

Ορισμοί μονάδων decibel

Οι μονάδες decibel εκφράζουν σχετικά μεγέθη. Αν V_i και V_o είναι το πλάτος εισόδου και εξόδου ενός ενισχυτή, για παράδειγμα, τότε το κέρδος τάσης σε **dB** είναι:

$$G = 20 \log_{10}(V_o/V_i) \text{ dB.}$$

Αν P_i και P_o είναι η ισχύς εισόδου και εξόδου ενός ενισχυτή, τότε το κέρδος ισχύος σε **dB** είναι:

$$G = 10 \log_{10}(P_o/P_i) \text{ dB.}$$

Αν P είναι η ισχύς σε Watt, τότε μπορεί να εκφραστεί σε **dBW**:

$$G = 10 \log_{10}(P) \text{ dBW.}$$

Αν P είναι η ισχύς σε mW, τότε μπορεί να εκφραστεί σε **dBm**:

$$G = 10 \log_{10}(P) \text{ dBm.}$$

Δηλαδή τα dBW και dBm εκφράζουν ισχύ σε σχέση με το 1 Watt ή το 1 mW αντίστοιχα.

Η ισχύς ενός σήματος πλάτους V ή μιας πλευρικής V ως προς το φέρον V_C μπορεί να εκφραστεί σε **dBc**:

$$G = 20 \log_{10}(V/V_C) \text{ dBc.}$$

Ελάχιστο ανιχνεύσιμο σήμα (Minimum Detectable Signal - MDS)

Έστω ένας δέκτης με συντελεστή θορύβου $F (= (S_i/N_i)/(S_o/N_o))$, κέρδος G , εύρος ζώνης συχνοτήτων B , ισχύ σήματος εισόδου P_i και ισχύ θορύβου εισόδου $N_i = kT_o B$. Η ισχύς θορύβου N_o στην έξοδο θα είναι:

$$N_o = kT_o B F G$$

Η τιμή αυτή αποτελεί το επίπεδο θορύβου στην έξοδο, οπότε κάθε σήμα ασθενέστερο από αυτήν δεν είναι ανιχνεύσιμο. Γενικότερα, το επίπεδο του ανιχνεύσιμου σήματος P_o στην έξοδο λαμβάνεται 3 dB πάνω από το επίπεδο θορύβου εξόδου (σχήμα 1). Έτσι, εφόσον ισχύει ότι $10 \log_{10}(kT_o) \approx -204 \text{ dBW/Hz}$ (για $T_o = 290 \text{ °K}$), το ελάχιστο ανιχνεύσιμο σήμα στην έξοδο P_{oMDS} θα είναι:

$$P_{oMDS} = -201 + NF \text{ (dB)} + 10 \log_{10}(B_{\text{Hz}}) + G \text{ (dB)}$$

όπου NF η εικόνα θορύβου (Noise Figure), που είναι η έκφραση του συντελεστή θορύβου F σε dB. Το αντίστοιχο σήμα εισόδου P_{iMDS} υπολογίζεται ως:

$$P_{iMDS} \text{ (dBW)} = -201 + NF \text{ (dB)} + 10 \log_{10}(B_{\text{Hz}})$$

ή ως:

$$P_{iMDS} \text{ (dBm)} = -111 + NF \text{ (dB)} + 10 \log_{10}(B_{\text{MHz}})$$

αφού ισχύει ότι: $P_{iMDS} \text{ (dBm)} = P_{iMDS} \text{ (dBW)} + 30$.

Παραμόρφωση

Η ιδανική έξοδος ενός γραμμικού ενισχυτή ή γενικότερα ενός κυκλώματος είναι:

$$v_o = \kappa v_i \quad (1)$$

Εξαιτίας της μη γραμμικότητας της συμπεριφοράς του κυκλώματος η έξοδος μπορεί να παρασταθεί με τη μορφή πολυωνύμου:

$$v_o = \kappa_1 v_i + \kappa_2 v_i^2 + \kappa_3 v_i^3 + \dots \quad (2)$$

Όταν στην είσοδο εμφανίζεται ένα μόνο ημιτονικό σήμα $v_i = a \eta\mu(\omega t)$, τότε στην έξοδο θα εμφανιστούν και όροι συχνότητας 2ω , 3ω , κ.λ.π., όπως αναμένεται από την εφαρμογή του v_i στην εξ. (2). Αποτέλεσμα λοιπόν της μη γραμμικότητας της συμπεριφοράς του κυκλώματος είναι η εμφάνιση αρμονικής παραμόρφωσης στην έξοδο. Μέτρο της αρμονικής παραμόρφωσης αποτελεί η ολική αρμονική παραμόρφωση (Total Harmonic Distortion – THD) που υπολογίζεται από την εξ.:

$$THD = \frac{\sqrt{a_2^2 + a_3^2 + a_4^2 + \dots}}{a_1} \quad (3)$$

όπου a_j το πλάτος της j αρμονικής και μπορεί να εκφράζεται είτε % ή σε dB.

Αν στην είσοδο εμφανίζονται δύο ή περισσότερα ημιτονικά σήματα, τότε εκτός από τις αρμονικές συνιστώσες προκύπτουν και άλλοι ανεπιθύμητοι όροι από τα γινόμενα μεταξύ των ημιτονικών σημάτων εισόδου. Οι συνιστώσες αυτές δίνουν την παραμόρφωση ενδοδιαμόρφωσης (Intermodulation Distortion – IMD). Έστω ότι στην είσοδο εμφανίζονται δύο συχνότητες:

$$v_i = a \eta\mu(\omega_1 t) + \beta \eta\mu(\omega_2 t) \quad (4)$$

Η αντικατάσταση της εξ. (4) στην (2) θα δώσει πέρα από τις αρμονικές $2\omega_1$, $3\omega_1$, ..., $2\omega_2$, $3\omega_2$, ..., και όρους στις συχνότητες $\omega_1 \pm \omega_2$, $2\omega_1 \pm \omega_2$, $\omega_1 \pm 2\omega_2$, κ.λ.π. με πλάτη που δίνονται στον πίνακα 1 για όρους μέχρι τρίτης τάξης. Όπως φαίνεται, οι όροι τρίτης τάξης (συντελεστής κ_3) δίνουν τις αρμονικές στις συχνότητες $2\omega_1 \pm \omega_2$ και $\omega_1 \pm 2\omega_2$. Αν οι συχνότητες ω_1 και ω_2 είναι πολύ κοντά, τότε οι αρμονικές $2\omega_1 + \omega_2$ και $\omega_1 + 2\omega_2$ είναι πολύ μακριά από τις βασικές και εύκολα απορρίπτονται με φίλτρο. Οι αρμονικές όμως $2\omega_1 - \omega_2$ και $2\omega_2 - \omega_1$ επειδή είναι αρκετά κοντά στις ω_1 και ω_2 , θα βρίσκονται στη ζώνη διέλευσης του συστήματος και αποτελούν την κύρια παραμόρφωση ενδοδιαμόρφωσης.

Πίνακας 1. Πλάτος αρμονικών εξόδου

Αρμονική συνιστώσα	Πλάτος
ω_1	$\kappa_1 a + \kappa_3 \left(\frac{3}{4} a^3 + \frac{3}{2} a \beta^2 \right)$
ω_2	$\kappa_1 \beta + \kappa_3 \left(\frac{3}{4} \beta^3 + \frac{3}{2} a^2 \beta \right)$
$\omega_1 - \omega_2$	$\kappa_2 (a\beta/2)$
$\omega_1 + \omega_2$	$\kappa_2 (a\beta/2)$
$2\omega_1$	$\kappa_2 (a^2/2)$
$2\omega_2$	$\kappa_2 (\beta^2/2)$
$3\omega_1$	$\kappa_3 (a^3/4)$
$3\omega_2$	$\kappa_3 (\beta^3/4)$
$2\omega_1 - \omega_2$	$\frac{3}{4} \kappa_3 a^2 \beta$
$2\omega_2 - \omega_1$	$\frac{3}{4} \kappa_3 a \beta^2$
$2\omega_1 + \omega_2$	$\frac{3}{4} \kappa_3 a^2 \beta$
$2\omega_2 + \omega_1$	$\frac{3}{4} \kappa_3 a \beta^2$

Η ισχύς των αρμονικών που δίνουν την παραμόρφωση ενδοδιαμόρφωσης είναι ανάλογη του τετραγώνου του πλάτους τους:

$$P_{\text{IMD}} = \infty \frac{\left(\frac{3}{4}k_3 a^2 \beta\right)^2}{2} \quad (5)$$

Αν υποθεθεί ότι $\alpha = \beta$, τότε η P_{IMD} γίνεται ανάλογη του $(\alpha^3)^2$. Με δεδομένο ότι η ισχύς εισόδου P_{in} είναι ανάλογη του α^2 , προκύπτει τελικά ότι:

$$P_{\text{IMD}} = \infty P_{\text{in}}^3 \quad (6)$$

Παρατηρείται λοιπόν ότι η ισχύς P_{IMD} αυξάνεται με τον κύβο της P_{in} , ενώ η βασική ισχύς εξόδου P_o αυξάνεται γραμμικά με την P_{in} ($P_o = \kappa_1^2 P_{\text{in}}$). Έτσι, σε λογαριθμικό διάγραμμα $P_o - P_{\text{in}}$, η κλίση της P_o είναι 1 ενώ της P_{IMD} είναι 3 (σχήμα 1). Η τιμή της ισχύος εισόδου στην οποία η P_{IMD} γίνεται ίση με την P_o ορίζεται σαν **σημείο παρεμβολής τρίτης τάξης** (Third Order Intercept point – TOI- IIP3- $P_{3\text{OI}}$).

Σημείο συμπίεσης 1 dB - Δυναμική περιοχή

Η ισχύς εξόδου στην περιοχή γραμμικής συμπεριφοράς του κυκλώματος μπορεί να εκφραστεί σε dBm σαν συνάρτηση της ισχύος εισόδου και του κέρδους G:

$$P_o \text{ (dBm)} = P_i \text{ (dBm)} + G \text{ (dB)} \quad (7)$$

Η τιμή ισχύος εισόδου για την οποία η έξοδος μειώνεται κατά 1 dB από την αναμενόμενη γραμμική χαρακτηριστική ονομάζεται **σημείο συμπίεσης 1 dB** (1 dB compression point - CP1). Στο σχήμα 1 η τιμή αυτή συμβολίζεται με $P_{\text{in,1dB}}$ και η έξοδος που παράγεται με P_{o1} . Με βάση τον ορισμό θα ισχύει:

$$P_{o1} \text{ (dBm)} + 1 = P_{\text{in,1dB}} \text{ (dBm)} + G \text{ (dB)} \Rightarrow \quad (8)$$

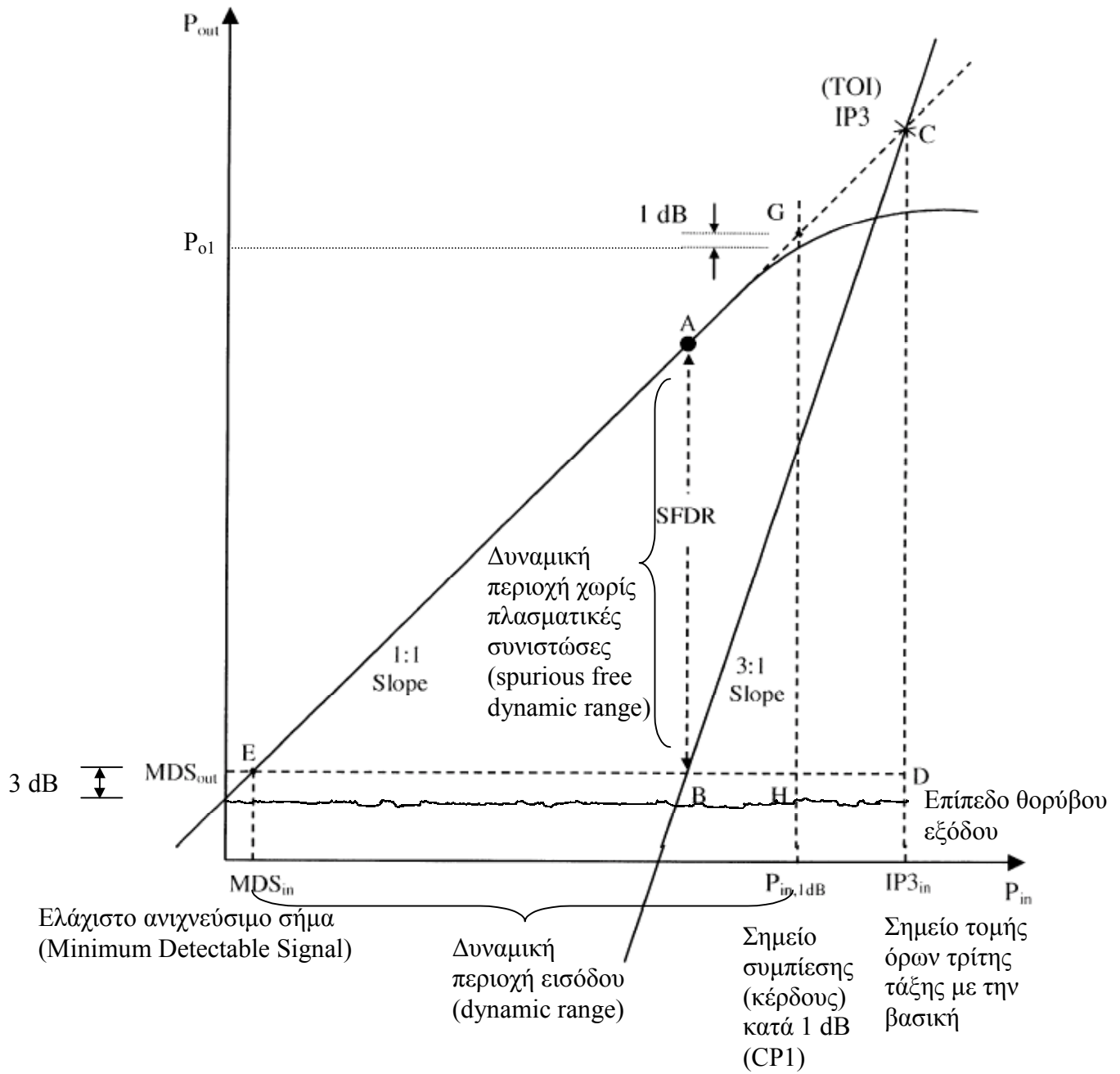
$$P_{\text{in,1dB}} \text{ (dBm)} = P_{o1} \text{ (dBm)} + 1 - G \text{ (dB)} \quad (9)$$

Η διαφορά μεταξύ των τιμών $P_{\text{in,1dB}}$ και $P_{i \text{ MDS}}$ ορίζει την **δυναμική περιοχή** (Dynamic Range -DR) σήματος εισόδου:

$$\text{DR} = P_{\text{in,1dB}} \text{ (dBm)} - P_{i \text{ MDS}} \text{ (dBm)} \Rightarrow \quad (10)$$

$$\text{DR} = P_{o1} \text{ (dBm)} - G \text{ (dB)} + 112 - \text{NF} \text{ (dB)} - 10 \log_{10}(B_{\text{MHz}}) \quad (11)$$

Γενικότερα ο ορισμός “δυναμική περιοχή” μπορεί να αναφέρεται και σε άλλες παραμέτρους, ανάλογα με την συμπεριφορά του κυκλώματος που ενδιαφέρει. Αν αναφερόμαστε στον θόρυβο, τότε σαν δυναμική περιοχή ορίζεται ο λόγος του μέγιστου σήματος στην έξοδο προς το ελάχιστο ανιχνεύσιμο σήμα στην έξοδο $P_{o \text{ MDS}}$. Το μέγιστο σήμα στην έξοδο μπορεί να θεωρηθεί π.χ. εκείνο που αντιστοιχεί στο σημείο συμπίεσης 1 dB. Αν αναφερόμαστε στην παραμόρφωση, τότε η μέγιστη έξοδος μπορεί να οριστεί ως η τιμή για την οποία η THD δεν ξεπερνά τη στάθμη θορύβου (**δυναμική περιοχή χωρίς παραμόρφωση**, distortion free dynamic range) ή να οριστεί ως η τιμή για την οποία η παραμόρφωση τρίτης τάξης δεν ξεπερνά τη στάθμη θορύβου (**δυναμική περιοχή χωρίς πλασματικές συνιστώσες**, spurious free dynamic range), όπως σημειώνεται στο σχήμα 1.



Σχήμα 1. Δείκτες θορύβου και παραμόρφωσης

Αγγλικά ακρωνύμια

ACTS:	advanced communication technology satellite
ADC:	analog-to-digital converter
ADPCM:	adaptive differential pulse code modulation (προσαρμοζόμενη διαφορική παλμοκωδική διαμόρφωση)
ADSL:	asymmetric digital subscriber line
AFC:	automatic frequency control
AGC:	automatic gain control
AM:	amplitude modulation
AMPS:	advanced mobile phone service
ARDIS:	advanced radio data information service
ATM:	asynchronous transfer mode
AWGN:	additive white Gaussian noise (πρόσθετος λευκός Γκαουσιανός θόρυβος)
B-CDMA:	broadcast CDMA
BER:	bit error rate (ρυθμός εσφαλμένων bit)
BIOS:	basic input-output system
BIT:	bipolar junction transistor
BPSK:	bi-phase shift keying
CCIR:	International Radio Consultative Committee
CDMA:	code division multiple access (πολλαπλή πρόσβαση με διαίρεση κώδικα)
CDPD:	cellular digital packet data
CIR:	carrier-over-interference ratio
CMOS:	complementary metal-oxide semiconductor
CNR:	carrier-over-noise ratio
Codec:	coder-decoder
CRC:	cyclic redundancy check
CSMA/CD:	carrier sense multiple access with collision detection
CT:	cordless telephone (ασύρματο τηλέφωνο)
DAC:	digital-to-analog converter
DBS:	direct broadcast satellite
DCE:	data communication equipment
DCP:	data communication protocol
DCS-1800:	digital communication system 1800
DDS:	direct digital synthesis
DECT:	digital European cordless telecommunications
DIP:	dual in-line package
DRO:	dielectric resonator oscillator
DSMA:	digital sensed multiple access
EIA:	Electronics Industries Association
EIRP:	effective isotropic radiated power
EMC:	electromagnetic compatibility
ERC:	European Radio Commission
ESDI:	enhanced small device interface
ETN:	electronic tandem network
ETSI:	European Telecommunication Standard Institute
FCC:	Federal Communications Commission
FDD:	frequency division duplex
FDDI:	fiber-distributed data interface
FDMA:	frequency division multiple access (πολλαπλή πρόσβαση με διαίρεση συχνότητας)
FET:	field-effect transistor
FM:	frequency modulation
FSK:	frequency shift keying
GEO:	geosynchronous satellite
GMSK:	Gaussian-filtered minimum shift keying
GPIB:	general -purpose interface bus
GPS:	global positioning system
GSM:	(Groupe Special Mobile) global system for mobile communication

HBT: heterojunction bipolar transistor
 HDTV: high-definition television
 HEMT: high-electron mobility transistor
 HF: high frequency
 HIPERLAN: high-performance radio LAN

IF: intermediate frequency
 I and Q: in-phase and quadrature phase (σε φάση και σε τετραγωνισμό (90°) φάσης)
 IC: integrated circuit
 IDE: integrated device electronics
 IP: intermodulation product (προϊόν (γινόμενο) ενδοδιαμόρφωσης)
 IP: Internet protocol
 IMPATT: impact ionization avalanche transit time diode
 INTELSAT: International Telecommunication Satellite Consortium
 ISDN: integrated services digital network
 ISM: industrial, scientific, and medical bands
 ITU: International Telecommunication Union

JDC: Japanese digital cellular standard
 JFET: junction field-effect transistor
 JPEG: Joint Photographic Experts Group

LAN: local area network
 LATA: local access and transport area
 LEOs: low-earth-orbit satellite
 LHCP: left-hand circular polarization
 LNA: low noise amplifier
 LO: local oscillator

MAN: metropolitan area network
 MEOs: medium-earth-orbit satellite
 MESFET: metal semiconductor field-effect transistor
 MIDI: musical instrument digital interface
 MMIC: monolithic microwave integrated circuit
 MODFET: modulation doped field-effect transistor
 MOSFET: metal-oxide semiconductor field-effect transistor
 MPEG: Motion Picture Experts Group
 MSS: mobile satellite service
 MTI: moving target indicator
 MTSO: mobile telephone switching office

NF: noise figure (εικόνα θορύβου)
 NMT: Nordic Mobile Telephone
 NTSC: National Television Standards Committee
 NTT: Nippon Telephone and Telegraph

PAL: phase alternating line
 PBX: private branch exchange
 PCM: pulse code modulation
 PCMCIA: Personal Computer Memory Card International Association
 PCN: personal communication network
 PCS: personal communication service
 PHP: personal handy phone
 PHS: personal handyphone system (formerly PHP)
 PLL: phase-lock loop (βρόχος κλειδώματος φάσης)
 POTS: plain old telephone service
 PSTN: public switched telephone network
 PVC: permanent virtual connection

QCELP: Qualcomm coded excited linear predictive coding
 QDM: quadrature demodulator (αποδιαμορφωτής τετραγωνισμού (90°))
 QPSK: quadrature phase shift keying

RCS: radar cross section
RES: Radio Expert Systems Group
RF: radio frequency
RHCP: right-handed circular polarization
RMS: root mean square
RPE-LTP: regular pulse excitation long-term predictor
RTMS: radio telephone mobile system

SAW: surface acoustic wave
SCSI: small computer systems interface
SDH: synchronous digital hierarchy
SDN: switched digital network
SFDR: spur free dynamic range (δυναμική περιοχή χωρίς πλασματικές συνιστώσες)
SINAD: signal-over-noise and distortion
SMR: specialized mobile radio
SONET: synchronous optical network

TACS: total access communication system
TCP: transmission control protocol
TDD: time division duplex
TDMA: time division multiple access (πολλαπλή πρόσβαση με διαίρεση χρόνου)
TDR: time-domain reflectometry
TEM: transverse electromagnetic wave
TETRA: trans-European trunked radio system
TIA: Telecommunications Industry Association
TVRO: TV receive-only
TWTA: traveling wave tube amplifier

UDPC: universal digital personal communications
UHF: ultra-high frequency

VCO: voltage-controlled oscillator
VHP: very-high frequency
VLSI: very-large-scale integration
VSAT: very small aperture (satellite ground) terminal
VSELP: vector sum excited linear predictive coding
VSWR: voltage standing wave ratio

WAN: wide area network
WATS: wide area telecommunication network
WER: word error rate (ρυθμός εσφαλμένων λέξεων)
WLAN: wireless local area network
WLL: wireless local loop