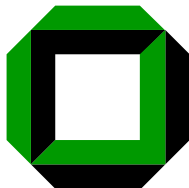


# *Formale Systeme*

Prof. Dr. Bernhard Beckert

Fakultät für Informatik  
Universität Karlsruhe (TH)



Winter 2008/2009



## *Beschreibung endlicher Automaten*

Die Darstellung konkreter endlicher Automaten in graphischer Form ist nur für kleine Automaten möglich, für größere, wie sie in realistischen Anwendungen auftreten, ist das nicht praktikabel.



## *Beschreibung endlicher Automaten*

Die Darstellung konkreter endlicher Automaten in graphischer Form ist nur für kleine Automaten möglich, für größere, wie sie in realistischen Anwendungen auftreten, ist das nicht praktikabel.

Wir betrachten als eine Alternative die Modellierungssprache *Promela*.



# *Promela*

- Process meta language



# *Promela*

- **Process meta language**
- Modellierungssprache für indeterministische gekoppelte erweiterte endliche Automaten.



# *Promela*

- **Process meta language**
- Modellierungssprache für indeterministische gekoppelte erweiterte endliche Automaten.
- Entwickelt von Gerard Holzmann seit 1980.



# Promela

- **P**rocess **m**eta **l**anguage
- Modellierungssprache für indeterministische gekoppelte erweiterte endliche Automaten.
- Entwickelt von Gerard Holzmann seit 1980.
- Weit verbreitetes Verifikationswerkzeug SPIN  
(**S**imple **P**romela **I**Nterpreter)



# Promela

- **P**rocess **m**eta **l**anguage
- Modellierungssprache für indeterministische gekoppelte erweiterte endliche Automaten.
- Entwickelt von Gerard Holzmann seit 1980.
- Weit verbreitetes Verifikationswerkzeug SPIN  
(**S**imple **P**romela **I**Nterpreter)
- Angabe der zu verifizierenden Eigenschaft als LTL Formel oder Büchi-Automat.





## Promela Beispiel

```
/* Peterson's solution to mutual exclusion - 1981 */
bool turn, flag[2];
byte ncrit;
active [2] proctype user()
{
    assert(_pid == 0 || _pid == 1);
    again: flag[_pid] = 1;
        turn = _pid;
        (flag[1 - _pid] == 0 || turn == 1 - _pid);
        ncrit++;
        assert(ncrit == 1); /* critical section */
        ncrit--;
        flag[_pid] = 0;
        goto again}
}
```



## Promela Beispiel

```
active [2] proctype user()
{
    assert(_pid == 0 || _pid == 1);
again: flag[_pid] = 1;
    turn = _pid;
    (flag[1 - _pid] == 0 || turn == 1 - _pid);
    ncrit++;
    assert(ncrit == 1); /* critical section */
    ncrit--;
    flag[_pid] = 0;
    goto again    }
}
```



## Promela Beispiel

```
active [2] proctype user()
{
    assert(_pid == 0 || _pid == 1);
again: flag[_pid] = 1;
    turn = _pid;
    (flag[1 - _pid] == 0 || turn == 1 - _pid);
    ncrit++;
    assert(ncrit == 1); /* critical section */
    ncrit--;
    flag[_pid] = 0;
    goto again }
}
```

Promela beschreibt Zustandsübergangssysteme durch die Definition von **Prozesstypen (process types)**.



## Promela Beispiel

```
active [2] proctype user()
{
    assert(_pid == 0 || _pid == 1);
again: flag[_pid] = 1;
    turn = _pid;
    (flag[1 - _pid] == 0 || turn == 1 - _pid);
    ncrit++;
    assert(ncrit == 1); /* critical section */
    ncrit--;
    flag[_pid] = 0;
    goto again    }
}
```

In diesem Beispiel wird der Prozesstyp `user()` deklariert.



## Promela Beispiel

```
active [2] proctype user()
{
    assert(_pid == 0 || _pid == 1);
again: flag[_pid] = 1;
    turn = _pid;
    (flag[1 - _pid] == 0 || turn == 1 - _pid);
    ncrit++;
    assert(ncrit == 1); /* critical section */
    ncrit--;
    flag[_pid] = 0;
    goto again    }
}
```

Die Deklaration eines Prozesstyps bewirkt noch nichts. Erst mit der Erzeugung einer Instanz eines Prozesstypes sind Aktionen verbunden.

## Promela Beispiel

```
active [2] proctype user()
{
    assert(_pid == 0 || _pid == 1);
again: flag[_pid] = 1;
    turn = _pid;
    (flag[1 - _pid] == 0 || turn == 1 - _pid);
    ncrit++;
    assert(ncrit == 1); /* critical section */
    ncrit--;
    flag[_pid] = 0;
    goto again    }
}
```

Instanzen eines Prozesstyps werden normalerweise in einem Initialisierungsprozess erzeugt, z.B.

```
init { run users(); }.
```

## Promela Beispiel

```
active [2] proctype user()
{
    assert(_pid == 0 || _pid == 1);
again: flag[_pid] = 1;
    turn = _pid;
    (flag[1 - _pid] == 0 || turn == 1 - _pid);
    ncrit++;
    assert(ncrit == 1); /* critical section */
    ncrit--;
    flag[_pid] = 0;
    goto again;
}
```

active [2] ist eine Abkürzung für  
init { run users(); run users(); }.



## Promela Beispiel

```
active [2] proctype user()
{
    assert(_pid == 0 || _pid == 1);
again: flag[_pid] = 1;
    turn = _pid;
    (flag[1 - _pid] == 0 || turn == 1 - _pid);
    ncrit++;
    assert(ncrit == 1); /* critical section */
    ncrit--;
    flag[_pid] = 0;
    goto again }
}
```

Prozesse werden in der Reihenfolge ihrer Aktivierung durchnummeriert. Auf diese Nummer kann mit der lokalen Variablen `_pid` zugegriffen werden.





## Promela Beispiel

```
bool turn, flag[2];
byte ncrit;
active [2] proctype user()
{
    assert(_pid == 0 || _pid == 1);
again: flag[_pid] = 1;
    turn = _pid;
    (flag[1 - _pid] == 0 || turn == 1 - _pid);
    ncrit++;
    assert(ncrit == 1); /* critical section */
    ncrit--;
    flag[_pid] = 0;
    goto again    }
}
```

Globale Variablen, im Beispiel `turn`, `flag[2]`, `ncrit`, können von jedem Prozess gelesen und beschrieben werden.



## Promela Beispiel

```
active [2] proctype user()
{
    assert(_pid == 0 || _pid == 1);
again: flag[_pid] = 1;
    turn = _pid;
    (flag[1 - _pid] == 0 || turn == 1 - _pid);
    ncrit++;
    assert(ncrit == 1); /* critical section */
    ncrit--;
    flag[_pid] = 0;
    goto again    }
}
```

In Promela ist jeder Ausdruck auch ein Befehl. Ergibt die Auswertung den Wahrheitswert *wahr* oder einen Wert  $> 0$ , dann geht die Ausführung mit der nächsten Anweisung weiter.

## Promela Beispiel

```
active [2] proctype user()
{
    assert(_pid == 0 || _pid == 1);
again: flag[_pid] = 1;
    turn = _pid;
    (flag[1 - _pid] == 0 || turn == 1 - _pid);
    ncrit++;
    assert(ncrit == 1); /* critical section */
    ncrit--;
    flag[_pid] = 0;
    goto again    }
}
```

Andernfalls bleibt der Prozess blockiert bis der Ausdruck durch Aktionen anderer Prozesse wahr wird.

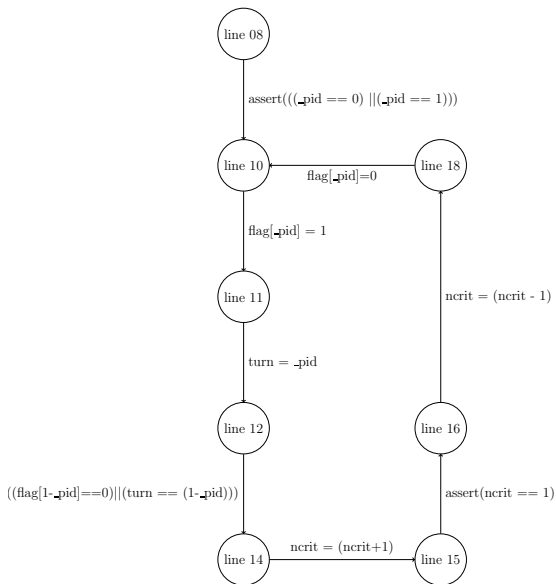


## Promela Beispiel

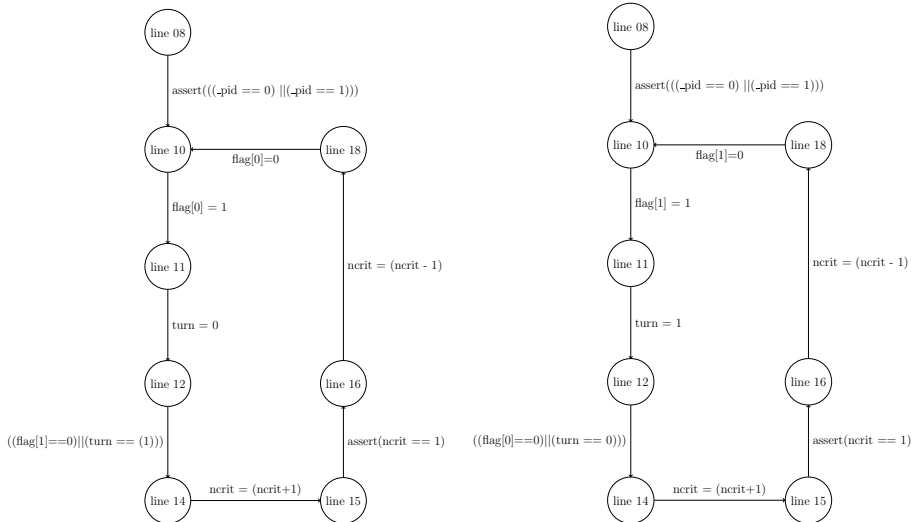
```
active [2] proctype user()
{
    assert(_pid == 0 || _pid == 1);
again: flag[_pid] = 1;
    turn = _pid;
    (flag[1 - _pid] == 0 || turn == 1 - _pid);
    ncrit++;
    assert(ncrit == 1); /* critical section */
    ncrit--;
    flag[_pid] = 0;
    goto again }
}
```

Falls das Argument des `assert` Befehls wahr ist geht die Ausführung mit der nächsten Zeile weiter, anderenfalls wird ein Fehler berichtet und die Simulation oder Verifikation abgebrochen.

# Generischer Automat zum user Prozess



# Instanzen des generischen Automaten



# Approximation des Produktautomaten

