

Oggetto: Concorso pubblico, per titoli ed esami, ai fini del reclutamento di numero otto "Tecnologi", Terzo Livello Professionale, con contratto di lavoro a tempo indeterminato e regime di impegno a tempo pieno, in attuazione di quanto previsto dalla Delibera del Consiglio di Amministrazione del 24 febbraio 2022, numero 9 indetto con determinazione direttoriale n. 58 del 16/06/2022 ed il cui avviso è stato pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale, IV Serie Speciale "Concorsi ed esami" n.48 del 17/06/2022 codice concorso 2022INAF8TEC/OACA/Posizione 5 – **Tracce prova scritta**

BUSTA DENOMINATA ESTERNAMENTE A (non estratta): BUSTA 1

BUSTA DENOMINATA ESTERNAMENTE "B" (ESTRATTA): BUSTA 2

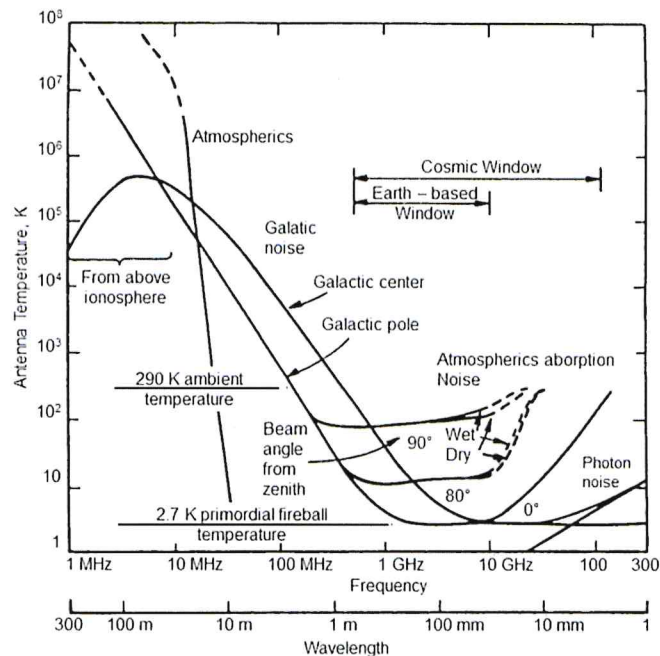
BUSTA DENOMINATA ESTERNAMENTE "C" (non estratta): BUSTA 3

BUSTA 1

Parte 1

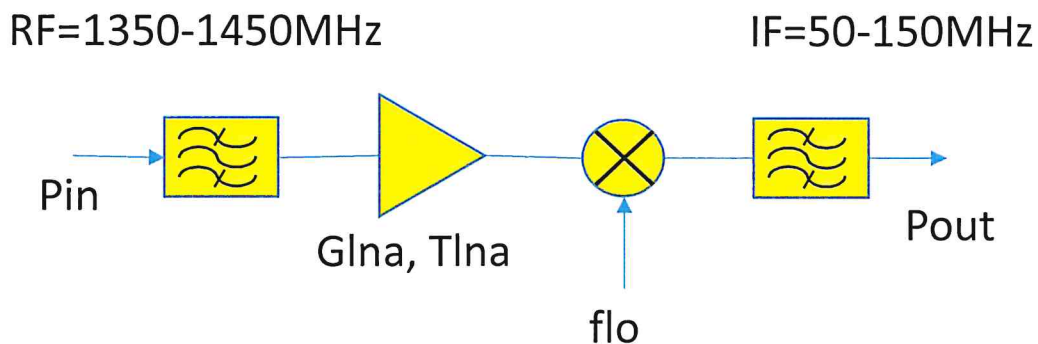
Un radiotelescopio parabolico con diametro $D=10\text{m}$, lavora alla frequenza $f_c=1.4\text{GHz}$, banda $B=100\text{MHz}$ ed efficienza di apertura $e=0.5$.

Immaginando che il tempo di acquisizione sia pari a $\tau=1\text{s}$ e che la temperatura di antenna T_a sia deducibile dal grafico considerando un angolo zenitale di 90° , valutare:



- 1) La temperatura di sistema supponendo una temperatura del ricevitore $T_r=100\text{K}$.
- 2) Il guadagno dell'antenna e la sensibilità del radiotelescopio espressa in Kelvin usando la formula del radiometro.

Considerando che il ricevitore sia realizzato con un'architettura di tipo supereterodina singola conversione come da schema seguente:



ed assumendo che la potenza d'ingresso sia determinata solo dal contributo di rumore, calcolare:

- 3) il guadagno della catena per ottenere una potenza all'uscita pari a -30 dBm ($k=1.38 \cdot 10^{-23}\text{J/K}$).

4) l'attenuazione del filtro d'ingresso nella banda passante supponendo che operi alla temperatura fisica $T_{amb}=290K$, che il contributo di rumore dell'amplificatore sia $T_{lna}=10K$ e supponendo che il resto della catena non degradi la cifra di rumore perché mascherata dal guadagno dell'amplificatore.

Assumendo infine che il mixer abbia una perdita d'inserzione di 6dB e che i due filtri abbiano la stessa perdita d'inserzione calcolata in precedenza, calcolare:

5) il guadagno dell'amplificatore.

Parte 2

Il candidato illustri i principali elementi di una catena front-end per la ricezione di segnali radioastronomici. Per ogni componente, il candidato descriva i parametri più significativi per una corretta progettazione dell'intera catena.

Parte 3

Il candidato risponda alle seguenti domande indicando la risposta corretta tra quelle proposte:

- 1) Quale è l'unità decibel con la quale comunemente si definisce il guadagno di un'antenna?
 - a. dBm
 - b. dB
 - c. dBi

- 2) L'equazione di trasmissione di Friis permette di calcolare, in condizioni ideali, il rapporto tra la potenza ricevuta da un'antenna (quantità incognita) e la potenza trasmessa da una seconda antenna (quantità nota). La dipendenza in tale formula dalla lunghezza d'onda è del tipo:
 - a. $P_t \propto \lambda$
 - b. $P_t \propto \lambda^2$
 - c. $P_t \propto 1/\lambda$

- 3) La densità spettrale di flusso si esprime con la seguente unità dimensionale:
 - a. $W/(m^2 \cdot Hz)$
 - b. $W/(m \cdot Hz)$
 - c. W/m^2

- 4) La relazione che lega guadagno e direttività di un'antenna dipende dall'efficienza di radiazione ϵ attraverso la seguente forma:
 - a. $G=D \cdot \epsilon$
 - b. $G=D/\epsilon$
 - c. $G=D \cdot \epsilon^2$

- 5) La lunghezza d'onda di un'onda EM che si propaga in un mezzo dielettrico caratterizzato da una costante dielettrica relativa ϵ è legata a quella nel vuoto (λ_0) dalla seguente relazione:
 - a. $\lambda = \epsilon \cdot \lambda_0$

- b. $\lambda = \lambda_0/\epsilon$
- c. $\lambda = \lambda_0/\sqrt{\epsilon}$

6) In un'onda EM che si propaga nel vuoto in direzione Z, il campo elettrico ed il campo magnetico giacciono entrambi nel piano:

- a. XY
- b. XZ
- c. YZ

7) I segnali a radio frequenza indicati dalla sigla UHF (ultra high frequency) si trovano nel seguente intervallo dello spettro radio:

- a. da 30 MHz a 300 MHz
- b. da 300 MHz a 3 GHz
- c. da 300 MHz a 30 GHz

8) In un'onda EM che si propaga in regione di campo lontano, l'ampiezza del campo elettrico è legata alla distanza r dalla sorgente attraverso la seguente relazione:

- a. $\propto 1/r$
- b. $\propto 1/r^2$
- c. $\propto 1/r^3$

9) Quale tra i seguenti metodi numerici di risoluzione delle equazioni di Maxwell non è una tecnica full-wave?

- a. Ottica geometrica
- b. Metodo dei Momenti
- c. Differenze Finite

10) Secondo l'effetto pelle, la profondità alla quale il campo elettrico vale $1/e$ (0.37) rispetto alla corrente sulla superficie esterna del conduttore è legata alla lunghezza d'onda attraverso la seguente relazione:

- a. $\propto 1/\sqrt{\lambda}$
- b. $\propto 1/\lambda$
- c. $\propto \sqrt{\lambda}$

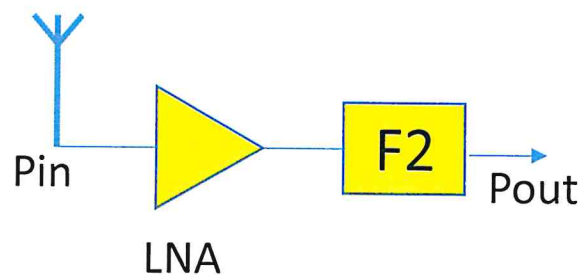
BUSTA 2

Parte 1

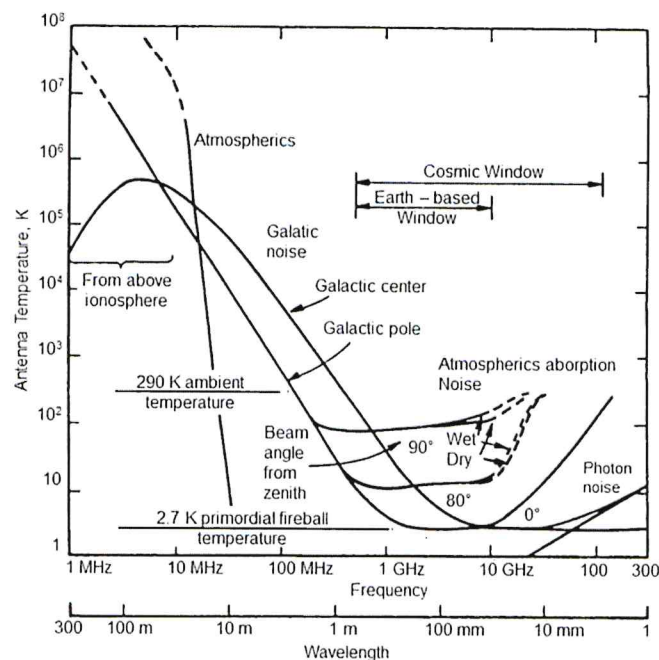
Un ricevitore multi-feed da fuoco secondario opera alla frequenza centrale $f_c=5\text{GHz}$ con un numero di catene $N=5$ e banda relativa $BW=30\%$ di f_c . Il ricevitore ha una temperatura di rumore $T_r=150\text{K}$ e sia il feed-system che il ricevitore lavorano a temperatura ambiente $T_a=290\text{K}$.

Si calcolino le seguenti grandezze:

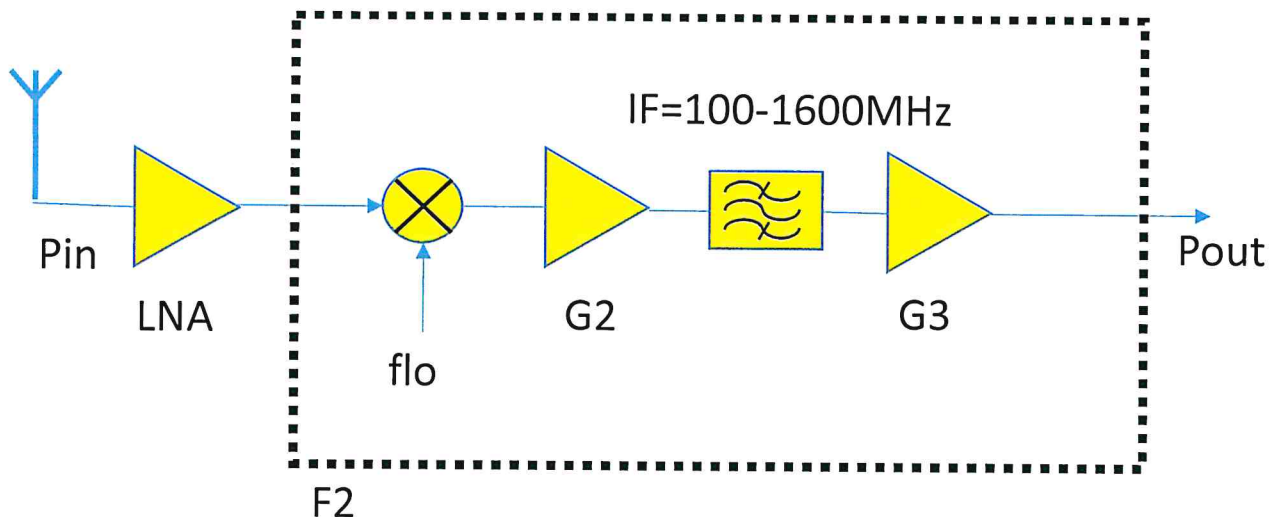
- 1) La temperatura di rumore T_{fs} del feed-system per una singola catena supponendo che la sua attenuazione sia $A_{fs}=0.7\text{dB}$.
- 2) Il guadagno dell'LNA (G_{lna}) supponendo che il suo rumore sia $T_{lna}=10\text{K}$ e che la seconda parte del ricevitore presenti una cifra di rumore pari a $F_2=10.5\text{dB}$.



- 3) Se la temperatura d'antenna T_a è quella estratta dal seguente grafico considerando un angolo zenithale di 90° , calcolare la T_{sys} .



Supponendo che la seconda parte della catena ricevente (dopo l'LNA) sia come da figura seguente:



calcolare le seguenti quantità:

- 4) il guadagno della catena ricevente supponendo che il segnale di uscita sia composto solo da rumore e che valga -30dBm ($k=1.38 \cdot 10^{-23}\text{J/K}$).
- 5) la perdita di conversione del mixer, supponendo che l'attenuazione del filtro IF sia $A_{if}=1\text{dB}$ e che $G_2=G_3=20\text{dB}$.

Parte 2

Negli ultimi anni è emersa una nuova tecnologia per sistemi di ricezione di segnali radio astronomici a bassa frequenza chiamata low frequency aperture array. Il candidato descriva gli elementi principali di tali sistemi di ricezione e vantaggi e svantaggi rispetto ad un radiotelescopio tradizionale a riflettore.

Parte 3

Il candidato risponda alle seguenti domande indicando la risposta corretta tra quelle proposte:

- 1) Quale è l'unità decibel equivalente alla potenza espressa in milliWatt?
 - a. dBm
 - b. dB
 - c. dBi
- 2) L'equazione di trasmissione di Friis permette di calcolare, in condizioni ideali, il rapporto tra la potenza ricevuta da un'antenna (quantità incognita) e la potenza trasmessa da una seconda antenna (quantità nota). La dipendenza in tale formula dalla distanza tra le due antenne è del tipo:
 - a. $P_R \propto d$
 - b. $P_R \propto 1/d^2$
 - c. $P_R \propto 1/d$
- 3) Il Jansky è l'unità dimensionale utilizzata dai radio astronomi per esprimere:
 - a. La densità spettrale di flusso di una sorgente
 - b. La densità di flusso di una sorgente

- c. La potenza trasmessa da una sorgente
- 4) Tra guadagno di un'antenna (G) e direttività (D) vale sempre la seguente relazione:
- $G \geq D$
 - $G = D$
 - $G \leq D$
- 5) In un cavo coassiale, l'impedenza caratteristica Z_0 è legata alla costante dielettrica relativa ϵ del mezzo presente tra i due conduttori secondo la seguente relazione:
- $Z_0 \propto \sqrt{\epsilon}$
 - $Z_0 \propto \epsilon$
 - $Z_0 \propto 1/\sqrt{\epsilon}$
- 6) Quale è la direzione di propagazione di un'onda elettromagnetica il cui campo elettrico è allineato in direzione X ed il campo magnetico in direzione Y:
- X
 - Y
 - Z
- 7) I segnali a radio frequenza indicati dalla sigla VHF (very high frequency) si trovano nel seguente intervallo dello spettro radio:
- da 300 MHz a 3 GHz
 - da 30 MHz a 300 MHz
 - da 300 MHz a 30 GHz
- 8) In un'onda EM che si propaga in regione di campo lontano, la fase del campo elettrico è legata alla distanza dalla sorgente attraverso la seguente relazione:
- $\propto 1/r$
 - $\propto 1/r^2$
 - $\propto r$
- 9) Quale tra i seguenti metodi numerici di risoluzione delle equazioni di Maxwell è una tecnica approssimata asintotica:
- Ottica fisica
 - Differenze Finite
 - Elementi Finiti
- 10) Secondo l'effetto pelle, la profondità alla quale il campo elettrico vale $1/e$ (0.37) rispetto alla corrente sulla superficie esterna del conduttore è legata alla frequenza attraverso la seguente relazione:
- $\propto 1/\sqrt{f}$
 - $\propto 1/f$
 - $\propto \sqrt{f}$

BUSTA 3

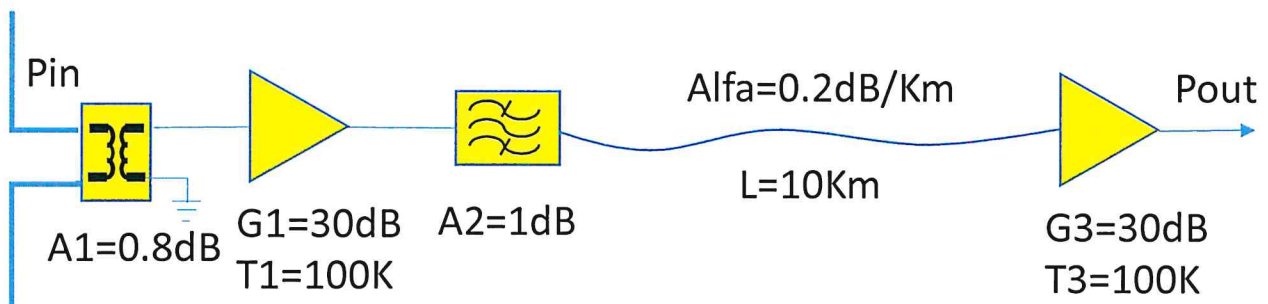
Parte 1

Un radiotelescopio è realizzato come un array di dipoli a mezz'onda che lavorano nella banda 50-350MHz. I dipoli a mezz'onda hanno una direttività $D=1.64\text{dBi}$ ed ogni antenna è collegata ad un ricevitore ad amplificazione diretta a temperatura ambiente $T_a=290\text{K}$.

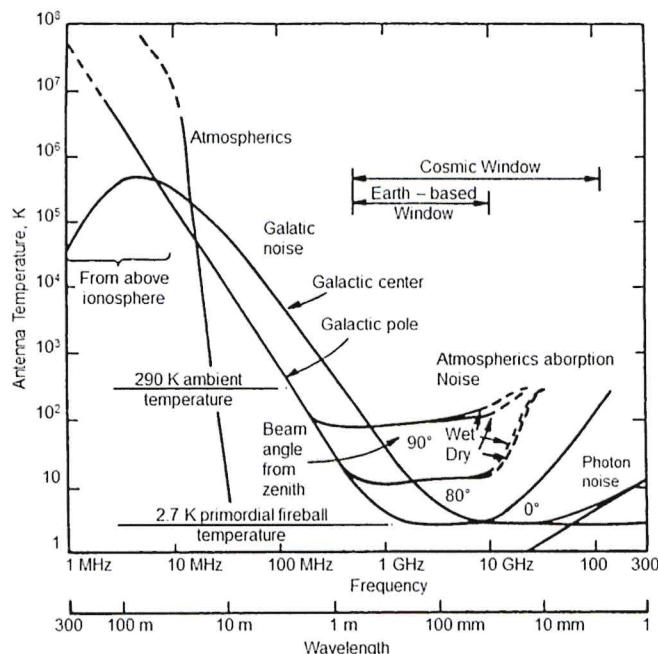
Il candidato deve calcolare:

- 1) il guadagno del singolo dipolo supponendo perdite ohmiche dell'antenna di 0.2dB .
- 2) il valore approssimato del guadagno dell'array supposto che la stazione sia composta di 150 antenne e che le antenne non si accoppino tra di loro.
- 3) la risoluzione angolare della stazione alla frequenza di 100MHz supponendo che le antenne siano disposte in un'area circolare di diametro $D=100\text{m}$.

Supponendo che il ricevitore sia collegato al sistema di acquisizione tramite una fibra ottica lunga 10Km e che gli elementi della catena siano come da figura seguente:



- 4) si calcoli la temperatura di rumore del ricevitore T_{ric} (inclusa la perdita dell'antenna) e la temperatura di sistema T_{sys} , assumendo come temperatura di antenna quella da grafico seguente considerando che nel campo di vista dell'antenna transiti il centro galattico. Assumere inoltre che il contributo di rumore dopo il primo amplificatore sia trascurabile.



5) Quale è il ritardo del segnale alla porta di uscita del ricevitore supponendo che l'unico contributo presente sia dovuto alla fibra ottica? Per semplicità si consideri il caso ideale in cui i raggi si propagano in modo rettilineo con indice di rifrazione $n=1.4$.

Parte 2

Il candidato descriva le principali caratteristiche di un'antenna a multi-riflettore utilizzata per la ricezione dei segnali radioastronomici; preferibilmente il candidato faccia riferimento al sistema ottico presente nel Sardinia Radio Telescope.

Parte 3

Il candidato risponda alle seguenti domande indicando la risposta corretta tra quelle proposte:

- 1) Quale è l'unità decibel equivalente alla potenza espressa in Watt?
 - a. dBm
 - b. dB
 - c. dBW

- 2) L'equazione di trasmissione di Friis permette di calcolare, in condizioni ideali, il rapporto tra la potenza ricevuta da un'antenna (quantità incognita) e la potenza trasmessa da una seconda antenna (quantità nota). La dipendenza in tale formula dal guadagno dell'antenna trasmittente (espresso in lineare) è del tipo:
 - a. $P_t \propto G$
 - b. $P_t \propto G^2$
 - c. $P_t \propto 1/G$

- 3) La densità di flusso si esprime con la seguente unità dimensionale:
 - a. $W/(m^2 \cdot Hz)$
 - b. W/m^2
 - c. $W \cdot m$

- 4) Per un'antenna isotropa, la direttività (D) vale:
 - a. 0dBi
 - b. 1dBi
 - c. 0 (in scala lineare)

- 5) In un cavo coassiale, l'impedenza caratteristica Z_0 è legata alla permeabilità relativa μ del mezzo presente tra i due conduttori secondo la seguente relazione:
 - a. $Z_0 \propto \sqrt{\mu}$
 - b. $Z_0 \propto \mu$
 - c. $Z_0 \propto 1/\sqrt{\mu}$

- 6) Quale è la direzione del campo magnetico di un'onda elettromagnetica il cui campo elettrico è allineato in direzione X e che si propaga in direzione Z:

- a. X
- b. Y
- c. Z

7) Lo spettro delle microonde è indicativamente definito nel seguente intervallo dello spettro radio:

- a. da 300 MHz a 300 GHz
- b. da 300 KHz a 300 MHz
- c. da 1 MHz a 100 GHz

8) In un'onda EM che si propaga in regione di campo lontano, la fase del campo elettrico è legata alla lunghezza d'onda λ attraverso la seguente relazione:

- a. $\propto 1/\lambda^2$
- b. $\propto 1/\lambda$
- c. $\propto \lambda$

9) Quale tra i seguenti metodi numerici di risoluzione delle equazioni di Maxwell è una tecnica full-wave:

- a. Ottica geometrica
- b. Metodo dei Momenti
- c. Ottica fisica

10) Secondo l'effetto pelle, la profondità alla quale il campo elettrico vale $1/e$ (0.37) rispetto alla corrente sulla superficie esterna del conduttore è legata alla resistività del conduttore ρ attraverso la seguente relazione:

- a. $\propto \sqrt{\rho}$
- b. $\propto 1/\rho$
- c. $\propto 1/\sqrt{\rho}$