04 開發者 / 整合

Edge 開發者指南：線上磅秤校正

2026-10-06，6.0.134 beta／calibration-candidate 已在 `.46` 完成實秤三段與收尾，原重量 payload 傳回各步 ACK。延續 128 毫秒時間、132 TDA08B healthy-high、133 短暫讀取容錯，134 新增續期回覆。精度允收、五段實秤、斷電保存、業主 Edge 與長時驗收未完成。透過 `pio run -e opta-calibration` 編譯；一般 `opta` 建置不含本功能。取代 WI-248 的訊號觸發流程作為新 Edge 整合入口，不宣稱舊 cmd/signal 路徑已有同等防呆。

135 測試候選：穩定憑證。 原重量 `calibration.v=2`；`sample` 改為穩定區段編號，`reading` 才是每次採樣嘗試流水號。OPTA 持續成功量測且控制器 stable 時，連續至少 **5000 ms** 的全區段「最大－最小」不超過 **0.1 kg** 才 ready。`begin` 可選填 `"toleranceKg":"0.1"`；是最大差，不是 ±0.1 kg，也不是精度驗收容差。省略用0.1；必須正十進位字串、可按控制器小數位表示且不超過capacity。整公斤控制器的0.1向下成0 raw，只允許示值相同，不向上放寬。

手動 MQTTX： 保活正常、砝碼不動時，看到 `ready/valid/stable=true`，複製 `sample/revision` 後可以從容填寫同一步命令；不必追著每秒採樣改sample。送出前再次確認仍為同boot/sid/revision/sample且ready。每秒的新reading繼續回報；最後成功讀取仍須≤2500ms。超出全區段範圍、失穩、讀取失敗／缺口或步驟變更後重新累積5秒，舊憑證不能因重量回到原值而復活。每次校正寫入前與提交前都再讀取並納入同一重量範圍。失效後需新命令，不排隊等將來自行校正。

v1（134以前）仍要求最新採樣編號；Edge須依v分支，不可把v2固定sample當成停止採樣。新版工具以reading去重並保留v1相容；人工確認後仍接收三筆新的不同reading，且最後ready=true。保活60秒／每10秒ping未變；134的保活失敗紀錄仍未結案。

01

開發者從這裡開始

讀者：負責 Edge 網頁、後端服務與 MQTT 整合的開發者。 目標是讓操作員只需確認空秤、輸入新增砝碼重量並按「下一步」，由程式負責會話、保活、取新樣本、送命令及核對回覆。現場安裝與

逐步操作見磅秤校正操作指南，驗收見現場驗收流程。本頁是同一個既有協定網址的開發者版，不另建第二套協定。

Edge、OPTA、控制器各自負責什麼

角色	責任
操作員	清空秤盤、放妥砝碼、確認單位與安全秤量、輸入「本次新增」重量、確認下一步
Edge	先訂閱再 query；管理 boot/sid/seq；每10秒 ping；用十進位精確累加總量；取得確認後的三筆新穩定樣本；串行發命令；核對 ACK；顯示中斷原因並保存原始事件
OPTA	驗證會話／順序／新鮮度／穩定／範圍；讀控制器倍率；執行 Modbus 交易；在原重量 payload 夾帶狀態、樣本與回覆；超時停止
TDA08B	實際量測並套用校正曲線。交易 ACK 不等於精度或斷電保存驗收

同一台 OPTA 同時只有一個校正會話。Edge 應由單一控制端擁有該會話，避免兩個網頁／服務同時發命令；sid 是順序識別，**不是身分授權憑證**，仍要靠 broker ACL 限制誰能送命令。不要讓一般重量訂閱者自動發 ping；操作頁／控制服務離開或失聯後，不應由另一個無關程序永久代續期。

最小完整實作流程

1. 連上 broker，訂閱該台磅秤的原重量 topic，等訂閱確認後發 `query`；不處理 retained 舊回報。
2. 保存 `boot/sid/seq/state/slave`。若已有 `await_zero/collecting/processing/unknown`，顯示既有會話，禁止自動接管。由人明確處理／取消後才可重新開始。
3. 操作員確認空秤、kg、3或5段、安全秤量。新sid＝本次boot最新sid＋1，seq＝1，送begin。若uint32已到上限，不可回繞成0。
4. 收到匹配begin的 `applied + await_zero` 才啟動10秒保活，進入等待空秤確認；未完成begin不要搶先送下一步。
5. 每個zero／point／finish：人先確認目前秤盤狀態；清掉確認前的樣本累計；取得同boot/sid/slave/revision的三筆不同reading、有效且穩定新樣本，最後ready=true；用最後一筆sample/revision立即送命令。

6. 同時只保留一個未完成的校正動作。收到匹配的applied及預期state/step才增加seq／顯示下一步。新一段只在point成功後固定已確認總量，重試不能再次加同一顆砝碼。
7. 做滿段數後，再取得新穩定樣本送finish；匹配 `applied + complete + step=steps` 才顯示「校正流程完成」、停止ping。之後另做精度與斷電驗收。
8. partial／unknown／recovery_required、boot改變、無法確認ACK或保活時，停用下一步並顯示原因；停止自動流程，不偷偷建立新會話續做。取消不回滾已寫曲線。

Topic 與 JSON 契約

`P = mes/gateway/<UID>`。命令全部發 `P/cmd/calibration`，**QoS 1、retain=false**。先訂閱既有重量topic（預設 `P/scale/weight`），其中的 `calibration` 就是應用層回覆；不需另外訂閱ACK topic。回報的QoS由重量流程設定決定，不能假設一定是1。

命令	必填 JSON 欄位	是否消耗 seq／寫控制器
query	op	不消耗、不寫、不續期
begin	op, boot, sid, seq, slave, steps, unit, model, capacityKg；選填toleranceKg	成功消耗；只讀前置檢查，不標零
ping	op, boot, sid	不消耗、不寫；只續期匹配的活動會話
zero	op, boot, sid, seq, slave, steps, sample, revision	成功／未知結果消耗；寫標零
point	上列zero欄位，加totalKg	成功／未知結果消耗；寫下一個正重量點
finish	與zero相同，**不需totalKg**	成功／未知結果消耗；以內部重量0收尾
cancel	op, boot, sid, seq, slave, steps	成功消耗、不寫；結果partial，不回滾

`boot` 是16位十六進位字串；`sid/seq/sample/revision` 是uint32 JSON整數，sid/seq必須非0；`slave` 是1～247，`steps` 只能3或5。`unit` 固定 `"kg"`，`model` 固定 `"tda08b"`。`capacityKg/totalKg` 是正的十進位**字串**，不能送JSON浮點數。OPTA依控制器小數位精確換算，不能表示的精度拒絕，不四捨五入。

02

ping 保活：Edge 必須實作

這裡的 `ping` 是**校正應用協定命令**，與MQTT連線層的Keep Alive／PINGREQ不同；MQTT客戶端仍連線、收到PUBACK，或OPTA持續傳重量，都不能代替校正ping。它不是PIN碼，也不需要增加按鈕讓操作員每10秒點一次。

資料格式與定時器

以下所有JSON是格式範例，`0123456789abcdef` 不是現場boot。必須從最新query取得boot，sid改為這一輪實際值。

```json
{
  "op": "ping",
  "boot": "0123456789abcdef",
  "sid": 1
}
```

欄位	型別	來源／規則
op	string	固定小寫 `ping`
boot	string	本輪begin使用的boot；發現重開不得直接替換後繼續舊流程
sid	integer	本輪begin成功的sid；不能用seq或RS485站號代替

ping不帶seq、sample、revision、重量或steps，不增加動作編號，也不改校正點。 begin成功後啟動每10秒一次的單一排程；操作員搬砝碼、等穩定、等命令ACK時都保持排程。finish／cancel確認完成、會話中斷、控制端關閉或停止控管時，取消排程並清除timer，避免雙重保活。

60秒是OPTA的租期，10秒是Edge建議送出間隔。有效ping被設備處理後續期；成功處理一般會話動作也更新租期，但不能以操作頻率代替獨立ping。到期後的ping不能復活partial會話。

成功／失敗回覆

回覆仍在**原重量payload的calibration**，下列僅節錄保活相關欄位，不是另一個topic或完整payload：

```JSON
{
  "calibration": {
    "boot": "0123456789abcdef",
    "sid": 1,
    "seq": 2,
    "state": "collecting",
    "result": "state",
    "reason": "lease_renewed",
    "requestSid": 1,
    "requestSeq": 0
  }
}
```

核對boot、slave、requestSid、`requestSeq=0`、`result=state`、`reason=lease_renewed`；seq仍保留最近校正動作的編號，revision也不因ping增加。這份回覆不是zero／point／finish的applied，不可讓UI前進一段。

收到的情況	Edge 行為
匹配的lease_renewed	更新「最近確認續期時間」，維持等待／操作流程
rejected / lease_not_active	sid不匹配或會話不再active；停自動流程，query核對，不自動begin
rejected / boot_mismatch	boot已不符；停止舊流程，重新query，由人決定完整重做。早期拒絕可能requestSid/requestSeq都是0
沒收到匹配回覆	不宣稱續期成功。顯示「保活未確認」，暫停新寫入；保留本輪ping排程等待恢復，若已失去狀態／租期則停止並query
complete後晚到lease_not_active，requestSeq=0	可是finish完成後最後一筆ping被拒；不能覆蓋已保存、匹配finish的成功ACK

目前ping沒有獨立的nonce／序號，無法逐筆配對某一次timer，也無法從延遲到達的回覆精算設備租期剩餘秒數。依已訂閱的本輪非retained事件追蹤，重連後先query核對；不要把重複／舊回覆當作可保證再寫入的授權。134實機曾有MQTT重連和接收缺口，10秒排程也不是無失聯保證。

03

時間門檻：不要混用這些時限

項目	目前規則	Edge 要做什麼
會話保活	每10秒ping；60秒無有效續期則partial	與UI操作分開排程，保存設備lease回覆；不拿query代替
人工搬放砝碼	工具等待確認時無固定步驟時限	持續保活，重量變動不等於通訊故障
人工確認後等穩定	參考工具預設300秒，可由 `--stable-timeout` 調整	到時仍未有新穩定樣本，停止並顯示「本步未送出」
寫入量測新鮮度／憑證	最後成功量測≤2500ms；同一穩定區段sample不變，ready需至少5秒	v2帶入當前sample/revision；新reading不使憑證失效；重量或品質改變會失效
連續量測缺口	133起有效讀取中斷達10000ms或設定／感測器異常→unknown	不把放砝碼的不穩定當斷訊；unknown後不續寫
命令回覆等待	參考工具每次等12秒，僅原封不動重送一次	這是工具策略，不是設備完成時間保證；兩次都未確認即停，不換seq盲重試

135 v2支援手動MQTTX逐步校正。另以工具持續ping。zero／point／finish送出前，須核對**同一筆最新回報**的 `calibration.ready === true`、`calibration.valid === true`、`calibration.stable === true` 全部成立，boot/sid/slave與當前會話相符，state/step符合即將執行的步驟，再從該筆複製sample/revision。三個旗標不能從不同回報拼湊，外層stable數值不能代替calibration.stable；任一條件不符就不送出。這是下一筆寫入命令的條件，begin成功ACK與finish完成ACK不要求三者為true。量測新鮮度檢查保留，指令到達時OPTA仍重讀檢查；不可把partial當成等待中。

04

三段完整命令範例

逐步人工操作與每一步完整成功ACK、begin後ready重量回報，集中在操作指南：發送與預期回覆。兩者須分別判定：applied ACK的ready=false正常；後續ready=true不是前一個指令的

ACK。finish的complete/ready=false即完成，不等待下一筆ready。

以下boot、sid、sample、revision均是示意；**不可一次整批發送**。revision是設備狀態修訂號，並不保證每輪由1開始；sample也不會每段歸零。每一步須由最新事件取代示例值、等匹配ACK及人員確認後才執行下一步。

順序	操作	本次新增 kg	送出的totalKg	sid	seq	預期applied後state／step
1	begin	—	—	1	1	await_zero／0
2	zero	空秤	—	1	2	collecting／0
3	point	5	"5"	1	3	collecting／1
4	point	20	"25"	1	4	collecting／2
5	point	20	"45"	1	5	collecting／3
6	finish	保持45 kg	不填	1	6	complete／3

```JSON
{
  "op": "query"
}
```

```JSON
{
  "op": "begin",
  "boot": "0123456789abcdef",
  "sid": 1,
  "seq": 1,
  "slave": 3,
  "steps": 3,
  "unit": "kg",
  "model": "tda08b",
  "capacityKg": "200"
}
```

begin成功後啟動上節ping定時器。人確認空秤，等至少5秒穩定及ready；Edge另取三筆不同reading：

```JSON
{
  "op": "zero",
  "boot": "0123456789abcdef",
  "sid": 1,
  "seq": 2,
  "slave": 3,
  "steps": 3,
  "sample": 100,
  "revision": 1
}
```

人確認5 kg已放妥，再取新的穩定樣本：

```JSON
{
  "op": "point",
  "boot": "0123456789abcdef",
  "sid": 1,
  "seq": 3,
  "slave": 3,
  "steps": 3,
  "totalKg": "5",
  "sample": 110,
  "revision": 2
}
```

保留5 kg，加20 kg，確認總量25 kg：

```JSON
{
  "op": "point",
  "boot": "0123456789abcdef",
  "sid": 1,
  "seq": 4,
  "slave": 3,
  "steps": 3,
  "totalKg": "25",
  "sample": 120,
  "revision": 3
}
```

保留25 kg，再加20 kg，確認總量45 kg：

```JSON
{
  "op": "point",
  "boot": "0123456789abcdef",
  "sid": 1,
  "seq": 5,
  "slave": 3,
  "steps": 3,
  "totalKg": "45",
  "sample": 130,
  "revision": 4
}
```

第三點applied後，保持砝碼並等至少5秒穩定及ready；Edge另取三筆不同reading才收尾：

```JSON
{
  "op": "finish",
  "boot": "0123456789abcdef",
  "sid": 1,
  "seq": 6,
  "slave": 3,
  "steps": 3,
  "sample": 140,
  "revision": 5
}
```

若需要中途取消，先query並帶目前sid、steps、slave及「目前已消耗seq＋1」。以下示例是在第二點已成功（seq4）後取消，所以用seq5；**不是完成後照抄的清理命令**：

```JSON
{
  "op": "cancel",
  "boot": "0123456789abcdef",
  "sid": 1,
  "seq": 5,
  "slave": 3,
  "steps": 3
}
```

五段使用 `steps=5`，例如新增5／5／10／10／15，總量5／10／20／30／45；begin seq1、zero seq2、五筆point seq3～7、finish seq8，其餘規則相同。新增20 kg與再次新增20 kg合法，檢查的是**總量**嚴格遞增。

05

ACK 與畫面控制

Edge保存待處理命令原文及 `(boot,sid,seq,slave,op)`。收到原重量訊息後先核對boot與slave，再用 `requestSid/requestSeq` 匹配；不要用外層weight變化或calibration.seq單獨判斷ACK。

result／state	UI／流程行為
accepted / processing	顯示處理中，保持本步pending，禁止再次點下一步
applied / 預期state及step	保存ACK，再增加本機seq；只有point才提交該段累計總量
rejected / not_fresh_stable	未寫校正；重新確認穩定憑證（Edge以reading去重），保留同sid/seq/總量，更新sample/revision再送
其他rejected	顯示reason並停下；先核對狀態／輸入，不能自動跳段
unknown	控制器結果不明，禁止更多zero/point/finish；由人明確cancel後完整重做
state / sample、snapshot、lease_renewed	是採樣／快照／續期，不能完成pending動作

未收到ACK時，最多以**完全相同欄位**重送一次，不能刷新sample、改seq或再次累加砝碼；若已明確收到not_fresh_stable拒絕，才走更新sample的分支。快取只保留最後已消耗命令；舊命令不保證可無限重播查詢。ping／query不消耗校正seq，但傳輸要序列化並避免同時塞入；韌體只有單一命令接收槽，可能回 `inbox_busy_or_oversized`。

Edge重開／MQTT重連後不能自動宣告上次成功，也不能自動接管現有會話；先query。boot改變必須停止舊命令。partial／unknown／recovery_required都應保留「需重新校正」業務標記，不能把砝碼數據混入生產統計。

06

原重量 payload 完整格式

下例為校正中25 kg的**格式示例**，時間、boot及編號不能作實際命令固定值：

JSON


```
{
  "weight": 25.0,
  "stable": 1.0,
  "timestamp": "2026-10-06T08:03:45.111Z",
  "calibration": {
    "v": 2,
    "boot": "0123456789abcdef",
    "slave": 3,
    "sid": 1,
    "seq": 4,
    "revision": 4,
    "state": "collecting",
    "step": 2,
    "steps": 3,
    "sample": 12,
    "reading": 121,
    "toleranceRaw": 10,
    "stableMs": 5000,
    "sampleEvent": true,
    "ready": true,
    "valid": true,
    "stable": true,
    "weightRaw": 2500,
    "decimals": 2,
    "result": "state",
    "reason": "sample",
    "requestSid": 0,
    "requestSeq": 0
  }
}
```

欄位	JSON型別	Edge解讀
weight	number或null	外層重量；本場確認kg。單位不在此payload中，不憑欄名推論。無有效值用null，不當0
stable	number或null	外層一般穩定欄；1表示穩定，但不足以授權下一步
timestamp	string或null	範本用`${sys.timestamp}`為訊息時間，用`${rs485.3.實時重量.timestamp}`為量測時間；UTC ISO8601毫秒，未對時null。解析度不是精度保證
calibration	object	以下各欄位所在位置
v	integer	協定版本，135起為2；134以前為1，sample語意不同
boot	string	本次開機識別；變更即使舊會話失效
slave	integer	目標RS485站號；不同站號不能混算
sid	integer	目前／最近會話；0表示本次開機未建立
seq	integer	最後已消耗動作序號，不等於訊息筆數／成功旗標
revision	integer	狀態修訂號；依回覆帶入，不由Edge自行推算
state	string	recovery_required／await_zero／collecting／processing／complete／partial／unknown；非目標重量流程可能為idle
step	integer	已成功的正重量點數，標零後仍0
steps	integer	目標點數3或5；尚未建立時可為0
sample	integer	v2穩定區段編號；同區段不變，失效重建後遞增；只有ready時能作為寫入憑證
reading	integer	v2每次採樣嘗試編號，失敗也增加；重複Converter以此去重
toleranceRaw	integer	本輪最大－最小容許差，kg＝此值÷10^decimals
stableMs	integer	穩定觀察最低時間，目前5000ms
sampleEvent	boolean	true才是採樣事件；狀態／ACK不可計入三筆樣本

欄位	JSON型別	Edge解讀
ready	boolean	閘道器有足夠新鮮穩定樣本；仍要有人確認重量及命令次序
valid	boolean	校正樣本有效且新鮮；不是外層一般輪詢重量的品質旗標
stable	boolean	calibration內的穩定旗標；與外層數字stable不同，必須連同valid/sampleEvent/ready判斷
weightRaw	integer或null	有號原始示值；kg＝raw÷10^decimals，不是砝碼目標值
decimals	integer	本輪控制器小數位0～5；未begin的初值0不證明真設定
result	string	state／accepted／applied／rejected／unknown
reason	string	原因碼，完整保存，不只顯示「失敗」；見本頁故障處理
requestSid	integer	ACK所對應請求sid；134的ping回本輪sid，query／sample通常0
requestSeq	integer	動作ACK配對序號；ping固定0。部分早期拒絕也為0，不得誤配

v2同boot/sid/slave/revision/reading只算一次；sample相同但reading不同是新的量測，兩個Converter送同reading才是重複。常規訊息在校正外出現 `calibration.valid=false`，不能因此把外層正常weight判成無效。timestamp為null也不等於weight必為null，須分開看資料有效與時鐘是否已對時。

07

中止、cancel 與 Rollback：目前不會還原曲線

6.0.135 仍沒有完整曲線備份／Rollback。 這個流程不是「先暫存全部點、最後finish才一次提交」；zero及每筆point都會對控制器寫入。取消、失聯、OPTA重開或沒有送finish，都不代表回到校正前的零點、校正係數或讀值。

中止位置	已知影響	Edge要顯示／後續動作
begin已成功，尚未送zero／point	begin只做唯讀前置檢查，沒有校正寫入	可明確cancel；仍保存此次狀態，不宣稱恢復了一條其實未備份的曲線
zero已applied	已寫入標零；沒有保存舊零點可還原	顯示「已變更零點，取消不還原」；中止後完整重做並驗證
一部分point已applied	已執行各點的提交，不等待finish才生效	顯示已成功段數與「校正未完成」；不得把砝碼移除後的讀值直接視為生產可信
交易結果unknown／ACK始終未確認	可能已寫入，也可能未完成；不能靠網路失敗猜測控制器狀態	停止寫入並保留原命令及回覆；明確處理／cancel後完整重做
cancel或60秒租期到期	結束會話，partial；釋放OPTA的保留鎖，**不回滾**	保留業務端「需重新校正」狀態，直到完整重做與精度核對

Edge的取消確認視窗至少寫清楚：「**取消會停止後續校正，但不會還原已寫入的零點或校正點。中止後需完整重新校正並驗證。**」不要把按鈕命名為「還原」或顯示「已恢復原值」。

原Converter／「數值變動才送」設定恢復，僅指**訊息發送策略**恢復；它不是秤重曲線Rollback。OPTA設定備份保存的是閘道器設定／模板，不能代替TDA08B控制器曲線備份。回復舊OPTA韌體也不會替控制器還原曲線。

若產品要求可撤銷校正，後續需先由原廠協定證實可完整讀出／寫回所有曲線資料，或提供明確的暫存、提交與放棄機制，再設計原始資料備份、還原交易、斷電中斷與讀回驗證。**目前未確認有這個能力，不得把一個cancel命令包裝成Rollback。**這是待設計能力，不屬134已交付功能。

08

Edge 最小驗收清單

- ☐ 收到訂閱確認後才query；新boot／舊retained／錯slave不混用。
- ☐ 5、20、20的畫面輸入只轉成5、25、45一次；重送不重加。
- ☐ begin後自動10秒ping，觀察lease_renewed；操作員等超過5分鐘仍可保活，未收到續期確認時有明顯提示。
- ☐ 同reading重複、失效sample、前一revision、不穩定／null都不能觸發下一段。

- ☐ accepted／一般重量／MQTT PUBACK不當成applied；每步匹配boot/requestSid/requestSeq/state/step。
- ☐ ACK遺失只相同命令重送一次；明確not_fresh_stable才重新取樣，不把未知結果當未執行。
- ☐ finish／cancel／中斷停止ping；晚到lease_not_active不抹掉已保存的finish ACK。
- ☐ 原checkbox與門控不永久改寫；收尾後勾選恢復去重、未勾選恢復原定時。unknown待明確cancel。
- ☐ Edge／OPTA重開、MQTT失聯不自動接管；精度、斷電保存、長時另依OC.1～12執行。

參考實作為操作工具下載與執行說明中的 `scale_edge_sim.py`。它是CLI參考與驗證工具，不是完整的業主Edge產品；仍需實作頁面生命週期、控制權、告警、事件儲存及後端資料隔離，並逐項驗收。工具送出ping不等於已確認每筆續期，Edge應自行記錄與監看設備回覆。

09

韌體與控制器實作細節

10

使用者承諾與範圍

Edge 控制流程、累加已知砝碼；TDA08B 儲存並套用校正。輸入新增砝碼 5、20、20 kg，提交總量 5、25、45 kg。總量不是目前未校準的面板讀值，也不是本段增量。第一版單一會話、通道 1、kg、3 或 5 段。單位與安全秤量須由操作人員確認；文件沒有提供可可靠讀取的單位／安全秤量設定，不能自行推斷。

開始前必須選 TDA08B 樣板、設備啟用、bus 0、大端、具有通道 1 的 INT32 weight 暫存器（11 或 203）；現場不得同時透過另一個 Modbus master 或控制器面板更改校正。舊校正規則應停用。會話期間，閘道器阻擋同站號的一般 API／規則寫入與匯流排變速；取消／收尾／逾時釋放保留，不改永久設定。

11

主題與命令

命令：`{prefix}/cmd/calibration`。Edge 只需訂閱既有重量流程的 MQTT topic（標準樣板為 `{prefix}/scale/weight`），重量 payload 追加 `calibration` 物件，包含狀態、採樣與 ACK。`{prefix}/calibration/status`、`sample` 保留為相容診斷，非必要訂閱。命令不可 retained；Edge 忽略 retained 回報。broker ACL 沿用設備命令授權，不能讓未授權客戶發送 cmd/#。

所有命令為小於 384 bytes 的平面 JSON。協定字串為不含跳脫的 ASCII；數值欄位是 uint32 整數，不能使用浮點、負數、指數或重複鍵。最多 12 欄位。韌體使用固定記憶體解析器，不為命令配置 heap。公斤重量必須用十進位字串。

先送 `{"op":"query"}` 取得 boot、sid、seq、state。boot 是每次啟動由硬體亂數產生的 64-bit token；取得亂數失敗時拒絕所有修改命令。每個寫入請求都必須綁定目前 boot。

```JSON
{
  "op": "begin",
  "boot": "0123456789abcdef",
  "sid": 1,
  "seq": 1,
  "slave": 3,
  "steps": 3,
  "unit": "kg",
  "model": "tda08b",
  "capacityKg": "50"
}
```

上述 token 欄為範例佔位字，實際必須是 query 返回的 ASCII token。新 sid 必須大於本次 boot 已用 sid；seq 自 1 開始逐次加 1。request ID 是 `(boot,sid,seq)`。每次只能有一個未完成請求。

begin 唯讀查詢 200–204，驗證感測器狀態、小數位 0–5、分度值 1/2/5/10/20/50。capacityKg 與各段 totalKg 使用該小數位精確換算，不四捨五入、不乘分度值。手冊 195 的正重量值域為 1–99999；另受操作人員指定 capacityKg 限制。舊 FC06 流程的 65535 上限不適用新 FC16 流程。

zero／point／finish／cancel 都帶 boot、sid、seq、slave、steps；ping／query 的例外見表：

op	額外欄位	實際效果
zero	sample、revision	選通道 107=1，再 113=1；操作者先清空秤盤
point	totalKg、sample、revision	檢查總量 > 上段且 ≤ capacity；按順序寫下一段
finish	sample、revision	僅已完成指定段數後，下一段重量 0、199=100 收尾
cancel	無	結束會話、標示 partial；不寫控制器、不回滾已生效段
ping	只需 boot、sid	延長目前 active 會話 60 秒租期，不增加 seq。134 起回覆 lease_renewed，requestSid=本輪 sid、requestSeq=0；不符合活動會話回覆 rejected/lease_not_active
query	無	查現況，不延長租期、不執行寫入

zero、point、finish 都需要本revision的穩定憑證：至少5秒連續有效且控制器穩定、全區段最大最小差≤toleranceRaw；最後成功量測≤2500ms，命令sample/revision符合目前區段。每次成功或未知結果後重置穩定區段與revision。Edge確認放妥後另取三筆不同reading且ready；手動操作以持續有效的ready憑證提交。not_fresh_stable拒絕沒有硬體寫入，可保持同總量與seq、更新憑證重試。

12

交易與 ACK 邊界

所有校正寫入走 FC16，195 寫完整 32-bit 高字在前。點交易：107=1 → 194=段號 → 195/196=總量 → FC03 讀回 194–196 驗證 → 重讀狀態及設定 → 199=100。每筆回應均驗證站號、功能碼、地址、數量、CRC。每次命令寫入前重新查狀態／設定；中途設定變動或不穩定不得送 commit。

`accepted` 只是處理中；`applied` 表示寫入交易取得控制器回覆，不代表精度通過或控制器非揮發儲存經斷電驗證。生效後仍需新穩定樣本，不能靠寫入 ACK 立即送下一段／收尾。MQTT QoS 或重量抵達皆不等於命令 ACK。

任一交易失敗採保守 `unknown`，即使失敗發生在 commit 前；不猜測失敗是否已改動控制器。保留目標站號、繼續狀態與校正重量回報，拒絕更多 zero/point/finish，只允許明確 cancel。相同 ID、相同內容重送回傳相同結果，不再次寫硬體；已消耗序號的相同 ID 不同內容拒絕。檢查階段的 rejected 不消耗序號，可修正後重送。只快取最後一個已消耗序號，較舊命令由 seq/sid 拒絕，沒有無限成長快取。

13

連續重量與資料用途

先建立並啟用正常重量 Converter 流程，再開始校正。系統按已設定 TDA08B 的重量變數辨識流程，不靠 topic 名稱；原模板與永久 on-change 設定不變；活動校正暫時繞過數值去重，正常 finish／cancel／租期結束後回到原間隔與門控，原勾選或未勾選狀態均保留。unknown 仍保留會話占用，須明確 cancel，不能冒充正常完成。原 payload 必須為 JSON object，不得已有頂層 `calibration`，不得混合多台磅秤重量。為保留固定緩衝區餘裕，模板字面長度加每個變數預留 31 bytes 的總和不得超過 192；標準重量／stable／timestamp 模板符合。不符合條件的既有生產模板維持原發送行為，但不能作為校正通道。無可用流程時，寫入前拒絕 `weight_stream_missing`；請恢復標準重量模板並核對流程啟用、topic 與來源連線。

校正會話（包括 unknown）每隔至少 1000 ms 嘗試 FC03 200–204，取得同一回覆的狀態、倍率與重量。回報仍走原重量 topic，暫時繞過該重量流程的 on-change、間隔及觸發閘；流程停用與輸出授權仍有效。結果變更立即回報，會話狀態另每 5 秒回報。取消／收尾／逾時後補一次最後採樣，再按原流程規則發送。其他設備沿用原規則。

原 weight／stable／timestamp 欄位保留；校正事件使用此次直接採樣，失敗為 null，不回送舊重量。timestamp的語意依原模板：訊息時間使用sys.timestamp，量測時間使用RS485欄位.timestamp；量測時間在成功取得樣本時固定，無效量測或本次開機未對時為null。增加的 `calibration` 包含 v、boot、slave、sid、seq、revision、state、step、steps、sample、sampleEvent、ready、valid、stable、weightRaw、decimals、result、reason、requestSid、requestSeq。例如：

```JSON
{
  "weight": 25.0,
  "stable": 1,
  "timestamp": null,
  "calibration": {
    "v": 2,
    "boot": "0123456789abcdef",
    "slave": 3,
    "sid": 1,
    "seq": 3,
    "revision": 3,
    "state": "collecting",
    "step": 1,
    "steps": 3,
    "sample": 9,
    "reading": 60,
    "toleranceRaw": 10,
    "stableMs": 5000,
    "sampleEvent": true,
    "ready": true,
    "valid": true,
    "stable": true,
    "weightRaw": 2500,
    "decimals": 2,
    "result": "state",
    "reason": "sample",
    "requestSid": 0,
    "requestSeq": 0
  }
}
```

Edge 只將 `sampleEvent=true` 且 reading 新增的包計作新採樣，不能把狀態事件計入三次穩定；只有匹配 boot/requestSid/requestSeq 且 result=applied 才能推進命令。重量抵達本身

不是 ACK。一般非校正採樣仍依原 weight／timestamp 使用，不能把 calibration.valid 當成一般輪詢品質。

Modbus 寫入與輪詢共用匯流排，不保證每秒準點，也不承諾寫入期間有新重量。Edge 應以 2500 ms 新鮮度停止斷訊後的下一步，並依 calibration.state 將校正砝碼排除生產統計。partial／unknown／recovery_required 需人工處理，不直接恢復生產可信狀態。

14

中斷與恢復

- MQTT 中斷：沒有 ping 超過 60 秒轉 partial、釋放保留。Edge 等不到 ACK 只能原封不動重送一次；仍無回覆就停。
- 6.0.133 起，週期性唯讀採樣的短暫逾時／格式／CRC 失敗：當筆 weightRaw／timestamp=null、valid=false、ready=false，清空穩定累計；保留 await_zero／collecting。恢復後重新累積至少5秒穩定量測，且收到新命令才可寫入，失敗命令不自動重播。
- 從最後一次有效讀取起達 10000 ms 沒有有效量測（包含直到門檻後才讀回成功）、感測器錯誤、倍率／分度值或設備映射改變：轉 unknown，需取消並重做。控制器沒有已確認的開機識別欄位，短暫通訊恢復不能證明控制器未重開；這是有界的讀取容錯，並非斷電續跑保證。
- 人工搬放砝碼與穩定等待不使用上述通訊門檻。Edge 每 10 秒 ping；人工確認前無固定步驟時限，確認後預設最多等 300 秒取得至少5秒穩定量測及ready，可用 --stable-timeout 調整。有效但不穩定的讀值持續回報，不計為通訊失聯；逾時不送此步命令。
- ACK 遺失：同 ID 重送取得快取結果；不得把 total 再累加。
- 網頁／模擬器重開：先 query，存在會話時拒絕自動接管；明確 cancel 後用較大 sid 從清空秤盤重做。
- OPTA 重開：新 boot、`recovery_required`。沒有持久化交易日誌，無法知道上次是否有部分點已寫入；明確要求完整重做，不自動續跑。舊 boot 命令拒絕。
- cancel、租期結束與 unknown 都不承諾原曲線回復；Edge 應維持需重新校正標記，直到完整重做並驗證。

15

驗收邊界

原生測試使用正式狀態機、正式命令解析器、正式 PowerMonitor FC16／FC03 路徑，UART 傳輸端替身注入成功、失聯、回覆遺失、不穩定與設定變更。MQTT 模擬用真正的本機 broker，透過同一 C++ 程式處理命令，不另外複製閘道器邏輯。

UART 替身不是 TDA08B 的內部校正演算法，也不能證明 RS485 電氣連線、控制器寫入時序／32-bit 行為、曲線精度、重開持久化或長時穩定。這些必須有轉接器／實體秤另驗。USB 接 OPTA 不能替代 USB-RS485 轉接器。

16

2026-10-06 現場勘誤：TDA-08B 測量狀態

實測控制器版本為 **260521**（不是 OPTA 的 6.0.x）。FC03 讀位址 7、數量 2，高字先合併；`.46` Slave 3 回覆 `00 03 F9 A9`，即 260521。

感測器狀態	暫存器 200	bit 4	bit 3
正常且穩定	`0x0018`	1＝正常	1＝穩定
拆線、面板 ERR02	`0x0008`	0＝故障	仍可能為 1，不能單靠穩定判定有效

證據為 KC 提供的正常／拆線對照；KC 確認是在現場同一台控制器上實測。圖片的250829版本標示有誤；先前我們也把原始版本值算錯，130部署後重新讀取及換算確認260521。此勘誤不是原廠公告；實測證據只涵蓋現場控制器。KC 決定採用 TDA-08B 型號統一的正常高位策略，不以韌體版本白名單限制；這不表示已實測所有版本。原手冊表格保留作歷史對照。

OPTA **6.0.132 候選**對 TDA-08B 統一以 bit 4＝1 正常／0 故障檢查開始、寫入前、提交前與連續採樣，不讀版本來阻擋 begin。感測器故障的 begin 回覆 `sensor_fault`。拒絕 begin 不消耗 sid／seq、不寫入校正。通訊、倍率、穩定、新鮮樣本與交易檢查維持。129／130白名單誤設250829；131限制260521；132依KC要求移除版本限制。

儲存設備設定只同步小數位倍率；控制器2位、網頁0.01時直接儲存，不修正重量曲線。三段校正使用已知砝碼累計5／25／45 kg，不使用校正前錯誤示值。132安裝與實秤精度仍須各自驗收。