

---

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE  
SECONDA SESSIONE 2016 – SEZIONE A  
SETTORE INFORMAZIONE  
Prova Pratica di Progettazione  
TEMA N. 2: TELECOMUNICAZIONI

---

Un'emittente radio FM deve realizzare la copertura in una nuova area territoriale.

Per far questo si realizza un collegamento punto-punto (ponte radio) fra lo studio di produzione e il sito designato alla radiodiffusione distante 50km dallo studio. Il collegamento è realizzato in digitale con codifica del segnale audio di tipo AAC a 128 kb/s. Come formato di segnale si sceglie una modulazione BPSK su portante a 5.8GHz. In trasmissione si utilizza un'antenna a pannello con guadagno di 15dBi. In ricezione si utilizza un'antenna parabolica di 80cm di diametro ed efficienza 0.7. Il collegamento al ricevitore è realizzato mediante una tratta di 30m di cavo coassiale con attenuazione 10dB/100m. Il ricevitore è caratterizzato da una cifra di rumore di 3dB.

- 1) Si determini il guadagno in potenza dell'antenna in ricezione.
- 2) Si calcoli la temperatura di sistema del ricevitore considerando l'antenna parabolica alla temperatura di 290K.
- 3) Si determini il rapporto segnale-rumore al ricevitore che garantisca una probabilità di errore di  $10^{-3}$ .
- 4) Si determini la potenza necessaria in trasmissione per ottenere la probabilità di errore sopra riportata.

Il segnale ricevuto dal ponte radio, opportunamente demodolato, è quindi convertito in analogico e fornito in ingresso a un modulatore FM operante a 90MHz con deviazione di frequenza 75kHz e dotato di codifica stereo. Il segnale modulato è quindi trasmesso mediante un'antenna omnidirezionale utilizzando un amplificatore di potenza capace di erogare 2kW.

- 5) Si determini la banda del segnale FM stereo in maniera approssimata.
- 6) Nell'ipotesi che l'antenna in trasmissione presenti un guadagno di 3dBi e che per una buona qualità di ricezione sia necessario un valore di campo di 70dBuV/m, si determini la distanza massima di copertura.
- 7) Considerando che alla distanza di 50m dall'antenna in trasmissione si trova un edificio abitato e che tale antenna è posta su un traliccio alto 30m, si determini se sussistano i requisiti per la protezione dai campi elettromagnetici (limite di attenzione di 6V/m). A tal fine si approssimi il diagramma di radiazione dell'antenna in trasmissione con quello di un dipolo ad onda intera e si assuma l'assenza di downtilt meccanico.

Nell'effettuare le prove di ricezione si nota come una porzione dell'area presenti forti problemi di copertura dovuti all'orografia del territorio. Si decide quindi di affiancare al tradizionale sistema FM analogico un sistema di radiodiffusione digitale DAB basato su modulazione OFDM operante a frequenza portante di 230MHz. Nella pianificazione di rete si nota la presenza di segnale dovuto a un interferente co-canale (un altro trasmettitore DAB in una rete SFN) posizionato a 40km di distanza, come mostrato in Figura 1.

- 8) Si scelga il *transmission mode* più opportuno fra quelli caratteristici dello standard riportati in Tabella 1, per far sì che il segnale DAB del trasmettitore utile posizionato a 10km dall'area da coprire non venga degradato dal segnale interferente.
- 9) Considerando un ricevitore tipo con sensibilità di -100dBm ed equipaggiato con un'antenna con guadagno 0dB, si dimensiona il valore di EIRP in trasmissione necessario per garantire il servizio nel 99% dei casi in presenza di shadowing con statistica log-normale con varianza 3dB.
- 10) Si discutano sinteticamente i vantaggi principali nel realizzare la copertura con il sistema digitale DAB rispetto al classico sistema analogico in modulazione di frequenza.

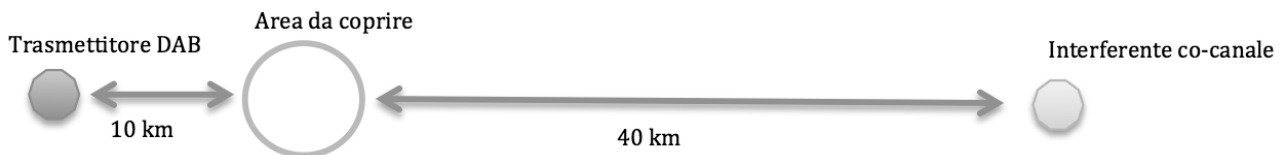
ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE  
 SECONDA SESSIONE 2016 – SEZIONE A  
 SETTORE INFORMAZIONE  
 Prova Pratica di Progettazione  
 TEMA N. 2: TELECOMUNICAZIONI

Qualora si rendesse necessario il calcolo della funzione inversa della funzione  $\square = \text{erfc}(\square)$ , il candidato può avvalersi della seguente approssimazione:

$$x = \text{inverfc}(y) \approx \frac{\sqrt{-\log(y)}}{1 + 0.6(-\log y)^{-0.8}}$$

dove log indica il logaritmo naturale.

**Figura 1**



**Tabella 1**

Parameter	Mode I	Mode IV	Mode II	Mode III
<i>Sub-carriers</i>				
Number of sub-carriers: K	1536	768	384	192
Sub-carrier spacing: $\Delta f$	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz
<i>Time relations</i>				
Transmission frame duration: $T_{\text{Frame}}$	96 ms	48 ms	24 ms	24 ms
Symbol duration: $T_{\text{symOFDM}} = T_{\text{guard}} + T_u$	196608T*	98304T	49152T	49152T
Guard interval duration: $T_{\text{guard}}$	1246 $\mu\text{s}$	623 $\mu\text{s}$	312 $\mu\text{s}$	156 $\mu\text{s}$
Symbol duration without $T_{\text{guard}}$ : $T_u = 1/\Delta f$	2552T*	1276T	638T	319T
Null-symbol duration: $T_{\text{null}}$	246 $\mu\text{s}$	123 $\mu\text{s}$	62 $\mu\text{s}$	31 $\mu\text{s}$
	504T*	252T	126T	63T
	1000 $\mu\text{s}$	500 $\mu\text{s}$	250 $\mu\text{s}$	125 $\mu\text{s}$
	2048T*	1024T	512T	256T
	1297 $\mu\text{s}$	648 $\mu\text{s}$	324 $\mu\text{s}$	168 $\mu\text{s}$
	2656T*	1328T	664T	345T
<i>OFDM symbols</i>				
OFDM symbols per transmission frame (without null symbol): L	76	76	76	153
OFDM symbols with PR data	1	1	1	1
OFDM symbols with FIC data	3	3	3	8
OFDM symbols with MSC data	72	72	72	144
<i>FIC/MSK</i>				
FIC: FIBs per transmission frame	12	6	3	4
FIBs per 24 ms frame	3	3	3	4