Anna Whitlocks Gymnasium
Teknikprogrammet inriktning design och produktutveckling
Läsåret 2021/2022
Handledare: Sofie Danielsson

Ett internationellt programmeringsspråk

Elias Sjögreen

Sammanfattning

Computer programming has gone from being a relatively unusual skill to something more and more people are learning, for jobs and as a hobby. The global demand for programmers is increasing in line with the internet and global digitalization. Most programming languages are however written in and use English while the majority of the world does not use English as its primary language. This report examines the possibility of creating a specification and prototype implementation of a programming language which is translateable between multiple different written languages as a way of making programming more accessible to a global audience.

Innehållsförteckning

Inledning **3**

Bakgrund **4**
Begreppslista . . . 4
Programmeringsspråk . . . 5
En global efterfrågan för programmerare . . . 5
Block- och flödesprogrammering . . . 6
Textprogrammering . . . 6
Symbolprogrammering . . . 8
Ett programmeringsspråks uppbyggnad . . . 8
Lexikalanalys . . . 8
Syntaxanalys . . . 8
Formell grammatik . . . 9
Kompilation, transpilation och interpretation . . . 10

Syfte och Frågeställning **11**

Metod **12**
Val av programmeringsspråkstyp . . . 12
Verktyg och implementationsspråk . . . 12
Planering och struktur . . . 12

Genomförande **14**
Specifikation . . . 14
Värden . . . 14
Identifierare . . . 14
Kommentarer . . . 15
Makron . . . 15
Operatorer . . . 15
Nyckelord . . . 16
Uttryck . . . 17
Satser . . . 18
Program . . . 19

Transpilation 20
Implementation 20

Resultat **21**

Diskussion och Slutsats **22**
Mellanspråklig användning 22
Icke-latinska skriftspråk 22
Läsbarhet 22
Kontext och nyckelord 23
Vidare utveckling 23

Källförtäckning **24**

Bilagor **26**
Bilaga 1. Diagram av en formell grammtik för heltals aritmetik 26
Bilaga 2. Syntaxträd utav exempel program i heltals aritmetik 28
Bilaga 3. Full lexikal EBNF specifikation av programmeringsspråket . 29
Bilaga 4. Full syntax EBNF specifikation av programmeringsspråket . 30
Bilaga 5. Exempelprogram “Hej, Världen!” 31
Bilaga 6. Exempelprogram uttryck 31
Bilaga 7. Exempelprogram satser 32

Inledning

Datorprogrammering har gått från att vara en relativt ovanlig färdighet till något fler och fler människor lär sig, för jobb och som en hobby. Industrin och den globala efterfrågan för programmerare ökar i takt med internet och i princip all teknologi, från din mikrovågsugn till dator till det komplexa system som styr exempelvis elnätet. Detta är inte heller något lokalt fenomen, digitaliseringen är global men majoriteten av programmeringsspråken som är ett väsentligt verktyg för denna teknologiska utveckling är fortfarande begränsade av en språkbarriär då de flesta programmeringsspråk använder sig av engelskan. Denna rapport undersöker möjligheten att skapa en specifikation samt prototyp implementation av ett programmeringsspråk med mål att vara översättningsbart mellan olika skriftspråk.

Bakgrund

Begreppslista

Programmeringspråk eller programspråk är en representation i text eller visuellt av de instruktioner som man önskar ska kompileras för att sedan köras, antingen som maskinkod, mellanrepresentation eller tolkas i en interpretator.

Maskinkod är den binära kod, bestående av olika instruktioner som en dator direkt kan tolka och genomföra.

Plattformsoberoende kod eller mellanrepresentation är en typ av kod som kan köras på en virtuell maskin på datorn istället för att köras direkt på datorn genom maskinkod.

Källkod eller källprogram är ett datorprogram representerat som det programmeringsspråk det från början var skrive i.

Program eller datorprogram är vilket som helst program som en dator kan tolka och genomföra. Detta innefattar maskinkod men även källkod och olika typer av plattformsoberoende kod.

Virtuell maskin är en virtuell dator som i programmeringssyfte används för att skapa en miljö där plattformsoberoende kod eller olika mellanrepresentationer kan köras så som om dess kod var äkta maskinkod.

Interpretator eller programtolk är ett datorprogram som tolkar och genomför de instruktioner som beskrivs i programmet direkt utan översättning eller kompilation till maskinkod eller någon mellanrepresentation.

Kompilator är ett datorprogram som kan översätta ett program skrivet i källkod till datorprogram som går att köra representerade som maskinkod eller olika mellanrepresentationer.

Integrerad utvecklingsmiljö är ett datorprogram som innehåller ett antal olika verktyg för att arbeta med exempelvis programmering. Detta kan inkludera exempelvis en textredigerare, visuell programmeringsmiljö och en kompilator eller interpretator.

Datastruktur är en abstraktion av flera olika datavärden så som exempelvis en lista, ett träd eller en tabell. Detta görs för att datorn effektivt skall kunna arbeta med icke-primitiva datavärden och för att förenkla användandet.

Programmeringsspråk

I grunden kan alla datorprocessorer tolka vissa instruktioner vid namn maskinkod ("maskinkod", 2021). Allt en dator gör bygger på dessa, ofta mycket enkla instruktioner, representerade binärt i datorns minne. Maskinkoden kan vara svåra att läsa och skriva som människa. Komplexiteten för program skrivna i maskinkod snabbt ökar för större program, detta på grund av maskinkodens närhet till hårdvaran som tolkar programmet. För att tackla detta problem så har olika programmeringsspråk skapats för att göra programmeringen av datorer mer abstrakt och därmed möjliggjort mer avancerad, effektivare och enklare programmering.

Källkod är den centrala delen i ett programmeringsspråk som representerar det som ett datorprogram gör och är skriven för hand. Vanligtvis består källkoden av olika kodord, operationer, uttryck och värden i en text. Dessa kodord, operationer, uttryck och värden tolkas sedan på olika sätt av programmeringsspråket för att till vara körbart av en dator som maskinkod.

När man talar om programmeringsspråk talar man ofta om olika hög- eller lågnivåspråk. Detta är ett koncept som används för att definiera hur nära källkoden är till den slutgiltiga maskinkoden. Historiskt tidiga programmeringsspråk är ofta närmare maskinkod och skulle därmed kunna kallas låga medan moderna ofta är väldigt abstraherade från den faktiska maskinkoden som körs och därmed är högnivåspråk. Fördelen med lågnivåspråk är just dess närhet till hur en dator fungerar och tänker vilket gör att det går att skriva mycket effektiv kod, ett bra exempel på ett sådant språk är assembler ("assemblerspråk", 2021) vilket är ett samlingsnamn för språk där maskininstruktioner är översatta till ord och värden för olika hårdvara. Till skillnad från lågnivåspråk är högnivåspråk mycket enklare för utvecklaren att skriva samt förstå och är de vanligast använda (Carbonnelle, 2021; *TIOBE Index*, 2021).

En global efterfrågan för programmerare

Programmering som yrke har under de senaste hundra åren växt fram otroligt snabbt och behovet för mjukvaruutvecklare är idag mycket stort. I endast Sverige beräknas det saknas omring 70000 personer för att möta det växande behovet inom IT branshen (*IT-Kompetensbristen*, 2020) till år 2024. I en artikel från mjukvaruutvecklarföretaget Future Processing (*How Many Developers Are There In The World In 2021?*, 2021) skriver dom om den förväntade utvecklingen samt nuvarande efterfrågan för utvecklare. I år, 2021, uppskattas det finnas omkring 26,9 miljoner mjukvaruutvecklare globalt och ökas till kring 45 miljoner år 2030.

I en årlig undersökning av internet- och mjukvaruutvecklingsforumet Stack Overflow har man frågat 80000 utvecklare, studenter och andra användare om bland annat utbilding, land, erfarenhet och andra relevanta frågor (*Stack Overflow Developer Survey 2021*, 2021). I undersökningens statistik om vart undersök-

ningsdeltagarna bor är det endast kring 27,31%[1] som bor i länder där engelska är ett officielt förstaspråk. av dom mer än 37 olika programmeringsspråken som det deltagarna i undersökningen har använt sig av som svar i olika frågor är endast ett språk[2] ej baserat på engelskan.

Att programmeringsspråk inte vanligtvis är skrivna i användarens modersmål utan på engelska skulle kunna påverka spridningen, utbildningen och användingen av programmeringsspråk i icke engelskspråkiga länder[3].

Block- och flödesprogrammering

I ett programmeringsspråk där översättning till andra språk prioriteras finns det ett antal olika tillvägagångssätt, alla med olika för- och nackdelar.

Blockprogrammering är bland det vanligaste av de olika typerna av översättningsbara programmeringsspråk. Dessa språk är ofta till för utbildningssyfte och fungerar på sätt att de består av block, liknande dom i Lego. Blocken kan ha olika funktioner som till exempel värden, uttryck eller olika satser. Man bygger ett program genom att koppla ihop dessa block i en specialbyggd programmeringsmiljö. De kändaste och mest använda programmeringsspråket (*Scratch - Statistics*, 2021) implementerat på detta vis är Scratch (*Scratch - About*, 2021), originellt utvecklat av MIT senare Scratch Foundation. Detta språk utvecklades i utbildningssyfte med översättning och lättanvändning i åtanke och dess målgrupp är framförallt grundskolebarn.

Flödesprogrammeringsspråk är egentligt på många sätt lika de block baserade programmeringsspråk i att dem använder sig av visuella block. I ett flödesbaserat språk är dock dessa block inte sekventiella utan ihopkopplade med sladdar som representerar ett värdes flöde genom programmet. Spelmotorer som Unreal (*Blueprint Visual Scripting*, 2021), Unity (*Bolt Visual Scripting | Unity*, 2021) och Godot (Godot Engine contributors, 2021) samt 3d modelleringsprogram som Blender (*Introduction — Blender Manual*, 2021) använder sig av nodbaserad programmering för ett enklare alternativ till traditionell textbaserad programmering. Detta alternativ är likt blockprogrammering i det att etiketterna och texterna på noderna är översättningsbara.

Textprogrammering

Ett annat alternativ till visuella programmeringsspråk så som de block- och flödesbaserade språken tidigare nämnda är ett mer traditionellt textbaserat språk.

[1] Inräknat i denna beräkning är USA med 18,33%, Stor Brittianien med 5,37% samt Kanada med 3,61%.

[2] Programmeringsspråket APL

[3] Det fjärde, åttånde och tionde Globala målet: god utbildning för alla, anständiga arbetsvillkor och ekonomisk tillväxt och minskad ojämlikhet. Något mer relevant nu än någonsin med tanke på den statistik som finns kring den växande IT branschen.

Det finns många textbaserade programmeringsspråk varav dom flesta är av den typen men väldigt få uppfyller kravet att vara översättningsbart. Vad som menas med ett textbaserat programmeringsspråk är ett språk varav programmen består av vanliga tecken och bokstäver men som följer en viss grammatik och syntax, likt hur naturliga språk också följer en grammatik.

Ett tidigt exempel på ett översättningsbart programmeringsspråk är det av ALGOL 68 (Wikipedia contributors, 2021a). Detta språk standardiserades (Van Wijngaarden m.fl., 1968) och dess standard publicerades i flera olika naturliga språk. Denna standard översattes till ryska, tyska, franska, bulgariska, kinesiska och senare japanska samt en för dess använding i blindskrift. Detta ledde till att standarden antogs och accepterades av både UNESCOs organisation IFIP samt Sovjets och senare Rysslands standardorganisation.

Citrine (Mooij (Gabor), 2021) är ett programmeringsspråk där lokalisation är en av kärnfunktionerna vilket har lett till dess översättning till 111 olika naturliga språk. Språket lokaliserar nyckelord, nummer och skiljetecken. För att konvertera mellan olika språk kan användaren själv översätta programmet men inget inbyggt verktyg i programmet verkar göra detta åt användaren. Detta då alla olika naturliga språk som Citrine stödjer publiceras som separata program utan vetskapen om hur man skulle översätta ett program från ett till ett annat naturligt språk.

Skriftspråk	Exempelkod
Engelska	`write: ‘Hello World’, stop.`
Svenska	`skriva: ‘Hej Världen’, sluta.`
Tyska	`schreiben: ‘Hallo Welt’, stop.`

Scheme (*The Scheme Programming Language*, 2003) är ännu ett standardiserat programmeringsspråk med möjlighet till internationalisation. Detta är dock inte en kärnfunktion i språket utan har istället utvecklats av användare som har använt språkets flexibilitet för att skapa ett bibliotek (”metaphorm”, 2021) där olika översättningar finns. Eftersom olika språk kan laddas dynamisk går Scheme program att vara flerspråkiga. Detta leder dock till den nackdelen att språket ej enkelt kan översättas då flera olika språk skulle kunna existera i samma program samt det faktum att språket inte är byggt med översättning, lokalisation eller internationalisation som en kärnfunktion.

Skriftspråk	Exempelkod
Engelska	`(display "Hello World")`
Svenska	`(visa "Hej Världen")`
Tyska	`(anzeige "Hallo Welt")`

Symbolprogrammering

Det sista typen som är relevant som ett alternativ för att skapa ett översättningsbart eller internationellt programmeringsspråk är den av vad jag väljer att kalla symbolprogrammeringsspråk. Detta då dom använder sig av symboler istället för nyckelord vilket leder till att det inte är bundet till ett naturligt språk. Ett exempel på ett sådant språk är exempelvis APL (Iverson, 1962) men även helt vanlig matematisk notation (Helmenstine, 2019).

Ett programmeringsspråks uppbyggnad

Ett programmeringsspråk är egentligen i sig ett datorprogram vars uppgift är att översätta en viss inmatning till ett program som datorn kan köra. Detta görs genom att dela upp uppgiften i ett antal olika delar. Det kan se olika ut för olika språk och tillvägagångssätt men generellt delar man in det i tre större delar: lexikalanalys ("lexikalanalys", 2021), syntaxanalys ("syntaxanalys", 2021) och till sist kompilation ("kompilator", 2021) eller interpration ("interpretator", 2021). Man har programmerat dessa delar i ett annat[4] programmeringsspråk vilket har skapat ett program som kan genomföra till exempel lexikalanalys, syntax analys och till sist kompilation för att sedan producera det slutgiltiga programmet.

Lexikalanalys

Lexikalanalysen är oftast första steget i programmet och delar upp och klassificerar källkoden till en lista av lexikala element så som nyckelord, värden, operatorer och skiljetecken. Exempelvis skulle en sträng så som "`(visa "Hej Världen")`" delas upp i följande element:

Elementtyp	Värde
Skiljetecken	`(`
Nyckelord	`visa`
Sträng	`Hej Världen`
Skiljetecken	`)`

Syntaxanalys

För att konvertera de lexikala elementen till något som datorn effektivt kan använda och "förstå" krävs ytterligare analys, så kallad syntaxanalys. Detta innebär vanligtvis att dessa lexikala element analyseras utifrån en formell grammatik för att producera en datastruktur som representerar programmets uppbyggnad samt validerar språkets grammatik.

[4]Eller samma, se Wikipedia contributors (2021b)

Vanligtvis så skapar syntaxanalysen ett syntaxträd som representerar programmets uppbyggnad på ett mer konkret sätt än en lista av lexikala element. Detta "träd" byggs upp utav olika syntaxnoder där varje nod är som en förgrening alternativt slutet på en gren i ett träd.

Formell grammatik

Ett formellt språk eller system defineras som en delmängd av en ändlig uppsättning av tecken (i många fall är denna uppsättning av tecken de lexikala element). Vad som ingår i denna delmängd är definerat av det formella språkets grammatik, en så kallad formell grammatik. Grammatiken kan vara beskrivas på flera olika sätt, bland annat genom ett formellt system så som EBNF, kort för Extended Backus-Naur-form Pattis (2015) eller informellt genom en skriftlig beskrivning eller instruktion.

Grammatiken av exempelvis ett formellt språk som beskriver matematisk heltals aritmetik skulle följande formell grammatik gälla, i detta fall i form av en EBNF definition samt en informell skriftlig definition som förklarar EBNF definitionen. Även en visuell representation finns i bilaga 1.

```
siffra     = "0" | "1" | "2" | "3" | "4"
           | "5" | "6" | "7" | "8" | "9"
nummer     = "-"? siffra+
operator   = "+" | "-" | "×" | "÷"
operation  = uttryck operator uttryck
gruppering = "(" uttryck ")"
uttryck    = nummer | operation | gruppering
```

Ovan definition går att beskriva som följande med ord:

- En `siffra` defineras som någon utav tecknen för siffrorna 0 till 9
- Ett `nummer` defineras som först ett valfritt minus tecken följt utav en eller flera siffror
- En `operator` defineras som ett plus, minus, gånger eller divisions tecken
- En `operation` defineras som ett uttryck följt av en operator och sedan ett till uttryck
- En `gruppering` defineras som ett uttryck inom paranteser
- Ett `uttryck` defineras som antingen ett nummer, operation eller gruppering

Med hjälp av denna definiton går det att analysera en lista av tecken eller lexikala element för att bygga ett syntaxträd. Exempelvis skulle ett uttryck som "`123 + (-456 * 789)`" skapa det syntaxträd som finns i bilaga 2. Hur man genomför denna analys finns det ett antal olika sätt men vanligtvis delar man in syntaxanalysmetoderna i två familjer: "top-down" respektive "bottom-up" metoder (Lunell, 1991).

Kompilation, transpilation och interpretation

Syntaxträdets uppgift är att av en kompilator, transpilator eller interpretator tolkas för att konvertera källkoden av programmet till maskinkod eller direkt köras av datorn ifall det interpreteras.

Sättet syntaxträdet tolkas på för alla dessa fall är genom att "vandra" över trädets syntaxnoder. Exempelvis skulle ett träd som det i bilaga 2 börja med det som först skulle konverteras till maskinkod eller interpreteras, det vill säga först grunduttrycken: "`123`", "`-456`" och "`789`". Dessa nummer skulle då läggas till i programmets maskinkod, transpilationsmål eller tolkas i interpretatorn, sedan skulle operationen "`*`" utföras på dem två senaste värdena i programmet för att sedan utföra operationen "`+`". Detta skulle då resultera i ett program som räknar ut aritmetiken eller ett värde beroende på om källkoden kompileras eller interpreteras.

Syfte och Frågeställning

Målet med projektet är att utveckla ett prototypprogram samt specifikation av ett programmeringsspråk. Denna prototyp skall vara översättningsbart och lättförståeligt på olika språk. Syftet med detta är för att undersöka möjligheten och olika tillvägagångssätt för att skapa ett programmeringsspråk som går att översätta till olika språk och fortfarande vara enkelt att förstå.

Metod

Val av programmeringsspråkstyp

I valet av programmeringsspråkstyp finns det flera olika alternativ som på olika sätt uppnår det konstaterade målet.

Problemet som uppkommer för både flödes- och blockbaserad programmering är det att dom kräver en integrerad utvecklingsmiljö så som en hemsida för Scratch eller respektive programs skrivbordsapplikation för Unreal, Unity, Godot och Blender. Att utveckla en integrerad utvecklingsmiljö utöver ett programmeringsspråk och dess beståndsdelar skulle utgöra ytterligare problem och är egentligen utanför projektets omfattning.

Verktyg och implementationsspråk

Det programmerings som valdes som implementationsspråk för prototyp implementationen av programmeringsspråket var TypeScript (Bierman m.fl., 2014), ett JavaScript baserat språk med tillägget av explicita datatyper. Anledningen till detta val var en avvägning mellan simplicitet, abstraktion, prestanda och möjligheten till plattformsoberoende kod för att göra språket körbart även i en webbläsare. Stöd för körning utav programmeringsspråket i både webbläsare och som program görs genom ett verktyg och körtidsmiljö vid namn Deno (Dahl, 2018).

Planering och struktur

Programmeringsspråkets lexikal-, syntax- och semantiskaanalys planerades och specifierades med hjälp av EBNF. Även en kompilator till JavaScript samt en översättare planerades. JavaScript valdes som kompilationsmål på grund av dess liknande struktur till det planerade språket samt dess stöd på dem flesta datorplatformerna.

Översättaren planerades fungera endast på lexikal nivå, det vill säga den är kontextfri och ej bryr sig om exempelvis ordning eller elementtyp. Detta går

eftersom den endast planeras översätta lexikalelement av typen “`nyckelord`” som vanligtvis är kontextfria[5].

[5]Se underrubriken Kontext och nyckelord för vidare reflektion

Genomförande

Specifikation

En specifikation som beskriver programmeringsspråkets syntax och grammatik skapades i EBNF format, delar av denna specifikation är dock beroende utav det skriftspråk som önskas användas för språkets nyckelord.

Värden

De värdetyper som valdes till specifikationen var `"boolesk"`, `"nummer"`, `"sträng"` och `"inget"`. Detta är endast ett litet urval utav de traditionella värdetyperna i ett programmeringsspråk för att avgränsa specifikationens och implementationens komplexitet. Dessa fyra värdetyper är grunden till alla algoritmer, uttryck och satser som programmeringsspråket kan processera. EBNF representationen är följande:

```
boolesk      = sant_nyckelord | falsk_nyckelord

siffra       = "0" | "1" | "2" | "3" | "4"
             | "5" | "6" | "7" | "8" | "9"
nummer       = siffra+ "." {siffra+}

sträng_värde = valfri_karaktär*
sträng       = '"' (sträng_värde - "\"?) '"'

värde        = boolesk | nummer | sträng | inget_nyckelord
```

Identifierare

En identifierare är en textuell referens eller ett namn till en funktion, variabel eller konstant. Detta skulle exempelvis kunna vara variabel- och funktionsnamn inom matematiken så som “`x`” eller “`pi`”. Detta språk definerar en identifierare som en sekvens som börjar med en karaktär i unicode kategorin bokstav följt utav något av unicode kategorierna bokstav, symbol eller nummer.

```
identifierare    = unicode_bokstav
                   (unicode_bokstav
                   | unicode_symbol
                   | unicode_nummer)*
```

Kommentarer

Kommentarer är inom programmeringsspråket är ett sätt för användaren att kommentera kod med text som ignoreras utav implementationen. Dessa är definerade på samma sätt som i många andra språk så som C, JavaScript och Rust. Det finns två typer av kommentarer: en-rads- och fler-rads-kommentarer. En-rads-kommentarer börjar där användaren har skrivit "`//`" och slutar vid radens slut medan fler-rads-kommentarer börjar vid "`/*`" och slutar vid "`*/`". Båda dessa kommentarstyperna ignorerar allt inom dessa avgränsare.

```
kommentar           = en_rads_kommentar | fler_rads_kommentar
en_rads_kommentar   = "//" valfri_karaktär* ny_rad
fler_rads_kommentar = "/*" valfri_karaktär* "*/"
```

Makron

Ett makro används i programmeringsspråket som ett sätt att kommunicera med kompilatorn för att exempelvis importera kod skriven i andra programmeringsspråk än detta. Likt kommentarer finns två olika typer av makron, en-rads-makron och fler-rads-makron. Dessa består utav en typidentifierare och ett värde. Typidentifieraren är till för att tipsa kompilatorn om hur makrots värde skall tolkas. Exempelvis genom att importera makrots värde som obearbetad kod.

```
makro               = en_rads_makro | fler_rads_makro
makro_identifierare = valfri_karaktär*
makro_värde         = valfri_karaktär*
en_rads_makro       = "#(" makro_identifierare ")" makro_värde ny_rad
en_rads_makro       = "#(" makro_identifierare ")" "{" makro_värde "}"
```

Operatorer

Operatorerna som är definerade för språket agerar endast på nummer- och booleskvärden på samma sätt som dess motsvarigheter i matematiken.

Symbol	Beskrivning
`=`	Anger en variabels värde
`+`	Addition vid operationer med två nummervärde, annars för att markera att ett nummervärde är positivt
`-`	Subtraktion vid operationer med två nummervärde, annars för att markera att ett nummervärde är negativt

Symbol	Beskrivning
`*`	Multiplikation av två nummervärden
`/`	Division av två nummervärden
`%`	Restprodukten av två nummervärden vid division
`==`	Jämför två värden för likhet
`!=`	Jämför två värden för olikhet
`<`	Jämför ifall det första nummervärdet är mindre än det andra nummervärdet
`<=`	Jämför ifall det första nummervärdet är mindre eller lika med än det andra nummervärdet
`>`	Jämför ifall det första nummervärdet är större än det andra nummervärdet
`>=`	Jämför ifall det första nummervärdet är större eller lika med än det andra nummervärdet
`!`	Inverterar en boolesk, dvs gör om sanna booleskvärden till falska och falska till sanna
`||`	Boolesk eller operation som tar två booleskvärden och returnerar sant ifall något av värdena är sanna
`&&`	Boolesk eller operation som tar två booleskvärden och returnerar sant ifall båda värdena är sanna

EBNF definitionen är densamma som symbolerna i tabellen.

Nyckelord

Nyckelorden i programmeringsspråket används för att markera olika uttryck och satser. Dessa nyckelord är dock skriftspråksspecifika vilket gör att språkets definition ändras beroende på skriftspråk.

Engelska	Svenska	Tyska	Franska
`function`	`funktion`	`funktion`	`function`
`return`	`returnera`	`rückkehr`	`retourne`
`if`	`om`	`ob`	`si`
`while`	`medan`	`während`	`pendant`
`break`	`avbryt`	`abbrechen`	`casse`
`continue`	`fortsätt`	`fortsetzen`	`continue`
`variable`	`variabel`	`variable`	`variable`
`constant`	`konstant`	`konstante`	`constant`
`none`	`inget`	`null`	`rien`
`true`	`sant`	`wahr`	`vrai`
`false`	`falskt`	`falsch`	`faux`

EBNF definitionen är densamma som orden i kolumnen för det skriftspråk man använder.

Uttryck

Binära- och unärauttryck

Binära och unärauttryck är en grupp av olika operationer som utförs på ett, två eller flera uttryck. Denna typ utav uttryck kräver en operator och defineras som följande:

```
binärt_uttryck = uttryck binär_operator uttryck
unärt_uttryck  = unär_operator uttryck
```

Villkorsuttryck

Villkorsuttryck används för att i uttryck välja antingen ett uttryck eller det andra beroende på om ett villkor (booleskt uttryck) är sant eller falskt likt en om-sats.

```
villkor           = uttryck
uttryck_om_sant   = uttryck
uttryck_om_falskt = uttryck
villkors_uttryck  = om_nyckelord villkor
                    uttryck_om_sant
                    annars_nyckelord
                    uttryck_om_falskt
```

Funktionsanrop

Funktionsanrop är likt funktioner i matten anrop till tidigare definerade funktioner, dessa anrop kan ta noll eller flera uttryck som argument.

```
funktions_argument = uttryck
funktions_anrop    = identifierare
                     "(" funktions_argument
                     ("," funktions_argument)* ")"
```

Variabelåtkomst

Variabel- och konstantåtkomst görs genom att specifiera variabeln eller konstantens identifierare.

```
variabel_åtkomst = identifierare
```

Gruppering

En gruppering används i ett uttryck för att markera vilken ordning ett uttryck utförs, likt hur i matematiken paranteser används för prioritering. Det är även värt att notera att även operatorerna följer prioriteringsreglerna.

```
gruppering = "(" uttryck ")"
```

Sammanfattning av uttryck

Sammanfattningsvis kan ett uttryck i programmeringsspråket defineras som något av ovan definerade kategorierna eller ett värde.

```
uttryck = unärt_uttryck
        | binärt_uttryck
        | vilkors_uttryck
        | funktions_anrop
        | variabel_åtkomst
        | gruppering
        | värde
```

Satser

Villkorssats

Villkors-, om-, eller if-satsen är en konstruktion i programmeringsspråket för att programmera logik och kontrollera flödet av ett program. En if-sats består av ett uttryck som representerar villkoret för att köra dess inre satser. Valfritt är även en annars- eller else-sats som körs ifall villkorsuttrycket ej är sant.

```
villkor       = uttryck
villkors_sats = om_nyckelord "(" villkor ")" sats
                (annars_nyckelord sats)?
```

Medan, fortsätt och avbryt

För mer advancerade program finns medan- eller while-satsen med dess tillhörande nyckelord: "`fortsätt`" och "`avbryt`". Denna sats finns likt en villkorssats för att kontrollera flödet av ett program men till skillnad från en villkorssats fortsätter medansatsen att köra dess inre satser tills villkoret är falskt.

```
villkor    = uttryck
medan_sats = medan_nyckelord "(" villkor ")" sats
```

Returnera

En funktion finns som en abstraktion för att återanvända och abstrahera exempelvis algoritmer. För att funktioner ska kunna användas i uttryck och skapa nya värden finns nyckelordet "`returnera`" för att returnera ett värde från en funktion och avbryta funktionens körning.

```
returnera = returnera_nyckelord uttryck
```

Variabel- och konstantdeklaration

För att deklarera variabla och konstanta värden som kan användas i en lokal räckvidd, det vill säga exempelvis det nuvarande kodblocket eller funktionen.

```
variable_deklaration = variabel_nyckelord
                       identifierare "=" uttryck
konstant_deklaration = konstant_nyckelord
                       identifierare "=" uttryck
```

Kodblock

Ett kodblock består av en lista utav satser som alla existerar i kodblockets egna räckvidd. Detta gör att variabler och konstanter, men även värden som är skapta i det lokala kodblocket inte kan användas av något på en högre nivå, som exempelvis ifall kodblocket skulle vara inuti ett annat kodblock.

```
kod_block = "{" sats* "}"
```

Sammanfattning av satser

Satser är sammanfattningsvis alla ovanstående rubriker samt uttryck och makron. Dessa satser används inne i exempelvis funktioner för att skapa logiken som utgör ett program.

```
sats = villkors_sats
     | medan_sats
     | returnera
     | variable_deklaration
     | konstant_deklaration
     | kod_block
     | uttryck
     | makro
```

Program

Ett program är en lista utav syntaxelement på toppnivån. Dem enda elementen som räknas som detta är funktionsdeklarationer. Funktioner är till för att abstahera och binda ihop sammanhängande satser av kod som lätt kan användas flera gånger i koden.

```
funktions_argument    = identifierare
funktions_deklaration = funktion_nyckelord
                        identifierare
                        "(" funktions_argument
                        ("," funktions_argument)* ")"
                        kod_block

program               = funktions_deklaration
```

Transpilation

Transpilationen av programmeringsspråket görs till målspråket JavaScript, ett språk som matchar ganska nära till det specifierade programmeringsspråkets syntax och funktion. Exempelvis konverteras funktioner skrivna i språket till den dess motsvarighet i JavaScript.

Implementation

Implementationen av programmeringsspråket gjordes i programmeringsspråket TypeScript. Programmets källkod delades upp i lexikalanalys, syntaxanalys och transpilation enligt de ovan presenterade rubrikerna och implementerades i den ordningen. Sedan skapades även ett program för att använda programmeringsspråket med hjälp av en terminal eller kommandtolk.

Resultat

Implementationen utav programmeringsspråket publiceras kontinuerligt som öppen-källkod på github.com/eliassjogreen/gyarb. Resulterande program kan köras lokalt för att utföra lexikalanalys, syntaxanalys, kompilation eller översättning med följande kommandon i en terminal eller kommandotolk:

```
$ gyarb tokenize  --language [en|sv|de|fr] <file>
$ gyarb parse     --language [en|sv|de|fr] <file>
$ gyarb compile   --language [en|sv|de|fr] <file>
$ gyarb run       --language [en|sv|de|fr] <file>
$ gyarb translate --language [en|sv|de|fr] <file>
```

Det resulterande programmeringspråket utvecklat utifrån de principer och idéer presenterade i bakgrunden och frågeställningen stödjer fyra skriftspråk med hjälp av en abstraktion av lexikalanalysen som tillåter att modulärt byta ut nyckelorden. Detta tillåter översättning mellan de olika stödda skriftspråken samt en singulär syntaxanalysator och kompilator oberoende av den inmatade källkoden.

Programmeringsspråket definerades i definitionsformatet EBNF och dess fulla lexikala och syntax specifikation kan finnas i bilaga 3 respektive 4. Dessa två specifikationer är uppdelade för att reflekter programmets interna uppdelning.

För att demonstrera hur programmeringsspråket ser ut, dess läsbarhet och översättningar till olika språk se bilaga 5-7. Dessa exempel behandlar värden, operationer och funktioner samt algoritmer och makron.

Diskussion och Slutsats

Det framtagna programmeringsspråket behandlar vissa av de idéerna som presenterades i bakgrunden och uppfyller frågeställningen, men lämnar även många viktiga funktioner och anpassningar som skulle önskas för ett mer kapabelt programmeringsspråk.

Mellanspråklig användning

I det utvecklade programmeringsspråket går det i nuläget att använda delar av ett program eller ett programbiblotek skrivet i ett skriftspråk i ett annat program skrivet i ett annat skriftsspråk. Bristen i detta är flera, bland annat att identifierare inte översätts på grund av det faktum att dem är arbiträra och inte konsekvent kan översättas ifall användaren inte specifikt förser varje identifierare med en översättning för varje skriftspråk programmet är implementerat för.

Detta skulle vara möjligt med hjälp av en ny grammatik eller genom användingen av makron. Ett annat alternativ är att använde en översättningstjänst för att på så sätt automatiskt översätta identifierare. Detta kräver dock vidare undersökning då ett automatiserat system skulle skapa en mängd nya problem, bland annat felöversättningar, försämrad läsbarhet och identifierare som inte går att översätta. Det skulle även göra att språket inte är determenistiskt om inte översättningssystemet är determenistiskt.

Icke-latinska skriftspråk

- Funkar kanske inte med right-to-left språk
- Funkar kanske inte med språk som använder tecken

Läsbarhet

- Vem som helst kan inte läsa det utan en översättare
- Behöver ens ett språk vara på personens talade eller skrivna språk?
- Hjälper det inlärningen isf?

Kontext och nyckelord

- problemet med exempelvis franska här, (hur type `variable` skulle ändras om variabelnamnet var maskulint/feminint)
- Variable namn
- Nyckelord auf oder sprachen

Vidare utveckling

För att vidare utveckla studieområdet skulle en kvantitativ studie utföras. Studien skulle exempelvis kunna mäta hur individer upplever språkets läsbarhet , korrekthet eller lärande enkelhet i olika skriftspråk. Man skulle även kunna studera en fler-språkig individs möjlighet att förstå programmeringsspråkets olika skriftspråksvarianter.

Källförtäckning

assemblerspråk. (2021). I *Nationalencyklopedin*. https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/assemblerspr%C3%A5k

Bierman, G., Abadi, M., & Torgersen, M. (2014). Understanding typescript. *European Conference on Object-Oriented Programming*, 257–281.

Blueprint Visual Scripting. (2021). Epic Games. https://docs.unrealengine.com/4.27/en-US/ProgrammingAndScripting/Blueprints

Bolt Visual Scripting | Unity. (2021). Unity Technologies. https://unity.com/products/unity-visual-scripting

Carbonnelle, P. (2021). *PYPL PopularitY of Programming Language index*. https://pypl.github.io/PYPL.html

Dahl, R. (2018). *10 Things I Regret About Node.js*. Youtube. https://youtu.be/M3BM9TB-8yA

Godot Engine contributors. (2021). *VisualScript*. https://docs.godotengine.org/en/stable/getting_started/scripting/visual_script/index.html

Helmenstine, A. M. (2019). Why Mathematics Is a Language. I *ThoughtCo*. https://www.thoughtco.com/why-mathematics-is-a-language-4158142

How Many Developers Are There In The World In 2021? (2021). Future Processing. https://www.future-processing.com/blog/how-many-developers-are-there-in-the-world-in-2019

interpretator. (2021). I *Nationalencyklopedin*. http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/interpretator

Introduction — Blender Manual. (2021). Blender Foundation. https://docs.blender.org/manual/en/latest/render/shader_nodes/introduction.html

IT-Kompetensbristen. (2020). IT&Telekom företagen. https://www.techsverige.se/2020/12/it-kompetensbristen/

Iverson, K. E. (1962). *A Programming Language*. John Wiley & Sons, Inc.

kompilator. (2021). I *Nationalencyklopedin*. http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/kompilator

lexikalanalys. (2021). I *Nationalencyklopedin*. http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/lexikalanalys

Lunell, H. (1991). *Kompilatorkonstruktion i teori och praktik*. Studentlitteratur.

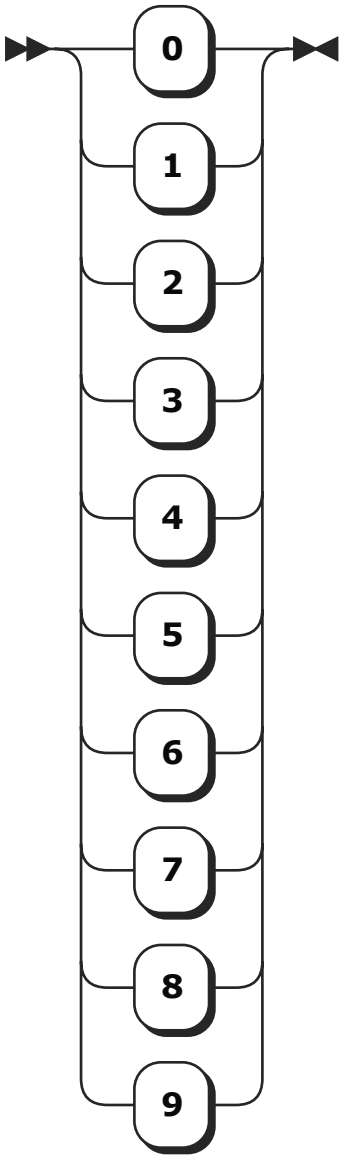
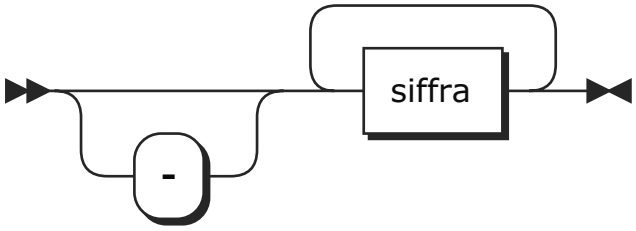
maskinkod. (2021). I *Nationalencyklopedin*. http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/maskinkod

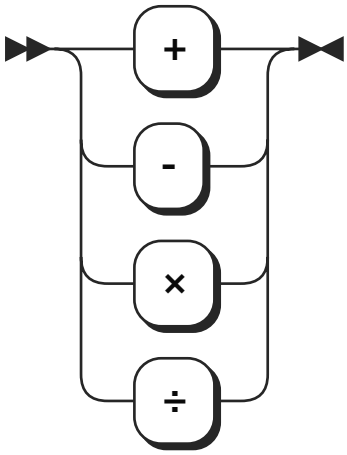
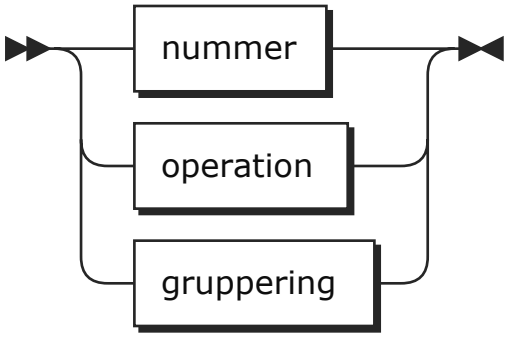
"metaphorm". (2021). *international-scheme*. https://github.com/metaphorm/i

nternational-scheme
Mooij (Gabor), G. J. G. T. de. (2021). *Localized Programming Language Citrine*. https://citrine-lang.org
Pattis, R. E. (2015). *EBNF: A Notation to Describe Syntax*.
Scratch - About. (2021). Scratch Foundation. https://scratch.mit.edu/about
Scratch - Statistics. (2021). Scratch Foundation. https://scratch.mit.edu/statistics
Stack Overflow Developer Survey 2021. (2021). Stack Overflow. https://insights.stackoverflow.com/survey/2021
syntaxanalys. (2021). I *Nationalencyklopedin*. http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/syntaxanalys
The Scheme Programming Language. (2003). https://groups.csail.mit.edu/mac/projects/scheme
TIOBE Index. (2021). TIOBE Software. https://www.tiobe.com/tiobe-index/
Van Wijngaarden, A., Mailloux, B. J., Peck, J., & Koster, C. H. A. (1968). Draft Report on the Algorithmic Language ALGOL 68. *ALGOL Bull.*, *Sup 26*, 1–84. https://doi.org/10.5555/1064072.1064073
Wikipedia contributors. (2021a). *ALGOL 68 — Wikipedia, The Free Encyclopedia*. https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=ALGOL_68&oldid=1053624353
Wikipedia contributors. (2021b). *Self-hosting (compilers) — Wikipedia, The Free Encyclopedia*. https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Self-hosting_(compilers)&oldid=1048801699

Bilagor

Bilaga 1. Diagram av en formell grammtik för heltals aritmetik

Delmängd/Nodtyp	Diagram
Siffra	
Nummer	

Delmängd/Nodtyp	Diagram
Operator	
Operation	
Gruppering	
Uttryck	

Bilaga 2. Syntaxträd utav exempel program i heltals aritmetik

Syntaxträd för `123 + (-456 * 789)` här (cooming soon tm)!

Bilaga 3. Full lexikal EBNF specifikation av programmeringsspråket

```
funktion_nyckelord
returnera_nyckelord
om_nyckelord
medan_nyckelord
avbryt_nyckelord
fortsätt_nyckelord
variabel_nyckelord
konstant_nyckelord
inget_nyckelord
sant_nyckelord
falskt_nyckelord

kommentar           = en_rads_kommentar | fler_rads_kommentar
en_rads_kommentar   = "//" valfri_karaktär* ny_rad
fler_rads_kommentar = "/*" valfri_karaktär* "*/"

makro               = en_rads_makro | fler_rads_makro
makro_identifierare = valfri_karaktär*
makro_värde         = valfri_karaktär*
en_rads_makro       = "#(" makro_identifierare ")" makro_värde ny_rad
en_rads_makro       = "#(" makro_identifierare ")" "{" makro_värde "}"

operator            = "=" | "+" | "-" | "*"
                    | "/" | "%" | "==" | "!="
                    | "<" | "<=" | ">" | ">="
                    | "!" | "||" | "&&"

boolesk             = sant_nyckelord | falsk_nyckelord

siffra              = "0" | "1" | "2" | "3" | "4"
                    | "5" | "6" | "7" | "8" | "9"
nummer              = siffra+ "." {siffra+}

sträng_värde        = valfri_karaktär*
sträng              = '"' (sträng_värde - "\"?) '"'

värde               = boolesk | nummer | sträng |

identifierare       = unicode_bokstav
                      (unicode_bokstav
                    |  unicode_symbol
                    |  unicode_nummer)*
```

Bilaga 4. Full syntax EBNF specifikation av programmeringsspråket

```
villkors_uttryck      = om_nyckelord uttryck
                        uttryck
                        annars_nyckelord
                        uttryck

funktions_anrop       = identifierare
                        "(" uttryck
                        ("," uttryck)* ")"

gruppering            = "(" uttryck ")"

uttryck               = unärt_uttryck
                      | binärt_uttryck
                      | vilkors_uttryck
                      | funktions_anrop
                      | identifierare
                      | gruppering
                      | värde

villkors_sats         = om_nyckelord
                        "(" uttryck ")" sats
                        (annars_nyckelord sats)?

returnera             = returnera_nyckelord uttryck
variable_deklaration  = variabel_nyckelord
                        identifierare "=" uttryck
konstant_deklaration  = konstant_nyckelord
                        identifierare "=" uttryck

kod_block             = "{" sats* "}"

sats                  = villkors_sats
                      | medan_sats
                      | returnera
                      | variable_deklaration
                      | konstant_deklaration
                      | kod_block
                      | uttryck
                      | makro

funktions_deklaration = funktion_nyckelord
                        identifierare
```

```
                        "(" identifierare
                        ("," identifierare)* ")"
                        kod_block

program               = funktions_deklaration*
```

Bilaga 5. Exempelprogram “Hej, Världen!”

Engelska:

```
function entry() {
  print("Hello, World!")
}
```

Svenska:

```
funktion ingång() {
  skriv("Hej, Världen!")
}
```

Tyska:

```
funktion eingang() {
  schreiben("Hallo, Welt!")
}
```

Franska:

```
function entrée() {
  écrivez("Bonjour le monde!")
}
```

Bilaga 6. Exempelprogram uttryck

Engelska:

```
function entry() {
  print(1 + 2 * (3 / 4) % 8 == 2)
}
```

Svenska:

```
funktion ingång() {
  skriv(1 + 2 * (3 / 4) % 8 == 2)
}
```

Tyska:

```
funktion eingang() {
  schreiben(1 + 2 * (3 / 4) % 8 == 2)
}
```

Franska:

```
function entrée() {
  écrivez(1 + 2 * (3 / 4) % 8 == 2)
}
```

Bilaga 7. Exempelprogram satser

Engelska:

```
function entry() {
  constant y = 2
  variable x = 0

  while (x <= 10) {
    x = x + y
    print(x)

    if (x % 2 == 0) {
      print("a")
    } else {
      print("b")
    }
  }
}
```

Svenska:

```
funktion ingång() {
  konstant y = 2
  variabel x = 0

  medan (x <= 10) {
    x = x + y
    skriv(x)

    om (x % 2 == 0) {
      skriv("a")
    } else {
      skriv("b")
    }
```

```
  }
}
```

Tyska:

```
funktion eingang() {
  konstante y = 2
  variable x = 0

  während (x <= 10) {
    x = x + y
    schreiben(x)

    ob (x % 2 == 0) {
      schreiben("a")
    } else {
      schreiben("b")
    }
  }
}
```

Franska:

```
function entrée() {
  constant y = 2
  variable x = 0

  pendant (x <= 10) {
    x = x + y
    écrivez(x)

    si (x % 2 == 0) {
      écrivez("a")
    } else {
      écrivez("b")
    }
  }
}
```