

PHẠM MINH HÀ

Kỹ thuật **MẠCH ĐIỆN TỬ**



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

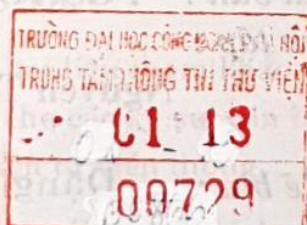
PHẠM MINH HÀ

LỜI NÓI ĐẦU



KỸ THUẬT MẠCH ĐIỆN TỬ

In lần thứ 8, có sửa chữa



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

HÀ NỘI - 2006

LỜI NÓI ĐẦU

Bộ sách "*Kỹ thuật điện tử*" được viết dựa trên cơ sở giáo trình cùng tên đã được dùng làm tài liệu giảng dạy trong nhiều năm gần đây tại Trường Đại học Bách khoa Hà Nội. Trong lần xuất bản đầu tiên ở Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật năm 1992, sách đã được in làm ba tập (và được tái bản nhiều lần).

Tập 1 gồm sáu chương, trình bày *Các vấn đề cơ sở của mạch điện tử* (cơ sở phân tích mạch điện tử, hồi tiếp âm trong các mạch điện tử, vấn đề cung cấp và ổn định chế độ công tác của các mạch điện tử) và Các mạch rời rạc thực hiện các chức năng biến đổi tuyến tính (tăng khuếch đại tín hiệu nhỏ dùng tranzistor), tăng khuếch đại chuyên dụng, tăng khuếch đại công suất).

Tập 2 gồm ba chương về *Bộ khuếch đại thuật toán và các ứng dụng của nó*.

Tập 3 gồm sáu chương, nghiên cứu về *Các mạch cơ bản thực hiện các chức năng biến đổi phi tuyến* (tạo dao động, điều chế, tách sóng, chuyển đổi tương tự - số và số - tương tự, chỉnh lưu và ổn áp).

Để bạn đọc tiện sử dụng, lần xuất bản này chúng tôi gộp thành một cuốn. Trong từng chương đều có sửa chữa và bổ sung những vấn đề mới. Phần bài tập và bài giải mẫu trước đây được bố trí sau mỗi tập, nay chuyển xuống cuối của cuốn sách, với nhiều dạng bài tập mới.

Sách đã được dùng làm tài liệu tham khảo cho sinh viên ngành Điện tử - Viễn thông. Sách cũng rất bổ ích cho các kỹ sư, cán bộ kỹ thuật và công nhân các ngành có liên quan đến kỹ thuật điện tử viễn thông.

Trong quá trình biên soạn lại cuốn sách này, tác giả đã được các bạn đồng nghiệp góp nhiều ý kiến bổ ích, được Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật khuyến khích và tạo điều kiện thuận lợi để sách ra mắt kịp thời. Chúng tôi xin bày tỏ lời cảm ơn chân thành về sự giúp đỡ quý báu đó.

Mặc dù đã cố gắng sửa chữa, bổ sung cho cuốn sách được hoàn chỉnh hơn trong lần tái bản này song chắc rằng không tránh khỏi những thiếu sót, hạn chế. Tác giả mong nhận được các ý kiến đóng góp quý báu của bạn đọc.

TÁC GIẢ

MỤC LỤC

Lời nói đầu

Trang
3

CHƯƠNG 1. NHỮNG KHÁI NIỆM CHUNG VÀ CƠ SỞ PHÂN TÍCH MẠCH ĐIỆN TỬ

1.1. Khái niệm về mạch điện tử và nhiệm vụ của nó	5
1.2. Đặc tính cơ bản và các tham số của tranzistor lưỡng cực	6
1.2.1. Các đặc tính tĩnh và phương trình cơ bản	6
1.2.2. Sơ đồ tương đương tín hiệu bé	11
1.2.3. Tần số giới hạn	18
1.3. Đặc tính cơ bản và tham số của tranzistor hiệu ứng trường	20
1.3.1. Phân loại và các đặc điểm cơ bản	20
1.3.2. Sơ đồ tương đương và tần số giới hạn	23
1.3.3. Đặc điểm của <i>Fet</i> so với tranzistor lưỡng cực và đèn điện tử và ứng dụng	25
1.4. Sơ lược phương pháp tính các mạng tuyến tính và phi tuyến	25

CHƯƠNG 2. HỒI TIẾP

2.1. Các định nghĩa cơ bản	26
2.2. Các phương trình cơ bản của mạng bốn cực có hồi tiếp	27
2.3. Phương pháp phân tích bộ khuếch đại có hồi tiếp	28
2.4. Ảnh hưởng của hồi tiếp đến các tính chất của bộ khuếch đại	31
2.4.1. Ảnh hưởng của hồi tiếp âm đến độ ổn định của hệ số khuếch đại	31
2.4.2. Ảnh hưởng của hồi tiếp âm đến trở kháng vào	33
2.4.3. Ảnh hưởng của hồi tiếp âm đến trở kháng ra	34
2.4.4. Ảnh hưởng của hồi tiếp âm đến dải động của bộ khuếch đại và đến méo phi tuyến	36
2.4.5. Ảnh hưởng của hồi tiếp âm đến tạp âm	36
2.4.6. Ảnh hưởng của hồi tiếp âm đến đặc tính động của bộ khuếch đại	37

CHƯƠNG 3. CUNG CẤP VÀ ỔN ĐỊNH CHẾ ĐỘ CÔNG TÁC CHO CÁC TẦNG DÙNG TRANZISTOR

3.1. Đặt vấn đề	46
3.2. Mạch cung cấp và ổn định chế độ công tác của các tầng dùng tranzistor lưỡng cực	47
3.2.1. Chế độ tĩnh	47
3.2.2. Mạch cung cấp	49
3.2.3. Hiện tượng trôi điểm làm việc	50

3.2.4. Các sơ đồ ổn định tuyến tính	52
3.2.5. Các sơ đồ ổn định phi tuyến	56
3.2.6. Ổn định điểm làm việc trong các mạch tổ hợp tương tự	57
3.3. Mạch cung cấp và ổn định chế độ công tác cho các tầng dùng tranzistor hiệu ứng trường	58
3.3.1. Chế độ tĩnh	58
3.3.2. Các sơ đồ ổn định điểm làm việc	59
CHƯƠNG 4. CÁC SƠ ĐỒ CƠ BẢN CỦA TẦNG KHUẾCH ĐẠI TÍN HIỆU NHỎ DÙNG TRANZISTOR VÀ MẠCH GHÉP GIỮA CÁC TẦNG	
4.1. Phương pháp phân tích	61
4.1.1. Phân tích theo các tham số của mạng bốn cực	61
4.1.2. Phân tích theo sơ đồ tương đương π (Sơ đồ tương đương vật lý)	64
4.1.3. Phân tử tích cực và nguồn tương đương	64
4.2. Sơ đồ emito chung	65
4.2.1. Chế độ tĩnh	65
4.2.2. Sơ đồ emito chung đơn giản	68
4.2.3. Sơ đồ emito chung có hồi tiếp âm dòng điện	69
4.2.3. Sơ đồ emito chung có hồi tiếp âm điện áp	70
4.3. Sơ đồ source chung	72
4.4. Sơ đồ lập emito	74
4.5. Sơ đồ lập source (sơ đồ Drain chung)	77
4.6. Sơ đồ bazo chung	78
4.7. Tổng quan về ba loại sơ đồ cơ bản dùng tranzistor lưỡng cực và tranzistor trường	79
4.8. Sơ đồ Darlington	80
4.8.1. Chế độ tĩnh	80
4.8.2. Đặc tính của mạch trong phạm vi tần số thấp	81
4.9. Các mạch đặc biệt	83
4.9.1. Mạch Kaskode	83
4.9.2. Mạch tổ hợp Fet - tranzistor lưỡng cực	85
4.10. Bộ khuếch đại vi sai	87
4.10.1. Sơ đồ và tham số cơ bản	87
4.10.2. Hiện tượng trôi	90
4.10.3. Một số sơ đồ cơ bản của bộ khuếch đại vi sai	90
4.11. Mạch ghép giữa các tầng	94
4.11.1. Ghép trực tiếp	94
4.11.2. Ghép điện trở	94
4.11.3. Ghép diot zener	94
4.11.4. Ghép RC	95
4.11.5. Ghép biến áp	96
4.11.6. Ghép tranzistor bù	96
4.11.7. Ghép điện quang	96

CHƯƠNG 5. CÁC SỐ ĐỒ KHUẾCH ĐẠI CHUYÊN DỤNG VÀ TẠP ÂM TRONG BỘ KHUẾCH ĐẠI

5.1. Bộ khuếch đại chọn lọc	96
5.1.1. Khái niệm	96
5.1.2. Vấn đề chọn lọc tần số của bộ khuếch đại	97
5.1.3. Vấn đề ổn định của bộ khuếch đại	97
5.1.4. Một số sơ đồ khuếch đại chọn lọc dùng tranzistor lưỡng cực và tranzistor trường	100
5.2. Bộ khuếch đại dải rộng	102
5.2.1. Đặc điểm	102
5.2.2. Các biện pháp mở rộng dải tần số của bộ khuếch đại	102
5.2.2.1. Các biện pháp nhằm giảm tần số giới hạn dưới	102
5.2.2.2. Các biện pháp nhằm tăng tần số giới hạn trên	103
5.3. Táp âm khuếch đại	104
5.3.1. Điện áp phổ tap âm, dòng điện phổ tap âm	105
5.3.2. Sơ đồ tương đương tap âm của bộ khuếch đại	105
5.3.3. Phân tích tap âm	106
5.3.4. Dải tần của tap âm, tỷ số tín hiệu trên tap âm, hệ số tap âm	108
5.3.5. Táp âm trong bộ khuếch đại nhiều tầng	109

CHƯƠNG 6. TẦNG KHUẾCH ĐẠI CÔNG SUẤT

6.1. Những vấn đề chung về tầng khuếch đại công suất	110
6.1.1. Các tham số của tầng khuếch đại công suất	110
6.1.2. Chế độ công tác và định điểm làm việc cho tầng khuếch đại công suất	110
6.2. Những vấn đề chung về mạch điện tầng khuếch đại công suất	112
6.3. Tầng khuếch đại đơn	112
6.3.1. Sơ đồ emito chung	113
6.3.2. Sơ đồ lặp emito	114
6.4. Tầng khuếch đại đẩy kéo	119
6.4.1. Những vấn đề chung về tầng khuếch đại đẩy kéo	119
6.4.2. Sơ đồ đẩy kéo song song	121
6.4.3. Sơ đồ đẩy kéo nối tiếp dùng tranzistor cùng loại	123
6.4.4. Sơ đồ đẩy kéo nối tiếp dùng tranzistor bù	125
6.5. Một số biện pháp nhằm cải thiện đặc tính của mạch	130

CHƯƠNG 7. NHỮNG VẤN ĐỀ CHUNG VỀ BỘ KHUẾCH ĐẠI THUẬT TOÁN

7.1. Các tính chất và tham số cơ bản	134
7.1.1. Các tính chất cơ bản	134
7.1.2. Hệ số khuếch đại hiệu K_0	135
7.1.3. Đặc tính biên độ - tần số	135
7.1.4. Hệ số khuếch đại đồng pha	137
7.1.5. Hệ số nén đồng pha	137

7.1.6. Điện trở vào hiệu, điện trở vào đồng pha và điện trở ra	138
7.1.7. Dòng vào tĩnh, điện áp vào lệnh không	138
7.2. Các sơ đồ cơ bản của bộ khuếch đại thuật toán	139
7.2.1. Các sơ đồ khuếch đại đảo	139
7.2.2. Các sơ đồ khuếch đại thuận	141
7.3. Ảnh hưởng của dòng điện tĩnh, của điện áp lệch không, của hiện tượng trôi đèn công tác của bộ khuếch đại thuật toán và các biện pháp bù	144
7.4. Ổn định công tác của bộ khuếch đại thuật toán và các biện pháp bù tần số	146
7.4.1. Ổn định của một hệ thống có hồi tiếp	146
7.4.2. Các biện pháp bù đặc tuyến tần số (bù pha)	147
7.5. Cấu trúc bên trong của bộ khuếch đại thuật toán	155
7.5.1. Các sơ đồ khuếch đại thuật toán dạng đơn giản	155
7.5.2. Bộ khuếch đại thuật toán có hai tầng khuếch đại điện áp	156
7.5.3. Bộ khuếch đại thuật toán dùng khuếch đại vi sai bù	157
7.5.5. Hai bộ khuếch đại thuật toán thông dụng $\mu A709$ và $\mu A741$	158
7.5.6. Một số điểm cần lưu ý khi chọn dùng bộ khuếch đại thuật toán cho những mục đích khác	160
CHƯƠNG 8. CÁC MẠCH TÍNH TOÁN VÀ ĐIỀU KHIỂN TUYẾN TÍNH DÙNG KHUẾCH ĐẠI THUẬT TOÁN	
8.1. Khái niệm	160
8.2. Mạch cộng và mạch trừ	160
8.2.1. Mạch cộng đảo	160
8.2.2. Mạch khuếch đại đảo với trở kháng vào lớn	161
8.2.3. Mạch trừ	161
8.2.4. Mạch trừ nhiều thành phần	163
8.2.5. Mạch từ với trở kháng vào lớn	163
8.2.6. Mạch tạo điện áp ra có cực tính thay đổi	164
8.3. Mạch biến đổi trở kháng	164
8.3.1. Mạch biến đổi trở kháng âm (NIC)	164
8.3.2. Rotato	166
8.3.3. Gyrato	168
8.3.4. Xiecculato	172
8.4. Mạch tích phân	175
8.4.1. Mạch tích phân đảo	175
8.4.2. Điều kiện đầu của mạch tích phân	176
8.4.3. Mạch tích phân tổng và hiệu	177
8.4.4. Mạch tích phân không đảo	177
8.4.5. Mạch tích phân kép	177
8.5. Mạch PI (proportional - Intergated)	178
8.6. Mạch vi phân	179
8.7. Mạch PID (proportional - Intergated - Differential)	180

8.8. Mạch lọc tích cực	182
8.8.1. Khái niệm	182
8.8.2. Thực hiện mạch lọc thông thấp và thông cao bậc hai	187
8.8.3. Thực hiện mạch lọc thông thấp và thông cao bậc cao $n > 2$	191
8.8.4. Mạch lọc chọn lọc và mạch lọc thông dải	192
8.8.5. Mạch nén chọn lọc	195

CHƯƠNG 9. CÁC MẠCH KHUẾCH ĐẠI VÀ TẠO HÀM PHI TUYẾN DÙNG KHUẾCH ĐẠI THUẬT TOÁN

9.1. Khái niệm	199
9.2. Các mạch khuếch đại và tính toán phi tuyến liên tục	200
9.2.1. Mạch khuếch đại loga	200
9.2.2. Mạch khuếch đại đối loga	203
9.2.3. Mạch nhân tương tự và mạch lũy thừa bậc 2	205
9.2.4. Mạch chia và mạch khai căn	210
9.3. Các mạch phi tuyến không liên tục	213
9.3.1. Nguyên tắc thực các mạch phi tuyến không liên tục và các phần tử cơ bản của nó	213
9.3.2. Mạch hạn chế chính xác	214
9.3.3. Mạch chỉnh lưu chính xác	216
9.3.4. Mạch tạo hàm dùng diot	221
9.3.5. Mạch so sánh tương tự	225
9.3.6. Mạch khóa và mạch lấy mẫu	230

CHƯƠNG 10. CÁC MẠCH TẠO DAO ĐỘNG

10.1. Các vấn đề chung về tạo dao động	233
10.2. Điều kiện dao động và đặc điểm của mạch tạo dao động	233
10.3. Ổn định biên độ dao động và tần số dao động	236
10.3.1. Ổn định biên độ dao động	236
10.3.2. Ổn định tần số dao động	236
10.4. Phương pháp tính toán mạch tạo dao động	237
10.5. Mạch điện các bộ tạo dao động LC	239
10.5.1. Vấn đề ổn định biên độ trong các bộ tạo dao động LC	239
10.5.2. Mạch tạo dao động ghép biến áp	240
10.5.3. Các loại mạch ba điểm	242
10.5.4. Các mạch tạo dao động dùng thạch anh	246
10.6. Mạch điện các bộ tạo dao động RC	250
10.6.1. Đặc điểm chung của các bộ tạo dao động RC	250
10.6.2. Bộ tạo dao động dùng mạch di pha trong mạch hồi tiếp	251
10.6.3. Bộ tạo dao động dùng mạch lọc T và T - kép trong mạch hồi tiếp	252
10.6.4. Bộ tạo dao động dùng mạch cầu viên trong mạch hồi tiếp	254

CHƯƠNG II. ĐIỀU CHẾ

11.1. Định nghĩa	257
11.2. Điều biên	257
11.2.1. Phổ của tín hiệu điều biên	257
11.2.2. Quan hệ năng lượng trong điều biên	259
11.2.3. Các chỉ tiêu cơ bản của dao động đã điều biên	260
11.2.4. Phương pháp tính toán mạch điều biên	261
11.2.5. Các mạch điều biên cụ thể	265
11.3. Điều chế đơn biên	268
11.3.1. Khái niệm	268
11.3.2. Các phương pháp điều chế đơn biên	269
11.4. Điều tần và điều pha	274
11.4.1. Các công thức cơ bản và quan hệ giữa điều tần và điều pha	274
11.4.2. Phổ của dao động đã điều tần và điều pha	275
11.4.3. Mạch điện điều tần và điều pha	277
11.4.4. Một số biện pháp để nâng cao chất lượng tín hiệu điều tần	285

CHƯƠNG 12. TÁCH SÓNG

12.1. Khái niệm về tách sóng	286
12.2. Tách sóng biên độ	286
12.2.1. Các tham số cơ bản	286
12.2.2. Mạch điện bộ tách sóng biên độ	287
12.2.3. Hiện tượng phách và hiện tượng chèn ép trong bộ tách sóng biên độ	295
12.3. Tách sóng tín hiệu đơn biên	297
12.4. Tách sóng tín hiệu điều tần	297
12.4.1. Khái niệm	297
12.4.2. Mạch điện bộ tách sóng tần số	298

CHƯƠNG 13. TRộn TẦN

13.1. Lý thuyết chung về trộn tần	308
13.1.1. Định nghĩa	308
13.1.2. Nguyên lý trộn tần	308
13.1.3. Phân loại	309
13.1.4. Ứng dụng	309
13.2. Hệ phương trình đặc trưng và các tham số cơ bản	309
13.3. Mạch trộn tần	312
13.3.1. Mạch trộn tần dùng diot	312
13.3.2. Mạch trộn tần dùng phân tử khuếch đại	315
13.4. Nhiễu trong mạch trộn tần	320
13.5. Vòng giữ pha (PLL - phase locked loop)	322
13.5.1. Nguyên lý tác dụng	322
13.5.2. Tính chất của PLL tuyến tính	323
13.5.3. Các khối cơ bản của PLL	325
13.5.4. Ứng dụng của PLL	327

CHƯƠNG 14. CHUYỂN ĐỔI TƯƠNG TỰ - SỐ VÀ CHUYỂN ĐỔI SỐ - TƯƠNG TỰ

14.1. Cơ sở lý thuyết	329
14.1.1. Khái niệm chung	329
14.1.2. Các tham số cơ bản	332
14.1.3. Nguyên tắc làm việc của ADC	333
14.2. Các phương pháp chuyển đổi tương tự - số	335
14.2.1. Phân loại	334
14.2.2. Chuyển đổi AD theo phương pháp song song	335
14.2.3. Chuyển đổi AD theo phương pháp phân đoạn từng bit (chuyển đổi nối tiếp theo mã nhị phân)	337
14.2.4. Chuyển đổi AD nối tiếp dùng vòng hồi tiếp	338
14.2.5. Chuyển đổi AD theo phương pháp đếm đơn giản	340
14.2.6. Chuyển đổi AD theo phương pháp tích phân hai sườn dốc	341
14.2.7. Chuyển đổi AD theo phương pháp song song - nối tiếp kết hợp	344
14.2.8. Chuyển đổi AD phi tuyến	344
14.3. Các phương pháp chuyển đổi số - tương tự (DA)	346
14.3.1. Chuyển đổi số - tương tự bằng phương pháp thang điện trở	347
14.3.2. Chuyển đổi số - tương tự bằng phương pháp mạng điện trở	348
14.3.3. Chuyển đổi số - tương tự bằng phương pháp mã hoá Shannon - Rack	349
CHƯƠNG 15. MẠCH CUNG CẤP NGUỒN	
15.1. Khái niệm và phân loại	350
15.2. Biến áp nguồn và chỉnh lưu	352
15.2.1. Mạch chỉnh lưu nửa sóng	353
15.2.2. Mạch chỉnh lưu toàn sóng	355
15.2.3. Tải của bộ chỉnh lưu	357
15.2.4. Mạch bội áp	358
15.2.5. Khâu lọc trong các bộ chỉnh lưu	359
15.3. Ổn áp	361
15.3.1. Mạch ổn áp dùng diốt Zener	361
15.3.2. Mạch ổn áp dùng diốt Zenner với mạch lặp emito	363
15.3.3. Mạch ổn áp có hồi tiếp	364
15.3.4. Ổn áp xung	470
15.4. Chỉnh lưu đảo	372
15.5. Biến đổi điện áp một chiều và bộ nguồn không dùng biến áp nguồn	374
15.5.1. Biến đổi điện áp một chiều	374
15.5.2. Bộ nguồn không dùng biến áp nguồn	375
Bài tập	376
Tài liệu tham khảo	433