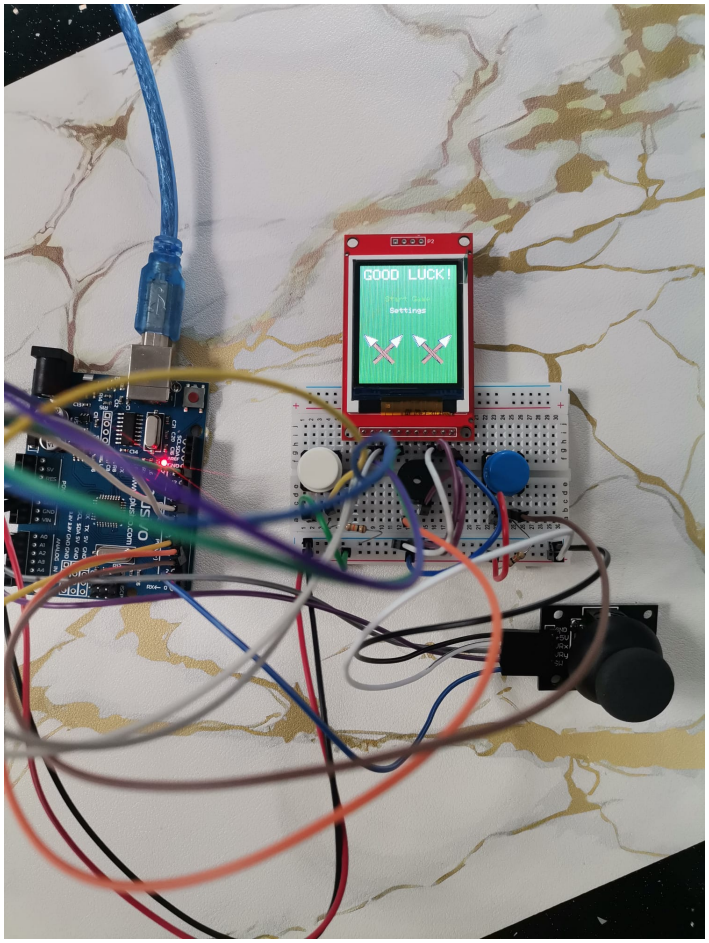
Schema circuitului a fost realizată folosind Cirkit Designer.

Conexiuni pini

Arduino Pin	Tip	Conectat la	Note
D10	Digital	LCD CS	Chip-Select SPI
D9	Digital	LCD RST	Reset display
D8	Digital	LCD RS/DC	Data/Command select
D11	Digital (MOSI)	LCD SDA	SPI MOSI
D13	Digital (SCK)	LCD SCL	SPI Clock
5V	Power	LCD VCC, Joystick VCC (+)	+5 V alimentare
GND	Power	LCD GND , Joystick GND (–), buzzer “–”	Masă comună
A0	Analog	Joystick VRx	X-axis voltage
A1	Analog	Joystick VRy	Y-axis voltage

D2	Digital	Joystick SW	Switch intern joystick → când apeși conectează D2 la GND; se folosește `INPUT_PULLUP`
D4	Digital	Buton 1	Buton la +5 V, rezistor extern de pull-down (~10 kΩ) la GND
D6	Digital	Buton 2	Buton la +5 V, rezistor extern de pull-down (~10 kΩ) la GND
D3	Digital / PWM	Buzzer	Buzzer pasiv 5 V, minus la GND; poate fi modulat cu PWM

Configurația finală realizată fizic



Project Planning

Planificarea etapelor:

ID	Activitate	Descriere
A	Specificare cerințe	Stabilirea cerințelor hardware/software, interfață cu joystick, afișaj TFT, butoane, buzzer
B	Design arhitectură	Împărțirea codului pe module: input (joystick/butoane), game loop, generare hartă, afișare grafică, sunet
C	Implementare module de bază	Scrierea funcțiilor de citire joystick, debounce, tone buzzer

D	Generare hartă și logică de joc	Algoritmi pentru plasarea bombardelor, flood-fill, verificare câștig/pierdere
E	Grafică și UI	Funcții drawGrid(), drawHeader(), ecran de selecție nume, splash-screen, elemente decorative (bombe, steaguri, lopate)
F	Testare și optimizare	Măsurarea timpilor de răspuns și optimizarea redraw-ului
G	Documentație și prezentare	Redactarea README, diagrame, grafice Gantt, concluzii

Relații de dependență:

- B → C, D, E: înainte de codul efectiv trebuie finalizat designul.
- C → D: logica de joc se bazează pe input-ul debounced.
- D → E: afișarea grafică și interfața necesită funcționalitatea de bază a jocului.
- C, D, E → F: testarea și optimizarea vin după ce modulele principale sunt implementate.

Software Design

Proiectul a fost dezvoltat în mediul **Arduino IDE**, utilizând limbajul C/C++. Codul a fost încărcat pe placa Arduino UNO R3 și testat pe hardware real. Pentru afișarea grafică pe **LCD-ul TFT ST7735S**, au fost utilizate următoarele biblioteci:

- **`Adafruit_GFX.h`** – funcționalități grafice generale (afișare text, forme, linii)
- **`Adafruit_ST7735.h`** – controlul afișajului ST7735 prin SPI
- **`SPI.h`** – comunicație SPI între Arduino și display

Jocul rulează pe o matrice 8×8 în care fiecare celulă stochează starea proprie: bombă, descoperită, steag sau număr de vecini cu bombe.

Pozițiile bombelor sunt generate aleator, iar valorile vecinilor sunt calculate automat. Utilizatorul se poate deplasa prin matrice cu joystick-ul analogic și poate interacționa prin butoane:

- **Buton 1 / SW joystick** – descoperă celule (configurat cu **pull-up intern**)
- **Buton 2** – marchează/șterge steag/confirmă numele (configurat cu **rezistență de pull-down**)
- **Buton 3** – intră în **QUIT-MENU** / Go back functionality prin meniuri
- **Buzzer** – semnal sonor la pierdere (explozie bombă) sau la câștigare

Funcții implementate:

- **`isButtonPressedActiveLow_PD2()`** – verifică dacă butonul conectat la pinul 2 (cu semnal activ LOW) a fost apăsat și eliberat, cu debounce intern de ~50 ms.
- **`isButtonPressedActiveHigh_PD4/PD6()`** – verifică dacă butonul conectat la pinul 4/6 (cu semnal activ HIGH) a fost apăsat și eliberat, cu debounce intern de ~50 ms.
- **`fastAnalogReadA0/A1()`** - verifică și citește rapid valoarea tensiunii analogice de pe pinul A0 (ADC0) / A1 (ADC1), utilizând registrele interne ale convertorului analog-digital (ADC) al microcontrollerului.
- **`startTone()`** - activează semnalul PWM pe pinul PD3 (OC2B) cu frecvența specificată în Hz, folosind Timer2 configurat în mod CTC.
- **`stopTone()`** - oprește semnalul PWM generat de Timer2 pe pinul PD3 și setează pinul LOW.

- **`playBombSequence()`** – redă pe buzzer o succesiune de tonuri care indică „explozia” unei bombe (pierdere de joc).
- **`playWinSequence()`** – redă pe buzzer o succesiune de tonuri care indică victoria în joc.
- **`generateBoard()`** – reiniţializează matricea de joc: plasează aleator 10 bombe (valori 9) şi apoi calculează pentru fiecare celulă ne-bombă numărul de bombe din cele 8 poziţii adiacente.
- **`flood()`** – descoperă recursiv (flood-fill) toate celulele cu valoarea 0, pornind din poziţia (r,c), şi incrementează contorul de celule descoperite.
- **`checkWin()`** – returnează true dacă numărul de celule descoperite + numărul de bombe acoperă întreaga grilă, adică jucătorul a câştigat.
- **`drawGrid()`** - desenează întreaga matrice 8×8 pe TFT: pentru fiecare celulă (x,y): dacă este „descoperită”, afişează fie fundal alb + număr/bombă; dacă este „ascunsă”, afişează fundal albastru + steag; apoi trasează conturul negru al celulei şi la final evidenţiază poziţia cursorului cu un contur verde.
- **`updateScore()`** - şterge zona veche a scorului din header şi afişează noul număr de celule descoperite.
- **`updateTimer()`** - şterge zona veche a timer-ului din header, calculează timpul rămas (MM:SS) şi îl afişează.
- **`drawLetterGrid()`** - desenează ecranul de selectare nume: un mic header „Select Name” şi o grilă 7×4 cu literele A–Z dispuse pe rânduri.
- **`drawHeader()`** - reîncarcă complet banda de sus a ecranului de joc.
- **`drawBomb()`** - desenează o bombă în jurul punctului (cx,cy) cu raza R: un cerc negru conturat cu alb, opt ţepi albi pentru aspectul de explozie şi un ochi central roșu cu un fir de fitil galben.
- **`drawFlag()`** - trasează un steag roșu într-o celulă definită de colțul (x,y) și dimensiunile date: o tijă neagră verticală și un triunghi roșu cu bordură albă în vârful acesteia.
- **`drawCrossedPickaxes()`** - desenează două târnăcoape încrucișate centrate în jurul punctului (cx,cy), scalate de factorul size: mânere sub formă de dreptunghiuri maro, capete metalice umplute cu gri și conturate în negru, plus un accent alb care sugerează o reflexie pe lamă.
- **`animateBombReveal()`** - animație de descoperire a bombelor atunci când calci pe una. Calculeaza pozitiile tuturor bombelor, le amestecă într-o ordine aleatoare și animăm apariția acestora.
- **`drawSplash()`** - desenează meniul de start cu un mesaj de 'GOOD LUCK' in partea de sus, urmat de 2 optiuni “START GAME” si “SETTINGS” si randarea tarnacoapelor folosind functia **drawCrossedPickaxes()**.
- **`drawDifficultyMenu()`** - desenează meniul de setari, mai exact dificultatea pe care o poti alege in timpul jocului. Easy care va genera doar 4 bombe, Medium cu 7 bombe si Hard cu 10 bombe.
- **`drawConfirmQuitMenu()`** - desenează meniul de **QUIT GAME** din timpul jocului. Acest meniu prezinta 2 optiuni “No” → continui jocul sau “Yes” → care te duce in meniul principal.

Pentru funcțiile de draw am utilizat diverse **apeluri grafice** printre care:

```
tft.fillRoundRect(x, y, w, h, r, color)
```

Cu parametrii:

- x, y — coordonatele colţului din stânga-sus
- w, h — lăţimea şi înălţimea dreptunghiului
- r — raza de rotunjire a colţurilor
- color — culoarea de umplere (16-bit RGB565)

```
tft.fillTriangle(x0, y0, x1, y1, x2, y2, color)
```

Cu parametrii:

- (x0,y0), (x1,y1), (x2,y2) — vârfurile triunghiului
- color — culoarea de umplere (16-bit RGB565)

```
tft.drawTriangle(x0, y0, x1, y1, x2, y2, color)
```

Cu parametrii:

- (x0,y0), (x1,y1), (x2,y2) — vârfurile triunghiului
- color — culoarea de umplere (16-bit RGB565)

Funcțiile grafice utilizate în cod:

Funcție	**Ce face**
fillScreen	curăță tot ecranul într-o culoare
fillRect	umple un dreptunghi
drawRect	contur dreptunghi
fillCircle	cerc solid
drawCircle	contur cerc
drawFastHLine	linie orizontală
drawLine	linie oblică
fillTriangle	triunghi solid
drawTriangle	contur triunghi
fillRoundRect	dreptunghi cu colțuri rotunjite solid
setCursor	poziționează „cursorul” pentru text
setTextSize	setează mărimea fontului
setTextColor	setează culoarea textului

Logica din funcția de **loop()** constă într-un switch care jongleaza cu stările posibile:

```
enum GameState {STATE_SPLASH, STATE_SETTINGS, STATE_ENTER_NAME, STATE_PLAY,
STATE_CONFIRM_QUIT};
```

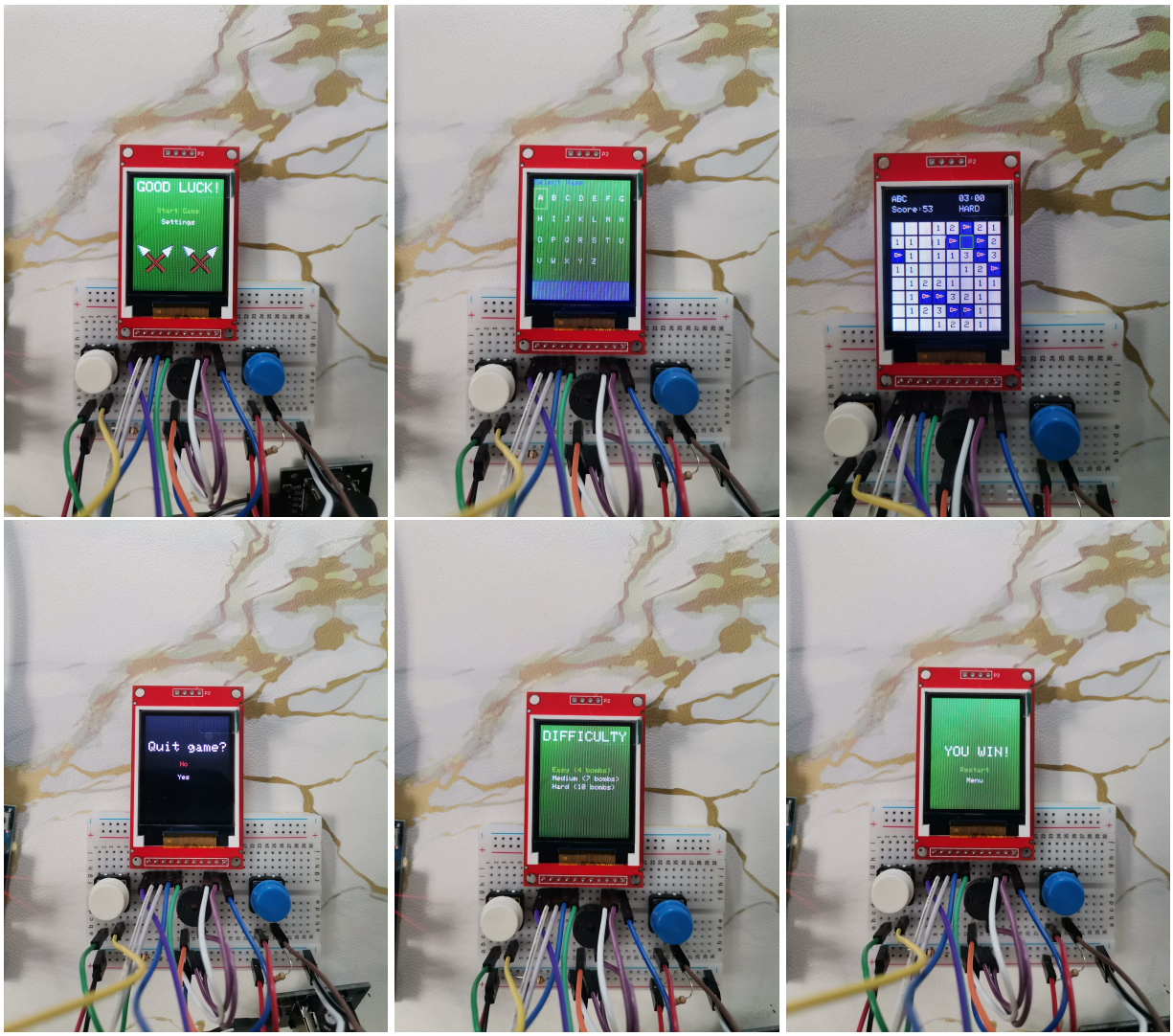
- **STATE_SPLASH** → Starea pentru meniul principal
- **STATE_SETTING** → Starea pentru meniul de setări
- **STATE_ENTER_NAME** → Starea pentru meniul de selectare a numelui
- **STATE_PLAY** → Starea pentru meniul cu jocul propriu-zis
- **STATE_CONFIRM_QUIT** → Starea pentru meniul de **QUIT GAME**

Laboratoare folosite	Funcționalitate	Cod
GPIO	citire / scriere de pini digitali	**configurePinsWithRegisters()** folosind registrii
UART	comunicație serială	Nu este explicit în cod, dar am folosit pentru afișajul în consola pentru debug
Timere & PWM	generare ton și temporizări	**startTone(uint16_t freq)** si **stopTone()** folosind Timer0 pe 8 biti pentru PWM
ADC	conversie analog-digitală	**fastAnalogReadA0()** și **fastAnalogReadA1()** pentru citirea poziției joystick-ului folosind registrii
SPI	interfațare display TFT	**tft.initR(INITR_BLACKTAB)** + toate comenzile **tft.xxx** folosesc **SPI** pentru comunicare cu ecranul ST7735

Rezultate Obținute

Codul sursă și alte imagini pot fi observate pe pagina de GitHub

Scurt **demo** de prezentare poate fi gasit pe linkul de YouTube



Concluzii

Proiectul **Minesweeper** realizat pe **Arduino** a fost o experiență foarte reușită și satisfăcătoare. A reușit să aducă laolaltă funcționalitatea completă a jocului, grafică interactivă și control prin joystick și butoane, toate integrate pe un ecran TFT. Faptul că totul rulează în timp real m-a ajutat să înțeleg mai bine ce înseamnă să optimizezi interfața și logica jocului pentru resurse limitate.

Mi-a plăcut în mod special partea de redare continuă a ecranului, care mi-a amintit de temele de la cursul de grafică. M-am bucurat să regăsesc acolo concepte precum bucla de render, actualizarea doar a zonelor modificate și controlul precis asupra afișajului. A fost interesant să văd cum acele noțiuni se aplică și într-un context diferit, pe un microcontroler, cu constrângeri reale de memorie și procesare.

Pe lângă partea grafică, m-a ajutat mult și pe partea de hardware: am lucrat cu pini GPIO, citirea joystick-ului prin ADC, comunicația SPI cu display-ul. Toate astea m-au făcut să înțeleg mai bine ce înseamnă să îmbini partea software cu cea hardware într-un mod funcțional și coerent.

În final, proiectul ăsta mi-a dat un plus de încredere și clar mi-a trezit interesul pentru proiecte embedded mai complexe.

Download

Arhivă cu tot conținutul proiectului.

Jurnal

03.05.2025 – Am început redactarea documentației proiectului: am completat secțiunile **Introducere** și **Descriere generală** și am încărcat schema bloc în pagina wiki, completând lista de

componente pe care le voi utiliza și ideea de start a design-ului software.

 05.05.2025 – Am cumpărat piesele menționate în lista de componente hardware.

 10.05.2025 – Componentele au fost livrate și am început montajul hardware.

11.05.2025 – Am finalizat implementarea hardware a proiectului. Am realizat **schema circuitului** pe breadboard și am desenat **schema electrică** completă, documentând conexiunile între toate componentele utilizate.

 18.05.2025 – Am realizat implementarea software-ului.

 20.05.2025 – Am terminat ultimele retușuri, am finalizat pagina de ocw, am creat repo-ul de GitHub și am încărcat un demo intuitiv pe YouTube

Bibliografie/Resurse

Hardware Related

Datasheet Arduino UNO R3

Datasheet ATmega328P

Guide display

Tutorial display with Arduino

Guide joystick

Tutorial button with Arduino

Tutorial buzzer with Arduino

Software Related

Adafruit-GFX-Library

Adafruit_ST7735S

Adafruit GFX Graphics Library

Arduino Documentation

Export to PDF