

# 노이즈 방지와 대책

## 정혜선 (鄭慧善) 독 - 성안당

### 원저자의 머리말

P3 : 전자기술은 일진월보로 발전하고 있는데 잡음이나 오동작의 방지기술은 어떠한가?

- 그렇다면 잡음이나 오동작의 방지기술은 필요 없느냐 하면 그렇지 않다.

### 역자의 머리말

p5 : 이 책은 단순한 경험담을 바탕으로 엮여지는 피하기 위해 이론적인 뒷받침으로 기술된 것이 특징이며, 이 이론만을 강화함으로써 하나의 사례가 여러 상황이나 증상에 응용될 수 있는 효과를 낳게 하는 것을 노린 것이다.

## 제 1 장 잡음에의 대응

### 1.1 잡음의 발생

p1 : 목적으로 하지 않는 신호는 모두 ‘잡음’이라고 한다. 말로는 쉽지만 실제로 “잡음이란 무엇인가?”를 추궁하는 일은 그리 쉬운 일은 아니다.

- 잡음(밖에서 들어오는 것, 부품에서 나오는 것, 주워 들이는 것)은 바로 이것이고, 이 루트를 통해서 들어오는 것이라고 확실히 알면 잡음 대책은 90% 끝난 것이나 다름이 없다.

- 그러나 보통의 상태에서는 잡음의 정체를 모르는 경우가 대부분이다.

p2 : 잡음에는 공통점이 하나있다. 그것은 해결하기 위해서는 결국 “원인을 규명해야 한다.”는 점이다.

p3 : 두 가지 무기를 충분히 이용하는 것을 권한다. 두 가지 무기란 ‘이론’, ‘증거’이다.

- 증거를 두 번째의 무기로 든 이유는 이것이 전술한 이론과 추리의 잘못을 방지하는 효과가 있기 때문이다.

### 1.2 이론에서 실제로

p4 : 전자회로를 이론상에서 다룰 때에는 되도록 본질적인 부분이 보이도록 몇 가지 가정을 두어 단순화를 한다.

p7 : 잡음대책에 이론을 응용하면 경험과 육감만으로는 여러 해 걸려야 얻을 수 있는 기술 정보를 비교적 쉽게 단시간에 입수할 수 있는 효과가 있다.

- 잡음과 오동작의 문제를 계통적으로 살피려면 “장치가 잡음에 약하기 때문에 오동작했는가? 장치는 정상인데 잡음이 너무 크기 때문에 오동작 하였는가?”라는 문제에 당면한다.

p8 : 오동작의 정도  $N$ 은 다음과 같은 식으로 나타낼 수 있다.

$$N = GCS = GC/I$$

- $G$ 는 잡음의 발생원,  $C$ 는 회로의 결합정도,  $S$ 는 잡음에 대한 감도,  $I$ 는 피해를 받는 회로 측의 내잡음성을 나타낸다.
- 오동작을 추적하는 경우, 식의 각항에 대하여 조사를 할 필요가 있다.
- 세 가지 변수  $G, C, S$ 는 각각 아무런 값으로나 설정할 수 있다고는 할 수 없다,
- 잡음원  $G$ 를 0으로 하면 오동작의 위험은 없어지겠지만, 기기를 동작시킬 수 없게 된다.
- $C, S$ 는 피해를 받는 장치를 만드는 측에서 다소 융통은 가능하다.

p9 : 결합계수  $C$ 에 대해서는 2장에서, 회로의 내잡음성에 대해서는 7장에서 잡음을 발생원측에서 억제하는 방법에 대해서는 9장에서 설명되어 있다.

- “잡음대책은 장치의 설계 단계부터 시작된다.”고 생각하고, 그 장치가 완성되었을 때는 잡음대책은 90% 완성되어 있을 필요가 있다.

p10 : 설계자가 설계 단계에서 체크해 두어야 할 점

- ① 그라운드 레벨을 몇 종류로 잡는가?
- ② 각각의 기판이나 부품을 어디에서 어느 레벨의 접지에 접속하는가?
- ③ 회로의 내잡음성의 계급은 체크되어 있는가?
- ④ 각각의 실장은 내잡음성의 레벨에 대응한 것으로 되어 있는가?
- ⑤ 장치를 시스템으로서 접속할 때, 시스템의 전체의 접지, 잡음제거의 문제는 고려되어 있는가?

p11 : 이미 완성된 장치에 대해서 위의 조건을 적용하는 것은 그것이 설계단계에서 고려되어 있지 않는 한 곤란하다

p12 : 각각의 단독의 장치로서는 잡음에 강했는데, 여러 대를 접속하여 시스템으로 하니까 잡음이 들어온다는 예가 빈발하고 있다.

- 시스템으로서 조합하여 사용할 때, 어떻게 내잡음성을 유지하는가 하는 점은 이제부터의 장치 설계에 큰 영향을 줄 것이다.

### 1.3 오동작을 일으키는 잡음

p13 : 고감도의 장치에서는 스스로 동작하는 것 자체가 쉬운 일이 아니다. 그러나 여기서의 장치 그 단독으로는 안전하게 동작하는데 외부로부터 들어오는 잡음에 의해서 오동작을 발생할 경우를 생각해 보기로 하자.

- 잡음의 문제라고 하면 “외래 잡음에 의한 오동작”이 가장 큰 비율을 차지하기 때문이다.

p14 : 외부에서 오는 잡음은 전등선 상의 과도현상 외에도 여러 가지가 있다. 천둥도 오동작의 원인이 된다. 대개의 스파크는 콘덴서와 저항을 쓰면 어느 정도 막을 수 있지만 천둥의 경우는 그렇게 쉽게는 되지 않는다.

p15 : 잡음을 추적하는 경우의 방법은 다음 두 가지 점에 주목해두는 것이 좋을 것이다.

- ① 어떻게 전해지는가?
- ② 어디를 기준으로 한 전압인가?

p16 : 잡음의 입장에서 보면 인간이 준비한 상용주파수용의 배선이나 부품은 반드시 그들의 통로라고는 볼 수 없고 아무 곳이나 통과한다.

- 그것을 알아내기 위해서는 잡음을 신호라 생각하고 그 통로를 분석해 보는 것이 지름길이다.

p17 : 잡음의 전송은 다음의 두 모드로 대별할 수 있다.

- ① 전계나 자계에 의한 결합 : 전파의 모양으로 복사된 것을 의미
- ② 공통 임피던스에 의한 결합 : 잡음과 어떠한 형태로든 전선으로 접속되어 있다는 것을 의미. 공통임피던스를 없애는 것만으로 장치의 내잡음성이 크게 향상

p19 : 가끔 나타나는 잡음에의 대책을 어떻게 할 수 있는가?

- ① 잡음 신호 발생기에 의해서 모의 잡음을 가한다.
- ② 노이즈 디텍터에 의해서 잡음의 침입경로를 감시한다.

p20 : 이 방식은 특정한 트러블을 해결하기 위해서라기보다는 오히려 완성된 장치나 시스템의 일반적인 내잡음성을 시험하는데 적합하다.

- 장치나 시스템의 내잡음성을 확인한 다음에 현실의 잡음이 어디에 어느 정도 가해지고 들어오는가를 살피면 효과가 있다.

- 개개의 장치에 오동작을 방지하는데 치명적인 결함이 있으면 그것을 고치지 않는 한 아무리 머리를 짜도 내잡음성이 좋은 시스템은 만들어지지 않는다고 생각하는 편이 현실적이다.

#### 1.4 내부 잡음을 좌우하는 요소

p22 : 이 항에서 다루는 잡음은 이제까지 설명해 온 오동작을 일으키는 잡음과는 전혀 다른 것이다.

- 이런 종류의 잡음을 진성잡음(Intrinsic noise)이라고 한다.
- 누가 어떤 설계를 해도 같은 크기의 잡음이 나오는가 하면 그럴지는 않다. 부품의 선정법, 사용법, 신호를 다루는 회로의 응답속도나 대역폭의 선택법에 따라 그 결과에는 큰 차이가 발생한다.

p23 : 전자회로에 이용하는 대부분의 모든 부품은 잡음을 발생한다.

- **부품에서 나오는 잡음 중 대표적인 것은 아래 세 가지이다.**

① **열잡음** : 전자의 흐름이 열에 의해서 흩어져 불균일하게 됨으로써 발생. 열교란 잡음, 발견자의 이름을 따서 존슨잡음(Johnson noise)라고 한다.

② **쇼트잡음** : 일정한 전압 임계값을 넘어서 전류가 흘러나오는 경우 전류의 흐름은 역시 고르지 않게 된다는 것이 알려져 있다. 쇼트키(Schottky)에 의하여 해명되어 쇼트 효과(Shot effect)라 불린다.

③ **접촉잡음** : 접촉잡음(contact noise)은 재료의 불완전한 접촉에 의해서 전기 저항이 변화함으로써 생긴다.

p27 : 잡음을 측정하면 열잡음과 쇼트잡음으로 계산한 값보다도 큰, 플러스 알파의 모양으로 발생하는 잡음이기 때문에 잉여잡음(excess noise), 진공관의 전류에서 이것이

발견되었을 때에는 플러커잡음(flicker noise)이라고 하며, 또 이 잡음은 전력밀도분포가  $1/f$  모양을 하고 있어서 “ $1/f$  잡음”이라고도 부른다.

- 접촉잡음의 크기가  $1/f$ 의 특성이면 대상으로 하는 주파수가 직류에 가까울수록 무한히 커질 것이다.

- 미소 신호를 대상으로 한 OP앰프 회로나 샘플홀드 등 아날로그 회로기술은 오프셋, 드리프트, 그리고 노이즈와의 투쟁이라고 할 수 있다.

## 제 2 장 잡음의 전달

### 2.1 잡음의 원천

p33 : 오동작을 일으키는 잡음이 어디에서 생기는지를 한마디로 말한다면 “전류나 전압이 갑자기 변화하는 부분”이라고 요약할 수 있다.

- 비율로 말하면 잡음의 90% 정도는 코일이나 콘덴서를 스위치함으로써 발생하고 있다고 생각된다.

- 전압 전류가 단시간에 크게 변화하면 큰 잡음이 된다. 이것은 “전압의 시간당 변화분  $dv/dt$ 가 크면 큰 잡음이 된다.”고 할 수 있을 것이다.

- 스위치 그 자체가 잡음원이라기 보다는 스위치 되는 회로에 들어있는 L과 C가 문제이다.

- L에 흐르고 있는 전류를 스위치 S가 끊으면 L 양단에는 정량적으로는 대체로 전원 전압의 10배 내지 수 100배의 ‘인덕티브 킥’이라 불리는, 처음에 가해진 전압과는 극성이 반대인 고전압이 발생한다.

- 스위치 S가 ON 되면 순간에 전원 자체와 콘덴서 내부 저항만으로 정해지는 ‘돌입 전류’가 흐른다.

- 현실의 회로에서는 그 만큼 어디에서나 콘덴서나 코일이 삽입되어 있지는 않다. 그 대부분은 배선이나 쓰이고 있는 부품 등에 존재하는 분포 용량(stray capacitance)이나 분포 인덕턴스(stray inductance)가 원인이다.

p36 : 잡음이 전해지는 모드는 ‘전자결합에 의한 결합(정전결합, 전자유도, 전자파에 의한 결합) 혹은 복사에 의한 결합(radiative noise)’, ‘공통임피던스에 의한 결합 혹은 전도에 의한 결합(conducted noise)’ 등 두 가지로 구별된다.

#### ① 전자결합에 의한 결합

- 정전결합 : 잡음을 내는 측의 회로와 피해를 받는 측의 회로가 콘덴서로 결합되어 있는 상태를 말함

- 전자유도 : 자속으로 결합되어  $M$ 이라는 상호 유도 계수를 가지고 있는 상태를 말함.

- 전자파에 의한 결합 : 잡음원에서 전파가 복사되어 그것이 수신기의 회로에서 방해되는 전압을 유기하는 경우

#### ② 공통임피던스에 의한 결합

- 회로 A와 회로 B가 하나의 저항이나 임피던스를 공유하는 상태. 이와 같이 두 회로가 전선으로 직접 연결되어 있는 상태

p37 : 잡음은 한곳에서 들어오는 경우는 적고, 복수의 경로에서 들어오는 것이 오히려 일반적이다.

p38 : 잡음은 “여러 루트를 경유하여 들어온 잡음 전압의 벡터합으로 되어 있다”고 생각하는 것이 옳다

## 2.2 결합의 등가회로

p39 : 정전결합의 모델 : 그림 2.7 정전용량을 거쳐 회로 A, B가 결합되는 상태

p41 : 전자유도 모델 : 그림 2.10 회로 A의 전류에 의하여 발생한 자속이 상호유도 계수 M에 의하여 회로 B에 기전력을 발생시키는 구조

p43 : 공통 임피던스를 갖는 경우는 여러 곳에서 볼 수 있다. 그림 2.12는 디지털 회로의 예를 그림 2.13은 아날로그회로의 예를 보여준다.

\* 회로에서 표기된 여러 곳의 접지를 실제 회로에서 구현하는 경우, 접지선 길이, 배치 등에 의한 임피던스가 문제를 일으킨다.

p46 : 공통부분이 적어지도록 전류의 되돌아가는 길 그 자체를 변경하면 해결된다.

## 2.3 전자파의 성질

- 전자파에 의한 전파방법에 관한 한 “맥스웰의 방정식”에 시간과 공간의 조건을 설정하여 이것을 풀어나가면 이치상으로는 전파가 어떻게 퍼져나가는가를 정확하게 구할 수 있다.

- 대상으로 하는 것이 아무것도 없는 공간에 안테나가 있는 경우라면 몰라도 현실의 장치나 시스템에서는 너무도 복잡해서 그대로 실용될 것 같지도 않다.

p52 : 공간을 전파하는 전자파가 구해질 뿐이고 거기에 존재하는 여러 가지 전선이나 함체같은 도체를 전해 가는 성분은 포함되어 있지 않다. 다르게 말하면 잡음을 그 전해지는 방법에 따라서 복사성 잡음(radiative noise), 전도성 잡음(conducted noise)로 나누어서 생각하고 있다.

## 2.4 잡음의 침입경로

- 외래 잡음은 전등선을 타고 침입한다고 굳게 믿는 사람들이 의외로 많은 것 같다. “전원 플러그를 빼면 오동작을 하지 않기 때문에...”

p53 : 전원 플러그를 꽂은 채로 오동작하지 않게 할 필요가 있다.

- 회로 기술자가 잡음 방지책으로 흔히 취하는 수단은 필터나 바이패스 콘덴서, 정전압 전원 따위를 삽입하는 방법이다. 그리고 이들이 모두 잡음과 그에 의한 오동작을 얼마가 억제해 줄 것이라고 기대하는 것이 보통이다.

p54 : 여기서 주목할 점은 **각각의 부품에서 공통단자(접지)에 접속되어 있는 정전용량이다. 이 요소는 앞으로 잡음의 침입경로를 추구할 때 불가결한 부분이 된다.**

p57 : 회로 상에서 표기된 접지  $G$ 를 실제의 환경, 설비의 상황에서 이  $G$ 점을 어디에서 찾아내는 가가 잡음 방지책의 하나의 열쇠가 된다.

## 제 3 장 전원부에서의 잡음 방지법

### 3.1 트랜스에 의한 잡음의 차단

p61 : 전원부에 어떤 배려를 하면 여기를 통하는 잡음을 방지할 수 있는가를 검토한다.

- 전원 라인을 통해서 들어온 잡음, 특히 진폭이 큰 동상 성분이 트랜스를 지나는 최대 원인은 1차-2차 권선 간의 정전용량에 있다.

- 이 용량을 통해서 잡음이 전해져 오는 것을 방지하려면 1차권선과 2차권선 간을 정전실드(패러디 실드)하는 방법을 사용한다.

p63 : 정전실드의 효과를 완전하게 하려면 잡음의 주파수에 있어서의 정전실드  $S$ 의 접지 임피던스  $Z_g$ 를 되도록 낮게 잡고 정전용량  $C$ 를 되도록 작게 하는 것이 중요하다.

p66 : 정전실드로 동상성분은 억제되어도 잡음이 차동성분으로 되어 버리면 거의 효과가 없고, 고주파 특성을 문제로 하는 등 이대로는 안 된다.

p69 : 차동성분에 대해서는 개개의 제품에 따라 큰 차이가 없으나 보통의 전원트랜스에서는 차단 효과는 없다고 생각하는 것이 틀림없을 것이다.

p74 : 입력측과 출력측의 콘덴서를 분리하여 각기 다른 접지에 접속하는 것이다.

### 3.2 필터에 의한 잡음 방지법

- 전원만은 공급되고 잡음은 잘 들어오지 않는 구조로 생산해 내면 될 것이다.

p75 : 전원라인에서 들어오는 잡음의 주파수 성분이 그다지 고주파까지 높지 않고 함체가 자연스럽게 갖추어져 있는 정도의 실드로 충분하다는 전제가 있어야만 비로소 라인필터만을 검토하면 된다는 응용동작이 가능하게 된다.

- 전원필터는 거기서 쓰이고 있는 전원의 종류에 따라서 설계가 크게 달라진다.

p76 : 전자회로의 전원으로서 잡음대책을 완비한 것으로 하려면 3선식의 라인필터와 전원트랜스의 정전실드의 두 가지는 필수품이라고 할 수 있을 것이다.

- 신호회로에서 사용되는 일반적인 필터에 비해 전원라인용의 필터는 그 설계가 까다롭다. 필터의 설계에 불가결한 파라미터가 라인필터에서는 모두 확실하지 않기 때문이다.

### 3.3 서지 흡수기와 피뢰기

p90 : 낙뢰나 정전기의 방전과 같은 극단적으로 에너지가 크고, 파고값이 높은 잡음이 있다.

p91 : 에너지가 큰, 파고값이 높은 잡음을 막으려면  $LC$ 필터 앞에 서지 흡수기를 두면 스마트한 목적을 달성할 수 있다.

- 서지흡수기는 금속제의 전극간에서 방전을 이용한 피뢰기(arrester)라고 불리는 것과, 반도체나 금속 산화물 등의 전압-전류 특성의 비직진성을 이용하는 배리스터(varistor)와의 두 그룹으로 대별할 수 있다.

- 피뢰기(arrester)는 1조의 금속전극을 일정한 간격(gap)을 벌려서 배치하고 에어 갭(공극)의 방전특성을 이용하여 서지 전압을 제한하는 효과가 있다.

p92 : 에어 갭식 피뢰기의 특징은 간단하고 고장이 적으며 방전 개시 이전의 누설전류는 거의 없고 더욱이 비교적 큰 방전전류에 견딘다는 점이다. 한편, 단점으로는 방전전압의 개체별 정밀도가 좋지 않다는 것, 방전시킬 때마다 다음의 방전전압이 변화하는 경향이 있다는 것, 일단 방전을 개시하면 가해져 있는 전압이 저하해도 방전을 계속하는 현상이 문제가 되는 등을 들 수 있다.

- 일단 방전하면 전류가 계속 흐르는 현상은 아크 방전의 성질로서는 당연한 일이지만 갭을 피뢰기에 응용했을 때는 “속류”라고 불리는 까다로운 현상이 알려지고 있다.

p93 : 배리스터라는 명칭은 어느 상품명과 같지만, 어원과 의미는 다음과 같다.

varistor = vari + resistor(1943) : 인가전압에 의해 저항 값이 바뀌는 전기 저항소자  
- 배리스터의 중요한 파라미터

- ① 전압에 따라서 저항값이 바뀌는 비율
- ② 소자가 얼마만큼의 전력에 견디고 서지를 흡수할 수 있는가

- 배리스터는 서미스터와 혼동하기 쉬운데, 배리스터는 가해지는 전압에 따라 저항이 바뀌는 소자이며, 서미스터는 온도에 따라서 저항값이 변하는 소자이다,

## 제 4 장 접지에 대한 고찰

### 4.1 접지의 기초기술

p97 : 그라운드, 어스, 접지 등의 호칭을 가지는 이상형 접지에는 여러 가지 목적이 있다.

- 접지라고 하면 모두 동일한 것으로 생각하기 쉬운 것이 접지기술을 어렵게 하는 원인이 되고 있다.

- 일렉트로닉스의 장치나 그 내부의 접지(그라운드)인 경우, 대지에 접속할 필요성은 한층 희박하다. 여기에는 “그라운드” 나 “어스”라는 단어가 남아 있을 뿐, 실제로 지구에 접속되느냐 하는 것은 장치의 동작과 거의 관계하지 않는다.

- 접지라고 해서 지면에 접속한다기보다는 오히려 목적에 따라서 전혀 다른 “공통단자의 처리방안”이 있다고 생각하면 알기 쉬운 것이다.

- 접지 중에서 대표적인 3 종류

- ① 보안을 위한 접지
- ② 안테나에 대한 어스
- ③ 일렉트로닉스의 그라운드

p98 : 접지공사

접지공사의 종류	접 지 저 항 치
제 1 종 접지공사	10Ω
제 2 종 접지공사	변압기의 고압측 또는 특별 고압측의 전로의 1선 지락전류의 암페어수로 150을 나눈 값과 같은 Ω수 - 변압기의 고압측의 전로와 저압측의 전로와의 혼촉에 의하여 저압전로의 대지전압이 150V를 넘는 경우에 2초 이내에 고안전로를 차단하는 장치를 설치할 때는 300Ω

제 3 종 접지공사	100Ω
특별 3종 접지공사	10Ω

① 보안을 위한 접지

- “제 1 종접지” 등이라고 규정되어 있는 접지 중에서 가장 유명한 이들 “어스”는 원래 전력용 배전공사를 위해 정해진 것이다.

- 실제로 제 1 종의 접지공사, 즉 접지저항 10Ω이하라는 것을 만들기란 조건에 따라서 매우 곤란하기 때문에 좋은 접지라고 하면 제 1 종접지공사라 할 만큼 유명해 졌다,

② 안테나에 대한 어스

p102 : 보안을 위한 접지와는 전혀 다른 목적의 설치의 하나에 무선국의 안테나를 위한 어스가 있다.

- 버티컬 안테나는 이상적인 그라운드를 기준으로 하여 거기에 수직으로 세운다는 것을 전제로 설계되어 있다.

③ 일렉트로닉스의 그라운드

p105 : 그라운드가 용도에 따라 어떤 성질이 요구되고 있는 가를 알아 둘 필요가 있다.

- **부적당한 그라운드를 사용하면 어떤 문제가 발생하는가?**

① 그라운드 루프 : 그라운드 된 도체로 이루어진 루프(고리)를 가리킨다. 그라운드 루프가 생기면 왜 안되는가 하면 루프와 쇠교하는 자속의 변화에 의하여 그 루프에 전류가 흐르기 때문이다.

② 공통 임피던스 : 개개의 장치에서 저 임피던스의 전용 접지배선을 하면 되는 것이다. 그러나 실제로 그렇게 접속하게 되면 접지공사가 어려워질 뿐만 아니라, 이번에는 그라운드 루프나 그라운드와 그라운드 사이의 전위차가 문제가 된다.

- 공통임피던스를 제거하려면 그라운드 루프가 생기고, 그라운드 루프를 제거하려면 공통임피던스가 생기기 쉬운 것이다.

4.2 실지에의 적용

p114 : 그라운드 루프나 공통임피던스를 방지하는 수법을 설계에 도입하려면 여러 가지 방법이 생각된다.

- 그라운드를 생각하는 방법을 기판레벨, 장치레벨, 시스템레벨 의 세 가지로 나누어서 생각하는 방법에 대해 설명한다.

- 기판을 설계하는 단계나 장치를 설계할 때 이들을 시스템에 연결하면 어떻게 접지를 해야 하는가를 고려한다.

- 이제까지 기판이나 장치를 설계할 때 시스템으로 조립하는 경우에 어디를 접지하면 좋은가 하는 것까지를 생각한 장치는 그다지 많지 않았다. 그래서 시스템으로 조립할 때는 장치의 입장에서 접지를 때내고 싶은 경우가 생긴다.

4.3 그라운드 시스템과 실제의 접지

p122 : 기판, 장치 그리고 시스템의 세 가지 레벨로 나누어서 접지의 설계를 생각하는

경우, 그 최후에 시스템 전체로서의 접지의 구조를 검토할 필요가 생긴다. 그러나 여기에 “맨 마지막에 가서”하게 되면 이미 늦고 만다.

p123 : 기관 혹은 장치를 설계함에 있어서 시스템으로서 정리한 경우, 어떻게 처리하느냐하는 것은 빠른 단계에서 고려해 두는 것이 중요하다.

- 실제의 장치에서는 아무리 훌륭한 접지선을 끌어도 거기에는 인덕턴스가 발생하므로 그 라인은 진짜 접지로서는 다를 수 없다.

- 이 대책으로서 접지를 둘 또는 셋으로 나눌 것을 권장한다.

- 이 방법을 보다 철저하게 추구해 가면 라인으로부터의 잡음을 바이패스하는 필터를 위한 접지와 캐비닛이나 새시로부터의 접지, 그리고 신호의 접지와는 분리하고 싶어진다. 최종적으로 완성된 시스템에서는 이들 접지는 어딘가 한곳으로 접속하게 된다.

## 제 5 장 케이블 드라이브

### 5.1 케이블과 잡음

p129 : 전원 다음으로 잡음이 들어오기 쉬운 곳은 케이블이다.

- 더욱이 케이블을 연장하면 다른 장치에 연결되었을 때, 들어오는 잡음은 반드시 케이블 때문만은 아니다. 2대의 장치에 전원을 걸쳐서 들어온 잡음의 동상성분의 장난일 가능성이 크다.

- 케이블로 어떻게 해서 잡음이 침입하는지, 그것에는 두 가지 패턴이 있다. 하나는 정전결합에 의한 경우, 또 하나는 전자유도에 의해 침입하는 경우이다.

p132 : 정전결합은 정전실드에 의하여 비교적 쉽게 감소시킬 수 있다.

- 이에 대해서 전자유도에 의한 잡음의 결합을 방지하는 것은 좀 까다롭다.

- 전자유도를 줄이는 가장 쉬운 방법은 케이블에 트위스트 페어(twisted pair)를 사용하는 것이다.

- 자속에 의해서 발생하는 잡음 전압은 완전히 상쇄되어 잡음에 의한 오동작이나 장해를 방지할 수 있다.

p133 : 100% 상쇄는 되지 않더라도 전자유도에 대하여 현저한 효과가 얻어지는 손쉬운 방법으로서 끈다는 수단은 주목할 가치가 있다.

p136 : 동축케이블의 특징

① 동축케이블의 실드는 자기 실드가 아니고 정전실드에 지나지 않는다.

② 동축케이블에 생기는 자속은 상쇄되고 실드도 효과를 발휘하며 침입도 없다.

③ 실드와 그라운드 플레인으로 이루어진 루프에 잡음 자계가 쇄교하여 여기에 잡음 전류가 흐르면 전압으로 되어서 심선에 유기된다.

p137 : 동축 케이블로서 작용시키려면

① 종단정합 : 케이블의 수단측이 케이블과 같은 임피던스에 접속되어 있을 것

② 왕복(심선과 외피)의 전류가 같고 방향이 반대

- 전자 유도와 정전 유도의 특성을 한마디로 정리하면 정전유도는 임피던스가 높은 회로가 영향을 받기 쉬운데 반하여, 전자 유도는 임피던스가 낮은 회로가 영향을 받는다는 특징이 있다.

- 트위스트 페어나 동축케이블이 뛰어난 전자 유도의 방지효과를 얻으려면 동축이면 심선과 외피, 트위스트 페어라면 두 줄의 전선을 흐르는 전류가 방향이 반대이고 크기가 같아야 한다는 것이 필요조건이 된다.

p138 : 그런데 케이블의 양단이 접지에 접속되면 수전단에서는 심선의 전류  $I_s$ 가 되돌아오는 전류  $I_x$ 와 접지로의 전류  $I_y$  두 줄기로 나누어지면서 동축케이블의 실드 외피로 흐르는 전류는 심선의 전류보다 작아지게 된다.

- 이러한 동작 상태가 된 동축케이블은 심선을 흐르는 전류에 의하여 외부에 자계를 발생한다. 또 반대로 외부의 자계에 의하여 심선을 흐르는 전류가 영향을 받는다.

p139 : 케이블이 전자 유도의 방해가 잘 받지 않는 상태에서 사용하려면 **접지는 한쪽 또는 전혀 안하는 편이 좋으며**, 양단이 어쩔 수 없이 접지될 때는 고의적으로 임피던스를 삽입하는 방법이 있다.

## 5.2 디지털 회로와 케이블

p141 : 디지털 회로에서는 거기에 사용하는 IC 로 정해진 노이즈 마진이 있다. 이것으로 역산하면 어느 정도의 길이의 케이블은 어떻게 끌면 되는가를 대체로 가능할 수 있다.

- 디지털 회로로서 TTL의 잡음 마진 0.4V를 전제로 하고 있는데 단선으로 끌 수 있는 한계가 25cm 내외라는 것은 놀라운 일일지 모른다.

## 5.3 아이솔레이터의 사용법

p147 : 여러 대의 장치를 묶어서 시스템을 구성하는 단계가 되면 각각의 장치 사이에서

- ① 동일한 그라운드 레벨을 기준으로 하여 동작시킬 수 있는가?
- ② 그라운드 루프는 생기지 않는가?

등이 중요한 검토과제가 된다. 규모가 커지면 커질수록 이들의 조건을 유지하기는 곤란해지므로 어떤 방법으로든 접지를 작은 접지 단위로 분리할 수 있으면 효과적이다.

- 또 잡음의 동상 성분이 각각의 장치와 접지 사이와의 사이에 나타나는 문제도 접지를 분리하는 방법으로 해결할 수 있는 가능성이 있다.

- 접지를 분리하는 아이솔레이션(Isolation)이라고 불리는 전형적인 방법은 4가지가 있다.(트랜스, 릴레이, 콘덴서, 포토커플러) 이들 중에서 포토커플러가 압도적으로 사용되고 있다.

p152 : 아이솔레이터를 사용할 때 특히 주의해야할 점은 양측의 접지나 전원을 함께 연결하지 말아야 한다는 것이다. 이것은 당연한 이야기이지만 패턴의 설계나 내부 배선할 때 흔히 회로의 동일 레벨의 점을 전선으로 잇는 버릇이 있기 때문에 자기도 모르게 아이솔레이터의 왼쪽과 오른쪽의 접지가 접속되는 경우가 의외로 많다.

## 5.4 저 레벨 신호의 전송

p153 : 아날로그 신호를 케이블을 사용하여 전송하는 것은 디지털에 비해 한층 어렵다.

- 검출기로부터 신호를 케이블로 끌어내지 않을 수 없고, 저 레벨의 신호를 꼭 전송해야하는 용도도 존재한다. 이에 대한 기본적이고 효과가 있는 방법은 신호를 미리 크게 해서 보내는 것이다.

- **신호를 처음부터 크게 해서 보내는 수법**은, 작은 신호에 혼입한 잡음을 제거하는 여러 가지 기술을 이용하기 보다는 훨씬 효과적이고 적은 비용으로 해결할 수 있다.

p156 : 천동의 유도과 같은 수천 V에 이르는 방해를 직접 막으려는 것은 무리가 있다. 천동과 같은 고압에 견디려면 외부의 전선관 또는 실드 등에 의해 일단 그 영향을 경감하고, 그래도 내부에 발생하는 수 10V 정도의 방해는 저항이나 서지 프로텍터, 다이오드 보호회로 등에 의해 방지하면 훌륭하게 된다.

## 제 6 장 기판의 제작과 실장

### 6.1 접지의 배치

p157 : 회로의 설계를 프린트 기판위에 실현하려면 먼저 전체의 배치, 미묘한 신호선의 배선법, 그리고 접지를 두는 방법이 성능을 좌우하는 요소가 된다.

p158 : 회로상의 몇 개의 접지점은 어느 유한의 저항 또는 임피던스를 거쳐서 접속되어 있고, 결코 저항 제로의 이상적인 도체로 이어져 있는 것은 아니다. 그것은 **각각의 접지점간에는 정도의 차는 있지만 전자유도나 공통임피던스 등에 따라 반드시 전위차가 생기고 있다고 생각하는 편이 실정에 맞는다.**

p161 : 통상의 디지털 회로의 접지는 일반적으로 아날로그 회로만큼 엄격하게 요구되고 있지는 않다. 그 이유는 디지털 회로가 갖는 고유의 내잡음성에 있다.

- 디지털 회로 중에서 접지선에 요구되고 있는 잡음레벨은 바람직한 것은 0.1V 좀 타협하면 0.2V 정도의 값이라고 보면 될 것이다.

p162 : 아날로그 회로만으로 구성되는 기판의 실장은 전술한 디지털과는 다르게 된다. 아날로그 회로의 경우에는 디지털에서 보듯이 일정한 노이즈 마진이라는 것은 정해져 있지 않다. 또 노이즈 마진이 회로 전체에 대해서 고르지도 않다.

- 아날로그 회로의 성능은 실장 기술에 의존하는 비율이 디지털회로보다도 훨씬 많은 것도 특징이다. 한마디로 말하면 패턴설계는 아날로그 회로의 설계 기술 중에서 가장 중요한 열쇠의 하나라고 생각된다.

p165 : 기판 설계 중에서 접지를 가장 중시하여 설계한 예는 그라운드 플레인이라고 불리는 기판의 구조에서 볼 수 있다.

- 전선이 통하는 구멍만을 뚫고 나머지는 전부 동박을 남긴 채로 전부를 접지로 쓴다.

p166 : 그라운드 플레인의 진짜 효과는 기판의 한쪽이 언제나 접지되어 있어 거기서 접지를 할 수 있을 뿐만 아니라 기판의 패턴측 배선이 모두의 뒤쪽의 그라운드 플레인의 동작으로 임피던스가 낮아진다는 점에도 있다. 이것은 바로 케이블에 접지를 접근시키면 그 임피던스가 저하하는 것과 같은 이치이다.

### 6.2 바이패스하는 방법

p176 : 회로의 임의의 위치에 바이패스 콘덴서를 넣었다고 하자. 이것은 기존의 임피던스와 병렬로 결선되어 결과적으로 총 임피던스가 작아지는 것과 같은 효과를 발생하여 앞단에의 결합을 줄일 수 있다.

p177 : 특별한 부품을 써서 회로상에 특수한 조건을 만들어 내기 보다는 배선방법, 바이패스 콘덴서를 넣는 위치, 경우에 따라서는 일부러 저항이나 임피던스를 삽입하는 등 효과를 올리는 편이 강제로 배선을 굵게 한다는지 여러 개의 콘덴서를 병렬로 하는 것 보다는 큰 효과를 낼 수 있다.

### 6.3 기판의 절연

p177 : 기판의 설계에 따라서 외래 잡음의 침입이나 오동작을 감소시키려면 가장 간단한 수단으로서 정전실드의 방법이 있다. 정전실드는 방해를 주는 쪽의 전극과 피해를 받는 쪽의 전극과의 사이에 일정한 저 임피던스의 전극을 넣으면 되므로, 프린트 기판의 설계에서는 비교적 쉽게 실현이 가능하다.

## 제 7 장 회로측의 체크포인트

### 7.1 디지털 회로의 경우

p185 : 잡음의 침입을 방지하고 그것이 회로에 침입하는 것을 막으려는 방법이 효과적으로 동작하려면 중요한 조건이 한 가지 있다.

- 거기서 사용하는 장치의 회로 자체의 설계가 “어느 레벨 이하의 잡음에서는 결코 오동작하지 않는 내잡음성이 있는 것”으로 되어 있다는 것이다.
- 회로의 내잡음성의 대소에 따라 계층화해서 표준화를 하여 잡음에 약한 부분에만 특히 주의를 하는 방법을 권한다.

계층	배선길이	특징
A	2cm이내	배선에 주의
B	20cm이내	긴 케이블 드라이브에는 특별한 조치
C	30-50cm이내	케이블 선정이나 다심 케이블의 배치 등에 주의
D	1-2m이내	전송가능 케이블 시방에 주의
E	10m이상	배선기술, 선재, 정합에 주의

p187 : 가장 좋지 않은 사용법은 내잡음성이 낮은 계층의 회로가 위의 계층에 간섭하는 것이다.

p190 : 계층 A에서 보면 이 그룹의 회로는 디지털 IC의 보통의 사용법인 계층 C에 든 몇 가지 예에 비해 1/10 또는 그 이하의 내잡음성으로 되어 있다. 즉, 계층 A의 회로를 다른 회로와 같은 기판 상에 꾸미려면 다른 회로의 10배 이상의 잡음에 대한 벽을 만들고 혼입을 방지할 필요가 있다.

p191 : 케이블 드라이브의 출력은 무방비하게 다른 IC에 가하는 것은 위험하다.

- 케이블 드라이브 등의 영향으로 상승이나 하강이 늦어지면 오동작을 일으킨다. 방지책은 간단하며, 래치나 플립플롭으로 직접 케이블을 드라이브하지 않고, 케이블 드라이브에 버퍼를 넣도록 회로를 그리면 해결된다.

p203 : 오동작의 원인은 여러 가지인데, 대체로 다음의 네 가지로 대별할 수 있다.

- ① 장치 중의 전자 회로 그 자체의 내잡음성이 낮다.
- ② 장치로 조립하는 단계에서 내잡음성이 저하했다.
- ③ 장치를 조합시켜서 시스템으로 하면 잡음에 약해진다.
- ④ 내잡음성은 보통이지만, 그 환경의 잡음이 특별히 크다.

- ②, ③은 그라운드 루프를, ④는 전원이나 케이블에서의 잡음방지를 참조  
- 원인이 ①인 경우, 다음 조건을 확인하는 것이 지름길이다.

- 1) 회로의 계층별 취급은 확실한가?
- 2) 특히, 계층 A, B의 부분에 문제는 없는가?
- 3) 입력 신호가 IC가 아닌 경우의 취급은 좋은가?
- 4) 출력 케이블에서 잡음을 역류시키고 있지는 않은가?  
- 불행하게도 회로 내부의 문제라는 것을 알았으면
- 5) 패턴 설계상의 문제가 있는가?
- 6) 전원, 바이패스, 접지의 문제인가?

## 7.2 OP 앰프의 경우

p204 : 가해지는 잡음이 두 줄의 전선에 공통으로 발생하는 성질을 가질 때에는 차동 증폭기를 사용하면 잡음을 제거하는 효과를 올릴 수 있다.

p205 : 예상대로의 성능이 얻어지지 않는 원인이 될 만한 문제점은 ‘회로의 불평형’, ‘저항값의 오차’이다.

## 7.3 콤퍼레이터(comparator)의 경우

p213 : 신호와 잡음을 구별하는 회로, 거기에는 대부분의 경우 콤퍼레이터가 사용된다. 이것이 목적을 달성하기 위해서는 잡음과 신호의 전압에는 확실한 차이가 있어야 한다.

- 잡음 속에 완전히 파묻혀 있는 신호를 그곳에 가해서 콤퍼레이터에 신호만을 분리시키려는 것은 불가능하다.

p214 : 잡음과 신호를 구별하는 조건은 파고의 차, 파형의 차, 특정한 조건이 있을 때 등이며, 잡음 위에 목적으로 하는 신호를 떠오르게 하여 신호를 꺼낸다.

p215 : 콤퍼레이터는 신호와 잡음을 구별하는 장치이다. 콤퍼레이터의 입력단자에는 반드시 신호가 잡음보다 클 필요가 있다.

## 7.4 특효약

p222 : 오랫동안 골치를 썩인 트러블이 콘덴서 1 개를 넣음으로써 해결되는 일이 있다. 기술적인 바탕만 있으면 콘덴서 1개로 할 수 있는 잡음방지책은 역시 이용 가치가 있다.

- 케이블의 저쪽이 전혀 접속되어 있지 않고 오픈된 채로 사용되는 것과 같은 회로의 경우, 그곳에서 잡음이 침입할 가능성은 의외로 큰 것이다.

- 회로에 절대로 쓰이는 일이 없으면 커넥터에 끌어내지 말아야 할 것이고 케이블을

접속할 필요도 없다.

p223 : 콘덴서 1개로 효과가 있을만한 곳은 오픈되어 있는 입력케이블, 링킹할 것 같은 출력케이블, 불완전한 바이패스의 고주파 특성의 강화 등을 들 수 있다.

p224 : 인덕턴스를 잘만 사용하면 콘덴서의 효과를 한층 증가시킬 수 있다. 특히, 콘덴서만으로는 효과가 나타나기 어려운, 임피던스가 낮은 회로에 유효하다.

p225 : 전원라인의 콘덴서 바로 앞에 페라이트 비즈 1개를 삽입했다고 하자. 페라이트 비즈 1개의 삽입으로 이 부분의 잡음의 제거율을 10배 이상으로 높일 수 있다.

p227 : 페라이트 비즈의 응용을 정리해서 말하면 잡음의 필터용, 발진기나 증폭기의 기생발진(목적으로 하지 않는 높은 주파수에서의 과도적인 발진)의 방지용, 스위칭 회로나 디지털 회로에서의 링킹의 제거용으로 사용할 수 있다.

## 제 8 장 내잡음성을 측정한다.

### 8.1 잡음 시뮬레이터

p229 : 장치나 시스템이 어느 정도 잡음에 강한가, 즉 내잡음성을 알려고 할 때 가장 필요한 것은 임의의 크기의 잡음이다.

- 오동작의 원인이 되는 잡음이 언제나 같은 상태로 머물러 있지 않다.
- 잡음 모의 장치라 불리는 잡음 발생기를 이용하여 드물게 나오는 잡음의 주기적으로 발생시켜 확인한다.
- 잡음이 각양각색이어서 한 종류나 두 종류의 잡음 시뮬레이터로 모든 상태를 모의할 수는 없다.

p230 : 잡음의 종류와 결합방법

주파수에 의한 분류	전파 및 결합에 의한 분류
저주파 잡음 : 30kHz까지 주파수 영역에서 잡음 고주파 잡음 : 30kHz이상의 주파수 영역에서 잡음 펄스형 잡음 : 펄스모양의 파형 또는 주파수 분포를 갖는 잡음	공통 임피던스에 의한 결합 정전 결합에 의한 결합 전자 유도에 의한 결합

- 전용의 잡음 펄스발생기로는 수은릴레이를 사용하는 수은 펄스발생기, 동기 케이블과 수은릴레이에 의한 잡음 시뮬레이터, 방전 갭에 의한 잡음 시뮬레이터, 사이리스터에 의한 잡음 시뮬레이터, 사이리스터에 의한 간이 잡음 시뮬레이터, 저항 삽입식 덩시뮬레이터, 저 임피던스의 전류 테스트회로, 고 임피던스의 전압 테스트회로, 링킹 파형 테니스회로, 정전기 시뮬레이터, 전자 유도에 의한 내잡음 시험회로, 헬름홀츠 코일 등이 있다.

### 8.2 잡음을 어디에 가하는가

p249 : 잡음 시뮬레이터에 의해서 외래 잡음에 대한 내잡음성을 시험하려는 것은 장치의 오동작을 적게 하고 신뢰성을 높이는데 큰 효과가 있다.

- 현장의 잡음측정 혹은 잡음 시뮬레이션에 의한 측정 결과는 결과의 수치뿐만 아니

라 대부분의 측정조건을 설명하지 않으면 의미를 갖지 않는 것이 대부분이다.

- “재현성이 없는 데이터는 측정했다고는 할 수 없고, 데이터가 나왔을 뿐이다.”

- 실제로 오늘날의 내잡음성의 측정 기술의 혼란은 흔히 이 부분에 있다. 이러한 혼란의 원인은 두 가지를 들 수 있다.

① “측정”이나 “모의”나

- 재현성이 있는 정확한 측정을 하는 입장에서 말하면 조건을 되도록 고정, 간결하게 하고 단순하게 하지 않으면 안 된다. 그렇지 않으면 정확한 재현이나 측정을 할 수 없는데다가 환산이 매우 까다롭게 되고 만다.

- 모의를 하려는 입장에서 말하면 단순하게 하기보다는 되도록 실물에 가까울수록 바람직하다. 그 편이 실정에 맞기 때문이다. 불행하게도 실정이라는 것은 천차만별이므로 일괄도 할 수 없고, 요약도 곤란하다.

p250 : “내잡음성을 측정”한다는 것에 대해 위의 두 가지 입장의 혼란이 있는 한 재현성이 있는 내잡음성 측정은 어려울 것으로 생각된다.

② 주파수에 대한 사고방식

- 잡음은 본래의 목적으로 하는 신호 이외의 주파수 성분을 가지고 있다.

- 전원부, 기타 모든 입출력 부분이 예측되고 있는 신호와 별개의 주파수에서 전혀 별개의 특성을 나타낼지도 모른다. 이것이 측정값의 재현성이 나쁜 또 하나의 이유이다.

- “문제가 되고 있는 잡음이 포함하고 있는 주파수 성분을 살펴 대상으로 하는 장치, 잡음의 침입 경로 및 시험방법 등을 잡음의 주파수에서는 어떻게 되는지 추구”하는 것이 열쇠라고 생각한다.

p251 : 잡음 시뮬레이터 중의 많은 기종은 그 출력을 전등선에 가한다. 순단의 시뮬레이터는 물론 서지의 발생기, 천동의 시뮬레이터도 그에 속한다.

- 잡음 루트를 생각하고 혹은 잡음 시뮬레이터를 장치에 접속할 때에는 잡음의 성질을 10MHz 정도까지의 고주파로서 생각하면 직감적으로 알기 쉬울 것이다.

- 잡음은 직류부터 무한대 주파수까지 있다고 생각한다면 직감적으로 느끼지 못하겠지만, 10MHz부근이라고 생각하면 대체로 짐작이 가는 분도 많을 것이다.

p254 : 뇌서지 시험은 이제까지 기기에 전력공급을 하지 않는 사선의 상태에서 시험이 행하여져 왔다. 그러나 뇌서지는 동작 중의 장치에 가해지면 오동작을 일으킬 염려가 있으므로 동작 중, 즉 활선상태에서의 시험도 요구되게 되었다.

- 장치가 동작하고 있는 상태로 뇌서지를 가하는 것은 매우 까다롭다.

- 통상의 뇌서지는 전원라인과 접지 사이에 침입하는 동상성분이다.

p255 : 전력기기의 스위치 전환, 기타의 과도상태에 있어서 전력선에 발생하는 링킹을 모의한 장치에 ‘링킹 서지 발생기’가 있다. 거기서 다루는 주파수는 1MHz보다도 낮은 주파수 성분을 포함하기 때문에, 이제까지 설명한 전원 전압에 병렬로 삽입하는 방식에는 여러 가지 곤란이 생긴다. 이것을 해결하기 위해 부하를 포함하여 직렬 공진회로를 구성하고 전원 주파수에 링킹을 중첩하는 방식을 쓰고 있다.

p256 : 장치의 외함(케이스)이 금속제일 때는 그 외함 혹은 외함과 패널사이 등에 잡음 시뮬레이터로부터의 신호를 가하여 내잡음성을 시험하는 경우가 있다. 이때 주의할

것은 잡음 전류의 통로이다.

p257 : 일반적으로 외함에 전류를 흘렸을 경우, 그 전류 경로와 내부 회로와의 상호 유도계수 M은 장소와 방향에 따라 크게 변하는 것이 보통이다. 이러한 종류의 테스트는 정량성이라는 점에서 의문점이 있다.

p259 : 외함에 가하는 잡음 시뮬레이터에 의한 테스트나 정전기의 방전 테스트는 “측정”이라기보다는 “모의”라는 색체가 강한 것이 된다.

- 적어도 현실에서는 외함에 가하는 따위의 내잡음성의 시험은 “모의”의 방식으로 나가는 것이 실용적이라고 할 수 있다.

### 8.3 진단을 위한 장치

- 정확한 측정이 가장 곤란한 것은 장치에서 발사되는 전파, 즉 불요 복사이다.

- 측정이나 원인의 추구 단계에서는 가장 손쉬운 방법이 필요하다.

- 장치의 어느 부분에서 잡음이 나오고 있는지를 확인하려면 회로를 부분적으로 동작 시킨다든지, 실드를 씌운다든지, 방향을 바꾼다든지 하여 잡음의 복사 강도를 재서 그 발생원을 살핀다.

- 필요한 도구는 스펙트럼 애널라이저, 오실로스코프, 안테나(로드 안테나, 루프 안테나) 이다.

p261 : 수분에 1회, 반나절에 한 번이라는 따위의 잡음의 침입이나 오동작의 관측, 어디에서 어떤 빈도로 잡음이 들어오는가를 측정하려면 잡음을 감시하는 기계(노이즈 카운터)를 사용하면 편리하다.

## 제 9 장 발생측에서의 대책

### 9.1 스위치와 접점

p269 : 스위치 회로를 개폐하면 거기에 스파크나 진동이 생기기 때문에 접점이 소모되고 기기의 신뢰성을 저하시키는 원인 된다는 것은 잘 알려져 있다.

- 접점의 소모 정도는 각오했다고 하더라도, 이런 종류의 스파크는 넓은 범위의 주파수 성분을 포함한 잡음의 발생으로 이어진다.

- 잡음에 의한 피해를 방지하려면 발생시킨 다음에 이것을 막는 방법에 고생하기 보다는 될 수 있으면 **발생시키지 않게 하는 훨씬 효과적**이다.

- 부하가 순저항이고 전원전압이 10V이하라는 것이 스위치 하는데 가장 쉬운 조건이다.

- 전원전압이 10V를 넘어 300V까지의 범위에서는 부하가 순저항이라도 스파크(아크 방전)가 발생한다.

- 전원전압이 300V 이상이 되면 부하가 순저항이라도 글로방전(glow discharge)이라고 하는 다른 모드의 방전이 발생한다.

① **아크방전** : 접점간의 전압이 급속히 상승한 경우에 한해 발생

- 전압의 상승을 느리게 하면 방전을 방지하거나 경감할 수 있다.

p270 : 점점 간에 **도전성 증기(metal vapor)**와 **충분한 전계의 세기가 있으면 발생**

- 점점에 쓰이고 있는 재료의 증기를 통한 방전이므로 주위의 분위기에 거의 관계없이 진공 중에서도 발생

② **글로방전** : 전압의 상승속도와는 관계가 없고 점점간의 거리와 전압의 관계만으로 방전한다.

- 점점이 떨어져 가는 시간을 길게 할 수 있으면 거리가 멀어지므로 역시 점점간의 전압상승을 느리게 하여 방지할 수 있다.

p273 : **전하가 기하급수적으로 늘어나는 전사사태(avalanche)에 의하여 발생**

- 방전 개시전압은 전극 간격이 좁아질수록 낮아지는 것이 아니고 **0.1mm 정도의 곳에 최소값이 있는데, 그 값은 320V정도이다.**

- 글로방전은 아크방전과는 달리 전극의 재질에는 거의 영향을 받지 않는다. 진공에서는 일어나지 않지만 공간을 채우는 가스 쪽은 대기압 하의 절연성 가스이면 큰 차이는 없다.

- 잡음발생원의 가장 일반적인 예로서, 순저항 부하가 아니고 릴레이 코일이나 전동기의 권선과 같은 인덕턴스를 기계적인 접점을 가진 스위치로 단속하는 경우

- 인덕턴스에 흐르고 있는 전류를 스위치로 끊으면, 인덕턴스 양단에 그 때까지 가해지고 있던 전압과 반대의 방향으로 10에서 수십 배나 되는 전압이 발생하는 현상 ‘인덕티브 킥’이 발생한다.

p274 : 점점이 떨어지기 시작한 단계에서는 아크방전이 일어나고, 점점의 간격이 열려 있으면 글로방전으로 옮겨진다.

- 지금까지 설명한 세 가지 요소, 인덕턴스에서 생기는 전압, 아크방전과 글로방전의 특성을 중첩시키면 실제의 점점에 가해지는 전압을 구할 수 있다.

p276 : **방전이 일어나는 것을 방지하기 위하여 콘덴서를 넣으면** 점점이 열릴 때는 잘 동작하지만, 닫을 때에는 콘덴서에 축적되어 있던 전하를 방전하게 되고 또 거기에 아크 방전이 일어난다.

## 9.2 인덕티브 킥을 방지한다.

p278 : 콘덴서나 저항을 사용하는 방전 방지의 방법은 사용법에 따라서는 그것만으로도 필요하고 충분하게 인덕티브 킥을 억제할 수 있다.

- **인덕턴스에 병렬로 저항을 삽입하는 방법은** 가장 기본적이므로 용도에 따라서는 이대로 실용이 가능하다.

p279 : 콘덴서를 R에 직렬로 넣으면 정상시의 전류가 증가하는 것을 해결할 수 있다.

p280 : 전원이 직류일 때는 인덕턴스에 병렬로 다이오드를 넣으면 인덕티브 킥을 거의 완전하게 정확하게 말하면 다이오드 순방향 전압분만을 남기고 억제할 수 있다.

p282 : 전류가 교류일 때는 다이오드를 사용할 수 없다.

- 양극성에 제너모양의 특성을 가지고 더욱이 비용에 비해 전류 용량이 크며, 응답속도가 빠른 소자가 ‘서지 흡수기’이다.

### 9.3 스위칭에 의한 대책

p283 : 스위치로 인덕턴스를 끄는 경우의 하나의 변형으로서 스위치에 반도체 소자를 사용하는 방법이 있다.

- 인덕턴스 L을 드라이브하는데 가장 간단한 방법으로서는 다이오드 D만을 삽입하는 방법이 있다.

p284 : 전원에는 접속은 다른 회로와의 공통 임피던스를 최소로 하기 위하여 신중하게 할 작정이라면 저항이나 필터 따위를 삽입하는 것이 좋을 것이다.

- 스위칭 레귤레이터의 잡음 대책은 아무래도 발생측에서 하지 않으면 안 된다.

① 발생하는 잡음 그 자체를 작게할 것

- 스위칭 레귤레이터에서 잡음이 발생하는 장소는 먼저 스위칭을 하는 트랜지스터, 그에 수반하는 인덕티브 킥 그리고 다이오드의 역방향 회복시간 사이에 흐르는 단락전류 등, 세 가지가 주된 것이다.

- 인덕티브 킥을 제외하면 나머지는 소자선택에 달려 있다.

② 발생하는 잡음을 외부에 내지 않도록 할 것

- 내부의 레이아웃 배선, 그리고 필터와 실드의 사용법에 있다.

p288 : 사이리스터를 사용한 상용 주파수의 전력 제어 회로는 강력하고 까다로운 잡음 발생원으로서 악명이 높다.

- 사이리스터의 경우 위상 제어로 차단된 교류파형은 그 자체가 많은 고주파 성분을 포함한 채로 부하에 공급된다.

- 바꾸어 말하면 사이리스터로 제어된 부분 이후의 전원라인을 여기 저기 끄는 것은 스텝전압이 200V 정도나 되는 잡음발생기의 출력선에 전선을 끄는 것과 같은 결과가 된다.

p290 : 사이리스터 잡음 방지법은 먼저 배선과 구조부터 착수한다.

- 제어부와 제어되는 부분을 1조의 케이스 속에 봉해 넣은 구조를 처음부터 생각해 두는 것이 중요하다.

p291 : LC필터를 삽입한다.

p292 : 사이리스터 부분을 되도록 컴팩트하게 만들고 그 바로 곁에 짧은 배선으로 LC에 접속하고 분포용량이 생기기 쉬운 사이리스터의 방열판을 C에, 그 반대편을 L에 접속한다.

### 9.4 실드의 기술

p292 : 실드의 효과를 정확하게 예측하기 위하여 전자파가 실드에 부딪혔을 때 어떤 일을 하는 가를 정리해보자.

- 그 첫째는 매체의 경계에서 반사되는 성분으로 이것을 ‘반사손실(reflection loss)’이라고 정의한다.

- 둘째는 실드 내부에 침입하고부터 열로 되어서 흡수되는 성분으로 ‘흡수손실(absorption loss)’이라고 부른다.

- 셋째는 실드를 통해서 원래의 매체, 즉 공간으로 나가는 곳에서 다시 반사를 일으

켜 실드 판 속에서 2회, 4회 반복하여 반사해서 실드를 빠져나가는 성분으로 이것을 ‘재반사보정(re-reflection correction)’이다.

p298 : 실드에는 자성재를 쓰느냐, 비자성재로 하느냐의 선택이다.

- 대상이 전계나 고주파의 평면파이면 전도도가 큰 비자성재, 예를 들면 구리나 알루미늄이 유리하다는 것은 명백하다.

- 두께를 늘리면 실드의 효과도 증가한다.

- 플라스틱에 금속을 증착 또는 용사한 것이나 도전성 도료를 칠하는 방법도 좋은 효과를 올릴 수 있다.

- 실드 재료의 선택법이 크게 공헌하는 것은 니어 필드에서 자계를 대상으로 하는 경우이다. 저주파에서 자계에 대한 실드효과는 반사손실을 무시하고 계산해도 좋은 만큼 작으므로 흡수손실을 어떻게 크게 하는가가 열쇠가 된다.

- 저주파의 자기실드는 고투자율의 재료를 쓰더라도 얇고 효과적인 실드를 만들기는 매우 어렵다.

- 저주파의 자계의 실드에는 고투자율재가 유효하나, 평면파와 전계는 물론 자계도 고주파가 되면 구리나 알루미늄과 같은 고전도재로 좋은 실드가 만들어진다.

## 제 10 장 잡음대책의 실례

### 10.1 접지 관련의 실례

p307 : 접지배선을 연장 : 모듈 속에서 발생한 그라운드 루프에 의한 트러블이었다.

- 접지는 되도록 짧게 끄는 것이 원칙이지만, 그라운드 루프가 아무래도 끊이지 않을 때, 거기에 약간의 임피던스를 삽입하면 루프는 소멸하지 않지만, 피해를 적게 할 수 있다.

p309 : 묶어버린 측정기 : 확실하지 않은 접속을 여러 곳에 하는 것은 트러블의 원인이다.

- 시스템에 준비되어 있던 더티 그라운드만을 보통의 끈선으로 분전반의 접지에 접속하고 장치를 묶었던 다른 선은 모두 풀어주었다.

p310 : 접지가 떠있는 경우 : 아무리 보아도 증상은 그라운드 루프이다.

- 커넥터 패널에 실드축이 접지되어 있다는 것을 발견하고 그곳을 때어 내어 루프를 끊음으로서 해결했다.

- 내잡음성이 좋은 시스템을 만들려면 접지축의 배선도가 절대로 필요하다.

p311 : 접지되어 있지 않은 도체는 : 발전기의 바리콘을 다이얼에서 절연하고 있는 커플러가 떠 있기 때문이라는 것을 알았다.

- 먼지 등이 싸이면 습도가 높은 때는 절연이 나빠져서 금속부분의 전압은 그다지 높아지지 않는 것 같다.

- 정전기에서는 방전 시 대전류가 흐른다. 시험결과가 분균일할 때는 어딘가에 확실하게 접속되어 있지 않은 도전부분이 있다는 것을 의심해보는 것이 좋다.

p312 : “어쩔 수 없는” 이야기 : 아날로그 디지털회로에서 실드는 거의 효과가 없고, 접지가 이리저리 엉켜서 아날로그와 디지털의 분리는 불가능하다.

- 잡음대책은 설계의 개시와 동시에 시작해야한다. 어쩔 수 없다면 버려야 한다.
- p314 : 동축케이블의 마술 : 잡음파형은 오실로스코프의 수평동기를 전원 동기로 전환하였더니 깨끗이 동기가 잡혔다.
- 케이블을 만지기만 했는데 잡음이 흔적도 남기지 않고 말끔히 없어진 것이다.
  - 동축케이블의 한 줄이 20회 가량 돌돌 감겨진 것을 확인하고, 고리부분을 들어 올려 약 반을 뒤집어 겹쳤던 것이다.

## 10.2 필터와 실드에 대한 실례

p316 : 라인필터의 공과 죄 : 전원라인에서 잡음을 가한 경우, 재현성이 얻어지지 않는 원인은 전원케이블 그리고 전원 라인의 임피던스이다.

- 전원케이블 : 전원케이블에 보통으로 사용되고 있는 염화비닐 평행선은 곧게 폼 때와 여러 겹으로 구부려서 뭉친 상태를 비교하면 고주파에서는 반사의 정도가 대폭 변화한다.

- 전원라인 임피던스 : 공장 전원측의 라인임피던스에 따라서 실제로 장치에 가해지는 잡음전압은 크게 변하여 실험하는 장소에 따라서 각기 다른 결과를 나타낸다.

p317 : 밑빠진 실드 : 전파의 실드, 즉 전자실드를 효과적으로 하기 위한 비결은 옛부터 “물이 새지 않게 만들어라”라는 것이다.

- 판은 이은 곳이 가늘고 길게 열려있지 않아야 한다는 것이 포인트가 된다.
- 가늘고 긴 구멍이나 틈, 특히 판의 이은 곳에 생기기 쉬운 나사나 스폿용접 사이에 생기는 가늘고 긴 틈은 실드효과를 저하시킨다.

p319 : 조리용 은박지에 의한 간단한 실드 : 하나의 케이스에 들어 있는 것만을 사용하고 있는 한 잡음에 강하지만, 여러 대의 장치를 리본케이블을 이용하여 접속하는 경우가 늘어나는 순간 잡음에 약해지는 경향이 있다.

- 리본케이블을 은박으로 감고, 망선은 각 장치의 외함에 접속하여 접지를 공통으로 했다.

- 케이블의 기판에 접속하는 커넥터가 기판의 도금재질의 접촉 불량으로 오동작을 일으키는 이상한 버릇이 있다.

p320 : 간이 커넥터 : 잡음 방지용에 콘덴서를 넣는 경우는 흔히 있다. 그러나 임피던스가 높은 회로에서는 반드시 고주파성분을 바이패스 해주는 콘덴서도 회로의 임피던스가 낮으면 효과가 적어진다.

- 임피던스가 낮은 곳에서 잡음과 고주파성분을 저지하려면 인덕턴스의 성분을 삽입하면 효과적이다.
- 페라이트 비즈를 넣은 것이 한 가지 방법이다.

## 10.3 회로 기술에 관한 실례

p321 : 3만 회에 한 번의 오인자 : 장치의 내잡음성은 측정기 단독이건 프린터 단독이건 수준 이상의 성능을 나타낸다. 그런데 둘을 접속한 상태에서 전원라인이나 복사로 잡음 펄스를 가하면 거기에 동기하여 확실한 오동작하는 것을 알게 되었다.

- 문제는 컨트롤 입력 p에 있었다. 아마도 프린터를 설계한 측에서는 장치측에 들어

있을 것이라고 생각하고, 측정기를 만든 사람은 프린터측의 형편으로 쓰지 않는 선이 생기면 풀업해 줄 것이라고 생각한 것 같다.

- 프린터 케이블이 접속되면 내부에는 그라운드 라인도 포함되어 두 외함의 대지임피던스의 차이에서 거기에 잡음전류가 흐른다.

- 대책은 저항 1개로 끝났지만, 이것과 비슷한 트러블은 현실로는 적지 않게 일어나고 있다.

p322 : 감시가 필요한 카운터 : 계수값이 달라지는 것은 펄스 파고를 구별하기 위한 콤파레이터가 원인이라는 것이 대부분 이다.

- 입력부예의 잡음 침입을 되도록 방지하고 콤파레이터에 잡음의 진폭보다 조금 클 정도의 히스테리시스를 붙이면 확실하게 해결된다.

- 새벽이나 심야에 일어나는 까닭은? 온도가 낮으면 카운터의 임계값이 올라가고 타이밍에 따라서 오동작이 발생하기 쉽다

p324 : 신호는 크게 해서 보내라 : 신호를 보내는 측의 OP앰프에서 10mV 대신에 10V로 보내고 기록계의 입력단자에 1/1000의 분압기를 붙여 내잡음성을 1000배 높였다.

p325 : 사이리스터의 잡음과 대책 예 : 잡음을 내고 있는 사이리스터 또는 그것을 사용한 장치가 발견되었으면 어떻게 할 것인가?

- 조금이라도 외부 특히, 전등선을 경유하여 나가는 잡음을 억제할 필요가 있다.

- 전원라인 필터를 장치에 되도록 가까운 곳에 부착하여 효과를 시험한다.

p325 : 전자는 깨끗한 것을 좋아한다. : 디지털 회로에서 발생하는 잡음이 문제가 되는 일이 있다.

- 발생원으로 되어 있는 디지털 부분을 실드하고 거기에 출입하고 있는 전선에 필터를 삽입하는 것이 정석이라고 할 수 있다.

- 같은 디지털회로라도 바이패스 콘덴서를 넣는 방법에 따라 방출되는 잡음은 변화될 것이다.

p327 : 실력차가 나는 배선 : 배선의 방법을 바꾸어 리플의 파형이 변화하고, 검출 저항을 외함에 꼭 붙여 최선이 되게 했다. 바깥쪽에서는 이 이상 어쩔 수가 없다.

- 내부에서는 검출저항의 직선형으로 된 판을 둘로 접고, 리드선을 케이스와 같은 쪽에서 루프의 면적을 되도록 작게 해서 꺼낼 수 있게 했다.

- 효과는 커서 리플은 처음의 1/40으로 저감되었다.

#### 10.4 전원이 관계하는 실례

p328 : 정전과 순간 : 정전해도 오동작하지 않는다는 납입조건은 아직 오늘날에는 드문 경우이다.

- 장시간 계속되는 측정이나 데이터 수집, 여러 날 계속되는 데이터 처리나 계산을 하고 있는 동안에 정전이나 순간에 있어도 이용자는 장치를 원망하게 된다.

- 잡음의 차단을 위한 아이솔레이션 트랜스(isolation Trans), 수분간이라도 좋으므로 전력을 공급할 수 있는 무정전 전원을 넣으면 이상적일 것이다.

p329 : 콘센트의 전기는 전부 같은가? : 단상 3선식이라는 배선은 교류 100V를 2조

세 줄의 배선으로 공급하는 방식이다.

p331 : 미국제 장치를 들어 올렸더니 : 미국에서는 전원플러그의 다리가 3개인데, 그 하나는 반드시 접지되어 있으므로 라인필터에는 거침없이 큰 콘덴서가 들어 있는 것이다. 이것을 일본 국내에서 운전할 때는 흔히 어댑터를 붙여서 접지의 접속을 띄운 채로 사용한다,

### 10.5 시스템 설계에 관한 실례

p333 : 모듈과 그라운드 루프 : 다른 곳에서는 아무런 트러블 없이 잘 동작하고 있는 장치와 똑 같은 것을 쓰고 있는데 자기 것은 상태가 좋지 않다는 예를 가끔 본다.

- 여기저기의 캐비닛으로 분산된 장치 사이를 배선이 엉키고 전선, 특히 동축케이블 축에서 저항이 낮은 그라운드 루프가 생성되고 있다.

- 단체 간을 연결한 구리에 의한 접지판으로, 루프의 저항값을 낮게 하여 노이즈에 대한 감도를 높이는데 효과적으로 작용하고 있었다.

- 전선의 왕복은 같은 경로를, 특히, 동축의 경우는 길이를 같게 하여 가볍게 꼬고 장치의 배치 변경을 포함하여 배선을 다시한 후, 단체 간의 접지판은 제거했다.

p335 : 디지털 전압계의 잡음설계 : 가드 내에는 아날로그부와 직접 관계하는 필요 최소한의 부분을 넣고 결과는 데이터를 일단 시리얼로 변환하여 1회 결합링크를 가진 아이솔레이션 트랜스를 거쳐서 주고받는 구조이다.

p336 : 드물게 발생하는 잡음 : 시스템의 내잡음성이 낮은 것을 알게 되면 그 앞을 추구하는 것은 비교적 용이하다.

- 내잡음성이 충분한 경우는 매우 까다롭다.

- 큰 잡음이 가장 침입하기 쉬운 것은 전원인데, 그 이외에서는 접지에 흘러드는 전류를 감시하면 좋은 실마리가 얻어진다.

p338 : 잠깐 : 갑자기 멈춘 시스템의 원인을 찾아내려고 프로그램을 시험한 끝에 결국 동작시킬 수 없는 채로 전원이 밤늦게 귀가하였다. 다음날 전원을 끄고 돌아간 시스템의 스위치를 눌렀더니 아무 일도 없이 동작을 하는 것이 아닌가?

- 시스템을 정지시키고 장치 1대의 IB상에서 어드레스를 변경하였던 것이다. 그 장치의 어드레스 스위치는 사용 중에 어드레스를 잘못해서 변경하는 일이 없도록 버스 케이블을 빼지 않으면 스위치가 동작하지 않게 되어 있다.

- 퇴근하는 담당자가 버스케이블을 잠깐 동안 뺐었을 뿐이다.

END