

도시철도차량용 국내 표준모델의 주제어 S/W 개발(1)

Development of Control Software for KOREA Standard EMU

안태기* 한성호** 온정근*** 백종현**** 박현준*****
An, Tae-Ki Han, Seong-Ho Ohn, Jung-Ghun Baek, Jong-Hyen Park, Hyun-Jun

ABSTRACT

This paper is intended to provide a method to design control software for the TCMS, train control and monitoring system. The TCMS with this control software will be applied KOREA Standard EMU. The control software is designed by SCADE Case tool to concern safety and reliability. The function for the EMU is implemented in software easily programmed, using a functional block, graphic programming language. The control software has modular design and each module is tested with SCADE simulator. This time we focus a door control module, present a design method and a simulation method for that module.

1. 서론

현재 도시철도차량에 적용되는 마이크로프로세서 및 통신기술은 실시간 영역에서의 열차자동운전 및 고속, 고밀도 열차운행을 가능하게 하고 있다[1,2]. 종합제어장치(TCMS; Train Control and Monitoring System)는 기존의 릴레이 방식의 제어를 소프트웨어를 이용하여 제어하는 차상 컴퓨터 장치로서, 도시철도차량에 종합제어장치를 적용함으로써 시스템을 단순화할 수 있어 기기의 고장율과 복구시간 단축에 따른 도시철도차량 시스템의 확률적 신뢰성을 향상시킬 수 있다. 특히 이 장치는 추진 및 제동장치 등과 같은 차상 주요 기기의 제어 및 감시기능 뿐만 아니라 차상시험기능과 기기고장정보를 신속하게 전달하고 복구조치정보를 제공함으로써 차량의 안전운행과 유지보수의 효율성을 얻을 수 있다. 따라서 종합제어장치의 소프트웨어는 어떠한 구조적, 기능적 오류가 있어서는 안되며 이를 위해서는 기존의 단순한 프로그램 작업이 아닌 체계적인 기능별 모듈화 구현을 통한 신뢰성 있는 프로그램을 개발하여야 한다. 본 개발에는 신뢰성 및 안전성을 보장하는 TCMS의 소프트웨어 개발을 위해 Safety Critical 프로그래밍 전용의 CASE tool인 Verilog사의 SCADE를 적용하였다. 이 툴은 다중그래픽편집기능, 자동소스코드생성기능, 시뮬레이터기능으로 구성되어 있으며 현재 항공기, 헬리콥터, 원자력발전소 보호장치, 고속철도 지상신호제어장치(TVM430), 홍콩지하철등 고도의 신뢰성을 요구하는 산업분야에 적용되고 있다[3,4].

- * 한국철도기술연구원 주임연구원, 정회원
- ** 한국철도기술연구원 선임연구원, 정회원
- *** 한국철도기술연구원 주임연구원, 정회원
- **** 한국철도기술연구원 연구원, 정회원
- ***** 한국철도기술연구원 책임연구원, 정회원

구현된 주제어 소프트웨어는 26개의 모듈로 구성되어 있으며, 각 모듈은 모듈에 따라 여러개의 상세모듈로 다시 분류된다. 통신 소프트웨어 및 주제어 소프트웨어 등을 이용하여 통합된 소프트웨어는 현재 건설교통부를 중심으로 산학연으로 구성된 전동차 표준화·국산화 연구개발사업 기관에서 개발중인 표준전동차에 적용될 예정이다. 본 논문에서는 이 모듈 중 열차 운행에 있어 승객의 안전과 직접적인 관련이 있는 출입문제어 모듈을 중심으로 설명하고 구현방법에 대하여 기술하도록 하겠다.

2. 주제어 소프트웨어

주제어 소프트웨어는 각 차량에 포함되는 장치에 따라 달라지며, 이는 크게 차량의 종류에 따라 나눌 수 있다. 일반적으로 현재 전동차에 쓰이는 차량은 설치된 기기 및 기능에 따라 TC, M1, M2, T1, T2 등으로 분류된다. 개발중인 표준 전동차는 TC-M1-M2-TC의 4량 1편성 형태로 구성되어 있으므로, 실제로 현재 영업운전에 투입되고 있는 차량과는 약간 다른 특징을 가지고 있다. 즉 T1이나 T2차량에 설치해야 할 기기를 M1이나 M2에 설치해야 하므로 각 차량의 기능이 조금씩 다르다. 주제어 소프트웨어는 이러한 각 차량종류에 따라 조금씩 틀려진다. 먼저 TC차량용 주제어 소프트웨어는 대부분의 제어기능과 수집된 데이터를 사용한 감시 및 표시, 기록 기능을 수행하고 있다. 그리고 그 외의 다른 차량용 주제어 소프트웨어는 각 기기로 부터의 데이터 수집 및 수집된 데이터의 전송기능 등을 담당하고 있다. 따라서 대부분의 주제어 소프트웨어는 TC에 설치된 편성제어컴퓨터에 의해 수행된다.

구현된 주제어 소프트웨어는 각 기능별로 모듈화 되어 있으며 크게 제어모듈과 감시모듈로 구분되어 있다. 각 모듈은 세부적인 상세모듈로 다시 분류되어 계층구조로 연관되어진다. 각 모듈은 신뢰도를 높이기 위해 SCADE Case tool을 사용하여 구현하고, 소스코드 생성기를 통하여 C 소스로 변경하여 시뮬레이션을 통하여 기능을 확인한다. 기능이 확인된 모듈은 통합작업을 통하여 하나의 제어모듈로 구성되며, 이 제어 모듈은 실시간 운영체제(RTOS; Real Time Operating System)와 연계하여, 각 통신 TASK 및 입출력 TASK와 연결되며, 전동차 내에서 각 주변장치의 제어 및 감시를 수행한다. 현재 기능별로 구현된 26개의 주제어 소프트웨어 모듈은 표 1과 같다.

표 1. 주제어 소프트웨어 모듈

모듈명	모듈내용	모듈명	모듈내용
DR	DRIVING CONTROL	DC	DOOR CONTROL
BC	BRAKING CONTROL	CO	COMPRESSOR CONTROL
ES	EQUIPMENT START AND CUT OUT	HV	HVAC CONTROL
AP	AUX. POWER CIRCUIT CONTROL	PA	PUBLIC ADDRESS
VF	VVVF AND SIV RESET	PI	PASSENGER INFORMATION
HC	HEAD CONTROL	DI	DOOR INFORMATION
MC	MODE CONTROL	LC	LIGHTING CONTROL
DM	DEADMAN SWITCH	PM	PASSENGER ALARM
VE	VELOCITY	OL	OVERWEIGHT AND LONG DWELL TIME
ZV	ZERO VELOCITY	TN	TRAIN NUMBER etc.
AO	ATO SUPPORT	MK	MASTER CLOCK
AC	ATC SUPPORT	WD	WHEEL DIAMETER
MW	MWB	BA	BATTERY CONTROL

3. 출입문 모듈

서울시 1, 2, 3, 4호선 등과 같이 종합제어장치가 설치되어 있지 않은 전동차에는 간단한 릴레이 로직과 같은 기계적인 접점에 의하여 출입문을 제어하고 있다. 이러한 방식은 배선이 늘어나며, 또한 출입문의 개별제어와 같은 기능상의 한계도 가지고 있다. 반면에 종합제어장치가 설치된 전동차는 신호보안장치, 추진제어장치 등과 연계하여 출입문 개폐에 대한 로직을 소프트웨어로 구현함으로써 배선을 절감시키고, 출입문의 개별제어 등 보다 효과적인 제어가 가능하며, 여러 주변장치로부터 입력받은 정보를 이용하여 로직을 구성함으로써 안전성을 높일 수 있다. 또한 로직의 변경이 소프트웨어적으로 가능하기 때문에 기능의 추가 및 삭제 등의 수정이 용이하다.

출입문모듈은 제어에 관련된 9개의 상세모듈과 감시에 관련된 모듈로 구성되어 있다. 출입문 제어에 관련된 상세모듈은 표 2와 같으며, 출입문 모드결정을 위한 모듈, 인접차량 차량제어컴퓨터 고장시 고장차량 출입문제어 모듈, 각 운전모드에서의 출입문 명령 생성 모듈, 생성된 출입문 명령을 이용하여 출입문을 제어하는 출입문 제어 모듈, 출입문 개폐 상태의 로직을 검사하는 출입문 로직 검사모듈 등으로 구성되어 있다.

표 2. 출입문제어 상세모듈

상세모듈	모듈명	모듈내용
출입문모드	DCMODC	자동개/자동폐, 자동개/수동폐, 수동개/수동폐 등의 출입문 개폐모드를 설정한다.
출입문백업	DCEMC	인접차량의 차량제어컴퓨터 고장시 인접차량의 출입문개폐 기능을 한다.
출입문명령(비상운전모드)	DCEMOD	비상운전모드시에 출입문제어 명령을 생성한다.
출입문명령(기지운전모드)	DCYMOD	기지운전모드시에 출입문제어 명령을 생성한다.
출입문명령(수동운전모드)	DCMMOD	수동운전모드시에 출입문제어 명령을 생성한다.
출입문명령(자동운전모드)	DCAMOD	자동운전모드시에 출입문제어 명령을 생성한다.
출입문명령(무인운전모드)	DCDMOD	무인운전모드시에 출입문제어 명령을 생성한다.
출입문제어	DCCONTROL	출입문 명령에 따른 출입문 제어를 실시한다.
출입문로직검사	DCLC	출입문의 상태에 대한 로직을 검사한다.

출입문 모드는 자동개/자동폐, 자동개/수동폐, 수동개/수동폐 등의 세 가지 모드가 있다. 자동개/자동폐 모드는 지상에서 전달되는 신호에 의하여 신호보안장치가 출입문관련 정보를 종합제어장치에 전달하고, 종합제어장치는 이 신호와 내부 신호를 이용하여 출입문 개폐명령을 지령한다. 자동개/수동폐 모드는 출입문 열기명령에 대해서는 지상신호에 의하여 수행되지만, 출입문닫기는 운전자가 운전대의 출입문 닫기 버튼을 누름에 의해 동작된다. 수동개/수동폐 모드는 출입문의 개폐 지령이 운전자가 운전대의 출입문 관련 버튼을 조작함으로써 수행된다. 이러한 모드는 운전모드와 관련이 있으며, 운전모드가 기지모드나 비상모드일 경우 출입문 모드는 수동개/수동폐만 가능하고, 운전모드가 무인모드일 경우 자동개/자동폐만이 가능하다. 수동 및 자동 운전모드에서는 모든 출입문 모드가 가능하다.

출입문 백업기능은 차량제어컴퓨터가 고장나 출입문제어가 불가능할 때 인접차량에서 출입문을 제어하기 위한 기능이다. 또한, 도시철도차량표준사양에도 ‘차량제어컴퓨터는 인접차량의 차량제어컴퓨터 고장시 고장차량의 출입문 등을 제어하여야 한다.’ 라고 권고하고 있다[5]. 표준전동차의 종합제어장치는 이러한 기능을 수행하기 위해 차량제어컴퓨터에 인접차량의 출입문을 제어할 수

있는 출력과 출입문 상태를 감시할 수 있는 입력을 가지고 있다.

출입문은 각 운전모드와 출입문 모드에 따라서 다른 조건에 의해 동작된다. 비상운전모드와 기지운전모드에서는 출입문 모드가 수동개/수동폐만 가능하며, 이 때 출입문은 운전자가 출입문 버튼을 동작시킴으로써, 출입문의 개폐 기능을 하도록 한다. 무인운전모드에서는 출입문 모드가 자동개/자동폐만 가능하며, 출입문은 지상의 신호에 의해 출입문의 개폐 동작을 한다. 수동운전모드와 자동운전모드의 경우 출입문의 모든 모드가 가능하며, 각 출입문 모드에 따라 지상 신호 또는 운전자의 출입문 버튼 동작에 따라 출입문의 재개폐 기능을 한다.

표준전동차에는 출입문의 상태를 감시하기 위해 각각의 출입문에 감시용 접점이 있으며, 편성전체의 출입문 개폐상태를 감시하기 위한 별도의 계전기가 있다. 이러한 접점들을 이용하여 출입문의 완전한 감시를 위하여 출입문 로직검사 부분이 출입문 주제어 소프트웨어 내에 포함되어 있다.

4. 출입문모듈 구현 및 결과

4.1 출입문 모드 상세모듈

출입문 모드 상세모듈은 각 운전모드 및 출입문 모드 스위치에 따라 세가지의 출입문 모드 중 하나의 모드를 결정한다. 이 모듈은 HCR 상태, 출입문모드 스위치 고장상태, 출입문 모드 스위치의 위치, 각 운전모드 등의 입력 신호를 이용하여 자동개/자동폐, 자동개/수동폐, 수동개/수동폐 등의 출입문 모드 출력신호를 생성한다. 자동개/자동폐 모드는 무인 운전모드이거나, 자동 운전모드 또는 수동 운전모드인 상태에서 출입문 모드 스위치가 자동개/자동폐 위치일 경우 선택되며, 자동개/수동폐 모드는 자동 운전모드 또는 수동 운전모드인 상태에서 출입문 모드 스위치가 자동개/수동폐 위치일 경우 선택된다. 이 때 각각의 경우에 대하여 출입문 모드 스위치는 고장이 아니어야 한다. 수동개/수동폐 모드는 자동 운전모드 또는 수동 운전모드 상태에서 출입문 모드 스위치가 수동개/수동폐 위치일 경우와 운전모드가 기지모드 또는 비상모드일 경우 또는 출입문 모드 스위치가 고장일 경우 선택된다.

출입문 모드 상세모듈에 대한 구현결과를 그림 1(a)에 나타내었으며, 시뮬레이션 결과를 그림 1(b)에 나타내었다

4.2 출입문 백업 상세모듈

출입문 백업 상세모듈은 인접차량의 차량제어컴퓨터 고장시 출입문 개폐 명령에 따라 고장차량의 출입문을 일괄제어하는 모듈이다. 입력 신호는 인접차량의 차량제어컴퓨터 고장정보, 출입문 재개폐 명령, 좌측 출입문 열기 명령, 우측 출입문 열기 명령, 출입문 닫기 명령, 인접차량의 출입문개폐 정보가 있다. 이러한 신호를 이용하여 인접차량에 연결된 좌측출입문 계전기와 우측출입문 계전기를 동작하는 신호를 출력한다. 출입문 백업 상세모듈에 대한 구현결과를 그림 2(a)에 나타내었으며, 시뮬레이션 결과를 그림 2(b)에 나타내었다.

4.3 출입문 명령(비상운전모드) 상세모듈

비상운전모드상에서의 출입문 명령을 생성하는 모듈로써, HCR 상태, 좌/우측 출입문 열기 버튼, 출입문 닫기 버튼, 출입문 재개폐 버튼, 비상운전모드 입력 신호를 이용하여 좌측 출입문 열기 명령, 우측 출입문 열기 명령, 출입문 닫기 명령, 출입문 재개폐 명령 등의 신호를 출력한다. 이 때 좌/우측 출입문 열기 입력신호와 출입문 닫기 입력신호는 신호가 OFF에서 ON으로 변하는 rising edge를 검사하여 출력하며, 출입문 재개폐 입력 신호는 운전자가 버튼을 누르고 있는 동안만 입력신호를 ON으로 처리한다. 출입문 명령(비상운전모드) 상세모듈에 대한 구현결과를 그림 3(a)에 나타내었으며, 시뮬레이션 결과를 그림 3(b)에 나타내었다

4.4 출입문 제어 상세모듈

출입문 제어 상세모듈은 출입문 명령 상세모듈에서 만들어진 출입문 명령에 따라 필요한 출입문 계전기를 직접 제어하는 모듈이다. 출입문 제어 상세모듈은 출입문 닫기 명령, 좌측 출입문 열기 명령, 우측 출입문 열기 명령, 출입문 재개폐 명령, 각 출입문의 개폐 상태의 입력신호를 이용하여, 좌측출입문 계전기와 우측출입문 계전기를 동작시키기 위한 출력신호를 생성한다. 또한 입력되는 신호는 RS latch를 이용하여 유지되거나 변경된다. 그러나, 재개폐 명령 신호는 RS latch를 통하지 않고, ON 되고 있을 때만 출입문이 열리고, OFF 되었을 때 출입문이 바로 닫히는 구조로 되어 있다. 출입문 제어 상세모듈에 대한 구현결과를 그림 4(a)에 나타내었으며, 시뮬레이션 결과를 그림 4(b)에 나타내었다

4.5 출입문 로직검사 상세모듈

출입문 로직검사 상세모듈은 각 출입문의 상태를 나타내는 접점과 전체 편성의 출입문 제어 회로에서 입력되는 계전기 상태에 대한 입력신호를 이용하여 전체 편성의 출입문의 개폐상태를 결정한다. 각 출입문이 닫혀 있는 상태이고 전체 편성의 출입문 제어 회로에서 입력되는 접점도 출입문 닫힘 상태를 표시할 때 전체 차량의 출입문이 닫힌 것으로 결정한다. 출입문 로직검사 상세모듈에 대한 구현결과를 그림 5(a)에 나타내었으며, 시뮬레이션 결과를 그림 5(b)에 나타내었다

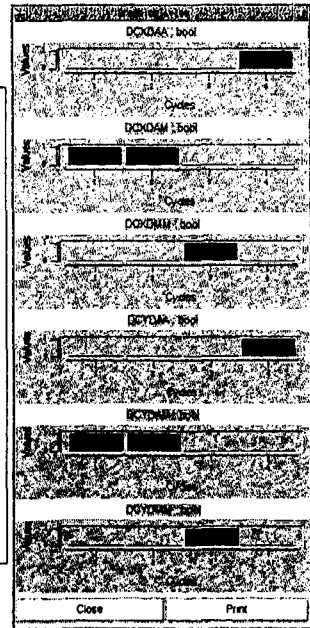
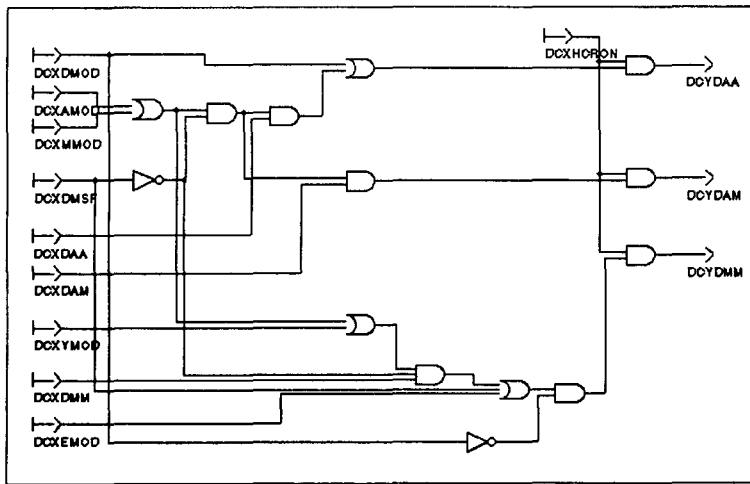
5. 결론

본 논문에서는 현재 개발중인 국내 표준전동차에 적용하기 위한 종합제어장치의 주제어 소프트웨어의 구현방법 및 시뮬레이션 방법을 출입문제어를 중심으로 기술하였다. 주제어 소프트웨어는 수정 및 관리를 용이하게 하기 위하여 모듈화를 통하여 각 기능을 분류하였으며, 이 모듈들은 시뮬레이션을 통하여 기능을 확인하였다. 또한 그래픽 형식의 CASE tool을 사용하여 구현함으로써 소프트웨어의 안전성 및 신뢰성을 더욱 높였으며, 소프트웨어의 관리와 수정을 용이하게 하였다.

향후 가능한한 현재 개발된 모든 모듈에 대하여 구현방법 및 시뮬레이션 방법을 소개하고자 한다. 전동차의 이러한 제어기술을 공유함으로써 국내 전동차의 제어방법에 대한 수준을 향상시킬 수 있을 것이며, 앞으로 국내에 도입될 신도시철도차량 시스템 및 고속철도차량 등 다양한 철도분야에 적용할 수 있을 것이다.

참고문헌

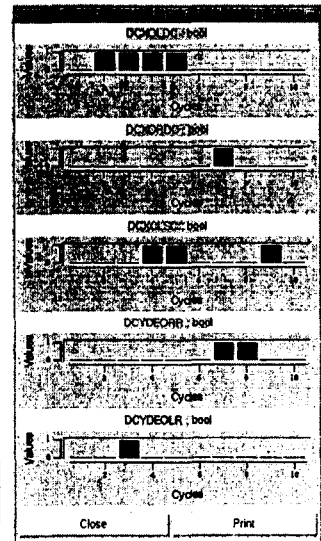
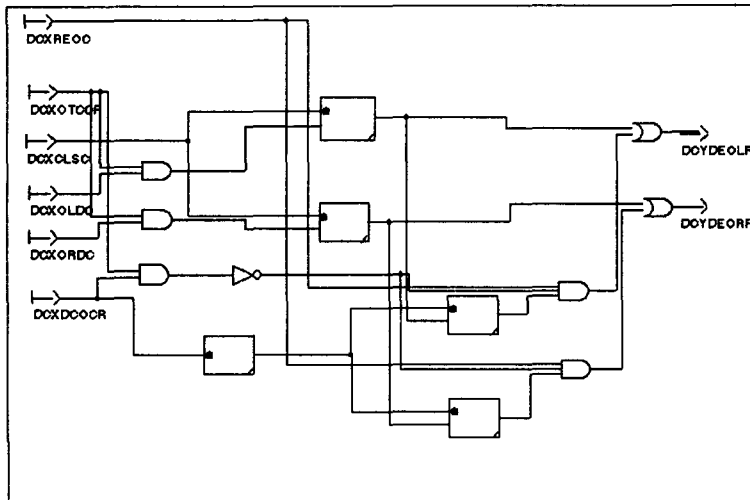
1. K.J. Gemmeke(1994년), "Experiences with the implem -entation of the train communication network", Computers in RailwaysIV, Vol.1, pp253~267.
2. Motoo Kusakari, Masaharu Sakuma, Eisuke Isobe, Tadashi Takaoka(1991년), "On-Board Train Inform -ation Control Network Systems", Hitachi Review Vol.40, No.4 pp303~308.
3. G. Legoff, P.Sainton, "Using Synchronous Language for Signalling".
4. 한성호, 안태기, 김원경, 최규형(1997년), "CASE tool을 이용한 전동차 제어감시장치(TCMS)의 소프트웨어 설계기법", 대한전기학회 하계 학술대회 논문집, A권 pp358~360.
5. 건설교통부, "도시철도표준사양 3.3.2 종합제어장치"
6. 서울특별시 도시철도공사, "서울시 지하철 5호선(336량) 전차정비지침서", 제4권-VII장, 1995.
7. 서울특별시 도시철도공사, "서울시 지하철 7, 8호선(226량) 전차정비지침서", 제3권-VII, 1996



(a) 모듈 로직 다이어그램

(b) 시뮬레이션결과

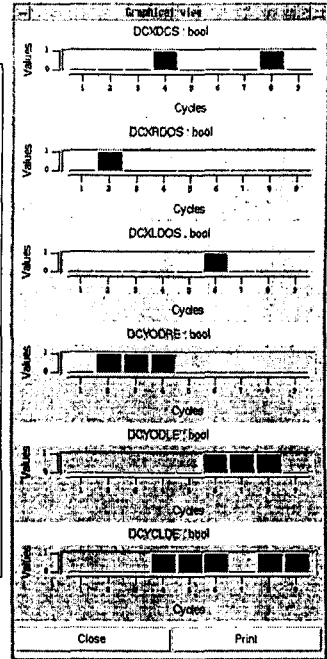
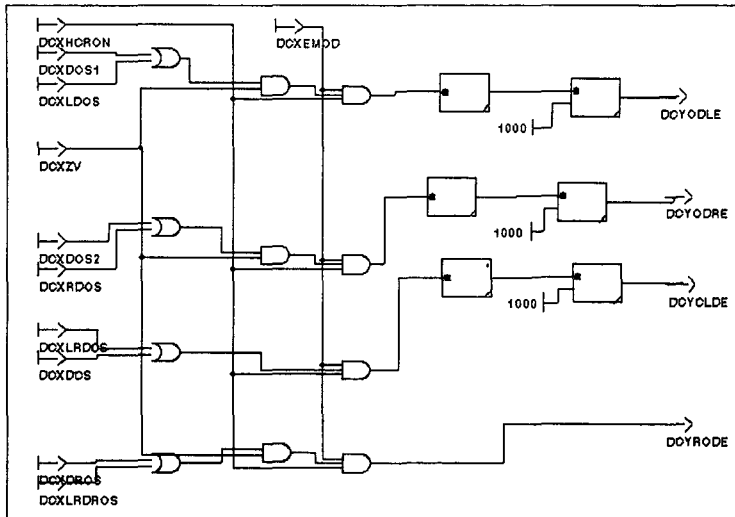
그림 1. 출입문 모드 상세모듈 구현결과 및 시뮬레이션결과



(a) 모듈 로직 다이어그램

(b) 시뮬레이션 결과

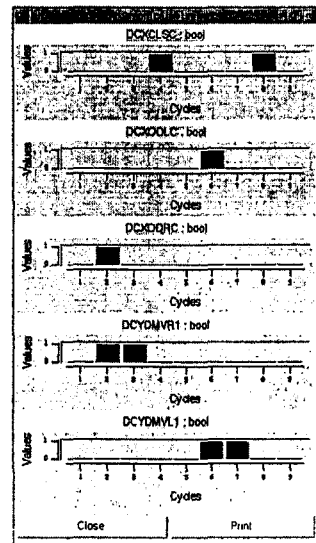
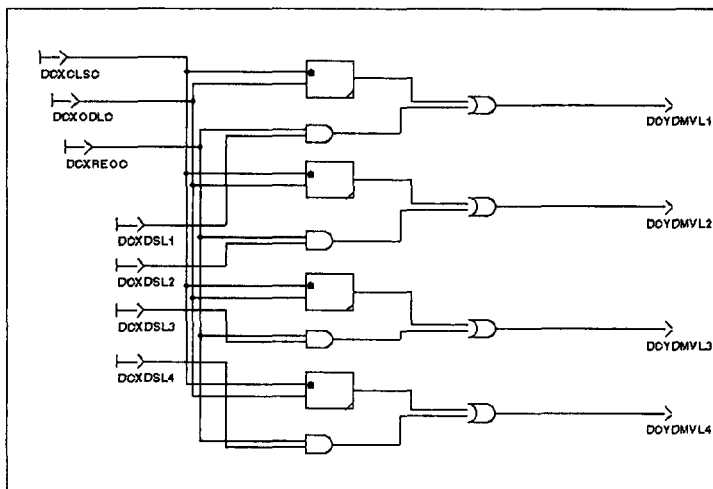
그림 2. 출입문 백업 상세모듈 구현결과 및 시뮬레이션 결과



(a) 모듈 로직 다이어그램

(b) 시뮬레이션 결과

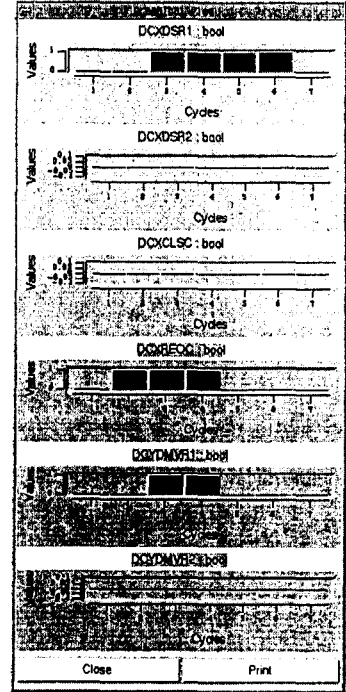
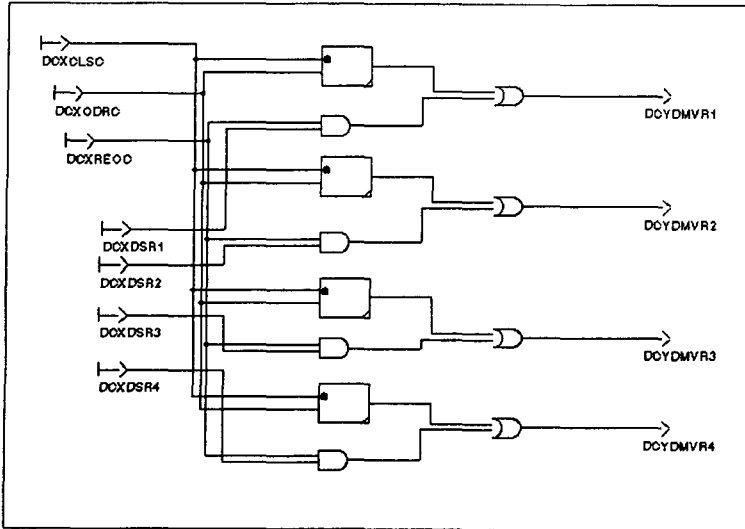
그림 3. 출입문 명령(비상운전모드) 상세모듈 구현결과 및 시뮬레이션 결과



(a) 모듈 로직 다이어그램

(b) 시뮬레이션 결과

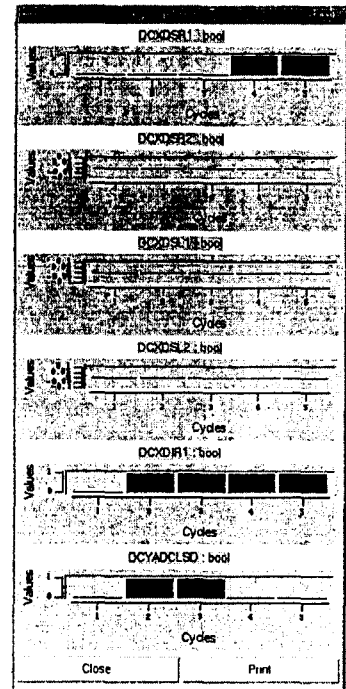
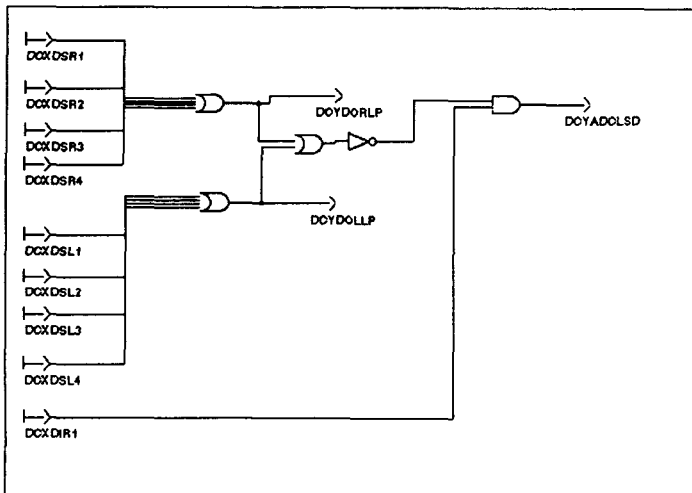
그림 4. 출입문 제어 상세모듈 구현결과 및 시뮬레이션 결과(계속)



(a) 모듈 로직 다이어그램

(b) 시뮬레이션 결과

그림 4. 출입문 제어 상세모듈 구현결과 및 시뮬레이션 결과



(a) 모듈 로직 다이어그램

(b) 시뮬레이션 결과

그림 5. 출입문 로직검사 상세모듈 구현결과 및 시뮬레이션 결과