

Microcode 생성을 위한 Register 할당

○최영희, 최기호
광운대학

The Register Allocation for Microcode Generation

Yeong Hee Choi, Ki Ho Choi
Kwang Woon Univ.

요약 본 논문에서는 Microcode 생성 System에 있어서 기계 독립적인 중간언어 명령을 기계 종속적인 Microoperation으로 변환과 Register full 상태 일 때 register 상태와 이용빈도수에 의한 대체 우선 순위에 따라 deallocation 하드로서 Memory access swapping 회수를 감소 시킬 수 있음을 보였다.

ABSTRACT This paper shows the translation of a machine independent intermediate language into machine dependent microoperations and the reduction of memory access swapping by the allocation/deallocation scheme which is based on the replacement priority table which is given by the register status and the frequency of use of variable when all registers are full.

1. 서론

1951년 Wilkes의 microprogramming 개념 소개 이후 IC 기술의 급속한 발달에 힘입어 Microprogram 가능한 Computer가 많이 등장하였고, 또한 Data communication processor, OS 등 특정 목적의 Digital system의 제어에 관심이 microprogramming 하기 위한 tool 개발에 많은 연구가 진행되고 있다. microcode 생성을 위한 Software tool의 부족은 microcode 양이 증가할 때 많은 비용이 들고 신뢰도가 저하되는 결과를 가져온다. (1)

Horizontal microcode 생성비용을 줄이기 위하여 High Level Microprogramming Language(HLML)로 의도하는 program을 작성하고 HLML을 target machine의 microprogram으로 변환하기 위한 portable microcode compiler를 개발하는 것이 바람직하다. 어려 machine에 대한 portable 한 microprogram을 생성하는데 사용할 수 있는 보다 일반적인 microprogram 생성 system구성에

대하여 많은 연구가 진행되고 있다.(2-7)
이에 대한 일반적인 구조는 그림1과 같다.

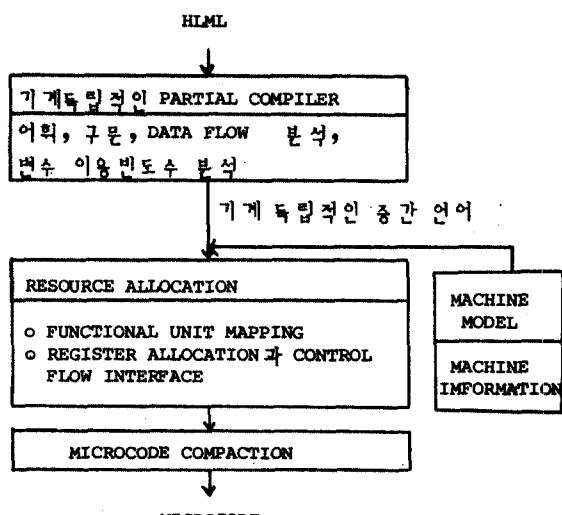


그림1. 마이크로코드 생성 체계의 일반적인 구조
General Structure of a microcode generation system

의 구조 중 register allocation은 제작 초기에 microinstruction을 만들 어내는데는 microcode compaction보다 큰 영향을 미치므로 아주 중요한 역할을 하고 있다.(2) Dewitt(3)의 변환 System은 최적화와 register allocation을 결합시킬 수 있도록 Code 생성을 Symbolic 변수 level로 끌어올리고 여러 가지 microprogram 가능한 machine을 설계할 수 있는 control word model, code 생성과 register allocation/deallocation의 결합 가능성을 제시 했으나 너무 일반적이어서 실제 machine에 의존적이 어렵다.

Kim 과 Tan 은 (4) 광역적으로 변수의 track 을 이용하기 때문에 이에 대한 많은 정보를 요한다. 또한 여러종류의 register space 의 이용 가능성 을 보이고 있으나 실제 어떻게 적용되는가는 본명치 않다.

Ma 와 Lewis 는 (2) 변수 할당에 가중치를 주어 할당 우선 순위를 정하는 보다빠른 극소적인 방법 을 이용하고 있다. 또한 MOP Scheduling 과 code 생성을 위해 machine model 정보를 이용하여 PDP 11/40E 에 적용하였다. 그러나 기계 종속적 인 MOP level 에서 register를 할당하므로 algorithm 이 복잡하다.

Mueller (5,6,7)는 flow graph 를 이용한 microcode 생성기법과 register 할당의 결합 가능성에 대해 연구하고 있다.

본 논문은 기계 독립적인 중간 언어를 과 statement 단위로 Register allocation을 수행하고, 기계 독립적인 명령을 machine hardware unit 에 결합시킨다. 또한 register 할당을 위한 deallocation 우선 순위 결정 방법을 논하였고 allocation/deallocation 수의 차이점을 비교한다.

2. Functional Unit 의 할당

Partial compiler에 의해 HMLL 이 quadruple 형태로 바꾸어진 IL(machine independent intermediate code)을 변환 table 을 이용하여 MOP list 형태로 변환한다.

IL 명령을 host machine 의 hardware unit 로 mapping 하는 MOP list 는 변환 table에 기억 시킨다. 변환 table 을 이용한 예를 예1)에서 보였다.

예1) 뱃셈과 덧셈을 위한 명령

| OP | I | O |
|-----|-----------------------------------|------|
| SUB | SRC ₁ SRC ₂ | DEST |
| ADD | SRC ₁ SRC ₂ | DEST |

microprogram 가동한 host machine의 MOP 변환 예를 들면 아래와 같다.

○ SUB의 경우 ○ ADD의 경우

| | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|
| AC \leftarrow SRC ₁ | AC \leftarrow SRC ₁ |
| AC \leftarrow AC-SRC ₂ | AC \leftarrow AC+SRC ₂ |
| DEST \leftarrow AC | DEST \leftarrow AC |

3. Register 할당 algorithm

Symbolic 변수들을 register에 할당하는 문제에 대해 보다 작은 Step 으로 해를 구하기 위하여 변수 Weight mechanism 을 이용한다.

control flow interface 를 위해서 microoperation sequence 는 단일 입구와 단일 출구를 갖는 straight line code(SLC) 의 set 을 나눈다.

register의 최종 상태(FS) 는 각 SLC의 끝에서 register 할당이 완료된 상태이고 SLC의 초기 상태(IS) 는 그 SLC에 control flow가 있는 모든 SLC의 FS 들의 합으로 정의된다.(8)

$$IS(i) = f(\sum_{k=1}^m FS(ik))$$

register 상태는 그 register에 할당된 변수의 상태, 범위, type 을 나타낸다.

○ 변수 상태 : register에 있는 변수 내용이 memory 와 내용과 틀리면 active, 같을 경우에는 passive.

○ 변수 범위 : 한 procedure 내에서만 access 가능 한 변수는 local 변수, 전체 program에서 access 가능한 변수는 global 변수.

○ 변수 type : register에 할당된 후에 최소 한번 이용되고 다음에 다시 현 procedure 내에서 이용될 변수의 경우 약, 현 procedure 내에서 다시 참조 되지 않는 변수의 경우.

(1) SLC 내에서의 Register 할당.

새로운 변수에 대해 free register를 이용할 수 없을 때까지 가능한 오랫동안 그 register에 할당되어 있는 변수를 그대로 유지시킨다.

새로운 한 변수를 할당하고자 할 때 free register 가 없는 경우 register에 이미 할당되어 있는 변수의 상태에 따라 우선순위를 표1과 같이 정의하고 변수 이용 번도수에 따라 deallocate 한다. 대체 우선순위와 register 상태를 이용한 register 할당 방법의 예를 예2)에서 보였다.

표 1. 대체 우선 순위표

Replacement priority table

| 우선순위 | 상태 | |
|------|---------------------|----------------------|
| | passive | active |
| 1 | procedure에서 사용되지 않는 | passive 상태인 local 변수 |
| 2 | " | active " local |
| 3 | " | passive " global |
| 4 | " | active " global |
| 5 | procedure에서 사용될 | passive " local |
| 6 | " | passive " global |
| 7 | " | active " local |
| 8 | " | active " global |

예2) SLC_i에 할당 되어질 변수 VAR1, VAR2 가 있다고 ①과 같이 가정한다.

① IL 정의

VAR1 : GLOBAL, USE

VAR2 : GLOBAL, USE

:

SLC_i Starts

ADD VAR1 VAR2 DEST

SLC_i ends

② Register R1, R2 가 있다고 가정하고 SLC_i의

| Register 할당이 시작되기 전 Register 상태 | | | | |
|---------------------------------|------|--------|--------|------|
| Register | 변수 | 상태 | 범위 | TYPE |
| R1 | VAR2 | active | global | use |
| R2 | VAR3 | active | local | use |

③ Register 할당과 변환후의 결과

```

MBR ← R2           > memory write
MM(VAR3) ← MBR
MBR ← MM(VAR1)    > memory read
R2 ← MBR
AC ← R2
AC ← AC + R1
R2 ← AC

```

④ SLCi FS

| Register | 변수 | 상태 | 범위 | type |
|----------|-------|--------|--------|------|
| R1 | VAR 2 | active | global | use |
| R2 | VAR 1 | active | global | use |

(2) SLC IS

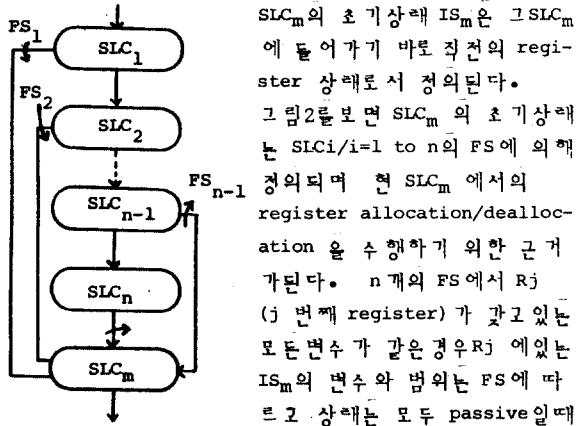


그림2. 전방문 기의 예

Example forward branch
branchb active 가된다. 반면에 만약 n개의 FS 중 한 변수 이상 다른 것과 헤리다면 IS_m에 있는 R_j는 free register가 되어야 한다.

예3) Register는 R₁과

R₂를 사용한다고 가정하고 그림3에서 forward branch에 대한 IS₄를 결정한다. FS₁, FS₂, FS₃는 다음과 같이 주어진다.

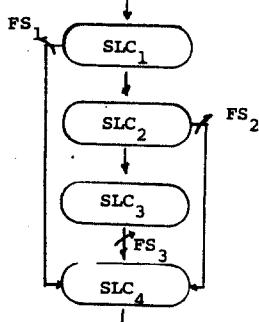


그림3. 예3의 전방문 기
Forward branch of EX3

| ① FS1 | Register | 변수 | 상태 |
|-------|----------|------|---------|
| | R1 | VAR1 | active |
| | R2 | VAR2 | passive |
| ② FS2 | Register | 변수 | 상태 |
| | R1 | VAR1 | passive |
| | R2 | VAR2 | active |
| ③ FS3 | Register | 변수 | 상태 |
| | R1 | VAR1 | passive |
| | R2 | VAR3 | passive |
| ④ FS4 | Register | 변수 | 상태 |
| | R1 | VAR1 | active |
| | R2 | | |

memory write 문은 MBR ← R2

MM(VAR2) ← MBR

와 같이 SLC2의 마지막에 삽입되어야 하고 IS4는 의외와 같다.

(3) Backward branch 시 SLC와 FS

그림4와 같이 SLC₃에서 SLC₂로 backward branch 할 때 branch 문 전의 상태는 SLC₂의 시작 상태와 같아야 한다.

결정되어야 할 문제는 FS₃로 예4)와 같이 IS2 NIS2, BS3에 의해서 결정된다. 이때 NIS는 label 문이 실행시의 상태이고 BS는 branch 문 바로 직전의 상태이다.

예4) ① IS₂를 아래와 같이 가정한다.

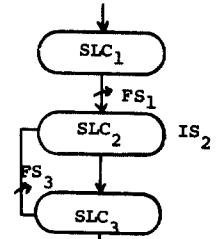
| Register | 변수 | 범위 | 상태 |
|----------|------|--------|--------|
| R1 | VAR1 | Global | active |
| R2 | VAR2 | Local | active |

② SLC₂의 첫 번째 문장이

Label MOVE VAR3 VAR1

일 때의 NIS₂

| Register | 변수 | 위치 |
|----------|------|--------|
| R1 | VAR1 | dest |
| R2 | VAR3 | source |



③ SLC₂의 마지막 문장이 그림4. 예4의 후방문 기 BRANCH Label1 Backward branch of EX4 일 때의 branch 문 이전의 상태 BS₃는 다음과 같이 가정하면,

| Register | 변수 | 상태 |
|----------|------|--------|
| R1 | VAR4 | active |
| R2 | VAR3 | active |

④ SLC3의 RS를 결정하기 위해 NIS2와 BS3에서 Register에 있는 변수가 서로 다른면 BS3의 상태와 NIS2의 변수 위치를 고려하여 SLC2의 첫 문장이 실행될 수 있도록 FS3를 결정한다. 본 예의 경우에는 R1의 변수가 서로 다르고 상태와 위치가 active, dest 이므로 branch 문이 전에 memory write 가 삽입된다.

MEMWRITE RI VAR4

BRANCH Label

| Register | 변 수 | 상 태 |
|----------|------|---------|
| R1 | VAR4 | passive |
| R2 | VAR3 | active |

(4) Register allocation algorithm

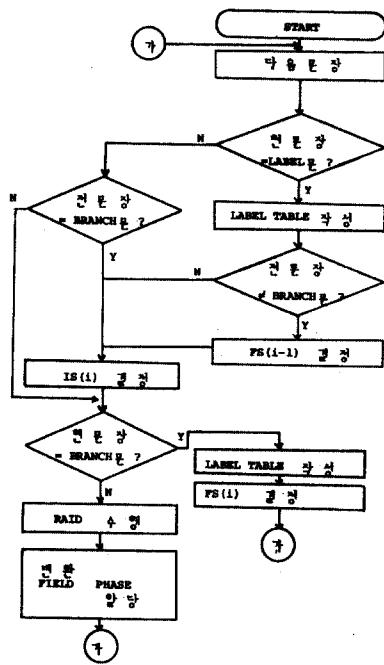


그림5. 메모리 할당의 일반적인 구조 General structure of register allocation

4. 실험 및 고찰

Host machine 으로는 가상의 microprogram 가능한
machine 을 그림7과 같이 구성했고 target machine
으로서 PDP8을 이용했다. (Host machine 의
Mop list 는 부록참고) 한 HTML로 쓰여진
program 이 partial compiler 에 의해서 IL로
변환되었다고 가정하고 Host machine 의 변환
tabel (부록 2참고)을 이용 MOP sequence로 변환
과 register allocation algorithm 을 적용하
었으며 이를 가능화 register수의 변화와 다음과

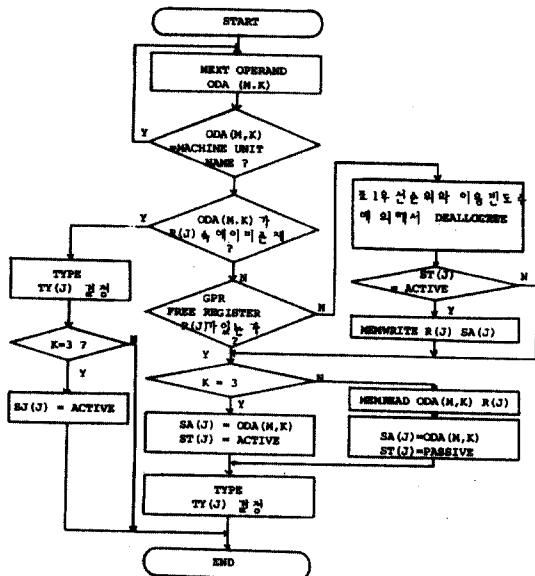


그림 6. 페지스터 할당 알고리즘

Register A/D scheme algorithm

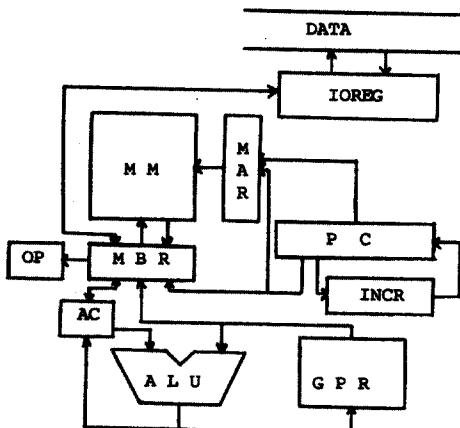


그림 7. 가상의 마이크로 프로그램 가능한 기계 Virtual microprogrammable machine

같은 할당 방법의 변화에 따른 memory access swapping 횟수를 비교해 보았다.

식혜방법

방법1) 모든 변수들은 global 변수로 취급하여 deallocation 시 임의의 순서로 deallocation 한다. (대부분 현재의 compiler에서 지원)

방법2) 대체 우선 순위표를 이용하고 우선 순위가
가을 경우 이의의 수서로 deallocation 한다.

반복3) 반복2) 예제수의 이용 비도 스트림 가하여

우선순위가 같은 경우 작은 빈도수를 갖는
변수를 deallocation 한다.

방법4) 방법2)에 우선순위가 같은 경우 이후에 이용
할 회수가 가장 적은 빈도수를 갖는 변수를
deallocation 한다.

실험에 입력되는 test program (부록 표 3 참고)
은 13개의 SLC로 구성되어 있고 7개의 global
변수, 6개의 임시 변수를 사용하였다.
Register 의 수는 위의 4 가지 방법에 의하여
3개의 register에서부터 10개의 register 까지
register 수를 증가 시켜가면서 memory access
swapping 수를 비교하였다.

표 2의 실험 결과와 같이 7~8개의 register 면
emulation 하는데 충분하다는 것을 알 수 있고
4 가지 방법의 일코리즘에 대하여 load/store
명령수가 적은 순서대로 표시해본다.

방법3), 방법4), 방법2), 방법1)

방법1) 과 2)에 비해서 방법3)과 4)가 load/
store 명령수 가 감소를 보임을 PRIME 750
COMPUTER SYSTEM 을 이용한 표 2의 실험결과를
통해서 입증 할 수 있다.

표 2. R A/D 수행후 Memory access swapping 수
Memory access swapping count after R A/D

| Register 수 | 방법1 | 방법2 | 방법3 | 방법4 |
|------------|-----|-----|-----|-----|
| 3 | 28 | 22 | 17 | 20 |
| 4 | 26 | 20 | 15 | 19 |
| 5 | 21 | 20 | 14 | 18 |
| 6 | 17 | 15 | 13 | 17 |
| 7 | 15 | 13 | 11 | 11 |
| 8 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| 9 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |

5. 결 론

본 논문에서 가상의 microprogram 가능한 한 machine 을 선택하여 기계독립적인 중간언어 명령을
변환 table에 의해 기계종속적인 Microoperation
으로 변환하는 방법을 보였다. Host machine
의 변경시에는 새로운 machine에 대한 table 와
재정의에 의해서 가능해지므로 portable 하다고
할 수 있다. Register allocation시에 deallocation
의 결정에 있어서 실험결과와 같이 대체
우선순위가 같은 경우 빈도수를 추가한 방법이
좋은 성능을 얻을 수 있음을 보였다.

참 고 문 헌

- (1) S. Davidson and B.D. Shriver, "An overview of firmware engineering", computer, Vol.11, pp. 21-33, May. 1978.
- (2) P.Ma and T.G. Lewis, "Design of machine independent optimizing system for Emulator development", ACM TOPLAS, Vol.2, No.2, April 1980.
- (3) DeWitt. D.J., "A machine independent approach to the production of horizontal microcode", Ph.D.thesis.University of Michigan. 1976.
- (4) Kim.J. and Tan.C.J. "Register assignment algorithms for optimizing microcode compilers- PartI", Technical Report RC 7639, IBM T.J. Watson Research Center, May 1979.
- (5) R.A.Mueller,J.Varghese,V.H Allan,
"Global methods in the flow graph approach to retargetable microcode generation"
Department of Computer Science Colorado state univ.
- (6) R.A.Muller,M.R.Duda,S.M.O'Haire,
"A survey of resource allocation methods in optimizing microcode compilers."
Dapartment of Computer Science Colorado state univ.
- (7) R.A.Miller,J.Varghese,"Flow graph machine models in microcode synthesis".
- (8) R.P.Ma,T.G.Lewis,"The Design of a Resource Allocation Scheme for Microcode Generation".
Euromicro Journal, Vol.11, No.5.PP. 277-286, 1983.

부록 1. Host machine microoperation list

```

1. --- M3P LIST ---
2.   GPR
3.   GPR
4.   GPR
5.   GPR
6.   GPR
7.   GPR
8.   GPR
9.   M3R   <-- MM(MAR)
10.  M4C(MAR) <-- MRC(MAR)
11.  M4R   <-- PRODUCT2
12.  M3R   <-- PRODUCT2
13.  M3R   <-- LITERAL
14.  M3R   <-- IOREG
15.  M3R   <-- GPR
16.  M3R   <-- MBR
17.  GPR   <-- MBR
18.  AC    <-- AC
19.  AC    <-- AC + GPR
20.  AC    <-- AC - GPR
21.  AC    <-- AC * GPR
22.  AC    <-- AC / GPR
23.  AC    <-- AC ^ GPR
24.  AC    <-- NOT. GPR
25.  AC    <-- NOT. GPR
26.  AC    <-- NOT. GPR
27.  AC    <-- NOT. GPR
28.  AC    <-- NOT. GPR
29.  AC    <-- NOT. GPR
30.  AC    <-- NOT. GPR
31.  AC    <-- NOT. GPR
32.  AC    <-- NOT. GPR
33.  AC    <-- NOT. GPR
34.  AC    <-- NOT. GPR
35.  AC    <-- NOT. GPR
36.  AC    <-- NOT. GPR
37.  AC    <-- NOT. GPR
38.  AC    <-- NOT. GPR
39.  AC    <-- NOT. GPR
40.  AC    <-- NOT. GPR
41.  AC    <-- NOT. GPR
42.  AC    <-- NOT. GPR
43.  AC    <-- NOT. GPR
44.  AC    <-- NOT. GPR
45.  AC    <-- NOT. GPR
46.  AC    <-- NOT. GPR
47.  AC    <-- NOT. GPR
48.  AC    <-- NOT. GPR
49.  AC    <-- NOT. GPR
50.  AC    <-- NOT. GPR
51.  AC    <-- NOT. GPR
52.  AC    <-- NOT. GPR
53.  AC    <-- NOT. GPR
54.  AC    <-- NOT. GPR
55.  AC    <-- NOT. GPR
56.  AC    <-- NOT. GPR
57.  AC    <-- NOT. GPR
58.  AC    <-- NOT. GPR
59.  AC    <-- NOT. GPR
60.  AC    <-- NOT. GPR
61.  AC    <-- NOT. GPR
62.  AC    <-- NOT. GPR
63.  AC    <-- NOT. GPR
64.  AC    <-- NOT. GPR
65.  AC    <-- NOT. GPR
66.  AC    <-- NOT. GPR
67.  AC    <-- NOT. GPR
68.  AC    <-- NOT. GPR
69.  AC    <-- NOT. GPR
70.  AC    <-- NOT. GPR
71.  AC    <-- NOT. GPR
72.  AC    <-- NOT. GPR
73.  AC    <-- NOT. GPR
74.  AC    <-- NOT. GPR
75.  AC    <-- NOT. GPR
76.  AC    <-- NOT. GPR
77.  AC    <-- NOT. GPR
78.  AC    <-- NOT. GPR
79.  AC    <-- NOT. GPR
80.  AC    <-- NOT. GPR
81.  AC    <-- NOT. GPR
82.  AC    <-- NOT. GPR
83.  AC    <-- NOT. GPR
84.  AC    <-- NOT. GPR
85.  AC    <-- NOT. GPR
86.  AC    <-- NOT. GPR
87.  AC    <-- NOT. GPR
88.  AC    <-- NOT. GPR
89.  AC    <-- NOT. GPR
90.  AC    <-- NOT. GPR
91.  AC    <-- NOT. GPR
92.  AC    <-- NOT. GPR
93.  AC    <-- NOT. GPR
94.  AC    <-- NOT. GPR
95.  AC    <-- NOT. GPR
96.  AC    <-- NOT. GPR
97.  AC    <-- NOT. GPR
98.  AC    <-- NOT. GPR
99.  AC    <-- NOT. GPR
100. AC    <-- NOT. GPR
101. AC    <-- NOT. GPR
102. AC    <-- NOT. GPR
103. AC    <-- NOT. GPR
104. AC    <-- NOT. GPR
105. AC    <-- NOT. GPR
106. AC    <-- NOT. GPR
107. AC    <-- NOT. GPR
108. AC    <-- NOT. GPR
109. AC    <-- NOT. GPR
110. AC    <-- NOT. GPR
111. AC    <-- NOT. GPR
112. AC    <-- NOT. GPR
113. AC    <-- NOT. GPR
114. AC    <-- NOT. GPR
115. AC    <-- NOT. GPR
116. AC    <-- NOT. GPR
117. AC    <-- NOT. GPR
118. AC    <-- NOT. GPR
119. AC    <-- NOT. GPR
120. AC    <-- NOT. GPR
121. AC    <-- NOT. GPR
122. AC    <-- NOT. GPR
123. AC    <-- NOT. GPR
124. AC    <-- NOT. GPR
125. AC    <-- NOT. GPR
126. AC    <-- NOT. GPR
127. AC    <-- NOT. GPR
128. AC    <-- NOT. GPR
129. AC    <-- NOT. GPR
130. AC    <-- NOT. GPR
131. AC    <-- NOT. GPR
132. AC    <-- NOT. GPR
133. AC    <-- NOT. GPR
134. AC    <-- NOT. GPR
135. AC    <-- NOT. GPR
136. AC    <-- NOT. GPR
137. AC    <-- NOT. GPR
138. AC    <-- NOT. GPR
139. AC    <-- NOT. GPR
140. AC    <-- NOT. GPR
141. AC    <-- NOT. GPR
142. AC    <-- NOT. GPR
143. AC    <-- NOT. GPR
144. AC    <-- NOT. GPR
145. AC    <-- NOT. GPR
146. AC    <-- NOT. GPR
147. AC    <-- NOT. GPR
148. AC    <-- NOT. GPR
149. AC    <-- NOT. GPR
150. AC    <-- NOT. GPR
151. AC    <-- NOT. GPR
152. AC    <-- NOT. GPR
153. AC    <-- NOT. GPR
154. AC    <-- NOT. GPR
155. AC    <-- NOT. GPR
156. AC    <-- NOT. GPR
157. AC    <-- NOT. GPR
158. AC    <-- NOT. GPR
159. AC    <-- NOT. GPR
160. AC    <-- NOT. GPR
161. AC    <-- NOT. GPR
162. AC    <-- NOT. GPR
163. AC    <-- NOT. GPR
164. AC    <-- NOT. GPR
165. AC    <-- NOT. GPR
166. AC    <-- NOT. GPR
167. AC    <-- NOT. GPR
168. AC    <-- NOT. GPR
169. AC    <-- NOT. GPR
170. AC    <-- NOT. GPR
171. AC    <-- NOT. GPR
172. AC    <-- NOT. GPR
173. AC    <-- NOT. GPR
174. AC    <-- NOT. GPR
175. AC    <-- NOT. GPR
176. AC    <-- NOT. GPR
177. AC    <-- NOT. GPR
178. AC    <-- NOT. GPR
179. AC    <-- NOT. GPR
180. AC    <-- NOT. GPR
181. AC    <-- NOT. GPR
182. AC    <-- NOT. GPR
183. AC    <-- NOT. GPR
184. AC    <-- NOT. GPR
185. AC    <-- NOT. GPR
186. AC    <-- NOT. GPR
187. AC    <-- NOT. GPR
188. AC    <-- NOT. GPR
189. AC    <-- NOT. GPR
190. AC    <-- NOT. GPR
191. AC    <-- NOT. GPR
192. AC    <-- NOT. GPR
193. AC    <-- NOT. GPR
194. AC    <-- NOT. GPR
195. AC    <-- NOT. GPR
196. AC    <-- NOT. GPR
197. AC    <-- NOT. GPR
198. AC    <-- NOT. GPR
199. AC    <-- NOT. GPR
200. AC    <-- NOT. GPR
201. AC    <-- NOT. GPR
202. AC    <-- NOT. GPR
203. AC    <-- NOT. GPR
204. AC    <-- NOT. GPR
205. AC    <-- NOT. GPR
206. AC    <-- NOT. GPR
207. AC    <-- NOT. GPR
208. AC    <-- NOT. GPR
209. AC    <-- NOT. GPR
210. AC    <-- NOT. GPR
211. AC    <-- NOT. GPR
212. AC    <-- NOT. GPR
213. AC    <-- NOT. GPR
214. AC    <-- NOT. GPR
215. AC    <-- NOT. GPR
216. AC    <-- NOT. GPR
217. AC    <-- NOT. GPR
218. AC    <-- NOT. GPR
219. AC    <-- NOT. GPR
220. AC    <-- NOT. GPR
221. AC    <-- NOT. GPR
222. AC    <-- NOT. GPR
223. AC    <-- NOT. GPR
224. AC    <-- NOT. GPR
225. AC    <-- NOT. GPR
226. AC    <-- NOT. GPR
227. AC    <-- NOT. GPR
228. AC    <-- NOT. GPR
229. AC    <-- NOT. GPR
230. AC    <-- NOT. GPR
231. AC    <-- NOT. GPR
232. AC    <-- NOT. GPR
233. AC    <-- NOT. GPR
234. AC    <-- NOT. GPR
235. AC    <-- NOT. GPR
236. AC    <-- NOT. GPR
237. AC    <-- NOT. GPR
238. AC    <-- NOT. GPR
239. AC    <-- NOT. GPR
240. AC    <-- NOT. GPR
241. AC    <-- NOT. GPR
242. AC    <-- NOT. GPR
243. AC    <-- NOT. GPR
244. AC    <-- NOT. GPR
245. AC    <-- NOT. GPR
246. AC    <-- NOT. GPR
247. AC    <-- NOT. GPR
248. AC    <-- NOT. GPR
249. AC    <-- NOT. GPR
250. AC    <-- NOT. GPR
251. AC    <-- NOT. GPR
252. AC    <-- NOT. GPR
253. AC    <-- NOT. GPR
254. AC    <-- NOT. GPR
255. AC    <-- NOT. GPR
256. AC    <-- NOT. GPR
257. AC    <-- NOT. GPR
258. AC    <-- NOT. GPR
259. AC    <-- NOT. GPR
260. AC    <-- NOT. GPR
261. AC    <-- NOT. GPR
262. AC    <-- NOT. GPR
263. AC    <-- NOT. GPR
264. AC    <-- NOT. GPR
265. AC    <-- NOT. GPR
266. AC    <-- NOT. GPR
267. AC    <-- NOT. GPR
268. AC    <-- NOT. GPR
269. AC    <-- NOT. GPR
270. AC    <-- NOT. GPR
271. AC    <-- NOT. GPR
272. AC    <-- NOT. GPR
273. AC    <-- NOT. GPR
274. AC    <-- NOT. GPR
275. AC    <-- NOT. GPR
276. AC    <-- NOT. GPR
277. AC    <-- NOT. GPR
278. AC    <-- NOT. GPR
279. AC    <-- NOT. GPR
280. AC    <-- NOT. GPR
281. AC    <-- NOT. GPR
282. AC    <-- NOT. GPR
283. AC    <-- NOT. GPR
284. AC    <-- NOT. GPR
285. AC    <-- NOT. GPR
286. AC    <-- NOT. GPR
287. AC    <-- NOT. GPR
288. AC    <-- NOT. GPR
289. AC    <-- NOT. GPR
290. AC    <-- NOT. GPR
291. AC    <-- NOT. GPR
292. AC    <-- NOT. GPR
293. AC    <-- NOT. GPR
294. AC    <-- NOT. GPR
295. AC    <-- NOT. GPR
296. AC    <-- NOT. GPR
297. AC    <-- NOT. GPR
298. AC    <-- NOT. GPR
299. AC    <-- NOT. GPR
300. AC    <-- NOT. GPR
301. AC    <-- NOT. GPR
302. AC    <-- NOT. GPR
303. AC    <-- NOT. GPR
304. AC    <-- NOT. GPR
305. AC    <-- NOT. GPR
306. AC    <-- NOT. GPR
307. AC    <-- NOT. GPR
308. AC    <-- NOT. GPR
309. AC    <-- NOT. GPR
310. AC    <-- NOT. GPR
311. AC    <-- NOT. GPR
312. AC    <-- NOT. GPR
313. AC    <-- NOT. GPR
314. AC    <-- NOT. GPR
315. AC    <-- NOT. GPR
316. AC    <-- NOT. GPR
317. AC    <-- NOT. GPR
318. AC    <-- NOT. GPR
319. AC    <-- NOT. GPR
320. AC    <-- NOT. GPR
321. AC    <-- NOT. GPR
322. AC    <-- NOT. GPR
323. AC    <-- NOT. GPR
324. AC    <-- NOT. GPR
325. AC    <-- NOT. GPR
326. AC    <-- NOT. GPR
327. AC    <-- NOT. GPR
328. AC    <-- NOT. GPR
329. AC    <-- NOT. GPR
330. AC    <-- NOT. GPR
331. AC    <-- NOT. GPR
332. AC    <-- NOT. GPR
333. AC    <-- NOT. GPR
334. AC    <-- NOT. GPR
335. AC    <-- NOT. GPR
336. AC    <-- NOT. GPR
337. AC    <-- NOT. GPR
338. AC    <-- NOT. GPR
339. AC    <-- NOT. GPR
340. AC    <-- NOT. GPR
341. AC    <-- NOT. GPR
342. AC    <-- NOT. GPR
343. AC    <-- NOT. GPR
344. AC    <-- NOT. GPR
345. AC    <-- NOT. GPR
346. AC    <-- NOT. GPR
347. AC    <-- NOT. GPR
348. AC    <-- NOT. GPR
349. AC    <-- NOT. GPR
350. AC    <-- NOT. GPR
351. AC    <-- NOT. GPR
352. AC    <-- NOT. GPR
353. AC    <-- NOT. GPR
354. AC    <-- NOT. GPR
355. AC    <-- NOT. GPR
356. AC    <-- NOT. GPR
357. AC    <-- NOT. GPR
358. AC    <-- NOT. GPR
359. AC    <-- NOT. GPR
360. AC    <-- NOT. GPR
361. AC    <-- NOT. GPR
362. AC    <-- NOT. GPR
363. AC    <-- NOT. GPR
364. AC    <-- NOT. GPR
365. AC    <-- NOT. GPR
366. AC    <-- NOT. GPR
367. AC    <-- NOT. GPR
368. AC    <-- NOT. GPR
369. AC    <-- NOT. GPR
370. AC    <-- NOT. GPR
371. AC    <-- NOT. GPR
372. AC    <-- NOT. GPR
373. AC    <-- NOT. GPR
374. AC    <-- NOT. GPR
375. AC    <-- NOT. GPR
376. AC    <-- NOT. GPR
377. AC    <-- NOT. GPR
378. AC    <-- NOT. GPR
379. AC    <-- NOT. GPR
380. AC    <-- NOT. GPR
381. AC    <-- NOT. GPR
382. AC    <-- NOT. GPR
383. AC    <-- NOT. GPR
384. AC    <-- NOT. GPR
385. AC    <-- NOT. GPR
386. AC    <-- NOT. GPR
387. AC    <-- NOT. GPR
388. AC    <-- NOT. GPR
389. AC    <-- NOT. GPR
390. AC    <-- NOT. GPR
391. AC    <-- NOT. GPR
392. AC    <-- NOT. GPR
393. AC    <-- NOT. GPR
394. AC    <-- NOT. GPR
395. AC    <-- NOT. GPR
396. AC    <-- NOT. GPR
397. AC    <-- NOT. GPR
398. AC    <-- NOT. GPR
399. AC    <-- NOT. GPR
400. AC    <-- NOT. GPR
401. AC    <-- NOT. GPR
402. AC    <-- NOT. GPR
403. AC    <-- NOT. GPR
404. AC    <-- NOT. GPR
405. AC    <-- NOT. GPR
406. AC    <-- NOT. GPR
407. AC    <-- NOT. GPR
408. AC    <-- NOT. GPR
409. AC    <-- NOT. GPR
410. AC    <-- NOT. GPR
411. AC    <-- NOT. GPR
412. AC    <-- NOT. GPR
413. AC    <-- NOT. GPR
414. AC    <-- NOT. GPR
415. AC    <-- NOT. GPR
416. AC    <-- NOT. GPR
417. AC    <-- NOT. GPR
418. AC    <-- NOT. GPR
419. AC    <-- NOT. GPR
420. AC    <-- NOT. GPR
421. AC    <-- NOT. GPR
422. AC    <-- NOT. GPR
423. AC    <-- NOT. GPR
424. AC    <-- NOT. GPR
425. AC    <-- NOT. GPR
426. AC    <-- NOT. GPR
427. AC    <-- NOT. GPR
428. AC    <-- NOT. GPR
429. AC    <-- NOT. GPR
430. AC    <-- NOT. GPR
431. AC    <-- NOT. GPR
432. AC    <-- NOT. GPR
433. AC    <-- NOT. GPR
434. AC    <-- NOT. GPR
435. AC    <-- NOT. GPR
436. AC    <-- NOT. GPR
437. AC    <-- NOT. GPR
438. AC    <-- NOT. GPR
439. AC    <-- NOT. GPR
440. AC    <-- NOT. GPR
441. AC    <-- NOT. GPR
442. AC    <-- NOT. GPR
443. AC    <-- NOT. GPR
444. AC    <-- NOT. GPR
445. AC    <-- NOT. GPR
446. AC    <-- NOT. GPR
447. AC    <-- NOT. GPR
448. AC    <-- NOT. GPR
449. AC    <-- NOT. GPR
450. AC    <-- NOT. GPR
451. AC    <-- NOT. GPR
452. AC    <-- NOT. GPR
453. AC    <-- NOT. GPR
454. AC    <-- NOT. GPR
455. AC    <-- NOT. GPR
456. AC    <-- NOT. GPR
457. AC    <-- NOT. GPR
458. AC    <-- NOT. GPR
459. AC    <-- NOT. GPR
460. AC    <-- NOT. GPR
461. AC    <-- NOT. GPR
462. AC    <-- NOT. GPR
463. AC    <-- NOT. GPR
464. AC    <-- NOT. GPR
465. AC    <-- NOT. GPR
466. AC    <-- NOT. GPR
467. AC    <-- NOT. GPR
468. AC    <-- NOT. GPR
469. AC    <-- NOT. GPR
470. AC    <-- NOT. GPR
471. AC    <-- NOT. GPR
472. AC    <-- NOT. GPR
473. AC    <-- NOT. GPR
474. AC    <-- NOT. GPR
475. AC    <-- NOT. GPR
476. AC    <-- NOT. GPR
477. AC    <-- NOT. GPR
478. AC    <-- NOT. GPR
479. AC    <-- NOT. GPR
480. AC    <-- NOT. GPR
481. AC    <-- NOT. GPR
482. AC    <-- NOT. GPR
483. AC    <-- NOT. GPR
484. AC    <-- NOT. GPR
485. AC    <-- NOT. GPR
486. AC    <-- NOT. GPR
487. AC    <-- NOT. GPR
488. AC    <-- NOT. GPR
489. AC    <-- NOT. GPR
490. AC    <-- NOT. GPR
491. AC    <-- NOT. GPR
492. AC    <-- NOT. GPR
493. AC    <-- NOT. GPR
494. AC    <-- NOT. GPR
495. AC    <-- NOT. GPR
496. AC    <-- NOT. GPR
497. AC    <-- NOT. GPR
498. AC    <-- NOT. GPR
499. AC    <-- NOT. GPR
500. AC    <-- NOT. GPR
501. AC    <-- NOT. GPR
502. AC    <-- NOT. GPR
503. AC    <-- NOT. GPR
504. AC    <-- NOT. GPR
505. AC    <-- NOT. GPR
506. AC    <-- NOT. GPR
507. AC    <-- NOT. GPR
508. AC    <-- NOT. GPR
509. AC    <-- NOT. GPR
510. AC    <-- NOT. GPR
511. AC    <-- NOT. GPR
512. AC    <-- NOT. GPR
513. AC    <-- NOT. GPR
514. AC    <-- NOT. GPR
515. AC    <-- NOT. GPR
516. AC    <-- NOT. GPR
517. AC    <-- NOT. GPR
518. AC    <-- NOT. GPR
519. AC    <-- NOT. GPR
520. AC    <-- NOT. GPR
521. AC    <-- NOT. GPR
522. AC    <-- NOT. GPR
523. AC    <-- NOT. GPR
524. AC    <-- NOT. GPR
525. AC    <-- NOT. GPR
526. AC    <-- NOT. GPR
527. AC    <-- NOT. GPR
528. AC    <-- NOT. GPR
529. AC    <-- NOT. GPR
530. AC    <-- NOT. GPR
531. AC    <-- NOT. GPR
532. AC    <-- NOT. GPR
533. AC    <-- NOT. GPR
534. AC    <-- NOT. GPR
535. AC    <-- NOT. GPR
536. AC    <-- NOT. GPR
537. AC    <-- NOT. GPR
538. AC    <-- NOT. GPR
539. AC    <-- NOT. GPR
540. AC    <-- NOT. GPR
541. AC    <-- NOT. GPR
542. AC    <-- NOT. GPR
543. AC    <-- NOT. GPR
544. AC    <-- NOT. GPR
545. AC    <-- NOT. GPR
546. AC    <-- NOT. GPR
547. AC    <-- NOT. GPR
548. AC    <-- NOT. GPR
549. AC    <-- NOT. GPR
550. AC    <-- NOT. GPR
551. AC    <-- NOT. GPR
552. AC    <-- NOT. GPR
553. AC    <-- NOT. GPR
554. AC    <-- NOT. GPR
555. AC    <-- NOT. GPR
556. AC    <-- NOT. GPR
557. AC    <-- NOT. GPR
558. AC    <-- NOT. GPR
559. AC    <-- NOT. GPR
560. AC    <-- NOT. GPR
561. AC    <-- NOT. GPR
562. AC    <-- NOT. GPR
563. AC    <-- NOT. GPR
564. AC    <-- NOT. GPR
565. AC    <-- NOT. GPR
566. AC    <-- NOT. GPR
567. AC    <-- NOT. GPR
568. AC    <-- NOT. GPR
569. AC    <-- NOT. GPR
570. AC    <-- NOT. GPR
571. AC    <-- NOT. GPR
572. AC    <-- NOT. GPR
573. AC    <-- NOT. GPR
574. AC    <-- NOT. GPR
575. AC    <-- NOT. GPR
576. AC    <-- NOT. GPR
577. AC    <-- NOT. GPR
578. AC    <-- NOT. GPR
579. AC    <-- NOT. GPR
580. AC    <-- NOT. GPR
581. AC    <-- NOT. GPR
582. AC    <-- NOT. GPR
583. AC    <-- NOT. GPR
584. AC    <-- NOT. GPR
585. AC    <-- NOT. GPR
586. AC    <-- NOT. GPR
587. AC    <-- NOT. GPR
588. AC    <-- NOT. GPR
589. AC    <-- NOT. GPR
590. AC    <-- NOT. GPR
591. AC    <-- NOT. GPR
592. AC    <-- NOT. GPR
593. AC    <-- NOT. GPR
594. AC    <-- NOT. GPR
595. AC    <-- NOT. GPR
596. AC    <-- NOT. GPR
597. AC    <-- NOT. GPR
598. AC    <-- NOT. GPR
599. AC    <-- NOT. GPR
600. AC    <-- NOT. GPR
601. AC    <-- NOT. GPR
602. AC    <-- NOT. GPR
603. AC    <-- NOT. GPR
604. AC    <-- NOT. GPR
605. AC    <-- NOT. GPR
606. AC    <-- NOT. GPR
607. AC    <-- NOT. GPR
608. AC    <-- NOT. GPR
609. AC    <-- NOT. GPR
610. AC    <-- NOT. GPR
611. AC    <-- NOT. GPR
612. AC    <-- NOT. GPR
613. AC    <-- NOT. GPR
614. AC    <-- NOT. GPR
615. AC    <-- NOT. GPR
616. AC    <-- NOT. GPR
617. AC    <-- NOT. GPR
618. AC    <-- NOT. GPR
619. AC    <-- NOT. GPR
620. AC    <-- NOT. GPR
621. AC    <-- NOT. GPR
622. AC    <-- NOT. GPR
623. AC    <-- NOT. GPR
624. AC    <-- NOT. GPR
625. AC    <-- NOT. GPR
626. AC    <-- NOT. GPR
627. AC    <-- NOT. GPR
628. AC    <-- NOT. GPR
629. AC    <-- NOT. GPR
630. AC    <-- NOT. GPR
631. AC    <-- NOT. GPR
632. AC    <-- NOT. GPR
633. AC    <-- NOT. GPR
634. AC    <-- NOT. GPR
635. AC    <-- NOT. GPR
636. AC    <-- NOT. GPR
637. AC    <-- NOT. GPR
638. AC    <-- NOT. GPR
639. AC    <-- NOT. GPR
640. AC    <-- NOT. GPR
641. AC    <-- NOT. GPR
642. AC    <-- NOT. GPR
643. AC    <-- NOT. GPR
644. AC    <-- NOT. GPR
645. AC    <-- NOT. GPR
646. AC    <-- NOT. GPR
647. AC    <-- NOT. GPR
648. AC    <-- NOT. GPR
649. AC    <-- NOT. GPR
650. AC    <-- NOT. GPR
651. AC    <-- NOT. GPR
652. AC    <-- NOT. GPR
653. AC    <-- NOT. GPR
654. AC    <-- NOT. GPR
655. AC    <-- NOT. GPR
656. AC    <-- NOT. GPR
657. AC    <-- NOT. GPR
658. AC    <-- NOT. GPR
659. AC    <-- NOT. GPR
660. AC    <-- NOT. GPR
661. AC    <-- NOT. GPR
662. AC    <-- NOT. GPR
663. AC    <-- NOT. GPR
664. AC    <-- NOT. GPR
665. AC    <-- NOT. GPR
666. AC    <-- NOT. GPR
667. AC    <-- NOT. GPR
668. AC    <-- NOT. GPR
669. AC    <-- NOT. GPR
670. AC    <-- NOT. GPR
671. AC    <-- NOT. GPR
672. AC    <-- NOT. GPR
673. AC    <-- NOT. GPR
674. AC    <-- NOT. GPR
675. AC    <-- NOT. GPR
676. AC    <-- NOT. GPR
677. AC    <-- NOT. GPR
678. AC    <-- NOT. GPR
679. AC    <-- NOT. GPR
680. AC    <-- NOT. GPR
681. AC    <-- NOT. GPR
682. AC    <-- NOT. GPR
683. AC    <-- NOT. GPR
684. AC    <-- NOT. GPR
```

부록 2. 변환 table 의 일부

| --- TRANSFORMATION TABLE --- | | | | |
|------------------------------|--------------------|---------|------|--|
| 01. | A00 SRC1 SRC2 DEST | 0FST | | |
| | A1 SRC1 SRC2 DEST | + | SRC2 | |
| 02. | A00 SRC1 SRC2 DEST | 0FST | | |
| | A1 SRC1 SRC2 DEST | - AND | SRC2 | |
| 03. | A00 SRC1 SRC2 DEST | 0FST | | |
| | A1 SRC1 SRC2 DEST | - | SRC2 | |
| 04. | 02 SRC1 SRC2 DEST | 0FST | | |
| | A1 SRC1 SRC2 DEST | - AND | SRC2 | |
| 05. | RMOVE MEM SRC DEST | | | |
| | MAR <-- M3R | | | |
| | M3R <-- M3(MAR) | | | |
| 06. | MMOVE MEM SRC DEST | | | |
| | MAR <-- DEST | | | |
| | M3R <-- SRC | | | |
| 07. | INC SRC SRC + 1 | | | |
| | INC SRC SRC - 1 | | | |
| 08. | DEC SRC SRC + 1 | | | |
| | DEC SRC SRC - 1 | | | |
| 09. | CLR SRC D | | | |
| | CLR SRC A1 | | | |
| 10. | MOVE SRC DEST | | | |
| | DEST <-- SRC | | | |
| 11. | CMP SRC1 SRC2 | - | SRC2 | |
| | A1 <-- SRC | | | |
| 12. | CMP SRC | LITERAL | | |

부록 3. PDP8 IL PROGRAM 의 일부

| | | | |
|---------------|-------|----------|----------|
| 010101 INF | RMOVE | 01+PC | R2+T.001 |
| 040202 INSTDC | INC | 01+PC | 01-T.001 |
| | EXT | 01-IR | 01-T.002 |
| | MOVE | 02-T.002 | 01-OPCD |
| | SLCT | 01-OPCD | |
| | GT | | |
| | GB | | C8 |
| | G0 | | CC0 |
| | G1 | | CC1 |
| | G2 | | CC2 |
| | G3 | | CC3 |
| | G4 | | CC4 |
| | G5 | | CC5 |
| | G6 | | CC6 |
| | G7 | | C7 |
| | GT | | |
| | GB | | |
| | G0 | | |
| | G1 | | |
| | G2 | | |
| | G3 | | |
| | G4 | | |
| | G5 | | |
| | G6 | | |
| | G7 | | |
| | GT | | |
| | GB | | |
| | G0 | | |
| | G1 | | |
| | G2 | | |
| | G3 | | |
| | G4 | | |
| | G5 | | |
| | G6 | | |
| | G7 | | |
| | GT | | |
| | GB | | |
| | G0 | | |
| | G1 | | |
| | G2 | | |
| | G3 | | |
| | G4 | | |
| | G5 | | |
| | G6 | | |
| | G7 | | |
| | GT | | |
| | GB | | |
| | G0 | | |
| | G1 | | |
| | G2 | | |
| | G3 | | |
| | G4 | | |
| | G5 | | |
| | G6 | | |
| | G7 | | |
| | GT | | |
| | GB | | |
| | G0 | | |
| | G1 | | |
| | G2 | | |
| | G3 | | |
| | G4 | | |
| | G5 | | |
| | G6 | | |
| | G7 | | |
| | GT | | |
| | GB | | |
| | G0 | | |
| | G1 | | |
| | G2 | | |
| | G3 | | |
| | G4 | | |
| | G5 | | |
| | G6 | | |
| | G7 | | |
| | GT | | |
| | GB | | |
| | G0 | | |
| | G1 | | |
| | G2 | | |
| | G3 | | |
| | G4 | | |
| | G5 | | |
| | G6 | | |
| | G7 | | |
| | GT | | |
| | GB | | |
| | G0 | | |
| | G1 | | |
| | G2 | | |
| | G3 | | |
| | G4 | | |
| | G5 | | |
| | G6 | | |
| | G7 | | |
| | GT | | |
| | GB | | |
| | G0 | | |
| | G1 | | |
| | G2 | | |
| | G3 | | |
| | G4 | | |
| | G5 | | |
| | G6 | | |
| | G7 | | |
| | GT | | |
| | GB | | |
| | G0 | | |
| | G1 | | |
| | G2 | | |
| | G3 | | |
| | G4 | | |
| | G5 | | |
| | G6 | | |
| | G7 | | |
| | GT | | |
| | GB | | |
| | G0 | | |
| | G1 | | |
| | G2 | | |
| | G3 | | |
| | G4 | | |
| | G5 | | |
| | G6 | | |
| | G7 | | |
| | GT | | |
| | GB | | |
| | G0 | | |
| | G1 | | |
| | G2 | | |
| | G3 | | |
| | G4 | | |
| | G5 | | |
| | G6 | | |
| | G7 | | |
| | GT | | |
| | GB | | |
| | G0 | | |
| | G1 | | |
| | G2 | | |
| | G3 | | |
| | G4 | | |
| | G5 | | |
| | G6 | | |
| | G7 | | |
| | GT | | |
| | GB | | |
| | G0 | | |
| | G1 | | |
| | G2 | | |
| | G3 | | |
| | G4 | | |
| | G5 | | |
| | G6 | | |
| | G7 | | |
| | GT | | |
| | GB | | |
| | G0 | | |
| | G1 | | |
| | G2 | | |
| | G3 | | |
| | G4 | | |
| | G5 | | |
| | G6 | | |
| | G7 | | |
| | GT | | |
| | GB | | |
| | G0 | | |
| | G1 | | |
| | G2 | | |
| | G3 | | |
| | G4 | | |
| | G5 | | |
| | G6 | | |
| | G7 | | |
| | GT | | |
| | GB | | |
| | G0 | | |
| | G1 | | |
| | G2 | | |
| | G3 | | |
| | G4 | | |
| | G5 | | |
| | G6 | | |
| | G7 | | |
| | GT | | |
| | GB | | |
| | G0 | | |
| | G1 | | |
| | G2 | | |
| | G3 | | |
| | G4 | | |
| | G5 | | |
| | G6 | | |
| | G7 | | |
| | GT | | |
| | GB | | |
| | G0 | | |
| | G1 | | |
| | G2 | | |
| | G3 | | |
| | G4 | | |
| | G5 | | |
| | G6 | | |
| | G7 | | |
| | GT | | |
| | GB | | |
| | G0 | | |
| | G1 | | |
| | G2 | | |
| | G3 | | |
| | G4 | | |
| | G5 | | |
| | G6 | | |
| | G7 | | |
| | GT | | |
| | GB | | |
| | G0 | | |
| | G1 | | |
| | G2 | | |
| | G3 | | |
| | G4 | | |
| | G5 | | |
| | G6 | | |
| | G7 | | |
| | GT | | |
| | GB | | |
| | G0 | | |
| | G1 | | |
| | G2 | | |
| | G3 | | |
| | G4 | | |
| | G5 | | |
| | G6 | | |
| | G7 | | |
| | GT | | |
| | GB | | |
| | G0 | | |
| | G1 | | |
| | G2 | | |
| | G3 | | |
| | G4 | | |
| | G5 | | |
| | G6 | | |
| | G7 | | |
| | GT | | |
| | GB | | |
| | G0 | | |
| | G1 | | |
| | G2 | | |
| | G3 | | |
| | G4 | | |
| | G5 | | |
| | G6 | | |
| | G7 | | |
| | GT | | |
| | GB | | |
| | G0 | | |
| | G1 | | |
| | G2 | | |
| | G3 | | |
| | G4 | | |
| | G5 | | |
| | G6 | | |
| | G7 | | |
| | GT | | |
| | GB | | |
| | G0 | | |
| | G1 | | |
| | G2 | | |
| | G3 | | |
| | G4 | | |
| | G5 | | |
| | G6 | | |
| | G7 | | |
| | GT | | |
| | GB | | |
| | G0 | | |
| | G1 | | |
| | G2 | | |
| | G3 | | |
| | G4 | | |
| | G5 | | |
| | G6 | | |
| | G7 | | |
| | GT | | |
| | GB | | |
| | G0 | | |
| | G1 | | |
| | G2 | | |
| | G3 | | |
| | G4 | | |
| | G5 | | |
| | G6 | | |
| | G7 | | |
| | GT | | |
| | GB | | |
| | G0 | | |
| | G1 | | |
| | G2 | | |
| | G3 | | |
| | G4 | | |
| | G5 | | |
| | G6 | | |
| | G7 | | |
| | GT | | |
| | GB | | |
| | G0 | | |
| | G1 | | |
| | G2 | | |
| | G3 | | |
| | G4 | | |
| | G5 | | |
| | G6 | | |
| | G7 | | |
| | GT | | |
| | GB | | |
| | G0 | | |
| | G1 | | |
| | G2 | | |
| | G3 | | |
| | G4 | | |
| | G5 | | |
| | G6 | | |
| | G7 | | |
| | GT | | |
| | GB | | |
| | G0 | | |
| | G1 | | |
| | G2 | | |
| | G3 | | |
| | G4 | | |
| | G5 | | |
| | G6 | | |
| | G7 | | |
| | GT | | |
| | GB | | |
| | G0 | | |
| | G1 | | |
| | G2 | | |
| | G3 | | |
| | G4 | | |
| | G5 | | |
| | G6 | | |
| | G7 | | |
| | GT | | |
| | GB | | |
| | G0 | | |
| | G1 | | |
| | G2 | | |
| | G3 | | |
| | G4 | | |
| | G5 | | |
| | G6 | | |
| | G7 | | |
| | GT | | |
| | GB | | |
| | G0 | | |
| | G1 | | |
| | G2 | | |
| | G3 | | |
| | G4 | | |
| | G5 | | |
| | G6 | | |
| | G7 | | |
| | GT | | |
| | GB | | |
| | G0 | | |
| | G1 | | |
| | G2 | | |
| | G3 | | |
| | G4 | | |
| | G5 | | |
| | G6 | | |
| | G7 | | |
| | GT | | |
| | GB | | |
| | G0 | | |
| | G1 | | |
| | G2 | | |
| | G3 | | |
| | G4 | | |
| | G5 | | |
| | G6 | | |
| | G7 | | |
| | GT | | |
| | GB | | |
| | G0 | | |
| | G1 | | |
| | G2 | | |
| | G3 | | |
| | G4 | | |
| | G5 | | |
| | G6 | | |
| | G7 | | |
| | GT | | |
| | GB | | |
| | G0 | | |
| | G1 | | |
| | G2 | | |
| | G3 | | |
| | G4 | | |
| | G5 | | |
| | G6 | | |
| | G7 | | |
| | GT | | |
| | GB | | |
| | G0 | | |
| | G1 | | |
| | G2 | | |
| | G3 | | |
| | G4 | | |
| | G5 | | |
| | G6 | | |
| | G7 | | |
| | GT | | |
| | GB | | |
| | G0 | | |
| | G1 | | |
| | G2 | | |
| | G3 | | |
| | G4 | | |
| | G5 | | |
| | G6 | | |
| | G7 | | |
| | GT | | |
| | GB | | |
| | G0 | | |
| | G1 | | |
| | G2 | | |
| | G3 | | |
| | G4 | | |
| | G5 | | |
| | G6 | | |
| | G7 | | |
| | GT | | |
| | GB | | |
| | G0 | | |
| | G1 | | |
| | G2 | | |
| | G3 | | |
| | G4 | | |
| | G5 | | |
| | G6 | | |
| | G7 | | |
| | GT | | |
| | GB | | |
| | G0 | | |
| | G1 | | |
| | G2 | | |
| | G3 | | |
| | G4 | | |
| | G5 | | |
| | G6 | | |
| | G7 | | |
| | GT | | |
| | GB | | |
| | G0 | | |
| | G1 | | |
| | G2 | | |
| | G3 | | |
| | G4 | | |
| | G5 | | |
| | G6 | | |
| | G7 | | |
| | GT | | |
| | GB | | |
| | G0 | | |
| | G1 | | |
| | G2 | | |
| | G3 | | |
| | G4 | | |
| | G5 | | |
| | G6 | | |
| | G7 | | |
| | GT | | |
| | GB | | |
| | G0 | | |
| | G1 | | |
| | G2 | | </td |