

Referências bibliográficas

- [1] BELLO, P.A. Randomly Time-Variant Linear Channels, **IEEE Trans. On Com. Systems**, vol. 11, pp. 360-393, December 1963.
- [2] PARSONS, J.D. **The Mobile Radio Channel**, 2nd edition, New York, John Wiley & Sons, 2000.
- [3] COX, D.C. “Delay – Doppler Characteristics of Multipath Propagation at 910 MHz in a Suburban Mobile Radio Channel Environment”. **IEEE Trans. Antennas Propagat.**, vol. 20, N°. 9, pp. 625-635, September 1972.
- [4] MACWILLIAMS, F.J.; SLOANE, N.J. Pseudo Random Sequences and Arrays, **Proc. IEEE**, vol. 64, N°. 12, pp. 1715-1730, December 1976.
- [5] HOWARD, S.; PAHLAVAN. Doppler Spread Measurements of the Indoor Radio Channel , **IEE Electronic Letter**, N°. 26, pp. 107-109, 1990.
- [6] RON, C.V.R. **Caracterização do Canal Rádio em Banda Larga na faixa de 3,5GHz em Ambiente Urbano**, Tese de Doutorado, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Setembro de 2009.
- [7] JERUCHIM et all. **Simulation of Communication Systems**, Plenum Press, New York, 1992.
- [8] MATOS, L.J. de. **Influência da Vegetação na Dispersão dos Sinais Rádio-Móveis**, Tese de Doutorado, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Setembro de 2005.
- [9] SILVA, R.M.L. **Características da Propagação Ponto-Área na Faixa de 2 a 15 GHz com Aplicações em Comunicações Móveis**, Dissertação de Mestrado, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, Setembro de 2004.
- [10] ITU-R. **Propagation Data and Prediction Methods for the Planning of Short-Range Outdoor Radiocommunication Systems and Radio Local Area Networks in the Frequency Range 300MHz to 100GHz**, Recommendation ITU-R P.1411, 2002.
- [11] SAKAWA, K.; SHMIZU,H.; MASANORI , I.; TAKENIKO, K. **Non Line-Of-Sight Microwave Propagation Characteristics for Personal Communications with a High-Tier Base Station Antenna**, IEICE TRANS. FUNDAMENTALS, Vol. E85-A, N° 7 July 2002.

- [12] ODA, Y.; TSUNEKAWA, K. **Advanced Los Path Model In Microwave Mobile Communications**, 10th International Conference On Antennas And Propagation, 14-17 April 1997
- [13] SCHENK, T.C.W.; BULTITUDE, R.J.C.; AUGUSTIN, L.M.; POPPEL, R.H.V.; BRUSSAD, G. **Analysis of Propagation Loss in Urban Microcells at 1,9GHz and 5,8GHz**. Communications Research Centre, Ottawa, Canada.
- [14] ERCEG, V. et al. **Channel Models for Fixed Wireless Applications**, IEEE 802.16 Broadband Wireless Access Working Group, June 2003.
- [15] BARROS, F.J.B. **Medidas e Análise da Dispersão Temporal do Canal de Propagação UWB Indoor em Vários Ambientes**, Dissertação de Mestrado, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Abril de 2005.
- [16] MARUM, G.A. **Measurement, Modeling, and OFDM Synchronization for the Wideband Mobile-to-Mobile Channel**, Tese de Doutorado, School of Electrical and Computer Engineering, Georgia Institute of Technology, Atlanta, Georgia, Maio de 2007.
- [17] PINTO, E.L.; ALBUQUERQUE, C.P. de. A Técnica de Transmissão OFDM, **Revista Científica Periódica - Telecomunicações**, vol. 1, Nº 5, Junho de 2002.
- [18] SOUZA, E.S.; JOVANOVIĆ, V.M.; DAIGNEAULT, C. Delay Spread Measurements for the Digital Cellular Channel in Toronto, **IEEE Trans. On Vehicular Technology**, vol. 43, Nº 4, November 1994.
- [19] ACOSTA, G. **OFDM simulation using matlab**, Smart Antenna Research Laboratory, Georgia Institute of Technology, 2000.
- [20] MASUI, H.; ISHII, M.; TAKAHASHI, S.; SHIMIZU, H.; KOBAYASHI, T.; AKAIKE, M. **Microwave Propagation Characteristics in an Urban Quasi Line-of-Sight Environment under Different Traffic Conditions**. IEICE Trans. Commun., Vol. E84-B, Nº 5, May 2001.
- [21] RUSTAKO JR., A. J.; AMITAY, N.; OWENS, G.J.; ROMAN, R.S. **Radio Propagation at Microwave Frequencies for Line-of-Sight Microcellular Mobile and Personal Communications**. IEEE Transactions on Vehicular Technology, Vol. 40, Nº 1, February 1991.
- [22] BULLINGTON, K. **Radio Propagation Variations at VHF and UHF**. Proceedings of the I.R.E., 1950.
- [23] JR., W. RAE YOUNG. **Comparison of Mobile Radio Transmission at 150,450,900, and 3700Mc**. The Bell System Technical Journal, November, 1952.

- [24] EGLI, J.J. **Radio Propagation Above 40MC Over Irregular Terrain.** Proceedings of the I.R.E., 1957.
- [25] MELLO, L.S. **Planejamento de Sistemas de Comunicações Celulares e de Rádio Acesso.** Notas de aula, 2001.
- [26] CÁTEDRA, M.F.; ARRIAGA-PÉREZ, J. **Cell Planning for Wireless Communications.** Artech House, INC., 1999.
- [27] ASSIS, M.S. **Manual para Cálculo de Propagação de Ondas Radioelétricas.**
- [28] LEE, W.C.Y. **Mobile Communications Engineering Theory and Applications.** McGraw-Hill, 1998.
- [29] ERCEG, V.; Jr., A.J. RUSTAKO; ROMAN, R.S. **Diffraction Around Corners and Its Effects on the Microcell Coverage Area in Urban and Suburban Environments at 900MHz, 2GHz , and 6GHz.** IEEE Transactions on Vehicular Technology, Vol. 43, Nº 3, August, 1994.
- [30] BLAUSTEIN, N. **Radio Propagation in Cellular Networks.** Artech House, Inc., Norwood, USA, 2000.
- [31] UIT-R. **Propagation data and prediction methods required for the design of terrestrial line -of-sight systems,** Recomendação UIT-R P.530-7, Genebra, 1997.
- [32] RAPPAPORT, T.S. **“Wireless Communications: Principles and Practice”**, Prentice Hall, Upper Saddle River, N.J., USA, 1996.
- [33] IKEGAMI, F.; TAKEUCHI, T.; YOSHIDA, S. **Theoretical Prediction of Mean Field Strength for Urban Mobile Radio.** IEEE Trans. on Antennas and Propagation, Vol. 39, Nº 3, March 1991.
- [34] ANDERSEN, J.B.; RAPPAPORT, T.S.; YOSHIDA, S. **Propagation Measurements and Models for Wireless Communications Channels.** IEEE Communications Magazine, January 1995.
- [35] ERCEG, V.O; GHASSEMZADEH; TAYLOR, M.; LI, D. and SCHILLING, D. **Urban/ Suburban Out-of-Sight Propagation Modeling.** IEEE Communications Magazine, June 1992.
- [36] JOE, W. **Micro-Cellular Modelling When Base Station Antenna is Belw Roof Tops.** France Telecom Centre National D’Estudes des Telecommunications, 1994.
- [37] SCHENK, T.C.W.; BULTITUDE, R.J.C.; AUGUSTIN, L.M.; POPPEL, R.H.V.; BRUSSAD, G. **Analysis of Propagation Loss in Urban Microcells at 1,9GHz and 5,8GHz.** Communications Research Centre, Ottawa, Canada.

- [38] FOCK, V.A. **Eletrmagnetics Diffraction and Propagation Problems**. Pergamon Press, Oxford, U.K., 1965.
- [39] MILLINGTON, G.A. **Groundwave Propagation over an Inhomogeneous Smooth Earth**. Proceeding of the IEEE (UK), pt. III, pp. 53-54, 1949.
- [40] SIQUEIRA, G.L.; RAMOS, G.L.; VIEIRA, R.D. **Propagation Measurements of 3.5GHz Signal: Path-Loss and Variability Studies**. SBMO/IEEE MTT-S IMOC 2001 Proceedings.
- [41] ITU-R. **Propagation Data and Prediction Methods Required for the Design of Terrestrial Broadband Millimetric Radio Access Systems Operating in a Frequency Range of About 20-50 GHz**, Recommendation ITU-R P.1410, 2000.
- [42] ITU-R. **Attenuation in Vegetation**, Recommendation ITU-R P.833-2, 2000.
- [43] AMANOWICZ, M.; KOLOSOWSKI, W.; WNUK, M.; JEZIORSKI, A. **Microstrip Antennas for Mobile Communications**, IEEE, 1997.
- [44] JENG, S.S.; HUANG, C.Y.; LAI, C.Y. **Performance Evaluation of Smart Antenna for Third-Generation W-CDMA Systems**, IEICE, Vol. E86-B, N° 2 Feb. 2003.
- [45] YACoub, M.D. **Foundations of Mobile Radio Engineering**. CRC Press, 1993.
- [46] ASSI, M S.; BELLO, J.C.D. **Mobile Radio Propagation in Rio de Janeiro City at Frequencies for Trunked and Cellular Systems**. IEE, 1995.
- [47] BENZAÏR, K. **Measurements and Modelling of Propagation Losses Through Vegetation at 1 - 4 GHz**. IEE, 1995.
- [48] CARLSON, A.; BRUCE; CRILLY, P.B.; RUTLEDGE, J.C. **Communication Systems An Introduction to Signals and Noise in Electrical Communication**. McGraw-Hill, 2002.
- [49] LATHI, B.P. **Modern Digital and Analog Communication Systems**. Oxford University Press, 1998.
- [50] PROAKIS, J.G. **Digital Communications**. McGraw-Hill, 1995.
- [51] ASSIS, M.S.; DIAS, M.H.C.; CERQUEIRA, J.L.R.P.; SOUZA, R.M. **Propagation Problems in Mobile Communication Systems**.
- [52] ZHAO, X.; KIVINEN, J.; VAINIKAINEN, P.; SKOG, K. **Propagation Characteristics for Wideband Outdoor Mobile Communications at 5,3GHz**. IEEE Journal on Selected Areas in Communications Vol. 20, N° 3, April 2002.

- [53] TAKAHASHI, K.; MASUI, H.; TAKAHASHI, S.; KAGE, K.; KOBAYASHI, T. **Path Loss Modeling of Line-of-Sight Microwave Urban Propagation with Low-Height Antenna Mobile Stations.** IEICE Trans. Electron., Vol. E82-C, N° 7, July 1999.
- [54] IKEGAMI, F.; YOSHIDA, S.; TAKEUCHI, T.; UMEHIRA, M. **Propagation Factors Controlling Mean Field Strength on Urban Streets.** IEEE Trans. on Antennas and Propagation, Vol. AP-32, N° 8, August 1984.
- [55] STUBER, G.; LEE, Y. **Orthogonal Frequency Division Multiplexing for Wireless Communications.** Georgia Institute of Technology, Atlanta, 2006.

APÊNDICE A

PROGRAMAS EM MATLAB PARA AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DA SONDA STDCC

```
% GRAVADO NO RX
```

```
clear all;
```

```
Ns = 5;
```

```
n = 5;
```

```
N = 511;
```

```
CSVfile='pn.csv';
```

```
MN = Ns * N;
```

```
NF = (MN + 1) ./ 2;
```

```
fre = 9.99 * 10^6;
```

```
MN2 = 2. * MN;
```

```
To = 1 ./ fre;
```

```
Tpn = N . * To;
```

```
ts = Tpn ./ MN;
```

```
fc = 3.5 * 10^9; %Verificar o canal correto a ser usado na Tx
```

```
gtorad = pi ./ 180;
```

```
delta = 50e6 ./ Tpn;
```

```
%DADOS DO FILTRO FIR DIGITAL REMEZ
```

```
f=[0 0.3 0.305 1];m=[1 1 0 0];
```

```
%Cálculo do Filtro FIR digital de n+1 coeficientes
```

```
b = remez(n , f , m);
```

```
[h , w] = freqz(b , 1 , NF);%1 após b faz o denominador de h igual a 1,  
caso do filtro FIR
```

```
HFI(1 : NF) = h(1 : NF);
```

```
HFI(NF + 1 : MN) = fliplr(conj(HFI(2 : NF)));%Filtro FIR Espelhado
```

```
% Geração da PN de 511 bits
```

```
% Polinomio Gerador:  $P(x)=x^9+x^4+1$ 
```

```
% Valores iniciais escolhidos: nk1 a nk8
```

```
nk = 1;
```

```
nk1 = 0;
```

```
nk2 = 0;
```

```
nk3 = 0;
```

```
nk4 = 0;
```

```
nk5 = 0;
```

```
nk6 = 0;
```

```
nk7 = 0;
```

```
nk8 = 0;
```

```

for it = 1 : N
    nk9 = xor(nk , nk5);
    sn(it) = nk9;
    nk = nk1;
    nk1 = nk2;
    nk2 = nk3;
    nk3 = nk4;
    nk4 = nk5;
    nk5 = nk6;
    nk6 = nk7;
    nk7 = nk8;
    nk8 = nk9;
end

% tirando o nível DC
for i = 1 : N
    if sn(i) == 0
        si(i) = -1;
    end
    if sn(i) == 1
        si(i) = 1;
    end
end

% Amostrando a sequencia PN
ja = 1;
for i = 1 : N
    for k = 1 : Ns
        pn(ja) = si(i) * 1;
        ja = ja + 1;
    end
end

%Transformada da PN amostrada
F = ts .* fft(pn);

%SINAL À SAÍDA DO FILTRO DIGITAL(=função de transferência do FIR
digital xtransformada da PN)
for i = 1 : MN;
    Filt = HFI(i);
    Prod(i) = Filt .* F(i);    %PN após o filtro, na frequência
end;
%pn(t) após o filtro
saidt = 1 ./ ts .* ifft(Prod); % saidt é o valor da inversa da PN filtrada

saidtn = abs(saidt) - mean(saidt);
saidtn = saidtn / std(saidtn);

% Normaliza os dados a seq PN gravada no Rx para vizualização no
gráfico do matlab

```

% DADOS RECEBIDOS NO SINGNATURE

```
numerorota=input(' Entre com o número da rota :');
```

```
nome=sprintf('D:\Doutorado PUC RJ\minha TESE\Medidas na
UGF\signature copy 22-07-2010\medidas 22-07-2010 (-
10dBm)\PN\rota0%d.txt',numerorota);
```

```
z=dlmread(nome);
```

```
%z = dlmread('D:\Doutorado PUC RJ\minha TESE\Medidas na
UGF\signature copy 22-07-2010\medidas 22-07-2010 (-
10dBm)\PN\rota03.txt');
```

```
cal=dlmread('D:\Doutorado PUC RJ\minha TESE\Medidas na
UGF\sinatura copy 02-08-2010\medidas de calibração Tx -35dBm\pn
calibracap+LNA ZRL 3500+\rota1.txt');
```

```
% Lê o arquivo recebido no Rx para a variável z
```

```
x=transpose(z);
```

```
calx=transpose(cal);
```

```
clear all;
```

```
clc;
```

```
dados;
```

```
disp(' Entre com os perfis de calibração!');
```

```
k = 1;
```

```
disp(' Observe que o tamanho a matriz de calibração é:');
```

```
size(cal)
```

```
s=size(calx);
```

```
ai=1;
```

```
af=s(2);
```

```
saidtn=resample(saidtn,1,5);
```

```
for i = ai : af
```

```
    linha_x(i) = i;
```

```
    ycal(i , :) = calx(10006 * (linha_x(i) - 1) + 7 : 10006 * (linha_x(i))); %
```

```
Lê apenas os dados da variável z, desconsidera hora, data, etc
```



```

        yncal(i , :) = abs(ycal(i , :)) - mean(abs(ycal(i , :))); % Normaliza os
        dados recebidos do Tx no Rx para vizualização no gráfico do matlab
        yncal(i , :) = yncal(i , :) / std(yncal(i , :)); % Normaliza os dados
        recebidos do Tx no Rx para vizualização no gráfico do matlab

```

```

end

```

```

xncal1=transpose(yncal);

```

```

xncal=resample(xncal1,1,5);

```

```

yncal=transpose(xncal);

```

```

k=1;

```

```

for i = ai : af

```

```

    rcal(i , :) = xcorr(saidtn , yncal(i , :));

```

```

    Fa = 50;

```

```

    fa = Fa * 1e6;

```

```

    ta = 1 / fa;

```

```

    Fpn = 10;

```

```

    fpn = Fpn * 1e6;

```

```

    p = size(rcal);

```

```

    tap = ta / p(2);

```

```

    tr = [tap : tap : ta];

```

```

    rdBcal(k , :) = 20 * log10(abs(rcal(i , :)));

```

```

    % Encontrar y2 que é a localização do máximo

```

```

    y2 = find(rdBcal (k , :) == max(rdBcal(k , :)));

```

```

    % se tiver mais de um máximo escolher o primeiro, y3

```

```

    y3 = min(y2);

```

```

    % definir o 1º elemento da matriz como o máximo y3!

```

```

    y4 = y3 + (511 - 1);

```

```

    rdBrcal(k , 1 : 511) = rdBcal(k , y3 : y4);

```

```

    % as linhas tiradas do programa apenas suprimem os perfis com ruído?

```

```

    NoAP=511; % já foi feito o resample!

```

FRE=9.99; % frequência em MHz da seq PN Rx

TPN1=N/FRE; % duração do perfil em us

DeltaT =TPN1./(NoAP-1); %Intervalo entre as amostras em
microseg/Resolução de retardos

retardo=0:DeltaT:TPN1; % retardos em microsegundos

k = k + 1;

end

% Calculo do valor medio de perfil de calibração
rcalr=10.^(rdBrcal/20);

rmedio=mean(abs(rcalr(111:210,:)));

rmediodB=20*log10(rmedio);

ref_ruidocal = rmediodB;
mediana_ruidocal = median(ref_ruidocal);
desv_ruidocal = std(ref_ruidocal);

max_hcal = max(ref_ruidocal);

limiardB1cal = max_hcal - mediana_ruidocal + desv_ruidocal;
disp(' O limiar de ruído para calibração é:')
limiardBcal = limiardB1cal

rmediomais=mean(abs(rcalr(211:310,:)));
rmediodBmais=20*log10(rmediomais);

ref_ruído_maiscal=rmediodBmais;
mediana_ruído_maiscal = median(ref_ruído_maiscal);
desv_ruído_maiscal = std(ref_ruído_maiscal);
max_h_maiscal = max(ref_ruído_maiscal);

maiscal=max_h_maiscal - mediana_ruído_maiscal + desv_ruído_maiscal

```

rmediomenos=mean(abs(rcalr(11:110,:)));
rmediodBmenos=20*log10(rmediomenos);

ref_ruido_menoscal=rmediodBmenos;
mediana_ruido_menoscal = median(ref_ruido_menoscal);
desv_ruido_menoscal = std(ref_ruido_menoscal);
max_h_menoscal = max(ref_ruido_menoscal);

menoscal=max_h_menoscal      -      mediana_ruido_menoscal      +
desv_ruido_menoscal

hcal=10.^(ref_ruidocal/20);
hcalmais=10.^(ref_ruido_maiscal/20);
hcalmenos=10.^(ref_ruido_menoscal/20);

Hcal=fft(hcal);

Hcalmais=fft(hcalmais);

Hcalmenos=fft(hcalmenos);

disp(' Entre com os perfis de recebidos!');

disp(' Observe que o tamanho a matriz do sinal recebido é:');
size(x)

bi=input(' Entre com a linha inicial:');
bf=input(' Entre com a linha final:');

k = 1;
for i = bi : bf
    linha_x(i) = i;
    y(i , :) = x(10006 * (linha_x(i) - 1) + 7 : 10006 * (linha_x(i)));    % Lê
    apenas os dados da variável z, desconsidera hora, data, etc

    yn(i , :) = abs(y(i , :)) - mean(abs(y(i , :)));    % Normaliza os dados
    recebidos do Tx no Rx para vizualização no gráfico do matlab
    yn(i , :) = yn(i , :) / std(yn(i , :));    % Normaliza os dados recebidos
    do Tx no Rx para vizualização no gráfico do matlab
end

```

```

xn1=transpose(yn);

xn=resample(xn1,1,5);

yn=transpose(xn);

k=1;
for i = bi : bf

    r(i , :) = xcorr(saidtn , yn(i , :));

    Fa = 50;
    fa = Fa * 1e6;
    ta = 1 / fa;
    Fpn = 10;
    fpn = Fpn * 1e6;
    p = size(r);
    tap = ta / p(2);
    tr = [tap : tap : ta];

    rdB(k , :) = 20 * log10(abs(r(i , :)));
    % Encontrar y2 que é a localização do máximo
    y2 = find(rdB(k , :) == max(rdB(k , :)));
    % se tiver mais de um máximo escolher o primeiro, y3
    y3 = min(y2);
    % definir o 1º elemento da matriz como o máximo y3!
    y4 = y3 + (511 - 1);

    rdBr(k , 1 : 511) = rdB(k , y3 : y4);

    % as linhas tiradas do programa apenas suprimem os perfis com ruído?

    NoAP=511; % já foi feito resample

    FRE=fre*1e-6; % frequência em MHz da seq PN Rx

    TPN1=N/FRE; % duração do perfil em us

    DeltaT =TPN1./(NoAP-1); %Intervalo entre as amostras em
    microsseg/Resolução de retardos

    retardo=0:DeltaT:TPN1; % retardos em microsegundos

    k = k + 1;

end

```

```
ref_ruido = rdBr(2 , 1 : 511);
mediana_ruido = median(ref_ruido);
desv_ruido = std(ref_ruido);
```

```
max_h = max(ref_ruido);
```

```
limiardB1y = max_h - mediana_ruido + desv_ruido;
disp(' O limiar de ruído é:')
limiardBy = limiardB1y
```

```
ref_ruido_mais=rdBr(3 , 1 : 511);
mediana_ruido_mais = median(ref_ruido_mais);
desv_ruido_mais = std(ref_ruido_mais);
max_h_mais = max(ref_ruido_mais);
```

```
maisy=max_h_mais - mediana_ruido_mais + desv_ruido_mais
```

```
ref_ruido_menos=rdBr(1 , 1 : 511);
mediana_ruido_menos = median(ref_ruido_menos);
desv_ruido_menos = std(ref_ruido_menos);
max_h_menos = max(ref_ruido_menos);
```

```
menosy=max_h_menos - mediana_ruido_menos + desv_ruido_menos
```

```
hy=10.^(ref_ruido/20);
hymais=10.^(ref_ruido_mais/20);
hymenos=10.^(ref_ruido_menos/20);
```

```
Hy=fft(hy);
```

```
Hymais=fft(hymais);
```

```
Hymenos=fft(hymenos);
```

```
Hcanal=Hy./Hcal;
```

```
hcanal=ifft(Hcanal);
```

```
Hcanalmais=Hymais./Hcalmais;
```

```
hcanalmais=ifft(Hcanalmais);
```

```
Hcanalmenos=Hymenos./Hcalmenos;
```

```
hcanalmenos=ifft(Hcanalmenos);
```

```
rdBrcanal=20*log10(abs(hcanal));
```

```
rdBrcanalmais=20*log10(abs(hcanalmais));
```

```
rdBrcanalmenos=20*log10(abs(hcanalmenos));
```

```
ref_ruidocanal = rdBrcanal(1 : 511);
```

```
mediana_ruidocanal = median(ref_ruidocanal);
```

```
desv_ruidocanal = std(ref_ruidocanal);
```

```
max_hcanal = max(ref_ruidocanal);
```

```
limiardB1canal = max_hcanal - mediana_ruidocanal + desv_ruidocanal;
```

```
disp(' O limiar de ruído do canal é:')
```

```
limiardBcanal = limiardB1canal;
```

```
limiardB=limiardBcanal
```

```
ref_ruidocanalmais = rdBrcanalmais(1 : 511);
```

```
mediana_ruido_canalmais = median(ref_ruidocanalmais);
```

```
desv_ruido_canalmais = std(ref_ruidocanalmais);
```

```
max_h_canalmais = max(ref_ruidocanalmais);
```

```
maiscanal=max_h_canalmais      -      mediana_ruido_canalmais      +  
desv_ruido_canalmais  
mais=maiscanal;
```

```
ref_ruido_canalmenos=rdBrcanalmenos(1 : 511);
```

```
mediana_ruido_canalmenos = median(ref_ruido_canalmenos);
```

```
desv_ruido_canalmenos = std(ref_ruido_canalmenos);
```

```
max_h_canalmenos = max(ref_ruido_canalmenos);
```

```
menoscanal=max_h_canalmenos      -      mediana_ruido_canalmenos      +  
desv_ruido_canalmenos
```

```
menos=menoscanal;
```

```

clc;
clear all;

corr1;

hh1 = rdBrcanal;
hh=hh1;

hh_menos1 = rdBrcanalmenos;
hh_menos= hh_menos1;

hh_mais1=rdBrcanalmais;
hh_mais=hh_mais1;

retardoh=retardo;

hhcal1=rmediodB;
hhcal=hhcal1;

figure;
plot(retardoh,hh,'c');
xlabel('retardo em us');
ylabel('perfil de potencia');
title('Sequencia com 511 bits');
grid on;

figure;
plot(retardoh,hh_mais,'y');
xlabel('retardo em us');
ylabel('perfil de potencia ');
title('Sequencia com 511 bits perfil de potencia posterior');
grid on;

figure;
plot(retardoh,hh_menos,'r');
xlabel('retardo em us');
ylabel('perfil de potencia ');
title('Sequencia com 511 bits perfil de potencia anterior');
grid on;

figure;
plot(retardoh,hhcal,'m');
xlabel('retardo em us');
ylabel('perfil de potencia ');
title('Sinal de calibração');
grid on;

```

```

index_max = find( hh == max (hh));

%Determina os máximos
b = 2;

h_a(1) = hh (index_max);
h_a_menos(1) = hh_menos (index_max);
h_a_mais(1) = hh_mais (index_max);

maxim(1) = h_a(1);
index_max(1) = index_max;
for a = 2: length(hh)-1
    h_a(a) = hh(a);
    h_a_menos(a) = hh_menos(a);
    h_a_mais(a) = hh_mais(a);
    h_a(a+1) = hh(a+1) ;
    h_a_menos(a+1) = hh_menos(a+1) ;
    h_a_mais(a+1) = hh_mais(a+1) ;

    if h_a(a) > h_a(a-1) && h_a(a)>h_a(a+1) || h_a(a) > h_a(a-1) &&
h_a(a)<h_a(a+1) || h_a(a) < h_a(a-1) && h_a(a)>h_a(a+1)

        if max(hh) - h_a(a) < limiardB && max(hh_menos)-
h_a_menos(a)<menos && max(hh_mais)-h_a_mais(a)<mais
            % if
            maxim(b) = h_a(a);
            index_max(b) = a;
            b = b+1;
        %end
    else
        break;
    end
end
end

index_max_souza=index_max;
maxim_souza=maxim;
index_novo_souza(1) = index_max_souza(1);
maxim_novo_souza(1) = maxim_souza(1);

j = 1;

index_novo_souza(1) = index_max_souza(1);
maxim_novo_souza(1) = maxim_souza(1);
for i = 2: length(index_max_souza)-1

```



```

        if index_max_souza(i+1) == index_max_souza(i)+1 ||
index_max_souza(i-1) == index_max_souza(i)-1
            j = j + 1;
            index_novo_souza(j) = index_max_souza(i);
            maxim_novo_souza(j) = maxim_souza(i);
        end
    end

    if j > 1
        index_novo_souza(j+1) = index_max_souza(i+1);
        maxim_novo_souza(j+1) = maxim_souza(i+1);

    end

for q=1:length(maxim_novo_souza)

index_novo_souza1(q) = index_max_souza(q);

end

figure;
plot(retardoh,hh,'r');
hold on;
plot((index_max-1)*0.1001,maxim,'*');
grid on;

hold off;

figure;
retardo1=(index_novo_souza1-1)*0.1001;
plot(retardo1,maxim_novo_souza,'*');
grid on;

%Correções para incluir raio direto
figure;
%retardo2= [retardoh(1),retardo1];
retardo2= retardo1;

%pot=[hh(1), maxim_novo_souza];

pot=maxim_novo_souza;
plot(retardo2,pot,'*');
xlabel('tempo em us');
ylabel('Potencia normalizada em dBm');

```

```

grid on;

figure;
hold on;
plot(retardoh,hh,'g');
plot(retardoh,hh_menos,'r');
plot(retardoh,hh_mais,'k');
lot(retardo2,pot,'*');
title('Em verde o perfil, em vermelho o perfil anterior, em preto o perfil
posterior');
grid on;
hold off;

```

```

figure;
plot(retardo2,pot,'*');
xlabel('tempo em us');
ylabel('Potencia normalizada em dBm');
title(' Multipercursos');
grid on;

```

% Delay Sprad

```

perfil1;

```

```

%tampot=length(pot);
pdp=pot;

```

```

%pdp=[ pot( 1: tampot-1)];

```

```

h_a1=10.^((pdp)/20);

```

```

%retardo3=[ retardo2(1:tampot-1)];

```

```

retardo3=retardo2;

```

```

retardomedio=(sum(retardo3.*h_a1))/(sum(h_a1));

```

```

disp(' O tempo médio de retardo em us, é:')

```

```

retardomedio

```

```
espalhamentoderetardo= sqrt((sum(((retardo3-  
retardomedio).^2).*h_a1))/(sum(h_a1)));
```

```
disp(' O espalhamento de retardo em us, é:')
```

```
espalhamentoderetardo
```

APÊNDICE B

PROGRAMAS EM MATLAB PARA AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DA SONDA OFDM

```
% GRAVADO NO RX
```

```
clc;
```

```
clear all;
```

```
% DADOS RECEBIDOS NO SINGNATURE
```

```
% SINAL RECEBIDO
```

```
z = dlmread('D:\Doutorado PUC RJ\minha TESE\Medidas na  
UGF\signature copy 22-07-2010\medidas 21-07-2007 (-  
10dBm)\ofdm\rota03.txt');
```

```
x=transpose(z);
```

```
% SINAL DE CALIBRAÇÃO
```

```
cal=dlmread('D:\Doutorado PUC RJ\minha TESE\Medidas na  
UGF\sinatura copy 02-08-2010\medidas de calibração Tx -35dBm\ofdm  
calibacao + LNA ZRL 3500+\rota1.txt');
```

```
% Lê o arquivo recebido no Rx para a variável z
```

```
x=transpose(z);
```

```
calx=transpose(cal);
```

```
%SINAL OFDM TRANSMITIDO
```

```
l=dlmread('D:\Doutorado PUC RJ\minha TESE\programas em  
matlab\OFDM\OFDM sinal Tx em matlab\l.txt');
```

```
Q=dlmread('D:\Doutorado PUC RJ\minha TESE\programas em  
matlab\OFDM\OFDM sinal Tx em matlab\Q.txt');
```

```
ofdmTx1=l+Q*j;
```

```
% Lê o arquivo recebido no Rx para a variável z
```

```
ofdmTx2=transpose(ofdmTx1);
```

```
clear all;
```

```
clc;
```

```
dados;
```

```
disp(' Dados enviados!');
```

```
ofdmtx3 = abs(ofdmtx2) - mean(ofdmtx2);
ofdmtx=ofdmtx3/std(ofdmtx3);
```

```
disp(' Entre com os perfis de recebidos!');
```

```
disp(' Observe que o tamanho a matriz do sinal recebido é:');
size(x)
```

```
bi=input(' Entre com a linha inicial:');
bf=input(' Entre com a linha final:');
```

```
k = 1;
for i = bi : bf
    linha_x(i) = i;
    y(i , :) = x(10006 * (linha_x(i) - 1) + 7 : 10006 * (linha_x(i)));    % Lê
    apenas os dados da variável z, desconsidera hora, data, etc
```

```
    yn(i , :) = abs(y(i , :)) - mean(y(i , :));    % Normaliza os dados recebidos
    do Tx no Rx para vizualização no gráfico do matlab
    yn(i , :) = yn(i , :) / std(yn(i , :));    % Normaliza os dados recebidos
    do Tx no Rx para vizualização no gráfico do matlab
```

```
    yn1(k,:)=yn(i,:);
```

```
    k=k+1;
```

```
end
```

```
xn1=transpose(yn1);
```

```
xn=resample(xn1,1,2);
```

```
yn1=transpose(xn);
```

```
yn=yn1(2,:);
```

```
ynmais=yn1(3,:);
```

```
ynmenos=yn1(1,:);
```

```
cp=ofdmTx(1:32);% prefixo ciclico -->cp=16*n, n=2
```

```
r=xcorr(cp,yn);
```

```
rdB=20*log10(abs(r));
```

```
x1 = find(rdB == max(rdB));
```

```
x3 = min(x1);
```

```
x2= x3 + (544 - 1);
```

```
hy1=yn(x3:x2);
```

```
hy=hy1(33:544);
```

```
Hy=fft(hy);
```

```
rmais=xcorr(cp,ynmais);
```

```
rdBmais=20*log10(abs(rmais));
```

```
x1mais = find(rdBmais == max(rdBmais));
```

```
x3mais = min(x1mais);
```

```
x2mais= x3mais + (544 - 1);
```

```
hy1mais=ynmais(x3mais:x2mais);
```

```
hymais=hy1mais(33:544);
```

```
Hymais=fft(hymais);
```

```
rmenos=xcorr(cp,ynmenos);
```

```
rdBmenos=20*log10(abs(rmenos));
```

```
x1menos = find(rdBmenos == max(rdBmenos));
```

```
x3menos = min(x1menos);
```

```
x2menos= x3menos + (544 - 1);
```

```
hy1menos=ynmenos(x3menos:x2menos);
```

```
hymenos=hy1menos(33:544);
```

```
Hymenos=fft(hymenos);
```

```
% Calculos para o sinal de calibração
% Trabalhar com perfil medio para a calibração
```

```
ai=1;
af=300;
```

```
for i = ai : af
    linha_x(i) = i;
    ycal(i , :) = calx(10006 * (linha_x(i) - 1) + 7 : 10006 * (linha_x(i)));    %
    Lê apenas os dados da variável z, desconsidera hora, data, etc
```

```
    yncal(i , :) = abs(ycal(i , :)) - mean(ycal(i , :));    % Normaliza os dados
    recebidos do Tx no Rx para vizualização no gráfico do matlab
    yncal(i , :) = yncal(i , :) / std(yncal(i , :));    % Normaliza os dados
    recebidos do Tx no Rx para vizualização no gráfico do matlab
```

```
end
```

```
xncal1=transpose(yncal);
```

```
xncal=resample(xncal1,1,2);
```

```
yncal=transpose(xncal);
```

```
yncalmediomenos=mean(abs(yncal(1:100,:)));
```

```
yncalmedio=mean(abs(yncal(101:200,:)));
```

```
yncalmediomais=mean(abs(yncal(201:300,:)));
```

```
rcalmenos=xcorr(cp,yncalmediomenos);
```

```
rdBcalmenos=20*log10(abs(rcalmenos));
```

```
x1calmenos = find(rdBcalmenos == max(rdBcalmenos));
x3calmenos = min(x1calmenos);
```

```

x2calmenos= x3calmenos + (544 - 1);

hcalmenos1=yncalmediomenos(x3calmenos:x2calmenos);

hcalmenos=hcalmenos1(33:544);

Hcalmenos=fft(hcalmenos);

rcal=xcorr(cp,yncalmedio);

rdBcal=20*log10(abs(rcal));

x1cal = find(rdBcal == max(rdBcal));
x3cal = min(x1cal);
x2cal= x3cal + (544 - 1);

hcal1=yncalmedio(x3cal:x2cal);

hcal=hcal1(33:544);

Hcal=fft(hcal);

rcalmais=xcorr(cp,yncalmediomais);

rdBcalmais=20*log10(abs(rcalmais));

x1calmais = find(rdBcalmais == max(rdBcalmais));
x3calmais = min(x1calmais);
x2calmais= x3calmais + (544 - 1);

hcalmais1=yncalmediomais(x3calmais:x2calmais);

hcalmais=hcalmais1(33:544);

Hcalmais=fft(hcalmais);

Hcanal=Hy./Hcal;

Hcanalmais=Hymais./Hcalmais;

Hcanalmenos=Hymenos./Hcalmenos;

```



```

hcanal=ifft(Hcanal);

hcanalmais=ifft(Hcanalmais);

hcanalmenos=ifft(Hcanalmenos);

ref_ruidocanal = 20*log10(abs(hcanal));
mediana_ruidocanal = median(ref_ruidocanal);
desv_ruidocanal = std(ref_ruidocanal);

max_hcanal = max(ref_ruidocanal);

limiardB1canal = max_hcanal - mediana_ruidocanal + desv_ruidocanal;
disp(' O limiar de ruído do canal é:')
limiardBcanal = limiardB1canal;

limiardB=limiardBcanal

ref_ruidocanalmais = 20*log10(abs(hcanalmais));
mediana_ruido_canalmais = median(ref_ruidocanalmais);
desv_ruido_canalmais = std(ref_ruidocanalmais);
max_h_canalmais = max(ref_ruidocanalmais);

maiscanal=max_h_canalmais      -      mediana_ruido_canalmais      +
desv_ruido_canalmais
mais=maiscanal;

ref_ruido_canalmenos = 20*log10(abs(hcanalmenos));
mediana_ruido_canalmenos = median(ref_ruido_canalmenos);
desv_ruido_canalmenos = std(ref_ruido_canalmenos);
max_h_canalmenos = max(ref_ruido_canalmenos);

menoscanal=max_h_canalmenos      -      mediana_ruido_canalmenos      +
desv_ruido_canalmenos

menos=menoscanal;

% gerando o eixo dos tempos!
N=1;
NoAP=512; % já foi feito o resample!

FRE=10; % frequência em MHz
MN=NoAP*N;
TPN1=MN/FRE; % duração do perfil em us

```

DeltaT =TPN1./(NoAP-1); %Intervalo entre as amostras em
microseg/Resolução de retardos

retardo=0:DeltaT:TPN1; % retardos em microsegundos

```
plot(retardo,ref_ruidocanal);
xlabel('retardo em us');
ylabel('Perfil em dB');
grid on
clc;
clear all;
```

corr;

```
hh1 = ref_ruidocanal;
hh=hh1;
```

```
hh_menos1 = ref_ruido_canalmenos ;
hh_menos= hh_menos1;
```

```
hh_mais1=ref_ruidocanalmais;
hh_mais=hh_mais1;
```

retardoh=retardo;

```
hhcal1=20*log10(hcal);
hhcal=hhcal1;
```

```
figure;
plot(retardoh,hh,'c');
xlabel('retardo em us');
ylabel('perfil de potencia');
title('OFDM ');
grid on;
```

```
figure;
plot(retardoh,hh_mais,'y');
xlabel('retardo em us');
ylabel('perfil de potencia ');
title('OFDM ');
grid on;
```

```
figure;
plot(retardoh,hh_menos,'r');
xlabel('retardo em us');
ylabel('perfil de potencia ');
```

```
title('OFDM ');
grid on;
```

```
figure;
plot(retardoh,hhcal,'m');
xlabel('retardo em us');
ylabel('perfil de potencia ');
title('Sinal de calibração');
grid on;
```

```
index_max = find( hh == max (hh));
```

```
%Determina os máximos
b = 2;
```

```
h_a(1) = hh (index_max);
h_a_menos(1) = hh_menos (index_max);
h_a_mais(1) = hh_mais (index_max);
```

```
maxim(1) = h_a(1);
index_max(1) = index_max;
for a = 2: length(hh)-1
    h_a(a) = hh(a);
    h_a_menos(a) = hh_menos(a);
    h_a_mais(a) = hh_mais(a);
    h_a(a+1) = hh(a+1) ;
    h_a_menos(a+1) = hh_menos(a+1) ;
    h_a_mais(a+1) = hh_mais(a+1) ;
```

```
if h_a(a) > h_a(a-1) && h_a(a)>h_a(a+1) || h_a(a) > h_a(a-1) &&
h_a(a)<h_a(a+1) || h_a(a) < h_a(a-1) && h_a(a)>h_a(a+1)
```

```
if max(hh) - h_a(a) < limiardB && max(hh_menos)-
h_a_menos(a)<menos && max(hh_mais)-h_a_mais(a)<mais
    % if
```

```
    maxim(b) = h_a(a);
    index_max(b) = a;
    b = b+1;
```

```
%end
```

```
else
```

```
    break;
```

```
end
```

```
end
```

```
end
```

```

index_max_souza=index_max;
maxim_souza=maxim;
index_novo_souza(1) = index_max_souza(1);
maxim_novo_souza(1) = maxim_souza(1);

j = 1;

    index_novo_souza(1) = index_max_souza(1);
    maxim_novo_souza(1) = maxim_souza(1);
    for i = 2: length(index_max_souza)-1
        if index_max_souza(i+1) == index_max_souza(i)+1 ||
index_max_souza(i-1) == index_max_souza(i)-1
            j = j + 1;
            index_novo_souza(j) = index_max_souza(i);
            maxim_novo_souza(j) = maxim_souza(i);
        end
    end

    if j > 1
        index_novo_souza(j+1) = index_max_souza(i+1);
        maxim_novo_souza(j+1) = maxim_souza(i+1);

    end

for q=1:length(maxim_novo_souza)

index_novo_souza1(q) = index_max_souza(q);

end

figure;
plot(retardoh,hh,'r');
hold on;
plot((index_max-1)*0.1001,maxim,'*');
grid on;

hold off;

figure;

```

```

retardo1=(index_novo_souza1-1)*0.1001;
plot(retardo1,maxim_novo_souza,'*');
grid on;

%Correções para incluir raio direto
figure;
%retardo2= [retardoh(1),retardo1];
retardo2= retardo1;

%pot=[hh(1), maxim_novo_souza];

pot=maxim_novo_souza;
plot(retardo2,pot,'*');
xlabel('tempo em us');
ylabel('Potencia normalizada em dBm');
grid on;

figure;
hold on;
plot(retardoh,hh,'g');
plot(retardoh,hh_menos,'r');
plot(retardoh,hh_mais,'k');
plot(retardo2,pot,'*');
title('Em verde o perfil, em vermelho o perfil anterior, em preto o perfil
posterior');
grid on;
hold off;

figure;
plot(retardo2,pot,'*');
xlabel('tempo em us');
ylabel('Potencia normalizada em dBm');
title(' Multipercursos');
grid on;

% Delay Sprad

perfil;

%tampot=length(pot);
pdp=pot;

%pdp=[ pot( 1: tampot-1)];

h_a1=10.^((pdp)/20);

```

```
%retardo3=[ retardo2(1:tampot-1)];
```

```
retardo3=retardo2;
```

```
retardomedio=(sum(retardo3.*h_a1))/(sum(h_a1));
```

```
disp(' O tempo médio de retardo em us, é:')
```

```
retardomedio
```

```
espalhamentoderetardo=                                sqrt((sum(((retardo3-  
retardomedio).^2).*h_a1))/(sum(h_a1))));
```

```
disp(' O espalhamento de retardo em us, é:')
```

```
espalhamentoderetardo
```

APÊNDICE C

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS ANTENA USADA NO TRANSMISSOR



Antena Pannel 3500 MHz

3400 a 3600 MHz

CE-17035-22

Certificação ANATEL:

15 dBi



Peças de fixação

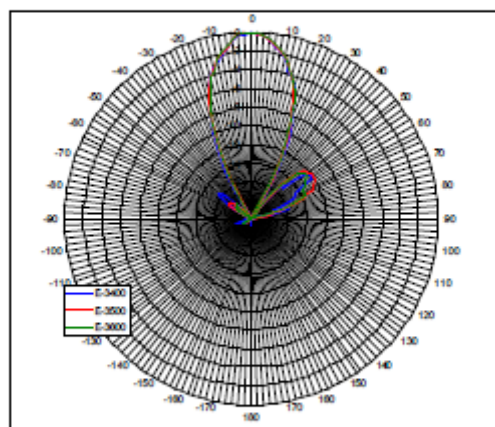
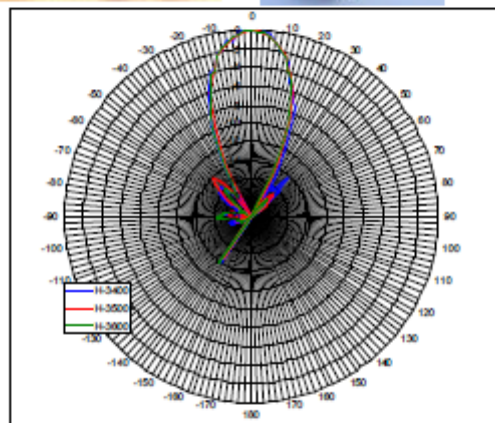
Especificações Elétricas / Electrical Specifications

| | |
|--|--|
| Faixa de Frequência <i>Frequency Range</i> | 3400-3600 MHz |
| Ganho mínimo dBi / <i>Minimum Gain dBd</i> | 15/13 |
| TOE / <i>VSWR</i> | <1.5 |
| Feixe de meia potência H <i>H-Plane Beamwidth</i> | 26 ± 2 ° |
| Feixe de meia potência E <i>E-plane Beamwidth</i> | 26 ± 2 ° |
| Relação Frente/Costas <i>Front-to-back ratio</i> | >20 dB |
| Potência máxima / <i>Power</i> | 50 W |
| Impedância / <i>Impedance</i> | 50 Ohms |
| Conexão / <i>Termination</i> | TNC-fêmea / <i>TNC-female</i> Opção 01:N-f / <i>Option 01:N-f</i> |

Especificações Mecânicas / Mechanical Specifications

| | |
|---|---|
| Dimensões (C x L x P) <i>Dimensions (L x W x D)</i> | 160 x 160 x 35 (mm) |
| Peso líquido e bruto <i>Net and Gross Weight</i> | 220 / 370 g |
| Apresentação / <i>Housing</i> | UV protected ABS |
| Elementos irradiantes <i>Radiating Elements</i> | Cobre / <i>Copper</i> |
| Peças de fixação incluídas <i>Mounting hardware (included)</i> | Para parede e tubos de Ø 25 a 45mm <i>For wall and Ø25 to 45 mm pipes</i> |
| | ABS e aço inox / <i>ABS and Stainless steel</i> |
| | Permite ajustes de azimute ±90° e elevação +60/-45° <i>Adjustments: horizontal ±90°, vertical +60/-45°</i> |
| Área de Vento <i>Exposed wind area</i> | 2,6 dm² |

19/12/2003



APÊNDICE D

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DO AMPLIFICADOR

Specification No AS0204-7B

13/03/00

2·0 - 4·0 GHz 7W CLASS A GaAsFET POWER AMPLIFIER

Model no. AS0204-7B

| | note | min | max | unit |
|---------------------------------------|------|------|----------|------|
| Frequency | | 2000 | 4000 | MHz |
| Output power at saturation | (1) | 38.8 | | dBm |
| Output power at 1 dB gain compression | | 38.4 | | dBm |
| Gain variation with frequency | | -2 | 2 | dB |
| Gain variation with temperature | | | 0·04 | dB/C |
| Noise figure (typical) | | | 10 | dB |
| Harmonics | (2) | | -20 | dBc |
| Input power (for rated output) | | | 5 | dBm |
| Input power (no damage) | | | 15 | dBm |
| Input VSWR (impedance 50Ω nominal) | | | 2:1 | |
| Output VSWR (impedance 50Ω nominal) | | | 2:1 | |
| Load VSWR (any phase) | (3) | | infinite | |
| Line input voltage | (4) | 198 | 265 | V |
| Line input frequency | | 45 | 65 | Hz |
| Operating temperature (ambient air) | (8) | 0 | 40 | C |
| Storage temperature | | -40 | 70 | C |

Notes

- 1 All data are measured at 25C driven from 50Ω source and driving into 50Ω load unless stated otherwise.
- 2 Worst case, i.e. at 2GHz fundamental and at rated output power.
- 3 100% tested into short and open circuit.
- 4 Input voltage 100 - 133V available.
- 5 The amplifiers can be supplied with output isolators; insertion loss is 0·60 dB typical, 0·80dB maximum.
- 6 RF input and output connectors are type N female. Standard line input connector is IEC320 with integral line filter.
- 7 Dimensions are 95mm high x 250mm deep x 260mm wide, mass approx. 5kg. Front panel printed black on paint finished aluminium, language English (French if specified with order).
- 8 Cooling is by forced convection using integral blower(s); free air access is required at rear panel.
- 9 Specified parameter values correspond to normal requirements; please consult Milmega if improved performance is required.
- 10 This is a class A amplifier.

APÊNDICE E

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DO LNA

High IP3

Low Noise Amplifier

ZRL-3500+
ZRL-3500

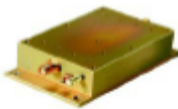
50Ω 700 MHz to 3500 MHz

Features

- High IP3, +44 dBm typ.
- Low noise figure, 2.5 dB typ.
- Broadband balanced Amplifier
- Broadband VSWR response
- Internal voltage regulated
- Over voltage and transient protected

Applications

- Low noise
- High dynamic range
- PCS, WLAN, GSM, UMTS, GPS, Cellular and Wireless data
- Defence communications
- Satellite communications
- Lab, Instrumentation
- Test Equipment



| CASE STYLE: FUJIBO | | | |
|--------------------|-----------|--------------|-------|
| Connectors | Model | Price | Qty. |
| SMA | ZRL-3500+ | \$139.95 ea. | (1-9) |
| SMA | ZRL-3500 | \$139.95 ea. | (1-9) |

+ RoHS compliant in accordance
with EU Directive (2002/95/EC)

The + suffix identifies RoHS Compliance. See our web site
for RoHS Compliance methodologies and qualifications.

Electrical Specifications at $T_{amb} = 25^{\circ}\text{C}$

| MODEL NO. | FREQUENCY (MHz) | | GAIN (dB) | | | | NOISE FIGURE (dB) | | MAXIMUM POWER OUTPUT (dBm) | | INTERCEPT POINT (dBm) Note 1 | VSWR (-1) Typ. | ACTIVE DIRECTIVITY (dB) (Isolation-Gain) | DC VOLTAGE @ Pin V _A (V) Note 2 | DC OPERATING CURRENT @ Pin V _A (mA) | | |
|------------|-----------------|----------------|-----------|------|------|------|-------------------|------|-------------------------------|------|------------------------------|----------------|--|--|--|------|-----|
| | f ₁ | f ₂ | Flatness | | | | | | Setpoint at 50Ω Compl. Note 3 | | IP3 | In | Out | | | | |
| | Typ. | Min. | Typ. | Max. | Typ. | Max. | Typ. | Min. | Typ. | Min. | Typ. | Typ. | Typ. | Typ. | Typ. | Min. | |
| ZRL4500(+) | 700 | 1600 | 20 | 21 | +0.2 | +0.2 | 2.2 | 2.5 | 24 | 21 | 25 | +40 | 1.40 | 1.20 | 20 | 400 | 0.5 |
| | 1600 | 2600 | 21 | 10 | +0.4 | +0.5 | 2.6 | 4.0 | 24 | 21 | 25 | +45 | 1.40 | 1.25 | 20 | 400 | 0.5 |
| | 2600 | 3500 | 19 | 11 | +0.4 | +0.5 | 2.2 | 4.5 | 24 | 21 | 25 | +45 | 1.30 | 1.20 | 20 | 400 | 0.5 |

1. 1MHz tone spacing
2. Load is internally voltage regulated for 6.5 to 17VDC input voltage range.
3. Do not exceed the max. input power rating

Maximum Ratings

Operating Temperature -40°C to 80°C case

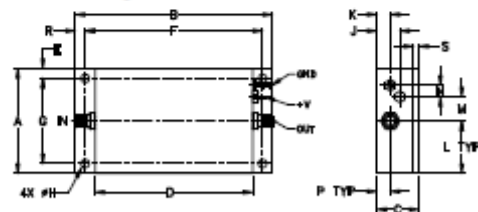
-40°C to 80°C ambient

Storage Temperature -55°C to 100°C

DC Voltage 17Vmax

Input Power (no Damage) +10dBm

Outline Drawing



Outline Dimensions (inch)

| A | B | C | D | E | F | G | H | J | K | L | M | N | P | R | S | wt. |
|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|------|-------|------|-------|-------|------|------|------|------|-------|
| 2.00 | 3.75 | .80 | 3.00 | .19 | 3.374 | 1.624 | .156 | .44 | .26 | 1.00 | .51 | .22 | .26 | .19 | .10 | grams |
| 50.80 | 95.25 | 20.32 | 76.20 | 4.83 | 85.70 | 41.25 | 3.96 | 11.18 | 6.60 | 25.40 | 12.95 | 5.59 | 6.60 | 4.83 | 2.54 | 1.35 |

Mini-Circuits®
ISO 9001 ISO 14001 CERTIFIED

P.O. Box 250166, Brooklyn, New York 11225-0002 (718) 954-4500 Fax (718) 952-4661 For detailed performance specs & shopping online see Mini-Circuits web site
The Design Engineers Search Engine Provides ACTUAL Data Instantly from MINI-CIRCUITS At: www.minicircuits.com



RF/MICROWAVE COMPONENTS

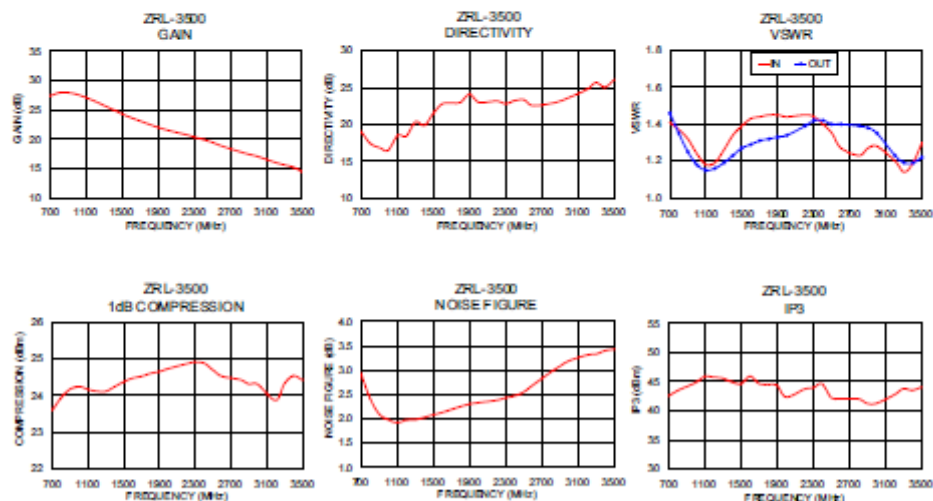
www.minicircuits.com

REV. C
001-2796
REV. 1/99 A
291-380-0
8. LINE
0007-31
page 1 of 2

Typical Performance Data & Curves at 25°C

ZRL-3500+ ZRL-3500

| FREQUENCY (MHz) | GAIN (dB) | DIRECTIVITY (dB) | VSWR IN (:1) | VSWR OUT (:1) | POWER OUT @1dB COMPRESSION (dBm) | IP3 (dBm) | NF (dB) |
|--------------------|--------------|---------------------|--------------------|---------------------|--|--------------|------------|
| 700 | 27.38 | 18.89 | 1.41 | 1.46 | 23.60 | 42.59 | 2.93 |
| 800 | 27.91 | 17.39 | 1.37 | 1.35 | 23.95 | 43.50 | 2.42 |
| 1000 | 27.62 | 16.47 | 1.24 | 1.18 | 24.25 | 44.86 | 1.98 |
| 1200 | 26.45 | 18.39 | 1.19 | 1.16 | 24.12 | 45.76 | 1.97 |
| 1300 | 25.73 | 20.35 | 1.26 | 1.19 | 24.12 | 45.56 | 1.98 |
| 1400 | 25.04 | 19.84 | 1.34 | 1.23 | 24.25 | 44.91 | 2.03 |
| 1500 | 24.28 | 21.51 | 1.39 | 1.27 | 24.38 | 44.62 | 2.08 |
| 1600 | 23.65 | 22.80 | 1.43 | 1.29 | 24.48 | 45.93 | 2.13 |
| 1700 | 23.10 | 23.87 | 1.44 | 1.31 | 24.53 | 44.64 | 2.19 |
| 1800 | 22.53 | 22.98 | 1.45 | 1.32 | 24.61 | 44.51 | 2.25 |
| 2000 | 21.54 | 22.89 | 1.44 | 1.34 | 24.74 | 42.36 | 2.33 |
| 2200 | 20.79 | 23.16 | 1.45 | 1.39 | 24.87 | 43.69 | 2.38 |
| 2400 | 19.92 | 23.22 | 1.40 | 1.42 | 24.89 | 44.61 | 2.47 |
| 2500 | 19.46 | 23.34 | 1.35 | 1.40 | 24.70 | 42.26 | 2.55 |
| 2600 | 18.86 | 22.54 | 1.27 | 1.40 | 24.53 | 42.07 | 2.69 |
| 2800 | 17.88 | 22.83 | 1.23 | 1.39 | 24.44 | 42.04 | 2.96 |
| 3000 | 17.06 | 23.62 | 1.28 | 1.35 | 24.31 | 41.26 | 3.19 |
| 3200 | 16.02 | 24.73 | 1.20 | 1.23 | 23.87 | 42.75 | 3.31 |
| 3400 | 15.20 | 25.05 | 1.19 | 1.19 | 24.54 | 43.53 | 3.40 |
| 3500 | 14.43 | 26.05 | 1.30 | 1.22 | 24.43 | 44.05 | 3.43 |



Mini-Circuits®
ISO 9001 ISO 14001 CERTIFIED

mini-circuits.com

P.O. Box 350105, Brooklyn, New York 11235-0005 (718) 934-4500 Fax (718) 932-4501 For detailed performance specs & shopping online see Mini-Circuits web site



The Design Engineers Search Engine Provides ACTUAL Data Instantly From MINI-CIRCUITS At: www.mini-circuits.com

RF/IF MICROWAVE COMPONENTS

page 1 of 2