

С Ъ Д Ъ Р Ж А Н И Е

Предговор	I
Кратки исторически бележки	III
Основни исторически дати в развитието на телекомуникациите	IX

ЧАСТ I

ОСНОВНИ ПРИНЦИПИ НА МУЛТИПЛЕКСИРАНЕ

В ТЕЛЕКОМУНИКАЦИИТЕ	1
---------------------------	---

ГЛАВА 1. Въведение

	3
--	---

1.1. Основни понятия и определения	3
1.2. Логаритмични относителни единици	8
1.2.1. Абсолютни, относителни и измерителни нива на предаване	9
1.2.2. Измерване нивото на електрически сигнали	12
1.2.3. Диаграма на нивото	15
1.2.4. Затихване и усилване на сигналите	18
1.3. Първични съобщителни сигнали	20
1.3.1. Параметри и класификация на първични електрически сигнали	20
1.3.2. Особенности на параметри на телефонните (разговорни) сигнали	22
1.3.3. Особенности и параметри на радиопрограмни сигнали	24
1.3.4. Особенности и параметри на телевизионни сигнали	25
1.3.5. Особенности и параметри на сигнали за предаване на данни	26
1.4. Съобщителни канали	29
1.4.1. Съобщителният канал като четириполюсник	30
1.4.2. Канали за тонална честота (ТЧ)	36
1.4.3. Канали за радиоразпръскване	38
1.4.4. Канали за изображение	38
1.4.5. Широколентови и цифрови канали	39
1.5. Двупосочни канали. Диференциални системи	39
1.5.1. Двупосочните канали като затворена система	45

ГЛАВА 2. Принципи на изграждане на мултиплексни системи

	50
--	----

2.1. Техничко-икономическа обосновка за използване на мултиплексните системи в телекомуникациите	50
2.2. Обобщена структурна схема на мултиплексна система	51
2.3. Методи за разделяне на каналните сигнали	53
2.3.1. Линеино разделяне на канални сигнали	54
2.4. Шумове и смущения в каналите на мултиплексните системи	59
2.4.1. Собствени шумове	60
2.4.2. Шумове от линейни преходи	60
2.4.3. Шумове от нелинейни преходи	63

ГЛАВА 3. Мултиплексиране с разделяне на каналите по честота	65
3.1. Структурна схема на мултиплексна система с честотно разделяне на каналите	65
3.2. Формиране на каналните сигнали в системите с честотно разделяне на каналите	68
3.3. Предаване на едната странична честотна лента	73
3.3.1. <i>Преобразуване на честота</i>	74
3.3.2. <i>Многократно преобразуване на честотите</i>	77
3.4. Мултиплексиране на сигнали със застъпващи се честотни ленти	85
3.4.1. <i>Мултиплексиране с квадратурни носещи честоти</i>	85
3.4.2. <i>Мултиплексиране с ортогонално честотно делене на каналите</i>	86
3.4.2.1. <i>Исторически бележки</i>	86
3.4.2.2. <i>Основни принципи на OFDM</i>	88
3.4.2.2.1. <i>Генериране на носеща честота</i>	89
3.4.2.2.2. <i>Обобщена блокова схема на OFDM система</i>	95
3.4.2.2.3. <i>Защитен интервал и циклично разширение на OFDM символ</i>	96
3.4.2.2.4. <i>Избор на форма на OFDM символите</i>	98
3.4.2.2.5. <i>Избор на параметрите на система с OFDM</i>	100
ГЛАВА 4. Мултиплексиране с разделяне на каналите по време	105
4.1. Общи сведения	105
4.2. Амплитудно-импулсна модулация	109
4.3. Квантуване на сигналите по ниво	114
4.3.1. <i>Оценка на шумовете при равномерно квантуване</i>	117
4.3.2. <i>Определяне броя на нивата на квантуване $M = 2^m$</i>	121
4.3.3. <i>Оценка на шумовете при неравномерно квантуване</i>	122
4.3.4. <i>Квазилогаритмичен μ-закон</i>	125
4.3.5. <i>Квазилогаритмичен A-закон</i>	127
4.3.6. <i>Сегментни компресорни закони</i>	128
4.3.7. <i>Честотен спектър на шумовете от квантуване</i>	130
4.4. Кодирание на квантувани сигнали. Импулсно-кодова модулация	131
4.4.1. <i>Параметри на ИКМ в съвременните цифрови мултиплексни системи с ИКМ</i>	136
4.5. Обобщена структурна схема на цифрова мултиплексна система с ИКМ	137
4.6. Структура на цикъла на система ИКМ-30	141
4.7. Статистическо мултиплексиране на ИКМ канали	142
ГЛАВА 5. Мултиплексиране чрез разделяне по дължина на вълната ..	150
5.1. Общи сведения	150
5.2. Класификация на WDM системите	154
5.3. Основни характеристики на WDM системите	155

5.3.1. Междуканално отстояние	155
5.3.2. Изисквания към оптичната мощност	156
5.3.3. Междуканално и вътрешноканално преслушване	158
5.3.4. Ограничения в работата на WDM системите	159
5.3.5. Работни параметри на WDM системи	163
5.4. WDM и мултиплексиране по време	168
ГЛАВА 6. Синхронизация в цифровите мултиплексни системи	170
6.1. Тактова синхронизация	171
6.1.1. Видове текстова синхронизация	171
6.1.2. Задаващ генератор в автономен режим	171
6.1.3. Генератор в принудителна синхронизация	174
6.1.4. Отделяне на синхронизиращ сигнал	176
6.1.5. Основни параметри на синхронизиращия (хрониращ) сигнал	179
6.2. Циклова синхронизация	180
6.2.1. Общи бележки	180
6.2.2. Принципи на изграждане на системите за циклова синхронизация ..	185
6.2.2.1. Алгоритъм на работа на приемници на циклов синхросигнал със „задържане” на контрола и еднотактово спиране на тактовия генератор	189
6.2.2.2. Алгоритъм на работа на приемници на циклов синхросигнал с „плъзгащ” се контрол и еднотактово спиране на тактовия генератор	193
6.3. Свърхциклова синхронизация	197
6.4. Препоръки на ITU-T относно цикловия и свърхцикловия синхросигнал на цифрови мултиплексни системи РСМ-30	202
6.5. Метод за циклова синхронизация CRC-4	206

ЧАСТ II

ПРЕДАВАНЕ НА ЦИФРОВИ СИГНАЛИ

ПО КАБЕЛНИ ЛИНИИ	211
------------------------	-----

ГЛАВА 7. Цифров линиен тракт

7.1. Цифров линиен тракт	213
7.2. Линейно кодиране. Скремблиране	217
7.2.1. AMI-код	218
7.2.2. HDB-3 код	223
7.2.3. 4B/3T линейни кодове	225
7.2.3.1. Линиен код 4B/3T	227
7.2.3.2. Линиен код MS43	230
7.2.4. 2B1Q линиен код	232
7.2.5. Линийни кодове за оптични съобщителни кабели	233
7.2.6. Скремблиране	237

7.3. Регенериране на цифрови сигнали	238
7.3.1. Връзка между отношението сигнал/шум на входа на ЦР и вероятност за възникване на цифрова грешка p_e	241
7.3.2. Закон за натрупване на цифрови грешки по дължината на линиен тракт	244
7.3.3. Тактова синхронизация при ЦР	246
7.3.4. Джитер	247
7.4. Цифров интерфейс G.703	248
7.4.1. Физически и електрически характеристики на интерфейса G.703 ...	249
7.5. DSL преносна технология	250
7.6. Кодиращи технологии при DSL линейни трактове	250
ГЛАВА 8. Кабелни съобщителни линии	258
8.1. Общи сведения	258
8.2. Симетрични съобщителни кабели	259
8.2.1. Основи на разпространение на електромагнитната енергия при симетрични съобщителни кабели. Особенности на параметрите им при мултиплексни системи	261
8.2.2. Конструктивни особености на симетрични съобщителни кабели	270
8.2.2.1. Проводникови материали	270
8.2.2.2. Изолационни материали	270
8.2.2.3. Защитни материали	272
8.2.2.4. Екраниращи материали	273
8.2.2.5. Усукване на проводниците	274
8.2.3. Взаимни влияния при симетрични съобщителни кабели	276
8.2.4. Видове симетрични съобщителни кабели	283
8.2.4.1. Селищни симетрични кабели	283
8.2.4.2. Междуселищни симетрични кабели	285
8.3. Коаксиални съобщителни кабели	287
8.4. Оптични съобщителни кабели	291
8.4.1. Оптични влакна	292
8.4.1.1. Многомодови оптични влакна	304
8.4.1.2. Едномодови оптични влакна	306
8.4.2. Основни параметри и характеристики на оптичните влакна	309
8.4.2.1. Оптични параметри на оптичните влакна	309
8.4.2.2. Преносни характеристики и параметри	310
8.4.2.3. Работни диапазони от дължини на вълни	314
8.4.2.4. Дисперсия на оптичните влакна	315
8.4.2.5. Нелинейни характеристики	320
8.4.2.6. Геометрични характеристики	320
8.4.2.7. Характеристики и методи на измерване на параметрите на оптични влакна и кабели	322
8.4.3. Основни конструктивни особености и характеристики на оптичните съобщителни кабели	322

8.4.3.1. Основни конструктивни елементи на оптичните кабели	323
8.4.3.2. Конструкции на оптични кабели	327
8.4.3.2.1. Оптични кабели за външно полагане	327
8.4.3.2.2. Оптични кабели за вътрешно полагане	329
8.4.3.2.3. Кабели за оптични шнулове	331
8.4.4. Международни стандартизирани технически и оптични параметри на оптичните кабели	334
8.4.4.1. Цветна кодировка и маркировка на оптичните кабели	335

ЧАСТ III

ПЛЕЗИОХРОННИ И СИНХРОННИ

ЦИФРОВИ ЙЕРАРХИИ 341

ГЛАВА 9. Плезиохронна цифрова йерархия (pdh – йерархия) 343

9.1. Общи бележки	343
9.2. Особенности на мултиплексиране на цифрови потоци в PDH – йерархията	345
9.3. Методи на мултиплексиране на плезиохронни цифрови потоци	348
9.4. Основни особености на метода за цифрово изравняване с положителен стафинг	351

ГЛАВА 10. Въведение в синхронната цифрова йерархия (sdh – йерархия) 358

10.1. Основни недостатъци на PDH – йерархията	358
10.2. Кратки исторически сведения за възникване и развитие на SDH – йерархията	360
10.3. Основни особености на SDH – йерархията	363
10.4. Предимства на синхронните цифрови мрежи	367

ГЛАВА 11. Основни понятия и положения в sdh – йерархията 369

11.1. Общи бележки	369
11.2. Синхронен транспортен модул STM-1	371
11.3. Основна схема на синхронно мултиплексиране. Основополагащи елементи в схемата на синхронното мултиплексиране	374
11.3.1. Контейнер (Container) C-nx	374
11.3.2. Виртуален контейнер (Virtual Container) VC-nx	376
11.3.3. Трибутарни блокове (Tributary Unit) TU-nx	378
11.3.4. Група от трибутарни блокове (Tributary Unit Group) TUG-n	380
11.3.5. Административни блокове (Administrative Unit) AU-n	381
11.3.6. Група от административни блокове (Administrative Unit Group) AUG	381
11.4. ETSI схема на синхронно мултиплексиране	381

ГЛАВА 12. Основни процедури при синхронното мултиплексиране	385
12.1. Структуриране (mapping)	385
12.1.1. Асинхронно структуриране	385
12.1.2. Синхронно структуриране по битове	386
12.1.3. Синхронно структуриране по байтове	386
12.1.4. Структуриране на трибютарни сигнали във виртуални контейнери VC-3 и VC-4	387
12.1.4.1. Асинхронно структуриране на трибютарен сигнал $E4 = 139,264 \text{ Mbit/s}$ в VC-4	387
12.1.4.2. Асинхронно структуриране на трибютарен сигнал $E3 = 34,368 \text{ Mbit/s}$ в VC-3	389
12.1.5. Структуриране на трибютарни сигнали във виртуални контейнери VC-11, VC-12 и VC-2	391
12.1.5.1. Асинхронно структуриране на трибютарен сигнал $E1 = 2,048 \text{ Mbit/s}$ в VC-12	391
12.1.5.2. Синхронно структуриране по байтове на трибютарен сигнал $E1 = 2,048 \text{ Mbit/s}$ в VC-12	391
12.1.5.3. Индикация за фазата на свръхцикъла в $E1$ при PCM-30 с присъединен канал (CAS)	396
12.1.6. Структуриране на ATM сигнал	396
12.2. Фазово изравняване (aligning). Пойнтер	398
12.3. Мултиплексиране	402
12.3.1. Мултиплексиране на TU-n ($n = 11, 12, 2, 3$) във VC-4	403
12.3.1.1. Мултиплексиране на TU-n ($n = 11, 12, 2, 3$) до TUG-3	403
12.3.1.2. Мултиплексиране на един TU-3 в TUG-3	404
12.3.1.3. Мултиплексиране на три TUG-3 в VC-4	404
12.3.2. Мултиплексиране на AU-4 в STM-N	405
12.3.2.1. Мултиплексиране на един AU-4 в AUG	405
12.3.2.2. Мултиплексиране на N AUG в STM-N	405
ГЛАВА 13. Заглавна информация на секцията (soh) и на пътя (roh)	408
13.1. Общи бележки	408
13.2. Слоеста структура на SDH – мрежа	409
13.3. Структура на заглавната информация на секцията SOH	411
13.3.1. Структура на заглавната информация на RSOH при STM-1	412
13.3.2. Структура на заглавната информация на MSOH при STM-1	415
13.4. Структура на заглавната информация на пътя (POH)	417
13.4.1. Структура на VC-3/VC-4 POH	417
13.4.2. Структура на VC-1/VC-2 POH	419
13.5. Сигнали за поддръжка	420
13.5.1. Сигнали за поддръжка на секцията	420
13.5.2. Сигнали за поддръжка на пътя	420
13.5.3. Вътрешни реакции на сигнала за поддръжка	422

ГЛАВА 14. Функционални съоръжения на sdh мрежите	423
14.1. Функции на основните съоръжения в синхронните транспортни мрежи	423
14.2. Функционални съоръжения на SDH – мрежи	424
14.2.1. Синхронни мултиплексори	424
14.2.2. Синхронни крос-конектори	427
14.2.3. Синхронни линейни устройства	436
14.3. Синхронните SDH мрежи	438
14.3.1. Топология на SDH мрежи	438
14.3.1.1. Топология „точка-точка”	438
14.3.1.2. „Верижна” топология	439
14.3.1.3. Топология тип „звезда”	439
14.3.1.4. Рингов структура на мрежата	440
14.3.2. Архитектура на SDH	440
14.3.2.1. Радиално-рингова архитектура	441
14.3.2.2. Структура тип „ринг-ринг”	441
14.3.2.3. Комбинирана архитектура на SDH мрежа	442
Използвани съкращения	444
Литература	446