FCW 1x	**Übung zu Formale Sprachen, Compiler- und Werkzeugbau 1**	**WS 2024/25, Übung 3**

Abgabetermin: in der KW 48

☐ **Gr. 1,** **Dr. H. Dobler** **Name** ______________________________ **Aufwand in h** _____

☐ **Gr. 2,** **Dr. G. Kronberger**

Punkte _________ **Übungsleiter** ______

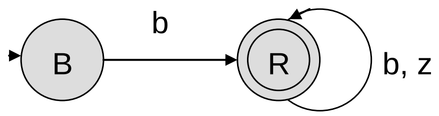
1. Objektorientierte Implementierung endlicher Automaten (6 Punkte)

Machen Sie sich zuerst mit der oo Implementierung endlicher Automaten in C++ vertraut. Sie finden diese im *moodle*-Kurs in der Datei *FiniteAutomataForStudents*, im Wesentlichen in den beiden Klassen *DFA* und *NFA*: Studieren Sie die Quelltexte anhand des Testprogramms in *Main.cpp*.

Um das Verständnis (auch der oo Implementierung von Grammatiken) weiter zu festigen, erstellen Sie eine Funktion *XFA ****faOf***(*const Grammar *g*) zur Transformation einer regulären Grammatik (gegeben in Form eines *Grammar*-Objekts *g*) in einen endlichen Automaten (also in ein Objekt der Klasse *DFA* oder *NFA*, je nachdem welche Klasse Ihnen dafür besser geeignet erscheint) sowie eine zweite Funktion *Grammar ****grammarOf***(*const XFA *xfa*) für die umgekehrte Transformation (also von *NFA* oder *DFA* nach *Grammar*, wobei diese dann aber regulär sein muss).

2. DFA, Erkennung und Mealy- oder Moore-Automat (1 + 3 Punkte)

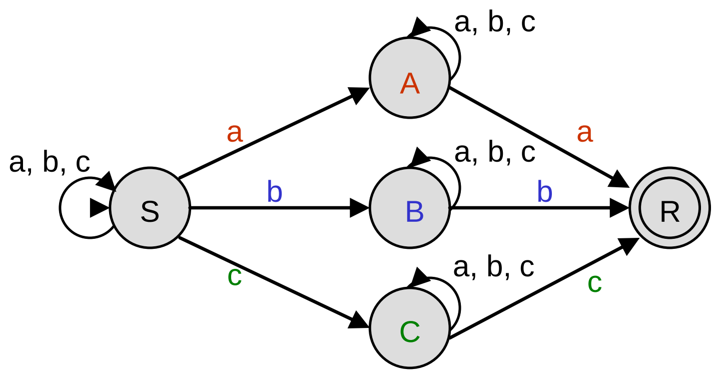
a) Schreiben Sie ein Programm, das den unten dargestellten Automaten für einfache Bezeichner erzeugt (in Form eines Objekts der Klasse *DFA*) und testen Sie die *accepts*-Methode sowohl für gültige als auch für ungültige Bandinhalte.



b) Entwickeln Sie ausgehend von der Klasse *DFA* eine neue Klasse (*Mealy* oder *Moore*), die einen endlichen Transformationsautomaten (nach George H. Mealy oder Edward F. Moore) simuliert. Testen Sie Ihre Klasse, indem Sie Bezeichner gemäß des obigen Automaten (*b* steht für *Buchstabe*, *z* steht für *Ziffer*, z. B. *bzzb*) in's Englische übersetzen (*c* für *character* und *d* für *digit*), also damit z.B. den dt. Bezeichner *bzzb* in den engl. Bezeichner *cddc* übersetzen.

3. NFA, Transformation NFA -> DFA und Zustandsminimierung (1 + 2 + 1 + 1 Punkte)

a) Schreiben Sie ein Programm, das den unten dargestellten Automaten für spezielle *abc*-Folgen in Form eines Objekts der Klasse *NFA* erzeugt, und versuchen Sie mit den drei Methoden *accepts1* (mit Multithreading), *accepts2* (mit Backtracking) und *accepts3* (durch Verfolgung von Zustandsmengen) sowohl gültige als auch ungültige Bandinhalte zu erkennen.



b) Instrumentieren Sie die drei *acceptsX*-Methoden so, dass Sie Maßzahlen für den Zeitaufwand und die Laufzeit (mittels *Timer.h* + *.cpp*) der Erkennung ermitteln können.

c) Berechnen Sie mit der Methode *NFA::dfaOf* den deterministischen Automaten für obigen nichtdeterministischen Automaten und stellen Sie diesen graphisch dar.

d) Stellen Sie fest, ob der in c) berechnete deterministische Automat minimal ist, indem Sie dafür, mit der Methode *DFA::minimalDfaOf* den Minimalautomaten berechnen und schauen, ob ...

4. Kellerautomat und erweiterter Kellerautomat (1 + 1 + 1 + 2 Punkte)

Hier die Grammatik für die Definition von Konstanten in der Sprache MiniC++ (einer kleinen Teilmenge von C++):

```
ConstDef =  'const' Type ident Init { ',' ident Init } ';' .
Type =      'bool' | 'int' .
Init =      '=' ( false | true | [ '+' | '-' ] number ) .
```

a) Transformieren Sie diese Grammatik in die Schreibweise der formalen Sprachen.

b) Konstruieren Sie einen *Kellerautomaten* für Sätze dieser Grammatik. (Algorithmus siehe unten.)

c) Konstruieren Sie einen e*rweiterten Kellerautomaten* für die Sätze dieser Grammatik. (Algorithmus siehe unten.)

d) Geben Sie die Zugfolgen der beiden Kellerautomaten aus b) und c) an, die sie bei der Erkennung des Satzes

```
const int max = 100;
```

durchlaufen.

Algorithmus Kellerautomat aus Grammatik (nichtdeterministisch, *top-down*):
Der Kellerautomat besitzt nur einen einzigen Zustand Z (Start- und Endzustand), zu Beginn enthält der Keller nur das Satzsymbol S und erkennt Sätze durch leeren Keller.

S.1: Erzeuge für jede Regel $A \rightarrow \alpha$ einen Übergang $\delta(Z, \varepsilon, A) = (Z, \alpha^R)$.
Hierbei ist α^R die Umkehrung von α.

S.2: Erzeuge für jedes Terminalsymbol a einen Übergang $\delta(Z, a, a) = (Z, \varepsilon)$.

Algorithmus erweiterter Kellerautomat aus Grammatik (nichtdeterministisch, *bottom-up*):
Der erweiterte Kellerautomat besitzt zwei Zustände, Z und R. Dabei ist R ist Endzustand. Sein Keller enthält im Startzustand das nicht zur Grammatik gehörende Symbol $\$$.

S.1: Erzeuge für jede Regel $A \rightarrow \alpha$ einen Übergang $\delta(Z, \varepsilon, \alpha) = (Z, A)$.

S.2: Erzeuge für jedes Terminalsymbol a einen Übergang $\delta(Z, a, x) = (Z, xa)$ für alle $x \in V \cup \{\$\}$.

S.3: Erzeuge den Übergang $\delta(Z, \varepsilon, \$S) = (R, \varepsilon)$.

5. Term. Anfänge/Nachfolger, LL(k)-Bedingung u. Transformation (1 + 2 + 1 Punkte)

Wir betrachten eine abgeänderte und vereinfachte Form von Modula-2-Programmoduln und beschreiben sie durch folgende Grammatik:

```
progmod   → MODULE id : priority ; imppart block id .
priority  → const | ε
imppart   → FROM id IMPORT implist | IMPORT implist
implist   → id | id , implist
block     → dclpart statpart | statpart
dclpart   → DECL | DECL ; dclpart
statpart  → BEGIN statseq ; END
statseq   → STAT | STAT ; statseq
```

a) Bestimmen Sie die terminalen Anfänge der Länge 1 ($First_1$) aller Alternativen und terminalen Nachfolger der Länge 1 ($Follow_1$) aller Nonterminalsymbole dieser Grammatik.

b) Ist diese Grammatik LL(k)? Wenn ja, wie groß ist k; wenn nein, warum nicht?

c) Transformieren Sie diese Grammatik in eine äquivalente LL(1)-Grammatik und zeigen Sie dann, dass Ihre Grammatik tatsächlich LL(1) ist.