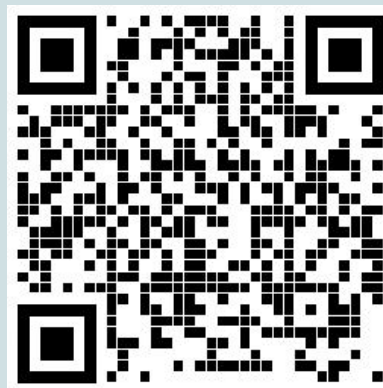


Adaptiv undervattenslyssning:

Utveckling av digitalt hydrofonsystem med automatisk förstärkningskontroll.



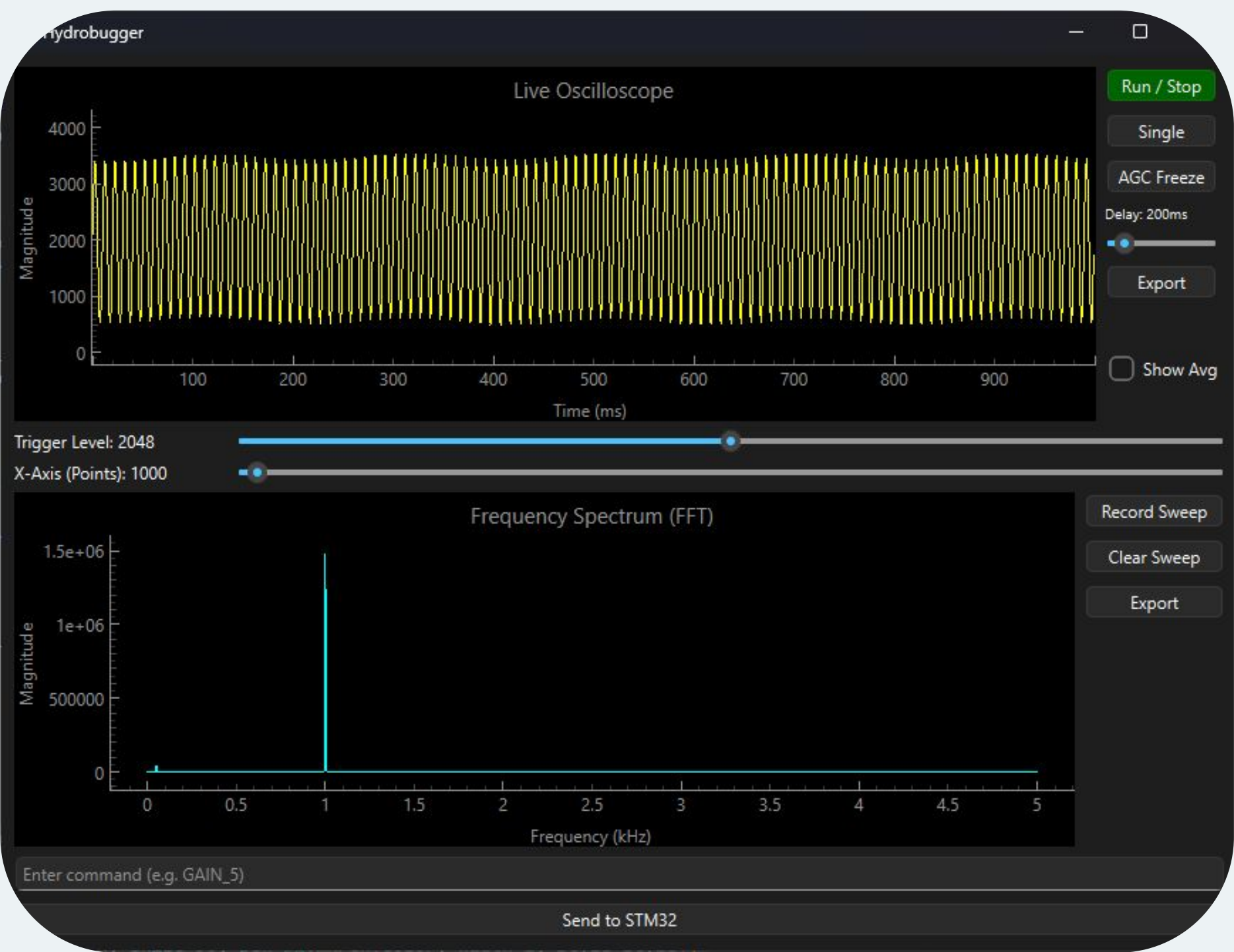
Albin Åkerström
LinkedIn

Slutsatser och framtida möjligheter

Projektet demonstrerar att det är fullt möjligt att bygga en strömsnål och adaptiv hydrofonlösning med ett dynamiskt mätfönster, utan att förlora förmågan att mäta mycket lågfrekventa ljud. Att justeringen uppåt begränsas i hastighet av de lägsta frekvenserna är en fysikalisk kompromiss i den nuvarande designen. För att vidareutveckla metoden framöver hade det varit intressant att undersöka om systemet kan göras ännu mer responsivt genom att i realtid analysera signalens frekvensinnehåll. Genom att låta systemet känna igen vilka frekvenser som för tillfället är aktiva, skulle det potentiellt kunna förutse förändringar och anpassa mätfönstret ännu snabbare.

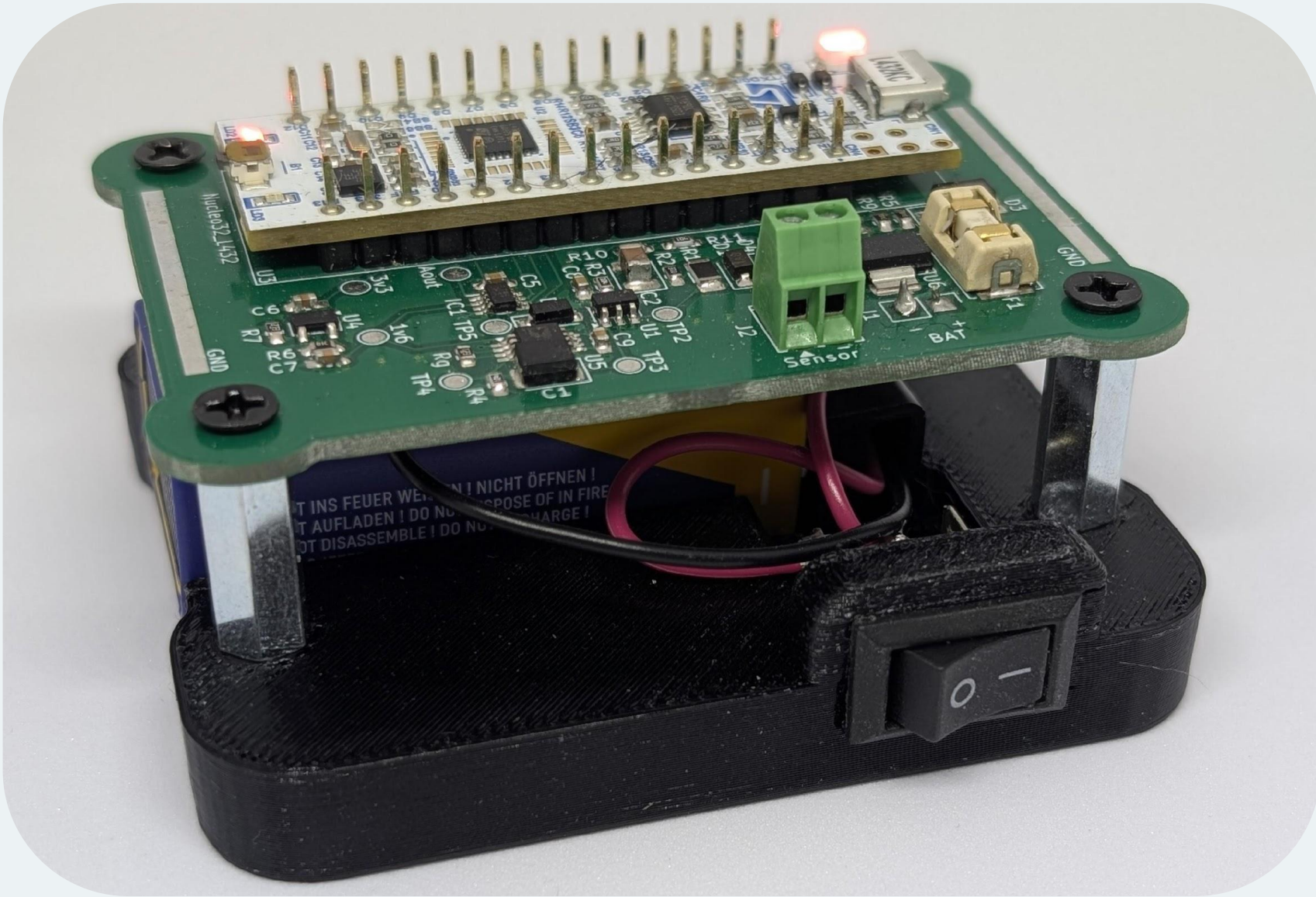
En utmaning i kontraster

Hydrofoner fungerar i grunden som mikrofoner, men är specialdesignade för att användas under vatten. Eftersom de allra lägsta ljudfrekvenserna färdas längst sträckor genom havet, är hydrofoner ofta optimerade för att registrera just dessa. Att övervaka undervattensljud är idag viktigt för flera områden, från marinbiologers kartläggning av djurliv till allmän marin miljöövervakning och kontroll av fartygstrafik. Ljudmiljön under ytan är dock dynamisk och ställer höga krav på mätutrustningen. Volymen kan variera kraftigt; från det svaga ljudet av en fisk som simmar förbi, till den kraftiga tryckvågen från en undervattensexlosion eller ett passerande fartygsskrov. Denna stora kontrast i ljudtryck skapar tekniska svårigheter när signalen ska spelas in och omvandlas för digital analys.



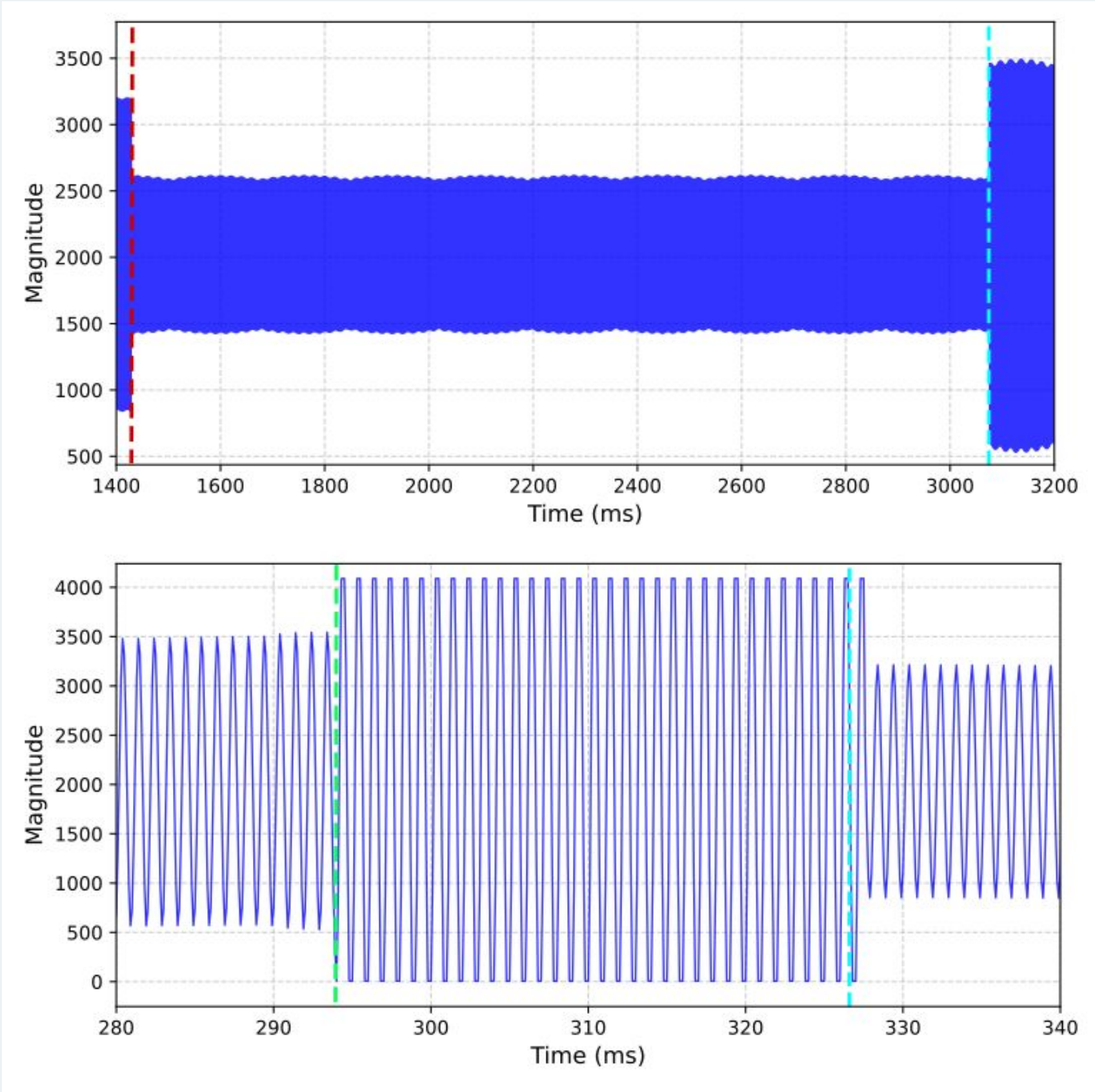
Skräddarsydd maskin- och programvara

För att testa metoden i praktiken utvecklades en komplett prototyp. Den analoga signalbehandlingen och strömförsörjningen implementerades på ett egenutvecklat kretskort. En av de stora utmaningarna var att anpassa kretsen för piezokeramiska sensorer, vilka kräver extremt hög ingångsimpedans för att inte filtrera bort de lägsta frekvenserna innan de ens har registrerats. Kretskortet integrerades därefter med ett utvecklingskort för en STM32-mikrokontroller. Vidare utvecklades ett PC-program i Python för att visuellt kunna analysera och logga signalerna i realtid. Mjukvaran på mikrokontrollern programmerades för att kontinuerligt övervaka signalen, hantera minnesöverföringen och automatiskt styra hur mycket den analoga signalen behövde förstärkas.



Rörligt fönster, smartare digitalisering

När analoga ljudvågor ska digitaliseras för att kunna behandlas av en dator, kan den digitala omvandlaren bara tolka signalen inom ett förutbestämt spänningsfönster. Om det inkommande ljudet är för svagt drunknar det i brus, och om det är för starkt klipps signalen av, vilket innebär att viktig information går förlorad. Ett sätt att lösa problemet vore att använda mätutrustning med ett mycket stort fönster och hög upplösning som kan fånga hela omfånget samtidigt. Nackdelen är att ett sådant system drar onödigt mycket energi och kräver stora mängder minne. I det här projektet har problemet istället lösts med en adaptiv design. Istället för ett resurskrävande fönster, används ett mindre mätfönster som automatiskt flyttar sig upp och ner baserat på den rådande ljudnivån. Genom en automatisk förstärkningskontroll (AGC) säkerställs att fönstret alltid är centrerat över den relevanta informationen.



Adaptiv förstärkning, med en hake

Testerna av prototypen, vilka genomfördes via både simuleringar och fysiska mätningar, visade att det adaptiva systemet fungerar väl för att hantera stora ljudkontraster. Mikrokontrollern kunde snabbt reagera och sänka förstärkningen när en stark insignal upptäcktes, vilket skyddade signalen från att klippas. Utvärderingen identifierade dock en intressant teknisk flaskhals. När ljudvolymen plötsligt sjunker och förstärkningen behöver höjas för att fånga upp svaga ljud, begränsas reaktionshastigheten av hydrofonens design. Eftersom prototypen är konstruerad för att kunna registrera extremt djupa toner (ner till 1 Hertz), måste systemet "vänta in" dessa långsamma vågor. Annars riskerar systemet att feltolka en naturlig vågdal i en lågfrekvent signal som att hela ljudnivån har sänkts.