

GENERAL RULES

VERSION: FEBRUARY 17TH 2022



FUTURE ENGINEERS

ADVANCED ROBOTICS
FOLLOWING CURRENT
RESEARCH TRENDS

AGE GROUP:
14-19

WRO® 2022 SELF-DRIVING CARS

本中文規則翻譯由社團法人台灣玉山機器人提供

WRO INTERNATIONAL PREMIUM PARTNER



目錄

1. 賽事資訊	3
2. 隊伍成員與組別年齡定義	4
3. 職責與隊伍份內工作	4
4. 競賽描述與規則階級	5
5. 競賽說明與競賽場地	5
6. 工程技術文件	7
7. 資格賽與決賽	8
8. 比賽規則	14
9. 計分	18
10. 車輛材料與規定	19
11. 比賽形式與規則	21
12. 競賽桌台與設備	22
13. 問題與回答	24
14. 詞彙表	25
附錄 A: 狀況說明	26
附錄 B: 全國/區域總決賽比賽地	38
附錄 C: 車輛技術文件的評估建議	39
附錄 D: 最少的機電組件	41

請注意在賽季期間，WRO 官方 Q&A 可能會對規則進行澄清或補充。答案被視為對規則的補充。

你可在透過以下連結找到 WRO 2022 Q&A: <https://wro-association.org/competition/questions-answers/>

重要提示：在全國錦標賽中使用本文件

本規則文件適用於世界各地的所有 WRO 賽事。它是國際 WRO 活動的評判基礎。對於一個國家的全國性比賽，WRO 會員國代表有權對這些國際規則進行修改，以使其適應當地情況。所有參加全國 WRO 比賽的團隊都應遵循其會員國代表提供的通用規則。

1. 賽事資訊

簡介

在 WRO 未來工程師類別中，隊伍需要專注於工程過程的所有部分。通過記錄流程和建立公開的 GitHub 資料庫獲得獎勵分數。具體的挑戰將每 3-4 年改變一次。

在汽車自動駕駛挑戰中，車輛需要在每回合隨機變化的跑酷道路上自主駕駛。

學習焦點

每個 WRO 類別和競賽都有著重的機器人學習焦點。在 WRO 未來工程師類別，學生將專注於以下領域的發展：

- 使用視覺辨識和感測器結合來調整跑酷的狀態和車輛動態。
- 使用開源硬體如市售電子組件和控制器開發可用的車輛。
- 具有不同運動部件和運動學的機器人動作規劃與控制差速驅動（例如，轉向）。
- 制定解決任務的最佳策略，包括任務解決的穩定性。
- 團隊合作、溝通、解決問題、項目管理、創造力。

對於有興趣參與此類別的隊伍，我們建立了入門指南，解釋了有關車輛要求、可能的技術解決方案和賽事更正等訊息。在這裡，學生可以開始了解如何為這場比賽設置車輛。[在此處查看入門指南！](#)

學習是最重要的一件事

WRO 希望激勵世界各地的學生學習 STEM 相關科目，我們希望學生透過比賽進行有趣的學習來發展他們的技能。這就是為什麼以下方面是我們所有競賽項目的關鍵：

- ❖ 教師、家長或其他成年人可以幫助、指導和激勵隊伍，但不允許組裝或攔寫 / 編輯程式。
- ❖ 隊伍、教練和評委接受 WRO 的指導原則和道德規範，這應該使我們所有人都體認到公平和學習如何參與競賽。
- ❖ 在比賽日，隊伍和教練應尊重裁判公平競爭的最終決定。

您可以在此處找到有關 WRO 道德規範的更多訊息：<https://wro-association.org/wp-content/uploads/2021/08/WRO-Guiding-Principles-and-Ethics-Code-2022.pdf>

2. 隊伍成員與組別年齡定義

- 2.1. 一支隊伍由 2 或 3 名學生組成。
- 2.2. 一支隊伍由 1 名教練指導。
- 2.3. 1 名隊員和 1 名教練不被視為隊伍，無法參加。
- 2.4. 一支隊伍在一個賽季中只能參加一個 WRO 類別。
- 2.5. 任何學生只能參加一個團隊。
- 2.6. 國際賽事教練的最低年齡為 18 歲。
- 2.7. 教練可以指導多支隊伍。
- 2.8. 參加此組別的學生年齡應為 14-19 歲 (2022 賽季：出生年介於 2003-2008)
- 2.9. 最大年齡限制依據參加者報名當年賽季時的年齡，而不是他/她在比賽當天的年齡。

3. 職責與隊伍份內工作

- 3.1. 隊伍應該公平競爭並尊重隊伍、教練、裁判和比賽主辦單位。通過參加 WRO 比賽，隊伍和教練接受 WRO 指導原則，該指導原則可在以下網址找到：<https://wro-association.org/wp-content/uploads/2021/08/WRO-Guiding-Principles-and-Ethics-Code-2022.pdf>
- 3.2. 每支隊伍和教練都需要簽署 WRO 道德規範。比賽主辦方將定義如何收集和簽署道德規範。
- 3.3. 車輛的結構和程式只能由隊伍完成。教練的任務是有組織地陪伴隊伍，並在遇到問題時提前提供支持，而不是自己進行機器人的組裝和編程，這適用於比賽當天和準備工作期間。
- 3.4. 於比賽進行時的區域，隊伍不得與比賽以外的人進行任何形式的交流。如果需要交流，裁判可以允許團隊成員在裁判的監督下與其他人交流。
- 3.5. 隊伍成員不得攜帶和使用手機或任何其他通訊設備進入比賽區域。
- 3.6. 嚴禁破壞或篡改比賽場地/桌台、材料或其他隊伍車輛。
- 3.7. 不允許使用 (a.) 與對外銷售或發布的解決方案過於相似或完全相同的解決方案，或 (b.) 與比賽中的其他解決方案相同或過於相似，或顯然不是隊伍自行完成的車輛，這也包括來自同一機構和/或國家團隊的解決方案。由於商品化的車輛/套件可以在比賽中使用，因此不會檢查車輛的結構是否存在抄襲。
- 3.8. 如果有違反規則 3.3 和 3.7 的疑慮，該隊伍將服從調查和 3.9 中提到的任何後果都可以適用。在此情況下，規則 3.9.4 可能被採用並且不允許該團隊進入下一場比賽，即使該隊伍有機會以可能不是來自他們自己的解決方案贏得比賽。

- 3.9. 如果本文提到的任何規則被破壞或違反，裁判可以決定執行以下一項或多項判決。在此之前，可能會採訪隊伍或個別隊員，以了解有關可能違反規則的更多訊息。這可能包括有關車輛或程式的問題。
- 3.9.1. 隊伍可能不允許參加一回合或更多回合比賽。
 - 3.9.2. 隊伍在一回合或多回合中得分最多可降低 50%。
 - 3.9.3. 隊伍可能沒有資格參加下一輪比賽。
 - 3.9.4. 隊伍可能沒有資格參加全國賽/國際決賽。
 - 3.9.5. 隊伍可能會立即被完全取消比賽資格。

4. 競賽描述與規則階級

- 4.1. 每年，WRO 都會針對特定年齡組發布新的比賽任務和該類別新版本的通則。這些規則是所有國際 WRO 賽事的基礎。
- 4.2. 在賽季中，WRO 可能會發布額外的問答 (Q&A) 澄清、詳述或重新定義比賽和通則中的規則。參賽隊伍應在賽前閱讀這些問答。
- 4.3. 比賽規則、通則和問答可能因會員國代表因應當地情況進行調整而異。團隊需要了解適用於其國家/地區的規則。對於任何國際 WRO 活動，只有 WRO 發布的訊息才是有效的。有資格參加任何國際 WRO 賽事的隊伍應了解其當地規則可能存在的差異。
- 4.4. 在比賽日，以下規則遵循順序為：
 - 4.4.1. 通則為該類比賽的規則基礎。
 - 4.4.2. 問答 (Q&As) 權重高於比賽規則和通則。
 - 4.4.3. 比賽當天的裁判對任何決定都有最終決定權。

5. 競賽說明與競賽場地

本汽車自動駕駛挑戰賽是採用「計分計時競賽」，賽道上不會同時有多輛汽車。每次比賽只有一個隊伍及一輛汽車，由汽車完全自動駕駛依規定的圈數 / 任務，來達到最佳分數及時間。汽車必須遵守相關規範，如有交通標誌規範，必須行駛規定的車道。交通標誌是紅色的柱子，汽車必須行駛柱子之右側車道；交通標誌是綠色的柱子，汽車必須行駛柱子之左側車道。進行比賽，每一回合賽車必須行駛三圈，汽車不可移動或撞倒交通標誌。汽車必須沿著規定方向行駛，方向將現場隨機決定（順時針或逆時針）。比賽開始前，將隨機決定汽車的起始位置以及交通標誌的數量和位置。

下圖顯示了含有比賽物件的競賽場地。

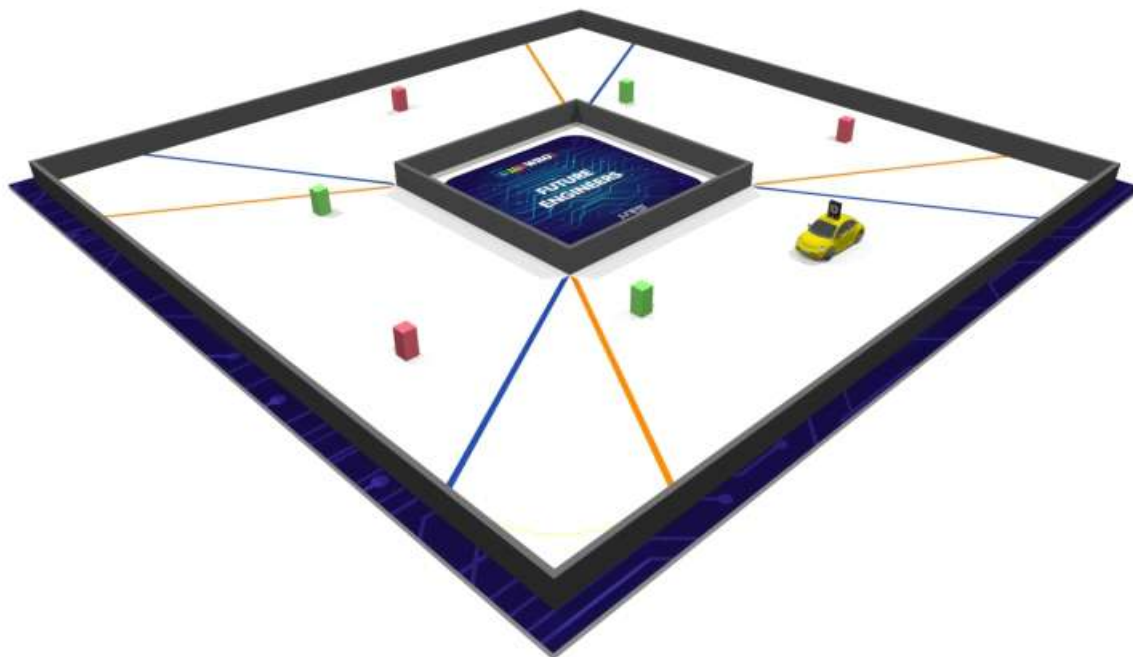


圖 1. 競賽場地及物件

比賽場地由內牆及外牆圍出一個賽道，賽道上可能設置交通標誌（彩色柱狀障礙物表示）。

賽道由 8 個區塊組成：4 個轉彎區（紅色虛線）及 4 個直線區（藍色虛線）。

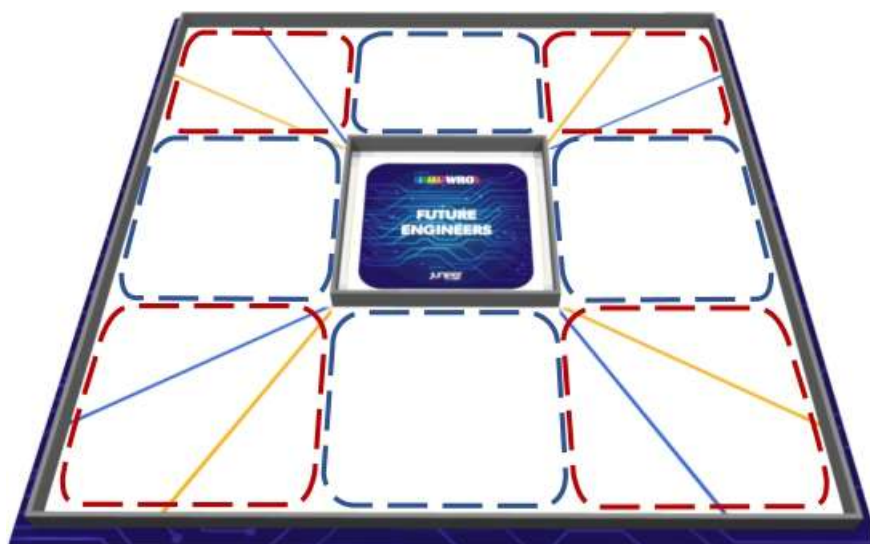


圖 2. 競賽場地區域

每一個直線區分成 6 小格，是汽車的**起始位置**。如下圖 6 個小圓圈中有 4 個虛線 T 字型及 2 個 X 字型，是放置交通標誌，稱之為「交通標誌位置」。

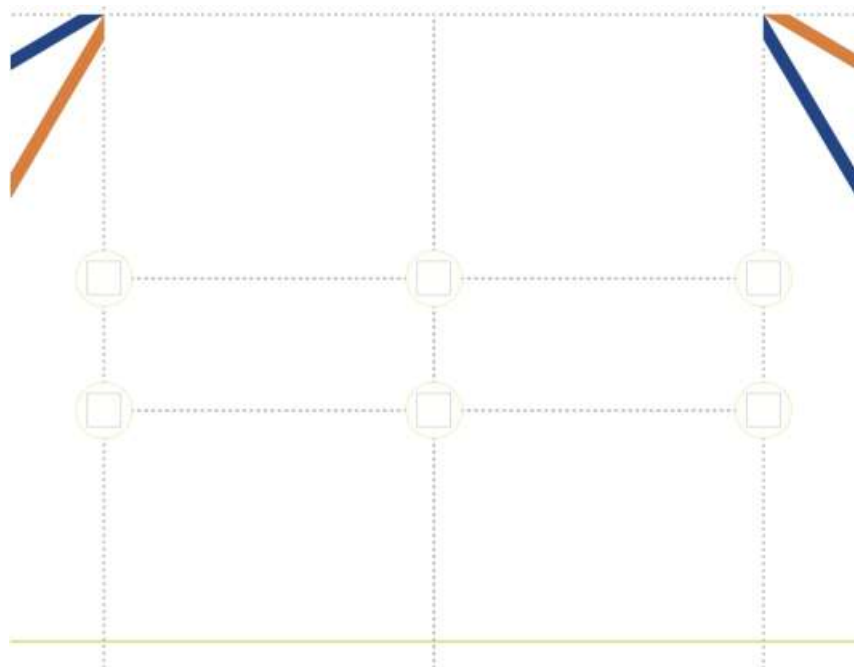


圖 3. 起始位置及交通標誌位置定位點

6. 工程技術文件

真正的工程學是學習、創造新的解決方案並與社區分享並帶來進步發展。除了汽車的設計、編輯程式之外，團隊還需將技術文件傳至規定的網址，並介紹工程進度及最終結果。

每個團隊必須提供以下內容：

- 兩張團隊照片：一張正式的照片和一張與所有團隊成員一起搞笑的照片。
- 汽車的 6 個面照片（四個側面，車頂和底部）。
- YouTube 連結，呈現隊伍汽車自動駕駛的影片（網址是公開可連結的），長度至少要 30 秒。
- 汽車電機組件的示意圖（檔案為 JPEG、PNG 或 PDF 形式）。舉例說明汽車中使用的所有零件（電子和電機），及這些零組件如何相互作用。

- 將編輯好的程式及參賽相關文件資訊連結到 GitHub 公共雲端儲存庫並取得代碼，該儲存庫可能還包含以下文件：
 - 使用 3D 列印機或雷射切割機或 CNC 機器生產的零件相關資訊及說明。
 - 第一次提交時間，早於比賽開始前 2 個月-至少完成上述進度 1/5 以上。
 - 第二次提交時間，早於比賽開始前 1 個月。
 - 第三次提交時間，早於比賽開始前 1 天。

該儲存庫必須包含 README.md 文件，該文件帶有所設計解決方案的英文簡短說明（不少於 5000 個字）。描述的目的是闡明代碼包含哪些模組，它們與汽車的機電組件有什麼關係，以及如何將代碼建立 / 編輯 / 上傳到汽車的控制器的過程是什麼。GitHub 公共雲端儲存庫格式可參考以下連結：<https://github.com/World-Robot-Olympiad-Association/wro2022-fe-template>。

提交工程技術文件可獲得獎勵分數。（台灣賽區不採計分數但仍須提供）

7. 資格賽與決賽

比賽內容將以兩個方式進行：「資格賽」及「決賽」。國際賽有 2 回合的資格賽及 2 回合的決賽。資格賽，每一回合開始前將由大會採隨機抽籤（例如擲硬幣）決定回合方向。決賽也是用一樣的方式來決定汽車行駛方向，比賽期間汽車的移動方向稱為「回合行駛方向」。

資格賽

在資格賽中，賽道上不會放置交通標誌。

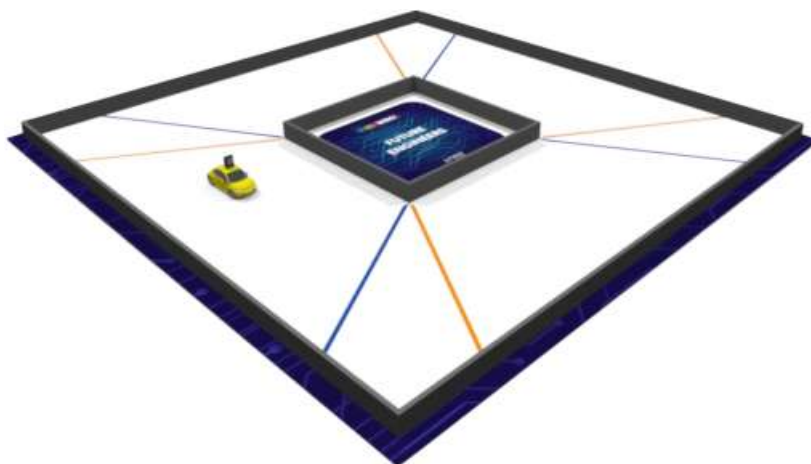


圖 4. 資格賽的場地圖

賽道距離為 1000 公釐或 600 公釐（國際決賽賽道 ± 100 公釐）。

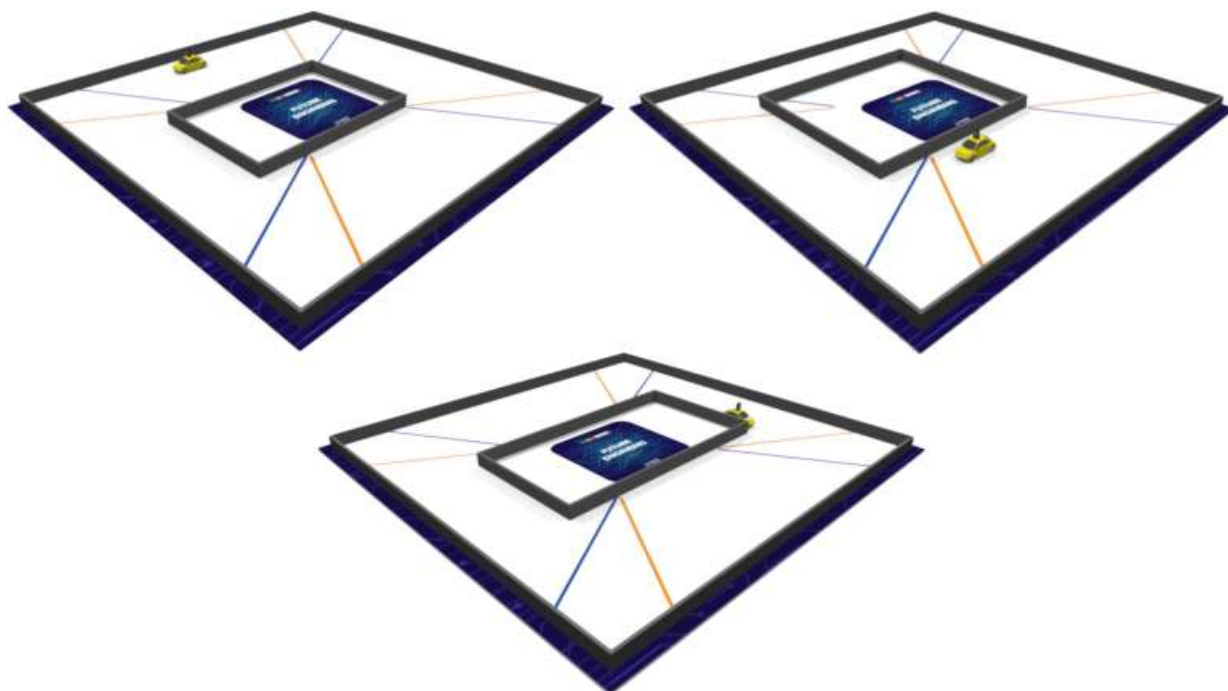


圖 5. 資格賽場地圖範例

確定「**回合行駛方向**」之後，將使用如下步驟決定汽車的**起始區**及**賽道**：

1. 步驟一：擲硬幣兩次決定從哪個直線區作為汽車的起始區。如下圖顯示硬幣可能出現的組合來決定起始區。（組合例如：「**頭像-頭像**」、「**頭像-字**」、「**字-頭像**」或「**字-字**」）。

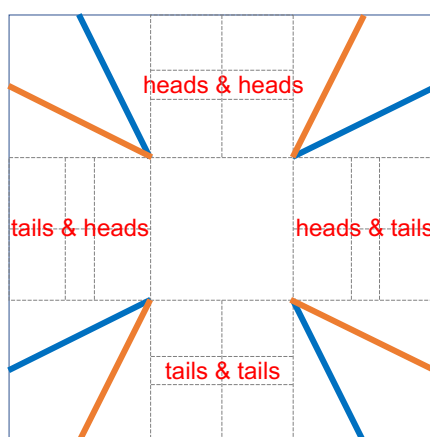


圖 6. 決定起始區的組合

2. 步驟二：起始區確定完之後，再依序擲 4 次硬幣，第一次擲硬幣的結果決定**起始區**的**賽道寬窄**，第二次擲硬幣將決定起始區下一區賽道的寬窄，**順時針方向**依此類推，4 次擲完可決定**內牆**放置的位置。

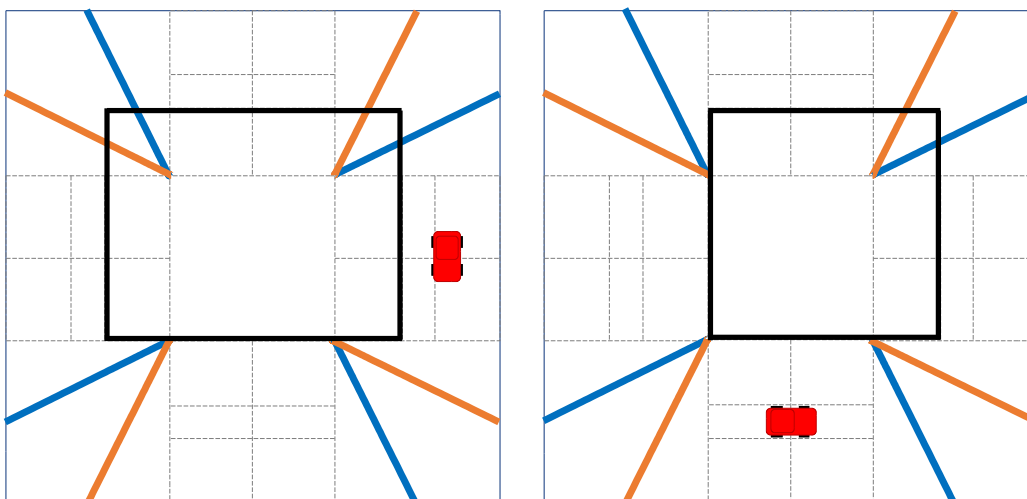


圖 7. 擲硬幣 4 次，如左圖賽道代表“字(窄)-頭像(寬)-字(窄)-字(窄)”；

如右圖賽道代表“頭像(寬)-頭像(寬)-字(窄)-字(窄)”

- 步驟三：用骰子的數字來決定汽車在起始區域的**起始位置**，每區分 6 小格，如下圖表示左上格代號「1」右下格代號「6」，如果起始位置在內圍牆裡面，則重新擲骰子直到汽車的起始位置在賽道上（兩個圍牆之間）。



圖 8. 骰子號碼對應的起始位置

以上步驟流程將在每場資格賽回合與回合之間執行，因此每回合汽車的起始位置及賽道之間距離，會因為隨機結果而有所不同。

決賽

在決賽回合，賽道中將設置紅色及綠色支柱，視為**交通標誌**。賽道之間的距離將維持 1000 ± 100 公釐。

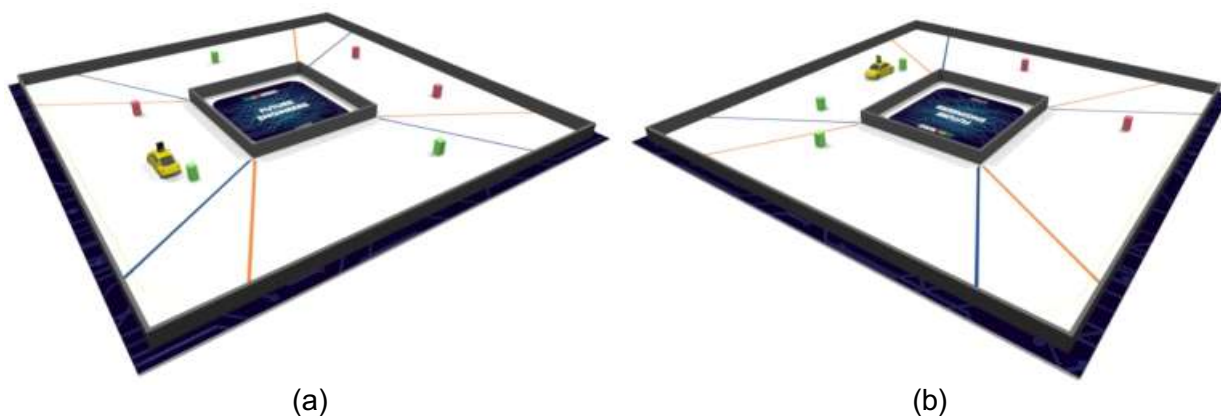


圖 9. 決賽場地範例

下列步驟流程將決定汽車及交通標誌的位置（假設回合行駛方向已經確定）：

1. 步驟一：擲兩次硬幣確定起始交通標誌的區域。如下圖顯示硬幣可能出現的組合來決定起始交通標誌。（組合例如：「頭像-頭像」、「頭像-字」、「字-頭像」或「字-字」）。

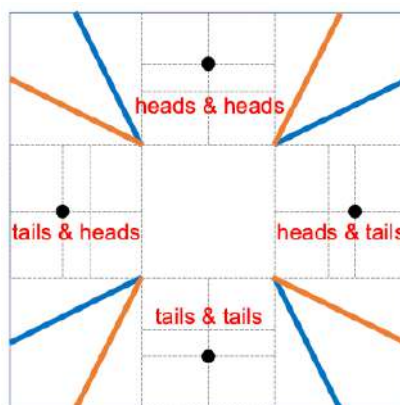


圖 10. 決定起始交通標誌的組合

2. 步驟二：擲一次硬幣確定步驟一決定的交通標誌顏色。頭像表示綠色標誌，字代表紅色標誌。
3. 步驟三：準備如圖 11 展示的 36 張卡片，根據步驟二抽籤結果（綠色標誌移除 9 號卡；紅色標誌移除 10 號卡）移除一張卡片，將剩餘的 35 張卡片放入不透明的盒子（或袋子中）。隨機抽出的第一張卡片，將決定上一步驟確定區域的下一個直線區域的的標誌形式。卡片上黑色粗線表示內圍牆，抽出的卡片不再放回盒子內。隨機抽出第二張卡片，將決定交通標誌在下一個直線區域的對應形式。順時針方向依此類推來完成剩下的位置。

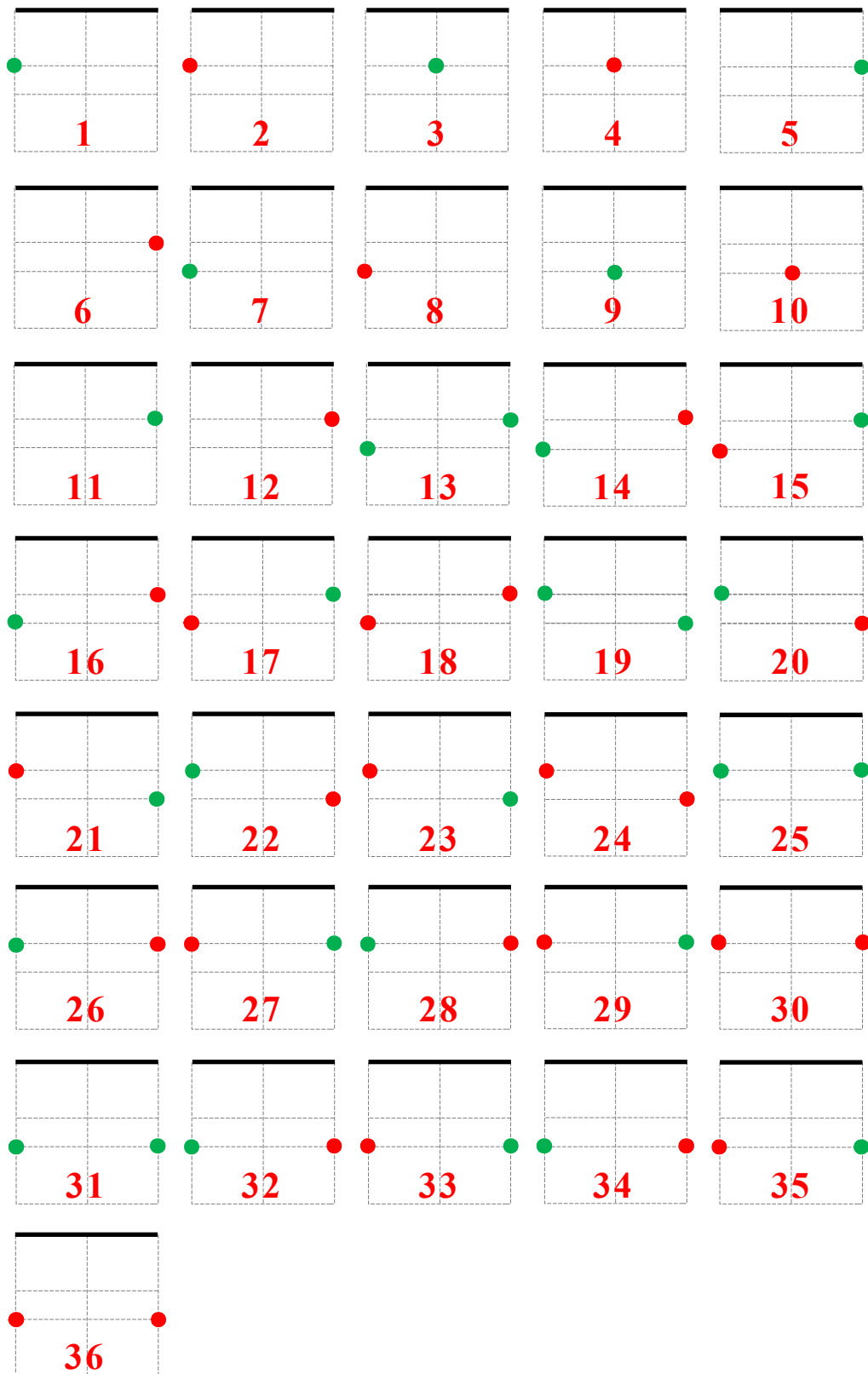


圖 11. 交通標誌位置 (36 張卡片)

例如·圖 12 決賽場地範例(a) 在第一步驟擲出頭像-頭像，再依序抽出 15、1、23 的卡片。

例如·圖 12 決賽場地範例(b) 在第一步驟擲出頭像-字，再依序抽出 33、21、10 的卡片。

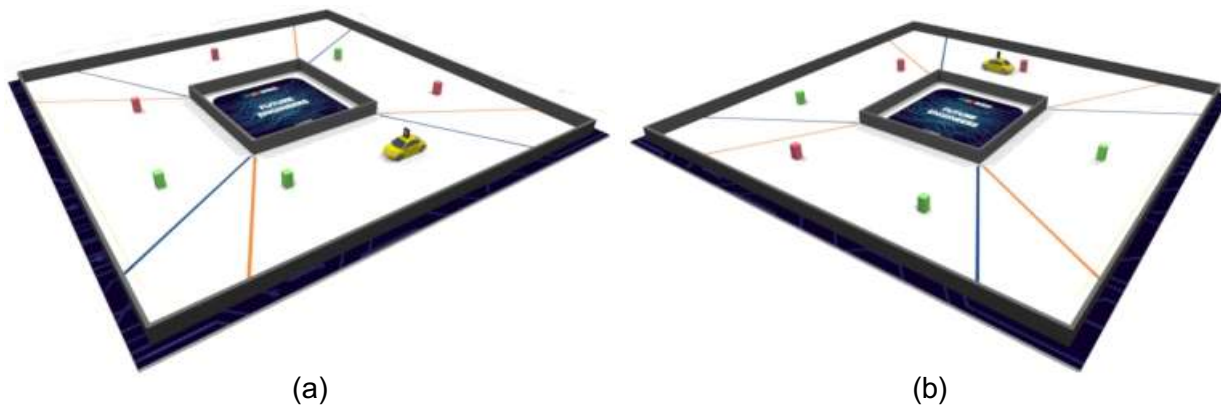


圖 12. 決賽的交通標誌位置範例

4. 步驟四：擲兩次硬幣確定汽車的起始區。(此步驟與資格賽步驟一相同。)
5. 步驟五：車輛的起始位置是從起始區中間的兩個區域中選擇。從車輛前方不包含交通標誌的區域出發。車輛後方的交通標誌可能出現的情況。

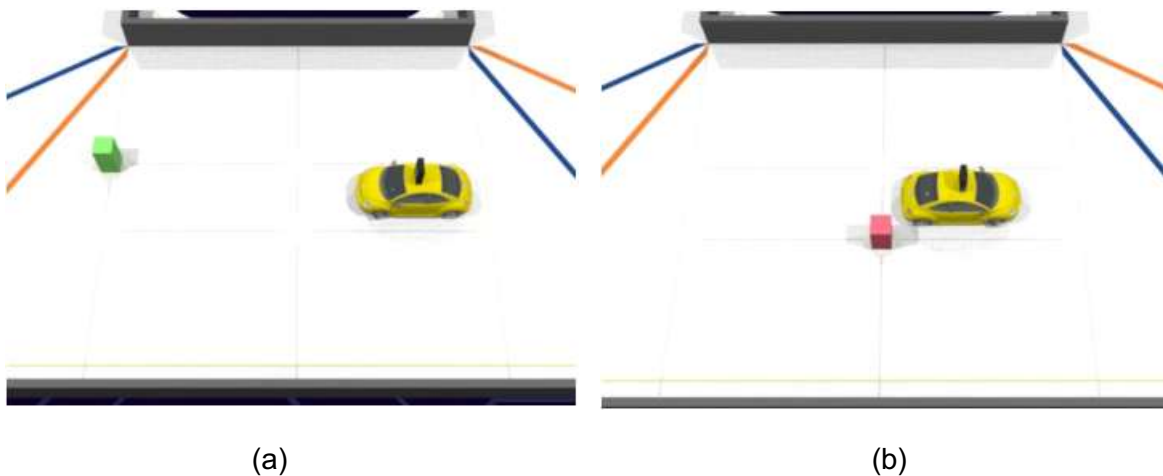


圖 13. 根據障礙物位置選擇車輛起始位置。

範例 (a) 回合行駛方向為順時針，範例 (b) 回合行駛方向為逆時針。

8. 比賽規則

回合時間

- 8.1. 資格賽每回合時間 3 分鐘。
- 8.2. 決賽每回合時間 3 分鐘。

每回合開始之前

- 8.3. 隨機決定回合行駛方向。
- 8.4. 隨機決定汽車起始位置及場地配置。
- 8.5. 所有隊伍在同一個回合中，都使用相同的回合行駛方向、汽車起始位置及場地配置。

Match Start

- 8.6. 汽車放置於起始區且**完全關機**。
- 8.7. 汽車必須在規定的起始位置，且正投影須完全在規定的格子內。
- 8.8. 必須對車輛進行定向，轉向的兩個前輪需比其他兩個更傾向下一個轉角部分。
- 8.9. 可進行物理調整，但不允許通過改變車輛零件的位置或方向或在車輛上進行任何感測器校準將數據輸入程式。經查驗屬實，將被取消該場比賽的資格。
- 8.10. 打開車輛電源開關。僅允許至多兩個開關。
- 8.11. 讓車輛應處於等待狀態。車輛只允許有一個啟動按鈕，按鈕可以在主控制器上或單獨安裝。
- 8.12. 裁判會口頭倒數「3 2 1，開始」，並且在「開」字同時按碼表，比賽開始計時。
- 8.13. 聽到裁判倒數「3 2 1，開始」的「開」字時按壓按鈕，讓車輛出發。

脫落的零件

- 8.14. 比賽期間，汽車不允許在比賽場地內留下任何零件或標記（如油漆）。如汽車違反了此規則，比賽將被停止，汽車必須由參賽隊員停止，分數將以零分計算，回合時間記為最大值。若裁判懷疑有這種情況，裁判有權檢查隊伍的程式碼。

每回合比賽中

- 8.15. 汽車必須依回合開始前抽籤決定的方向行駛。
- 8.16. 汽車大小不得超過 300x200 公釐，高度不可超過 300 公釐。
- 8.17. 汽車不允許移動圍牆（當圍牆不是固定時）。汽車若違反此規範，裁判將會請團隊一名隊員攔下汽車並將其停止，比賽分數為零分，時間記最大值。
- 8.18. 當汽車遇到紅色的交通標誌，必須從右側通過（如下圖 14 中的 (a)）；當汽車遇到綠色的交通標誌，必須從左側通過（如下圖 14 中的 (b)）。

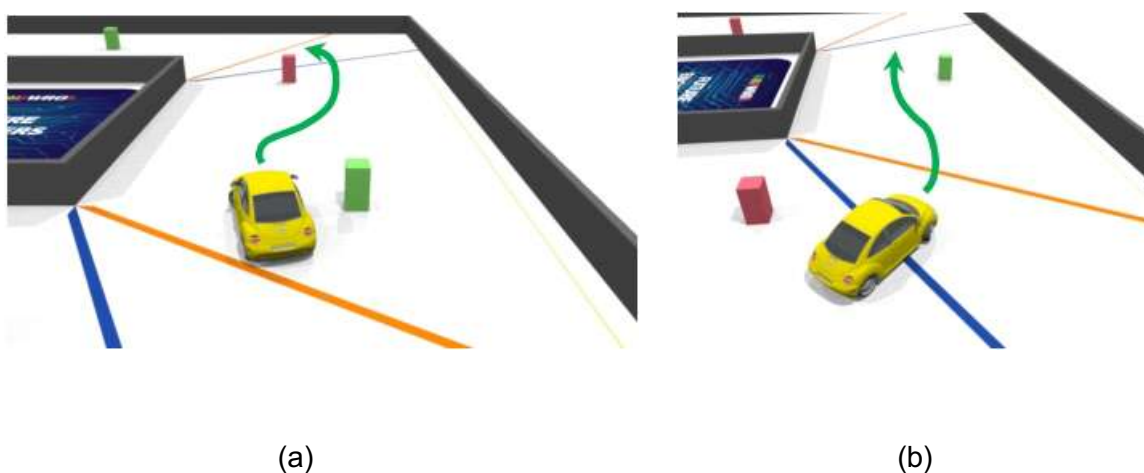


圖 14. 通過交通標誌的規範

- 8.19. 允許車輛移動或撞倒交通標誌（彩色柱子），但交通標誌的正投影任何部位超出規範的圓圈，則認為該交通標誌已從初始位置移開或被撞倒。關於詳細訊息，請參考附錄 A，第 1 節。
- 8.20. 允許汽車在兩個區域朝反方向行駛：當下區域及與當下相鄰的區域。關於詳細訊息，請參考附錄說明。
- 8.21. 汽車必須回到起始區，以獲取更多的積分。備註：一旦汽車部分離開起始區，該區也將成為結束區。

- 8.22. 每回合隊伍將有一次機會可以請求維修汽車：隊伍需將汽車從場地中取出，並對其機械或電子零件做維修處理，完成修復後再放回取出區域的賽道中央位置，在這過程比賽時間仍然進行中不停止秒數。汽車停止可能是因為電子 / 機械問題或汽車撞到圍牆被卡住，因此當汽車停止時，隊伍才可以請求取得維修機會。

以下狀況將不授予維修機會：

- (1) 行駛中的汽車 - 定義汽車任何部位 5 秒內移動 50 公釐。
- (2) 汽車已開始行駛第三圈 (在最後一圈之前完全通過轉彎區域) 。

維修時不允許對汽車的任何控制器輸入程式或許輸入任何數據，違反此規定之隊伍將取消比賽資格：本場比賽分數將以零分計算，時間將登記為最大值。

比賽回合結束

- 8.23. 若發生以下情況，將結束回合比賽，且停止比賽時間：

8.23.1. 比賽時間到 (3 分鐘) 。

8.23.2. 汽車跑完三圈之後，完全停止在結束區，且正投影完全在此區域內。關於詳細訊息，請參考附錄 A，第 2 節。

備註 1：汽車必須自動停在結束區。如果團隊使用以下描述之一方是迫使結束比賽，則將不視為汽車自動停止在結束區。

備註 2：為了證明在結束區完全停止，汽車抵達規定區域 15 秒後不可繼續行駛。當汽車跑完三圈或回合結束時持續動作，導致裁判無法確定汽車是否 " 完全停止 " 在結束區，裁判將有權利不給予該隊伍停止在結束區的積分。

8.23.3. 汽車跑完三圈之後，尚未停止仍持續前進，並且正投影通過了結束區。詳細訊息請參考附錄 A，第 3 節。

8.23.4. 任一個交通標誌的投影完全在規範圓圈之外。詳細訊息請參考附錄 A，第 1 節。

8.23.5. 汽車朝反方向行駛區域之判定方法。詳細訊息請參考附錄 A，第 4 節。

8.23.6. 汽車用錯誤的方向通過交通標誌之判定方法。詳細訊息請參考附錄 A，第 5 節。

8.23.7. 車輛大小超過規範限制。

8.23.8. 競賽過程中，參賽隊伍尚未經過裁判允許，擅自觸碰汽車進行維修。

8.23.9. 競賽過程中，參賽隊伍尚未經過裁判允許，觸碰場地、底圖或圍牆。

- 8.23.10. 競賽過程中，參賽隊伍接觸到比賽道具。
- 8.23.11. 比賽的汽車跑出原本規定的賽道（移動圍牆）。
- 8.23.12. 比賽的汽車或參賽隊伍損壞場地或比賽道具。
- 8.24. 切記，團隊若執行上述的任一個規範，比賽將停止不再繼續。
- 8.25. 裁判會依據規則及公平性對比賽做出判決並擁有最終決定權，如果在任務過程中有任何不確定性，裁判將以較不利於隊伍的決定作為最終判決。

9. 計分

- 9.1. 分數將於每回合結束時計算。
- 9.2. 每回合最高分數為：
- 9.2.1. 資格賽單一回合總分 31 分 (1.1 + 1.2 + 1.3)
- 9.2.2. 決賽單一回合總分 39 分 (1.1 + 1.2 + 1.3 + 1.4 或 1.5)
- 9.2.3. 技術文件 10 分 (台灣賽區不採計)

	規定	積分	總分
1.	自動駕駛分數		
1.1.	汽車依規定的回合行駛方向行進，每經過直線區將給予對應的積分。從起始區位置開始算，結束區的停止位置及其後的位置皆不在此積分內。	1	24
1.2.	汽車行駛完整圈數。汽車沿著比賽規定的方向成功通過 8 個區域，起始區域包含在第一圈的 8 個區域中。圈數的定義：汽車完全離開最後一個轉彎區。只要依規定方向行駛，汽車本體方向不限制 (如移動時，車頭在後車尾在前) 亦可獲該積分。	1	3
1.3.	三圈結束後，汽車完全停止在結束區。	4	4
	1.4 / 1.5 僅於決賽回合採計分數		
1.4.	汽車完成三圈之前，比賽已經停止，並且在汽車經過的賽道上，交通標誌沒有被移動或被撞倒。	4	4
	或		
1.5.	三圈結束後，交通標誌沒有被移動或被撞倒。	8	8
1.6.	團隊因設備無法正常運作，將設備從場地移出維修，即使沒有維修成功。	該回合總積分 / 2	
2.	技術文件分數 < 正式賽及世界賽須提交 >		
2.1.	團隊的照片 (一張正式的合照照片；一張團隊隊員一起搞笑的照片)	1	1
2.2.	汽車本體的 6 個方向照片 (4 個側面、頂部、底部)	1	1
2.3.	YouTube 的連結呈現團隊作品 (30 秒以上的汽車自動駕駛影片)	2	2
2.4.	汽車的電機組件示意圖	4	4
2.5.	GitHub 網站提供的代碼	2	2

- 9.3. 比賽結束時，裁判的碼表時間將被登記下來，將用於作為排序的一個依據。決賽中，每回合隊伍的時間將是兩個碼表計時的平均值。當參賽隊伍被取消比賽資格，該比賽時間將登記為 3 分鐘。
- 9.4. 比賽結束時由裁判計算得分，團隊確認分數無異議後於記分表簽名。
- 9.5. 在資格賽的排序，將以「最佳回合分數→次佳回合分數→最佳回合時間→次佳回合時間」為優先晉級決賽。

- 9.6. 晉級決賽可能會有名額限制，如果有則會在比賽日公佈。
- 9.7. 隊伍比賽的最終排名，將以「積分總合（決賽最佳回合分數 + 技術文件分數）」排序；若兩隊最佳積分總和與次佳積分總和皆相同，則以最短時間排序，最佳回合時間→次佳回合時間。
- 9.8. 若兩隊仍平手，將以下列指標排名（列表中的第一項至最後一項依序為較高名次至較低名次）：
 - 9.8.1. 資格賽最佳回合分數 + 決賽最佳回合分數 + 技術文件分數的積分總和
 - 9.8.2. 決賽最佳回合分數
 - 9.8.3. 決賽最佳回合時間
 - 9.8.4. 決賽次佳回合分數
 - 9.8.5. 決賽次佳回合時間
 - 9.8.6. 技術文件分數
 - 9.8.7. 資格賽最佳回合分數
 - 9.8.8. 資格賽次佳回合分數
 - 9.8.9. 資格賽最佳回合時間
 - 9.8.10. 資格賽次佳回合時間

10. 車輛材料與規定

- 10.1. 汽車尺寸不允許超過 300x200 公釐，高度不允許超過 300 公釐。
- 10.2. 汽車的重量不允許超過 1.5 公斤。
- 10.3. 汽車必須是帶有一個驅動馬達和一個任意類型的轉向致動器的 4 輪車。它必須是前輪驅動 (https://en.wikipedia.org/wiki/Front-wheel_drive)、後輪驅動 (https://en.wikipedia.org/wiki/Rear-wheel_drive) 或四輪驅動 (https://en.wikipedia.org/wiki/Four-wheel_drive)。參賽隊伍不允許使用差動輪型汽車 (https://en.wikipedia.org/wiki/Differential_wheeled_robot)，使用此設計汽車之隊伍將被取消比賽資格。
- 10.4. 汽車不得使用任何類型的全向輪、萬向輪、腳輪或球型輪。
- 10.5. 汽車必須具有自主性，並自行完成「任務」。汽車行駛時，不允許使用任何有線或無線設備控制之。違反此規則之隊伍將被取消比賽資格。
- 10.6. 競賽過程中，不允許參賽者對行進中的汽車進行干擾或協助。包括比賽中不允許對汽車提供影像、音頻或將任何數據輸入汽車。違反此規則之隊伍將被取消資格。

- 10.7. 用於汽車的控制可以是微電腦(SBC) (https://en.wikipedia.org/wiki/Single-board_computer) or 或微控制(制)器(SBM) (https://en.wikipedia.org/wiki/Single-board_microcontroller)，品牌不限。
- 10.8. 允許汽車有一個或多個微電腦(SBC) / 微控制(制)器(SBM)。
- 10.9. 在比賽過程中，參賽隊伍的汽車不允許使用任何無線射頻 (RF)、藍芽 (Bluetooth)、無線網路 (Wi-Fi) 或任何無線相關種類的通訊設備，如果這些通訊功能是控制器內建的，請務必將此功能關閉。裁判有權利檢查汽車，確保隊伍已經關閉這些通訊功能。
- 10.10. 團隊可以使用任何感測器，品牌或數量不限制。視訊攝影機在此賽事屬於感測器的一種。
- 10.11. 團隊可以使用任何馬達及伺服馬達 – 馬達的品牌及數量無限制。
- 10.12. 團隊可以使用任何電子零件 (單一或整組) – 對於零件類型，廠牌無限制。
- 10.13. 團隊可以使用任何液壓、氣壓設備或電池閥。
- 10.14. 任何品牌電池均可使用，數量不限制。
- 10.15. 汽車電控零件，必須使用有絕緣層包覆的線材連接，僅用金屬導線連接是不允許的。
- 10.16. 不限制團隊使用任何塑膠料 / 木材 / 金屬切割而成的成品，例如 3 D 列印的零件、木製零件或 CNC 車床製作的零件等。
- 10.17. 汽車的製作可以使用任何材料包或市售的套裝包皆不限制。
- 10.18. 團隊可以使用電工膠帶，鬆緊帶，任何形式的束線帶等，也允許使用黏著劑黏合材料。
- 10.19. 團隊應攜帶足夠的設備零件，如果發生任何設備故障或損毀，主辦單位不提供任何維護或更換。
- 10.20. 汽車可以預先組裝好。
- 10.21. 汽車所使用的程式不限制，任何能編輯汽車控制器的軟體皆可使用。
- 10.22. 參賽隊伍可將程式預先編輯好。
- 10.23. 參賽隊伍應該自行準備攜帶比賽當天可能會用到的設備、軟體、筆記型電腦、延長線及相關文件。
- 10.24. 比賽當天僅允許參賽隊伍使用一個汽車參賽，不允許攜帶備用汽車。

11. 比賽形式與規則

比賽

本文中將說明解釋如何在國際賽中進行該比賽，各國授權之主辦單位可依以下流程作為賽事參考。如果有尚未提到的流程、時間、細節，將由各國授權之主辦單位決定。

- 11.1. 比賽包含多個回合及設備組裝測試時間，在設備組裝測試時間之後至回合比賽開始之前，將會安排檢查隊伍的汽車是否符合比賽規範。
- 11.2. 參賽隊伍在組裝測試時間必須在大會規定的區域位置調整測試汽車，直到組裝測試時間停止，隊伍則需要將汽車放到指定的檢錄區。
- 11.3. 比賽當天，第一回合的組裝測試時間為 60 分鐘。
- 11.4. 在組裝回合開始之前，參賽隊伍不允許觸碰比賽場地及道具。
- 11.5. 在組裝測試時間，參賽選手可以在自己的位置進行練習、或者攜帶調整好的汽車在練習場地邊排隊等待練習、或者可以在遊戲場上進行測量，但不得干擾其他團隊的練習。允許團隊更改程式或對汽車的機械進行調整拆裝。
- 11.6. 組裝回合時間結束後，所有參賽隊伍汽車必須放到指定的檢錄區，準備進行汽車檢錄。所有的汽車控制器電源必須關閉。在這期間，未經裁判允許，隊伍不可對汽車進行任何修改、輸入程式參數等。
- 11.7. 通過檢錄的汽車才允許下場比賽。檢查包含汽車材料、結構設計等，都須符合上述的規範。
- 11.8. 尚未通過檢錄的隊伍，在檢錄階段僅有一次 3 分鐘的修改時間，未通過檢錄的隊伍需將修改的材料或相關器具帶至檢錄區，由裁判統一計時 3 分鐘給予檢錄不合格之隊伍修改汽車。
- 11.9. 修改過後的汽車，若仍無法通過檢錄，該回合不允許下場比賽。
- 11.10. 當團隊下場比賽時，請盡速準備且時間請勿超過 90 秒，超過的時間將會占用到比賽的 3 分鐘，意味著如果隊伍還沒準備好，但時間一到 90 秒，裁判將會倒數並按碼表計時。

12. 競賽桌台與設備

比賽桌台與場地

- 12.1. 場地底圖尺寸 3200 x 3200 公釐 (+/- 5 公釐)。底圖中內部的正方形賽道尺寸是 3000 x 3000 公釐 (+/- 5 公釐)。
- 12.2. 賽道的主要顏色是白色。
- 12.3. 賽道被高度 100 公釐的外牆包圍著。
- 12.4. 外圍牆的內部 (朝賽道的方向) 顏色是黑色。外圍牆外部顏色尚未定義 (將由各國主辦單位決定)。
- 12.5. 場地內部被高度 100 公釐的內牆包圍著。

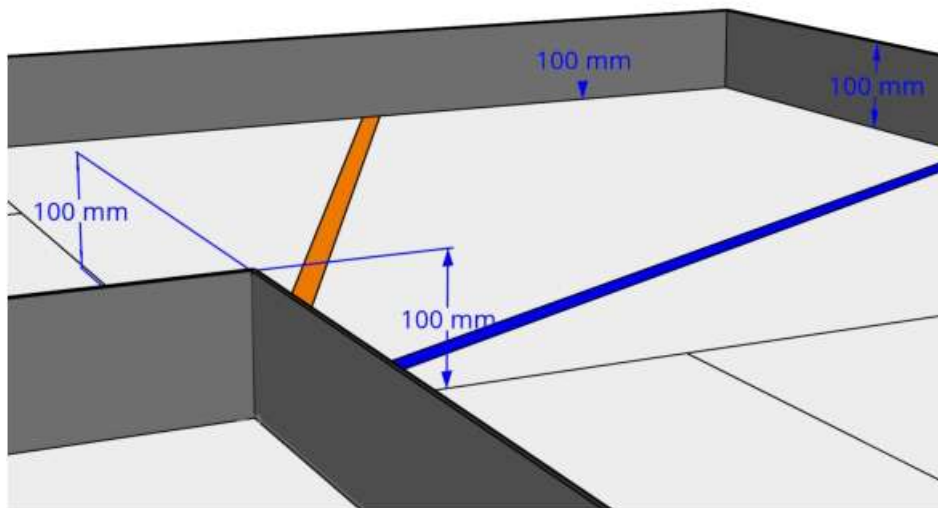


圖 15.內圍牆及外圍牆的高度尺寸

- 12.6. 內牆的外部 (朝賽道的方向)、外牆的內部 (朝賽道的方向)、及牆頂邊緣的顏色都是黑色。
- 12.7. 圍牆的厚度未定義。(將由各國主辦單位決定)
- 12.8. 外牆和內牆之間的距離將取決於上述方式設置。
- 12.9. 賽道上有橙色和藍色的線條。線的厚度約 20 公釐。橙色線顏色為印刷四分色模式 CMYK (0, 60, 100, 0)。藍色線則為 CMYK (100, 80, 0, 0)。
- 12.10. 場上有約為 1 公釐的虛線來限制汽車的起始區。虛線的顏色為 CMYK (0 0 0 30)。
- 12.11. 每個起始區的起始位置大小 200 x 500 公釐。
- 12.12. 場上正方形是交通標誌位置。正方形的線粗 1 公釐，線的顏色為 CMYK (0 0 0 30)。
- 12.13. 每個交通標誌的位置為 50x50 公釐。
- 12.14. 交通標誌位置周圍圓的線粗是 0.5 公釐，此圓是判斷交通標誌是否被移動。線條的顏色是 CMYK (20 0 100 0)。
- 12.15. 圓的直徑為 85 公釐。

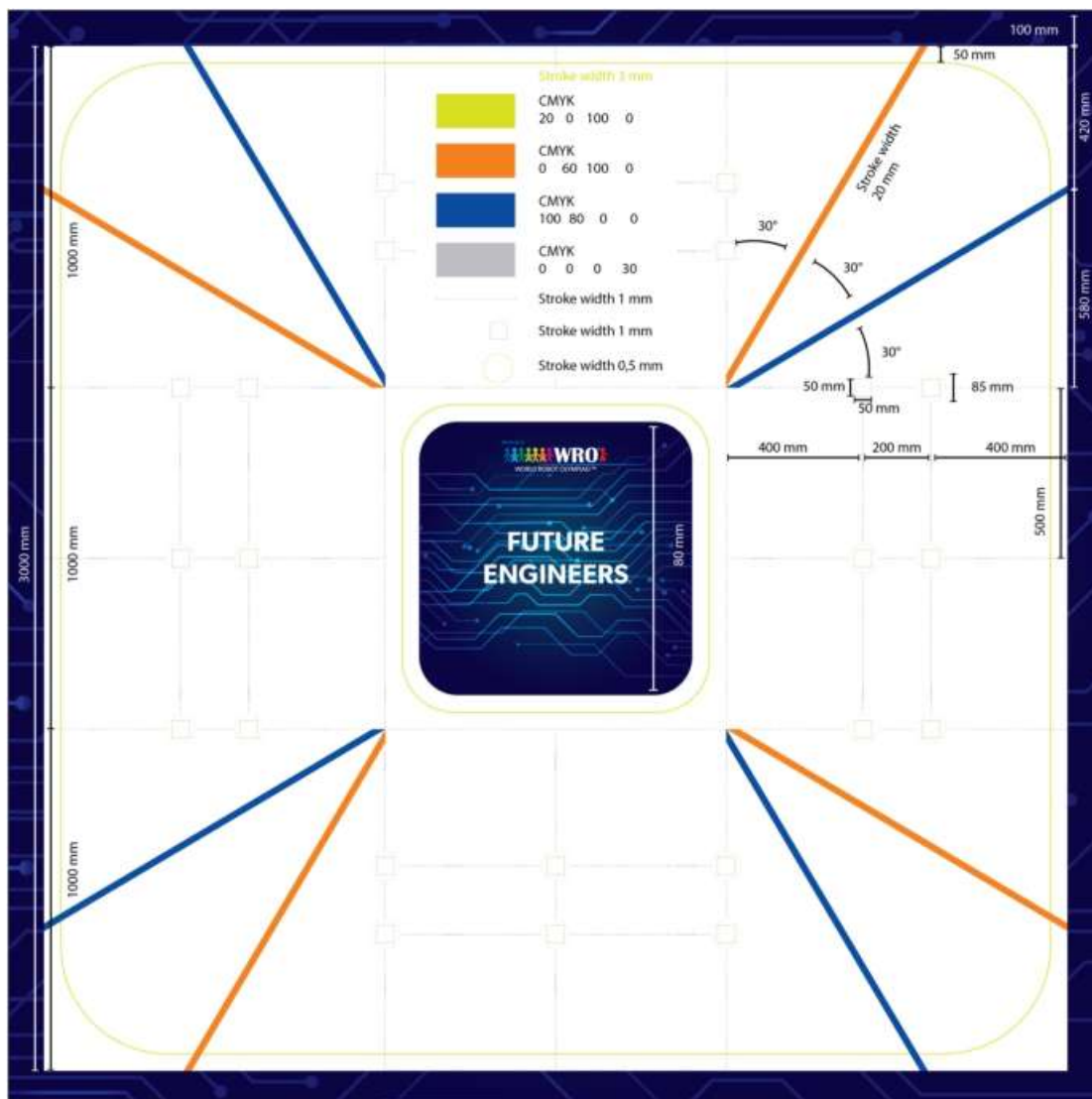


圖 16. 場地底圖尺寸

國際賽決賽的圍牆配置

12.16. 在國際賽決賽中，將使用軟材質的圍牆，因此圍牆放置在場地上將不會平坦：

12.16.1. 圍牆之間的距離將不會是一個固定的數值；但外圍牆不會壓到黃線，而內圍牆將完全位於軌道的內部（正方形 1000 公釐 x1000 公釐）；

12.16.2. 圍牆角落可能是圓弧形。

12.17. 牆壁顏色將是黑色。



圖 17. 國際賽決賽場地配置範例

交通標誌

- 12.18. 長方體交通標誌，尺寸為 50x50x100 公釐。
- 12.19. 根據比賽前的隨機化過程，最多可能有：7 個紅色標誌和 7 個綠色標誌。
- 12.20. 紅色交通標誌顏色為 PANTONE 1795 C, RGB (238, 39, 55)。
- 12.21. 綠色交通標誌顏色為 PANTONE 802 C, RGB (68, 214, 44)。
- 12.22. 未定義交通標誌的材料（由各國主辦單位決定）。
- 12.23. 未定義交通標誌的重量（由各國主辦單位決定）。

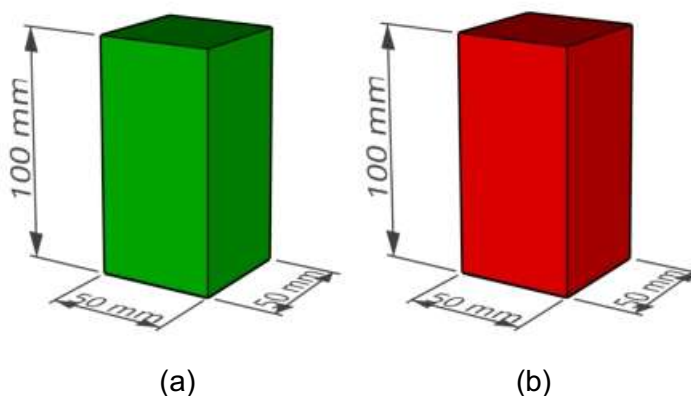


圖 18. 交通標誌尺寸

13. 問題與回答

問題： 是否允許在車輛上使用兩個馬達連接同一個軸的結構（非差動輪機型）？

回答： 規則第 10.3 條規定，“車輛必須是四輪車輛，帶有一個驅動馬達和一個任意類型的轉向致動器。”因此，如果兩個馬達連接到一個軸上是用於驅動則不允許。如果這種方法用於轉向目的，它可以被認為是一個轉向致動器。

14. 詞彙表

檢查時間	在檢查時間內，裁判會查看車輛並檢查測量結果（例如使用套量箱或捲尺）和其他技術要求。每次正式的回合之前都需要進行檢查。
教練	在過程中協助隊伍學習不同機器人方面、團隊合作、解決問題、時間管理等的人。教練的作用不是為隊伍贏得比賽，而是透過理解問題來教導和指導隊員並尋找解決競爭挑戰的方法。
比賽組織單位	比賽組織單位是主辦比賽讓隊伍參與比賽的組織。此單位可以是當地學校、舉辦全國總決賽的會員國代表或 WRO 主辦國與舉辦國際 WRO 總決賽的 WRO 協會。
競賽	競賽分為兩種類型：資格賽和決賽。資格賽表現最好的隊伍可晉級參加決賽。
競賽場地	車輛在其中導航的區域。該區域可能包含車輛根據比賽要求與之互動的物件。
GitHub repo	一個可以存放資源程式碼並作為程式管理的控制系統。存儲功能服務由 GitHub 提供（ https://github.com/ ）
回合	隊伍啟動一輛自動駕駛汽車完成比賽任務。比賽得分基於車輛在比賽場地上行駛的圈數。
練習時間	在練習時間，隊伍可以在場上測試車輛，也可以改裝機械結構或對車輛進行程式修改。
隊伍	在本規則中，隊伍一詞包括團隊的 2-3 名參與者（學生），而非指支持隊伍的教練。
車輛控制程式	一組（或多組）指令，用於車輛的微處理器/微控制器從傳感器讀取值並分析從而為車輛的電機提供指令以解決挑戰。
WRO	在本規則中，WRO 代表 World Robot Olympiad Association Ltd.，這是一個在全球範圍內運行 WRO 並準備所有比賽和規則文件的非營利

附錄 A. 詳述比賽中可能發生的情況

1. 交通標誌移動或撞倒的定義

交通標誌判定如下：

- (a) – 沒有移動
- (b) – 沒有移動
- (c) – 移動，但不會導致回合結束
- (d) – 撞倒，但不會導致回合結束
- (e) – 移動並導致回合結束
- (f) – 撞倒並導致回合結束

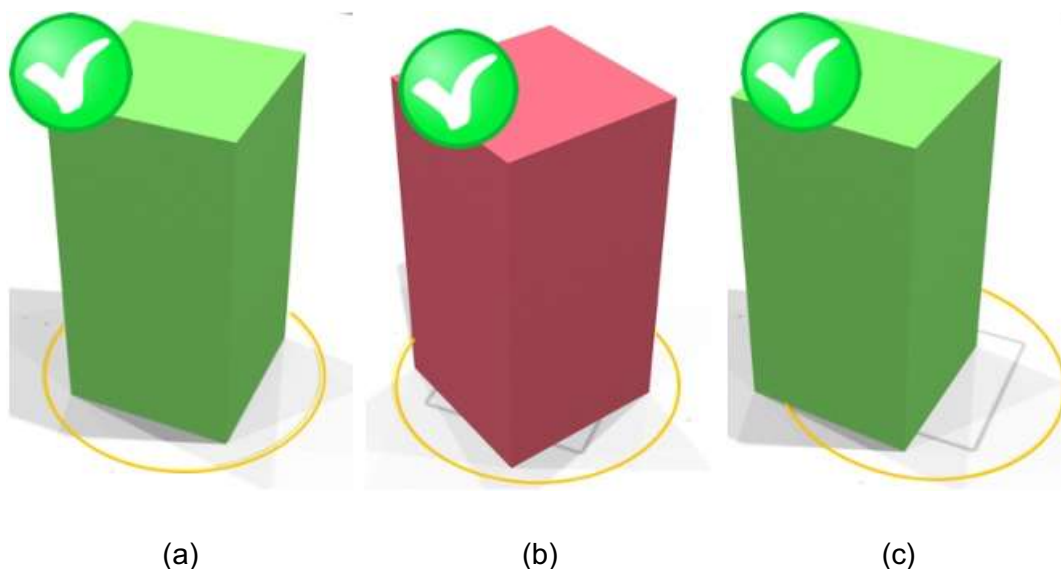
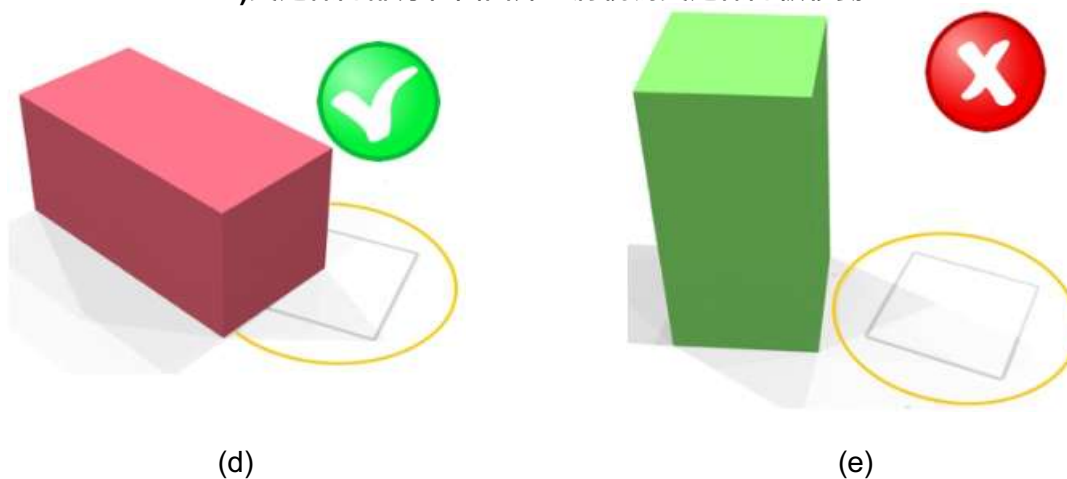
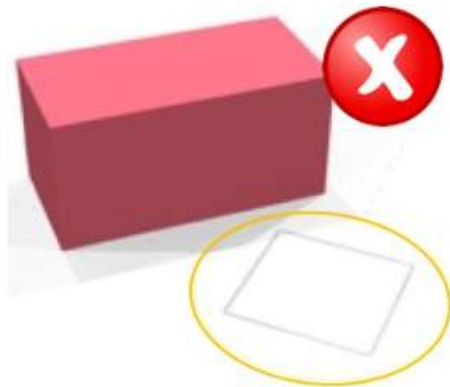


圖 19. a) 比賽時交通標誌的初始位置；b) 交通標誌移動，仍在圓圈內；
 c) 交通標誌部分在圓圈外，將視為交通標誌被移動





(f)

圖 20. d) 交通標誌撞倒且部分在圓圈外；e) 交通標誌移動且完全在圓圈外；
 f) 交通標誌撞倒且完全在圓圈外

2. 結束時停止在結束區（一開始的起始區）的得分條件

為了好識別汽車是否完全停在規定的區域，將以汽車的正投影判斷。當汽車停止後正投影部分在該區外，則汽車將視為部分在規定的區域外；反之，如果正投影完全在規定的區域內，則汽車將視為完整在規定的區域內。

當汽車停止不動超過 30 秒，裁判才會開始判斷汽車是否完全停止在規定區域內。

以下汽車停止的區域是符合規定（綠色打勾）

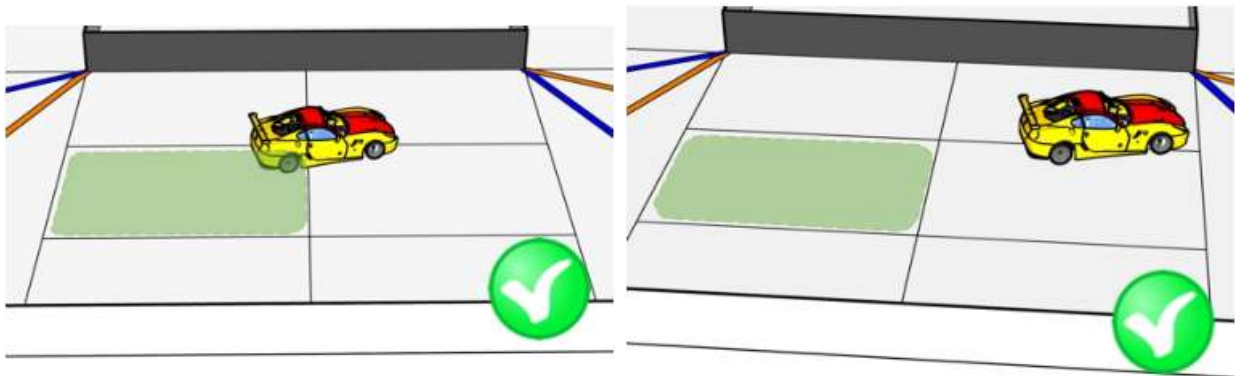


圖 21. 汽車停止，且完全停在結束區（亦為起始區）

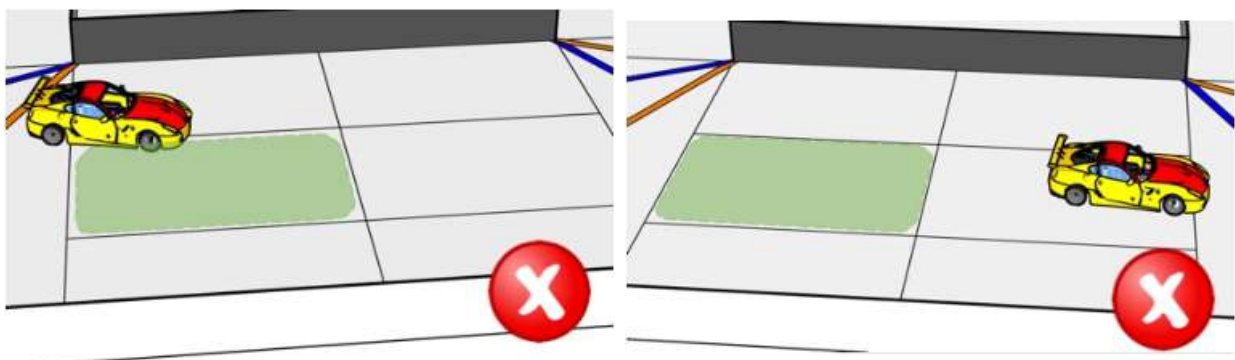
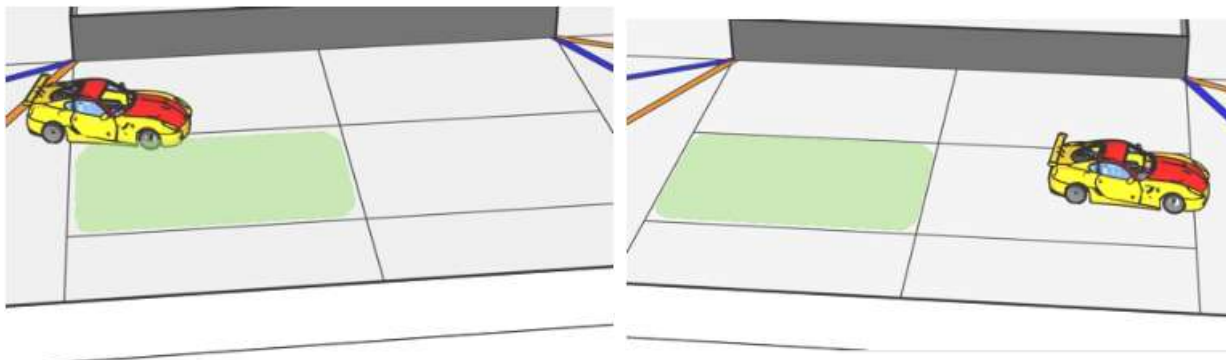


圖 22. 汽車停止，部分在規定的區域外

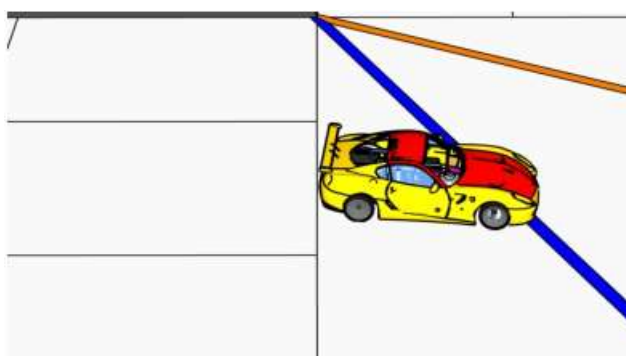
3. 當汽車完成 3 圈後「通過」起始 / 結束區

汽車行駛 3 圈後，汽車持續前進而通過起始區，裁判將立即結束比賽。以下為判斷方式：



(a) 汽車持續前進且正進入起始 / 結束區

(b) 汽車持續前進且正離開起始 / 結束區

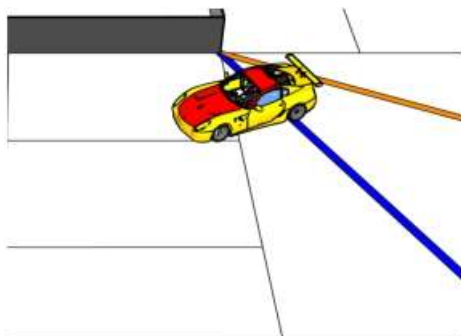


(c) 汽車已通過起始 / 結束區，裁判將停止時間結束比賽

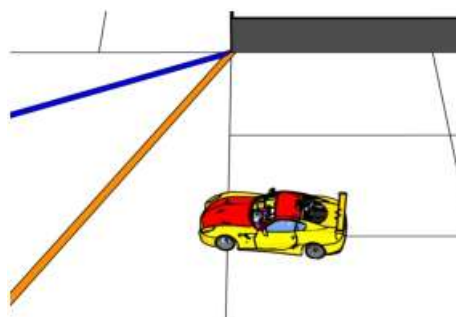
圖 23. 汽車逆時針方向通過起始 / 結束區

如果汽車在行進中，裁判將不會在(a) 和 (b) 階段停止計時。但是，當汽車完全進入轉彎區 (c)階段，裁判將停止秒數，比賽將結束。

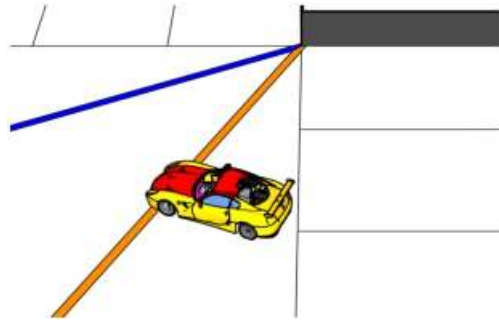
同樣應用在順時針。



(a) 汽車正進入起始 / 結束區



(b) 汽車持續前進且正離開起始 / 結束區



(c) 汽車已通過起始 / 結束區，裁判將停止時間結束比賽

圖 24. 汽車順時針通過起始 / 結束區

4. 朝相反的方向行駛

在比賽期間，僅允許汽車在朝回合行駛方向前進，但其中允許汽車在兩個區域可朝著相反方向行駛（汽車可能在倒退或逆向）：汽車之正投影當下的區域及與該區域相鄰的區域。

以下幾種情況說明：

情況 1：汽車開始朝相反方向行駛，並在鄰近的區域內停止後再持續朝規定方向行駛。

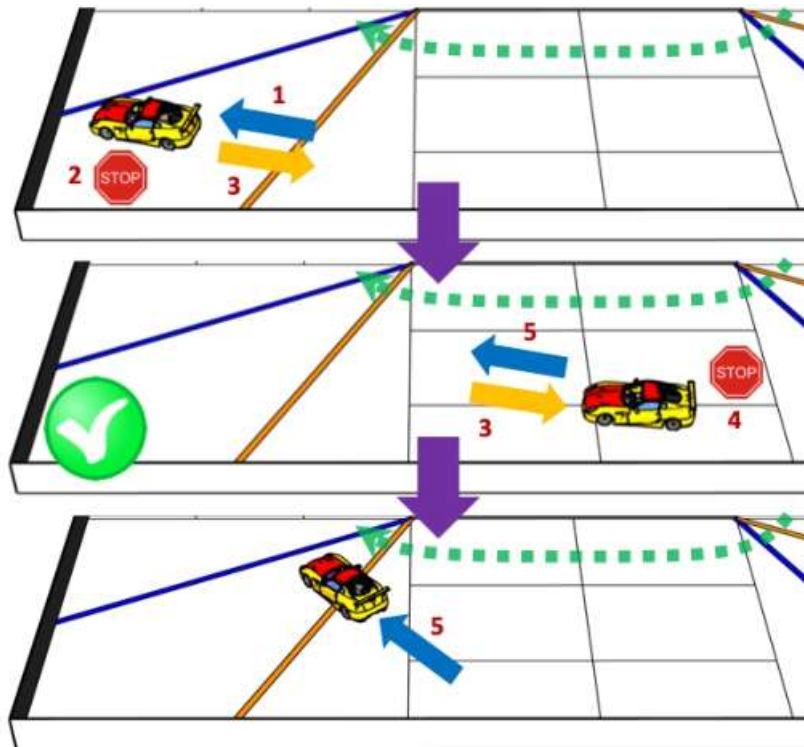


圖 25. 允許在規定的區域朝反方向行駛

如上圖 24，比賽回合行駛方向為順時針（由藍色箭頭為代表）：

- 階段 1：汽車抵達轉彎區，正投影完全在此區內。
- 階段 2：汽車停止了。

- 階段 3：汽車開始倒退。
- 階段 4：汽車停在相鄰的直線區，正投影完全在此區內且未越過下一個區域。
- 階段 5：汽車持續朝著規定的回合行駛方向行駛。

這種情況是允許的。

情況 2：汽車開始朝反方向前進，並停在兩個區域之間。

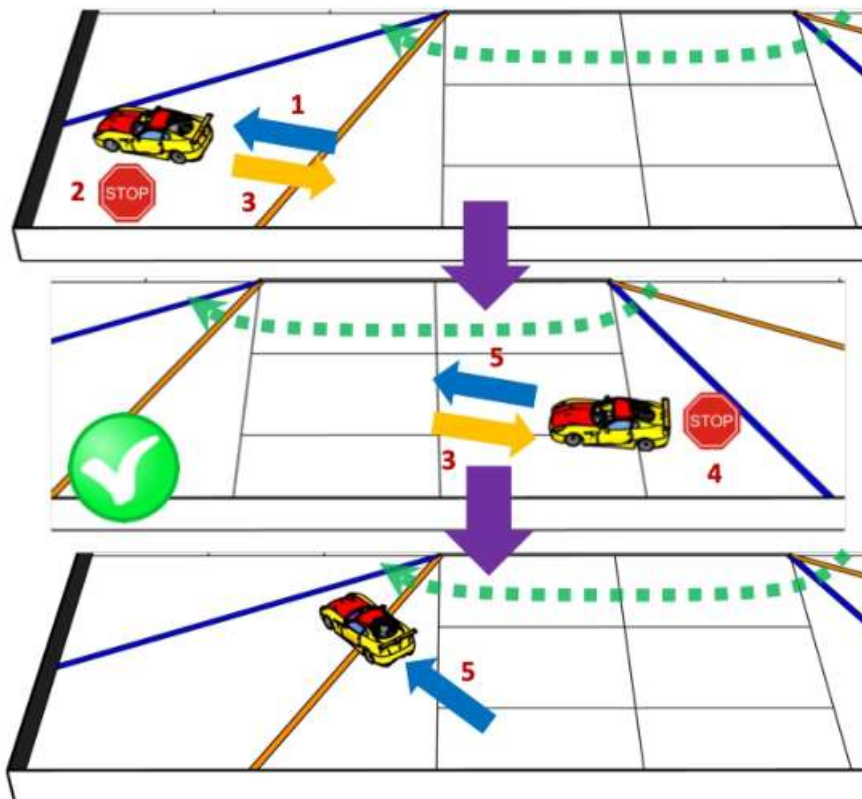


圖 26. 允許汽車停止在規定的區域與區域之交界處

如上圖 26，比賽回合行駛方向為順時針（由綠色虛線箭頭表示）：

- 階段 1：汽車抵達轉彎區，正投影完全在此區內。
- 階段 2：汽車停止了。
- 階段 3：汽車開始倒退。
- 階段 4：汽車停在相鄰區域與下一個區域之交界處。
- 階段 5：汽車持續朝著規定的回合行駛方向行駛。

這樣的情況也是允許的。

情況 3：汽車朝著相反方向行駛，且完全離開相鄰區域之外。

如果汽車朝反方向行駛，經過相鄰區域且汽車完全離開此區，並完全進入相鄰的下一個區域，則比賽將停止。

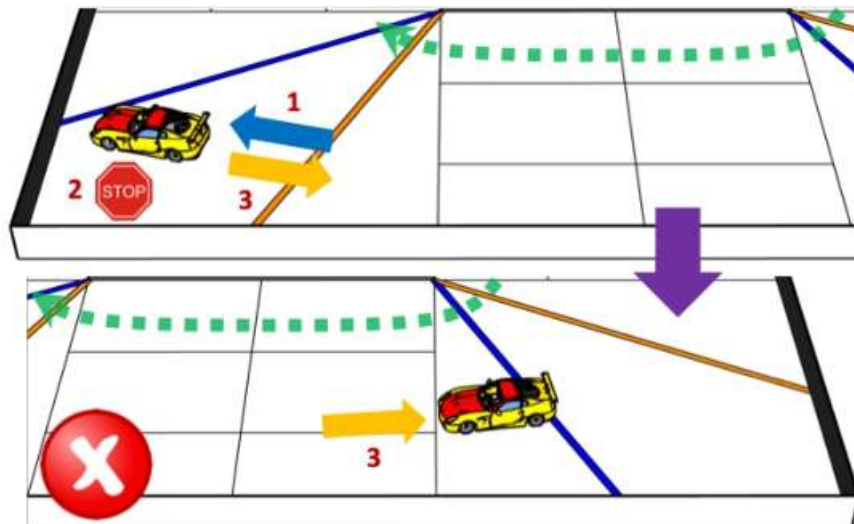


圖 27. 禁止反方向行駛的汽車完全離開相鄰區域。

如上圖 27：

- 階段 1：汽車朝向比賽回合行駛方向順時針前進（由藍色箭頭為代表）。
- 階段 2：汽車停止了。
- 階段 3：汽車朝向反方向行駛，且橫跨了兩個區域，汽車離開了鄰近的區域。

情況 4：汽車在兩個區域的交界處改變方向。

當汽車在兩個區域的交界處改變方向，朝著反方向行駛時，則最遠僅能行駛到該區與前一個相鄰區的交界處。

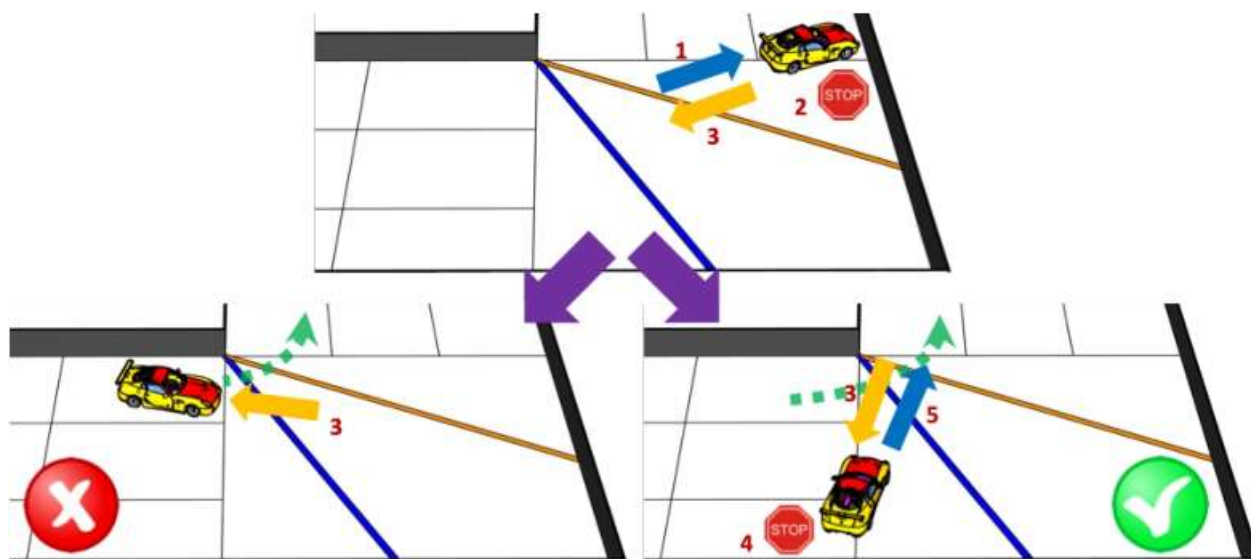


圖 28. 當汽車部分停在兩區的交界處，朝向反方向行駛最遠之距離

如圖 28 左側所示：

- 階段 1：汽車朝向比賽回合行駛方向時逆時針進（由綠色虛線箭頭為代表）。
- 階段 2：汽車 **停止在兩個區域的交界處**。
- 階段 3：汽車朝反方向行駛，且汽車離開原來的區域，完全進入鄰近的區域。

這種情況將導致比賽停止。

以下情況比賽將持續進行：

- 階段 1：汽車朝向比賽回合行駛方向時逆時針進（由綠色虛線箭頭為代表）
- 階段 2：汽車 **停止在兩個區域的交界處**。
- 階段 3：汽車朝著反方向移動。（如圖 28 右下）
- 階段 4：汽車停止在兩個區域交界處。
- 階段 5：汽車持續朝著規定的回合行駛方向行駛。

因為汽車的正投影仍部分在規定的區域內，因此比賽不會停止。

情況 5: 多次改變方向

汽車允許多次改變方向，但需要確定第一次所改變方向汽車所在的位置，並依據上述情況來判斷汽車允許朝反方向移動的最遠距離。

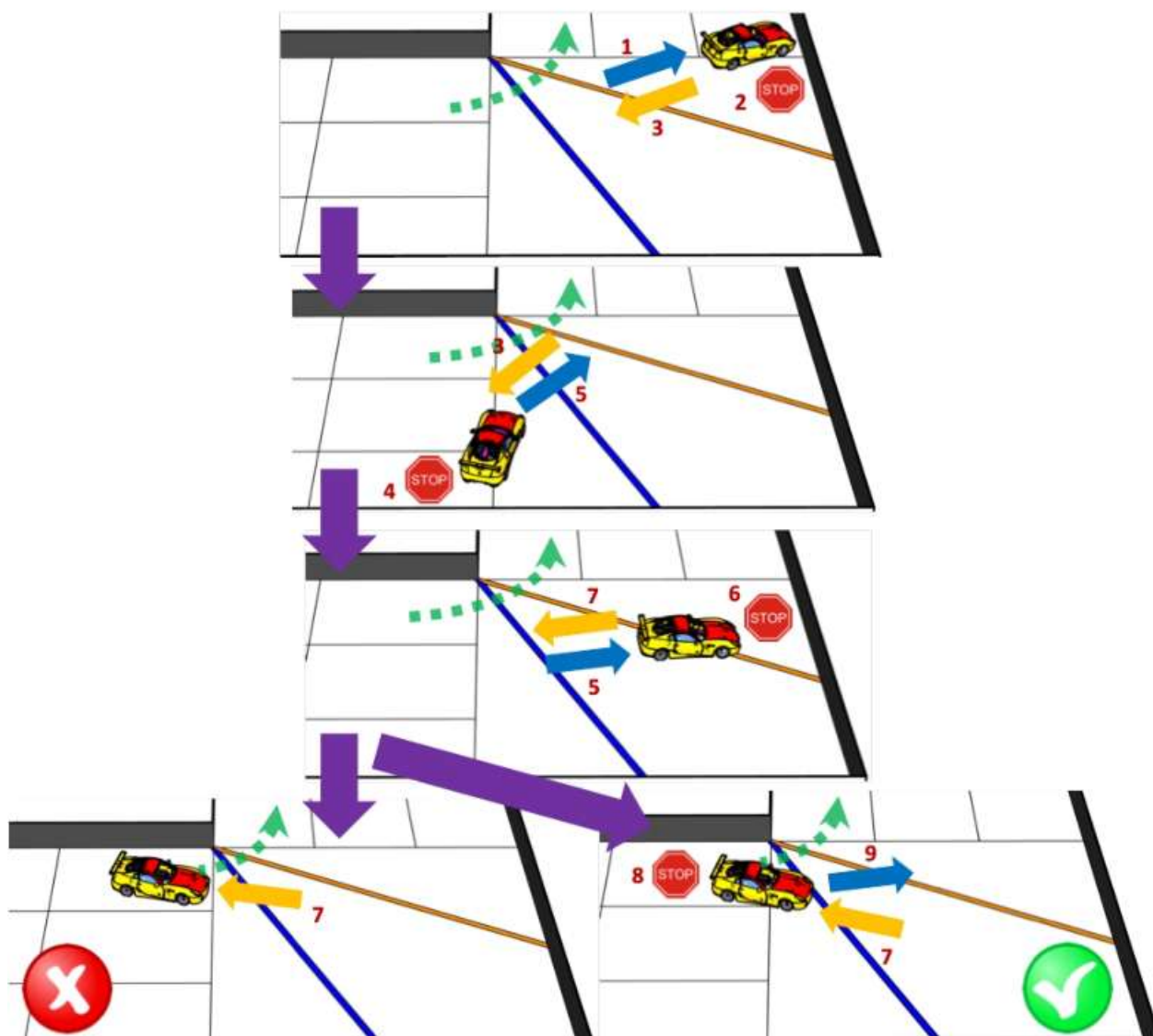


圖 29. 允許汽車在規定的區域內多次改變方向。

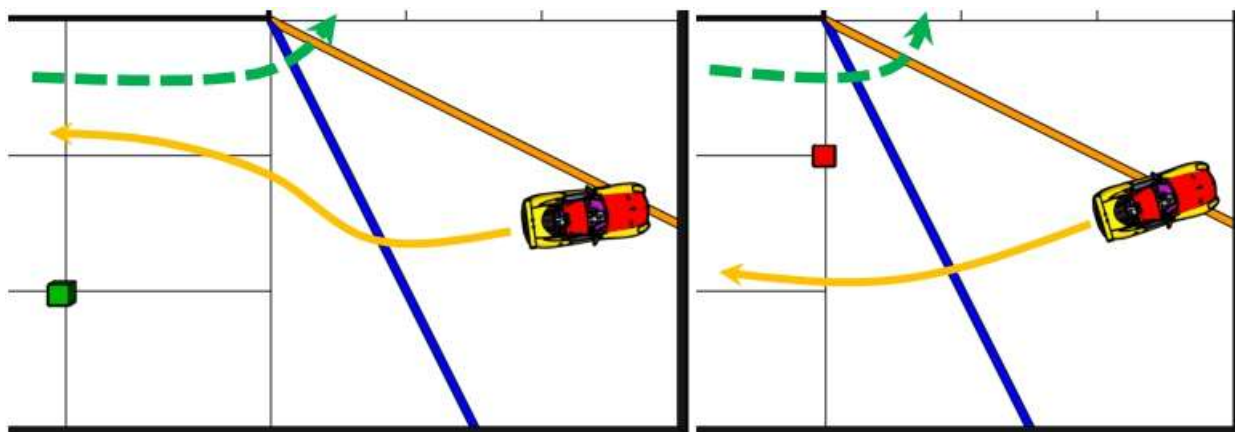
如圖 29 說明，允許汽車多次改變方向：

- 階段 1：汽車朝向比賽回合行駛方向時逆時針前進（由綠色虛線箭頭為代表）。
- 階段 2：汽車停止在兩區域界線之間並開始後退，視為第一次改變方向。
- 階段 3：汽車改變方向朝著反方向移動。
- 階段 4 和 5：汽車部分停在相鄰區域邊界上，然後延續正確的方向行駛。
- 階段 6 和 7：汽車再次停止在該區，又朝著反方向移動（第二次改變方向）。

- 如圖 29 左下圖，汽車完全離開鄰近區，則比賽將停止。（以第一次改變方向的位置判定汽車可朝反方向移動的最遠距離）
- 如圖 29 右下圖，汽車仍有部分在鄰近的區域內，符合規定，因此比賽將持續不會被停止。

情況 6：反方向通過交通標誌。

需要注意的是，當汽車是反方向行駛時，也是要反方向通過交通標誌 - 紅色支柱必須從左側通過，綠色支柱必須重右邊通過（請把握原則，*汽車行進時的視角（無論車頭在前或車頭在後）*，遇到綠色支柱需*往綠色支柱右方賽道前進*；遇到紅色支柱需*往紅色支柱左方賽道前進*）。



(a)

(b)

圖 30. 汽車反方向行駛通過交通標誌規範：a) 綠色支柱從右側通過，b) 紅色支柱從左側通過。

情況 7：汽車倒著行駛

當汽車朝著規定方向行進時，允許汽車倒著行駛（汽車前進方向車尾在前，車頭在後）

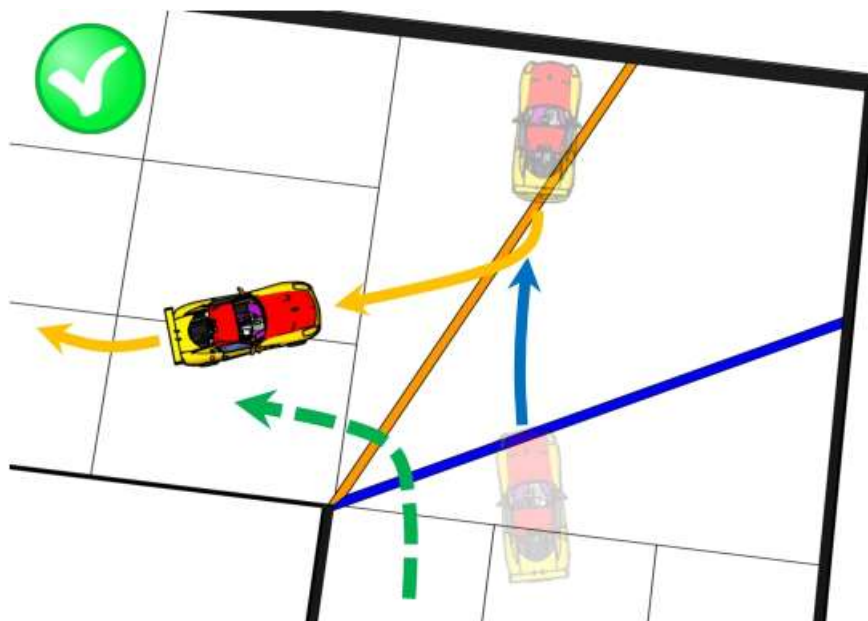


圖 31. 汽車倒著行駛。

汽車倒著朝向指定方向行駛時，仍依上述規定，遇到紅色交通標誌從右側通過，遇到綠色交通標誌從左側通過。

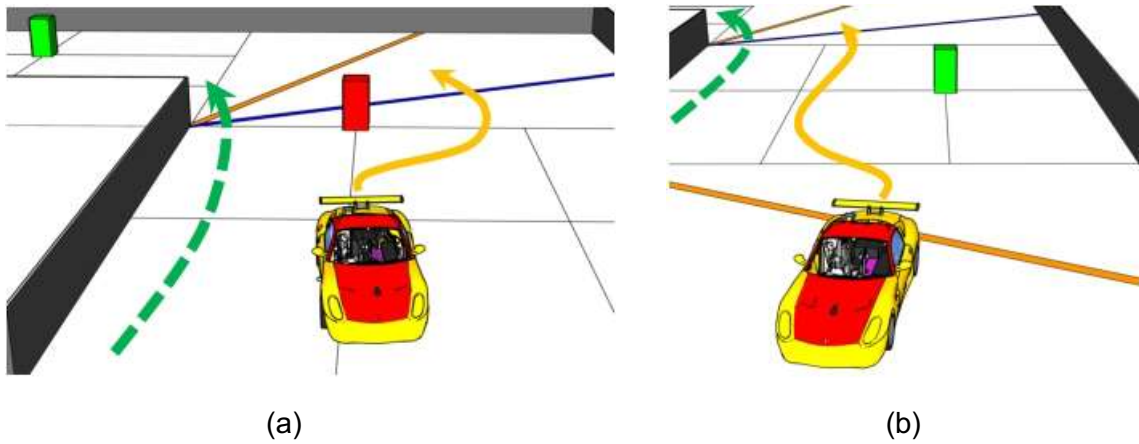


圖 32. 汽車倒著行駛通過交通標誌仍須依規定。

5. 錯誤的方向通過交通標誌

禁止汽車從錯誤的方向通過交通標誌，為了方便辨識汽車是否正確通過交通標誌，相關規範描述：依交通標誌位置上的黑線（內牆到外牆的黑色直線）作為判定的界線，當汽車朝向交通標誌錯誤的方向行駛時，汽車正投影部分通過判定的界線，時間不會停止：

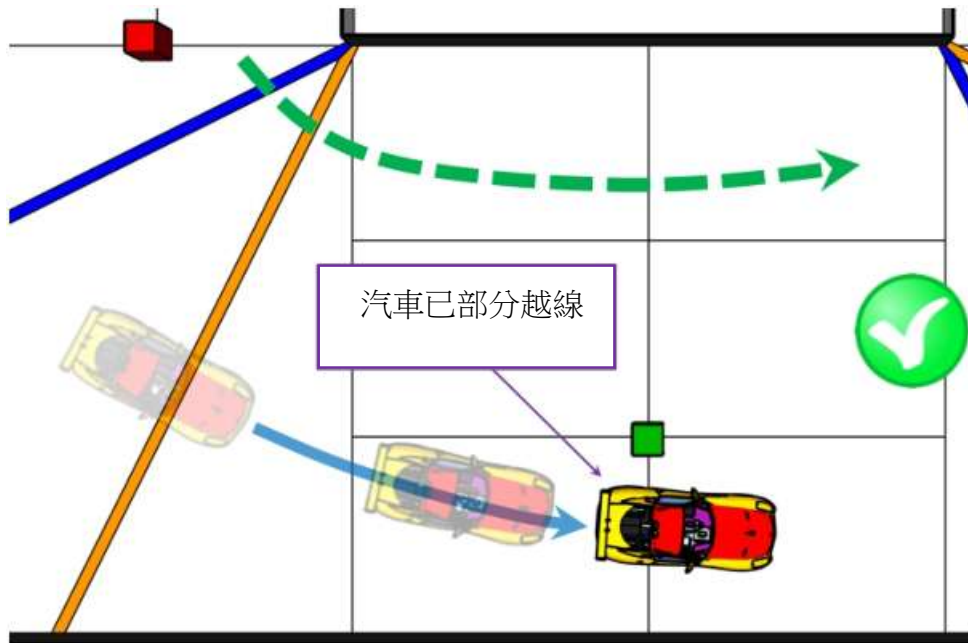


圖 33. 汽車行駛從錯誤方向通過交通標誌（汽車部分通過）。

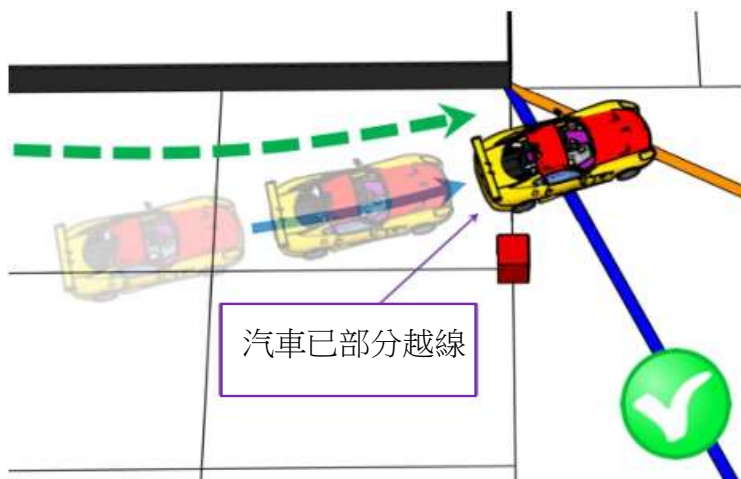


圖 34. 汽車行駛從錯誤方向通過交通標誌 (汽車部分過) 。

汽車完全通過判定的界線，裁判將停止時間並結束比賽。

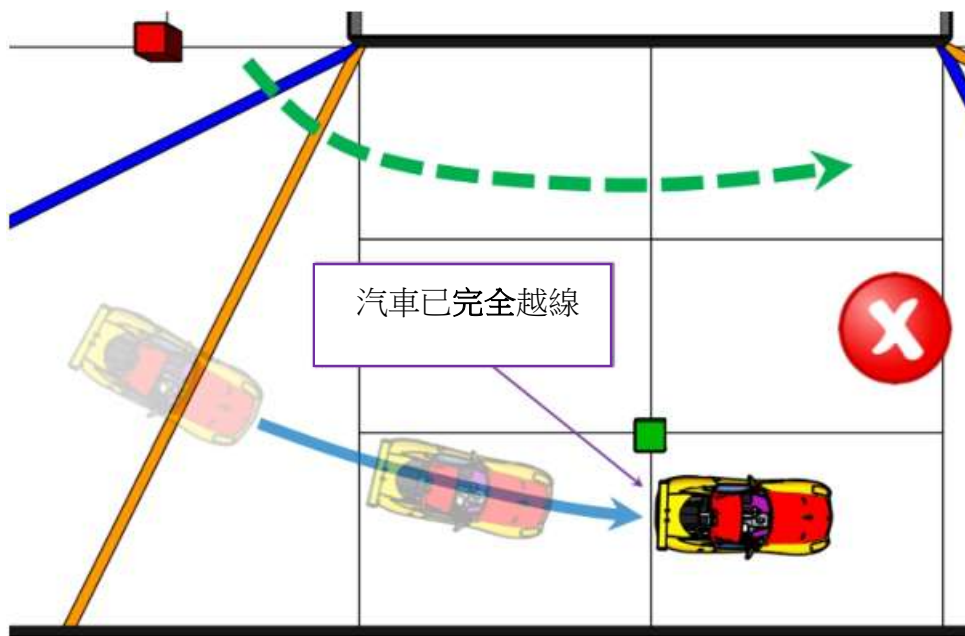


圖 35. 汽車行駛從錯誤方向通過交通標誌 (汽車完全通過) 。

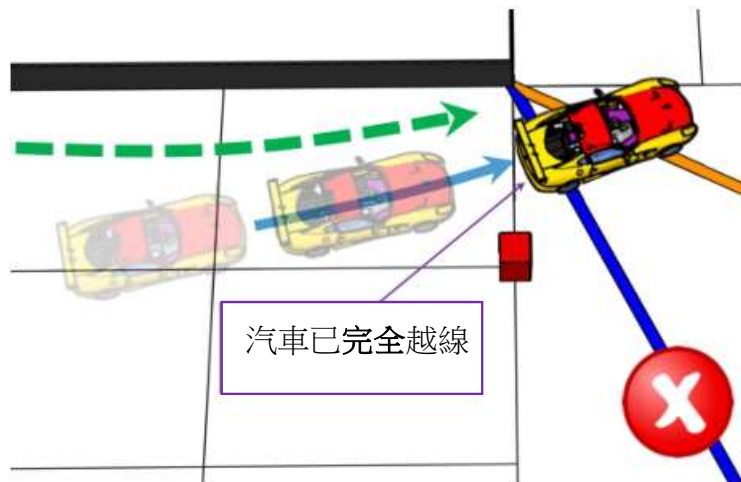


圖 36. 汽車行駛從錯誤方向通過交通標誌 (汽車完全通過)

當汽車依規定方向倒著行駛，判定通過交通標誌的規範也是如此：

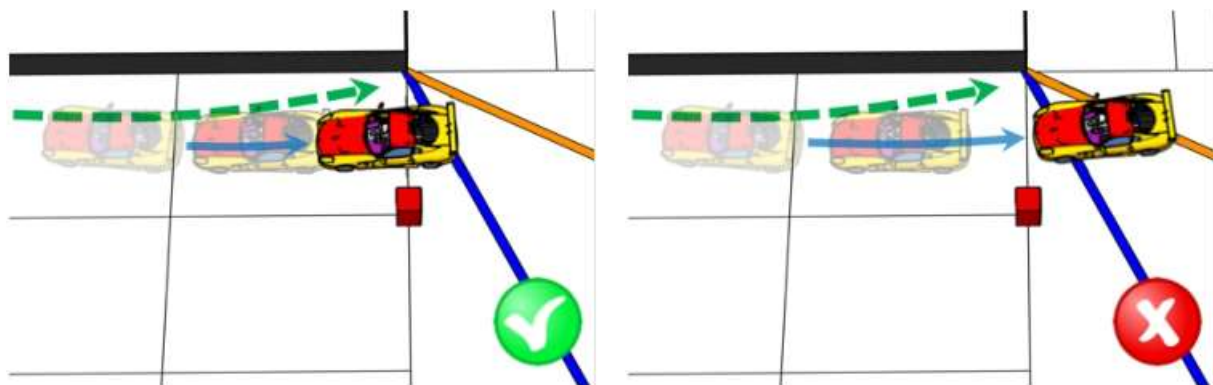


圖 37. 汽車倒著行駛通過交通標誌。

以下附錄內容無另行翻譯

Appendix B: Game field for national/regional finals

The main difference in the game field preparation for national/regional finals from the international final is how to build the interior wall, since the wall configuration depends on the randomization that happens before every qualification match.

Below is the recommendation that can be used to prepare segments of the interior wall.

First of all, this recommendation assumes that the material of the interior wall is wood/particleboard/MDF. Then, the wall consists of four parts: two long segments and two short segments and the thickness of every segment is the same. These segments are fixed together by using confirmat screws or dome screws and insert nuts. The height of the segments is 100 mm. The colour of the segments is black.

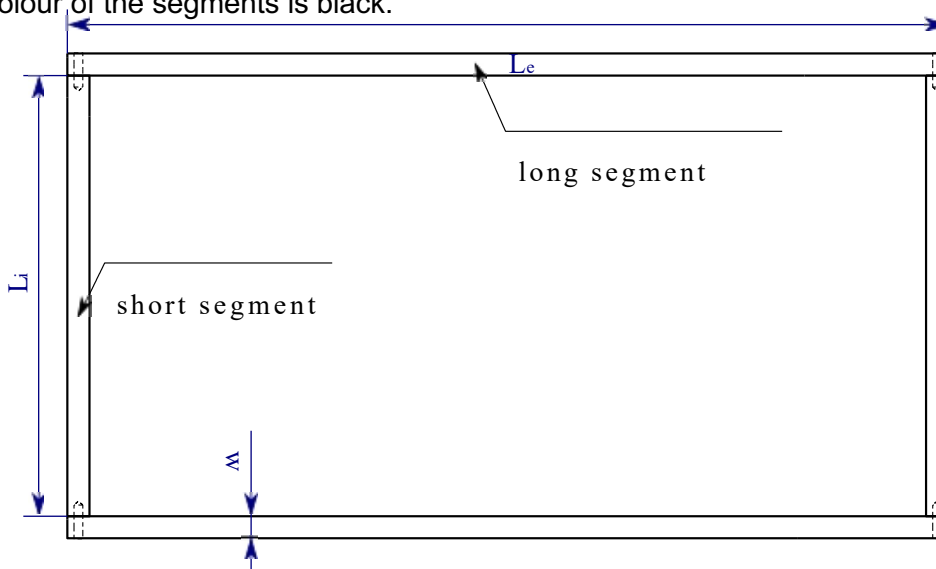


Figure 37. Scheme of segments used for the interior wall

So, all possible configurations of the inner wall could be achieved if the following sets of segments are prepared:

Long segments	Short segments
2 segments per 1000 mm	2 segments per $(1000 - 2\%)$ mm
2 segments per 1400 mm	2 segments per $(1400 - 2\%)$ mm
2 segments per 1800 mm	2 segments per $(1800 - 2\%)$ mm
	where "w" is the thickness of a segment

For example, if the segment thickness is 17 mm, the lengths of short segments will be 966 mm, 1299 mm and 1632 mm.

After the randomization prior to a match the corresponding combination of segments is fixed together by screws and located on the field. In order to make the construction harder to move by the vehicle, some weight could be located on the inner side of the wall's corners.

Appendix C: Recommendations for evaluating the vehicle documentation

The review of the documentation is a completely new process for WRO challenges, which is why it makes sense to provide criteria which will help to assign points for the corresponding items in the scoring sheet.

Below is the list of scoring items and suggested criteria for every item:

Scoring item	Max points	Criteria description
Team photos	1	0 pts – no photo or only one photo is provided (either official or funny) 1 pt. – both photos exist and their quality is good
6 vehicle photos	1	0 pts – not enough photos are provided or the photos are taken from incorrect perspective, or this is not the vehicle's photos, or the quality of photos does not allow to investigate the position of vehicle's parts and their structure. 1 pt. – one photo per every perspective is provided and photos were taken with good quality
URL to YouTube	2	0 pts – no video provided or the video is not accessible, or the video is with low quality and it is not clear that it is the same vehicle as in the photos, or the driving period on the video is less than 30 seconds 1 pt. – the video is with good quality and presents the driving period only for one of the tasks: driving without traffic signs or driving with traffic signs. 2 pts – the video provides a short review of the vehicle from participants, a real game field (or very similar) is used for the driving period, solving of both tasks is demonstrated in full manner
A schematic diagram of the electromechanical components	4	0 pts – no diagram is provided or it is not in the described format so there is no ability to review it 1 pt. – the diagram is provided, it presents main components and the logic of their connectivity 2 pts – one or several diagrams are prepared and cover all the components used in the vehicle, the connectivity logic of the diagram is clear 3 pts – one or several diagrams are prepared with usage of the industrial standards but there are obvious issues. Most probably it will not be possible to reproduce the real device with the help of diagram since it does not contain enough information 4 pts – one or several diagrams are prepared with usage of industrial standards without obvious issues, it seems that it is easy to duplicate a real device based on the diagrams
GitHub code	2	0 pts – the link to the GitHub repository is not provided or it is not accessible, or the content of the repo does not comply to the requirements: - the history of commits should contain at least 3 commits: the first one is not later than 2 months before the competition – it must contain not less than 1/5 of the final amount of the code, the second one is not later than 1 month before the competition, the third one not later than 1 day before the competition - the repository must contain a README.md file with a short description in English (not less than 5000 characters) of designed solution 1 pt. – the code on the GitHub repo complies with requirements described above. README.md file provides basic understanding of the repo's content (the file contains at least 5000 characters). 2 pts – the code is well structured and documented, it seems that the same code is going to be used on the device during the competition. Besides the provided description, the README.md file could be used as a manual to build/compile and upload the program to the any controller of the vehicle.

The process to perform the vehicle documentation evaluation could be the following:

1. There are at least three judges which who will evaluate the documentation.
2. Every judge gets familiar with the vehicle documentation and provides his evaluation for every scoring item as per described criteria. The judge is not allowed to skip any scoring item. No discussion between judges is allowed at this moment. The evaluation of the item is based on the judge's understanding of the criteria and his feeling about how the corresponding criteria is reflected in the documentation – this is not a comparison of documentation materials provided by several teams between each other.
3. Average value for every scoring item is calculated based on the judges' marks.
4. The sum of all averaged scoring items is the total for the vehicle documentation for any particular team.

Appendix D: Minimal set of electromechanical components

The list below represents the list of equipment which can be used for electromechanical parts of the vehicle. This is suggestion rather than the requirements. Teams are on their own to follow these suggestions or not.

- a single board computer: it will be used for real time video processing, analysing sensor data, sending/managing signals to the motor controller.
- a single board microcontroller + a motor shield: this combination of equipment receives managing signals from the main SBC and operates with motors correspondingly.
- a wide-angle camera
- two distance sensors
- two light sensors
- servomotor: it controls steering
- DC-motor with gearbox: it controls the vehicle's velocity
- at least one encoder: it allows the vehicle to measure angular velocity of a DC motor
- IMU (inertial measurement unit) – this is usually a combination of gyroscope and accelerometer: it can be used to improve the vehicle navigation
- two batteries: one is for SBC and SBM, another is for motors
- a voltage stabilizer: it is required to provide adequate power supply for the SBC/SBM
- two switches to connect batteries to the power consumers: SBC/SBM, motors
- push button: it could be used as a trigger to start the match

An example vehicle configuration could be:

- Chassis from a Remote Controlled (RC) Car
- The main controller -- Raspberry Pi 3 (<https://www.raspberrypi.org/products/raspberrypi-3-model-b-plus/>), and a MicroSD card to keep an operating system and programs.
- Camera module (<https://www.raspberrypi.org/products/camera-module-v2/>) with extra wide-angle lens
- The motor and sensor controller -- Arduino UNO (<https://store.arduino.cc/arduino-uno-rev3>) with a prototyping shield (<https://store.arduino.cc/proto-shield-rev3-uno-size>)
- DC Motor Controller (<https://www.robotshop.com/en/cytron-13a-5-30v-single-dc-motor-controller.html>)
- DC Motor to drive the vehicle (could be part of the chassis),
- Servo Motor for steering (could be part of the chassis)
- IMU sensor (<https://www.sparkfun.com/products/13762>)
- 2 Ultrasonic Distance Sensor (<https://www.sparkfun.com/products/15569>)
- 2 Analog Line sensors (<https://www.sparkfun.com/products/9453>)
- Rotary Encoder (<https://www.sparkfun.com/products/10790>)
- an external USB Battery with a hub to split the consumption between Raspberry Pi and Arduino
- additional battery applicable to power the DC motor (could be part of the chassis)