BCGA AIRSOFT

D1 FCU

Manual de instruções · Unidade de controle de disparo para sistemas HPA

Firmware 2.0.0-rc1 · Atualizado em 2026-09-03 · bcgaairsoft.com/fcu/d1/manual

Parte 1 · Iniciante

Comece por aqui: cada seção em palavras simples, sem números soltos nem termos técnicos.

01 O que é a D1 FCU
A placa que controla o disparo da sua réplica HPA, e o que este manual cobre.

02 Segurança
As regras que valem sempre: mangueira desconectada para mexer, bateria certa, cabo certo.

03 Instalação: FCU, triggerboard e fios
Onde cada coisa liga: FCU, triggerboard, solenoides, bateria e o jumper.

04 Ímãs: já vêm no lugar
O gatilho e o seletor da caixa já vêm com o ímã colado. Você só precisa saber que ele existe.

05 Ligar e conectar pelo celular
O Wi-Fi da placa, o endereço da página e o que o LED está dizendo.

06 A interface: topo, menu e barra de baixo
O botão Config/Disparo, o menu Simples/Avançado e a barra que diz por que a réplica não atira.

07 Painel
A tela inicial: estado da réplica, bateria, tiros e atalhos.

08 Wizard: configurar do zero em 6 passos
O caminho de quem acabou de instalar: bateria, seletor, gatilho, motor, tempos, pronto.

09 Calibração
Ensinar a placa onde o gatilho está solto, onde dispara e onde fica cada posição do seletor.

10 Modos de tiro
Os 11 modos que uma posição do seletor pode ter, explicados um a um.

11 Segundo estágio
Puxada leve dá um tiro; puxada até o fundo dá rajada. Na mesma posição do seletor.

12 **Ramping**
Dedilhe rápido e cada toque vira uma rajadinha na velocidade do seu dedo.

13 **Motor e tempos**
Dizer qual motor você tem e quanto tempo a válvula fica aberta. É o que define FPS e cadência.

14 **Gatilho: ponto de disparo, rearme e ponto por modo**
Deixar o gatilho mais curto ou mais longo sem mexer na mecânica, e diferente para cada modo.

15 **Seletor**
Quantas posições, o que cada uma faz, e o seletor de bancada.

16 **Proteções: por que a réplica não atira**
Cada frase que pode aparecer na barra vermelha, o que ela quer dizer e como resolver.

17 **Telemetria e sessões**
O que a placa mede em cada tiro, e o histórico dos últimos jogos.

18 **Dispositivo: rede, bateria, trava de torneio, atualização**
Senha do Wi-Fi, tipo de bateria, lubrificação, economia de energia, atualização e reset.

19 **Diagnóstico e teste de bancada**
Testar cada solenoide sem a mangueira, ver os sensores ao vivo e o estado da placa.

20 **Desenvolvimento: outros tipos de sensor**
Usar microswitch no gatilho ou no seletor, ou potenciômetro no seletor, em vez dos ímãs.

21 **Console serial (avançado)**
Para quem grava firmware pelo cabo: os comandos do console.

22 **Solução de problemas**
Sintoma, causa provável e o que fazer.

23 **Especificações técnicas**
Os números da placa numa tabela.

24 **Glossário**
As palavras que aparecem na interface e neste manual.

01 O que é a D1 FCU

A placa que controla o disparo da sua réplica HPA, e o que este manual cobre.

Uma réplica HPA não tem motor elétrico nem mola: ela dispara com **ar comprimido**. Dentro dela existe um "motor HPA" (engine), que é uma válvula. Quando a válvula abre por alguns milésimos de segundo, o ar empurra a esfera.

Quem abre e fecha essa válvula é um **solenoide** (um eletroímã), e quem manda no solenoide é a **FCU**: Fire Control Unit, a unidade de controle de disparo. A D1 FCU é essa placa. Ela sente o gatilho, sente o seletor (safe, semi, auto), decide quando e quantas vezes disparar, e protege a bateria e o solenoide.

Você configura tudo pelo **navegador do celular**, sem instalar nada: a placa cria um Wi-Fi próprio, você conecta e abre uma página. Nada vai para a internet.

Com o que ela funciona

- Motores de **um solenoide**: BackDraft Phoenix, S8PA e parecidos.

- Motores de **dois solenoides**: D8PA, PolarStar, Wolverine, SparkLabs, Redline. Nesses, um solenoide dispara e o outro empurra a esfera para a câmara.
- Bateria de LiPo **2S** (7,4 V) ou **3S** (11,1 V), a mesma que réplicas elétricas usam.

Como ler este manual

Cada função tem duas explicações. **Iniciante** diz em palavras simples o que ela faz e o que você precisa decidir. **Avançado** traz os números, os limites e o que a placa faz por dentro. Neste PDF, a Parte 1 é só o Iniciante e a Parte 2 é só o Avançado; no site, é o botão no topo de cada seção. Comece pelo Iniciante.

ATENÇÃO

A D1 está em **Open Beta**: o hardware ainda vai diminuir e funções novas entram toda semana. Se algo aqui não bater com a sua placa, compare a versão do firmware (no rodapé do menu da interface) com a data no topo deste manual.

02 Segurança

As regras que valem sempre: mangueira desconectada para mexer, bateria certa, cabo certo.

PERIGO

Réplica de airsoft dispara projéteis. Tudo que este manual manda fazer (configurar, calibrar, testar) é com a **mangueira desconectada** da réplica e o cano apontado para lugar seguro. A placa tem várias travas, mas nenhuma trava substitui a mangueira fora da réplica.

- **Seletor em SAFE** sempre que pegar na réplica. Em SAFE a placa não dispara.
- **Modo Config** (botão no topo da tela) desliga o disparo enquanto você ajusta. Ele se desliga sozinho quando o Wi-Fi cai.
- **Bateria**: só LiPo 2S ou 3S, e diga à placa qual delas você usa. Vermelho no positivo, preto no negativo.
- **Cheiro de queimado ou calor** no solenoide: desligue a bateria na hora.

03 Instalação: FCU, triggerboard e fios

Onde cada coisa liga: FCU, triggerboard, solenoides, bateria e o jumper.

A D1 vem em duas partes. A **FCU** (76,2 × 24,8 × 9,5 mm) fica onde couber na réplica. A **triggerboard** vai no lugar do contato do gatilho: um sensor sente o gatilho, o outro sente o seletor. As duas se ligam por um cabo de 6 fios.

Os sensores são **magnéticos**: sentem o ímã do gatilho e o ímã do seletor. Nada encosta, nada desgasta. O gatilho e o seletor que vêm na caixa já têm o ímã no lugar.



A própria interface mostra a pinagem do J2, na aba Desenvolvimento.

O que ligar onde

- **Solenoide 1** (poppet): é o que dispara. Todo motor tem.
- **Solenoide 2** (nozzle): só nos motores de dois solenoides. É o que empurra a esfera para a câmara. Se trocar os dois de lugar, a réplica não alimenta.
- **Bateria**: no conector de bateria. Vermelho no +, preto no −.
- **Jumper** (a pecinha que liga dois pinos): deixe em **JP2**. É o que alimenta os solenoides com a tensão da bateria. Sem jumper, o solenoide não recebe energia e a réplica não dispara.

DICA

Antes de fechar a réplica, ligue a bateria e abra a interface: a aba Diagnóstico mostra se os sensores estão vivos e deixa testar cada solenoide sem a mangueira.

04 Ímãs: já vêm no lugar

O gatilho e o seletor da caixa já vêm com o ímã colado. Você só precisa saber que ele existe.

O sensor da triggerboard lê a força do ímã que passa na frente dele. Quando você puxa o gatilho, o ímã se mexe e a leitura muda: é isso que a placa transforma em "solto", "disparo" e "fim do curso". O seletor funciona igual: cada posição deixa o ímã num ponto diferente.

Você não precisa colar nem posicionar ímã nenhum. O gatilho e o seletor que vêm na caixa já têm o ímã no lugar certo. Instale os dois, ligue a triggerboard e vá para a calibração.

DICA

Quer conferir se está lendo? Na aba Diagnóstico, "entradas analógicas" mostra o número de cada sensor ao vivo. Puxe o gatilho e veja um número mudar; gire o seletor e veja o outro.

05 Ligar e conectar pelo celular

O Wi-Fi da placa, o endereço da página e o que o LED está dizendo.

1. Ligue a bateria

O LED da placa começa a piscar 3 vezes seguidas, a cada 2 segundos. Isso significa "Wi-Fi ligado".

2. Entre no Wi-Fi da placa

No celular, procure a rede **D1_FCU-XXXX** (os 4 caracteres são da sua placa). Senha **12345678**. O celular vai dizer que a rede não tem internet: é normal, fique nela.

3. Abra a página

Quase sempre ela abre sozinha. Se não abrir, digite **192.168.4.1** no navegador.

4. Troque a senha

Menu, aba Dispositivo, card "rede". Enquanto a senha for a de fábrica a interface avisa em amarelo.

LED	SIGNIFICADO
3 piscadas rápidas a cada 2 s	Wi-Fi ligado, pode conectar
1 piscada a cada 30 s	Placa ligada e pronta, Wi-Fi desligado
Apagado	Sem bateria, ou bateria muito baixa



Aba Dispositivo, card rede: nome da rede, endereço e troca de senha.

O Wi-Fi desliga sozinho

O Wi-Fi fica ligado só **2 minutos depois de ligar** a placa e enquanto o celular estiver conectado; celular fora, desliga em 5 s.

Para religar o Wi-Fi sem desligar a réplica: seletor em **SAFE** e **gatilho puxado até o fim por 30 segundos**. O LED volta às 3 piscadas.

06 A interface: topo, menu e barra de baixo

O botão Config/Disparo, o menu Simples/Avançado e a barra que diz por que a réplica não atira.



O topo da tela. O botão da direita é o mais importante da interface.

Config e Disparo

No topo existe um switch com duas posições.
Disparo: a réplica atira normalmente e nenhum ajuste pode ser mudado (os campos ficam cinza).

Config: a réplica não atira, e você pode mudar tudo.

Ligue Config para mexer, volte para Disparo antes de conectar a mangueira. Se esquecer, sem problema: quando o Wi-Fi desliga, a placa volta sozinha para Disparo.



O menu. No modo Simples só aparecem quatro abas; no Avançado, todas.

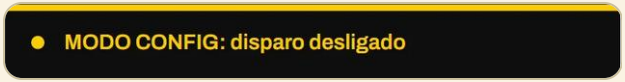
Menu: Simples ou Avançado

O botão ☰ abre o menu. A primeira coisa nele é o switch **Simples / Avançado**. Simples mostra só o que você precisa para a réplica funcionar:

Painel, Wizard, Calibração e Dispositivo. Avançado abre o ajuste fino. Comece no Simples.



Barra vermelha: a réplica não atira, e ela diz por quê.



Barra amarela: disparo desligado de propósito, porque Config está ligado.

A barra de baixo

A faixa fixa no rodapé é o "semáforo" da placa. **Verde**: nada impede o disparo. **Vermelha**: a réplica não atira, e o texto diz o motivo. **Amarela**: Config ligado. Sempre que a réplica não disparar, leia esta barra primeiro.

07 Painel

A tela inicial: estado da réplica, bateria, tiros e atalhos.



O card de estado do Painel. Aqui está em Config (por isso "bloqueado"); com tudo certo aparece PRONTO em verde.



Gatilho ao vivo: a barra segue o dedo; os marcadores mostram onde o tiro sai e onde rearma.

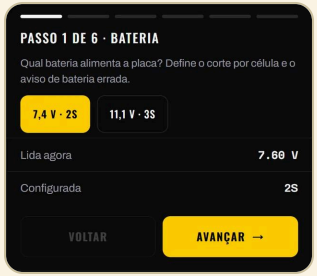


Atalhos: cada linha leva para a aba que controla aquele item.

- **PRONTO ou BLOQUEADO** em letras grandes, com o modo atual (SAFE, SEMI...) e o perfil de motor.
- **Bateria**: volts, porcentagem e o tipo (2S ou 3S). Abaixo de 20 % pense em trocar.
- **Corrente**, **RPS** (tiros por segundo, ao vivo) e **tiros de vida** (o contador total da placa).
- **Motor**: qual motor e marca estão escolhidos.
- **Gatilho ao vivo**: uma barra que se mexe com o seu dedo, mostrando onde o tiro sai (FIRE) e onde ele rearma (RESET).
- **Atalhos** para as abas mais usadas, e um aviso de **lubrificação** quando está na hora de lubrificar o motor.

08 Wizard: configurar do zero em 6 passos

O caminho de quem acabou de instalar: bateria, seletor, gatilho, motor, tempos, pronto.



Passo 1: qual bateria. A tela mostra a tensão que a placa está lendo, para conferir.



Passo 2: quantas posições o seletor tem, e o botão que abre a calibração. Em cada posição você escolhe o que ela faz.



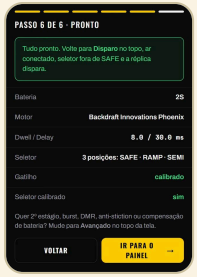
Passo 3: calibrar o gatilho. São 4 passos guiados; o último grava onde o tiro deve sair, com o seu dedo no lugar.



Passo 4: qual motor HPA está na réplica. Isso define se existe nozzle e quais tempos aparecem.



Passo 5: os dois tempos que fazem 90 % do ajuste. Comece com o padrão e ajuste no cronógrafo.



Passo 6: resumo. Volte para Disparo no topo, conecte a mangueira e tire o seletor de SAFE.

O Wizard está no menu (e no card "wizard: configurar tudo" da aba Calibração). Ligue o botão **Config** no topo antes; se esquecer, o próprio wizard oferece o botão. Leva uns 3 minutos e deixa a réplica pronta para atirar.

DICA

No modo Simples, o chip "SEMI" do seletor já vem com **ramping**: se você dedilhar rápido, cada toque vira uma rajadinha. Semi "puro", sem isso, está no modo Avançado.

09 Calibração

Ensinar a placa onde o gatilho está solto, onde dispara e onde fica cada posição do seletor.

Calibrar é mostrar para a placa o que "solto", "puxado" e "posição 2" significam na sua réplica. Sem calibrar, ela não dispara (a barra de baixo fica vermelha dizendo isso). Você calibra uma vez; só precisa repetir se trocar o gatilho, o seletor ou a triggerboard.

Gatilho: 4 passos

1. **Solto**: seletor na posição 1, mão longe do gatilho. A placa aprende o "zero".
2. **Puxado até o fim**: puxe tudo e segure.
3. **Puxada lenta**: solte, depois puxe devagar e uniforme até o fim (2 a 4 segundos), sem parar no meio. A placa "filma" o caminho do ímã e passa a saber exatamente onde o seu dedo está. Se for rápido demais, ela pede de novo.
4. **Ponto de disparo**: solte, puxe devagar só até onde você quer que o tiro saia, e segure. A placa grava esse ponto.

Seletor: uma posição por vez

Escolha quantas posições o seletor tem (ou **Bolt** para sniper de ferrolho: só SAFE e BOLT). Gire para a posição pedida, gatilho solto, espere o botão "Próximo" acender. Em cada posição, toque no que ela deve fazer (SAFE, SEMI, AUTO...). A placa recusa se duas posições ficarem parecidas demais para o sensor e diz o que fazer.

DICA

Ao terminar, a tela pede um teste: puxe até o ponto e solte 5 vezes. O contador de "disparos detectados" tem que acompanhar.



Card do gatilho na aba Calibração.



Card do seletor: escolha as posições (ou Bolt) e toque no botão.



Um passo da calibração: leituras ao vivo, o que a posição faz, e "Próximo" libera quando a leitura assenta.

10 Modos de tiro

Os 11 modos que uma posição do seletor pode ter, explicados um a um.

Cada posição do seletor recebe um **modo**: o que acontece quando você puxa o gatilho naquela posição. Você escolhe na calibração do seletor ou na aba Seletor. Os mais comuns são SAFE, SEMI e AUTO; os outros existem para regras de campo e estilos de jogo.

MODO	EM PALAVRAS SIMPLES
SAFE	Não atira. Normalmente a posição 1.
SEMI	Um tiro por puxada. Solte e puxe de novo para o próximo.
AUTO	Atira sem parar enquanto o gatilho estiver puxado.
BURST 2 / 3 / 4	Uma rajada de 2, 3 ou 4 tiros por puxada. Soltar no meio interrompe.
BOLT	Um tiro, depois um tempo de espera, como se você tivesse que puxar o ferrolho. Para sniper.

MODO	EM PALAVRAS SIMPLES
DMR	Semi com um tempo mínimo entre tiros. Muitos campos exigem isso para DMR.
SHOTGUN	Empurra 2 ou 3 esferas para a câmara e dispara uma vez só. Experimental, só motor de dois solenoides.
BINARY	Um tiro quando puxa e outro quando solta.
RAMP	Semi que vira rajada quando você dedilha rápido. Tem uma seção só para ele.



Os modos que uma posição pode ter, na aba Seletor. BOLT e SHOTGUN aparecem riscados porque o motor escolhido tem um solenoide só; esses dois precisam de dois.

Além do modo da posição, existe o **segundo estágio**: numa posição SEMI, puxar o gatilho até o fundo vira AUTO ou BURST. Tem seção própria mais adiante.

11 Segundo estágio

Puxada leve dá um tiro; puxada até o fundo dá rajada. Na mesma posição do seletor.

O gatilho tem um curso longo, e a placa sabe onde o seu dedo está nele. O segundo estágio usa isso: até certo ponto do curso a posição funciona como SEMI; passando desse ponto, a mesma puxada vira **AUTO** ou **BURST**. Um seletor de 3 posições vira, na prática, um de 5.

- **Ligar**: aba Seletor, switch "2º estágio nesta posição". Só aparece em posições SEMI (ou RAMP).
- **O que vira**: AUTO, BURST 2, 3 ou 4. Cada posição pode ter o seu.
- **Onde fica o ponto**: aba Gatilho, "segundo estágio, curso", em porcentagem do gatilho (padrão 85 %). É um só para todas as posições. A barra "posição ao vivo" mostra o marcador.

DICA

Faça a puxada lenta na calibração. Com ela, "85 %" é 85 % do seu dedo. Sem ela, é 85 % do sinal do ímã, e perto do repouso o ímã quase não mexe: o ponto pode cair antes do que parece.



O curso do 2º estágio, na aba Gatilho, vale para todas as posições.



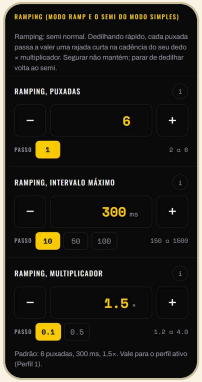
Ligar e escolher o modo do 2º estágio é por posição, na aba Seletor.

12 Ramping

Dedilhe rápido e cada toque vira uma rajadinha na velocidade do seu dedo.



O teto de RPS do perfil continua valendo sobre a rajada do ramping.



Os três ajustes do ramping, em Gatilho, Configurações avançadas.

Na posição em **RAMP** a réplica é semi: um tiro por toque. Mas se você dedilhar rápido (por padrão, 6 toques seguidos com menos de 0,3 s entre eles), a placa mede a sua velocidade e, daí em diante, cada toque vira uma **rajada curta**, um pouco mais rápida que o seu dedo. Segurar o gatilho não mantém a rajada; parar de dedilhar volta ao semi.

Na prática: em semi rápido você "sente" a réplica acompanhar. O quanto mais rápido é o **multiplicador**: 1,5× por padrão (dedilhando 4 vezes por segundo, saem 6 tiros por segundo). No modo Simples, o "SEMI" já vem assim, e o multiplicador está no passo Tempos do wizard.

13 Motor e tempos

Dizer qual motor você tem e quanto tempo a válvula fica aberta. É o que define FPS e cadência.

Perfil, marca e motor

A placa guarda **3 perfis**, cada um com um motor e todos os tempos. Escolha a **marca** e o **motor** que você tem: isso diz à placa se existe um segundo solenoide (nozzle) e faz os campos usarem os mesmos nomes que o aplicativo da sua marca usa. Assim você pode copiar os números que já conhece.

Os dois tempos que importam

- **Dwell**: quanto tempo a válvula fica aberta em cada tiro, em milissegundos. Mais dwell, mais ar, mais **FPS** (velocidade da esfera), mais consumo. Receita: comece no padrão e suba de 1 em 1 ms até o cronógrafo parar de subir; aí volte um passo.
- **Delay**: a pausa depois de cada tiro antes de aceitar o próximo. Menos delay, mais tiros por segundo. Em motor de dois solenoides, é

o delay que dá tempo ao nozzle de voltar; curto demais e a réplica engasga.

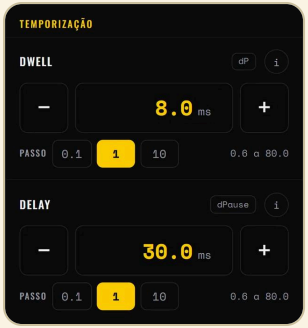
- **Nozzle Dwell** (só motor duplo): quanto tempo o nozzle fica recuado alimentando a esfera.

Ajudas automáticas

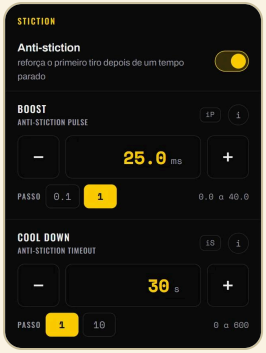
- **Teto de cadência** (Rate of Fire cap): um limite de tiros por segundo em auto, para regra de campo. 0 = sem limite.
- **Anti-stiction**: depois de um tempo parado, o primeiro tiro ganha um reforço para o solenoide frio abrir igual aos outros.
- **Compensação de bateria**: conforme a bateria descarrega, a placa alonga o dwell para o tiro não enfraquecer. Deixe ligada.



Marca e motor. O logo e o número de solenoides seguem a escolha.



Os dois tempos que decidem FPS e cadência. O (i) de cada um mostra o nome na sua marca.



Anti-stiction: reforço no primeiro tiro depois de parado.



DMR, Bolt e Shotgun ficam no fim da aba Motor.

14 Gatilho: ponto de disparo, rearme e ponto por modo

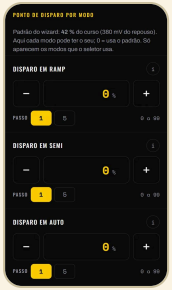
Deixar o gatilho mais curto ou mais longo sem mexer na mecânica, e diferente para cada modo.



A barra do gatilho: RESET e FIRE são os dois pontos desta seção; AUTO é o 2º estágio da posição atual.



Ponto de disparo e rearme em mV, com o equivalente em porcentagem do curso.



Ponto por modo, na sub-aba Configurações avançadas: só os modos que o seletor usa.

- **Ponto de disparo**: o quanto você precisa puxar para o tiro sair. O wizard grava onde você segurou o dedo; aqui você pode encurtar ou alongar.
- **Ponto de rearme**: o quanto você precisa soltar para o gatilho aceitar outra puxada. A placa mantém ele um pouco antes do disparo, para não sair tiro duplo.
- **Ponto de disparo por modo** (sub-aba Configurações avançadas): SEMI pode disparar mais cedo no curso e AUTO mais tarde, para a rajada não sair sem querer. Só aparecem os modos que o seu seletor usa.

15 Seletor

Quantas posições, o que cada uma faz, e o seletor de bancada.



Uma posição do seletor: o modo, o switch do 2º estágio e o modo do 2º estágio.



Seletor virtual: só bancada, com a mangueira desconectada.

- **Posição ao vivo**: em qual posição a placa está lendo o seletor agora.
- **Posições**: para cada uma, os chips do modo. Toque para trocar; não precisa recalibrar. Os que aparecem riscados precisam de motor de dois solenoides.
- **Calibrar seletor**: escolha as posições (ou **Bolt**) e toque no botão. Ver a seção Calibração.
- **Seletor virtual, bancada**: força um modo por software, sem seletor. É para testar na bancada, **com a mangueira desconectada**: com ele ligado, a réplica dispara ao puxar o gatilho.

16 Proteções: por que a réplica não atira

Cada frase que pode aparecer na barra vermelha, o que ela quer dizer e como resolver.

A placa só dispara quando **nenhum** motivo de bloqueio existe: lista vazia, barra verde, réplica atira. Quando não atira, leia a barra e procure a frase aqui.

FRASE NA BARRA	O QUE É	O QUE FAZER
gatilho sem calibracao	A placa ainda não aprendeu o gatilho.	Aba Calibração, calibrar gatilho.
seletor sem calibracao	Idem para o seletor, ou você mudou a quantidade de posições.	Calibrar seletor.
placa filha desconectada	O cabo da triggerboard não está respondendo.	Conferir o cabo e o conector J2.
bateria no corte	Bateria baixa por mais de 5 minutos (abaixo de 6,6 V em 2S, 9,9 V em 3S).	Carregar. Se a bateria está cheia, o tipo (2S/3S) está errado no wizard.

FRASE NA BARRA	O QUE É	O QUE FAZER
sem leitura de bateria	A placa não conseguiu medir a bateria.	Desligar e ligar. Se continuar, aba Diagnóstico.
bateria maior que a configurada	Você colocou 3S mas disse 2S.	Corrigir no wizard, passo Bateria.
atualizacao em curso	Firmware novo sendo gravado.	Esperar.
falha no driver de solenoide	O circuito do solenoide travou.	Desligar a bateria, conferir o solenoide, ligar de novo.
solte o gatilho	O gatilho estava puxado quando a placa ligou, ou logo depois de uma mudança.	Soltar o gatilho por meio segundo.
calibracao em andamento	Um wizard de calibração está aberto.	Concluir ou cancelar.
modo de bancada armado	O teste de solenoide está armado.	Desarmar na aba Diagnóstico (ou esperar 2 min).
modo de configuracao	O botão Config está ligado.	Passar para Disparo no topo.

17 Telemetria e sessões

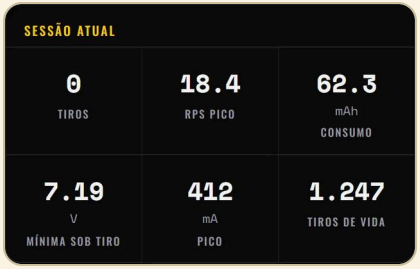
O que a placa mede em cada tiro, e o histórico dos últimos jogos.

A cada tiro a placa mede a **corrente** que passou no solenoide e a **tensão** da bateria naquele instante. Com isso ela sabe se a bobina está saudável (corrente estável), se o conector está solto (corrente zero) e se a bateria está no fim (tensão afundando sob tiro).

Uma **sessão** é de ligar a placa até desligar. A aba Sessões guarda a atual e as **3 últimas**: quando começou, quanto durou, quantos tiros, cadência máxima, consumo e bateria. Serve para comparar jogos e saber quanto o motor já rodou desde a lubrificação.

DICA

A placa não tem relógio. A data e a hora vêm do celular na hora que ele conecta; uma sessão em que nenhum celular conectou fica "sem data", mas guarda o resto.



Telemetria da sessão.



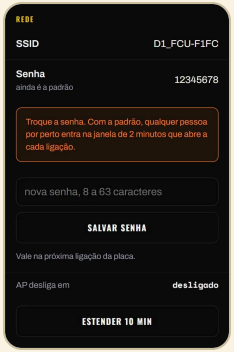
Último tiro: corrente estável = bobina saudável; zero = conector solto.



Uma sessão anterior na aba Sessões.

18 Dispositivo: rede, bateria, trava de torneio, atualização

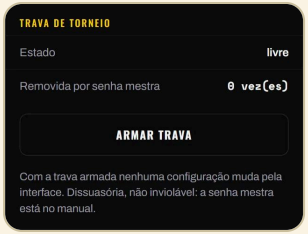
Senha do Wi-Fi, tipo de bateria, lubrificação, economia de energia, atualização e reset.



Rede: aqui você troca a senha do Wi-Fi.



Manutenção: registre a lubrificação e o intervalo.



Trava de torneio.



Atualização de firmware pela interface (OTA).

- **Rede**: trocar a senha do Wi-Fi (8 caracteres ou mais). O nome da rede é fixo.
- **Bateria**: 2S ou 3S, o mesmo do wizard.
- **Manutenção**: quando você lubrificar o motor, toque em "lubrifiquei". A placa conta os tiros e avisa quando chegar a hora de novo (padrão a cada 5000).
- **Energia**: a placa dorme entre as leituras quando o Wi-Fi está desligado, para a bateria durar. Deixe ligado.
- **Trava de torneio**: a organização do evento confere os seus tempos e trava a placa. Depois disso, ninguém muda nada; a réplica continua atirando normal. Só destrava com o código mestre da D1 (na parte avançada desta seção).
- **Atualização de firmware**: quando a BCGA publicar uma versão nova, baixe o arquivo `.bin`, escolha aqui e envie. A placa reinicia sozinha e mantém a sua configuração. Bateria carregada.
- **Restaurar de fábrica**: apaga tudo (calibração, tempos, senha) menos o contador de tiros de vida e a lubrificação.

19 Diagnóstico e teste de bancada

Testar cada solenoide sem a mangueira, ver os sensores ao vivo e o estado da placa.

Testar o solenoide (sem a mangueira)

1. Mangueira desconectada. Seletor em SAFE ou Config ligado.
2. Ligue **Modo de bancada**. Ele trava o disparo e libera o teste por 2 minutos.
3. Toque em **Testar 1, poppet** (ou 2, nozzle). Você ouve o clique e a placa diz o resultado: **ok**, **sem corrente** (fio solto ou bobina queimada) ou **acima do esperado** (curto).

Entradas analógicas mostra os dois sensores ao vivo em mV: é aqui que você confere se gatilho e seletor estão lendo antes de calibrar. **Sistema** mostra há quanto tempo a placa está ligada, memória e a versão.



Teste de solenoide: arme a bancada e teste cada canal, sem a mangueira.



Entradas analógicas: os dois sensores ao vivo, para conferir gatilho e seletor.

20 Desenvolvimento: outros tipos de sensor

Usar microswitch no gatilho ou no seletor, ou potenciômetro no seletor, em vez dos ímãs.



Tipo do sensor do gatilho.



Tipo do sensor do seletor.

A D1 nasceu para ímãs, mas aceita **microswitch** (a chavinha das réplicas elétricas) no gatilho ou no seletor, e **potenciômetro** no seletor. Chave e potenciômetro não precisam de calibração.

21 Console serial (avançado)

Para quem grava firmware pelo cabo: os comandos do console.

Esta seção é só para quem abre a placa e liga um cabo de programação. Para usar a D1 no dia a dia, o celular basta e você pode pular isto.

22 Solução de problemas

Sintoma, causa provável e o que fazer.

SINTOMA	CAUSA PROVÁVEL	O QUE FAZER
Não acho a rede D1_FCU	Os 2 minutos passaram, ou o celular saiu e o Wi-Fi desligou.	SAFE + gatilho preso por 30 s, ou desligue e ligue a bateria.
A página não abre	O celular não abriu o portal, ou trocou para dados móveis.	Digite 192.168.4.1. Desligue os dados móveis enquanto configura.
Campos cinza, não deixa mudar	Modo Disparo.	Ligue Config no topo.
Não dispara	Algum motivo na barra vermelha.	Leia a barra e a seção Proteções.
Dispara sozinho ao girar o seletor	O ímã do seletor está mexendo no sensor do gatilho: gatilho ou seletor fora do encaixe.	Confira o encaixe dos dois e calibre pelo wizard.

SINTOMA	CAUSA PROVÁVEL	O QUE FAZER
Dois tiros por puxada	Ponto de disparo colado no rearme, ou o gatilho "pula" no fim.	Suba o ponto de disparo; confira a mecânica do gatilho.
Rajada não alimenta (motor duplo)	Nozzle Dwell ou Delay curtos, ou solenoides trocados.	Suba os dois; confira poppet na saída 1 e nozzle na 2.
FPS caindo junto com a bateria	Compensação desligada, ou jumper em JP1.	Ligue a compensação; jumper em JP2.
"sem corrente" no teste	Fio solto, bobina queimada ou sem jumper.	Conferir jumper e conector; medir a bobina (uns 3 Ω).
Bateria no corte com bateria cheia	Tipo de bateria errado.	Wizard, passo Bateria.
Wi-Fi some no meio da configuração	Página fechada por mais de 10 min, ou o celular trocou de rede.	Mantenha a página aberta; fixe o celular na rede D1_FCU.

23 Especificações técnicas

Os números da placa numa tabela.

ITEM	VALOR
Dimensões	76,2 × 24,8 × 9,5 mm
Bateria	LiPo 2S ou 3S
Solenoides	1 ou 2, open ou closed bolt
Modos	SAFE, SEMI, AUTO, BURST 2/3/4, BOLT, DMR, SHOTGUN, BINARY, RAMP; 2º estágio por posição
Seletor	2 a 6 posições, ou bolt
Perfis de motor	3
Configuração	Wi-Fi próprio, navegador, sem app
Atualização	Pela interface (OTA)

24 Glossário

As palavras que aparecem na interface e neste manual.

TERMO	SIGNIFICADO
HPA	High Pressure Air: réplica movida a ar comprimido.
FCU	Fire Control Unit: a placa que controla o disparo.
Motor / engine	O conjunto de válvulas que dispara o ar dentro da réplica.
Solenoide	Eletroímã que abre uma válvula quando recebe corrente.
Poppet	A válvula principal: abre e solta o ar que empurra a esfera.
Nozzle	O bico que recua para pegar a esfera e avança para selar (motores de dois solenoides).
Dwell	Tempo que uma válvula fica aberta.
FPS	Pés por segundo: a velocidade da esfera. Medida no cronógrafo.

TERMO	SIGNIFICADO
RPS	Tiros por segundo.
Hall	Sensor magnético linear: a saída acompanha a força do ímã.
mV	Milivolt. A leitura dos sensores, de 0 a 3300; repouso perto de 1650.
Rearme	O ponto em que o gatilho aceita uma puxada nova.
Triggerboard	A placa pequena com os dois sensores, no lugar do contato do gatilho.
JP1 / JP2	Jumper que escolhe a alimentação dos solenoides: 5 V ou bateria.
OTA	Over The Air: atualizar o firmware pelo Wi-Fi.
Anti-stiction	Reforço no primeiro tiro depois de um tempo parado.

BCGA AIRSOFT · D1 FCU

Parte 2 · Avançado

Os números, os limites e o que o firmware faz por dentro, seção por seção.
Volte à parte 1 se quiser primeiro a explicação em palavras simples.

01 **O que é a D1 FCU**

02 **Segurança**

03 **Instalação: FCU, triggerboard e fios**

04 **Ímãs: já vêm no lugar**

05 **Ligar e conectar pelo celular**

06 **A interface: topo, menu e barra de baixo**

07 **Painel**

08 **Wizard: configurar do zero em 6 passos**

09 Calibração

10 Modos de tiro

11 Segundo estágio

12 Ramping

13 Motor e tempos

14 Gatilho: ponto de disparo, rearme e ponto por modo

15 Seletor

16 Proteções: por que a réplica não atira

17 Telemetria e sessões

18 Dispositivo: rede, bateria, trava de torneio, atualização

19 Diagnóstico e teste de bancada

20 Desenvolvimento: outros tipos de sensor

21 Console serial (avançado)

22 Solução de problemas

23 Especificações técnicas

AVANÇADO

01 O que é a D1 FCU

Firmware **2.0.0-rc1** (estado de 2026-09-03). ESP32-S3 com dois núcleos: o núcleo 1 roda só a malha de tempo real a 1 kHz (amostragem dos hall, decisão de tiro, bordas de pulso por temporizador de hardware); o núcleo 0 cuida de Wi-Fi, HTTP, console serial, INA226 e proteções. Nada de I2C, flash ou alocação de memória dentro da malha de disparo.

- Leitura de gatilho e seletor por **hall linear** (SS39ET) na triggerboard, ADC de 12 bits, 0 a 3300 mV, repouso em ~1650 mV.
- Dois canais de solenoide com medição de corrente por tiro (INA226), pulso máximo de 80 ms e integrador térmico.
- API HTTP em `/api/v2/` (JSON), console serial a 115200 baud, OTA com dois slots de firmware.

AVANÇADO

02 Segurança

- **Cabo USB-serial** (só para gravar firmware pelo cabo): adaptador de **3,3 V** no J1, e nunca o pino 3V3 do J1 junto com a bateria ligada. São duas fontes na mesma saída do regulador U3.
- Vias 4 e 5 do J2 levam a tensão de bateria dos solenoides: nada de fio de sensor encostando nelas.
- O pulso máximo é limitado a 80 ms e um integrador térmico recusa o próximo tiro se a bobina estiver quente demais. Um solenoide preso ainda esquenta com pulsos repetidos.
- O disparo é liberado por **ausência de motivos de bloqueio**, não por um botão de armar. A lista de motivos está na barra do rodapé (seção Proteções).

AVANÇADO

03 Instalação: FCU, triggerboard e fios

Conector J2 (triggerboard), JST-ZH 1,5 mm, 6 vias

VIA	SINAL	USO
1	GND	Retorno comum
2	TRIG_IN	Hall do gatilho, ADC1_CH6 (GPIO7)
3	SEL_IN	Hall do seletor, ADC1_CH7 (GPIO8)
4	SOL_2_PWR	Solenoide 2, nozzle
5	SOL_1_PWR	Solenoide 1, poppet
6	+3V3	Alimentação dos hall

Triggerboard: dois SS39ET em faces opostas, cada um com 100 nF de desacoplamento e 1 kΩ em série na saída. Não há pull na FCU nas vias 2 e 3. Sensor soldado direto nos fios funciona (cabo curto, par OUT e GND trançado, 100 nF no sensor).

Alimentação dos solenoides

JP2: solenoides na tensão da bateria (padrão). **JP1**: 5 V regulados, para solenoides de 5 V (raros). A tensão SOL_VDD é medida pelo GPIO1 e aparece na aba Diagnóstico com o jumper detectado; sem jumper, "jumper nenhum". A compensação de bateria (aba Motor) só age com JP2.

Bateria

Tensão e corrente pelo INA226 no barramento I2C interno; se ele falhar, divisor resistivo no GPIO1 como reserva (a placa avisa "fonte divisor"). A corrente de cada tiro dá o veredito da bobina: ok, sem corrente, acima do esperado.

AVANÇADO

04 Ímãs: já vêm no lugar

Para quem monta o próprio gatilho ou seletor. Hall ratiométrico em 3,3 V: repouso ~1650 mV, sensibilidade estimada 0,9 a 1,05 mV/G, faixa linear útil ~1000 a 2300 mV. A placa não presume direção nem curso; exige apenas leitura **monotônica** (nunca o mesmo valor em dois pontos do curso). Curva torta mas monotônica é linearizada pela **puxada lenta** da calibração (LUT de 16 pontos); curva que mergulha não tem conserto por software.

- Dois ímãs com polos opostos em linha (slide-by push-pull): a leitura cruza 1650 mV no meio, curso de 1500 mV ou mais, rampa quase reta. Deixe repouso e fim de curso **na rampa entre os ímãs**, nunca sobre o centro de um ímã (curva plana, pode reverter). Alvos bons em 3,3 V: repouso ~1050, puxado ~2250.
- Calibração recusa curso total < 200 mV e faixas do seletor com < 120 mV entre vizinhas. Mede o vazamento nos dois sentidos; compensa até 400 mV de deslocamento do repouso do gatilho por posição do seletor.

- Ruído medido do sistema: 3 a 4 mV. Cabo curto e trançado; cabo longo solto sobe esse ruído.
- Para caçar degrau na curva: `tools/trig_log.py` no repositório do firmware grava a leitura crua a ~80 Hz enquanto você puxa devagar.

AVANÇADO

05 Ligar e conectar pelo celular

- SSID `D1_FCU-` + dois últimos bytes do MAC. IP fixo 192.168.4.1, também `http://d1fcu.local` (mDNS). Portal cativo por opção 114 do DHCP e DNS curinga: Android 11+ e iOS 14+ abrem a página sozinhos.
- Janela de boot 120 s; sessão de 10 min renovada pela interface enquanto a página está aberta; 5 s depois do último cliente sair o AP desliga e o modo Config cai junto.
- Gesto de religar: seletor em SAFE e gatilho ≥ 90 % do curso por 30 s seguidos abre 60 s de janela. Sem calibração do gatilho vale o desvio bruto ≥ 300 mV em relação à

leitura em repouso. Exige soltar antes de repetir. Console: `wifi on`.

- LED por borda no modo lento (liga e segura 40 ms), porque a placa entra em light sleep entre as leituras com o AP desligado e uma janela no relógio podia cair dentro do sono.
- Sem economia de rádio no AP (latência importa mais que os miliampères); com AP desligado, sono leve em fatias curtas, acordando por UART também.

AVANÇADO

06 A interface: topo, menu e barra de baixo

ABA	O QUE TEM	NÍVEL
Painel	Estado, modo, bateria, tiros, motor, gatilho ao vivo, lubrificação.	Simples
Wizard	Configuração completa em 6 passos.	Simples

ABA	O QUE TEM	NÍVEL
Calibração	Gatilho, seletor, wizard.	Simples
Dispositivo	Rede, bateria, manutenção, energia, OTA, trava, restaurar.	Simples
Motor	Perfis, marca, tempos, cadência, anti-stiction, compensação, DMR, bolt, shotgun.	Avançado
Gatilho	Ponto de disparo, rearme, 2º estágio; sub-aba avançada com ponto por modo e ramping.	Avançado
Seletor	Função por posição, 2º estágio por posição, calibração, seletor virtual.	Avançado
Telemetria	Sessão atual e último tiro.	Avançado
Sessões	Sessão atual e as 3 últimas.	Avançado

ABA	O QUE TEM	NÍVEL
Diagnóstico	I2C, teste de solenoide, entradas analógicas, sistema.	Avançado
Desenvolvimento	Tipo de sensor (hall, chave, potenciômetro), pull-ups, J2.	Avançado

O modo Simples/Avançado é preferência do navegador (localStorage), não da placa. O modo Config é estado da placa (`cfgMode` no `/live`), refletido em todos os celulares conectados.

AVANÇADO

07 Painel

O painel lê `/api/v2/live` a cada 250 ms (120 ms nas abas Gatilho e Calibração). `block` é a máscara de bits das razões de bloqueio; `blocks` os nomes. `forced` indica seletor virtual

ativo. O aviso de lubrificação aparece quando `lubeSince >= lubeInt` e sobe um nível de risco a cada 500 tiros a seco, até 10; não bloqueia o disparo.

AVANÇADO

08 Wizard: configurar do zero em 6 passos

- Ordem: Bateria → Seletor → Gatilho → Motor → Tempos → Pronto. As calibrações abrem o wizard da placa (`cal/start`) e voltam pelo botão "Continuar configuração" para o passo seguinte.
- Passo Seletor: chips de posições enviam `cal/start positions=N sel=1` ; Bolt grava `selector type=2` (SAFE e BOLT) antes. Contagem diferente da calibrada invalida a calibração do seletor.
- Chip "SEMI" do modo Simples = modo RAMP (10) e, ao entrar, grava no perfil ativo `rampPulls=6, rampMs=300, rampMult=15` . Multiplicador editável no passo Tempos quando alguma posição está em RAMP.

- Passo Motor usa o mesmo seletor de marca e motor da aba Motor (marca → motores da marca), com os logos oficiais.

AVANÇADO

09 Calibração

O wizard roda na placa (máquina de estados no núcleo 0), não na página: celular caindo no meio não perde o passo. Cada passo avança quando a dispersão da janela aparada (descarta maior e menor) fica abaixo do limite. Durante a calibração `BLK_CAL_RUNNING` bloqueia o disparo e o modo é forçado em SAFE.

PASSO	O QUE GRAVA
1 solto	`trigRestMv`, faixa 1 do seletor, repouso do gatilho na posição 1.
2 puxado	`trigFullMv`, direção, vazamento gatilho→seletor. Recusa curso < 200 mV.
2b puxada lenta	TrigLut de 16 pontos amostrada a cada 25 ms entre 5 e 95 % do curso; recomeça se < 0,8 s. "Pular" mantém escala proporcional à tensão.
3 ponto de disparo	`fireOffMv` em mV reais do repouso; `resetOffMv` derivado. Recusa colado no repouso ou além do fim.
4..N+2 posições	Faixas `selBandMv[k]` e `trigPosOffMv[k]` (deslocamento do repouso do gatilho por posição, até ±400 mV). Recusa faixas < 120 mV e vazamento acima da borda.

- Histerese do seletor: 60 % da menor separação entre faixas vizinhas, limitada a 60..500 mV, e 60 ms de estabilidade antes de valer a posição nova. 150 ms sem PRESS depois de trocar de posição.
- Repouso adaptativo: com o gatilho solto e quieto, a base segue a deriva até ±200 mV do repouso calibrado; ao trocar de posição do seletor salta direto para `repouso +`

`trigPosOffMv[pos]`.

- **Console:** `cal start <n>`, `cal start sel <n>`, `cal next`, `cal abort`, `cal`. **Erros:** `CALERR_TRIG_TOO_SHORT`, `UNSTABLE`, `SEL_TOO_CLOSE`, `SEL_XTALK`, `TRIG_XTALK`, `FIRE_OUT_OF_RANGE`.

AVANÇADO

10 Modos de tiro

MODO (ÍNDICE)	MOTOR DE DISPARO	PARÂMETROS
SAFE (0)	`cancelAll()`, HAL desabilitado.	
SEMI (1)	1 tiro por PRESS; rearme por `resetOffMv` + 40 ms.	fireMv, resetMv
AUTO (2)	Contínuo enquanto preso; exige 3 amostras novas do ADC entre ciclos.	rps

MODO (ÍNDICE)	MOTOR DE DISPARO	PARÂMETROS
BURST2..4 (3..5)	N ciclos, soltar cancela.	rps
BOLT (6)	Recusa PRESS se `sinceShot < boltMs`.	bolt 200..3000 ms
DMR (7)	Idem com `dmrMs`.	dmr 100..2000 ms
SHOTGUN (8)	N × [nozzle dN → offset] → poppet dP. Só dual.	shotgun 2..3
BINARY (9)	Tiro no PRESS e no RELEASE (janela de 100 ms para o de soltura).	
RAMP (10)	Semi; após `rampPulls` PRESS com ≤ `rampMs` entre eles, rajada por tempo (um intervalo de puxada) a `cadência × rampMult/10`.	rampPulls, rampMs, rampMult

- Trocar de posição com rajada armada cancela a rajada (`mode != armedMode`). Trocar para SAFE ou qualquer bloqueio: `cancelAll()` e HAL desabilitado.
- BOLT e SHOTGUN exigem dois solenoides (`DUAL_ONLY_MODES`). Índices são estáveis: novo modo entra sempre no fim (nunca reordenar, o mapa do seletor grava o índice).

- Ciclo closed bolt dual: nozzle (dN) → poppet (dP) → pausa. Open bolt dual: poppet (dP) → offset → nozzle (dN) → pausa. Um solenoide: poppet (dP) → pausa.

AVANÇADO

11 Segundo estágio

- `Stage2Cfg` (NVS `st2`): `enMask` por posição, `pct` único (5..99, sempre > `firePct`), `mode[6]` por posição. Histerese de estágio 2 → 1 de alguns pontos percentuais; RELEASE do 2º para o 1º cancela a rajada (`TEV_STAGE1`).
- API: `POST selector st2en<k>=0|1 st2mode<k>=m`, `POST trigger stage2=pct`. Console: `set two 1`, `set stage2 85`, `set stage2mode`.
- A interface restringe o modo do 2º estágio a AUTO/BURST e só oferece em SEMI/RAMP; trocar a posição para outro modo envia `st2en=0`. O firmware aceita qualquer modo pelo console.
- Gatilho em modo switch (aba Desenvolvimento) não tem curso: sem 2º estágio.

AVANÇADO

12 Ramping

PARÂMETRO	PADRÃO	FAIXA	EFEITO
rampPulls	6	2..6	Puxadas rápidas seguidas para entrar.
rampMs	300 ms	150..1500	Intervalo máximo entre puxadas da sequência; também limita a duração da rajada.
rampMult	15 (1,5×)	12..40	Cadência da rajada = cadência medida × mult/10. Teto de RPS do perfil ainda vale (o mais lento vence).

- Cadência medida = (n − 1) intervalos em (agora − primeira puxada). Rajada por tempo: `rampUntilMs = agora + min(avgMs, rampMs)`, `holdRequired = false`, `shotsLeft = contínuo`; expira sozinha. RELEASE não cancela uma rajada rampada; STAGE1 e troca de modo cancelam.
- Nova puxada durante a rajada recalcula a cadência e estende o prazo. Parar por mais de `rampMs` zera a contagem.

- Parâmetros por perfil (`Profile` v2, migração automática do blob v1 sem perder tempos). Console: `set rampms` , `set rampmult` (×10), `set ramppulls` . API: `POST profile rampMs= rampMult= rampPulls=` .

AVANÇADO

13 Motor e tempos

CAMPO	FAIXA	NOTA
dP (Dwell)	0,6..80 ms	Unidade interna 0,1 ms. Compensado pela tensão se `comp=1` e JP2.
dPause (Delay)	0,6..80 ms	PolarStar pede ≥ 17 ms no closed bolt dual para o nozzle selar.
dN (Nozzle Dwell)	0,6..80 ms	Só `solenoids=2` .

CAMPO	FAIXA	NOTA
off (Nozzle Offset)	0..15 ms	Só open bolt: entre soltar o nozzle e disparar o poppet.
rps	0..50	Teto; a tela mostra `engineMaxRps` = 1000 / (dP + dPause [+ dN + off no OB]).
iS / iP	0..600 s / 0..40 ms	iP somado ao dP só no primeiro tiro após iS parado; respeita o pulso máximo de 80 ms.
comp	0/1	Referência 3,70 V/célula, teto 2× dP, desliga abaixo de 2,0 V/célula (sensor quebrado).
ob (open bolt)	0/1	Dual: 1 = poppet primeiro (PolarStar OB); 0 = nozzle primeiro (D8PA, CB).

Vocabulário por marca

D1 FCU	BACKDRAFT	POLARSTAR	GATE	REDLINE
dP	Dwell	Poppet Dwell (dP)	Main Valve Time	Nozzle Dwell
dPause	Delay		Main Valve Pause	
dN		Nozzle Dwell (dN)	Nozzle Valve Time	
off		Return to Battery Delay (dr)	Nozzle Valve Pause Offset	
rps		Rate of Fire (rF)	RPS Limit	Full Auto ROF
dmr		Max Semi Auto ROF (Sr)	Sniper Delay	Semi ROF
iS / iP		Anti-Stiction Timeout / Pulse	Anti-Stiction Timeout / Pulse	

Perfil no NVS como blob versionado (v2, com migração de v1). Gravação de flash só com o motor parado há 250 ms (`configService`), nunca dentro da malha de disparo. Console: `profile [n]` , `set dP 240` (unidades de 0,1 ms), `engine` mostra o último pulso medido pela ISR e o dP efetivo.

AVANÇADO

14 Gatilho: ponto de disparo, rearme e ponto por modo

- Disparo por deslocamento **em mV** a partir do repouso, em qualquer sentido (`fireOffMv`, piso 10 mV; ruído 3 a 4 mV). Rearme dentro de `resetOffMv` por 40 ms seguidos (`RESET_DWELL_MS`), sempre ≥ 5 mV abaixo do disparo. Percentuais são só exibição.
- Transição de gatilho exige amostras concordantes; gatilho puxado no boot não dispara até ser visto solto (`BLK_BOOT_TRIGGER`); toda republicação de configuração rearma essa guarda (50 ms solto).
- Ponto por modo: `ModeFireCfg` (NVS `mfire`), `pct[modo]` do curso calibrado, 0 = global. O limiar efetivo é `span × pct / 100`, nunca abaixo de 10 mV, capado abaixo do curso do 2º estágio da posição; o rearme mantém a folga fire−reset do global. API `POST trigger mfire<m>=pct`.

- Janela cega do ADC só enquanto uma bobina está energizada (o pulso do solenoide induz no hall); entre ciclos de uma rajada o gatilho é reamostrado, e o modo contínuo exige 3 amostras novas antes do próximo ciclo.

AVANÇADO

15 Seletor

- `DeviceCfg.modeMap[6]`, `selType` (assault 3, SMG 4, bolt 2, personalizado 2..6) e `selPositions`. Trocar contagem invalida `selCalValid`. Tipo personalizado não zera o mapa; presets trazem o mapa deles.
- `POST selector` não exige SAFE nem Config de propósito (softlock quando a posição atual está errada); a proteção é a guarda de "gatilho visto solto" após qualquer republicação.
- Seletor virtual: `POST mode force=<m>` / `force=off`, console `mode <n>|off`. Só entra com o seletor físico em SAFE ou sem calibração, motor parado; `BLK_SEL_UNCAL` não se aplica

enquanto forçado; cai no reboot. A barra mostra "MODO FORÇADO" em vermelho.

- Seletor por chave (2 posições) e potenciômetro (N faixas iguais entre min e max) na aba Desenvolvimento; nesses casos não há calibração e a sonda de cabo ignora o pino.

AVANÇADO

16 Proteções: por que a réplica não atira

`safetyService()` (núcleo 0) avalia a máscara a cada volta e o HAL de solenoide só é habilitado com máscara zero, ou com a bancada armada (nunca os dois). Setters críticos (OTA, bancada, Config) aplicam o bloqueio na hora, sem esperar a próxima avaliação, porque o upload de OTA roda inteiro dentro de um `handleClient()`.

- Corte de bateria: `vcell ≤ 3300 mV` sustentado por `CELL_CUT_HOLD_MS` = 5 min (afundamento sob tiro zera o timer), libera ≥ 3400 mV. Pack errado: `vbat > cells × 4300`.

- Sonda de cabo (`BLK_DISCONNECTED`): a cada 5 s, com motor parado e SAFE, o amostrador testa os pinos dos hall (~8 ms); pinos em modo chave são ignorados. Console `probe` .
- HAL de solenoide: pulso máximo 80 ms, integrador térmico por canal (recusa com "duty termico"), sobreposição de canais recusada, falha travada exige reboot. Cada recusa aparece como `deny` no `/live` e no `engine` do console.
- Lubrificação: `lubeAt` / `lubeInt` (padrão 5000) fora da configuração, sobrevivem ao reset de fábrica. Não bloqueia. `POST lube` , console `lube done` , `lube int N` .

AVANÇADO

17 Telemetria e sessões

- `Telemetry` : `shots` , `vminMv` (menor tensão com motor ocupado), `ipeakMa` , `mahX100` (integração da corrente do INA226), `rpsPeakX10` (medido entre dois ciclos),

`lastShotMa`, `lastShotVmin`. `EngineState`: `lastPoppetUs` / `lastNozzleUs` medidos pela ISR, `dpEffUs` compensado, `deny`.

- `SessionLog` (NVS `sess`): corrente + 3 históricas; gravada quando os tiros mudam (3 s de folga, motor parado) ou a cada 5 min; no boot a corrente vira histórico se teve tiro ou ≥ 60 s. Data: `POST time epoch=` (a interface manda ao conectar e a cada 10 min) ancora `epochOffset = epoch − uptime`.
- Odômetro de vida (`life`) gravado em NVS fora da configuração; sobrevive ao reset de fábrica. Console `tele`, `status`.

AVANÇADO

18 Dispositivo: rede, bateria, trava de torneio, atualização

- Trava: `POST lock action=engage` exige SAFE ou Config; recusa toda escrita com `tournament_locked` (423). Destravar: `action=master code=<código>`, sem exigir SAFE (destravar precisa funcionar sempre). Código mestre, o mesmo em todas as D1,

impresso aqui de propósito: **BCGA-D1#master!unlock-2026**. A placa conta os destraves (`masterUnlocks`).

- OTA: `POST ota` multipart com o `.bin` de `build/esp32.esp32.esp32s3/` ; grava no slot inativo (`ota_0` / `ota_1` , 3,81 MiB cada), `BLK_OTA` durante o upload, reinicia; console `boot` mostra a partição, `boot other` volta para a outra imagem. Tabela de partições própria (8 MB, NVS 20 KB em 0x9000).
- Reset de fábrica: `prefs.clear()` preservando `life` , `mst` , `lubeAt` , `lubeInt` , `frc` (contador de resets). Exige SAFE ou Config e confirmação. Console `factory-reset` .
- Sono: com AP desligado, console parado e nada em curso, light sleep em fatias, acordando por timer e por UART; `set sleep 0` desliga para bancada. Senha do Wi-Fi em `DeviceCfg.wifiPass` ; `pwdDefault` no `/live` enquanto for a padrão.

AVANÇADO

19 Diagnóstico e teste de bancada

- Bancada: `POST bench/arm on=1` (`BLK_BENCH`, expira em 120 s), `POST bench/sol ch=1|2 ms=N` com veredito por corrente (`ok`, `sem_corrente`, `curto`, `corrente_alta` com hold cortado em 1 s, `cortado`). Console `arm`, `sol 1 24`. Em Config a bancada vale sem SAFE físico.
- I2C: barramento interno (INA226 em 0x40) e externo (J4). `pinMode()` num pino de I2C derruba o barramento no core 3.3.x: a recuperação usa `Wire.end()` antes de bit-bangar. Console `scan`, `recover 0|1`.
- `GET diag?scan=1` traz I2C, `adcSeq` (a interface confere se o amostrador está vivo), SOL_VDD e jumper, uptime, heap livre e mínimo, partição, motivo do reset, `nvsErrors`.

AVANÇADO

20 Desenvolvimento: outros tipos de sensor

- `SensorCfg` (NVS `sens`): `trigSrc` hall|switch, `selSrc` hall|switch|pot, `trigClosedLow` / `selClosedLow`, pull-up interno (~45 kΩ) opcional, `swThreshMv` (padrão

1600) e `swHystMv` (300), `potMinMv` / `potMaxMv` (padrão 150..2900).

- Chave: aberta lê ~3000 mV com pull-up, fechada ~0. Seletor chave = 2 posições. Pot: 10 kΩ linear com 1 kΩ em cada ponta (o ADC satura em ~3100 mV e é não linear perto dos trilhos); faixas divididas por igual entre min e max, histerese 60 % da largura.
- `configPublish()` sintetiza `selBandMv` / `selCalValid` para chave e pot: o `input.cpp` do seletor não muda. Trocar tipo exige SAFE ou Config; a sonda de cabo ignora pinos em modo chave. `POST sensors trig= sel= pullups= thresh= hyst= potMin= potMax=`.

AVANÇADO

21 Console serial (avançado)

Adaptador USB-serial de **3,3 V** no J1 (nunca o pino 3V3 com a bateria ligada), terminal a **115200 baud**. `help` lista tudo. O primeiro caractere pode se perder se a placa estiver em light sleep: mande um Enter antes.

```
status            estado geral e razoes de bloqueio
json              despeja os JSON da API (live, config, cal, diag)
scan              varre os dois I2C e mostra as linhas
adc               leitura dos tres analogicos
trig              gatilho, seletor e modo
engine            perfil ativo e ultimo pulso medido
config on|off     modo de configuracao
arm | disarm      modo de bancada (bloqueia o disparo, libera sol)
sol 1|2 [ms]      pulso de teste com verificacao por corrente
mode <n>|off      forca o modo (0 SAFE 1 SEMI 2 AUTO 3-5 BURST 6 BOLT
                  7 DMR 8 SHOTGUN 9 BINARY 10 RAMP)
fire              puxada simulada no modo atual (respeita as travas)
probe             sonda de cabo do J2 agora
cal start <n>     wizard: n posicoes do seletor, 0 = so gatilho
cal start sel <n> wizard so do seletor
cal | cal next | cal abort
profile [n]       mostra ou troca o perfil ativo, 1 a 3
set <campo> <v>   dP dPause dN off rps iS iP sol ob comp dmr bolt shotgun
                  rampms rampmult ramppulls fire reset two stage2
                  stage2mode cells sleep seltype map1..map6
```

```
save              agenda a gravacao do que estiver pendente
wifi [on|off]     estado do AP ou liga/desliga
tele | lube [done|int N] | lock [on|off]
recover 0|1       recupera barramento I2C travado
boot [other]      particao em execucao; other volta para a outra
factory-reset | reboot | help
```

Gravar pelo cabo: `.\tools\build.ps1 -Port COMx` no repositório do firmware (empacota a interface, compila, grava). `-Monitor` abre o console. O banner de boot mostra versão, commit do git e data do build.

AVANÇADO

22 Solução de problemas

- Leitura do hall "escorregando" devagar para baixo e nunca voltando: não é campo, é o capacitor de 100 nF descarregando; o sensor não está acionando a saída (solda ou sensor morto).

- Degrau seco na curva do gatilho repetido no mesmo ponto do curso: mecânica (ímã ou gatilho saltando). Curva suave no cru mas barra saltando: filtro ou LUT, refaça a puxada lenta.
- `vbat = -1` no console não significa bateria ausente: a leitura do INA226 falhou; `scan` diz se ele ainda responde. Reset instável ao gravar pelo cabo: primeiro suspeito é o C19 não populado.
- Árvore de resolução de problemas no site: `/fcu/wizard/resolver`.

AVANÇADO

23 Especificações técnicas

ITEM	VALOR
MCU	ESP32-S3-MINI-1-N8, 8 MB flash, malha de disparo a 1 kHz no núcleo 1
Medição	INA226 (tensão e corrente), divisor resistivo de reserva no GPIO1

ITEM	VALOR
Corte de bateria	3,30 V/célula por 5 min, libera 3,40; aviso > 4,30 V/célula
Saídas de solenoide	2 canais, pulso máx. 80 ms, integrador térmico, verificação por corrente, JP1 5 V / JP2 bateria
Sensores	2 hall SS39ET na triggerboard (J2, JST-ZH 6 vias); chave e potenciômetro opcionais
Tempos	0,1 ms de resolução; bordas de pulso por gptimer de 1 µs
Rede	AP `D1_FCU-XXXX`, 192.168.4.1, d1fcu.local, portal cativo; API `/api/v2/`
Firmware descrito	2.0.0-rc1 (2026-09-03)