

逢甲大學學生報告 ePaper

報告題名：微處理機實習-21 點/

Microprocessor Lab: Blackjack

作者：涂芷菱、何宜臻、宋柔穎、許心縈

系級：電子三丙

學號：D1323091、D1358274、D1388276、D1323031

開課老師：楊鎮安 老師

課程名稱：微處理機實習

開課系所：電子工程學系

開課學年： 114 學年度 第 2 學期



中文摘要

本專題旨在運用 Verilog 硬體描述語言與 FPGA 開發板 (Altera DE0) 控制技術，開發一套支援單人與多人的 21 點 (Blackjack) 撲克牌遊戲系統，以模擬真實賭場遊戲情境，並提升數位邏輯與軟硬體整合的實作能力。系統核心功能涵蓋遊戲模式選擇、虛擬籌碼下注、發牌與補牌機制、ACE 點數智慧轉換、多人回合切換以及自動結算模組，期望藉由完整的功能設計提升玩家遊戲體驗與硬體操作互動性。

在系統設計過程中，以 top_g21 為頂層模組建立完整的系統架構，並將功能細分為主控邏輯 (g21)、按鍵防彈跳 (btn_debounce)、七段顯示器輸出 (seg7) 以及數值解碼 (BCD) 等次模組。核心邏輯主要運用有限狀態機 (FSM) 進行流程控制，確保遊戲從模式選擇、下注到洗牌、發牌及結果顯示皆能維持順暢的狀態流轉；底層則著重於特定機制的實現，包含利用線性反饋移位暫存器 (LFSR) 生成偽隨機數進行洗牌，以及處理莊家小於 17 點自動補牌等複雜遊戲規則。同時，透過硬體模組化設計方式，使各子系統能夠彼此協作並具備擴充性，以符合後續硬體功能強化的需求。

專題成果展示出一個可於實體 DE0 開發板上完整運作的 21 點遊戲硬體系統，玩家可透過實體按鍵進行下注或換人等動作，並藉由顯示器即時掌握點數、籌碼餘額與單局勝負結果。整體而言，本系統成功整合實現了邏輯齊全、硬體介面清晰與操作流暢的特點，並具備未來延伸的潛力，包含視覺化介面 (VGA 輸出) 升級、進階賭場規則實作以及音效系統整合等。

關鍵字：21 點、FPGA (Altera DE0)、Verilog 硬體描述語言、有限狀態機 (FSM)、隨機數生成 (LFSR)

Abstract

This project aims to utilize the Verilog hardware description language and FPGA development board (Altera DE0) control technologies to develop a Blackjack card game system supporting both single-player and multiplayer modes. The goal is to simulate a real casino gaming scenario and enhance practical skills in digital logic and hardware-software integration. The core functions of the system cover game mode selection, virtual chip betting, dealing and drawing mechanisms, smart ACE point conversion, multiplayer turn switching, and an automatic settlement module. Through comprehensive functional design, we expect to improve the player's gaming experience and hardware interaction.

During the system design process, a complete system architecture was established using top_g21 as the top-level module, with functionalities subdivided into submodules such as the main control logic (g21), button debouncing (btn_debounce), seven-segment display output (seg7), and numerical decoding (BCD). The core logic primarily employs a Finite State Machine (FSM) for process control, ensuring smooth state transitions throughout the game—from mode selection and betting to shuffling, dealing, and result display. The underlying design focuses on the implementation of specific mechanisms, including the use of a Linear Feedback Shift Register (LFSR) to generate pseudo-random numbers for shuffling, as well as handling complex game rules like the automatic banker draw when points are under 17. Simultaneously, the hardware modular design approach allows the subsystems to collaborate and possess scalability, meeting the needs for future hardware functional enhancements.

The project results demonstrate a Blackjack hardware system that operates fully on the physical DE0 development board. Players can perform actions such as betting or switching turns via physical buttons, and use the displays to instantly monitor point totals, chip balances, and single-round match results. Overall, this system successfully integrates and achieves comprehensive logic, clear hardware interfaces, and smooth operations, while also possessing potential for future extensions, including visual interface (VGA output) upgrades, advanced casino rule implementations, and sound system integration.

Keywords: Blackjack, FPGA (Altera DE0), Verilog Hardware Description Language, Finite State Machine (FSM), Random Number Generation (LFSR)

目 次

一、設計目的.....	6
二、I/O (input/output)	6
三、系統架構圖.....	7
四、Finite State Machine (FSM).....	8
五、專題功能簡介.....	8
1. 遊戲模式選擇（單人/多人同樂）.....	8
2. 虛擬籌碼與下注系統.....	8
3. 雙倍下注功能（加碼機制）	8
4. 發牌與補牌機制	9
5. ACE 點數智慧轉換	9
6. 多人回合切換管理	9
7. 自動結算與派彩系統	9

8. 即時戰況顯示面板.....	9
六、未來展望.....	9
七、結論.....	10
八、參考文獻.....	10



一、設計目的

本專題旨在利用硬體描述語言 (Verilog)，於 FPGA 開發板 (Altera DE0) 上實作一款完整且具備高度互動性的「21 點 (Blackjack)」撲克牌遊戲。透過本專題，我們將數位邏輯設計理論應用於實際的硬體控制中，設計出包含有限狀態機 (FSM)、隨機數生成 (LFSR 洗牌演算法)、多工器與七段顯示器控制的綜合系統，以提供玩家真實且流暢的賭場遊戲體驗。

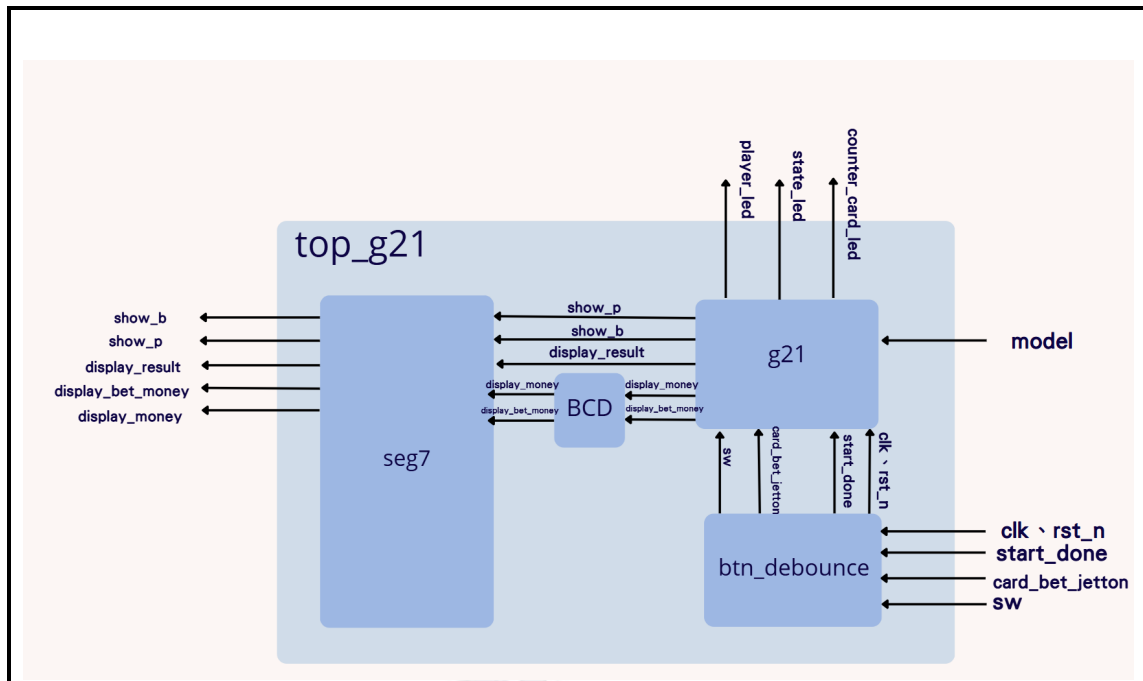
二、I/O (input/output)

本專題充分利用 DE0 開發板的周邊元件作為使用者互動介面，主要腳位對應如下：

- 輸入 (Input) :
 - clk：系統時脈。
 - rst_n (對應開關 SW9)：系統重置按鈕。
 - Model (對應開關 SW0~1)：遊戲模式選擇 (設定遊玩人數)。
 - start_done (對應按鈕 btn 0)：確認/開始鍵，用於推動遊戲狀態。
 - card_bet_jetton (對應按鈕 btn 1)：複合功能按鍵，依不同狀態作為「籌碼準備」、「下注」與「加牌」使用。
 - transform (對應按鈕 btn 2)：換人按鍵，用於多人模式下切換控制權。
- 輸出 (Output) :
 - show_p / show_b：分別紀錄並輸出玩家與莊家的當前點數。
 - display_money / display_bet_money：輸出玩家當前總資金與本次下注金額。

- **display_result**：輸出遊戲勝負結果。
- **state_led / player_led / counter_card_led**：透過 LED 燈號即時顯示目前遊戲狀態、當前操作玩家及已發送的牌數。

三、系統架構圖

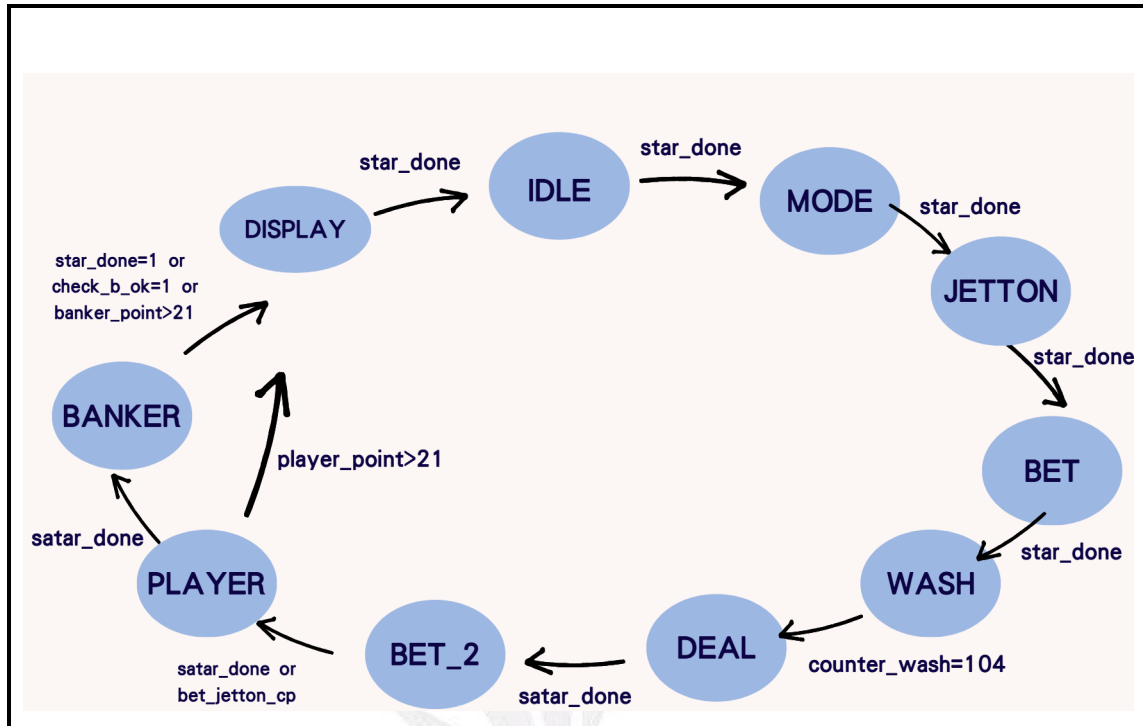


系統最上層模組為 **top_g21**，其內部主要整合了四個次模組：

1. **btn_debounce** (防彈跳模組)：負責接收外部按鈕 (**start_done**、**card_bet_jetton** 等) 的硬體訊號，過濾掉機械彈跳雜訊，確保傳送給主控模組的訊號穩定單一。
2. **g21** (主控邏輯模組)：為遊戲的核心運算大腦，內含狀態機與各項遊戲規則的邏輯判斷，並輸出包含點數、結果、金額等原始二進位資料。
3. **BCD** (二進位編碼轉換模組)：將 **g21** 模組計算出的點數與金額，轉換為適合顯示的 BCD (Binary-Coded Decimal) 格式。
4. **seg7** (七段顯示器模組)：接收 BCD 資料，驅動 DE0 開發板上的七段顯示器，將資訊可視化呈現給玩家。

四、Finite State Machine (FSM)

本系統採用有限狀態機 (Finite State Machine) 來嚴謹控制遊戲流程，確保玩家無法在錯誤的階段執行無效動作。主要狀態流轉如下：



各狀態之間的切換主要仰賴玩家按下 `start_done` 鍵確認，或由系統內部邏輯（如：洗牌 104 次完成、點數超過 21 點強制結束回合）自動觸發狀態轉移。

五、專題功能簡介

1. **遊戲模式選擇（單人/多人同樂）：**系統支援多種遊玩配置，透過指撥開關傳入 `model` 參數，可選擇：`1p`（單人）、`1b1p`（一莊一間）、`1b2p`（一莊兩間）、`1b3p`（一莊三間）等模式，最高支援 4 人同樂。
2. **虛擬籌碼與下注系統：**每位玩家在 `IDLE` 狀態時，預設獲得初始資金 100 元 (`10'd100`)。進入 `BET` 階段後，玩家每按一次下注鈕，下注金額 (`bet_money`) 便增加 10 元，同時系統設有安全機制，確保下注金額不會超過玩家擁有的總資金。
3. **雙倍下注功能（加碼機制）：**為增加遊戲刺激感，在初始發牌 (`DEAL`) 結束後設有 `BET_2` 狀態。在此階段，若玩家尚未進行過二次下注且資金充

足，可選擇將原先的下注金額直接翻倍 ($\text{bet_money} * 2$)。

4. **發牌與補牌機制**：系統具備完善的牌庫指標 (card_ptr) 管理。在發牌階段 (DEAL)，系統會輪流將前幾張牌發給玩家與莊家；進入玩家回合 (PLAYER)，玩家可自由決定是否按鈕補牌；進入莊家回合 (BANKER)，系統則強制莊家在點數小於 17 點時自動補牌 ($\text{banker_point} < 17$)，模擬真實賭場規則。
5. **ACE 點數智慧轉換**：系統內建暫存變數記錄 ACE 牌的數量 ($\text{player_ace_11} / \text{banker_ace_11}$)。當抽到數值為 11 (即 ACE) 的牌時，預設先以 11 點計算；若後續加牌導致總點數大於 21 點，系統會智慧介入，將 ACE 的點數由 11 轉換為 1，藉此防止爆牌並最大化玩家得分機會。
6. **多人回合切換管理**：在多人模式下，系統使用 player_ptr 追蹤當前玩家。當前玩家操作完畢後，需按下「換人 (transform)」按鈕，觸發 $\text{player_transform_cp}$ 訊號以切換至下一位玩家。此外，透過 player_round_done 旗標，系統可防止同一位玩家在回合交接時重複觸發動作，確保公平性。
7. **自動結算與顯示系統**：當狀態進入 DISPLAY，系統會利用迴圈依序比對所有玩家與莊家的最終點數。若玩家點數不大於 21 且大於莊家 (或莊家爆牌)，判定為贏，玩家本金增加下注金額；若小於莊家或自身爆牌，判定為輸，扣除下注金額；點數相同則視為 5 莊家獲勝。
8. **即時戰況顯示面板**：開發板上的七段顯示器作為主要資訊面板，能夠即時顯示當前的關鍵資訊：包含玩家點數、剩餘資金 (display_money)、下注金額 (display_bet_money)，以及由 display_result 轉換的單局勝負結果 (顯示 "good" 代表玩家贏、2 代表莊家贏、3 代表平手)。

六、未來展望

目前的系統已能在 DE0 開發板上穩定運行核心的 21 點邏輯，未來可朝以下方向進行擴充與升級：

1. **視覺化介面升級**：目前透過七段顯示器呈現數據，未來可結合 DE0 開發板上的 VGA 接頭，撰寫 VGA 控制器模組，將點數與撲克牌花色以

圖形化介面顯示在電腦螢幕上。

2. 進階賭場規則實作：可加入 21 點中更進階的規則，例如「分牌 (Split)」、「保險 (Insurance)」等機制，使遊戲體驗更貼近真實賭場。
3. 音效回饋系統：可整合音效模組，在發牌、籌碼下注、勝利或爆牌時加入相應的音效，提升遊戲的沉浸感。

七、結論

本專題成功透過 Verilog 硬體描述語言，將 21 點撲克牌遊戲的複雜規則（包含洗牌演算、ACE 點數切換、多人狀態控管、莊家 AI 決策與資金結算）實作於 Altera DE0 開發板上。在團隊成員明確的分工合作下（框架設計、細節討論、實戰經驗優化與 Testbench 測試驗證），系統具備極高的穩定性與可玩性。不僅驗證了我們對數位系統設計、FSM 狀態機與硬體資源分配的掌握度，更展現了將理論化為實體互動遊戲的實作能力。

八、參考文獻

1. 嘟嘟四合一桌遊牌卡. (2025, 8 月 26 日). 二十一點規則一次懂 | 點數計算、莊家規則、加倍/分牌與新手基本策略. Vocus.
<https://vocus.cc/article/68ac7233fd89780001df1ed3>
2. 大困困瓜. (2020, 3 月 7 日). LFSR: 线性反馈移位寄存器及其应用. CSDN Blog.
https://blog.csdn.net/little_cats/article/details/104488780
3. 賭賭-BetBet. (2025, 8 月 20 日). 【21 點教學】新手必看！完整規則解析＋實戰模擬 | Blackjack 入門教學 | 21 點玩法 | Blackjack | 賭場教學 | 澳門遊戲 | casino. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=7YoWYn74yeE>