

D. E. RAVALICO

RADIO ELEMENTI

8ª EDIZIONE AGGIORNATA



HOEPLI

D. E. RAVALICO

R A D I O E L E M E N T I

CORSO PREPARATORIO PER
RADIOTECNICI E RIPARATORI

ELEMENTI GENERALI DI ELETTRICITÀ - ELEMENTI GENERALI DI RADIOTECNICA - PARTI COMPONENTI L'APPARECCHIO RADIO RICEVENTE - TEORIA E PRATICA DELLE VALVOLE RADIO E DEI TRANSISTOR - SCHEMI E DATI COSTRUTTIVI DI APPARECCHI RADIO A CRISTALLO E DI PICCOLI APPARECCHI A VALVOLE PER DILETTANTI - APPARECCHI A TRANSISTOR - TRASFORMATORI DI ALIMENTAZIONE, AUTOTRASFORMATORI E ALTOPARLANTI - SCHEMI E DATI PRATICI PER LA COSTRUZIONE DI APPARECCHI RADIOTRASMITTENTI AD USO DEI DILETTANTI

FORMULE - TABELLE - EFFEMERIDI

OTTAVA EDIZIONE AGGIORNATA

368 figure, 8 tavole
fuori testo e 12 tabelle

EDITORE ULRICO HOEPLI MILANO
1966

TUTTI I DIRITTI SONO RISERVATI A NORMA DI LEGGE
NONCHÈ A NORMA DELLE CONVENZIONI INTERNAZIONALI

Copyright 1966 by Ulrico Hoepli - Milan (via Hoepli 5)



Industrie Grafiche Italiane STUCCHI - Milano - Via Salomone 61
(Printed in Italy)

INDICE DEI CAPITOLI

Simboli, abbreviazioni e prefissi	XV
Segni matematici - Prefissi metrici - Equivalenti decimali . .	XVII
Multipli e sottomultipli delle unità di misura - Frequenza e lunghezza d'onda	XVIII
Equivalenza misure statunitensi e metriche	XIX
Filo rame per avvolgimenti bobine	XX
Scienziati che hanno contribuito al progresso della radiotecnica	XXI
Principali tappe della radiotecnica	XXVI

Capitolo primo

TENSIONE, INTENSITÀ DI CORRENTE E RESISTENZA

Volt, ampere e ohm	1
Multipli e sottomultipli	2
Circuiti con pile e lampadine	2
Strumenti di misura	14

Capitolo secondo

CIRCUITI A RESISTENZE

Legge di Ohm	18
Circuiti con resistenze in serie	21
Caduta di tensione ai capi di resistenze in serie	23
Resistenze in parallelo	25
Circuiti a resistenze accoppiate in serie-parallelo	27
Il collegamento delle resistenze	29
La divisione della corrente nei circuiti a resistenza	31
Il divisore di tensione senza carico	33
Divisore di tensione con carico	35

INDICE DEI CAPITOLI

Capitolo terzo

RESISTENZE FISSE E RESISTENZE VARIABILI

La potenza elettrica	38
Energia consumata e lavoro	39
Le resistenze fisse	41
Tolleranza dei valori delle resistenze	43
Carico ammissibile delle resistenze	44
Nuovo codice a colori per le resistenze	48
Valori normali per le resistenze fisse	49
Le resistenze variabili. Il reostato e il potenziometro	50

Capitolo quarto

CONDENSATORI FISSI E CONDENSATORI VARIABILI

Condensatori e capacità	54
Il picofarad e il microfarad	55
Simbolo e aspetto dei condensatori fissi	57
Condensatori ad aria e condensatori a mica	60
Condensatori avvolti	63
Condensatori ceramici	67
Codice a colori per condensatori	68
Il condensatore variabile	70
Condensatori elettrolitici	74
Tensione di lavoro e tensione di prova	78
Collegamento di condensatori	81
Invenzione del condensatore	85
La corrente di spostamento	86
Reattanza del condensatore	89
Perdite nei condensatori	91

Capitolo quinto

LE ONDE RADIO

Lunghezza e ampiezza d'onda	93
Frequenza e velocità di propagazione	95
Semplici formule	100
Spettro e gamme d'onda	102
Estensione di gamma	103
Gli inizi della radiotecnica	104

Capitolo sesto

LA SINTONIA E IL CIRCUITO ACCORDATO

Premesse	109
La bobina d'induttanza	112
Esempio di bobina di sintonia	117
Selettività e sensibilità dell'apparecchio	120

INDICE DEI CAPITOLI

Capitolo settimo

PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO DELL'APPARECCHIO RADIO

L'apparecchio radio più semplice	125
Apparecchio radio con amplificazione	130
Due esempi di apparecchi radio a cristallo e transistor	133

Capitolo ottavo

APPARECCHI RADIO IN REAZIONE, A TRANSISTOR

Apparecchio a reazione, di tipo sperimentale	139
Apparecchio con transistor rivelatore, in reazione	141
Apparecchio a reazione con 4 transistor e altoparlante	143

Capitolo nono

APPARECCHI REFLEX A TRANSISTOR

Il circuito reflex	150
Apparecchio a 2 transistor e 1 diodo	157
Secondo esempio di apparecchio reflex a 2 transistor e 2 diodi	157
Terzo esempio di apparecchio reflex a 2 transistor e 2 diodi	158
Apparecchio reflex a 3 transistor e 2 diodi	159
Secondo esempio di apparecchio a 3 transistor e 2 diodi	160
Apparecchio a 3 transistor, con stadio finale in controfase	164

Capitolo decimo

APPARECCHI SUPERETERODINA A TRANSISTOR

Categorie di apparecchi	170
Caratteristiche generali	171
Principio di funzionamento	175
I circuiti del primo transistor	178
Esempio di apparecchio portatile a sei transistor e due diodi	180
Apparecchio a 4 transistor e 1 diodo, in circuito supereterodina reflex	181
Esempio di apparecchio cordless per onde medie e corte	184

Capitolo undicesimo

LE VALVOLE RADIO

La corrente elettronica	189
Il catodo	192
L'amplificazione con valvole elettroniche	196
Allimentazione in alternata	207
Caratteristiche di funzionamento delle valvole	208
La tensione negativa di polarizzazione	215
Polarizzazione con resistenza catodica	215

INDICE DEI CAPITOLI

Capitolo dodicesimo

APPARECCHI A VALVOLE PER DILETTANTI

Apparecchio ricevente ad una valvola per prime prove pratiche	219
Esempio di apparecchio ad una valvola in reazione	224
Apparecchio a due valvole, a pile	228
Due valvole, per onde corte, a pile	233
Apparecchio a tre valvole per dilettanti	238
Apparecchio a due valvole, per onde medie, in altoparlante	244
Apparecchio a due valvole, per sole onde corte	247

Capitolo tredicesimo

LA CONVERSIONE DI FREQUENZA E LA MEDIA FREQUENZA

Principio della conversione di frequenza	251
Lo stadio convertitore di frequenza	254
Come avviene la conversione di frequenza	259
Allineamento dei circuiti accordati	261
I trasformatori di media frequenza	265
Valvole convertitrici	270
Valvole convertitrici di tipo americano	277
Valvole amplificatrici di media frequenza di tipo americano	278
Valvole convertitrici di tipo europeo	280
Valvole amplificatrici di media frequenza di tipo europeo	282

Capitolo quattordicesimo

LA RIVELAZIONE E IL CONTROLLO AUTOMATICO DI VOLUME

La valvola rivelatrice	287
Il controllo di volume	291
Il controllo automatico di volume	294
Il controllo fisiologico di volume	297
L'indicazione ottica di sintonia. L'occhio magico	297
Valvole rivelatrici	299

Capitolo quindicesimo

L'AMPLIFICAZIONE AUDIO

Esempio di valvola amplificatrice finale	306
Il trasformatore d'uscita	307
Particolarità della valvola finale	310
Il controllo di tono	315
Il circuito di controreazione	317
Amplificazione finale in controfase	319
La valvola invertitrice di fase	321
Valvole finali di tipo americano	323
Valvole finali di tipo europeo	325

INDICE DEI CAPITOLI

Capitolo sedicesimo CIRCUITI E VALVOLE DI ALIMENTAZIONE

L'alimentatore degli apparecchi a valvole	328
Principio della valvola rettificatrice	330
Principio della valvola raddrizzatrice	331
Principio del rettificatore a selenio	332
Principio del trasformatore di alimentazione	334
Il cambio tensione	336
Avvolgimenti del trasformatore	338
Esempio pratico di trasformatore di alimentazione	344
Esempio di piccolo apparecchio radio ad autotrasformatore	349
Esempio di calcolo semplificato di autotrasformatore	352
Valvole raddrizzatrici di tipo americano	356
Valvole raddrizzatrici di tipo europeo	361

Capitolo diciassettesimo ALIMENTATORI, ELIMINATORI E CONVERTITORI

Alimentatori per piccoli apparecchi	365
Alimentazione con rettificatori a selenio	367
Caratteristiche dei rettificatori a selenio	369
Esempi di alimentatori con rettificatore a selenio	371
Rettificatori, duplicatori e triplicatori	377
Alimentatore con duplicatore di tensione	379
Alimentatori senza trasformatore	380
Schemi di alimentatori senza trasformatore	382
Esempi di alimentatori a selenio per apparecchi senza trasformatore	385
Alimentatori a vibratore per apparecchi autoradio a valvole	387
Eliminatore a selenio, per apparecchi a transistor	390
Convertitore a selenio, per apparecchi autoradio a transistor	392

Capitolo diciottesimo L'ALTOPARLANTE E LA RIPRODUZIONE SONORA

Principio di funzionamento e parti componenti	394
Parti componenti l'altoparlante magnetodinamico	396
Particolarità degli altoparlanti	400
Il fonorivelatore o pick-up	402

Capitolo diciannovesimo ESEMPI DI APPARECCHI A VALVOLE A ONDE MEDIE E CORTE

Esempio di apparecchio portatile a valvole	408
Esempio di piccolo apparecchio a 5 valvole, in alternata	413
Esempio di apparecchio commerciale, a 4 valvole più selenio	414
La commutazione di gamma	416
Esempio di apparecchio ad onde medie e corte	424

INDICE DEI CAPITOLI

Capitolo ventesimo

LA MODULAZIONE DI FREQUENZA

Onde ultracorte a modulazione di frequenza	427
L'apparecchio a modulazione di frequenza	430
La rivelazione dei segnali FM	435
Esempio di apparecchio radio a modulazione di ampiezza e di frequenza	438

Capitolo ventunesimo

APPARECCHI A TRANSISTOR A MODULAZIONE DI FREQUENZA

Caratteristiche generali	440
Stadio d'entrata e conversione	443
Stadio d'entrata onde medie	444
Lo stadio di rivelazione	445
Schema di apparecchio a modulazione di frequenza, a transistor	445

Capitolo ventiduesimo

ALLINEAMENTO E TARATURA DEGLI APPARECCHI RADIO

Allineamento del circuito d'oscillatore con la scala parlante .	449
Strumenti necessari	450
Taratura delle supereterodine	451
Ordine di taratura	452
Allineamento del circuito d'oscillatore	453
Taratura e sensibilità di ricezione	456

Capitolo ventitreesimo

ASPETTI FONDAMENTALI DELLA RADIOTRASMISSIONE

Principi e definizioni	458
Circuiti di valvole oscillatrici	461
Il cristallo di quarzo nei trasmettitori	464
Trasmettitore ad una valvola per principianti	471
Caratteristiche dei trasmettitori di media potenza	476

Capitolo ventiquattresimo

ONDE ULTRACORTE E MICROONDE

Metri e megacicli	477
Onde ultracorte e altissime frequenze	478
Televisione e onde ultracorte	478
Microonde decimetriche e ultrafrequenze	480
Microonde centimetriche e superfrequenze	484

INDICE DEI CAPITOLI

Capitolo venticinquesimo

APPARECCHI PER ONDE ULTRACORTE

Principio della super-reaazione	486
Rivelatori in super reazione	488
Apparecchi riceventi a super-reaazione per onde ultracorte	491
Funzionamento dei ricevitori a super-reaazione	495
Apparecchi per la ricezione dell'audio-TV	497
Apparecchio in super-reaazione a due transistor	499
Secondo esempio di ricevitore in super-reaazione a transistor	504
INDICE ALFABETICO-ANALITICO	513

SIMBOLI, ABBREVIAZIONI E PREFISSI

A	= ampere	cg	= centigrammo
mA	= milliampere	hg	= ettogrammo
μ A	= microampere	kg	= chilogrammo
C	= coulomb	γ	= (gamma) conduttività
C	= capacità	H	= henry
$^{\circ}$ C	= grado centigrado	μ H	= microhenry
c.d.t.	= caduta di tensione	Hz	= hertz
cg	= centigrammo	kHz	= kilohertz
cm	= centimetro	MHz	= megahertz
c/s	= ciclo al secondo	h	= ora
cm ²	= centimetro quadrato	ha	= ettaro (= 10.000 m ²)
cm ³	= centimetro cubo	I	= corrente
cos φ	= fattore di potenza	J	= joule
ψ	= (fi) flusso magnetico	kc/s	= chilociclo al sec.
dm	= decimetro	kg	= chilogrammo
dg	= decigrammo	kgm	= chilogrammetro
d.d.p.	= diff. di potenziale	km	= chilometro
dm ²	= decimetro quadrato	kHz	= kilohertz
dm ³	= decimetro cubo	kV	= kilovolt
Δ	= (delta) diff. finita	kVA	= chilovoltampere
δ	= (delta) ang. di perdita	kW	= chilowatt
E	= forza elettromotrice	kWh	= chilowattora
ϵ	= costante dielettrica	k Ω	= chilo-ohm
F	= farad	L	= lira
mF	= millifarad	L	= induttanza
μ F	= microfarad	l	= litro
pF	= picofarad	λ	= (lambda) lunghezza d'onda
f	= frequenza	M	= mutua induttanza
f.e.m.	= forza elettromotrice	Mc/s	= megaciclo al sec.
f.c.e.m.	= forza contro elettromotrice	MHz	= megahertz
G	= conduttanza	M Ω	= megaohm
g	= grammo	m	= metro
mg	= milligrammo	cm	= centimetro

SIMBOLI, ABBREVIAZIONI E PREFISSI

<p>mm = millimetro km = chilometro mA = milliampere mH = millihenry mm = millimetri mΩ = milliohm mV = millivolt mW = milliwatt m² = metro quadrato cm² = centimetro quadrato mm² = millimetro quadrato m³ = metro cubo dm³ = decimetro cubo cm³ = centimetro cubo μ = (mu) micron (= 10⁻⁶ m) μ = permeabilità μA = microampere μμF = micromicrofarad μH = microhenry μS = microsiemens μΩ = microohm π = pi greco (3,1416...) Q = carica elettrica q = quintale (= 100 kg) R = resistenza elettrica ρ = (ro) resistività S = siemens</p>	<p>μS = microsiemens s = secondo ("") T = periodo t = tempo t = tonnellata (= 1000 kg) TΩ = teraohm φ = (fi) angolo di fase V = volt kV = chilovolt mV = millivolt μV = microvolt VA = voltampere kVA = chilovoltampere W = watt hW = ettowatt kW = chilowatt Wh = wattora kWh = chilowattora X = reattanza Y = ammettenza Z = impedenza ω = (omega) pulsazione Ω = (omega) ohm ℧ = mho μΩ = microohm μ℧ = micromho MΩ = megaohm</p>
--	--

ABBREVIAZIONI, SEGNI E PREFISSI

SEGNI MATEMATICI

Più	+	Maggiore di...	>
Meno	-	Minore di...	<
Moltiplicato per	×	Maggiore o uguale a...	≥
Diviso per	: /	Minore o uguale a...	≤
Da... a...	÷	Molto maggiore di...	»
Uguale a...	=	Molto minore di...	«
Diverso da...	≠	Infinito	∞
Proporzionale a...	∝	Radice quadrata di...	$\sqrt{\quad}$
Circa	~		

PREFISSI METRICI

Simbolo	Valore	Nome	Prefisso
$\mu\mu$ o p	10^{-12}	Bilionesimo	micromicro o plco
m μ	10^{-9}	Millesimo di milionesimo	milli-micro
μ	10^{-6}	Milionesimo	micro
m	10^{-3}	Millesimo	milli
c	10^{-2}	Centesimo	centi
d	10^{-1}	Decimo	deci
	1	Uno	uni
D	10	Dieci	deca
h	10^2	Cento	etto
k	10^3	Mille	chilo
Dk	10^4	Diecimila	miria
M	10^6	Milione	mega
T	10^{12}	Bilione	tera

EQUIVALENTI DECIMALI

1/64	0,0165	7/16	0,4375
1/31	0,021	1/2	0,500
1/16	0,0625	9/16	0,5625
3/32	0,0936	5/8	0,625
1/8	0,125	11/16	0,6825
3/16	0,1875	3/4	0,750
1/4	0,250	13/16	0,8125
5/16	0,3125	7/8	0,875
3/8	0,3750	15/16	0,9375

ABBREVIAZIONI, SEGNI E PREFISSI

MULTIPLI E SOTTOMULTIPLI DELLE UNITÀ
DI MISURA

Ampere	= 1.000.000.000.000 di . . .	micromicroampere
Ampere	= 1.000.000.000 di	microampere
Ampere	= 1.000	milliampere
Chilociclo	= 1.000	cicli
Chilovolt	= 1.000	volt
Chilowatt	= 1.000	watt
Ciclo	= 0,000,001	megaciclo
Ciclo	= 0,001	chilociclo
Farad	= 1.000.000.000.000 di . . .	micromicrofarad
Farad	= 1.000.000 di	microfarad
Farad	= 1.000	millifarad
Henry	= 1.000.000 di	micromicrohenry
Henry	= 1.000	millihenry
Megaciclo	= 1.000.000 di	cicli
Mho	= 1.000.000 di	micromho
Mho	= 1.000	millimho
Microampere	= 0,000,001	ampere
Microfarad	= 0,000,001	farad
Microhenry	= 0,000,001	henry
Micromho	= 0,000,001	mho
Micromho	= 0,000,001	ohm
Microvolt	= 0,000,001	volt
Microwatt	= 0,000,001	watt
Micromicrofarad	= 0,000.000.000.001 . . .	farad
Micromicroohm	= 0,000.000.000.001 . . .	ohm
Milliampere	= 0,001	ampere
Millihenry	= 0,001	henry
Millimho	= 0,001	mho
Milliohm	= 0,001	ohm
Millivolt	= 0,001	volt
Milliwatt	= 0,001	watt
Ohm	= 1.000.000.000.000 di . . .	micromicroohm
Ohm	= 1.000.000 di	microohm
Ohm	= 1.000	milliohm
Volt	= 1.000.000 di	microvolt
Volt	= 1.000	microvolt
Watt	= 1.000.000 di	microwatt
Watt	= 1.000	milliwatt
Watt	= 0,001	chilowatt

FREQUENZA E LUNGHEZZA D'ONDA

Lunghezza d'onda in metri =

$$\frac{300.000}{\text{Frequenza in chilocicli}} \quad \text{oppure} \quad \frac{300}{\text{Frequenza in megacicli}}$$

ABBREVIAZIONI, SEGNI E PREFISSI

(segue) Frequenza e lunghezza d'onda

ONDE MEDIE		ONDE CORTE	
Frequenza in chilocicli	Lunghezza d'onda in metri	Frequenza in megacicli	Lunghezza d'onda in metri
550	545	1,5	200
600	500	2	150
650	461	3	100
700	429	4	75,0
750	400	5	60,0
800	375	6	50,0
850	353	7	42,9
900	333	8	37,5
960	316	9	33,3
1000	300	10	30,0
1050	286	11	27,3
1100	273	12	25,0
1150	261	13	23,1
1200	250	14	21,4
1250	240	15	20,0
1300	231	16	18,8
1350	222	17	17,6
1400	214	18	16,7
1450	207	19	15,8
1500	200	20	15,0

EQUIVALENZA MISURE STATUNITENSI E METRICHE

Per trasformatore	in	Moltiplicare per
Mils	mm	0,0254
Mils circolari	mm ²	0,000506
Pollice ²	cm ²	6,45
Spire per pollice	spire per cm	0,396
Spire per pollice ²	spire per cm ²	0,155
Piedi per libbra	metri per kg	0,671
Ohm per 1000 piedi	ohm per km	3,28

ABBREVIAZIONI, SEGNI E PREFISSI

· FILO RAME PER AVVOLGIMENTI BOBINE

Diamefro filo mm	Lunghezza filo smaltato in m per g	Spire per centimetro		
		smalto	2 × cotone	2 × seta
0,05	51	146	60	81
0,10	13	81	34	44
0,12	9,5	66	30	40
0,14	7	58	28	37
0,16	5	52	26	34
0,18	4	46	24	31
0,20	3,5	42	22	28
0,22	3	38	21	26
0,25	2	35	20	25
0,30	1,5	29	18	22
0,35	1	25	16	20
0,40	0,85	22	15	18
0,45	0,68	20	14	16
0,50	0,55	18	13	15
0,60	0,38	15	12	13
0,70	0,28	13	10	11
0,80	0,22	11,5	9,5	10
0,90	0,12	10	8,5	9
1,00	0,14	9	7,5	8

SCIENZIATI CHE HANNO CONTRIBUITO AL PROGRESSO DELLA RADIOTECNICA

- ARMSTRONG** Edivino (New York, 1890). Ingegnere statunitense, radiotecnico, inventore del circuito a reazione (1912), della supereterodina (1918), del circuito super-reazione (1920), sviluppò il sistema di modulazione di frequenza ed ideò un sistema (1939) per diminuire le interferenze.
- BELLINI** Ettore (Foligno 1876). Scienziato, inventò insieme al cap. Tosi, il « radiogoniometro », apparecchio usato per guidare la rotta delle navi e degli aeroplani.
- BRANLY** Edoardo (Amlens 1844 - Parigi 1940). Si occupò di telegrafia senza fili utilizzando il coherer di Calzecchi Onesti e l'antenna di Marconi.
- BARKHAUSEN** Enrico (Brema 1881). Ideò un particolare oscillatore a valvola con il quale ottenne correnti oscillanti ad altissima frequenza, atte per l'irradiazione di microonde.
- BRAUN** Carlo Ferdinando (Fulda 1850 - New York 1918). Fisico tedesco; eseguì alcune fondamentali esperienze con i raggi catodici. Nel 1919 divise con Marconi il premio Nobel per la fisica. Si deve a Braun il tubo a raggi catodici oggi usato per la ricezione della televisione (tubo di Braun). Le immagini televisive appaiono sullo schermo piatto del tubo, sulla parte posteriore del quale è deposto uno strato di materiale fluorescente, che si illumina sotto l'azione dei raggi catodici in rapido movimento nell'interno del tubo.
- CALZECCHI ONESTI** Temistocle (Lapedona-Ascoli 1853 - Montebiano 1922). Utilizzò la proprietà della limateira di ferro di diventare conduttrice per effetto della captazione di onde radio da parte di un'antenna. Nel 1884 ideò un dispositivo detto « coherer » o « coesore », costituito da un tubetto di limateira di ferro e da un campanello, collegato fra un'antenna esterna e una presa di terra, utilizzato per molti anni per la segnalazione di scariche atmosferiche, preannuncianti l'arrivo di temporali, ed anche per i primi segnali di telegrafia senza fili. Il coherer di Calzecchi Onesti ebbe molta importanza per essere stato il primo rivelatore radio.
- COOLIDGE** Guglielmo Davide (Hudson Massachusetts 1873). Perfezionò le valvole radio ed i tubi a raggi catodici, contribuendo notevolmente alla diffusione della « röntgenterapia ».
- DE FOREST** Lee (Council Bluffs-Iowa 1873), Perfezionò notevolmente la valvola elettronica a due elettroni di Fleming, rendendola adatta ad amplificare i segnali radiotelegrafici, e ciò con l'introduzione

SCIENZIATI CHE HANNO CONTRIBUITO

di un terzo elettrodo detto «griglia». Dette in tal modo inizio a tutta l'elettronica e contribuì grandemente al progresso delle radiocomunicazioni.

DUDEL Guglielmo Du Bois (Londra 1872-1917), Ingegnere elettrotecnico. Perfezionò i sistemi di trasmissione radiotelegrafica mediante un dispositivo ad arco voltaico collegato ad un circuito oscillatorio, con il quale ottenne nel 1900 delle oscillazioni persistenti di frequenza acustica, che fu detto «arco cantante D.» e dal quale derivarono poi i generatori di oscillazioni persistenti per radiofrequenza ad arco voltaico. Esegui ricerche sulla resistenza dell'arco elettrico e sulle correnti alternate.

EDISON Tommaso Alva (Milan-Ohio 1847 - West Orange-N. J. 1931). Inventore ed elettrotecnico autodidatta. Realizzò varie invenzioni di grande importanza e contribuì al progresso della tecnica industriale. Inventò il microfono a carbone (1876) che permise l'attuazione pratica del telefono; inventò il fonografo (1878), la lampada elettrica ad incandescenza con filamento di cotone carbonizzato (1879), che successivamente fu da lui stesso perfezionata con l'introduzione di un filamento di platino in ampolla di vetro vuotata dall'aria. Rilevò per primo nel 1884 il fenomeno del passaggio di una corrente fra il filamento incandescente di una lampadina elettrica ed un elettrodo positivo presente nella lampadina; da tale osservazione sperimentale ebbero origine le valvole elettroniche, oggi alla base di tutte le radiocomunicazioni. Nel 1889 costruì il primo rudimentale cinematografo («cinetoscopio»). Al nome di E. sono ancora legati la telegrafia duplex e la prima centrale elettrica di New York, capace di alimentare 2500 lampadine (1882).

FERMI Enrico (Roma 29-9-1901 - Chicago 28-11-54). Fisico italiano, premio Nobel 1938 per la fisica. Enunciò una teoria sulla statistica degli elettroni; studiò l'azione dei neutroni nella disintegrazione del nucleo atomico, la trasmutazione dell'atomo di uranio, ecc.

FESSENDEN Reginald Aubrey (Milton 1866 - Hamilton - Bermuda). Ideò e costruì i primi alternatori ad alta frequenza per la trasmissione radiofonica ad arco voltaico.

FLEMING Giovanni Ambrogio (Lancaster 1849 - Devon 1945). Perfezionò la tecnica dell'illuminazione elettrica ed attuò, nel 1904, l'applicazione pratica dell'effetto Edison con la realizzazione della prima valvola radio a due elettrodi, detta diodo, usata in quell'epoca per la ricezione radio e dalla quale ebbero inizio tutte le altre valvole elettroniche. Enunciò le cosiddette «regole della mano destra» che servono a trovare il verso della forza elettromotrice indotta da un conduttore mobile in un campo magnetico e quelle «della mano sinistra» che servono a trovare il verso della forza alla quale si trova sottoposto un conduttore percorso da corrente ed immerso in un campo magnetico.

GALVANI Luigi (Bologna 1737-1798). Fisico e medico. Realizzò nel 1786 l'esperienza che doveva renderlo immortale aprendo la via

allo studio dell'elettrofisiologia. In quell'anno, ossia un secolo prima della scoperta delle onde radio, notò che ogni qualvolta girava una macchinetta a strofinio e produceva delle scintille, si verificavano rapide contrazioni delle zampe posteriori di una rana uccisa e scorticata, messa ad asciugare sopra una tavoletta di legno. Ad ogni scintilla corrispondeva una contrazione la quale era tanto più forte quanto più la scintilla scoppiava vicino alla rana. Ciò avveniva poiché le scintille producevano oscillazioni elettriche e quindi onde radio, le quali raggiungevano i nervi crurali della rana e determinavano in essi analoghe oscillazioni elettriche che causavano le contrazioni muscolari. L'esperimento di G. è oggi considerato il punto di partenza delle radiocomunicazioni, poiché la rana scorticata agiva esattamente come un rivelatore di onde radio diffuse dalle scariche elettriche atmosferiche. In seguito Calzecchi Onesti sostituì la rana di G. con il proprio coherer.

GEISSLER Enrico (Igelshieb-Meiningen 1814 - Bonn 1879). Ideò la pompa a mercurio e legò il suo nome allo studio della scarica elettrica nel gas rarefatti ideando i «tubi di G.», che sono tubi di vetro contenenti gas di varia natura e a pressioni diverse (sempre però molto piccole e dell'ordine di qualche millimetro di mercurio). Dai tubi di G. sono derivati i moderni «tubi luminescenti».

HEAVISIDE Oliviero (Londra 1850 - Torquay 1925). Notò soprattutto per aver esposto nel 1902 (contemporaneamente a Kennelly) l'ipotesi, confermata dalle esperienze della esistenza di uno strato ionizzato nella stratosfera («strato di H.») che si comporta come uno specchio, riflettendo verso terra le radioonde e permettendo il collegamento fra due punti a grande distanza (tale strato si troverebbe di giorno a 150 km dal suolo e di notte a 400 km). Sviluppò e perfezionò la teoria del campo elettromagnetico di Maxwell; precorse la teoria elettronica, riconoscendo una massa di natura elettromagnetica e prevedendo la sua variazione con la velocità.

HEISING Raimondo (Albert Lea-Minn. 1888). Radiotecnico statunitense noto per lo sviluppo dato ai sistemi di modulazione per la radiotelegrafia.

HENRY Giuseppe (Albany 1797 - Washington 1878). Precursore dell'elettromagnetismo, ebbe per primo l'idea di isolare un filo conduttore ed avvolgerlo a forma di bobina, al fine di esaltarne gli effetti magnetici.

HERTZ Enrico (Amburgo 1857 - Bonn 1894). Dimostrò sperimentalmente per primo l'esistenza delle onde elettromagnetiche che Maxwell aveva previsto teoricamente e che Marconi applicò alla telegrafia senza fili. Tali onde, che da lui presero il nome «di onde hertziane», si propagano nello spazio con la velocità della luce e presentano stretta analogia con le onde luminose, dalle quali differiscono solo per una maggiore lunghezza d'onda. H. ideò inoltre un circuito oscillante («oscillatore di H.»), ottenuto mediante un rocchetto di Ruhmkorff, una capacità ed uno spinterometro, ed il primo rivelatore delle onde hertziane («risuonatore

di H. ») costituito da un semplice anello a splinterometro. Scopri per primo nel 1887 l'effetto fotoelettrico che un anno dopo venne confermato da Hallwachs, oggi alla base del cinema sonoro e della televis.

HUGHES David Edward (Londra 1831-1900). Inventore del primo apparecchio telegrafico stampante introdotto in Europa nel 1860 e in Italia nel 1861.

KERR Giovanni (Ardrossan 1824 - Glasgow 1907). Noto per la scoperta dei due effetti che portano il suo nome e precisamente: l'«effetto magnetooptico», per cui un raggio di luce polarizzato rettilinearmente che incida obliquamente su un polo speculare di una forte elettrocalamita viene riflesso polarizzato elettricamente; e l'«effetto elettroottico» noto comunemente sotto il nome di «effetto K.» per cui alcuni liquidi isotropi (come il solfuro di carbonio e il nitrobenzolo) sottoposti all'azione di un elevato campo elettrico, diventano birifrangenti; «cellula di K.», la quale venne usata durante i primi esperimenti di televisione.

LANGMUIR Irving (Brooklyn 1881-1957). Premio Nobel 1932 per la chimica. Sviluppò la teoria elettronica della valenza e distinse la elettrovalenza dalla covalenza; eseguì ricerche sulla chimica-fisica degli strati superficiali; si occupò della determinazione della temperatura di fusione di solidi difficilmente fusibili; inventò la lampada elettrica ad incandescenza in atmosfera gassosa; eseguì importanti studi sull'emissione elettronica nelle valvole radio.

MAGNI Franco (Torino 1883 - Borgosesia 1955). Ingegnere, precursore di vari sistemi di telecomunicazioni e noto soprattutto per aver ideato il sistema di conversione di frequenza a battimento, per la ricezione dei segnali radio, attualmente alla base degli apparecchi radiorecipienti. La realizzazione ebbe luogo due anni prima degli esperimenti eseguiti dall'americano Armstrong e del francese Levy. Nel 1899 ideò un sistema per rendere più selettive le trasmissioni di segnali telegrafici via radio mediante cancellazione per interferenza. Nel 1901 e 1902 sviluppò apparecchi trasmettenti e ricevitori nonché antenne direttive per la ricezione simultanea di più radio-trasmissioni a segnali Morse. Nel 1903 realizzò un nuovo sistema di radiotelegrafia sintonica sfruttando particolarmente fenomeni di interferenza. Nel 1912 attuò un sistema pratico per la trasmissione radiotelegrafica a grande distanza con trasmettitore a scintilla, provvisto di splinterometro a rotore rotante. Nel 1914 ideò il primo sistema di amplificazione dei segnali telegrafici con dispositivo elettromeccanico. Perfezionò nel 1921 gli impianti radiorecipienti antiparassitari. Nel 1923 escogitò e realizzò un particolare filtro elettroacustico per migliorare la ricezione radio telegrafica. Nel 1925 sviluppò una macchina telegrafica utilizzando valvole ricevitori. Nell'anno successivo perfezionò gli apparecchi radiorecipienti con valvole bigriglia. Nel 1925 escogitò per primo il sistema di modulazione radiofonica a frequenza ultracustica per assicurare il segreto della comunicazione. Nel 1930 sviluppò un sistema di comunicazione radiotelefonica basato sul principio della superreazione.

MAIORANA Quirino (Catania 1871 - Rieti 1957). Nel periodo dal 1904 al 1910, eseguì alcune importanti esperienze dando inizio alle primissime trasmissioni e ricezioni di telefonia senza fili mediante un apposito microfono idraulico da lui stesso inventato. Indagò sulla costanza della velocità della luce col moto della sorgente, sui raggi X, sui fenomeni fotoelettrici in valvole radio e sull'assorbimento della gravitazione. Costruì la prima valvola a quattro elettrodi e introdusse la telefonia ottica con radiazioni ultraviolette e infrarosse. Scopri l'effetto « M. », per cui, quando le soluzioni di ferro sono soggette all'azione di un campo magnetico presentano un fenomeno di birifrangenza.

MARCONI Guglielmo (Bologna 25-4-1874 - Roma 20-7-1937). Nell'estate del 1894, ventenne, a Pontecchlo, nei pressi di Bologna, Marconi, utilizzando il segnalatore di scariche elettriche atmosferiche ideato dieci anni prima dal Prof. Calzecchi-Onesti, compì i primi esperimenti di telegrafia senza fili a breve distanza. Le trasmissioni venivano effettuate con antenna e presa di terra collegate ad un rocchetto di Ruhmkorff.

Il giorno 3 ottobre 1894 venne per la prima volta stabilita una comunicazione via radio tra due punti situati ad una distanza di circa 50 metri. Tale distanza venne quindi aumentata gradualmente. Nella primavera del 1895 Marconi dimostrò che le onde radio potevano superare l'ostacolo di una collina. Il 2 febbraio 1896 Marconi, partì per l'Inghilterra, dove alcuni suoi parenti si erano offerti di aiutarlo. Il Direttore delle poste e telegrafi Inglese, Sir William Preece fu subito uno dei primi sostenitori dell'Inventore e aiutò Marconi al conseguimento del suo primo brevetto (2 giugno 1896).

Il 14 maggio 1897 venne stabilita la comunicazione via radio attraverso il canale di Bristol (13 km di distanza); il 18 luglio 1897 venne stabilito un contatto radio tra la nave S. Martino e l'arsenale di S. Bartolomeo (Spezia) alla distanza di 18 km; il 27 marzo 1898 comunicazione tra Inghilterra e Francia attraverso la Manica (33 km). Il 10 dicembre 1901 il primo messaggio via radio partì da Poldhu (Inghilterra) e venne ricevuto all'isola di Terranova (America del Nord).

Nel 1902 Marconi ideò il primo detector magnetico sperimentandolo a bordo della R. nave Carlo Alberto. Nel 1903 gli apparecchi trasmettenti vennero perfezionati con lo splinterogeno rotante che permetteva una maggiore stabilità nelle comunicazioni.

Le navi installarono a bordo le prime stazioni trasmettenti-riceventi per la salvaguardia della vita umana sul mare. Nel 1909 venne salvato per merito della radio l'equipaggio del piroscafo inglese « Republic »; nel 1912 vennero raccolti i superstiti del transatlantico Inglese « Titanic », affondato nell'Atlantico.

Nel 1916 Marconi compiva prove di trasmissione con onde di 15 metri di lunghezza, proseguendo poi gli esperimenti a bordo della nave « Elettra ». Nel 1924 inaugurò tra l'Europa e l'Australia il primo regolare servizio radiotelegrafico ad onde corte con antenne direttive.

Nel 1934 l'Elettra veniva guidata per mezzo della radio, senza

bussola e senza visibilità, nel porto di Sestri Levante. Marconi dedicò gli ultimi anni della sua vita allo studio delle onde ultracorte e delle microonde.

MATTEUCCI Carlo (Forlì 1811 - Ardenza-Livorno 1868). Fu l'ideatore del primo condensatore a mica con foglietti sovrapposti.

MEISSNER Alessandro (Vienna 1883 - Berlino 1958). Professore di fisica, introdusse per primo la reazione nei circuiti a valvola (1913) e realizzò in tal modo i primi circuiti oscillatori ottenendo la corrente oscillante.

MORSE Samuele (Charlestown-Mass 1791 - Poughkeepsie-N. Y. 1872). Fisico e pittore, noto per l'invenzione del telegrafo elettromagnetico, ideato nel 1832, brevettato nel 1844 composto da raggruppamenti di segnali brevi e lunghi (punti e linee) opportunamente combinati, corrispondenti alle singole lettere dell'alfabeto e che costituisce il codice internazionalmente adottato per le telecomunicazioni.

MAXWELL Giacomo Clark (Edimburgo 1831 - Cambridge 1879). Fisico e matematico; ideò la teoria elettromagnetica della luce, identificando i fenomeni luminosi con i fenomeni elettrici. «Regola di M.»; regola mnemonico-pratica che consente di trovare il senso delle linee di forza del campo magnetico creato da una corrente, quando sia noto il verso di questa; se si orienta un comune cavatappi nella direzione di un conduttore percorso da corrente in modo che esso avanzi nel verso di questa, il suo senso di rotazione coincide con quello delle linee di forza.

RICHARDSON Owen Williams (Dewsbury-Yorkshire 1879). Fisico inglese, premio Nobel 1928 per la fisica; scoprì la legge della emissione elettronica dai metalli incandescenti; eseguì ricerche di spettroscopia, analizzando in particolare lo spettro molecolare dell'idrogeno.

RIGHI Augusto (Bologna 1850-1920). Scoprì e provò sperimentalmente che le onde hertziane non sono altro che radiazioni elettromagnetiche di lunghezza d'onda maggiore della luce visibile; perfezionò le esperienze di Hertz, costruì speciali oscillatori. Scoprì l'azione ionizzante dei raggi X nei gas che essi attraversano e spiegò il meccanismo della scarica elettrica nei gas rarefatti. Scoprì nel 1880 (prima di Warburg) il fenomeno dell'isteresi magnetica; osservò il comportamento particolarmente notevole del bismuto nei riguardi dell'effetto Hall.

THOMSON Giuseppe Giovanni (Manchester 1856). Fisico inglese premio Nobel 1906 per la fisica. Eseguì ricerche sul passaggio dell'elettricità attraverso i gas. Misurò il rapporto tra la carica dell'elettrone e la sua massa; studiò la diffusione dei raggi X da parte della materia; propose uno dei primi modelli atomici.

VALLAURI Giancarlo (Roma 1882 - Torino 1957). Ingegnere elettrotecnico, costruttore di macchine e di impianti (centro radiotelegrafico di Coltano), compì ricerche sui fenomeni del ferromagnetismo, sulle valvole radio e sulle alte frequenze; inventò il duplicatore magnetico di frequenza.

PRINCIPALI TAPPE DELLA RADIOTECNICA

- 1780 L. Galvani (Italia) utilizza una gamba di rana per rivelare la presenza di onde radio, allora sconosciute, prodotte da scintille elettriche e da fulmini.
- 1791 (Italia) viene pubblicata la celebre monografia di Luigi Galvani « De viribus electricitatis artificialis in motu musculari »
- 1842 J. Henry (America) scopre la natura oscillatoria della scintilla elettrica, fenomeno basilare della radiotecnica.
- 1873 J. C. Maxwell (Inghilterra) propugna l'ipotesi che le correnti dielettriche abbiano le stesse caratteristiche elettromagnetiche delle correnti di conduzione, ponendo così la base per la futura scoperta delle onde radio.
- 1879 D. E. Hughes (America) scopre che le scintille elettriche aumentano la conduttività delle polveri metalliche, fenomeno più tardi usato per la rivelazione delle onde radio.
- 1883 T. A. Edison (America) scopre l'effetto che porta il suo nome, punto di partenza delle valvole elettroniche.
- 1884 T. Calzecchi Onesti (Italia) utilizza l'effetto Hughes e realizza il coherer, primo radiorivelatore.
- 1885 T. A. Edison (America) irradia energia elettrica mediante un'antenna
- 1887-1888 H. Hertz (Germania) sviluppa sperimentalmente le ipotesi di Maxwell e scopre le onde radio.
- 1890 E. Branly (Francia) utilizza il coherer, unito ad un'antenna, per segnalare la presenza di fulmini.
- 1894 A. Righi (Italia) a conclusione di sei anni di ricerche sperimentali dimostra la perfetta identità tra onde radio e onde luminose.
- 1895 G. Marconi (Italia) fa scoccare scintille fra un'antenna e una presa di terra e riesce a mettere in azione il coherer a 800 m di distanza, gettando le basi della telegrafia senza fili.
- 1897 G. Marconi (Italia) effettua la prima trasmissione radiotelegrafica attraverso il Canale di Bristol, su una distanza di 13 km.
- 1898 G. Marconi (Italia) effettua la prima trasmissione radiotelegrafica attraverso il Canale della Manica, su una distanza di 33 km.
- 1899 J. J. Thompson (Inghilterra) scopre che l'effetto Edison è dovuto a particelle di elettricità negativa, più tardi denominate elettroni.

PRINCIPALI TAPPE DELLA RADIOTECNICA

- 1900 W. S. Entwisle (Inghilterra) costruisce la prima grande stazione radiotelegrafica, a Poldhu, nella Cornovaglia.
- 1901 G. Marconi (Italia) stabilisce la prima radiorecezione attraverso l'Atlantico, ricevendo i segnali di Poldhu sulla costa dell'isola di Terranova, a 3600 km di distanza.
- 1901-1902 F. Magni (Italia) inventa un'antenna direttiva e apparecchi per la ricezione in duplex e quintuplex.
- 1902 G. Marconi (Italia) inventa il detector magnetico.
- 1902 (Italia) Prima crociera radiotelegrafica della nave da guerra « Carlo Alberto ».
- 1903 (Italia) Stazioni radiotelegrafiche campali vengono impiegate per la prima volta durante manovre militari.
- 1903 Prima conferenza internazionale radiotelegrafica a Berlino.
- 1904 G. Marconi (Italia) perfeziona i radiotrasmettitori introducendo lo spinterometro rotante, a scintilla strappata.
- 1904 G. Marconi (Italia) effettua ricezioni transatlantiche dal piroscafo « Lucania ».
- 1904 J. A. Fleming (Inghilterra) realizza la prima valvola elettronica rivelatrice (diode) utilizzando l'effetto Edison.
- 1905 R. A. Fessenden (America) inventa un sistema di trasmissione radiotelegrafica ad onde persistenti, con alternatore ad alta frequenza, al posto del trasmettitore a scintilla.
- 1905 H. J. Dunwoody (America) realizza il rivelatore a cristallo di carborundum, in seguito molto usato per la radiorecezione.
- 1906 A. Tosi e E. Bellini (Italia) effettuano le prime esperienze radiogoniometriche, ponendo le basi della radiogoniometria.
- 1906 R. A. Fessenden (America) effettua esperimenti di trasmissione di voci e suoni via radio, con l'impiego dell'alternatore ad alta frequenza.
- 1907 L. de Forest (America) inventa la valvola elettronica amplificatrice, a tre elettrodi; a cui dà il nome di « audion ». Tale invenzione avrà enorme importanza per lo sviluppo di tutte le radiocomunicazioni.
- 1907 (17 ottobre) Inizio del regolare servizio radiotelegrafico tra l'Europa e l'America.
- 1908 Q. Majorana (Italia) effettua trasmissioni di telefonia senza fili con generatore ad arco Poulsen e microfono idraulico di sua invenzione, su distanza di 500 km.
- 1909 S.O.S. del piroscafo « Republic » che affonda nell'Atlantico. Cinque navi accorrono sul luogo e portano in salvo tutti i passeggeri e tutto l'equipaggio.
- 1909 Inizio del servizio radiotelegrafico regolare tra l'Italia e Mogadiscio.
- 1911 Completamento della grande stazione radiotelegrafica di Coltano.

PRINCIPALI TAPPE DELLA RADIOTECNICA

- 1912 S.O.S. del transatlantico « Titanic » affondante rapidamente. Il « Carpathia » raccoglie i segnali, accorre e salva 800 persone.
- 1912 I. Langmuir (America) adopera filamenti di tungsteno per le valvole radlo.
- 1912 A. Meissner (Germania) e L. de Forest (America), nonché altri, indipendentemente, ottengono la produzione di corrente oscillatoria con la valvola elettronica, sostituendo in tal modo la scintilla e l'alternatore nei radiotrasmettitori. Punto di partenza delle attuali radiotrasmissioni.
- 1913 E. H. Armstrong (America) realizza con valvole elettroniche un amplificatore a circuiti accordati.
- 1913 A. Meissner (Germania) effettua una radiotrasmissione telefonica su distanza di 30 km.
- 1914 G. Marconi (Italia) collega radiotelefonicamente due navi da guerra incrocianti nel canale di Sicilia, su distanza di 70 km.
- 1915 I. Langmuir (America) perfeziona le valvole elettroniche elevando alquanto il vuoto interno.
- 1916 G. Marconi (Italia) esegue esperienze di radiotelegrafia diretta con onde ultracorte, da 3 a 4 metri.
- 1918 E. H. Armstrong (America), L. Levy (Francia) e W. Scottky (Germania) realizzano, indipendentemente, il ricevitore supereterodina, base di quasi tutti gli apparecchi radlo attuali.
- 1919 W. Scottky (Germania) perfeziona la valvola elettronica agguindando un quarto elettrodo, la griglia schermo, ciò che consente amplificazioni assai elevate.
- 1920 L. A. Hazeltine (America) perfeziona i radloricevitori, realizzando la neutrodina.
- 1920 (15 giugno) Hanno inizio da Chelmsford (Inghilterra) i primi programmi radlo musicali destinati alle navi.
- 1920 (novembre) Entrano in esercizio negli Stati Uniti le prime stazioni radlofoniche con programmi musicali.
- 1920 G. Marconi (Italia) raggiunge la distanza di 120 km impiegando onde di tre metri.
- 1921-1922 Dilettanti di varie nazioni, tra cui l'Italia, utilizzano trasmettitori di potenza irrisoria per stabilire comunicazioni a grandissima distanza, mediante l'impiego di onde corte.
- 1924 G. Marconi (Italia) da bordo del « Cedric », in navigazione atlantica, constata la possibilità di ricevere da 2600 km, con onde di 92 metri, sotto la luce solare.
- 1924 G. Marconi (Italia) esegue esperienze diurne con onde di 32 m ed esegue collegamenti tra Poldhu e Buenos Aires, New York, Montreal e Sidney.
- 1924 (6 ottobre) Entra in servizio la prima stazione radlofonica italiana, con programmi per il pubblico.
- 1924 G. Marconi (Italia) stabilisce la prima comunicazione radiotelefonica tra l'Europa e l'Australia, su una distanza di circa 20.000 km.

PRINCIPALI TAPPE DELLA RADIODIOTECA

- 1924-1925 (Inghilterra) Vengono costruite le due prime grandi stazioni radiotelegrafiche con antenne direttive (a fascio). Una viene eretta a Bodmin, l'altra a Grimsby.
- 1926 (24 ottobre) Inaugurazione del servizio regolare rapido (1250 lettere al minuto, alle prove) con antenne direttive, tra l'Inghilterra e il Canada.
- 1926-1927 Tecnici di varie nazionalità perfezionano le valvole elettroniche rendendole atte a maggiori amplificazioni (sino a 1000 volte).
- 1927 (26 agosto) Inaugurazione del collegamento radiotelegrafico rapido e in duplex, sistema Marconi, tra Londra e Bombay.
- 1928-1929 Vengono costruiti i primi apparecchi radio di tipo moderno, completamente alimentati dalla rete-luce, per radioaudizioni circolari.
- 1931 Viene realizzata in America la prima supereterodina ad alimentazione dalla rete-luce, per radioaudizioni circolari.
- 1931 G. Marconi (Italia) dal panfilo « Elettra » incrociante nel Mediterraneo comunica bilateralmente con Sidney, in Australia.
- 1932 G. Marconi (Italia) effettua importanti esperimenti con microonde, e scopre che possono superare la portata ottica.
- 1932 (6 aprile) G. Marconi effettua comunicazioni con microonde impiegando antenne a riflettore, tra S. Margherita Ligure e Sestri Levante, su una distanza di 18 km.
- 1933 (Italia) Primo servizio radiofonico regolare con microonde, di 57 cm, tra il Vaticano e Castel Gandolfo.
- 1933 (America) Prima radiotrasmissione intorno al mondo, su distanza di circa 40.000 km, via Chicago, New York, Londra, Roma, Bombay, Manila, Honolulu, San Francisco e Chicago, in 3 minuti e 25 secondi.
- 1933 Entrano in servizio pratico, tanto in Europa che in America radio-indicatori di rotta per velivoli.
- 1935 T. L. Eckersley (Inghilterra) inventa un particolare radio-rivelatore di rotta per velivoli.
- 1936 R. Busignies (America) a conclusione di 10 anni di tentativi realizza la radiobussola per velivoli.
- 1937 (Inghilterra) Entra in esercizio un radiofaro Marconi per l'atterraggio dei velivoli in volo cieco.
- 1938 (America) Viene realizzato un nuovo tipo di radiofaro.
- 1940 A. L. Loomis (Inghilterra) propone un sistema iperbolico di determinazione del punto nave, ponendo le basi della radionavigazione guidata.
- 1940-1941 (Inghilterra) Vengono utilizzate radio onde (centimetriche) ed ha inizio la tecnica della radiogoniometria ad impulsi, per la localizzazione dei velivoli nemici. Vengono utilizzati radiotrasmettitori magnetron e ricevitori a variazione della velocità elettronica (Klystron e analoghi). È la prima fase del radar.

PRINCIPALI TAPPE DELLA RADIOTECNICA

- 1941-1942 (Inghilterra ed America) Con l'impiego delle microonde applicate alla radiogoniometria ad impulsi riesce possibile il comando automatico delle artiglierie antiaeree contro i velivoli nemici. Vengono utilizzate microonde da 3 a 10 cm di lunghezza. È la seconda fase del radar.
- 1942-1943 (Inghilterra e America) Con l'impiego dell'oscillografo a raggi catodici, unito alla tecnica delle microonde e a quella della radiogoniometria ad impulsi, viene realizzata la ricezione panoramica da bordo dei grandi velivoli. È la terza fase del radar.
- 1944 (America) Viene realizzato un nuovo radio-indicatore a microonde per velivoli in volo cieco.
- 1946 (America) Entrano in esercizio i primi impianti per la radionavigazione controllata dei velivoli commerciali. Costituiscono un'applicazione pacifica del radar.
- 1946 (America) Entra in esercizio il « ponte radio » fra New York e Filadelfia, a microonde di 73 cm, il quale consente la contemporanea trasmissione di 32 conversazioni telefoniche senza filo.
- 1947 (America) Primo volo transatlantico radioguidato.
- 1947 (America) Entra in regolare servizio un nuovo sistema di radiotelegrafia ultrarapida, particolarmente adatta per messaggi-stampa. È il Tape Relay System.
- 1948 (America) Il fisico dott. William Shockley, in collaborazione con John Bardeen e W. H. Brattain, scopre il principio fisico dell'elettronica nei solidi, e realizza il primo transistor.
- 1951 Entrano in uso i primi apparecchi radio a transistor, per la gamma delle sole onde medie.
- 1951 (America) I fisici Purcell e Ewers captano per la prima volta onde radio di 21 centimetri, provenienti da nubi di idrogeno situate nella Via Lattea.
- 1954 Entrano in attività, in varie parti del mondo, grandi radiotelescopi, con i quali è possibile la ricezione di segnali radio con onde sino ad 1 centimetro.
- 1955 Ottengono ampia diffusione gli apparecchi a transistor, per la ricezione radio delle onde medie e corte.
- 1957 (Russia) Viene messo in orbita il primo satellite artificiale, lo Sputnik I^o, provvisto di impianto radiotrasmettente. I suoi segnali radio vengono captati in molte parti del mondo.
- 1958 (America) La prima stazione radiotrasmettente alimentata con batterie solari a silicio, viene fatta funzionare sul satellite Vanguard I.
- 1958 Viene iniziata la produzione commerciale, dei primi apparecchi radio a modulazione di frequenza, a transistor.
- 1961 (America) Si riesce a generare onde radio submillimetriche, sino a 0,5 millimetri, e con esse ha inizio un nuovo studio della materia.
- 1962 (America) Viene messo in orbita il satellite Telstar funzionante con onde radio centimetriche.

