stichting
mathematisch
centrum

MC

REKENAFDELING NR 21/71 OKTOBER

M. REM

DE MC-ELAN MACROPROCESSOR

2e boerhaavestraat 49 amsterdam

Printed at the Mathematical Centre, 49, 2e Boerhaavestraat, Amsterdam.

The Mathematical Centre, founded the 11-th of February 1946, is a non-profit institution aiming at the promotion of pure mathematics and its applications. It is sponsored by the Netherlands Government through the Netherlands Organization for the Advancement of Pure Research (Z.W.O), by the Municipality of Amsterdam, by the University of Amsterdam, by the Free University at Amsterdam, and by industries.

Voorwoord

Dit rapport beschrijft de MC-ELAN Macroprocessor.
Het kan tevens beschouwd worden als een handleiding voor de ELAN-programmeur, die macroinstructies in zijn programma wil opnemen.
De schrijver wil zijn dank betuigen voor de waardevolle suggesties die hij mocht ontvangen van Prof.Dr. R.P. van de Riet.

Inhoud blz.

0. Inleiding

De MC-ELAN Macroprocessor bestaat uit een aantal procedures, die, opgenomen in een wat aangepaste versie van de MC-ELAN Assembler, aan deze de mogelijkheid geven macro's te assembleren. Toen in 1967 een werkgroep, bestaande uit F.E.J. Kruseman Aretz, B.J. Mailloux, K.K. Koksma en E.G.M. Broerse een voorstudie maakte om de bestaande ELX8-Assembler te vervangen door een 2-scans assembler in ALGOL 60, kwam al direkt de wens tot deze mogelijkheid naar voren. (Zie voor een verslag hiervan: [2]).

Het algemene principe is dat een macro-aanvraag wordt vervangen door het blok dat gedefinieerd is in de bijbehorende macrodeclaratie. terwijl tijdens dit vervangen eventuele formele parameters weer vervangen worden door de korresponderende aktuele parameters. In de keuze van de aktuele parameters is de ELAN-programmeur vrijwel geheel vrij. Wil men de verkregen tekst ook laten assembleren, dan zal men er voor moeten zorgen dat er na de vervanging een ELAN-programma ontstaat. Deze eis vervalt als het alleen de bedoeling is om teksten te laten genereren door de macroprocessor.

In een macrodeclaratie mogen weer macro-aanvragen voorkomen. Ook mogen macrodeclaraties genest voorkomen. In aktuele parameters mogen weer macro-aanvragen en-declaraties voorkomen. Rekursie is echter niet toegestaan. Dit geeft de mogelijkheid tot herdeclaratie van ELAN-instrukties als macro.

De inbouw van de macroprocessor in de assembler is op zo'n wijze verricht dat de programmeur die geen gebruik van de macro-faciliteit maakt, er ook geen hinder van ondervindt. Dit zal veranderen als er een macrobibliotheek komt, waarbij dus een aantal macro's (I/O routines bijv.) standaard gedeclareerd zijn.

1. Syntax

Het verwerken van macro's vereist een aantal uitbreidingen en veranderingen van de ELAN-syntaxregels, zoals die voorkomen in [1].
Niet alle regels kunnen gemakkelijk in BNF geschreven worden, daarom

zijn geen produktieregels opgenomen voor <non-empty actual parameter> en <macro block>. Hiervoor in de plaats is gekozen voor een informele omschrijving.

```
<ELAN declaration>::= <ord decl and MT decl and mac decl>
    <statement separator>|<MT decl and mac decl>
    <statement separator>|<macro declaration><statement separator>|
    <statement separator>
<ord decl and MT decl and mac decl>::= <list of initializations>|
    <list of initializations><comma><MT declaration>|
    <list of initializations><comma><MT declaration><comma>
    <macro declaration>
<MT decl and mac decl>::= <MT declaration>|
    <MT declaration><comma><macro declaration>
<macro declration>::= 'MACRO'<list of mac decl>
<list of mac decl>::= <mac decl><comma><list of mac decl>|<mac decl>
<mac decl>::= <identifier><formal parameter list>:<statement separator>
    <macro block><letgit string option>

<ELAN instruction>::= <empty>|<STAT address operand>|
    <unsigned real>|<adding operator><unsigned number>|
    <BI or IP instruction>|<SKIP instruction>|<only mac instruction>|
    <ELAN block><letgit string option>|<macro call>|
    <UYN part><functional instruction><PZE part>|
    <UYN part><arithmetic instruction><PZE part>
<only mac instruction>::= 'ONLY MAC'
<macro call>::= <identifier><actual parameter list>

<formal parameter list>::= <form par list with commas>|
    <form par list with quote>|<empty>
<form par list with commas>::= (<list of formal parameters>)
<list of formal parameters>::= <formal parameter>|
    <formal parameter><comma><list of formal parameters>
<form par list with quotes>::= <quoted formal parameter>|
    <quoted formal parameter><separator option><form par list with quotes>
<separator option>::= <statement separator>|<empty>
<quoted formal parameter>::= <quote open><formal parameter><quote close>
<quote open>::= <
<quote close>::= >
<formal parameter>::=<identifier>
```

<actual parameter list>::= <act par list with commas>|
<act par list with quotes>|<empty>
<act par list with commas>::= (<separator option><list of actual parameters>)
<list of actual parameters>::= <actual parameter>|
<actual parameter><comma><list of actual parameters>
<act par list with quotes>::= <quoted actual parameter>·|
<quoted actual parameter><separator option><act par list with quotes>
<quoted actual parameter>::= <quote open><actual parameter> <quote close>
<actual parameter>::= <non-empty actual parameter>|<empty>

<non-empty actual parameter>= een string van één of meer symbolen,
met de volgende beperking:
a. indien hij deel uitmaakt van een aktuele parameterlijst in komma-stijl:
1) er moet een bijectie zijn van de verzameling van de openingshaakjes "(" op de verzameling van de sluithaakjes")" waarbij het beeld tekstueel na het origineel moet komen.
2) voor een komma moeten evenveel (als) staan.
b. indien hij deel uitmaakt van een aktuele parameterlijst in quote-stijl:
er moet een bijectie zijn van de verzameling van de openings-quotes "<" op de verzameling van de sluitquotes ">", waarbij het beeld texstueel na het origineel moet komen.

<macro block>= stuk tekst dat begint met 'BEGIN', en wel vanaf die 'BEGIN' het kleinste stuk dat evenveel 'BEGIN's als 'END's bevat. Hierbij tellen 'BEGIN's en 'END's tussen apostrophe *) en eerstvolgende scheider("in het commentaar")niet mee.

Voor het overige gelden de produktieregels uit [1].

*) Om spraakverwarring te voorkomen is in de macroprocessor dezelfde terminologie aangehouden, als in de assembler, d.w.z. '=accent en "=apostrophe.

2. Semantiek

2.1. Macrodeclaratie

Een macrodeclaratie bestaat uit een macronaam, een al dan niet lege formele parameterlijst, een colon en een macroblok.

2.1.1. Blok en body

Uit het macroblok wordt op de volgende wijze de macrobody verkregen:

Het eerste symbool van de macrobody is het eerste accent van 'BEGIN', behalve als er geen declaraties aan het begin van het blok staan, dan is het het eerste niet-layoutsymbool na de scheider die (dan) direkt volgt op 'BEGIN'.

Het laatste symbool dat nog tot de macrobody behoort is, als er declaraties in het blok voorkomen het tweede accent van 'END', en anders het laatste symbool voor de scheider die aan de laatste 'END' voorafgaat.

Vanaf een apostrophe worden alle symbolen tot de eerstvolgende semicolon of nlcr weggelaten.

In dit blok kunnen alleen produkties van <quoted formal parameter> opgevat worden als formele parameters.

2.1.2. De scope van een macro

De scope van een macro is het blok waarin hij gedeclareerd wordt, met uitzondering van het macroblok dat die macro definieert.
Indien er echter meerdere macro's met dezelfde naam gedefinieerd worden in één ELAN-declaratie, dan refereert die naam naar de laatst-gedeclareerde geldige macro met die naam. (Een macro is "geldig" op de plaatsen die binnen zijn scope liggen).

2.2. Macro-aanvraag

Een macro-aanvraag bestaat uit een macronaam en een al dan niet lege aktuele parameterlijst. Hij mag niet van varianten zijn voorzien.
De macro-aanvraag wordt vervangen door de gemodificeerde macrobody (= macrobody waarin de formele door de aktuele parameters zijn vervangen).

Hierna wordt de gesubstitueerde tekst opnieuw in behandeling genomen. Dit substitueren is beschreven in het volgende hoofdstuk.

2.3. Formaat

Het eerste symbool van een aktuele parameter, die deel uitmaakt van een aktuele parameterlijst in komma-stijl, is het eerste niet-layoutsymbool na de openingshaak van de parameterlijst of na de parameterscheidingskomma.
Een macro-aanvraag heeft als eerste symbool de eerste letter van de naam, en als laatste het laatste symbool voor de scheider, die direkt moet volgen op de macro-aanvraag. (Het is dus dit stuk tekst dat vervangen wordt).

3. Substitutieproces

Een macro-aanvraag in de tekst wordt als volgt verwerkt:

```
procedure expandeer macro;
begin neem de bijbehorende macrobody;
      vervang de parameters;
      maak de macronaam onbekend;
      while er zijn nog macro-aanvragen in de gemodificeerde body do
      begin neem de tekstueel eerste;
            expandeer macro
      end;
      maak de macronaam weer bekend;
      vervang de macro-aanvraag door de gemodificeerde body
end expandeer macro;
```

vervang parameters: vervang in de macrobody de formele door de (wat de plaats in de parameterlijst betreft) korresponderende aktuele parameters.

Het substitutieproces is dus een rekursieve bezigheid, en een vraag die dan direkt naar voren komt, is:

"Is er een maximum aan te geven voor de rekursiediepte?"

of:

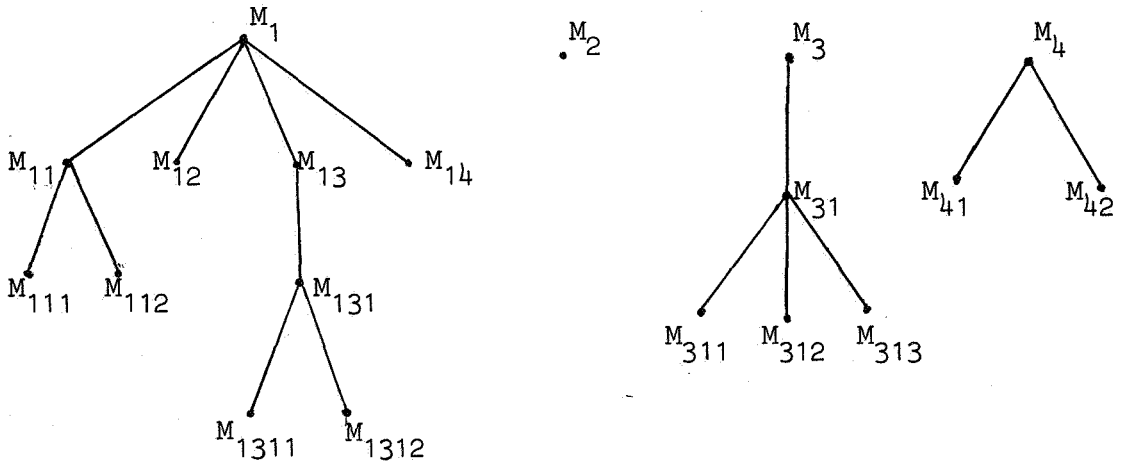
"Komt het proces noodzakelijk klaar?"

Dat het antwoord op deze vragen bevestigend is wordt in de rest van dit hoofdstuk aangetoond.

A. We beschouwen eerst het geval dat alle macro's parameterloos zijn. Er vindt dan geen modificatie van de body plaats.

Als er een aanvraag voor de macro M_i is, dan nemen we het kleinste blok waar de invraag in staat, en beschouwen alle macrodeclaraties uit dat blok (met uitzondering van blokken daarbinnen) en uit de omvattende blokken. Deze noemen we $M_1, \ldots, M_n$. (M_i is er één van).

We bepalen nu bij iedere declaratie M_j $(1 \leq j \leq n)$ weer welke macro's daarin gedeclareerd worden. Deze noemen we de zonen van M_j. Vervolgens bepalen we daar weer de zonen van, enz. Aangezien de programmatekst, en dus ook het aantal declaraties, eindig is, zal dit proces zeker eindigen.
We kunnen nu een woud opstellen van n bomen, waarin ieder knooppunt staat voor een macrodeclaratie. $M_1, \ldots, M_n$ vormen de wortels van de bomen, en de vertakkingen korresponderen met de zonen.
We noemen dit woud het declaratiewoud. Het volgende is een voorbeeld van een declaratiewoud van 4 bomen:



Alleen aanvragen voor wortels kunnen als macro-aanvragen herkend worden. We voeren nu het proces uit van de geschetste procedure 'expandeer macro'.

Als er een aanvraag voor M_1 moet worden uitgewerkt, dan wordt de naam M_1 onbekend, d.w.z. M_1 en zijn (4) takken worden uit het declaratiewoud verwijderd. (Hierdoor is het aantal bomen in het woud van 4 op 7 gekomen, waardoor er aanvragen voor 7 verschillende macro's mogelijk zijn).
We zoeken daarna de tekstueel eerste macro-aanvraag in de body van M_1. Als dit bijv. M_{13} is, dan voeren we hetzelfde proces met M_{13} uit, enz. Aangezien er iedere keer een knooppunt uit het woud verwijderd wordt, kunnen we konkluderen dat de rekursiediepte ten hoogste gelijk is aan het aantal (statisch te bepalen) knooppunten uit het declaratiewoud.

B. Het toevoegen van parameters kan het aantal declaraties in een body dynamisch (d.w.z. tijdens het modificeren) veranderen. Er zal echter altijd een bovengrens voor het aantal declaraties aan te geven zijn, zodat er ook dan een eindig declaratiewoud zal zijn.

4. Samenwerking assembler-macroprocessor

Er zijn twee gevallen waarin de assembler en de macroprocessor samenwerken. Aangezien na de eerste scan het programma gezuiverd moet zijn van alle macro-aanvragen dient deze samenwerking zich geheel tijdens de eerste scan af te spelen.

Het eerste geval is wanneer er aan het begin van een blok een macrodeclaratie voorkomt. De procedure 'define macro' zorgt er dan voor dat alle macrodeclaraties uit dit blok verwerkt worden. Dit verwerken bestaat uit het leggen van de naam op de 'namestack' en de macrobody op de 'definitionstack'. In hoofdstuk 5 wordt 'define macro' besproken.

Het tweede geval is wanneer de assembler een macro-aanvraag tegenkomt. Voordat de assembler een naam in de naamlijst opzoekt, kijkt hij of er iets op de 'namestack' ligt. Als dit inderdaad het geval is vergelijkt hij de naam met de namen op de 'namestack', te beginnen met het bovenste element van de stapel. Is dit vergelijken succesvol dan wordt de procedure 'expand macro' aangeroepen. Deze wordt in hoofdstuk 6 besproken. 'expand macro' leest de aktuele parameters en legt deze op de 'actualstack'. Tevens zorgt hij ervoor dat de assembler voortaan symbolen uit de 'definitionstack' en de 'actualstack' krijgt aangeboden. Indien de assembler al uit deze stapels aan het lezen was, wordt de plaats waar hij aan het lezen was gered in de 'savestack', om daarmee weer te kunnen vervolgen als de zojuist aangevatte macro-expansie beëindigd is.

De symbolen uit de twee genoemde stapels worden geleverd door de procedure 'macro sym'. De assembler doet gewoon zijn werk en heeft niet door dat de symbolen, die hij leest, in plaats van uit de inputbuffer uit de stapels van de macroprocessor komen.

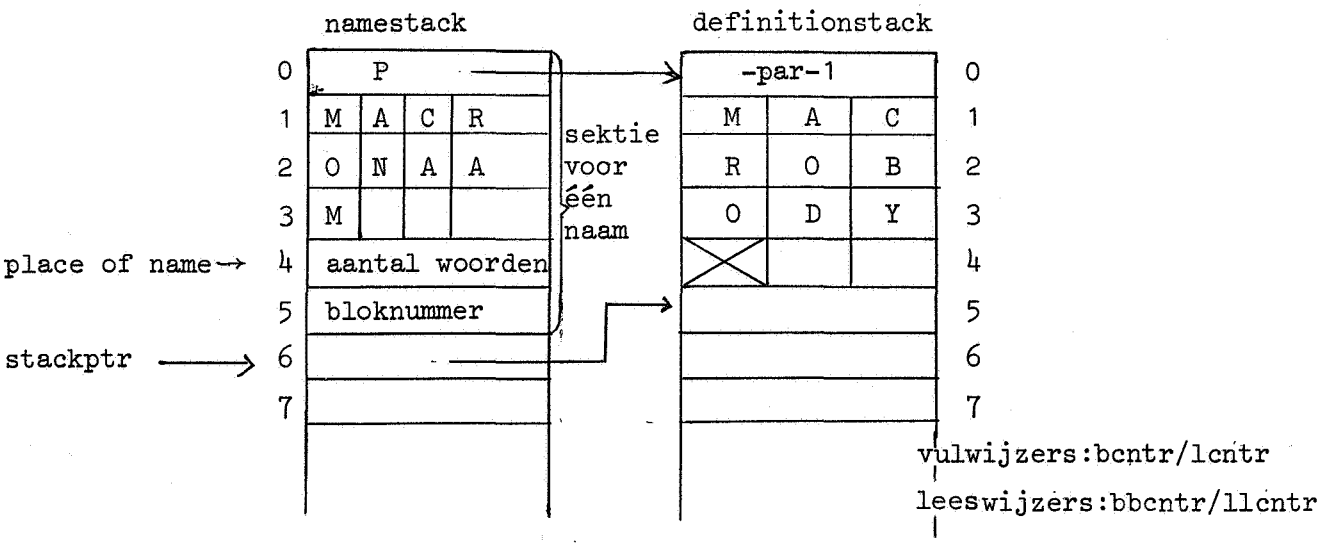
'ONLY MAC'

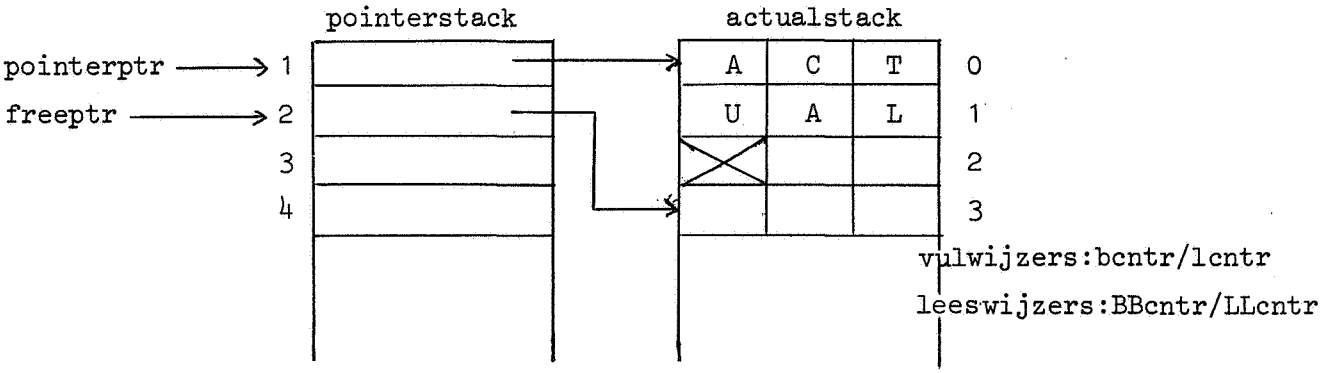
In de tweede scan skipt de assembler alle macrodeclaraties, terwijl de macro-aanvragen dan al verdwenen zijn.
De assembler komt niet in zijn tweede scan indien men de instruktie 'ONLY MAC' in zijn programma heeft opgenomen. Hij print en ponst dan na de eerste scan de verkregen tekst uit. Op deze manier kan men de macro-

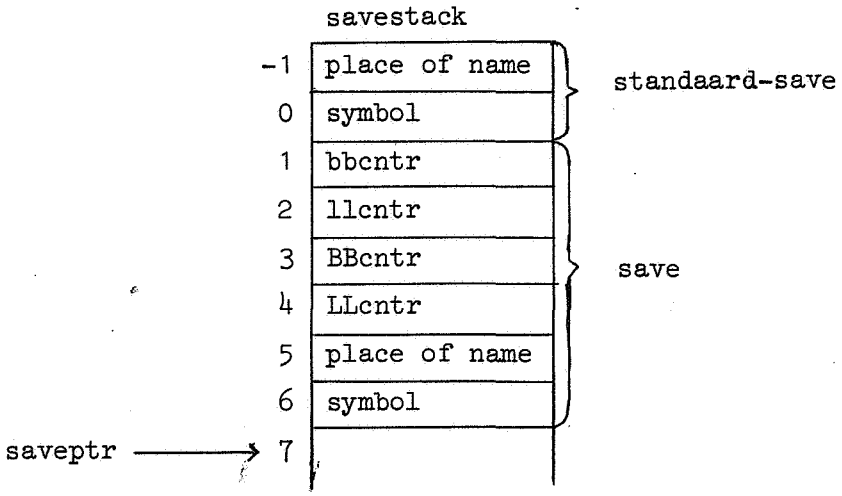
processor als tekstgenerator gebruiken, zij het dat men dan bij "on-ELANse" teksten wel veel foutmeldingen tijdens de eerste scan voor lief zal moeten nemen.

De stapels van de macroprocessor

Hier volgt een overzicht van de stapels die door de macroprocessor gebruikt worden. De wijze waarop dit gebeurt zal duidelijk worden in de volgende drie hoofdstukken.







5. define macro

De algemene struktuur van deze procedure is de volgende:

```
procedure define macro;
while er zijn nog declaraties te lezen do
begin read name;
      read formals;
      read block
end define macro;
```

read name

leest een identifier, plaatst deze op de 'namestack' en vult het aantal geheugenwoorden in, dat de naam in beslag neemt, alsmede het heersende bloknummer. In de 'namestack' wordt ook een pointer gezet naar de tekst van de bijbehorende body in de 'definitionstack'.

read formals

leest formele parameters tot de colon, die de parameterlijst afsluit, wordt gevonden. Ook bij het lezen van een accent wordt (onder foutmelding 3023) overgegaan naar 'read block'.
De formelen worden met behulp van de procedure 'store letgits' in de 'formallist' opgenomen. ('formallist' is een lokaal array in 'define macro').

formallist

aantal woorden				0
F	O	R	M	1
A	L	1		2
aantal woorden				3
F	O	R	M	4
A	L	2		5
0				6

Het aantal parameters wordt (negatief ten einde te voorkomen dat dit getal als tekst wordt opgevat) genoteerd in de 'definitionstack'.

read block

leest het macroblock en verkrijgt hieruit, op de in hoofdstuk 2 genoemde wijze, de macrobody. 'stow into stack' buffert deze in de 'definitionstack', er zorg voor dragend dat de formele parameters vervangen worden door

speciale symbolen.
Het herkennen van de formele parameters in de body wordt verricht door 'compare parameters', die telkens aangeroepen wordt wanneer er een < in de tekst voorkomt.
Verder worden door 'stow into stack' (ten hoogste 105) achtereenvolgende spaties opgeborgen als één symbool. (Dit speciaal met het oog op ELAN-teksten op ponskaarten). Het eind van de body wordt aangegeven door een speciale endmarker.

Opm. Het bufferen in de 'definitionstack' gebeurt al op het laagste niveau door de leesprocedure 'reaffer', dit is noodzakelijk om geen layout-symbolen verloren te laten gaan.

6. expand macro

Algemene struktuur:

```
procedure expand macro;
begin read actuals;
      maak naam onbekend;
      standaard-save;
      if from macro then store expansion
      else from macro:= true;
      zet bbcntr en llcntr
end   expand macro;
```

read actuals

leest al naar gelang de aktuele parameterlijst in de komma-stijl of in de quote-stijl staat tot de toepasselijke) of . gepasseerd is. Indien in de quote-stijl na de sluitquote van een parameter en na eventuele scheiders geen punt en ook geen openingsquote staat, wordt ook (onder foutmelding 3025 of 3031) aangenomen dat de parameterlijst beëindigd is.
In de 'pointerstack' wordt bijgehouden waar in de 'actualstack' de aktuelen staan. ('pointerptr' wijst naar de pointer van de eerste parameter, 'freeptr' naar de eerste vrije cel).
Het bufferen in de 'actualstack' geschiedt op het niveau van 'read and buffer' om geen layout of commentaar verloren te laten gaan.
'read actuals' kontroleert ook nog of het aantal aktuele parameters gelijk is aan het aantal formelen in de declaratie.

maak naam onbekend

In de 'namestack' wordt het bloknummer negatief gemaakt, waardoor de assembler een voorkomen van deze macronaam niet meer als zodanig herkent (tot 'macro sym' aan het eind van de expansie het bloknummer weer positief maakt).

standaard-save

Het nalaatste symbool van de parameterlijst is al gelezen, dit moet echter nog even bewaard worden omdat eerst de uitwerking van de macro-aanvraag er tussen moet.

Ook 'place of name' (waarin de assembler aangeeft waar in de 'namestack' hij de macronaam gevonden heeft) dient te worden gered, omdat tijdens de uitwerking van de macro-aanvraag de assembler weer een nieuwe macro-aanvraag kan tegenkomen, met het gevolg dat 'place of name' overschreven wordt.

store expansion

De genoemde twee gegevens worden altijd gered, maar als we al bezig waren met het uitwerken van een macro-aanvraag, dan worden ook de wijzers, met behulp waarvan we aan het lezen waren, gered. Dat gebeurt in 'store expansion'. Tenslotte krijgen de leeswijzers 'bbcntr' en 'llcntr' hun nieuwe waarde.

7. macro sym

Algemene struktuur:

```
procedure macro sym;
if from actualstack then
begin neem volgend symbool uit de actualstack;
      if symbool = endmarker then
      begin from actualstack: = false;
            symbool:= macro sym
      end
end else
begin neem volgend symbool uit de definitionstack;
      if symbool = parametersymbool then
      begin from actualstack:= true;
            symbool:= macro sym
end else
if symbool = endmarker then
begin symbool:= geredde nalaatste symbool;
      maak macronaam weer bekend;
      if savestack leeg then from macro:= false
      else restore expansion
   end
end macro sym;
```

'macro sym' is de procedure, die de symbolen aflevert, tijdens het uitwerken ("expanderen") van een macro-aanvraag.
'macro sym' begint te lezen uit de 'definitionstack'. Indien hij daarbij een symbool tegenkomt dat de representatie is van een formele parameter, dan gaat hij lezen uit de 'actualstack'. Komt hij in de 'actualstack' een endmarker tegen, dan leest hij weer verder uit de 'definitionsstack'. De macro-expansie is voltooid als 'macro sym' bij het lezen uit de 'definitionstack' een endmarker tegenkomt. Het geredde nalaatste symbool wordt dan weer opgepikt, en het bloknummer in de 'namestack' positief gemaakt, waardoor de naam weer bekend wordt.
Aan de grootte van 'saveptr' valt te zien of we nog bezig waren met een macro-expansie toen met de zojuist voltooide uitwerking werd begonnen. Als dit het geval was zorgt 'restore expansion' er voor dat de status-quo van voor de expansie hersteld wordt. Dit houdt ook een aflagen van de pointerstack' (en dus van de 'actualstack') en de 'savestack' in.

8. Regeldrukker-uitvoer

Tijdens de eerste scan worden alle macro-aanvragen geprint met een marge van 7 posities. In deze marge komt het regelnummer van het eerste symbool van de aanvraag. Dat is hetzelfde regelnummer als na de vervanging het eerste symbool van de gesubstitueerde tekst krijgt.
Als de aanvraag over meerdere regels verdeeld is, wordt geen nieuw regelnummer afgedrukt.

Aangezien de assembler pas ontdekt met een macro-aanvraag te doen te hebben op een niveau waar de layout-symbolen en de case al verloren zijn gegaan, wordt de macronaam zonder spaties en tabulaties in de lower case afgedrukt. De rest van de macro-aanvraag (aktuale parameterlijst, commentaar) wordt door de macroprocessor in zijn oorspronkelijke layout afgedrukt.

Tijdens de tweede scan wordt, indien er geen 'ONLY MAC'-instruktie in de tekst voorkomt, de tekst, waarin alle substituties al hebben plaats gehad, gelist. Dit gebeurt op dezelfde wijze als vóór de invoering van de macroprocessor het geval was. Het enige verschil is dat regels waarop macrosubstitutie is toegepast, voorzien zijn van een sterretje (na het regelnummer).

Als er wel een 'ONLY MAC'-instruktie is gegeven, wordt na de eerste scan de tekst met regelnummering en sterretjes afgedrukt, en zonder regelnummering en sterretjes in dezelfde layout geponst.

9. Wijzigingen in de assembler

procedure RE ELAN block;

Bij blokverlating wordt door de procedure 'unstack macros' de 'namestack' afgelaagd met alle namen die het bloknummer van het blok, dat verlaten wordt, hebben. (Ook als dit bloknummer negatief in de 'namestack' staat, dat kan namelijk, zie 11.1).
Aangezien de 'namestack' de pointers naar de 'definitionstack' bevat wordt dan ook gelijk de 'definitionstack' afgelaagd.

procedure RE ELAN declaration;

Als deze procedure een macrosymbool ('MACRO') tegenkomt roept hij in de eerste scan 'define macro' en in de tweede scan 'skip macro declarations' aan.

procedure RE ELAN instruction;

Deze procedure kan een macro identifier tegenkomen. Hij kontroleert dan of er geen varianten zijn, en roept 'expand macro' aan. Hierna krijgt de assembler symbolen uit de stapels van de macroprocessor aangeboden. Hij moet nu zodanig in het rechte spoor gebracht worden dat hij de tekst tijdens deze overgang in beide scans op dezelfde wijze interpreteert. Hiertoe is het van belang te weten of er al een inzetaanwijzing of een label gelezen is, omdat er dan geen inzetaanwijzing meer mag komen. Dit wordt bijgehouden in de boolean 'margin read'.

integer procedure READ synt unit;

Als deze een macronaam leest, wordt de naam met regelnummer afgedrukt en uit de tekstbuffer verwijderd. In 'place of name' wordt ingevuld waar de naam in de 'namestack' staat, terwijl de syntaktische eenheid wordt: 'macro identifier'.

procedure NS;

NS kan bericht geven aan 'PRINT LINE' dat het sterretjes printen moet beginnen of ophouden.

procedure RESYM 1;

Toegevoegd is: if from macro then s:= macro sym;

procedure PRINT LINE;

PRINT LINE is bedacht op sterretjes printen en tekst uitponsen.

10. Lijst van nieuwe foutmeldingen

10.1. Foutmeldingen van de macroprocessor

3000 namestack vol

3001 macro-aanvraag niet gevolgd door scheider

3002 meer dan 22 formele parameters

3004 in formele parameterlijst volgt op) geen :

3005 in formele parameterlijst volgt op parameter geen , of)

3006 in formele parameterlijst volgt op parameter geen >

3007 in formele parameterlijst volgt op > geen : of <separator> <

3008 formele parameter begint niet met een letter

3009 formallist vol

3010 macroblok begint niet met 'BEGIN'

3011 formele parameter heeft meer dan 84 niet-layout symbolen

3013 pointerstack vol

3016 aantal aktuelen in macro-aanvraag ongelijk aantal formelen in declaratie

3017 actualstack vol

3018 actualstack of definitionstack vol

3019 formallist of namestack vol

3023 formele parameterlijst onjuist afgesloten

3024 op formele parameterlijst volgt geen scheider

3025 aktuele parameterlijst in quote-stijl niet afgesloten door .

3026 macronaam in declaratie niet gevolgd door < of (of :

3030 macronaam in declaratie begint niet met een letter

10.2. Foutmeldingen van de assembler

335 macronaam in declaratie begint niet met een letter

525 macro-aanvraag met variant U, Y of N

812 'M niet gevolgd door A of T

11. Enkele opmerkingen

11.1. 'BEGIN' en 'END' in de aktuele parameters

Dit heeft tot gevolg dat door de parametersubstitutie de blokstruktuur verandert.
Indien een aktuele parameter in een aanvraag van macro M meer 'ENDS's dan 'BEGIN's bevat, kunnen we in de situatie terecht komen dat het blok waarin M gedeclareerd is, tijdens de uitwerking van M wordt afgesloten, waarbij de macro M van de stapel wordt genomen. Dit kan aanleiding geven tot vreemde situaties omdat daarna nog doorgelezen wordt uit de 'definitionstack' tot de endmarker bereikt is.
Meer 'BEGIN's dan 'END's kan aanleiding geven tot een verandering van de blokstructuur waardoor een macro langer blijft bestaan dan men (niet lettend op de aktuele parameter) zou zeggen.
Ook aktuele parameters met bijvoorbeeld eerst een 'END' en even later een 'BEGIN' kunnen vreemde effecten veroorzaken, evenals bijv. een apostrophe als aktuele parameter of een oneven aantal accenten in een aktuele parameter.
Het spreekt voor zich dat het gebruik van dergelijke "trucjes" moet worden afgeraden.

11.2. Waarom twee stijlen voor de parameterlijsten?

De komma-stijl heeft het voordeel dat ELAN-instrukties die het formaat van een macro-aanvraag hebben (bijv. sprongopdrachten, schuifopdrachten, PLUSA, DO enz.) ook als macro's gedeclareerd kunnen worden. Ook komt deze stijl meer overeen met de macrofaciliteit van de ELX8-Assembler (Zie voor een beschrijving hiervan: [3]).

De quote-stijl heeft het voordeel dat er meer vrijheid is in de samenstelling van de aktuele parameters. Deze stijl sluit ook aan bij de wijze waarop de aktuele parameters in de macrobody voorkomen.

11.3. Verboden namen

De volgende namen zijn als macronaam verboden:
A,B,E,F,G,M,N,P,S,T,U,Y,Z,
MA,MC,MD,MG,MS,MT,
M1,M2,...,M99.

11.4. Accenten en hoofdletters

Als de leesprocedure 'reaffer' een accent leest, leest hij nog een extra symbool om te kijken of dat ook een accent is, aangezien twee accenten (zonder spaties of tabulaties ertussen) worden opgevat als een apostrophe.
Vb.: 'BEGIN''MACRO'MAC: wordt 'BEGIN"MACRO'MAC; (waarbij "MACRO'MAC: wordt opgevat als commentaar).

De macroprocessor maakt geen onderscheid tussen hoofdletters en kleine letters.

11.5. Conditional Assembly

De faciliteit van "conditional assembly" (ook een van de wensen van de werkgroep [2]) is nog niet verwezenlijkt, maar de methode die in de macroprocessor is gevolgd kan ook hiervoor in grote lijnen toegepast worden. Telkens wanneer de assembler een 'IF'...'THEN'...'ELSE'...'FI' - konstruktie tegenkomt, roept hij een speciale procedure aan, die de tekst omvormt tot de gewenste, op analoge wijze (maar veel eenvoudiger) als dat nu gebeurt wanneer de assembler een macro-aanvraag tegenkomt. Ook andere faciliteiten (repetitie over een lijst, bijv.) kunnen op analoge wijze eenvoudig verwezenlijkt worden. Nu men de beschikking heeft over een macroprocessor, zal de behoefte aan dergelijke faciliteiten sterker gevoeld worden, dan in het verleden het geval was. Een beschrijving van mogelijke faciliteiten is te vinden in [4] en [5].

11. Enkele opmerkingen

11.1. 'BEGIN' en 'END' in de aktuele parameters

Dit heeft tot gevolg dat door de parametersubstitutie de blokstruktuur verandert.
Indien een aktuele parameter in een aanvraag van macro M meer 'ENDS's dan 'BEGIN's bevat, kunnen we in de situatie terecht komen dat het blok waarin M gedeclareerd is, tijdens de uitwerking van M wordt afgesloten, waarbij de macro M van de stapel wordt genomen. Dit kan aanleiding geven tot vreemde situaties omdat daarna nog doorgelezen wordt uit de 'definitionstack' tot de endmarker bereikt is.
Meer 'BEGIN's dan 'END's kan aanleiding geven tot een verandering van de blokstructuur waardoor een macro langer blijft bestaan dan men (niet lettend op de aktuele parameter) zou zeggen.
Ook aktuele parameters met bijvoorbeeld eerst een 'END' en even later een 'BEGIN' kunnen vreemde effecten veroorzaken, evenals bijv. een apostrophe als aktuele parameter of een oneven aantal accenten in een aktuele parameter.
Het spreekt voor zich dat het gebruik van dergelijke "trucjes" moet worden afgeraden.

11.2. Waarom twee stijlen voor de parameterlijsten?

De komma-stijl heeft het voordeel dat ELAN-instrukties die het formaat van een macro-aanvraag hebben (bijv. sprongopdrachten, schuifopdrachten, PLUSA, DO enz.) ook als macro's gedeclareerd kunnen worden. Ook komt deze stijl meer overeen met de macrofaciliteit van de ELX8-Assembler (Zie voor een beschrijving hiervan: [3]).

De quote-stijl heeft het voordeel dat er meer vrijheid is in de samenstelling van de aktuele parameters. Deze stijl sluit ook aan bij de wijze waarop de aktuele parameters in de macrobody voorkomen.

11.3. Verboden namen

De volgende namen zijn als macronaam verboden:
A,B,E,F,G,M,N,P,S,T,U,Y,Z,
MA,MC,MD,MG,MS,MT,
M1,M2,...,M99.

11.4. Accenten en hoofdletters

Als de leesprocedure 'reaffer' een accent leest, leest hij nog een extra symbool om te kijken of dat ook een accent is, aangezien twee accenten (zonder spaties of tabulaties ertussen) worden opgevat als een apostrophe.
Vb.: 'BEGIN''MACRO'MAC: wordt 'BEGIN"MACRO'MAC: (waarbij "MACRO'MAC: wordt opgevat als commentaar).

De macroprocessor maakt geen onderscheid tussen hoofdletters en kleine letters.

11.5. Conditional Assembly

De faciliteit van "conditional assembly" (ook een van de wensen van de werkgroep [2]) is nog niet verwezenlijkt, maar de methode die in de macroprocessor is gevolgd kan ook hiervoor in grote lijnen toegepast worden. Telkens wanneer de assembler een 'IF'...'THEN'...'ELSE'...'FI' - konstruktie tegenkomt, roept hij een speciale procedure aan, die de tekst omvormt tot de gewenste, op analoge wijze (maar veel eenvoudiger) als dat nu gebeurt wanneer de assembler een macro-aanvraag tegenkomt. Ook andere faciliteiten (repetitie over een lijst, bijv.) kunnen op analoge wijze eenvoudig verwezenlijkt worden. Nu men de beschikking heeft over een macroprocessor, zal de behoefte aan dergelijke faciliteiten sterker gevoeld worden, dan in het verleden het geval was. Een beschrijving van mogelijke faciliteiten is te vinden in [4] en [5].

12. Twee voobeelden

Het eerste voorbeeld is de generatie van het kinderliedje "Ik zag twee beren...".
We zien allereerst de inputtape, en op de pagina daarna een afdruk van de ponsband, zoals die na de eerste scan ten gevolge van de 'ONLY MAC'-instruktie is uitgeponst.

Het tweede voorbeeld is wat ingewikkelder.
We zien hierin de macro 'rgt' die de ELAN-instrukties voor de snelle registertransporten "bakt".
Verder zien we in de macro-aanvraag 'macro' een voorbeeld van een blok (inclusief macrodeclaratie en -aanvraag) als aktuele parameter.
Bij de macro 'mac' zien we een declaratie binnen een declaratie.
Verder wordt het begrip "scope" geïllustreerd door het feit dat 'subc' soms voor de macro,en soms voor de ELAN-instruktie staat.
We zien dat het gebruik van de komma- en de quote-stijl afgewisseld mogen worden.
Van het tweede voorbeeld is achtereenvolgens opgenomen:
de inputtape, de output tijdens de eerste scan en de output tijdens de tweede scan.

```
'only mac'
'begin' 'macro' ik zag <nummer> <dieren> <voorwerp> <bewerken>:
        'begin'
        <nummer> couplet:

        ik zag twee <dieren> <voorwerp> <bewerken>.
        oh, het was een wonder.
        het was een wonder, bovenwonder,
        dat die <dieren> <bewerken> konden.
        hihihi, hahaha,
        ik stond erbij en ik keek er naar.
        'end'

        ik zag twee beren

        ik zag <eerste> <beren> <broodje> <smeren>.

        ik zag <tweede> <apen> <wortelen> <schrapen>.

        ik zag <derde> <koeien> <luidkeels> <loeien>.

        ik zag <vierde> <rekenautomaten> <met elkaar> <praten>.

'end'
```

```
'only mac'
'begin' 'macro' ik zag <nummer> <dieren> <voorwerp> <bewerken>:
        'begin'
        <nummer> couplet:

        ik zag twee <dieren> <voorwerp> <bewerken>.
        oh, het was een wonder.
        het was een wonder, bovenwonder,
        dat die <dieren> <bewerken> konden.
        hihihi, hahaha,
        ik stond erbij en ik keek er naar.
        'end'

        ik zag twee beren

        eerste couplet:

        ik zag twee beren broodje smeren.
        oh, het was een wonder.
        het was een wonder, bovenwonder,
        dat die beren smeren konden.
        hihihi, hahaha,
        ik stond erbij en ik keek er naar.

        tweede couplet:

        ik zag twee apen wortelen schrapen.
        oh, het was een wonder.
        het was een wonder, bovenwonder,
        dat die apen schrapen konden.
        hihihi, hahaha,
        ik stond erbij en ik keek er naar.

        derde couplet:

        ik zag twee koeien luidkeels loeien.
        oh, het was een wonder.
        het was een wonder, bovenwonder,
        dat die koeien loeien konden.
        hihihi, hahaha,
        ik stond erbij en ik keek er naar.

        vierde couplet:

        ik zag twee rekenautomaten met elkaar praten.
        oh, het was een wonder.
        het was een wonder, bovenwonder,
        dat die rekenautomaten praten konden.
        hihihi, hahaha,
        ik stond erbij en ik keek er naar.

'end'
```

```
'begin' label,                          " Testprogramma MC ELAN Macroprocessor,
                                        " MR 011071
        'macro' rgt(v1,r1,s,r2,v2):
        'begin' uu = '100 000', yy = '200 000', nn = '300 000',
                pp = '400 000', zz = '1 000 000', ee = '1 400 000'
        (<v1> + '660000400' + (1 <s> 1) × '400 000' + (:<r2> - 59) × '40' +
                                                      (<v2> + :<r1> - 59))
        'end' rgt,

        macro <parameter>:              " Zal worden aangevraagd
                                        " met een blok als
                                        " aktuele parameter
        'begin'
        ivon
        <parameter>
        ivoff
        'end' macro,

        mac(par1,
            par2):
        'begin' <par1>,

                'macro' subc(par):      " Macrodeclaratie binnen mac
                'begin' naam
        naam:   subc(mc[-1])            " Dit is niet de macro subc
                <par2>
                <par>
                'end' subc

        <par1>: a + 2
                subc(rgt(,a,-,b,))      " a:= -b
                subc <subc(:<par1>)>.   " De eerste subc is de macro,
                                        " de tweede de ELAN instruktie
        'end' mac

m[1000]: rgt(uu,s,+,a,pp)               " u, s:= a, p

        mac <label>
            <a + 5
             a + 6>.
label:  subc(mc[-1])                    " Dit is niet de macro subc

        macro<'begin' 'macro' naam:
                'begin'
                a + 1
                'end' naam

                naam
        'end'>.
'end'
```

```
131071 -    214
MC ELAN1 ASSEMBLER AND MACRO PROCESSOR D.D, 01 10 71
    35 RGT(UU,S,+,A,PP)                        " U, S:= A, P
    40 MAC <LABEL>
                    <A + 5
                        A + 6>.
    51 SUBC(RGT(,A,-,B,))
    55 RGT(,A,-,B,)
    60 SUBC <SUBC(:LABEL)>.
    70 MACRO<'BEGIN' 'MACRO' NAAM:
                        'BEGIN'
                        A + 1
                        'END' NAAM
                        NAAM
                'END'>.
    76 NAAM
```

```
 1        1                'BEGIN' LABEL,                          " TESTPROGRAMMA MET EEN MACROPROCESSOR,
 2                                                                  " MR 011071
 3                                 'MACRO' RGT(V1,R1,S,R2,V2):
 4                                 'BEGIN' UU = '100 000', YY = '200 000', NN = '300 000',
 5                                         PP = '400 000', ZZ = '1 000 000', EE = '1 400 000'
 6                                 (<V1> + '660000400' + (1 <S> 1) * '400 000' + (:<R2> - 59) * '40' + (<V2> + :<R1> - 59))
 7                                 'END' RGT,
 8
 9                                 MACRO <PARAMETER>:                " ZAL WORDEN AANGEVRAAGD
10                                                                  " MET EEN BLOK ALS
11                                                                  " AKTUELE PARAMETER
12                                 'BEGIN'
13                                 !VON
14                                 <PARAMETER>
15                                 !VOFF
16                                 'END' MACRO,
17
18                                 MAC(PAR1,
19                                     PAR2):
20                                 'BEGIN' <PAR1>,
21
22                                         'MACRO' SUBC(PAR):      " MACRODECLARATIE BINNEN MAC
23                                         'BEGIN' NAAM
24                                 NAAM:   SUBC(MC[-1])            " DIT IS NIET DE MACRO SUBC
25                                         <PAR2>
26                                         <PAR>
27                                         'END' SUBC
28
29                                 <PAR1>: A + 2
30                                         SUBC(RGT(,A,-,B,))      " A:= -B
31                                         SUBC <SUBC(:<PAR1>)>.   " DE EERSTE SUBC IS DE MACRO,
32                                                                 " DE TWEEDE DE BLAN INSTRUKTIE
33                                 'END' MAC
34
35 *'000000':                  M[1000]: 'BEGIN' UU = '100 000', YY = '200 000', NN = '300 000',
36 *      2                             PP = '400 000', ZZ = '1 000 000', EE = '1 400 000'
37 *'001750':  '661500401'         (UU + '660000400' + (1 + 1) * '400 000' + (:A - 59) * '40' + (PP + :S - 59))
38 *      2                       'END'
39
40 *      3                       'BEGIN' LABEL,
41 *
42 *                                       'MACRO' SUBC(PAR):
43 *                                       'BEGIN' NAAM
44 *                               NAAM:   SUBC(MC[-1])
45 *                                       A + 5
46 *                                       A + 6
47 *                                       <PAR>
48 *                                       'END' SUBC
49 *
50 *'001751':  '002000002'         LABEL: A + 2
51 *      4                               'BEGIN' NAAM
52 *'001752':  '566475377'         NAAM:   SUBC(MC[-1])
53 *'001753':  '002000005'                 A + 5
54 *'001754':  '002000006'                 A + 6
55 *      5                               'BEGIN' UU = '100 000', YY = '200 000', NN = '300 000',
56 *                                      PP = '400 000', ZZ = '1 000 000', EE = '1 400 000'
57 *'001755':  '660000500'         ( + '660000400' + (1 - 1) * '400 000' + (:B - 59) * '40' + ( + :A - 59))
58 *      5                       'END'
59 *      4                               'END'
60 *      6                               'BEGIN' NAAM
```

```
131071 -    214                                                          43

   61 *'001756':  '566475377'          NAAM:   SUBC(MC[-1])
   62 *'001757':  '002000005'                  A + 5
   63 *'001760':  '002000006'                  A + 6
   64 *'001761':  '562401751'                  SUBC(:LABEL)
   65 *      6                                 'END'
   66 *
   67 *      3                          'END'
   68  '001762':  '566475377'  LABEL:  SUBC(MC[-1])                  " DIT IS NIET DE MACRO SUBC
   69
   70 *'001763':  '760060000'          !VON
   71 *      7                          'BEGIN' 'MACRO' NAAM;
   72 *                                         'BEGIN'
   73 *                                         A + 1
   74 *                                         'END' NAAM
   75 *
   76 *'001764':  '002000001'                  A + 1
   77 *      7                          'END'
   78 *'001765':  '660060000'          !VOFF
   79       1                 'END'
```

13. Programmatekst

```
integer max of namestack, max of defstack, max of actualstack, max of
pointerstack, max of savestack, stackptr, freeptr, pointerptr, saveptr,
spacecntr, lcntr, bcntr, llcntr, bbcntr, SPACEcntr, LLcntr, BBcntr, t8j,
t8J, word, Word, nextacc, endmarker, place of name, tt, asterisk, ksiretsa;
boolean in def mode, in actual mode, only mac, from macro, from
actualstack, accent read;
integer array namestack[-2:255],definitionstack[0:4095], actualstack
[0:2047], pointerstack[1:128], savestack[-1:120];

procedure initialize macro variables;
begin in def mode:= in actual mode:= only mac:= from macro:=
      from actualstack:= accent read:= false;
      max of namestack:= 255;
      max of defstack:= 4095;
      max of actualstack:= 2047;
      max of pointerstack:= 128;
      max of savestack:= 120;
      asterisk:= 254; ksiretsa:= 255;
      stackptr:= namestack[0]:= pointerstack[1]:= 0;
      endmarker:= spacecntr:= SPACEcntr:= 150;
      namestack[-1]:= saveptr:= -5;
      tt:= 1 + t6 + t12 + t18;
      freeptr:= 1
end initialize macro variables;

procedure define macro;
begin integer i,savel,max of formallist;
      boolean empty;
      integer array formallist[0:127];

      procedure read name;
      begin integer save;
            ERROR(stackptr > max of namestack,3000);
            lcntr:= savel:= namestack[stackptr]; ERROR(lcntr = -1,3027);
            bcntr:= 2; save:= stackptr:= stackptr + 1;
            store letgits(namestack,stackptr,max of namestack,reaffer);
            ERROR(stackptr + 1 > max of namestack,3000);
            namestack[stackptr]:= stackptr - save;
            namestack[stackptr + 1]:= blocknumber;
            stackptr:= stackptr + 2
      end read name;
```

```
procedure read formals;
begin integer i,ptr,aux,par;
      boolean in comma mode;

      integer procedure reaffer1;
      if symbol = accent symbol then
      begin ERROR(true,3023); goto outaccent end
      else reaffer1:= reaffer;

      procedure reaffer1 while(condition); boolean condition;
      begin integer i;
            for i:= i while condition do reaffer1
      end reaffer1 while;

      ptr:= 1; par:= 0;
      if symbol ≠ colon symbol ∧ symbol ≠ open symbol ∧ symbol ≠
      smaller symbol then
      begin ERROR(true,3026);
            reaffer1 while(symbol ≠ colon symbol ∧
            symbol ≠ open symbol ∧ symbol ≠ smaller symbol)
      end;
      if symbol ≠ colon symbol then
      begin i:= aux:= 0;
            in comma mode:= symbol = open symbol;
            for i:= i + 1 while symbol ≠ colon symbol do
            begin par= i; reaffer1;
                  if in comma mode ∧ i > 1 then reaffer1 while
                  (symbol = nlcr symbol ∨ symbol = semicolon symbol);
                  if 10 < symbol ∧ symbol ≤ 62 then
                  begin if i = 23 then
                        begin ERROR(true,3002); reaffer1 while
                              (symbol ≠ colon symbol)
                        end else
                        begin store letgits(formallist,ptr,max of
                              formallist, reaffer);
                              if ptr - aux > 22 then
                              begin ERROR(true,3011); ptr:= aux + 22
                              end;
                              formallist[aux]:= ptr - aux - 1;
                              aux:= ptr; ptr:= ptr + 1;
                              if symbol = accent symbol then
                              begin ERROR(true,3023); goto outaccent
                              end;
                              if in comma mode then
                              begin if symbol = close symbol then
                                begin if reaffer1 ≠ colon symbol then
                                  begin ERROR(true,3004);
                                    reaffer1 while
                                    (symbol ≠ colon symbol)
                                  end
                                end else if symbol ≠ comma symbol then
                                begin ERROR(true,3005);
                                  reaffer1 while(symbol ≠ comma
                                  symbol ∧ symbol ≠ colon symbol)
                                end
                              end else
```

```
                                    begin if symbol ≠ greater symbol then
                                      begin ERROR(true,3006);
                                        reafferl while(symbol ≠ smaller
                                        symbol ∧ symbol ≠ colon symbol)
                                      end else
                                      begin if reafferl ≠ colon symbol then
                                        begin reafferl while(symbol =
                                          nlcr symbol ∨ symbol = semicolon
                                          symbol);
                                          ERROR(symbol = colon symbol,3007)
                                        end;
                                        if symbol ≠ smaller symbol ∧
                                        symbol ≠ colon symbol then
                                        begin ERROR(true,3007);
                                          reafferl while(symbol ≠
                                          smaller symbol ∧ symbol ≠
                                          colon symbol)
                                        end
                                      end
                                    end
                              end
                        end else
                        begin ERROR(true,3008);
                              reafferl while(symbol ≠ comma symbol ∧
                              symbol ≠ smaller symbol ∧ symbol ≠ colon
                              symbol)
                        end
                  end
            end if symbol;
            if ptr - 1 < max of formallist then formallist[ptr - 1]:= 0
            else ERROR(true,3009);
            reaffer;
            ERROR(symbol ≠ nlcr symbol ∧ symbol ≠ semicolon symbol,3024);
            read while(symbol = nlcr symbol ∨ symbol = semicolon symbol);
      outaccent: definitionstack[lcntr]:= -par - 1
end read formals;

procedure read block;
begin integer i, begcntr;
      boolean declarations,within accents;
      procedure compare parameters;
      begin integer i, j, l, ptr, length;
            boolean found;
            integer array parameter[0:20];
```

```
        ptr:= l:= 0; j:= 127; found:= false;
        reaffer;
        store letgits(parameter,l,20,reaffer);
        if l ≠ 22 ∧ symbol = greater symbol then
        for length:= formallist[ptr] while length ≠ 0 ∧ ¬ found do
        begin j:= j + 1;
              if length = l then
              begin i:= 0;
                    for i:= i + 1 while parameter[i - 1] =
                    formallist[ptr + i] ∧ ¬ found do
                    if i = l then
                    begin for l:= 1, l while l ≠ smaller symbol
                          do delete symbol(l); i:= i - 1;
                          stow into stack(definitionstack,
                          max of defstack,j);
                          found:= true
                    end
              end;
              ptr:= ptr + length + 1
        end
end compare parameters;

procedure delete symbol(s); integer s;
begin integer word;
      if bcntr = 0 then
      begin s:= definitionstack[lcntr];
            lcntr:= lcntr - 1; bcntr:= 2
      end else
      begin word:= definitionstack[lcntr];
            if word < 0 then empty:= true else
            begin definitionstack[lcntr]:= word : t8;
                  s:= word - definitionstack[lcntr] × t8;
                  bcntr:= bcntr - 1
            end
      end
end delete symbol;

in def mode:= true;
stow into stack(definitionstack,max of defstack,symbol);
if ¬ compare(≮'begin'≯) then
begin ERROR(true,3010); skip until(≮'begin'≯) end;
begcntr:= 1;
declarations:= symbol ≠ nlcr symbol ∧ symbol ≠ semicolon
symbol; if ¬ declarations then
begin lcntr:= savel; bcntr:= 2;
      in def mode:= false;
      reaffer;
      stow into stack(definitionstack,max of defstack,
      symbol); in def mode:= true
end;
```

```
            within accents:= false;
            for i:= i while begcntr > 0 do
            begin read while(symbol ≠ accent symbol
                        ∧ symbol ≠ smaller symbol);
                  if symbol = smaller symbol then compare parameters;
                  if symbol = accent symbol then
                  begin within accents:= ¬ within accents;
                        reaffer;
                        if within accents then
                        begin if compare(‹end›) then
                              begin if symbol = accent symbol then
                                    begin begcntr:= begcntr - 1;
                                      if begcntr = 0 ∧ ¬ declarations
                                      then
                                      begin delete symbol(i);
                                        for i:= i while i ≠ nlcr symbol
                                        ∧ i ≠ semicolon symbol ∧ ¬ empty
                                        do delete symbol(i);
                                        empty:= false
                                      end
                                    end
                              end else
                              if compare(‹begin›) then
                              begin if symbol = accent symbol then
                                    begcntr:= begcntr + 1
                              end
                        end
                  end
            end;
            in def mode:= false; reaffer;
            stow into stack(definitionstack,max of defstack,endmarker);
            if stackptr < max of namestack then
            namestack[stackptr]:= if lcntr + 1 > max of defstack
                                  then -1 else lcntr + 1
      end read block;
      max of formallist:= 127; empty:= false;
      for i:= i while ¬ empty do
      begin read name;
            read formals;
            read block;
            read while(0 ≤ symbol ∧ symbol ≤ 62);
            if symbol = comma symbol then
            begin reaffer;
                  read while(symbol = nlcr symbol
                              ∨ symbol = semicolon symbol);
                  ERROR(symbol < 10 ∨ symbol > 62,3030)
            end else empty:= true
      end;
      pr tape symbol:= space symbol
end define macro;
```

```
procedure expand macro;
begin integer p,par;

      procedure read actuals;
      begin integer i,opcntr,quotcntr,savel,auxptr;

            procedure complete actual parameter;
            begin if bcntr = 0 then
                  begin lcntr:= lcntr - 1; bcntr:= 2 end else
                  begin actualstack[lcntr]:= actualstack[lcntr] : t8;
                        bcntr:= bcntr - 1
                  end;
                  stow into stack(actualstack,max of actualstack,
                  endmarker);
                  freeptr:= freeptr + 1;
                  if freeptr < max of pointerstack then
                  begin savel:= lcntr;
                        pointerstack[freeptr]:= lcntr + 1
                  end
            end complete actual parameter;

            auxptr:= freeptr;
            if symbol = open symbol then
            begin in actual mode:= true;
                  opcntr:= 1;
                  for i:= i while opcntr > 0 do
                  begin ERROR(freeptr > max of pointerstack,3013);
                        if freeptr = auxptr then
                        begin savel:= lcntr:= pointerstack[freeptr] - 1;
                              bcntr:= 2
                        end;
                        reaffer;
                        if symbol = open symbol then
                        opcntr:= opcntr + 1 else
                        if symbol = close symbol then
                        opcntr:= opcntr - 1;
                        read while(symbol = nlcr symbol ∨
                                   symbol = semicolon symbol);
                        lcntr:= savel; bcntr:= 2;
                        stow into stack(actualstack,max of actualstack,
                        symbol);
                        for i:= i while (symbol ≠ comma symbol ∨ opcntr
                        ≠ 1) ∧ opcntr ≠ 0 do
                        begin reaffer;
                              if symbol = open symbol then opcntr:=
                                opcntr + 1 else
                              if symbol = close symbol then opcntr:=
                                opcntr - 1
                        end;
                        complete actual parameter
                  end;
                  reaffer;
                  in actual mode:= false
            end else
```

```
      if symbol = smaller symbol then
      begin in actual mode:= true;
            for i:=i while symbol = smaller symbol do
            begin ERROR(freeptr > max of pointerstack,3013);
                  quotcntr:= 1;
                  if freeptr = auxptr then
                  lcntr:= pointerstack[freeptr] - 1 else lcntr:= savel;
                  bcntr:= 2;
                  for i:= i while quotcntr > 0 do
                  begin reaffer;
                        if symbol = smaller symbol then quotcntr:=
                          quotcntr + 1 else
                        if symbol = greater symbol then quotcntr:=
                          quotcntr - 1
                  end;
                  complete actual parameter;
                  reaffer;
                  if symbol ≠ point symbol then
                  begin read while(symbol = nlcr symbol
                                   ∨symbol = semicolon symbol);
                        ERROR(symbol = point symbol,3025)
                  end
            end;
            if symbol = point symbol then reaffer
            else ERROR(true,3025);
            in actual mode:= false
      end;
      pointerptr:= auxptr;
      if freeptr - auxptr ≠ par then
      begin ERROR(true,3016);
            auxptr:= auxptr + par - 1;
            for i:= freeptr step 1 until auxptr do
            pointerstack[i]:= -1;
            freeptr:= auxptr + 1
      end;
      if symbol ≠ nlcr symbol ∧ symbol ≠ semicolon symbol then
      begin ERROR(true,3001);
            read while(symbol ≠ nlcr symbol
                    ∧ symbol ≠ semicolon symbol)
      end
end read actuals;

procedure store expansion;
begin savestack[saveptr]:= bbcntr;
      savestack[saveptr + 1]:= llcntr;
      if from actualstack then
      begin savestack[saveptr + 2]:= BBcntr;
            savestack[saveptr + 3]:= LLcntr;
            from actualstack:= false
      end else savestack[saveptr + 2]:= -1
end store expansion;
```

```
      ERROR(saveptr + 5 > max of actualstack,3017);
      p:= namestack[place of name - namestack[place of name] - 1];
      par:= -definitionstack[p] - 1;
      read actuals;
      namestack[place of name + 1]:= -namestack[place of name + 1];
      savestack[saveptr + 4]:= place of name;
      savestack[saveptr + 5]:= symbol;
      if from macro then store expansion else
      begin from macro:= true; stow into buffer(asterisk) end;
      saveptr:= saveptr + 6; bbcntr:= 1; llcntr:= p;
      pr tape symbol:= space symbol;
      symbol:= macro sym;
      stow into buffer(symbol)
end expand macro;

integer procedure macro sym;
begin integer i,s;

      procedure restore expansion;
      begin bbcntr:= savestack[saveptr];
            llcntr:= savestack[saveptr + 1];
            if bbcntr = 2 then
            begin t8j:= 1; word:= definitionstack[llcntr];
                  word:= word - word : t8 × t8
            end else
            if bbcntr = 3 then
            begin t8j:= t8; word:= definitionstack[llcntr];
                  word:= word - word : t16 × t16
            end;
            if savestack[saveptr + 2] ≠ -1 then
            begin BBcntr:= savestack[saveptr + 2];
                  LLcntr:= savestack[saveptr + 3];
                  if BBcntr = 2 then
                  begin t8J:= 1; Word:= actualstack[LLcntr];
                        Word:= Word - Word : t8 × t8
                  end else
                  if BBcntr = 3 then
                  begin t8J:= t8; Word:= actualstack[LLcntr];
                        Word:= Word - Word : t16 × t16
                  end;
                  from actualstack:= true
            end;
            place of name:= savestack[saveptr - 2];
            pointerptr:= pointerptr + definitionstack[namestack
            [place of name - namestack[place of name] - 1]] + 1
      end restore expansion;
```

```
      if spacecntr > 150 then
      begin spacecntr:= spacecntr - 1; s:= space symbol end else
      begin if from actualstack then
            begin BBcntr:= BBcntr - 1; if BBcntr = 0 then
                  begin LLcntr:= LLcntr + 1; BBcntr:= 3;
                        t8J:= t16; Word:= actualstack[LLcntr]
                  end;
                  if BBcntr ≠ 1 then
                  begin s:= Word : t8J; Word:= Word - s × t8J;
                        t8J:= t8J / t8
                  end else s:= Word;
                  if s = endmarker then
                  begin from actualstack:= false; s:= macro sym
                  end
            end else
            begin bbcntr:= bbcntr - 1; if bbcntr = 0 then
                  begin llcntr:= llcntr + 1; bbcntr:= 3; t8j:= t16;
                        word:= definitionstack[llcntr]
                  end;
                  if bbcntr ≠ 1 then
                  begin s:= word : t8j; word:= word - s × t8j;
                        t8j:= t8j / t8
                  end else s:= word;
                  if s > 128 ∧ s < 149 then
                  begin from actualstack:= true; BBcntr:= 1;
                        LLcntr:= pointerstack[pointerptr + s - 128] - 1;
                        if LLcntr = -2 then from actualstack:= false;
                        s:= macro sym
                  end else
                  if s = endmarker then
                  begin saveptr:= saveptr - 6;
                        freeptr:= pointerptr;
                        namestack[place of name + 1]:=
                        -namestack[place of name + 1];
                        if saveptr = -5 then
                        begin from macro:= false; stow into buffer(ksiretsa)
                        end else restore expansion;
                        s:= savestack[saveptr + 5]
                  end
            end;
            if s > endmarker then
            begin spacecntr:= s - 1; s:= space symbol end
      end;
      macro sym:= s
end macro sym;
```

```
integer procedure reaffer;
begin integer i;

      integer procedure read and buffer;
      begin integer s;
            s:= RESYM1;
            if in actual mode then
            begin stow into stack(actualstack,max of actualstack,s);
                  prsym(s);
                  if s = nlcr symbol then space(7)
            end else
            begin stow into buffer(s);
                  if s = nlcr symbol then
                  line number:= line number + 1
            end;
            read and buffer:= s
      end read and buffer;

      for i:= i,i while symbol = space symbol ∨ symbol = tab symbol do
      begin if accent read then
            begin symbol:= nextacc; accent read:= false end
            else symbol:= read and buffer;
            if symbol = accent symbol then
            begin nextacc:= read and buffer;
                  if nextacc = accent symbol
                  then symbol:= apostrophe symbol
                  else accent read:= true
            end;
            if symbol = apostrophe symbol then
            for i:= i while symbol ≠ semicolon symbol
                        ∧ symbol ≠ nlcr symbol do
            symbol:= read and buffer;
            if in def mode then
            stow into stack(definitionstack,max of defstack,symbol)
      end;
      reaffer:= symbol
end reaffer;

boolean procedure compare(text); string text;
begin integer s,k;
      k:= 0; compare:= true;
      for s:= stringsymbol(k,text) while s ≠ 255 do
      if s ≠ (if 37 ≤ symbol ∧ symbol ≤ 62 then symbol - 27 else symbol)
      then
      begin compare:= false; k:= -1 end else
      begin k:= k + 1; if first scan then reaffer else NS end
end compare;

procedure read while(condition); boolean condition;
begin integer i;
      for i:= i while condition do if first scan then reaffer else NS
end read while;
```

```
procedure skip until(text); string text;
begin integer i, first symbol;
      first symbol:= stringsymbol(0,text);
      read while(first symbol ≠
          (if 37 < symbol ∧ symbol < 62 then symbol - 27 else symbol));
      for i:= i while ¬ compare(text) do read while(first symbol ≠
          (if 37 < symbol ∧ symbol < 62 then symbol - 27 else symbol))
end skip until;

procedure stow into stack(stack,max,char); value max,char;
integer max;char; integer array stack;
begin integer i;
      if char = space symbol ∧ spacecntr < 255
      then SPACEcntr:= SPACEcntr + 1 else
      begin bcntr:= bcntr + 1;
            if bcntr = 3 then
            begin lcntr:= lcntr + 1; bcntr:= 0;
                  if lcntr > max then ERROR(true,3018)
                  else stack[lcntr]:= 0
            end;
            if SPACEcntr > 150 then
            begin stack[lcntr]:= stack[lcntr] × t8 + SPACEcntr;
                  if char = space symbol then SPACEcntr:= 151 else
                  begin SPACEcntr:= 150;
                        stow into stack(stack,max,char)
                  end
            end else
            stack[lcntr]:= stack[lcntr] × t8 + char;
            if char = endmarker then
            for i:= bcntr step 1 until 1 do
            stow into stack(stack,max,0)
      end
end stow into stack;

procedure store letgits(list,pointer,max,letgit); value max;
integer pointer,max,letgit; integer array list;
begin integer i,j,word;
      boolean full;
      word:= j:= 0; full:= false;
      for i:= i while symbol < 62 ∧ ¬ full do
      begin if symbol > 37 then symbol:= symbol - 27;
            j:= j + 1;
            if j = 4 then
            begin if pointer > max then full:= true else
                  list[pointer]:= word × t6 + symbol;
                  word:= j:= 0; pointer:= pointer + 1
            end else word:= word × t6 + symbol;
            symbol:= letgit
      end;
      if j ≠ 0 then
      begin for j:= j + 1 while j < 4 do word:= word × t6 + 63;
            if pointer > max then full:= true else list[pointer]:= word;
            pointer:= pointer + 1
      end;
      ERROR(full ∧ ¬ in def mode,3019)
end store letgits;
```

```
procedure unstack macros;
begin integer i;
      for i:= i while abs(namestack[stackptr - 1]) = blocknumber ∧
        stackptr > 0 do
      stackptr:= stackptr - namestack[stackptr - 2] - 3
end unstack macros;

procedure skip macro declarations;
if second scan then
begin integer i, begcntr;
      for i:= i,i while symbol = comma symbol do
      begin skip until(≮'begin'≯); begcntr:= 1;
            for i:= i while begcntr > 0 do
            begin read while(symbol ≠ accent symbol
                        ∧ symbol ≠ apostrophe symbol);
                  if symbol = accent symbol then
                  begin NS;
                        if symbol = accent symbol
                        then symbol:= apostrophe symbol else
                        if compare(≮end'≯) then begcntr:= begcntr - 1 else
                        if compare(≮begin'≯) then begcntr:= begcntr + 1
                        else begin read while(symbol ≠ accent symbol);
                                    NS
                        end
                  end;
                  if symbol = apostrophe symbol then
                  read while(symbol ≠ nlcr symbol
                        ∧ symbol ≠ semicolon symbol)
            end;
            read while(0 ≤ symbol ∧ symbol ≤ 62)
      end
end skip macro declarations;

procedure print elantext;
begin integer i, begcntr;
      pr tape symbol:= space symbol;
      linecounter:= 0;
      skip until(≮'begin'≯); begcntr:= 1;
      for i:= i while begcntr > 0 do
      begin read while(symbol ≠ accent symbol
                  ∧ symbol ≠ apostrophe symbol);
            if symbol = accent symbol then
            begin NS;
                  if symbol = accent symbol
                  then symbol:= apostrophe symbol else
                  if compare(≮end'≯) then begcntr:= begcntr - 1 else
                  if compare(≮begin'≯) then begcntr:= begcntr + 1 else
                  begin read while(symbol ≠ accent symbol); NS end
            end;
            if symbol = apostrophe symbol then
            read while(symbol ≠ nlcr symbol ∧ symbol ≠ semicolon symbol)
      end;
      runout; runout
end print elantext;
```

14. Literatuur

[1] R.P. van de Riet, L.G.L.Th. Meertens, G.C.J.M. Nogarede, L.J.M. Geurts, M. Rem. The MC ELAN Assembler, Stichting Mathematisch Centrum, Amsterdam 1971.

[2] F.E.J. Kruseman Aretz, J.B. Mailloux, E.G.M. Broerse, K.K. Koksma. Verslag bespreking specificatie eigenschappen eventuele MC-Assembler X8. Intern rapport, februari-april 1967.

[3] Programmering EL X8, N.V. Philips-Electrologica, Den Haag.

[4] M.D. McIlroy. Macroinstruction Extensions of Compiler Languages. Communications of the ACM, vol. 3, no. 4, pp. 214-220, april 1960.

[5] D.W. Barron. Assemblers and Loaders. Mc.Donald/Elsevier, Londen 1969.

[6] D. Grune. Handleiding Milli-systeem voor de EL X8. Stichting Mathematisch Centrum, Amsterdam 1970.

[7] P. Naur (editor). Revised Report on the Algorithmic Language ALGOL 60. Regnecentralen, Kopenhagen 1962.