

합격

합격 5단계
CBT / 실전모의고사

합격 4단계
10개년 기출문제

합격 3단계
실전평가문제

합격 2단계
출제경향 확인문제

합격 1단계
개념확인 및 개념확인문제

정보통신산업기사 필기시험대비 정보전송일반

편저 김한기



정통하였느냐



@JeongTongEDU



@정통에듀

www.baraemedu.com | ☎ 02.854.8886



정통에듀
JEONGTONGEDU

정보통신산업기사 정보전송일반 출제경향분석

목차	2022년			2023년			계	평균
	1	2	4	1	2	4		
1장 무선통신시스템 구축								
① 변조	2	4	2	3	3	4	18	3
② 발진회로	1	3		1	1	3	9	1.5
③ 디지털 논리회로	4	1	3	2	2	1	13	2.17
2장 정보통신선로								
① 유선선로설비	4	3	5	5	3	2	22	3.67
② 전자파 특성 검토			2		2	1	5	0.83
3장 네트워크 품질시험								
① 신호 해석				2	1		3	0.5
② 통신속도 및 통신 장애요인	1	3	1	2	3	1	11	1.83
4장 무선통신시스템								
① 다중화와 다중접속	1		1		1	2	5	0.83
② OFDM 변조기술	2	1	1	1	2		7	1.17
③ 전송프레임 기본구조								
④ 대역확산기술	2	2					4	0.67
⑤ 기타 통신기술	2	4	5	4	2	6	23	3.83



▶ 정보통신산업기사 공부순서



자료출처 : kca 국가기술자격검정(https://www.cq.or.kr/qh_quagm01_001.do)

1. 시행구분

- 정기검정 : 연간계획에 따라 전국(시험장)에서 동시시행
- 수시검정 : 전 종목 대상으로 필요시 시행

2. 시행절차

① 원서접수 (필기)

- 접수방법
 - 인터넷접수 : 접수홈페이지(www.cq.or.kr) 접속하여 접수
- 검정과목 면제신청(해당자)
 - 인터넷접수시 면제신청란 기재
 - 우편정보통신/통신선로관련종목접수시 검정과목 면제신청 및 증빙서류 제출

② 필기시험 수험생 준비물

- 응시준비
 - 수험표
 - 신분증(주민등록증 또는 운전면허증, 여권 등)
 - 컴퓨터용 흑색 사인펜
 - ※ 수정테이프(수정액은 사용불가)
 - ※ 답안은 감독관 확인 후 수정이 가능

③ 문제공개 이의신청 접수

- 접수기간
 - 시험종료 익일부터 5일간

④ 합격자(예정자) 발표 및 응시자격 증빙서류 제출

- 발표방법
 - 인터넷 발표 (www.cq.or.kr)

- 서류제출
 - 합격예정자발표후 5일 이내 우편으로 반드시 원본제출
 - ※ 응시자격 제한이 있는 종목은 반드시 응시자격 서류를 제출

⑤ 원서접수(실기)

- 접수방법
 - 인터넷접수(www.cq.or.kr)
 - ※ 시험일시 및 장소본인선택(선착순)

⑥ 실기시험 수험생 준비물

- 응시준비
 - 수험표
 - 신분증(주민등록증 또는 운전면허증, 여권 등)
 - 실기시험 준비물(자격증별)

정보통신(산업)기사 수험준비물

시험방법	품명	규격	단위	수량	비고
필답형	필기도구	흑색볼펜	개	1	
필답형	계산기	공학용	개	1	

*상기 소요기자재 현황은 시험문제 및 검정장 여건에 따라 일부 변경될수 있습니다.

⑦ 최종합격자 발표

- 발표방법
 - 인터넷발표(www.cq.or.kr)

⑧ 자격증 발급

- 발급신청
 - 자격증 교부신청서
 - 증명사진 1매

- 신분증

- 수수료

※ 개설 시험장의 접수인원이 5인 이하일 경우 시험장소가 변경될 수 있습니다.

3. 응시자격 및 경력인정 기준

① 자격등급별 응시자격체계



② 세부응시자격

등급	응시자격
기술사	다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 사람 1. 기사 자격을 취득한 후 응시하려는 종목이 속하는 직무분야(고용노동부령으로 정하는 유사 직무분야를 포함한다. 이하 “동일 및 유사 직무분야”라 한다)에서 4년 이상 실무에 종사한 사람 2. 산업기사 자격을 취득한 후 응시하려는 종목이 속하는 동일 및 유사 직무분야에서 5년 이상 실무에 종사한 사람 3. 기능사 자격을 취득한 후 응시하려는 종목이 속하는 동일 및 유사 직무분야에서 7년 이상 실무에 종사한 사람 4. 응시하려는 종목과 관련된 학과로서 고용노동부장관이 정하는 학과(이하 “관련학과”라 한다)의 대학졸업자등으로서 졸업 후 응시하려는 종목이 속하는 동일 및 유사 직무분야에서 6년 이상 실무에 종사한 사람 5. 응시하려는 종목이 속하는 동일 및 유사 직무분야의 다른 종목의 기술사 등급의 자격을 취득한 사람 6. 3년제 전문대학 관련학과 졸업자등으로서 졸업 후 응시하려는 종목이 속하는 동일 및 유사 직무분야에서 7년 이상 실무에 종사한 사람 7. 2년제 전문대학 관련학과 졸업자등으로서 졸업 후 응시하려는 종목이 속하는 동일 및 유사 직무분야에서 8년 이상 실무에 종사한 사람 8. 국가기술자격의 종목별로 기사의 수준에 해당하는 교육훈련을 실시하는 기관 중 고용노동부령으로 정하는 교육훈련기관의 기술훈련과정(이하 “기사 수준 기술훈련과정”이라 한다) 이수자로서 이수 후 응시하려는 종목이 속하는 동일 및 유사 직무분야에서 6년 이상 실무에 종사한 사람 9. 국가기술자격의 종목별로 산업기사의 수준에 해당하는 교육훈련을 실시하는 기관 중 고용노동부령으로 정하는 교육훈련기관의 기술훈련과정(이하 “산업기사 수준 기술훈련과정”이라 한다) 이수자로서 이수 후 동일 및 유사 직무분야에서 8년 이상 실무에 종사한 사람 10. 응시하려는 종목이 속하는 동일 및 유사 직무분야에서 9년 이상 실무에 종사한 사람 11. 외국에서 동일한 종목에 해당하는 자격을 취득한 사람
기능사	다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 사람 1. 응시하려는 종목이 속하는 동일 및 유사 직무분야의 산업기사 또는 기능사 자격을 취득한 후 「근로자직업능력 개발법」에 따라 설립된 기능대학의 기능장과정을 마친 이수자 또는 그 이수예정자 2. 산업기사 등급 이상의 자격을 취득한 후 응시하려는 종목이 속하는 동일 및 유사 직무분야에서 5년 이상 실무에 종사한 사람 3. 기능사 자격을 취득한 후 응시하려는 종목이 속하는 동일 및 유사 직무분야에서 7년 이상 실무에 종사한 사람

등급	응시자격
	- 응시하려는 종목이 속하는 동일 및 유사 직무분야에서 9년 이상 실무에 종사한 사람 - 응시하려는 종목이 속하는 동일 및 유사 직무분야의 다른 종목의 기능장 등급의 자격을 취득한 사람 - 외국에서 동일한 종목에 해당하는 자격을 취득한 사람
기사	다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 사람 - 산업기사 등급 이상의 자격을 취득한 후 응시하려는 종목이 속하는 동일 및 유사 직무분야에서 1년 이상 실무에 종사한 사람 - 기능사 자격을 취득한 후 응시하려는 종목이 속하는 동일 및 유사 직무분야에서 3년 이상 실무에 종사한 사람 - 응시하려는 종목이 속하는 동일 및 유사 직무분야의 다른 종목의 기사 등급 이상의 자격을 취득한 사람 - 관련학과의 대학졸업자등 또는 그 졸업예정자 3년제 전문대학 관련학과 졸업자등으로서 졸업 후 응시하려는 종목이 속하는 동일 및 유사 직무분야에서 1년 이상 실무에 종사한 사람 2년제 전문대학 관련학과 졸업자등으로서 졸업 후 응시하려는 종목이 속하는 동일 및 유사 직무분야에서 2년 이상 실무에 종사한 사람 - 동일 및 유사 직무분야의 기사 수준 기술훈련과정 이수자 또는 그 이수예정자 - 동일 및 유사 직무분야의 산업기사 수준 기술훈련과정 이수자로서 이수 후 응시하려는 종목이 속하는 동일 및 유사 직무분야에서 2년 이상 실무에 종사한 사람 - 응시하려는 종목이 속하는 동일 및 유사 직무분야에서 4년 이상 실무에 종사한 사람 - 외국에서 동일한 종목에 해당하는 자격을 취득한 사람
산업기사	다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 사람 - 기능사 등급 이상의 자격을 취득한 후 응시하려는 종목이 속하는 동일 및 유사 직무분야에 1년 이상 실무에 종사한 사람 - 응시하려는 종목이 속하는 동일 및 유사 직무분야의 다른 종목의 산업기사 등급 이상의 자격을 취득한 사람 - 관련학과의 2년제 또는 3년제 전문대학졸업자등 또는 그 졸업예정자 - 관련학과의 대학졸업자등 또는 그 졸업예정자 - 동일 및 유사 직무분야의 산업기사 수준 기술훈련과정 이수자 또는 그 이수예정자 - 응시하려는 종목이 속하는 동일 및 유사 직무분야에서 2년 이상 실무에 종사한 사람 - 고용노동부령으로 정하는 기능경기대회 입상자 - 외국에서 동일한 종목에 해당하는 자격을 취득한 사람

등급	응시자격
기능사	응시자격에 제한이 없음
비고	※ 비고 1. “졸업자등”이란 「초·중등교육법」 및 「고등교육법」에 따른 학교를 졸업한 사람 및 이와 같은 수준 이상의 학력이 있다고 인정되는 사람을 말한다. 다만, 대학(산업대학 등 수업연한이 4년 이상인 학교를 포함한다. 이하 “대학등”이라 한다) 및 대학원을 수료한 사람으로서 관련 학위를 취득하지 못한 사람은 “대학졸업자등”으로 보고, 대학등의 전 과정의 2분의 1 이상을 마친 사람은 “2년제 전문대학졸업자등”으로 본다. 2. “졸업예정자”란 국가기술자격 검정의 필기시험일(필기시험이 없거나 면제되는 경우에는 실기 시험의 수험원서 접수마감일)을 말한다. 이하 같다) 현재 「초·중등교육법」 및 「고등교육법」에 따라 정해진 학년 중 최종 학년에 재학 중인 사람을 말한다. 다만, 「학점인정 등에 관한 법률」 제7조에 따라 106학점 이상을 인정받은 사람(「학점인정 등에 관한 법률」에 따라 인정받은 학점 중 「고등교육법」 제2조제1호부터 제6호까지의 규정에 따른 대학 재학 중 취득한 학점을 전환하여 인정받은 학점 외의 학점이 18학점 이상 포함되어야 한다)은 대학졸업예정자로 보고, 81학점 이상을 인정받은 사람은 3년제 대학졸업예정자로 보며, 41학점 이상을 인정받은 사람은 2년제 대학졸업예정자로 본다. 3. 「고등교육법」 제50조의2에 따른 전공심화과정의 학사학위를 취득한 사람은 대학졸업자로 보고, 그 졸업예정자는 대학졸업예정자로 본다. 4. “이수자”란 기사 수준 기술훈련과정 또는 산업기사 수준 기술훈련과정을 마친 사람을 말한다. 5. “이수예정자”란 국가기술자격 검정의 필기시험일 또는 최초 시험일 현재 기사 수준 기술훈련과정 또는 산업기사 수준 기술훈련과정에서 각 과정의 2분의 1을 초과하여 교육훈련을 받고 있는 사람을 말한다.

정보통신산업기사 자격검정안내

11

자료출처 : kca 국가기술자격검정(https://www.cq.or.kr/qh_quagm01_006.do)

1. 시험과목 및 시험방법

구분	과목	출제유형(시험시간)	합격기준
필기	1. 정보전송일반 2. 정보통신기기 3. 정보통신네트워크 4. 컴퓨터 일반 및 정보설비 기준	객관식 4지선다형 (2시간 30분)	과목당 100점을 만점으로 하여 매과목 40점 이상, 전과목 평균 60점 이상 : 과목당 20문항
실기	정보통신 실무	필답형 (2시간)	100점을 만점으로 60점 이상

※ 2013년부터 동 종목의 실기시험은 복합형(필답형+작업형)에서 필답형으로 시행

2. 응시수수료

필기	18,800원	실기	20,200원
----	---------	----	---------

제 1 편

개념확인 및 개념확인문제

15

제1장	무선통신시스템 구축	17
개념확인 1	변조(Modulation)의 목적	18
개념확인 2	변조의 종류	19
개념확인 3	진폭변조(Amplitude Modulation:AM)	21
개념확인 4	각도 변조(Angle Modulation)	23
개념확인 5	펄스 변조(Pulse Modulation)	25
개념확인 6	펄스 부호 변조(PCM : Pulse Code Modulation)	26
개념확인 7	다중화(Multiplexing)	32
개념확인 8	PCM/TDM	35
개념확인 9	PCM과 관련된 변조방식	36
개념확인 10	기저대역 전송	38
개념확인 11	전송부호	38
개념확인 12	디지털 변조	43
개념확인 13	중합 잡음 지수	45
개념확인 14	발진회로	47
개념확인 15	발진기	48
개념확인 16	디지털 논리회로	55
■	출제경향확인문제	75
■	실전평가문제	87
제2장	정보통신선로	107
개념확인 1	데시벨(Decibel) 단위:	108
개념확인 2	분포 정수 회로	111
개념확인 3	전송매체	114
개념확인 4	광섬유 케이블(Fiber Optical)	120
개념확인 5	변위전류(displacement current)	131
개념확인 6	Maxwell의 방정식	132
개념확인 7	특성임피던스	133
개념확인 8	포인팅전력	135
개념확인 9	전파의 성질	136

개념확인 10 전파의 분류	137
■ 출제경향확인문제	139
■ 실전평가문제	148

제3장 네트워크 품질시험 159

개념확인 1 푸리에 변환과 푸리에 급수	160
개념확인 2 통신속도	168
개념확인 3 채널 용량	171
개념확인 4 전송 장애	173
개념확인 5 에러검출 및 정정	174
개념확인 6 통신방식	191
■ 출제경향확인문제	197
■ 실전평가문제	203

제4장 무선통신시스템 219

개념확인 1 다중화와 다중접속	220
개념확인 2 다중접속의 종류와 특징 비교	224
개념확인 3 OFDM 변조기술	230
개념확인 4 다중화 계위	239
개념확인 5 대역확산기술	242
개념확인 6 처리이득(Processing Gain,)	250
개념확인 7 다중경로채널 및 페이딩	251
■ 출제경향확인문제	256
■ 실전평가문제	263

제5장 기타 출제경향 275

제 2 편 기출문제 281

제 3 편 제3편 CBT 실전모의고사 359

제 1 편 개념확인 및 개념확인문제

정보통신산업기사



제1장

무선통신시스템 구축

- 1 변조(Modulation)의 목적
- 2 변조의 종류
- 3 진폭변조(Amplitude Modulation:AM)
- 4 각도 변조(Angle Modulation)
- 5 펄스 변조(Pulse Modulation)
- 6 펄스 부호 변조(PCM : Pulse Code Modulation)
- 7 다중화(Multiplexing)
- 8 PCM/TDM
- 9 PCM과 관련된 변조방식
- 10 기저대역 전송
- 11 전송부호
- 12 디지털 변조
- 13 종합 잡음 지수
- 14 발진회로
- 15 발진기
- 16 디지털 논리회로

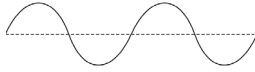
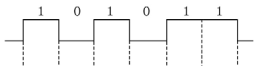
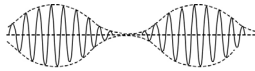
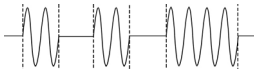
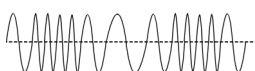
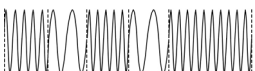
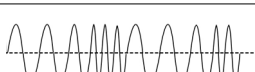
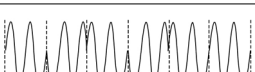


개념확인 1

변조(Modulation)의 목적

변조란(Modulation)란 보내고자 하는 정보신호를 전송로 상에 보내기 알맞은 신호 형태로 변환하는 과정을 말하며, 신호파(Signal)를 반송파(Carrier)의 진폭, 주파수, 위상 등에 실어 보내는 것을 의미한다.

[Analog 변조방식과 Digital 변조방식의 비교]

Analog 변조 방식		Digital 변조 방식	
신호파형		신호파형	
AM		ASK	
FM		FSK	
PM		PSK	

(1) 변조의 목적

- ① 원거리 전송을 하기 위하여
- ② 주파수 분할 다중화(FDM)를 행하여 다중통신을 할 수 있다.
- ③ 송·수신 안테나(Antenna)의 길이 문제를 해결하여 효과적인 방사 또는 수신을 위하여
- ④ 각종 잡음과 혼선, 간섭으로부터 정보를 보호하기 위하여

개념확인문제

다음 중 변조과정에 대한 설명으로 옳은 것은?

- ① 반송파에 정보신호(음성·화상·데이터 등)를 실는 것을 변조라 한다.
- ② 변조된 높은 주파수의 파를 반송파라 한다.
- ③ 변조는 소신호로 대전류를 제어하는 것이다.
- ④ 저주파는 음성 신호 파를 운반하는 역할을 하므로 피변조파라 한다.

정답 : ①



개념확인 2

변조의 종류

1. 연속변조(반송파가 sine, cosine파와 같은 연속함수인 경우)

(1) Analog 변조(신호파가 Analog 신호인 경우)

① AM(진폭 변조)

Analog 신호파를 연속함수 형태를 갖는 반송파의 진폭(Amplitude)에 실어 보내는 변조 방식

② FM(주파수 변조)

Analog 신호파를 연속함수 형태를 갖는 반송파의 주파수(Frequency)에 실어 보내는 변조 방식

③ PM(위상 변조)

Analog 신호파를 연속함수 형태를 갖는 반송파의 위상(Phase)에 실어 보내는 변조 방식

(2) Digital 변조(신호파가 Digital 신호인 경우)

① ASK(진폭편이 변조)

Digital 신호파를 연속함수 형태를 갖는 반송파의 진폭(Amplitude)에 실어 보내는 변조 방식

② FSK(주파수편이 변조)

Digital 신호파를 연속함수 형태를 갖는 반송파의 주파수(Frequency)에 실어 보내는 변조 방식

③ PSK(위상편이 변조)

Digital 신호파를 연속함수 형태를 갖는 반송파의 위상(Phase)에 실어 보내는 변조 방식

④ QAM(직교진폭변조)

Digital 신호파를 연속함수 형태를 갖는 반송파의 진폭(Amplitude)과 위상(Phase)에 실어 보내는 변조 방식

종류 \ 구분	아날로그(Analog) 변조	디지털(Digital) 변조
진폭 변조	• DSB(양측파대 변조) • SSB(단측파대 변조) • VSB(잔류측파대 변조)	• ASK(진폭 변이변조)
각도 변조	• FM(주파수 변조)	• FSK(주파수 편이변조)
	• PM(위상 변조)	• PSK(위상 편이 변조) • DPSK(차동 위상 편이변조) • MSK(Minimum Shift Keying)
복합 변조	• AM·PM(진폭 위상 변조)	• APSK(진폭 위상 편이변조) • QAM(직교 진폭 변조)

2. 펄스변조(반송파가 pulse열인 경우)

(1) Analog 변조(신호파가 Analog 신호인 경우)

① PAM(Pulse Amplitude Modulation)

Analog 신호를 pulse의 크기로 변화시키는 변조방식

② PWM(Pulse Width Modulation)

Analog 신호를 pulse의 폭으로 변화시키는 변조방식

③ PPM(Pulse Position Modulation)

Analog 신호를 pulse의 위치로 변화시키는 변조방식

(2) Digital 변조(신호파가 Digital 신호인 경우)

① PCM(Pulse Code Modulation)

Analog 신호를 표본화를 하여 PAM파로 만든 다음 양자화, 부호화를 거쳐 digital 신호로 만들어 전송하는 변조방식

② PNM(Pulse Number Modulation)

Analog 신호를 pulse의 수로 변화시키는 변조방식

③ DM(Delta Modulation)

Analog 신호를 표본화, 양자화, 부호화를 거쳐 digital 신호로 만들어 전송하는 변조 방식 중 1bit 양자화를 행하여 정보량을 줄이는 방식

(1) AM 파의 전력

$$P_c = \frac{\left(\frac{V_c}{\sqrt{2}}\right)^2}{R} = \frac{V_c^2}{2R} [\text{W}]$$

[반송파전력]

$$P_u = \left(\frac{\frac{m V_c}{2}}{\sqrt{2}}\right)^2 \times \frac{1}{R} = \frac{m^2 V_c^2}{8R} = \frac{m^2}{4} \times \frac{V_c^2}{2R} = \frac{m^2}{4} P_c [\text{W}]$$

[상측파대 전력]

$$P_l = \left(\frac{\frac{m V_c}{2}}{\sqrt{2}}\right)^2 \times \frac{1}{R} = \frac{m^2 V_c^2}{8R} = \frac{m^2}{4} \times \frac{V_c^2}{2R} = \frac{m^2}{4} P_c [\text{W}]$$

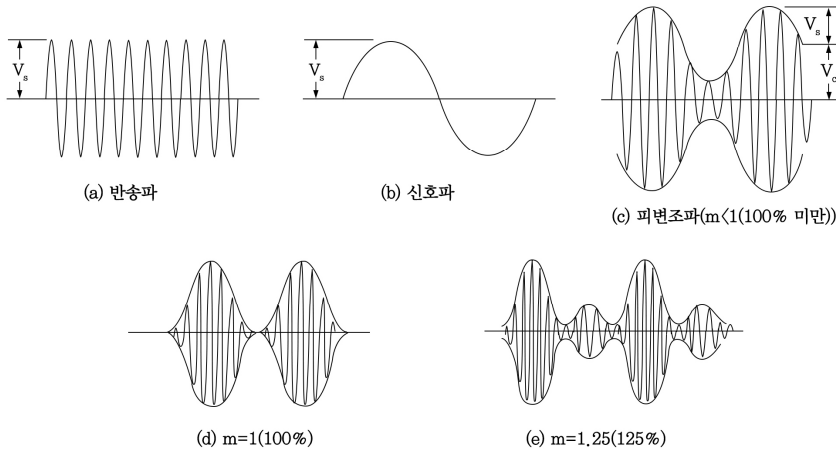
[하측파대 전력]

$$P_{AM} = P_c \left(1 + \frac{m^2}{4} + \frac{m^2}{4}\right) = P_c \left(1 + \frac{m^2}{2}\right) [\text{W}]$$

[피변조파 전력]

$$\therefore P_c : P_u : P_l = 1 : \frac{m^2}{4} : \frac{m^2}{4}$$

(2) 변조도(m)



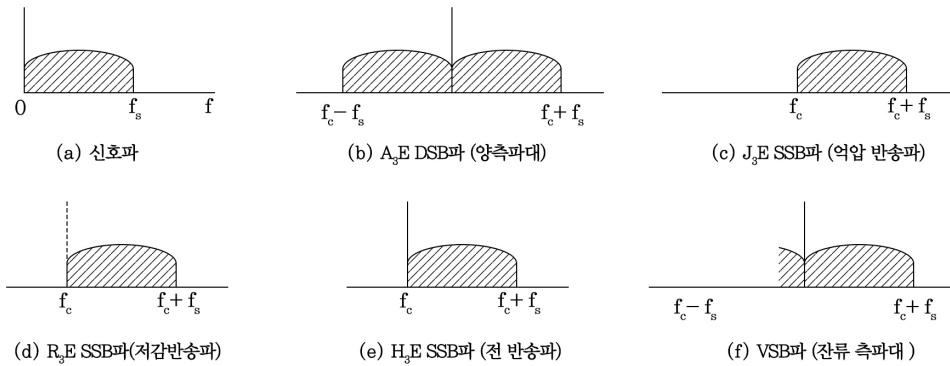
[AM 변조도 파형]

- 변조도(m) = $\frac{\text{신호파 전압}(V_s)}{\text{반송파 전압}(V_c)}$, 변조율(m) = $\frac{V_s}{V_c} \times 100\%$
- $m > 1$ (과변조): $V_c < V_s$ 인 경우

① 변조도를 깊게 했다고 표현하며 원신호 회복이 어려우며 수신음이 찌그러지는 현상이 발생한다.

- ② 피변조파에 많은 고조파가 포함된다.
- ③ 점유 주파수 대역폭이 넓어지게 된다.
- ④ 다른 통신에 혼신을 준다.
- ⑤ 과변조된 파를 수신하면 명료도가 저하된다.
 - $m < 1$ (부족변조): $V_c > V_s$ 인 경우 $\Rightarrow$ 전력낭비가 발생한다.
 - $m = 1$ (최적변조): $V_c = V_s$ 인 경우 $\Rightarrow$ 전력낭비가 없고 가장 이상적이다.

(2) AM통신 방식



개념확인문제

진폭변조에서 반송파 전압이 5[V], 신호파 전압이 2[V]인 경우 변조도(m)는?

- ① 10[%]
- ② 20[%]
- ③ 40[%]
- ④ 60[%]

정답 : ③



개념확인 4

각도 변조(Angle Modulation)

(1) 주파수 변조(FM : Frequency Modulation)

$$V_s = V_s \cos pt \quad (p = 2\pi f_p, f_p : \text{신호 주파수})$$

[신호파]

$$V_c = V_c \sin \omega t \quad (\omega = 2\pi f, f : \text{반송 주파수}) \quad [\text{반송파}]$$

$$\begin{aligned} V_{FM}(t) &= V_c \cos \left(\omega_c t + k \int_0^t V_s(\tau) d\tau \right) & [\text{피변조파}] \\ &= V_c \cos \left(\omega_c t + k V_s \int_0^t \cos \omega_s \tau d\tau \right) \\ &= V_c \cos \left(\omega_c t + \frac{\Delta \omega}{\omega_s} \sin \omega_s t \right) \\ &= V_c \cos (\omega_c t + m_f \sin \omega_s t) \end{aligned}$$

여기서, $m_f = \frac{\Delta \omega}{\omega_s} = \frac{\Delta f}{f_s}$ 는 변조지수(Modulation Index)가 되고,

Δf 는 최대 주파수 편이, 대역폭(B)는 $B = 2(\Delta f + f_s)$ 가 된다.



참고

주파수 변조 방식의 특징

- ① 진폭변조방식에 비해 잡음 및 간섭에 강하며 신호레벨 변동에 영향을 받지 않는다.
- ② S/N비가 진폭변조 방식에 비해서 개선된다.
- ③ 전송로의 주파수 변동에 약하다.
- ④ 넓은 주파수 대역이 필요하다.

(2) 위상 변조(PM : Phase Modulation)

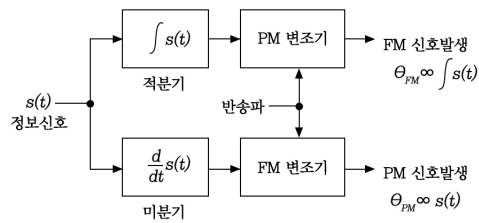
$$V_s = V_s \cos pt \quad (p = 2\pi f_p, f_p : \text{신호 주파수}) \quad [\text{신호파}]$$

$$V_c = V_c \sin \omega t \quad (\omega = 2\pi f, f : \text{반송 주파수}) \quad [\text{반송파}]$$

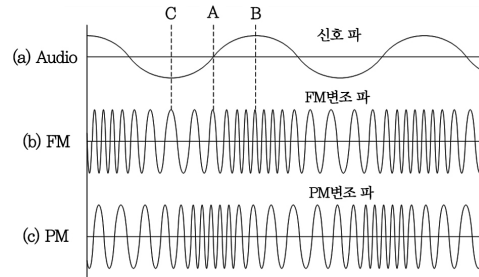
$$\theta_{PM} = \omega_c t + k V_s \sin \omega_s t = \omega_c t + \Delta \theta \sin \omega_s t \quad [\text{피변조파 위상}]$$

$$V_{PM} = V_c \sin (\omega t + \Delta \theta \sin pt) = V_c \sin (\omega t + m_p \sin pt) \quad [\text{피변조파}]$$

위의 식에서 $\Delta \theta$ 는 최대 위상 편이가 되고, m_p 는 위상변조지수가 된다.



[FM 신호와 PM 신호의 관계]



[주파수 변조방식과 위상변조 방식의 파형]

개념확인문제

주파수변조를 진폭변조와 비교할 경우 잘못된 것은?

- ① 점유주파수대폭이 넓다.
- ② 초단파대의 통신에 적합하다.
- ③ S/N비가 좋아진다.
- ④ Echo의 영향이 많아진다.

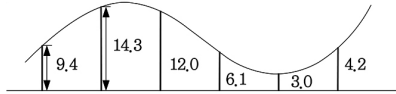
정답 : ④

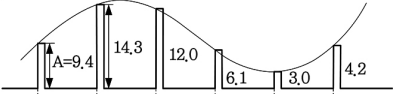


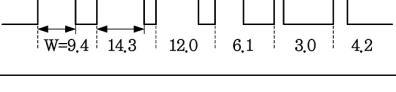
개념확인 5

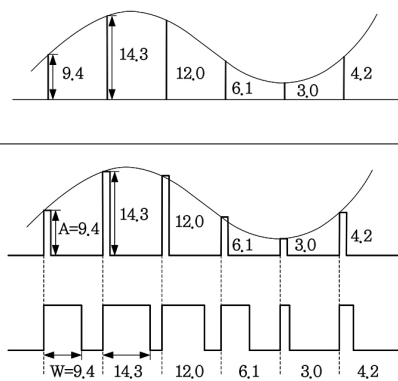
펄스 변조(Pulse Modulation)

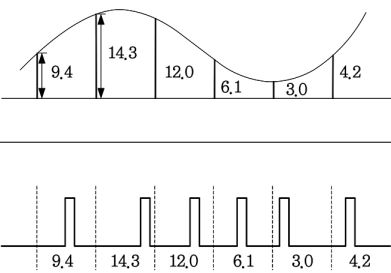
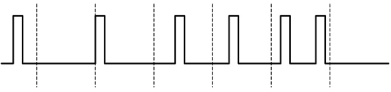
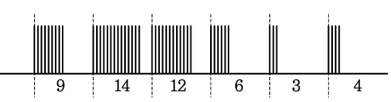
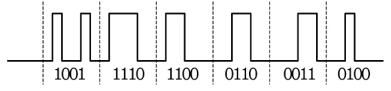
아날로그			입력신호
펄스 변조 방식의 종류			변조하는 파라미터
기호	명칭		
아날로그 변조	PAM	펄스 진폭 변조 Pulse Amplitude Modulation	진폭
	PWM (PDM)	펄스 폭 변조 Pulse Width Modulation Pulse Duration Modulation	펄스의 폭


--


--


--



아날로그			입력신호	
펄스 변조 방식의 종류			변조하는 파라미터	
	기호	명칭		
아날로그 변조	PPM (PPM)	펄스 위상 변조 Pulse Phase Modulation 펄스 위치 변조 Pulse Position Modulation	위상 or 위치	
	PFM	펄스 주파수 변조 Pulse Frequency Modulation	주파수	
	PTM	펄스 시 변조 Pulse Time Modulation	신호파의 진폭에 따라 펄스의 시간적 위치를 변동시키는 변조 방식 지금은 거의 사용되지 않는다.	
디지털 변조	PNM	펄스 수 변조 Pulse Number Modulation	펄스 수	
	PCM	펄스 부호 변조 Pulse Code Modulation	부호화	

개념확인문제

펄스의 주기와 진폭은 일정하고, 펄스의폭을 입력신호에 따라 변화시키는 변조 방식은?

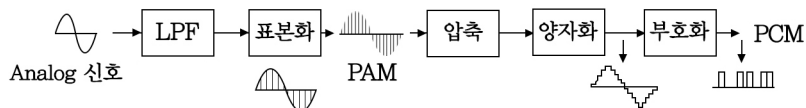
- ① PAM(Pulse Amplitude Modulation) ② PWM(Pulse Width Modulation)
- ③ PPM(Pulse Position Modulation) ④ PCM(Pulse Code Modulation)

정답 : ②



개념확인 6

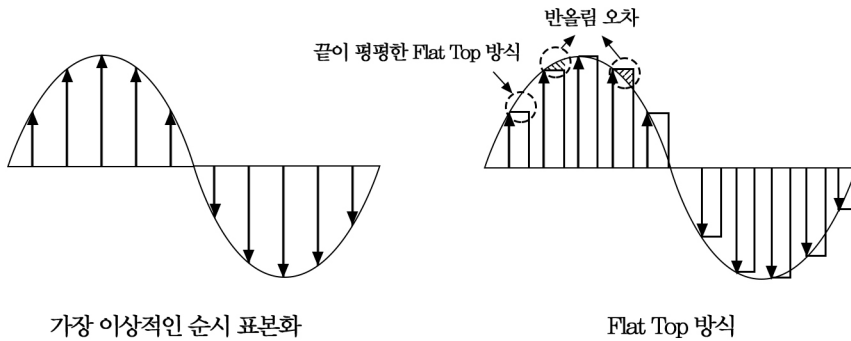
펄스 부호 변조(PCM : Pulse Code Modulation)



[송신기]

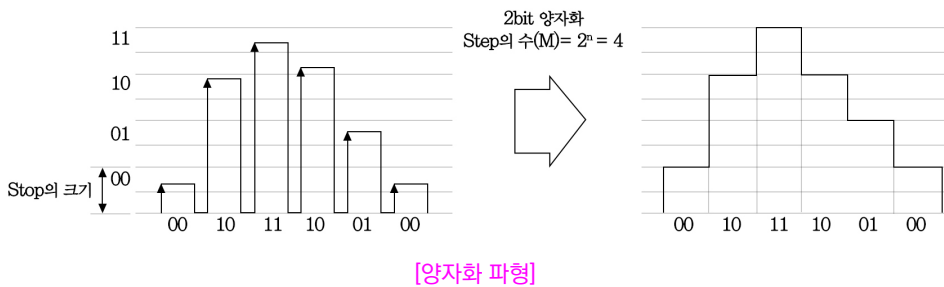
(3) 반올림 오차

연속적인 신호를 표본화를 통해 PAM신호로 만드는 과정에서 생기는 오차로서 표본화를 하기 위해 impulse함수를 이용하여 순간적으로 뽑아내면(순시 표본화라 한다) 아주 이상적인 PAM파를 만들 수 있다. 하지만 실제로 가장 이상적인 impulse 함수를 만들 수 없으므로 가장 이상적인 PAM파는 이론상만 존재한다.



2. 양자화 정리

PCM과정의 표본화 단계를 통해 발생한 PAM파의 진폭을 이산적 신호인 디지털 양으로 변환하기 위하여 계단 모양의 양자화 레벨(2^n)에 근사화 시키는 과정으로서 PAM파의 진폭의 최저 레벨과 최고 레벨 사이를 양자화 레벨(2^n)로 등분하여 계단 모양의 근사 파형으로 만드는 과정을 말한다.



[양자화 파형]

- 양자화 스텝(Step) 수(M)= 2^n , n : 양자화 시 사용된 bit 수

(1) 양자화 방법

① 선형 양자화(Linear Quantization)

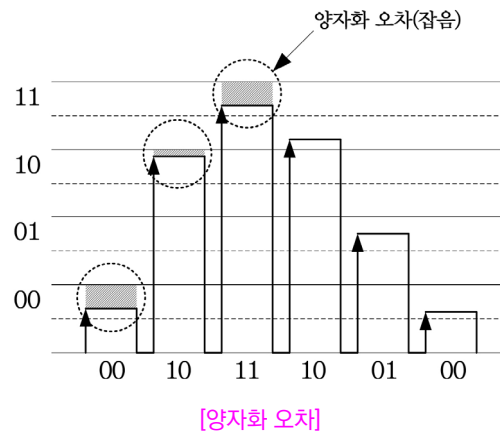
입력되는 신호의 크기에 관계없이 양자화 스텝의 크기를 항상 일정하게 양자화 하는 방식으로 입력신호의 크기가 일정한 경우에 사용하는 방식이다.

② 비선형 양자화(Non-Linear Quantization)

입력되는 신호의 크기에 따라서 양자화 스텝의 크기를 달리하는 방식으로 입력 신호의 진폭이 큰 경우에는 스텝의 크기를 크게 하고, 진폭이 작은 경우에는 스텝의 크기를 작게 하여 전 입력 신호에 걸쳐 신호 대 잡음비(S/N)를 균일 하게 할 수 있는 방식이다.

(2) 양자화 오차

양자화 오차는 표본화 과정을 거쳐 나온 PAM파의 진폭을 양자화 레벨(2^n)에 근사화 시키는 과정에서 PAM의 진폭의 크기가 특정 양자화 레벨에 근접하지 않을 경우 약간의 오차가 발생할 수 있는데, 이 때 발생하는 오차를 양자화 오차라 한다.



(3) 양자화 시 생기는 오차를 줄이는 방법(잡음 개선책)

- ① 양자화 시 스텝(Step)의 수를 증가시킨다.
- ② 비선형 양자화를 한다.
- ③ 양자화 전단에 압신기를 사용한다.

양자화 잡음과 양자화 step수와의 관계를 알아보기 위해 양자화 잡음을 전력으로 표시하면 양자화 잡음 전력(P) = $\frac{S^2}{12}$ 가 된다. 여기서 S 는 스텝(step)의 크기를 나타내며, ΔV 로도 표시한다.

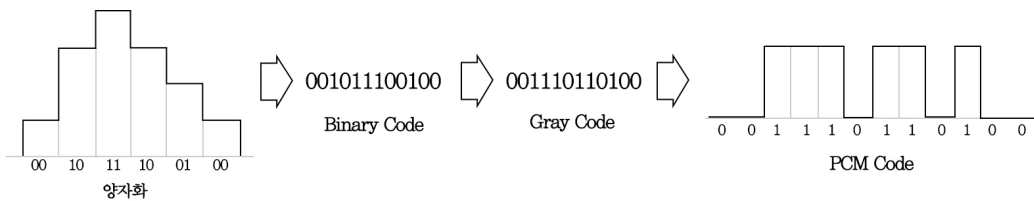
$$P = \frac{S^2}{12} = \frac{(\Delta V)^2}{12}$$

실제로 양자화 시 사용되는 bit수를 한 bit씩 증가시킬 때 마다 S/N비는 약 6[dB]씩 개선된다.

$$S/N_q[dB] = 6n + 1.8, (n: \text{양자화 시 사용되는 bit 수})$$

3. 부호화(Encoding)

양자화를 거쳐 나온 0과 1의 부호 열 신호를 전송로 상에 보내기 알맞은 Digital Pulse 부호로 바꾸는 과정으로 오차가 적은 그레이 코드(Gray Code)를 이용한다.



[부호화 과정]



참고

PCM 과정 정리

- ㉠ PCM의 3단계 : 표본화, 양자화, 부호화
- ㉡ 표본화 : 대역 제한된 아날로그 입력신호를 입력신호의 최고주파수(f_m)의 2배 이상의 주파수($f_s \geq 2f_m$)로 샘플링 하여 PAM신호를 얻는 과정
- ㉢ 양자화 : 표본화된 PAM신호를 가장 가까운 이산적인 양자화레벨(2^n)에 근사화 시키는 과정
- ㉣ 부호화 : 양자화된 레벨 값을 0과 1의 펄스열로 변환하는 과정
- ㉤ 다중화 : 각 채널의 신호를 하나의 고속채널에 많은 량의 데이터를 동시에 전송할 수 있는 기술
- ㉥ 압신기(Companding) 설치 목적 : 선형양자화를 하면서 비선형 양자화의 효과를 얻기 위함.

4. 디지털 중계기의 3R 기능

(1) 파형 재생(Reshaping)

각종 잡음과 감쇠에 의해서 왜곡된 파형을 다시 재생시켜주는 기능을 제공한다.

(2) 식별 재생(Regenerating)

복원된 신호와 리타이밍된 클럭으로 데이터를 판별한 후 오류 정정 과정을 거쳐 원래와 동일한 데이터를 재생해 내는 것이다.

(3) 타이밍 재생(Retiming)

전송되는 신호의 bit 구분을 명확히 하기 위한 동작으로서 전송되는 디지털 신호로부터 clock을 추출한 후 다시 타이밍 파를 만들어 신호의 위상을 재생하는 위상재생을 말한다.

만일 신호의 동기가 맞지 않으면 bit열의 구분이 명확하지 않아 타이밍이 맞지 않게 되고 이런 현상이 누적되면 펄스열의 왜곡으로 타이밍회로의 동조가 부정확하여 위상의 흐트러짐이 생겨 잡음이 발생하는데 이를 타이밍 편차 또는 Jitter잡음 이라 한다.

이렇게 디지털 신호가 전송되는 디지털 전송로에는 아날로그 중계기가 가지지 않는 재생기능이 디지털 중계기에는 존재하여 아날로그 전송에 비해 훨씬 더 잡음에 강하다는 것을 알 수 있다.

5. PCM의 특징

(1) PCM방식의 장점

- ① PCM방식은 디지털 신호를 전송하는 방식으로 각종 잡음에 강하며 S/N가 우수하다.
- ② 누화나 혼선에 강하다.
- ③ 전송로 상에 존재하는 각종 잡음에 강하므로 저질의 전송로에서도 신호 전송이 가능하다.
- ④ 디지털 중계기의 재생기능으로 인하여 전송구간에 각종 잡음이 누적되지 않는다.



참고

주파수 분할 다중화의 특징

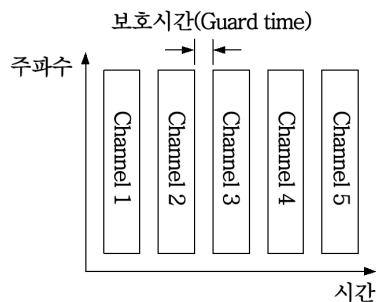
FDM은 사용 가능한 주파수 대역을 분할하여 다중화 하는 방식으로 전송하려는 신호의 대역폭 보다 전송매체의 유효 대역폭이 큰 경우에 사용하는 방식이다.

보통 FSK방식이 사용되며, 각 채널 간 간섭을 줄이기 위해 완충지역인 보호대역(guard band)이 필요하다. 이렇게 사용된 보호대역은 사용가능한 대역폭의 낭비를 가져와 채널 이용률을 낮게 하는 요인이 된다.

- ① 이용가능한 주파수 할당 대역폭이 넓을 때 사용가능하다.
- ② 누화와 혼선이 발생하지만 광대역 전송이 가능하다.
- ③ 비동기식 방식에 사용되며 동기는 필요치 않다.
- ④ 각 채널 간 완충지역인 보호대역(guard band)이 있으며 이로 인해 주파수 낭비를 초래한다.

(2) TDM(Time Division Multiplexing) - 시분할 다중화

시분할 다중화란 사용가능한 시간대역을 분할하여 다중화 하는 방식으로 각 채널에 정보신호를 전송할 수 있는 Time Slot을 할당하여 전송하고 수신측에서 전체 망 동기를 통해 희망 채널 신호를 Time Gate를 이용하여 수신함으로써 원래의 신호를 얻어낼 수 있는 디지털 다중화 기술이다.



참고

시분할 다중화의 특징

TDM은 전송로를 통한 데이터 전송 시간을 나누어서 각 채널에 차례대로 분배하여 다중화 하는 방식으로 channel 1부터 channel N번까지 동일하게 시간을 할당하여 할당된 시간만큼 데이터를 전송하고 다시 channel 1부터 channel N번까지 반복하면서 전송하게 된다.

그래서 다중화 되는 채널수가 증가되면, 한 채널당 할당할 수 있는 시간 폭이(time slot)이 좁아지게 되고, channel간 반복되는 주기가 길어져서 시간적 지연(Delay)이 생길 수 있다.

- ① 이용가능한 주파수 할당 대역폭이 좁을 때 사용가능한 방식이다.
- ② 채널수가 증가되면 단위 채널당 할당되는 시간 폭(time slot)이 좁아져서 시간적 지연(Delay)이 생긴다.

- ③ 송·수신 간에 동기를 맞추어 주어야 하는 동기식 방식에 사용된다.
 ④ 각 채널 간 시간 폭(time slot)이 중복되는 것을 막기 위해 보호시간(guard time)이 있다.
 ⑤ 어느 한 시간상에는 하나의 채널만이 전송되므로 채널 간 간섭이 없고, 각종 잡음에 강하다.

	FDM	TDM
다중화	주파수 대역폭이 넓으면 TDM에 비해서 다중화가 용이하다.	많은 채널이 할당되면 시간적 지연(Delay)이 생길 수 있어 기술적 제한을 받는다.
동기	필요치 않다.	필요하다.
누화(혼선)	누화(혼선)가 많이 발생한다.	누화(혼선)가 발생하지 않는다.
상호변조	있다.	없다.
통화 회선	대역폭에 따라 회선수를 얼마든지 증가시킬 수 있다.	증가시킬 수 있는 통화 회선 수에 제한을 받는다.
시스템 구조	시스템 구조가 비교적 간단하고, 저렴하다.	복잡하고 고가이다.
통신망 형태	multipoint 통신망에 적합하다.	point-to-point 통신망에 적합하다.

(3) STDM(Asynchronous TDM) - 비동기식 TDM

비동기식 TDM은 일반적인 동기식 TDM방식과 달리 모든 채널에게 정적으로 시간 폭(time slot)을 할당하는 방식이 아니라 실제로 데이터를 전송해야 할 단말에게만 시간 폭(time slot)을 할당하는 방식으로 일반적인 TDM은 하드웨어 방식이지만 비동기식 TDM은 Software적으로 시간 폭(time slot)의 배정이 가능해졌기 때문에 지능형 다중화 장치 또는 통계적 TDM 장치(STDM)라고도 부른다.



참고

비동기식 TDM의 특징

일반적인 동기식 TDM의 경우에는 모든 채널에게 정적으로 시간 폭(time slot)이 할당되기 때문에 실제 데이터 전송이 없는 단말에게도 시간 폭(time slot) 할당되어 실제 전송되는 데이터 없이 시간만 낭비되는 현상이 많다. 하지만 비동기식 TDM은 실제 시간 폭(time slot)을 전송할 데이터가 있는 단말에게만 동적으로 할당하므로 나머지 시간에 새로운 전송 채널 주기를 이룰 수 있고, 시간적 지연 없이 동일시간에 많은 양의 데이터 전송이 가능하다. 그러므로 동기식 TDM에 비해 전송효율이 더욱더 한층 향상된다.

개념확인문제

다음 중 다중화에 대한 설명으로 알맞은 것은?

- ① 다수의 신호에 대응하는 채널로 전송하는 방식이다.
- ② 하나의 신호를 다수의 채널로 전송하는 방식이다.
- ③ 하나의 신호를 하나의 채널로 전송하는 방식이다.
- ④ 다수의 신호를 동시에 하나의 채널로 전송하는 방식이다.

정답 : ④



개념확인 8

PCM/TDM

아날로그 정보를 디지털 신호로 바꾸어 전송하는 PCM방식은 TDM 다중화 방식이 이용되는데 전 세계적으로 북미식과 유럽식 2가지 방식이 사용된다.

북미 식은 24채널로 구성되며 보통은 T1, NAS방식으로도 불리고, 유럽식은 32채널로 구성되며 보통은 E1, CEPT방식으로도 불린다.

		PCM-24ch / TDM(북미방식) T1반송 system (DS1)		PCM-32ch / TDM(유럽방식) E1반송 system (DE1)	
표본화 주파수		8kHz(음성의 경우)		8kHz(음성의 경우)	
표본화 주기		125μs		125μs	
1Frame Channel 수	음성 채널 수	24 채널	24 채널	32 채널	30 채널
	신호용 채널		각 채널의 마지막 1bit		16번째 채널
	동기용 채널		frame의 마지막 1bit		1번째 채널
1Frame당 bit 수		$24\text{ch}(\text{채널 수}) \times 8\text{bit}(\text{1채널 당 bit 수}) + 1\text{bit}(\text{동기용 bit}) = 193\text{bit}$		$32\text{ch}(\text{채널 수}) \times 8\text{bit}(\text{1채널 당 bit 수}) = 256\text{bit}$	
Time Slot (1frame에서 1bit가 차지하는 시간)		$125\mu\text{s} \div 193\text{bit} = 0.648\mu\text{s}$		$125\mu\text{s} \div 256\text{bit} = 0.488\mu\text{s}$	
정보전송량[bps] (1ch의 전송속도)		한 채널의 비트 수(8bit) × 표본화 주파수(8kHz) = 64Kbps		8bit × 8kHz = 64Kbps	
Pulse 전송속도		1 frame의 총 비트 수(193bit) × 표본화		$256\text{bit} \times 8\text{kHz} = 2.048\text{Mbps}$	

즉 현재의 표본 값과 예측 치와의 차이를 비교하여 예측 값이 전의 표본값 보다 크면 (“+”)이면 1로 하고, 예측값이 작으면(“-”)이면 0으로 1bit로 하여 전송하는 방식이다.

따라서 DM은 표본 값의 차이만을 1bit로 하여 전송하므로 정보 전송량이 가장 적은 방식으로 회로 구성이 간단하고, 가격도 저가이다. 하지만, DPCM방식과 PCM방식에 비해 신호 대 잡음비(S/N)가 감소하여 에러발생률이 높다.

그러므로 PCM과 DPCM가 DM의 신호 대 잡음비(S/N)의 관계를 보면 PCM방식이 가장 S/N비가 우수하고, DM이 가장 적으므로 다음과 같이 나타낼 수 있다.

- S/N비 : $\text{PCM} > \text{DPCM} > \text{DM}$
- 전송 대역폭 : $\text{PCM} > \text{DPCM} > \text{DM}$

(3) ADM(Adaptive Delta Modulation : 적응형 델타 변조방식)

ADM 변조 방식은 기존의 DM(델타 변조)방식에 적응기를 이용한 방식으로 양자화의 스텝 크기를 입력신호에 따라 변화시키는 변조방식이다.

(4) ADPCM(Adaptive Differential Pulse Code Modulation : 적응형 차분 부호 변조)

ADM 방식은 양자화 스텝 크기를 적응적으로 변화시키는 적응 양자화 방법을 사용하는 방식이며, DPCM에서는 예측기를 사용한 예측 부호화 방법을 사용하므로 이들의 기본적인 개념을 조합하여, 적응 양자화와 예측 부호화 개념을 동시에 사용하는 방식이 적응 차분 펄스변조(ADPCM)이다.

개념확인문제

다음 중 통신 신호의 부호화 방식이 다른 것은?

- ① DPCM(Differential Pulse Code Modulation)
- ② APCM(Adaptive Pulse Code Modulation)
- ③ APC(Adaptive Predictive Coding)
- ④ ADM(Add Drop Multiplexer)

정답 : ③④



개념확인 10

기저대역 전송

1. 디지털 통신방식

(1) 기저대역 전송(Baseband Transmission)

- ① Digital 신호를 원 신호 그대로 전송하거나 또는 전송로 특성에 알맞은 전송 부호로 변환하여 전송하는 방식이다.
- ② 대표적인 장치로는 DSU(Digital Service Unit)가 있다.

(2) 반송 대역 전송(Bandpass Transmission)

- ① Digital 신호에 따라 반송파의 진폭, 주파수, 위상을 변화시켜 전송하는 방식으로 Digital 변조를 수행하는 것을 의미한다.
- ② 대표적인 장치로는 MODEM이 있다.

개념확인문제

Baseband의 설명으로 맞는 것은?

- ① 신호가 원래 가지고 있는 주파수 범위이다.
- ② 신호의 주파수 대역을 옮기는 것이다.
- ③ 주파수 영역에서 신호의 스펙트럼을 이동시키는 것이다.
- ④ 변조방식을 말한다.

정답 : ①



개념확인 11

전송부호

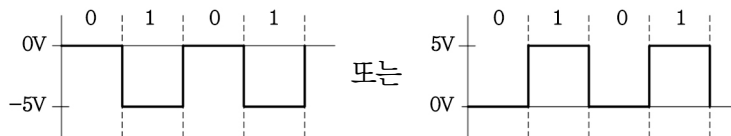
기저대역 전송방식에서 디지털 신호를 그대로 전송로를 통해 전송할 경우 각종 여러 가지 잡음에 의해 전송되는 신호의 파형이 본래의 파형에서 벗어난 왜곡 파형이 발생할 수 있는데, 이러한 왜곡 파형이 발생하는 것을 방지하기 위해 전송로 상에 적합한 특정 신호로 부호화하는 것을 전송부호라 한다.

**참고****전송 부호가 갖추어야 할 조건**

- ① 전송 부호는 DC(직류)성분이 포함되지 않아야 한다.
- ② 전송 부호에 동기 정보가 충분히 포함되어 있어야 한다.
- ③ 전송되는 주파수 대역폭이 작아야 한다.
- ④ 전송과정에서 발생할 수 있는 각종 에러 검출과 정정이 용이하여야 한다.
- ⑤ 전송 부호의 제작이 간단해야 하고, 부호 열이 짧아야 한다.
- ⑥ 전송부호 형태에 제한을 받지 않고, 투명성을 가져야 한다.

(1) 단류방식

한 가지 극성만으로 디지털 신호를 표현하는 방식으로 디지털 신호에서 0은 전압 0[V]로 표현하고, 1은 (+)전압 또는 (-)전압으로 표현하여 신호를 전송하는 방식이다. 한 가지의 극성만으로 표현하여 단극 펄스 방식이라고도 부른다.

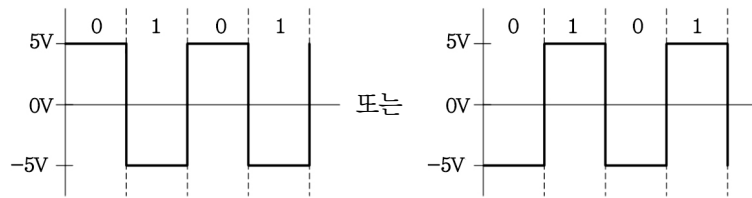


단류 방식은 디지털 신호에서 가장 단순히 표현하는 방식으로 펄스를 만들기 쉽게 시스템 구조가 간단하다는 장점은 가지나, 원거리 전송에 따른 각종 잡음의 영향에 민감하여 신호 Level의 변동에 약하고 신호의 감쇠에 대해 0과 1의 판정이 어렵다는 단점을 가진다. 그래서 단류 방식의 단점을 극복하기 위해서 나온 것이 0과 1을 각각 서로 다른 극성으로 대응시키는 복류 방식이다.

(2) 복류 방식

단류 방식의 단점을 보완한 방식으로 디지털 신호의 0과 1에 대해 두 가지 극성(+극성, -극성)으로 대응시켜 신호를 전송하는 방식이다.

이 방식은 0은 -전압으로 1은 +전압으로 표현하거나 또는 0은 +전압, 1은 -전압으로 표현하므로 복극 펄스 방식이라고도 부른다.



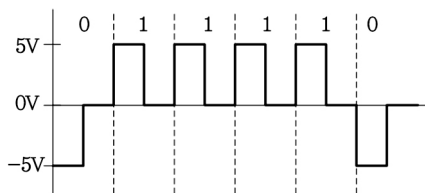
이 방식은 극성이 두 가지로 표현되므로 단류 방식에 비해 시스템 구조가 다소 복잡하나, 잡음에 대하여 면역성이 강하며 신호 감쇠에 대한 0과 1의 펄스 구분이 용이하고 신호 Level 변동에도 강하다는 장점을 가진다.

그래서 일반적으로 디지털 통신에서는 단류 방식보다는 복류 방식을 주로 이용한다.

(3) RZ(Return to Zero)방식

RZ방식은 위에서 보던 복류 방식의 동기화 문제를 해결한 방식으로 각 디지털 bit 펄스 사이에 일정기간동안 반드시 0전위를 유지시킨 뒤 다음 신호를 보내는 방식이다.

즉 하나의 bit를 표현할 경우 한 bit전체 펄스 주기의 50%는 +전압 또는 -전압으로 표현하고, 나머지 50%의 주기 동안은 0전위로 되돌아가는 방식이다.



위의 그림을 보면 각 bit펄스마다 일정기간 0으로 다시 되돌아간다는 것을 볼 수 있다. 그래서 다시 0으로 돌아간다 하여 Return to Zero(RZ)라 불리 우는 것이다.

반면에 단순히 위에서 보았던 복류방식은 0으로 되돌아오지 않으므로 Non Return to Zero(NRZ)라 불리 운다.

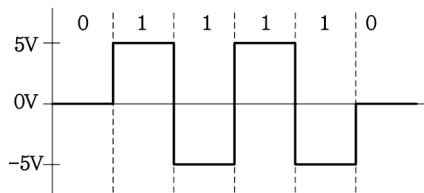
이렇게 RZ방식은 한 가지 극성만으로 bit를 구분하는 NRZ방식에 비해 직류성분이 제거 되고, 동기 유지가 용이하다는 장점을 가지지만 반면에 전송 대역폭이 더 많이 필요하다는 단점을 가진다.

(4) 바이폴라(Bipolar)방식

바이폴라 방식은 RZ방식을 변형시킨 형태로 RZ방식이 대역폭이 많이 필요하다는 단점

을 보완하기 위해서 나온 방식으로 0(space)일 때에는 상태변화 없이 0V로 표현하지만, 1(Mark)일 때는 +전압과 -전압이 교대로 나타나는 방식이다.

즉 0일 때는 0V로 상태변화 없이 유지하지만, 1일 때는 한번은 +전압으로, 한번은 -전압으로 교대로 전압을 반전시켜 표현하는 형태이다.

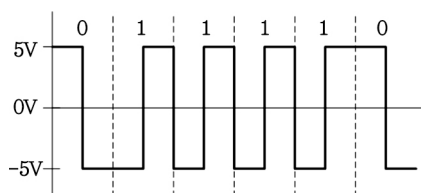


이 방식은 위 그림에서 보드시피 1(Mark)일 때만 전압이 교대로 반전하므로 다른 말로는 AMI(Alternative Mark Inversion)라고도 불리 우며, 1부호에 대해 한 bit 에러 검출이 가능하고 동기 유지가 용이하며, RZ방식에 비해 필요 대역폭이 작다는 장점을 가지지만, 0부호에 대해서는 직류 억압기능이 없어서 0이 연속될 경우에는 동기유지가 어렵다는 단점을 가진다.

이 바이폴라 방식은 디지털 교환망이나 고속 디지털 전송방식, ISDN등에 실제로 사용되어지고 있는데, 위와 동일한 방식이 그대로 사용되는 것은 아니고, 0부호 직류 억압 기능을 추가한 HDB3이나 B8ZS등 기존 바이폴라를 조금 변형시킨 방식이 이용되어 지고 있다.

(5) 맨체스터(Manchester)

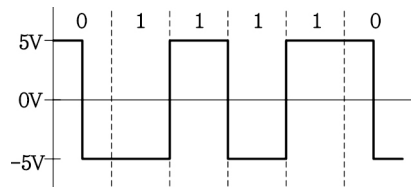
맨체스터 방식은 바이폴라 방식이 0부호 직류 억압기능이 없어서 이를 보완하기 위해서 나온 방식으로 0은 +전압에서 -전압으로, 1은 -전압에서 +전압으로 극성을 변화시켜서 전송하는 방식이다.



이 방식역시 RZ방식과 마찬가지로 각 bit펄스에 대해 직류성분을 제거시켰고, 동기유지도 용이하나 전송대역폭이 많이 필요하다는 단점을 가지고 있다.

(6) CMI(Coded Mark Inversion)방식

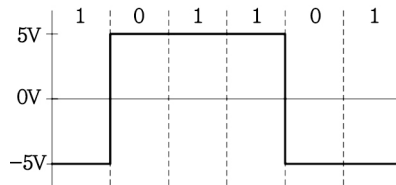
CMI방식은 각 bit 펄스에 대해 직류성분도 제거 시키고, 동기유지도 용이하면서 전송대역폭도 줄이기 위해 바이폴라 방식과 맨체스터 방식을 합쳐 놓은 형태로, 0부호는 맨체스터 방식으로 1은 바이폴라 방식으로 적용시켜 전송하는 방식이다.



이 방식 또한 광섬유 매체를 이용한 고속 디지털 전송에 이용되는 방식이다.

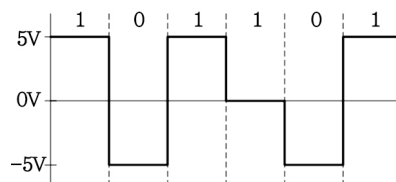
(7) 차동부호(Differential)방식

차동부호 방식은 +전압, -전압 등 극성에 상관없이 상태 변화만을 가지고 판단하는 방식으로 극성의 변화가 있을 때는 0으로 변화가 없을 경우에는 1로 규정하여 전송하는 방식이다.



(8) 다이코드(Dicode)부호 방식

다이코드 방식은 bit 펄스의 변화만을 가지고 특정 극성으로 표현하는 방식으로 0에서 1로 부호가 변할 때는 +전압으로, 반대로 1에서 0으로 부호가 변할 때는 -전압으로 나타내고, 0에서 0부호로 또는 1에서 1부호로 변화가 없을 때는 0으로 하는 방식이다.



개념확인문제

다음 중 전송부호 형식의 조건으로 틀린 것은?

- ① 대역폭이 작아야 한다.
- ② 부호가 복잡하고 일관성이 있어야 한다.
- ③ 충분한 타이밍 정보가 포함되어야 한다.
- ④ 에러의 검출과 정정이 쉬워야 한다.

정답 : ②



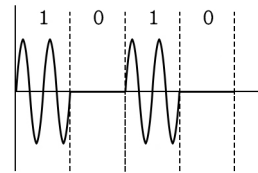
개념확인 12

디지털 변조

1. 디지털 연속 변조

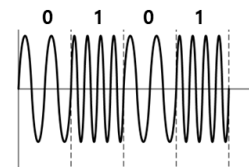
(1) ASK방식

- ① 300bps이하의 저속도 전송에 사용된다.
- ② 각종 잡음이나 신호레벨 변동에 약하다.
- ③ 전송 비트수가 많아지면 수신측에서 진폭 구분이 어려워 1비트만 전송 가능하다.(2진 ASK)
- ④ OOK(On Off Keying)라고도 부른다.



(2) FSK방식

- ① 1200bps이하의 저속도 전송에 사용된다.
- ② 각종 잡음 및 신호레벨 변동에 강하다.
- ③ 수신측에서 대역폭만을 구분하여 전송 비트를 구별한다.
- ④ 전송 비트수가 많아지면 전송 대역폭이 늘어나고 수신측에서 대역폭 구분이 어려워진다.



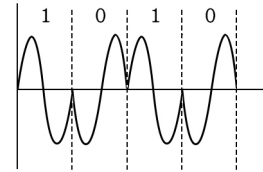
(3) PSK방식

- ① 2400~4800bps의 중속도 전송
- ② 전송 비트를 위상으로 구분하므로 전송 비트수가 많아지면 위상차 구별이 어려워진다.
- ③ 16진 PSK이상은 사용하지 않는다.

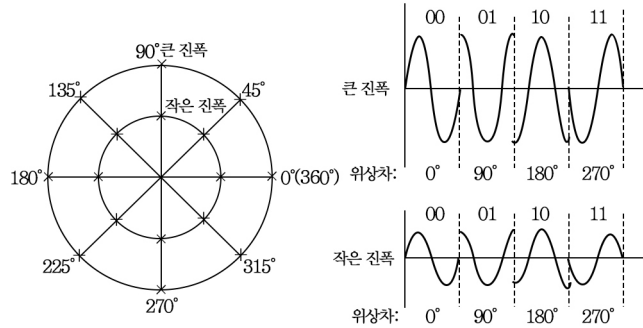
④ 위상차

계산식

$$\frac{2\pi}{M} \quad (M\text{진} = 2^n, n: \text{한번에 보낼 수 있는 bit 수})$$



(4) QAM방식



- ① ASK의 진폭 변화 방식과 PSK의 위상 변화 방식을 결합한 방식으로 APK라고 한다.
- ② 9600bps이상의 고속도 전송이 가능하다.
- ③ 많은 량의 데이터 비트열을 전송할 수 있다.

2. 디지털 연속 변조의 에러 확률

ASK	FSK	DPSK	PSK	QAM
2진 ASK	2진 FSK	2진 DPSK	2진 PSK(BPSK)	
		4진 DPSK	4진 PSK(QPSK)	4진 QAM
		8진 DPSK	8진 PSK	8진 QAM
				16진 QAM
				M진 QAM

↑
에러 확률 감소

전송 속도 증가

↓

→ 에러 확률 감소, 전송 속도 증가

① 변조 방식에 따른 에러 확률 : ASK > FSK > DPSK > PSK > QAM

② 전송 비트수에 따른 에러 확률 : M진 > 16진 > 8진 > 4진 > 2진

- 같은 변조 방식에서는 한 번에 보낼 수 있는 비트수가 작을수록 에러 확률이 적다.

3. 점유 대역폭

점유 대역폭이란 전송로의 용량과 유사한 개념으로 전송매체를 통해 얼마나 많은 량의 데이터를 전송할 수 있는가를 의미하는데 디지털 통신 방식과 점유 대역폭과의 관계는 한 번에 보낼 수 있는 bit의 수가 같을 경우 변조 방식(ASK, FSK, PSK, QAM,)에 관계없고, 단지 bit수에 의해서만 결정된다.

즉 ASK방식을 사용하나 BPSK방식을 사용하나 전송 대역폭은 동일하지만, 한 번에 보낼 수 있는 bit수가 다를 경우 BPSK방식이 QPSK방식보다 비해 대역폭이 $\frac{1}{2}$ 로 감소한다.

결국 2진 변조 방식보다는 4진 변조방식이, 4진 변조 방식보다는 8진 변조 방식이, 8진 변조 방식 보다는 M진 변조 방식이 전송 대역폭이 증가한다는 것이다.

개념확인문제

디지털 통신방식에서 비동기식 검파방식인 포락선 검파가 가능한 변조방식은?

- ① QPSK(Quadrature Phase Shift Keying)
- ② ASK(Amplitude Shift Keying)
- ③ PSK(Phase Shift Keying)
- ④ QAM(Quadrature Amplitude Modulation)

정답 : ②



개념확인 13

종합 잡음 지수

1. 무선 통신의 잡음(Noise)

통신계의 송신측 입력 단에서 수신측 출력 단 사이에 발생 또는 혼입되어 수신측 출력단에 나타나는 본래 신호 이외의 모든 신호를 의미한다.

(1) 신호 대 잡음비(S/N Ratio)

$$S/N[\text{dB}] = 10\log\frac{S}{N}[\text{dB}]$$

S/N의 값은 분자가 신호, 분모가 잡음이므로 클수록 잡음이 적은 상태를 뜻하며 60 [dB] 이상이면 무 잡음 상태, 0 [dB] 이하이면 통화 불능상태를 의미한다.

(2) 잡음 지수(Noise Figure)

잡음 지수는 입력신호의 S/N비에 대한 출력 신호의 S/N비를 의미한다.

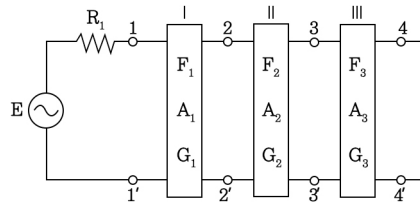
$$F = \frac{S_i/N_i}{S_o/N_o} = \frac{S_i}{N_i} \times \frac{N_o}{S_o} = \frac{S_i}{S_o} \times \frac{N_o}{N_i}, F[\text{dB}] = 10\log F$$

(3) 종합 잡음 지수

그림과 같이 각 단의 잡음 지수가 $F_1, F_2, F_3, \dots$ 이고, 이득이 $G_1, G_2, G_3, \dots$ 인 증폭기가 종속 접속되었을 때의 종합 잡음 지수는 프리스(Friss)공식에 의하여

$$\text{종합 잡음 지수}(F) = F_1 + \frac{F_2 - 1}{G_1} + \frac{F_3 - 1}{G_1 G_2} + \dots (F : \text{잡음지수}, A : \text{증폭기}, G : \text{이득})$$

가 된다.



참고

잡음지수 NF(noise figure) : F

$$F = \frac{S_i/N_i}{S_o/N_o} = \frac{S_i}{S_o} \cdot \frac{N_o}{N_i}$$

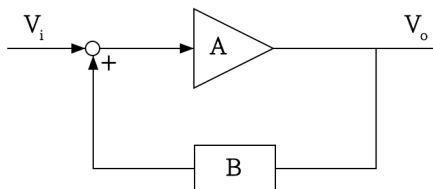
여기서, 유능 잡음전력 $N_i = kTB_0$ 이므로 $F = \frac{S_i N_o}{S_o N_i} = \frac{S_i}{S_o} \times \frac{N_o}{kTB}$ 가 된다.

① 무잡음 이상 증폭기의 잡음지수는 1이다. ($F=1$)

② 실제 증폭기에서는 내부 잡음이 있기 때문에 $F>1$ 이다.

③ 다단 증폭기의 종합잡음지수 F 는 종합 잡음 지수 $(F) = F_1 + \frac{F_2 - 1}{G_1} + \frac{F_3 - 1}{G_1 G_2} + \dots$ 가 된다.

즉, 종합 잡음지수는 초단증폭기의 잡음지수 F_1 이 가장 큰 영향을 미친다.



(3) 발진기 종류

1) 정현파 발진기

- ① LC발진기 : 동조형 반결합, Hartley, colpitts, clapp 등
- ② CR발진기 : 이상형발진기(병렬 R형, 병렬 C형), Wien-Bridge발진기 등
- ③ 수정발진기 : Pierce(BE형, BC형) 등

2) 비 정현파 발진기

- ① Multivibrator
- ② Schmitt trigger
- ③ Blocking Oscillator
- ④ 톱니파 발진기

개념확인문제

다음 중 발진기에서 이용되는 궤환회로로 맞는 것은?

- ① 정궤환회로
- ② 부궤환회로
- ③ 정궤환과 부궤환 모두 사용한다.
- ④ 궤환회로를 사용하지 않는다.

정답 : ①



개념확인 15

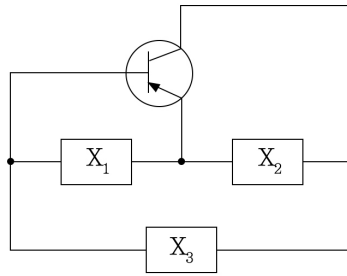
발진기

1. LC 발진기

발진 주파수를 결정하는 요소로서 LC공진을 이용한 것으로 정현파에 가까운 깨끗한 파형을 얻을 수 있으며, 수십㎐ ~ 수㎐까지 비교적 높은 주파수 발진에 많이 사용되는 발진기이다.

(1) 3소자 발진기의 발진조건

- ① $X_1 = X_2$ (같은소자), X_3 (다른소자)
 - ② $X_1, X_2 > 0$ (유도성), $X_3 < 0$ (용량성) $\Rightarrow$ Hartley 발진기
 - ③ $X_1, X_2 < 0$ (용량성), $X_3 > 0$ (유도성) $\Rightarrow$ Colpitts 발진기
- $X_1 : B-E$ (베이스 - 이미터), $X_2 : C-E$ (컬렉터 - 이미터)
- $X_3 : C-B$ (컬렉터 - 베이스)



각 LC 발진기 회로의 발진 주파수는 다음과 같다.

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad \text{단, 콜피츠(Colpitts) 발진기 : } C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$$

$$\text{하틀리(Hartley) 발진기 : } L = (L_1 + L_2 + 2M)$$

(2) LC 발진기의 이상현상

1) 인입현상

LC 발진기와 동일 전원을 다른 발진부가 사용하고 있을 경우 LC 발진기의 발진주파수가 끌려가는 현상

2) 블록킹(blocking) 발진

3) 기생진동

회로내의 L과 C등에 의해 정규 발진부 이외 부분에서 발진 조건이 충족되어 원하지 않는 발진이 일어나는 현상



참고

LC 발진기 주파수 변동원인과 안정화 대책

- ① 전원의 안정도를 높인다.(전원전압 변동 $\Rightarrow$ 정전압 회로)
- ② 주위 온도 변화에 따른 주파수 변동을 막기 위해 항온조를 사용한다.(온도변화 $\Rightarrow$ 항온조)
- ③ 발진기와 출력 단 사이에 완충증폭기를 넣는다.(부하변동, 진동, 충격 $\Rightarrow$ 완충 증폭기)
- ④ 발진기의 동조회로에 Q가 높은 부품을 선택한다.
- ⑤ 발진기와 코일과 콘덴서의 온도계수를 상쇄하도록 부품을 선택한다.(부품 불량 $\Rightarrow$ 교체)
- ⑥ 동조점 불안정 $\Rightarrow$ 동조 점을 약간 벗어나게 선택

2. 이상 발진기

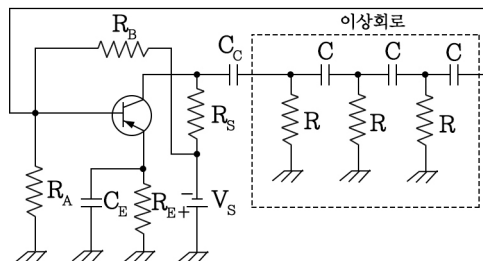
발진 주파수를 결정하는 요소로서 저항과 커패시턴스를 사용한 정현파 발진기를 말하며, 주로 수MHz 이하에서 많이 사용하고 있다. 광범위한 주파수 가변이 가능하고, 낮은 주파수 발진에 유리하나 주파수의 안정도나 온도에 의한 드리프트 등의 특성이 별로 좋지 않고 정현파를 발생하기 위해서는 이득을 항상 적당히 조절해주는 회로(AGC)가 필요하다는 단점을 가진다.

(1) 병렬 R형(병렬 저항형)

1) 발진주파수 :
$$f = \frac{1}{2\pi RC\sqrt{6}} [\text{Hz}]$$

2) 발진을 위한 최소 전류증폭률

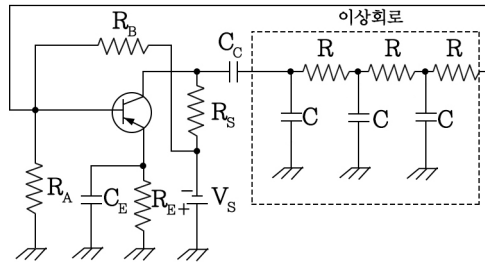
$\beta \geq 29$, 즉 증폭도가 29 이상 되어야 발진한다.



[병렬 R형의 블록도]

(2) 병렬 C형(병렬 콘덴서형)

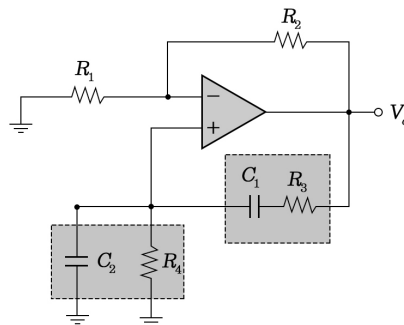
1) 발진주파수 : $f = \frac{\sqrt{6}}{2\pi RC} [\text{Hz}]$



[병렬 C형의 블록도]

(3) 빈 브리지형 발진기(Wien Bridge Oscillator)

정현파 발진회로 중 대표적인 것으로 터먼형 발진회로(Terman Oscillation Circuit)라고도 하며, 주로 비교적 낮은 주파수대역(수㎐~수십㎐)에 이용되며, 증폭도가 높으면 왜곡이 많아지고 낮으면 발진 할 수 없는 등의 제한이 있다.



[Wien Bridge 발진회로]

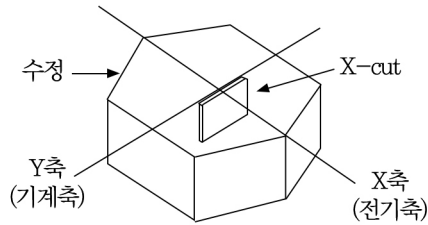
$$f_0 = \frac{1}{2\pi \sqrt{C_1 C_2 R_3 R_4}} [\text{Hz}]$$

3. 수정 발진기

수정 발진기는 주파수 안정도가 매우 높아 가장 널리 이용되고 있으나 가변하기가 곤란하고 발진 주파수의 범위가 250㎐미만으로 한정되기 때문에 초고주파의 발진은 되지 않기

때문에 체배기를 이용하여 주파수를 높이며, 온도의 변화에 의한 주파수의 변동을 막기 위해 항온조를 사용하여 온도를 일정하게 유지해야 한다.

(1) 수정발진자의 구조



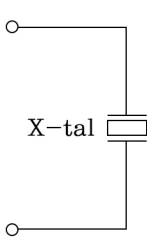
(a) 수정의 결정



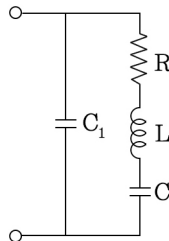
(b) 수정 발진자

[수정발진기]

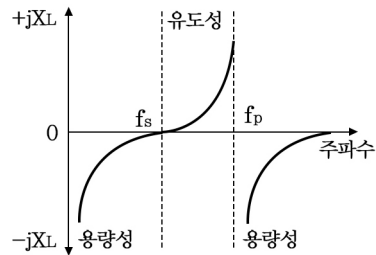
(2) 수정 발진자의 등가회로



(a) 수정 발진자 기호



(b) 등가회로



(c) 주파수 특성

[수정 발진자의 등가 회로 및 주파수 특성]

1) 압전효과

압전기 효과란 압력을 가하면 압력을 가한 물체 양단에 전압차가 생기는 현상으로 수정의 결정을 X축(전기축)방향으로 절단하여 전기적 충격을 가하면 Y축(기계축)방향에 기계적 변형이 생기고, 반면에 Y축(기계축)방향으로 절단하여 물리적인 충격을 가하면 X축(전기축)방향에 전기가 발생하는 것을 의미한다.

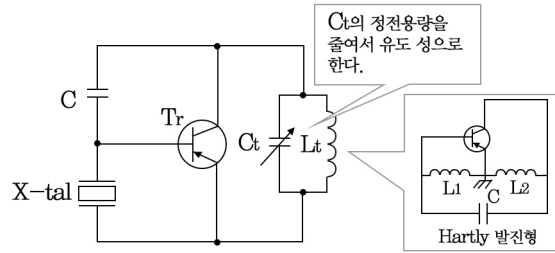
2) 직렬공진주파수 : $f_s = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_0 C_0}} [\text{Hz}]$

3) 병렬공진주파수: $f_p = \frac{1}{2\pi \sqrt{L_0 \cdot \left(\frac{C_0 C_1}{C_0 + C_1} \right)}} [\text{Hz}]$

(3) 수정발진회로의 종류

1) 피어스 BE회로(Pierce BE Circuit)

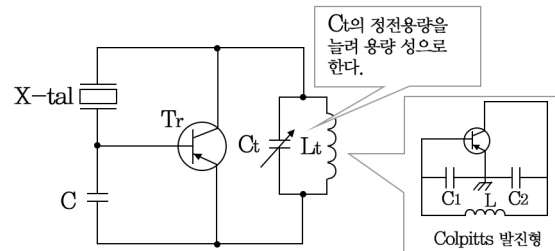
수정 진동자를 베이스와 이미터 사이에 접속한 것으로 컬렉터에 있는 동조회로의 정전 용량(C_t)을 최소로 하여 동조회로 전체가 유도성이 되도록 조정하면 3소자 발진기의 하틀리 발진 회로와 같이 동작하게 된다.



[피어스 BE형 발진회로]

1) 피어스 BC회로(Pierce BC Circuit)

수정 진동자를 베이스와 컬렉터 사이에 접속한 것으로 동조회로의 정전용량(C_t)을 최대로 하여 동조회로 전체가 용량성이 되도록 조정하면 3소자 발진기의 콜피츠 발진 회로와 같은 동작을 하게 된다.



[피어스 BC형 발진회로]

(4) 수정발진기의 특징

- ① 주파수 안정도가 매우 높다.

- ② 수정진동자의 Q(Quality factor)가 높다.
- ③ 발진조건 : f_s (직렬공진주파수) $< f < f_p$ (병렬공진주파수) (유도성)구간에서 발진하며, 이 구간이 좁을수록 안정도가 높다.
- ④ 압전기효과(피에조 효과라고도 한다)를 이용하여 발진한다.
- ⑤ 초단파 이상의 발진은 곤란하다.

4. Spurious 발사

(1) 고조파

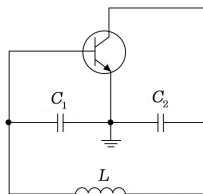
$$\text{고조파 왜율(K)} = \frac{\sqrt{\text{제2고조파}^2 + \text{제3고조파}^2 + \dots}}{\text{기본파}} \times 100\%$$

(2) Spurious 방사 대책

- ① 전력증폭기의 여진 전압을 가급적 적게 한다.
- ② 전력 증폭부를 B급 Push-Pull 증폭기를 사용
- ③ 공중선 회로의 결합에 π 형 결합회로를 사용한다.
- ④ 종단증폭부 공진회로의 Q(선택도)를 높게 한다.
- ⑤ 급전선에 저역 여파기나 트랩(Trap)을 설치한다.

개념확인문제

다음 그림과 같은 발진회로에서 발진주파수는?



$$\textcircled{1} f = \frac{1}{2\pi\sqrt{(C_1 + C_2)}}$$

$$\textcircled{2} f = \frac{1}{2\pi\sqrt{L\left(\frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}\right)}}$$

$$\textcircled{3} f = \frac{1}{2\pi\sqrt{L(C_1 + C_2)}}$$

$$\textcircled{4} f = \frac{1}{2\pi\sqrt{(C_1 + C_2)/L}}$$

정답 : ②



개념확인 16

디지털 논리회로

1. 불 대수(Boolean algebra)

컴퓨터에 사용되는 전자 회로는 입력된 정보를 논리적으로 처리하는 회로로 구성되어 있는데 이러한 기본 논리 소자를 논리 게이트(logic gate)라고 한다. 이러한 논리 게이트의 동작을 수학적 표시법으로 표현한 것이 불 대수(Boolean algebra)이다.

(1) 논리식과 불 대수값의 표현

논리 0	논리 1
False(거짓)	True(참)
Off	On
Low	High
No	Yes
스위치 열림	스위치 닫힘

(2) 불 대수의 덧셈

불 대수의 덧셈
$0 + 0 = 0, 0 + 1 = 1$ $1 + 0 = 1, 1 + 1 = 1$

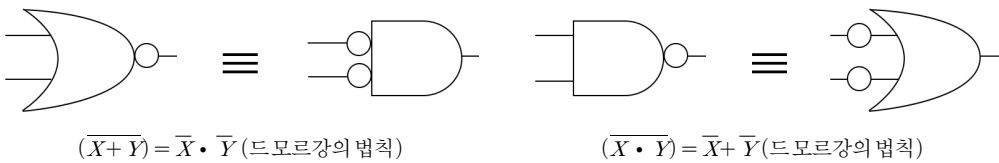
(3) 불 대수의 곱셈

불 대수의 곱셈
$0 \cdot 0 = 0, 0 \cdot 1 = 0$ $1 \cdot 0 = 0, 1 \cdot 1 = 1$

(4) 불 대수의 기본 정리

논리 회로를 수학적으로 표현한 것이 불 대수이며, 논리 회로를 수식으로 나타내고 간소화하기 위해서 필요한 것이 불 대수의 기본 정리이다.

법칙	공식
교환법칙	$X + Y = Y + X$ $X \cdot Y = Y \cdot X$
결합법칙	$X + (Y + Z) = (X + Y) + Z$ $X \cdot (Y \cdot Z) = (X \cdot Y) \cdot Z$
분배법칙	$X \cdot (Y + Z) = X \cdot Y + X \cdot Z$ $X + Y \cdot Z = (X + Y)(X + Z)$
항등법칙	$X + 0 = X$ $X \cdot 1 = X$
동일법칙	$X + X = X$ $X \cdot X = X$
보원법칙	$X + \bar{X} = 1$ $X \cdot \bar{X} = 0$
흡수법칙	$X + X \cdot Y = X$ $X \cdot (X + Y) = X$
De Morgan 정리	$\overline{(X + Y)} = \bar{X} \cdot \bar{Y}$ $\overline{(X \cdot Y)} = \bar{X} + \bar{Y}$



(5) 불 대수의 응용

다음 불 대수를 간략화하여 보자.

$$\begin{aligned}
 X(\bar{X} + Y) &= X\bar{X} + XY \\
 &= 0 + XY \\
 &= XY
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \bar{X}Y\bar{Z} + \bar{X}YZ + X\bar{Y}Z + XYZ &= \bar{X}Y(\bar{Z} + Z) + XZ(\bar{Y} + Y) \\
 &= \bar{X}Y + XZ
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 XY + \overline{X}Z + YZ &= XY + \overline{X}Z + YZ(X + \overline{X}) \\
 &= XY + \overline{X}Z + XYZ + \overline{X}YZ \\
 &= XY(1 + Z) + \overline{X}Z(1 + Y) \\
 &= XY + \overline{X}Z
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A + A \cdot B &= A \cdot 1 + A \cdot B \\
 &= A(1 + B) \\
 &= A
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A \cdot (A + B) &= AA + AB \\
 &= A + AB \\
 &= A \cdot 1 + A \cdot B \\
 &= A(1 + B) \\
 &= A
 \end{aligned}$$

개념확인문제

다음 중 부울대수의 정리가 성립되지 않는 것은?

- | | |
|------------------------|--------------------------------------|
| ① $A + B = B + A$ | ② $A \cdot B = A(A + B)$ |
| ③ $A(B + C) = AB + AC$ | ④ $A + (B \cdot C) = (A + B)(A + C)$ |

정답: ②

2. 카르노 맵(Karnaugh map)에 의한 논리식의 간략화

주어진 논리식을 간략화하기 위해서는 카르노 맵을 이용하는 것이 효율적이다. 간략화 하는 방법과 절차는 다음과 같다.

- ① 변수를 센다. (2변수, 3변수, 4변수 ...)
- ② 카르노 맵(map)을 그린다.
- ③ 특성 방정식이나 진리표를 보고 해당되는 곳에 1을 표시한다.
- ④ 인접한 1의 수를 2^n (1, 2, 4, 8, 16, ...)개로 완전 중복되지 않는 범위에서 중복을 허용하며, 가장 큰 단위로 가장 작은 횟수로 묶는다.

⑤ 묶여진 곳을 논리식의 합으로 표현한다.

(1) 2변수의 간략화

예제

$AB + \bar{A}B$ 를 간략화하면

$$AB + \bar{A}B = B(A + \bar{A})$$

$$= B \cdot 1$$

$$= B$$

B \ A	0	1
0		
1	1	1

B

(2) 3변수의 간략화

예제

$\bar{A}\bar{B}\bar{C} + AB\bar{C} + \bar{A}BC + ABC + A\bar{B}C$ 를 간략화하면

$$\bar{A}\bar{B}\bar{C} + AB\bar{C} + \bar{A}BC + ABC + A\bar{B}C = B\bar{C}(\bar{A} + A) + BC(\bar{A} + A) + AC(B + \bar{B})$$

$$= B\bar{C} + BC + AC$$

$$= B(\bar{C} + C) + AC$$

$$= B + AC$$

C \ AB	00	01	11	10
0		1	1	
1		1	1	

B AC

A \ BC	00	01	11	10
0			1	1
1			1	1

B

A \ BC	00	01	11	10
0			1	1
1		1	1	

AC AB

A \ BC	00	01	11	10
0				
1	1	1		1

← $A\bar{C}$

A \ BC	00	01	11	10
0	1			1
1	1			1

← $\bar{C}$

(3) 4변수의 간략화

예제

$$\begin{aligned}
& \overline{A}\overline{B}\overline{C}\overline{D} + A\overline{B}\overline{C}\overline{D} + \overline{A}B\overline{C}\overline{D} + AB\overline{C}\overline{D} + \overline{A}BC\overline{D} + ABC\overline{D} \\
& + \overline{A}\overline{B}C\overline{D} + \overline{A}BCD + ABCD + A\overline{B}C\overline{D} \text{ 를 간략화하면} \\
& = B(\overline{A}\overline{C}\overline{D} + A\overline{C}\overline{D} + \overline{A}C\overline{D} + AC\overline{D} + \overline{A}CD + ACD + \overline{A}C\overline{D} + AC\overline{D}) + \overline{C}\overline{D} \\
& \quad (\overline{A}\overline{B} + \overline{A}B + AB + A\overline{B}) \\
& = B\overline{A}\overline{C}(D + \overline{D}) + A\overline{C}(D + \overline{D}) + \overline{A}C(D + \overline{D}) \\
& \quad + AC(D + \overline{D}) + \overline{C}\overline{D}(\overline{A}(B + \overline{B}) + A(B + \overline{B})) \\
& = B(\overline{A}\overline{C} + A\overline{C} + \overline{A}C + AC) + \overline{C}\overline{D}(\overline{A} + A) \\
& = B(\overline{C}(\overline{A} + A) + C(\overline{A} + A)) + \overline{C}\overline{D} \\
& = B(\overline{C} + C) + \overline{C}\overline{D} \\
& = B + \overline{C}\overline{D}
\end{aligned}$$

AB \ CD	00	01	11	10
0		1	1	
01		1	1	
11		1	1	
10		1	1	

B

 $\overline{C}\overline{D}$

AB \ CD	00	01	11	10
0	1			1
01		1	1	
11		1	1	
10	1			1

 $\overline{B}\overline{D}$

BD

개념확인문제

아래와 같은 4변수 카르노도를 간략화 했을 때 논리식은?

AB \ CD	00	01	11	10
00	1			1
01		1	1	
11		1	1	
10	1			1

① $A\overline{C} + \overline{A}C$

② $A\overline{D} + \overline{B}C$

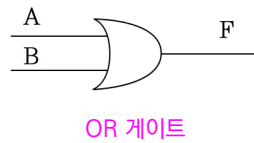
③ $A\overline{B} + AC$

④ $BD + \overline{B}\overline{D}$

정답 : ④

3. 논리게이트의 종류

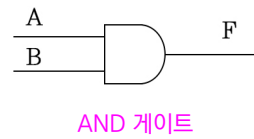
(1) OR(논리합) : $F = A + B$



[OR 게이트의 진리치표]

입력		출력
A	B	F
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

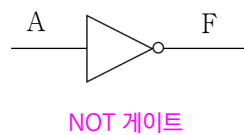
(2) AND(논리곱) : $F = A \cdot B$



[AND 게이트의 진리치표]

입력		출력
A	B	F
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

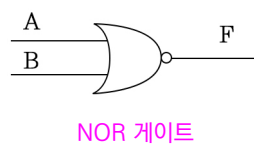
(3) NOT : $F = \overline{A}$



[NOT 게이트의 진리치표]

입력	출력
A	F
0	1
1	0

(4) NOR : $F = \overline{A + B}$



[NOR 게이트의 진리치표]

입력		출력
A	B	F
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

개념확인문제

다음 진리표에 해당되는 논리 게이트는?

입력		출력
A	B	Y
0	0	1
0	1	0
1	0	0

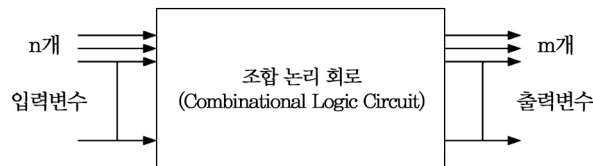
- ① AND
③ NAND

- ② OR
④ NOR

정답 : ④

4. 조합논리회로 설계

과거의 입력 조합에 관계없이 현재의 입력 상태에 의해서만 출력이 결정되며, 논리게이트(AND, OR, NOT, XOR, XNOR 게이트 등)로 구성된다. 컴퓨터 내부에서 사용되는 조합 논리 회로는 가산기, 감산기, 인코더, 디코더, 멀티플렉서, 디멀티플렉서 등 많은 조합 논리 회로가 사용되고 있다.



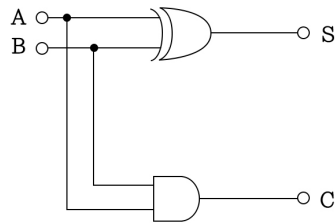
[조합 논리 회로의 블록도]

(1) 가산기(Adder)와 감산기(Subtractor)

1) 반 가산기(HA : Half Adder)

반 가산기는 하위자리의 자리 올림수를 고려하지 않는 가산기로서, 2개의 2진수 입력과 2개의 2진수 출력을 가지는 논리 회로이다. 두 입력은 피가수(A)와 가수(B)이고, 두 출력은 합(S:sum)과 자리올림수(C:carry)이다.

$$S = A \oplus B = A\bar{B} + \bar{A}B, \quad C = A \cdot B$$



[반가산기 회로도]

[진리치표]

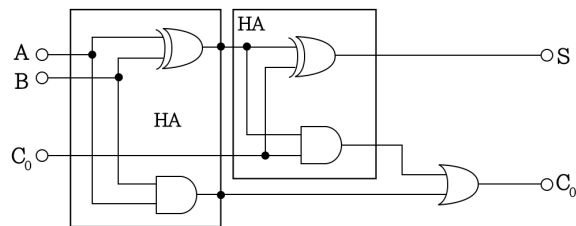
입력		출력	
A	B	S	C
0	0	0	0
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	0	1

2) 전 가산기(FA : Full Adder)

전 가산기는 하위자리의 자리 올림수를 고려한 가산기로서, 3개의 2진수 입력과 2개의 2진수 출력을 가지는 논리 회로이다. 세 입력은 피가수(A)와 가수(B), 전단의 두 비트의 합에 의한 입력 자리 올림수(C_i)이고, 두 출력은 합(S)과 자리올림수(C_o)이다.

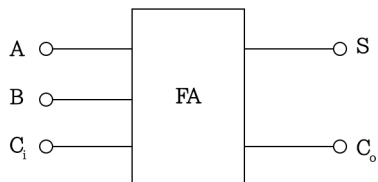
$$\begin{aligned}
 S &= \overline{A}\overline{B}C_i + \overline{A}B\overline{C_i} + A\overline{B}\overline{C_i} + ABC_i \\
 &= \overline{A}(\overline{B}C_i + B\overline{C_i}) + A(\overline{B}\overline{C_i} + BC_i) \\
 &= \overline{A}(B \oplus C_i) + A(\overline{B \oplus C_i}) \\
 &= (A \oplus B) \oplus C_i
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_o &= \overline{A}BC_i + A\overline{B}C_i + AB\overline{C_i} + ABC_i \\
 &= \overline{A}BC_i + A\overline{B}C_i + AB \\
 &= (\overline{A}B + A\overline{B})C_i + AB \\
 &= (A \oplus B)C_i + AB
 \end{aligned}$$



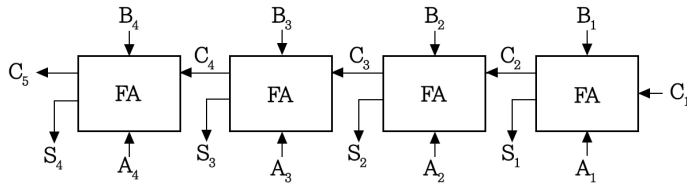
[전가산기의 회로도]

[전가산기의 진리치표]



[전가산기의 블록도]

입력			출력	
A	B	C_i	C_o	S
0	0	0	0	0
0	0	1	0	1
0	1	0	0	1
0	1	1	1	0
1	0	0	0	1
1	0	1	1	0
1	1	0	1	0
1	1	1	1	1

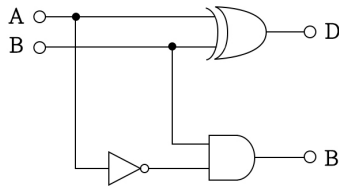


[4비트 병렬 가산기]

3) 반감산기(HS : Half Subtractor)

반감산기는 두 bit의 뺄셈을 수행하여 그 차(Difference)와 빌림수가 있는지를 나타내는 자리내림(Borrow)을 가진 논리회로이다.

- B(Borrow)와 차 D(Difference)를 나타내는 논리회로
- $D(\text{차}) = A \oplus B = A\bar{B} + \bar{A}B$, $B(\text{자리내림수}) = \bar{A}B$



[반감산기의 회로도]

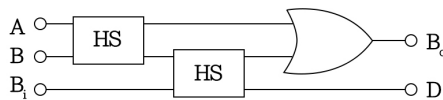
[반감산기의 진리치표]

A	B	B(자리내림수)	D(차)
0	0	0	0
0	1	1	1
1	0	0	1
1	1	0	0

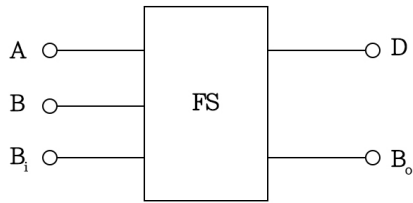
4) 전감산기(FS : Full Subtractor)

전감산기는 두 bit와 아랫자리에서의 자리내림수(B_i)를 모두 고려한 뺄셈을 수행하는 논리회로이다.

- B(Borrow)를 감산하여 자리내림수 B와 차 D(Difference)를 나타내는 논리회로
- $D = \bar{A}\bar{B}_iC + \bar{A}B_i\bar{C} + A\bar{B}_iC + AB_i\bar{C}$
- $B_o = \bar{A}\bar{B}_iC + \bar{A}B_i\bar{C} + A\bar{B}_iC + AB_iC$
 $= \bar{A}B_i + \bar{A}C + B_iC$



[전감산기의 회로도]



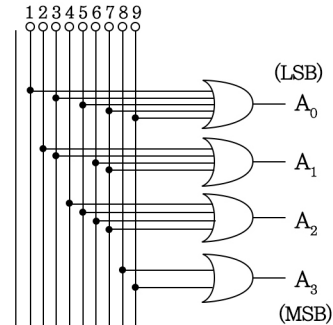
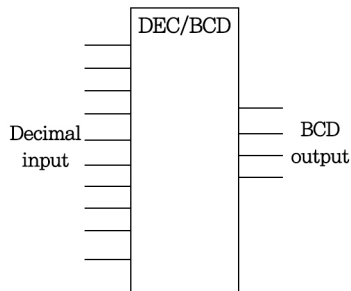
[전감산기의 블록도]

[전감산기의 진리치표]

A	B	B _i	B _o	D
0	0	0	0	0
0	0	1	1	1
0	1	0	1	1
0	1	1	1	0
1	0	0	0	1
1	0	1	0	0
1	1	0	0	0
1	1	1	1	1

(2) 인코더(Encoder : 부호기)

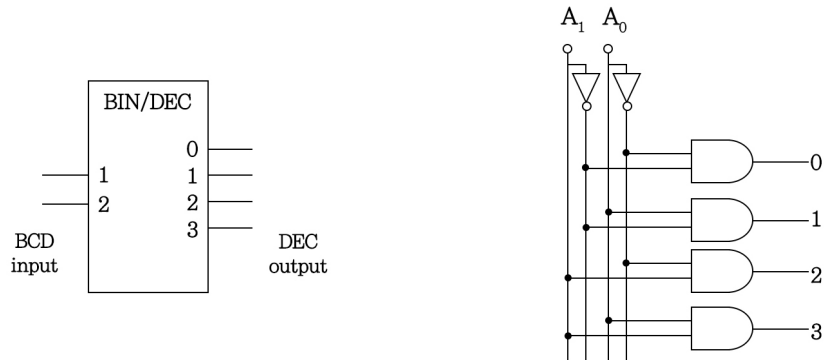
- ① 10진수 입력(2^n 개)을 받아 부호화된 2진수로 출력(n 개)하는 회로로 일명 부호기라고 한다.
- ② 인코더는 OR gate들로 구성된다.



[인코더(Encoder)]

(3) 디코더(Decoder : 복호기)

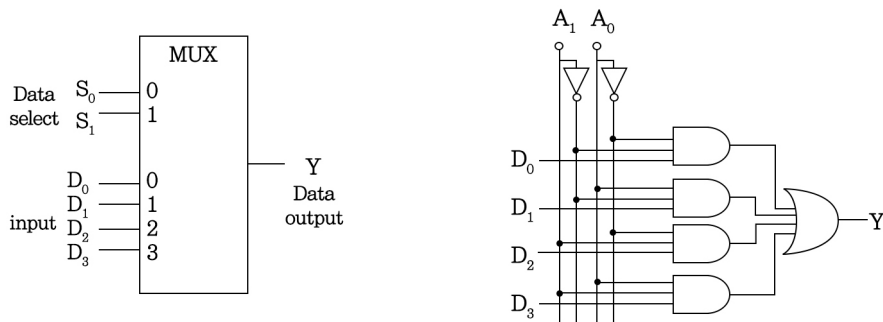
- ① 부호화된 n 비트의 2진 코드를 입력받아 10진수 2^n 개의 출력을 갖는 회로이다.
- ② 디코더는 AND gate들로 구성된다.
- ③ 명령어 해독이나 번지를 해독할 때 사용되어 일명 해독기라고 한다.
- ④ 디코더에 Enable 입력이 있을 때는 디멀티플렉서로 사용할 수 있다.



[디코더(Decoder)]

(4) 멀티플렉서(Multiplexer : MUX)

- ① 여러 개의 입력선 중에서 어느 하나의 입력선을 선택하여, 입력선의 데이터를 출력하는 데이터 선택기이다.
- ② 2^n 개의 입력 선을 선택하여 출력으로 연결시키기 위한 n 개의 선택 선을 갖게 되며, 한 개의 출력선으로 구성된다.
- ③ n 개의 선택선이 있을 때 입력선의 수가 2^n 보다 작거나 같아야 한다.



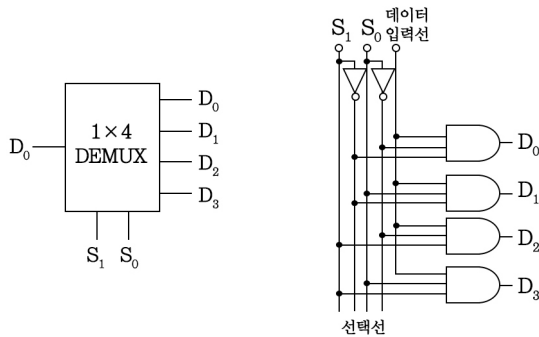
[4×1 멀티플렉서]

[4×1 멀티플렉서의 진리치표]

선택선		입력
S ₁	S ₀	
0	0	D ₀
0	1	D ₁
1	0	D ₂
1	1	D ₃

(5) 디멀티플렉서(Demultiplexer : DEMUX)

- ① 하나의 입력선으로 데이터를 입력받아 다수의 출력선 중에서 선택된 출력 선으로 데이터를 출력하는 일명 데이터 분배기라 하며, 멀티플렉서의 반대의 동작을 한다.
- ② 1개의 입력과 2^n 개의 출력선과 n 개의 선택선으로 구성된다.



[1×4 디멀티플렉서]

[1×4 디멀티플렉서의 진리치표]

선택선		출력
S_1	S_0	
0	0	D_0
0	1	D_1
1	0	D_2
1	1	D_3

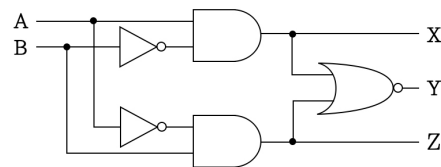
(6) 크기 비교기

두 수 A, B를 비교하여 상대적인 크기를 결정하기 위한 조합 논리 회로를 크기비교기 (Comparator)라 한다.

$$X = A\bar{B}$$

$$Y = \bar{A}\bar{B} + AB$$

$$Z = \bar{A}B$$



[크기비교기의 진리치표]

A	B	$X(A > B)$	$Y(A = B)$	$Z(A < B)$
0	0	0	1	0
0	1	0	0	1
1	0	1	0	0
1	1	0	1	0

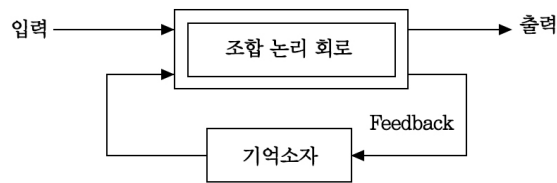
개념확인문제

다음 중 각 조합논리회로에 대한 설명으로 옳은 것은?

- ① 반가산기의 캐리는 입력 X, Y가 모두 0인 경우에만 1이 된다.
- ② 전가산기는 두 개의 2진수 X, Y와 윗자리로부터 올림 한 두 개를 더하는 조합논리회로이다.
- ③ 병렬가감산기는 2의 보수 뺄셈도 가능하다.
- ④ BCD가산기는 표현범위가 0~9이므로 계산시 결과에 대한 보정이 필요 없다.

정답 : ③

5. 순서논리회로 설계



[순서 논리 회로의 블록도]

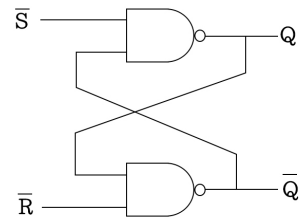
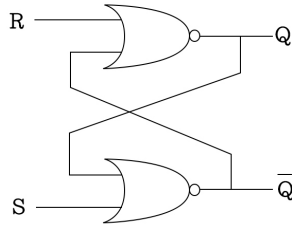
조합 논리 회로와 피드백 기능을 결합하여 메모리 기능을 수행하는 논리 회로로서 과거의 입력 상태와 현재의 입력 상태의 조합에 의해서 출력이 결정되는 회로로서 기억소자가 반드시 필요하다.

(1) 플립플롭(Flip-Flop)

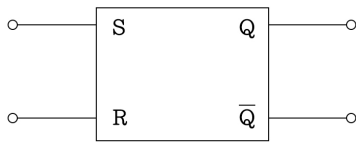
- 플립플롭은 2진 부호 0 또는 1을 기억하는 1bit의 정보를 저장하는 최소 기억 소자로 전원이 인가되어 있을 때는 데이터를 유지하다가 전원이 상실되면 기억된 데이터도 지워져 버리기 때문에 일명 임시 기억장소라고도 한다.
- 쌍안정 멀티바이브레이터이다.

1) RS 플립플롭

가장 기본적인 플립플롭으로 S(set)와 R(Reset)의 두 입력과 Q_n 와 $\overline{Q_n}$ 의 출력을 갖는다.



[RS 플립플롭의 회로]

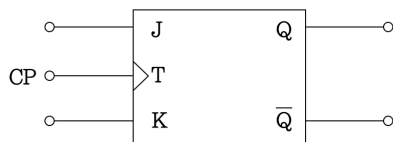
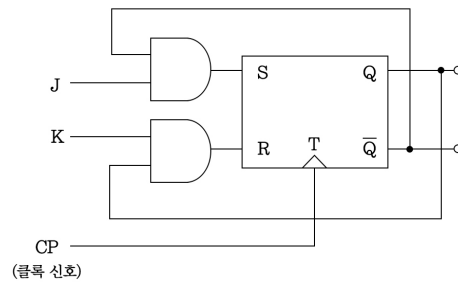


[RS F/F의 도형과 진리치표]

R	S	Q_{n+1}
0	0	Q_n
0	1	1
1	0	0
1	1	부정

2) JK 플립플롭

JK 플립플롭은 RS 플립플롭에 AND gate 2개를 추가하여 만들었으며 두 입력이 동시에 1이 입력되었을 때 Toggle현상이 출력된다.



[JK F/F의 도형]

[JK F/F의 진리치표]

J	K	Q_{n+1}
0	0	Q_n (유지상태)
0	1	0
1	0	1
1	1	toggle

[JK F/F의 특성표]

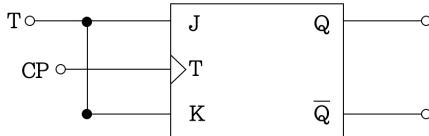
Q_n	J	K	Q_{n+1}
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	1
1	1	1	0

※ 특성방정식

$$Q_{n+1} = J\overline{Q_n} + \overline{K}Q_n$$

3) T 플립플롭

T 플립플롭은 JK 플립플롭의 두 입력을 하나로 묶어 항상 입력이 동일하게 들어가게 한 플립플롭으로 0 입력 때 유지상태, 1 입력 때 Toggle현상이 출력된다.



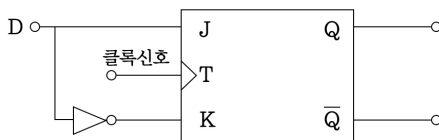
[T F/F의 도형]

[T F/F의 진리치표]

T	Q_n	Q_{n+1}
0	0	0
1	0	1
0	1	1
1	1	0

4) D 플립플롭

D 플립플롭은 JK 플립플롭의 두 입력을 하나로 묶고 K입력 앞에는 인버터(inverter)를 달아 놓은 형태로 두 입력에 항상 다른 입력이 들어가 0 입력 때 J=0, K=1, 1 입력 때 J=1, K=0이 출력된다.



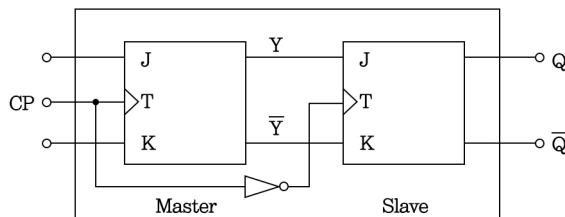
[D F/F의 도형]

[D F/F의 진리치표]

D	Q_n	Q_{n+1}
0	0	0
1	0	1
0	1	0
1	1	1

5) 마스터-슬레이브(Master-Slave) 플립플롭

JK 플립플롭 회로에서 J, K, T의 각 입력이 “1”일 때 출력이 안정하지 않은 경우가 있으므로 클록 입력 T가 “1”에서 “0”으로 변화하기까지 출력 Q를 변화시키지 않도록 하여 출력을 안정시킨 플립플롭 회로이다. 즉, JK 플립플롭 회로에서 발생하는 레이스(race)현상을 방지할 목적으로 2개의 플립플롭의 동작시점에 차이를 두어 구성한 플립플롭이다.



[마스터-슬레이브(Master-Slave)플립플롭]

개념확인문제

다음 중 Flip-Flop과 관계가 없는 것은?

- | | |
|-----------|------------|
| ① RAM | ② Decoder |
| ③ Counter | ④ Register |

정답 : ②

6. 카운터(Counter)

입력 신호에 따라 미리 정해진 순서대로 출력의 상태가 변하는 순서논리회로로서, 펄스의 트리거(trigger)방법에 따라 동기형 카운터와 비동기형 카운터로 분류된다.

(1) 동기형 카운터(synchronous counter)

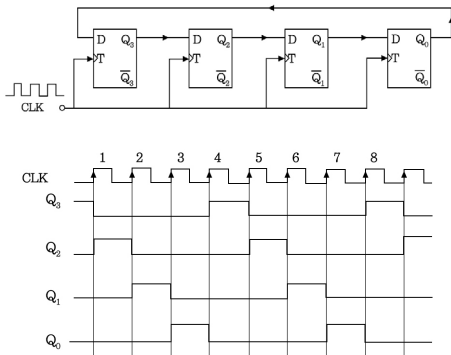
- ① 모든 플립플롭의 클록이 병렬로 연결되어 한 번의 클록 펄스에 대하여 모든 플립플롭이 동시에 동작(트리거)되는 카운터를 말하며, 비동기형 카운터보다 동작속도가 빠르므로 고속회로에 이용한다.

② 특징

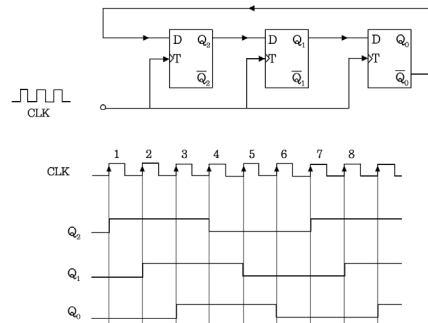
- ㉠ 모든 플립플롭에 클록 펄스가 동시에 인가된다.
- ㉡ 각 플립플롭이 동시에 동작하기 때문에 플립플롭 단수와 속도는 무관하며 동작속도가 빠르다.
- ㉢ 비동기 카운터에 비해 설계가 까다롭다.

③ 링(ring) 카운터의 특징

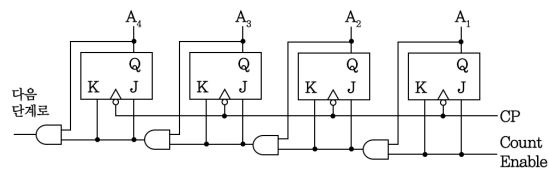
- ㉠ 링 카운터는 마지막 플립플롭의 값을 처음 플립플롭으로 시프트 할 수 있도록 연결된 순환 시프트 카운터이다.
- ㉡ 링 카운터는 타이밍 신호의 순차를 발생시키기 위해서 임의의 시간에 오직 한 개의 플립플롭만 1이 되고 나머지는 모두 클리어 되도록 되어있다.
- ㉢ 입력 신호를 받을 때 마다 상태가 하나씩 다음으로 이동한 카운터이다.



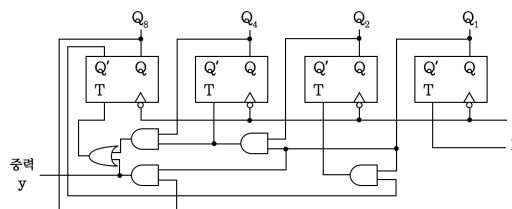
[4진 링(ring) 카운터 회로]



[3진 존슨 카운터 회로]



[4비트 동기식 2진 카운터]



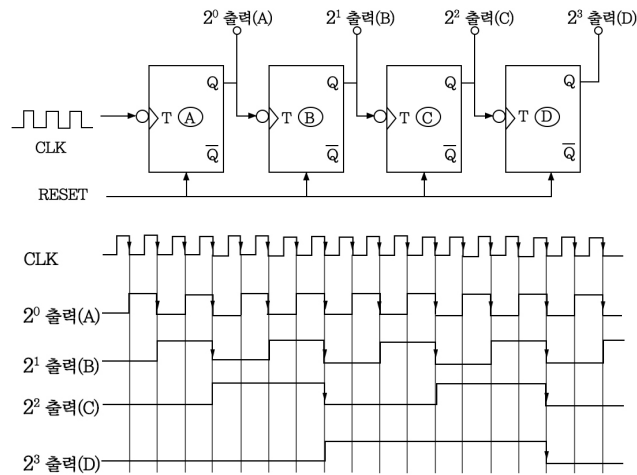
[4비트 동기식 BCD 카운터]

(2) 비동기형 카운터(asynchronous counter)

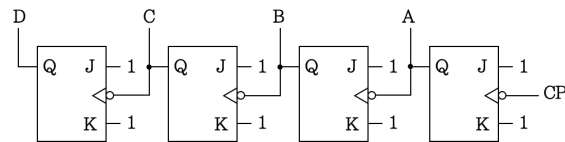
모든 플립플롭이 전단의 출력 변화를 클록으로 이용하는 카운터로서 일명 리플카운터라 하며, 동작지연이 발생하므로 동기형보다 속도는 느리나 회로의 구성이 간단하다.

① 특징

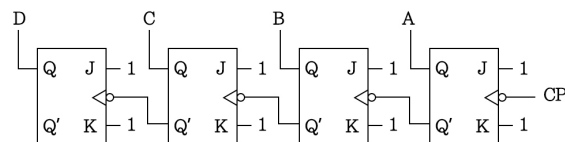
- ㉠ 첫 번째 플립플롭에만 클록 펄스가 인가되고 이후에는 전단의 출력이 클록 펄스로 이용된다.
- ㉡ 전단의 출력을 받아서 각 플립플롭을 차례로 동작시키므로 플립플롭 단수가 많아 질수록 속도가 느려진다.
- ㉢ 일명 리플 카운터(ripple counter)라고 한다.
- ㉣ 설계가 비교적 쉽다.



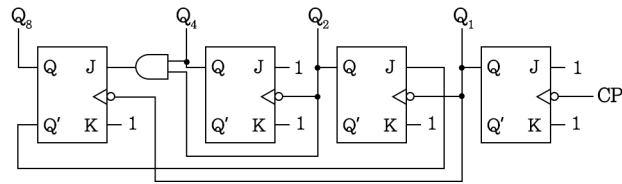
[4비트 2진 상향 리플 카운터]



[비동기식 4비트 2진 UP 카운터]



[비동기식 4비트 2진 Down 카운터]



[비동기식 BCD 카운터]

개념확인문제

다음 중 비동기식 카운터에 대한 설명으로 틀린 것은?

- ① 동기식 카운터에 비해 입력신호의 전달지연시간이 길다.
- ② 동기식에 비해 논리상의 오차 발생비율이 많다.
- ③ 구조상으로 동기식에 비해 회로가 간단하다.
- ④ 같은 클록펄스에 의해 트리거 된다.

정답 : ②