Kursplan för

Minnesteknologi för maskininlärning Memory Technology for Machine Learning

EITP25, 7.5 högskolepoäng, A (Avancerad nivå)

Gäller för: 2025/26
Fakultet: Lunds tekniska högskola
Beslutad av: Programledning C/D
Beslutsdatum: 2025-04-14
Ikraftträdande: 2025-05-05

Allmänna uppgifter

Huvudområde: Nanovetenskap **Fördjupning:** Avancerad nivå, kurs/er som inte kan klassificeras
Valfri för: E4-is, F4, F4-fel, MNAV1, MSOC2, N4-hn
Undervisningsspråk: Kursen ges på engelska

Syfte

Målet med denna kurs är att ge djup förståelse för hur minneskomponenter kan användas för att accelerera beräkningar av kritisk betydelse för maskininlärning. Kursen ger en introduktion till de arkitekturer och algoritmer som används inom maskininlärning för att ge en grundläggande förståelse för vilka behov minneskomponenter och system baserade på dessa behöver uppfylla. Fysiken bakom etablerade minneskomponentteknologierna beskrivs, och särskilt fokus läggs på ej etablerade icke-volatila minnesteknologier, memristorer, såsom fasförändringsminnen, magnetiska och resistiva minnen, samt ferroelektriska minnen, och deras potential för representation av multipla tillstånd. Vidare behandlas strategier och utmaningar i designen av hårdvara för processning-i-minne samt neuromorf teknologi. Slutligen behandlas spik-baserade neurala nätverk implementerade i elektronisk hårdvara.

Mål

Kunskap och förståelse
För godkänd kurs skall studenten

- förklara översiktligt hur minneshierarkin i en modern dator ser ut och i detalj hur dess minneskomponenter fungerar.
- förstå de fysiska processer som ligger bakom funktionen i vanliga icke-volatila minnestyper som RRAM, PCM, FeRAM/FeFET/FTJ och STT-MRAM.
- förstå generellt vilka begränsningar och fördelar som de olika minnestyperna som behandlas i kursen har.
- förstå generellt hur matriser av minneskomponenter kan användas för att utföra beräkningar i minnet, med minimala dataöverföringar.
- förklara i detalj hur inlärning sker i ett spikande neuralt nätverk, samt hur memristorer kan användas i sådana.
- förstå de möjligheter i termer av energieffektivitet samt beräkningshastighet som processning-i-minne medför, samt vilka delar av systemet som begränsar prestandan.

Färdighet och förmåga
För godkänd kurs skall studenten

- utföra mätningar och analys av ström-spänningskarakteristiken från en memristor-komponent.
- mäta upp samt utifrån ett uppmätt polarisation-fält-diagram kunna extrahera viktiga parametrar för en ferroelektrisk kondensator.
- kunna ge förslag på hur hastighet, pålitlighet samt energiförbrukning kan förbättras för ett memristor-baserat system som implementerar processning-i-minne.
- utföra simuleringar för att utvärdera prestanda hos ett processning-i-minne system.

Värderingsförmåga och förhållningssätt
För godkänd kurs skall studenten

- inse behovet av energieffektiv och skalbar neuromorf hårdvara för maskininlärning och AI.
- utvärdera lämpligheten för en given minnesteknologi för diverse användningsområden utifrån dess fördelar och nackdelar.

Kursinnehåll

Minneskomponenter i datorn: SRAM, DRAM, NAND

Memristorer: resistiva minnen (RRAM), fas-ändringsminnen (PCM), ferroelektriska minnen (FeRAM, FeFET, FTJ), magnetiska minnen (MRAM), icke-idealiteter

Maskininlärningsmetoder: Bakåtpropagering, gradiell nedstigning, kvantisering.

Processning-i-minne: Cross-bar, Beräkningsmetoder, design av beräkningskärna, AD/DA-konverterare, Initiering av minne, träningsmetoder

Spik-baserade neurala nätverk: Koncept från biologiska system - STDP, lateral inhibition, plasticitet, neuronkretsar, nätverk-på-chip.

Kursens examination

Betygsskala: TH - (U, 3, 4, 5) - (Underkänd, Tre, Fyra, Fem)
Prestationsbedömning: Skriftlig examen, projektarbete, laborationer med rapport.

Om så krävs för att en student med varaktig funktionsnedsättning ska ges ett likvärdigt examinationsalternativ jämfört med en student utan funktionsnedsättning, så kan examinator efter samråd med universitetets avdelning för pedagogiskt stöd fatta beslut om alternativ examinationsform för berörd student.

Moduler
Kod: 0119. **Benämning:** Skriftlig tentamen.
Antal högskolepoäng: 4.0. **Betygsskala:** TH - (U, 3, 4, 5).
Prestationsbedömning: Prov **Modulen omfattar:** Skriftlig examen vars omfattning ska täcka alla kursens ämnen.
Kod: 0219. **Benämning:** Laboration.
Antal högskolepoäng: 1.0. **Betygsskala:** UG - (U, G). **Prestationsbedömning:** Godkänt moment vid närvaro vid laborationen samt godkänd labbrapport. **Modulen omfattar:** Praktisk laboration med efterföljande labbrapport.
Kod: 0319. **Benämning:** Projektuppgift.
Antal högskolepoäng: 2.5. **Betygsskala:** UG - (U, G). **Prestationsbedömning:** Förståelsenivån i den skriftliga rapporten, samt kontroll av programkod avgör huruvida godkänt resultat har erhållits. **Modulen omfattar:** Projektet består i att designa samt träna upp ett neuralt nätverk för att kunna känna igen över 90% av bilderna från en fördefinierad databas. Projektet ska utföras enskilt eller i par. Projektet ska redovisas med en skriftlig rapport och fungerande MATLAB-kod.

Antagningsuppgifter

Förutsatta förkunskaper: Grundläggande kunskaper i fasta tillståndets fysik.
Begränsat antal platser: Nej

Kurslitteratur

- An Chen, James Hutchby, Victor Zhirnov, George Bourianoff: Emerging Nanoelectronic Devices. Wiley, 2014, ISBN: 9781118958254.

Kontaktinfo

Kursansvarig: Mattias Borg, mattias.borg@eit.lth.se
Hemsida: https://www.eit.lth.se/kurs/eitp25

Övrig information

Kursen använder sig av Canvas för kommunikation, inlämning samt studiematerial.