

پروژه : طراحی مدل ساده تولید متن

تعداد لایه های مدل : 6 لایه

لایه های به کار رفته در مدل : ترنسفورمر , خطی , نرمالیزیشن

توکنایزر : توکنایزر کاراکتری

طراحی توکنایزر : دستی

دیتاست : یک پاراگراف کوتاه انگلیسی

cpu: منابع مورد نیاز برای اجرای همین کد

توجه : میتوانید یک دیتاست بزرگ و یک توکنایزر کلمه ای برای آموزش مدل استفاده کنید. در این تکه کد تمرکز بر ساختار مدل است

در صورت تغییر دیتاست و توکنایزر احتمالاً نیاز به GPU دارید

```
import torch
import torch.nn as nn
import torch.nn.functional as F
import math
import random

# Tiny English Dataset
text = """The quick brown fox jumps over the lazy dog.
Alice was beginnig to get very tired of sitting by her sister on the
bank.
Call me Ishmael.It was the best of times, it was the worst of
times."""
text *= 200
```

#### Char-Level Tokenizer :

در این کد از توکنایزر کاراکتری استفاده کردیم. اما چرا ؟

1. توکنایزر کاراکتری را همیشه همین جا و در لحظه ساخت

2. مناسب دیتاست کوچک است

توکنایزر کلمه ای معمولاً نیاز به واژگان زیاد مثلاً 30 هزار توکن دارد

3. جلوگیری از مشکل out of vocabulary

در مدل های کلمه ای اگر کلمه جدید باشد، میره به دسته UNK

در کاراکتری چنین مشکلی نیست. هر کاراکتر رو جدا یاد میگیره، حتی اگر کلمه کاملاً جدید باشد

### نقطه ضعف توکنایزر کاراکتری

مدل باید توالی های طولانی تری را ببیند تا مفهوم کلمه و جمله را بفهمد، چون کلمات را مستقیم نمیشناسه

برای متن واقعی بزرگ، این روش از نظر کارایی ضعیف است

ولی برای یک مدل تمرینی کوچک، مزایای سادگی و اجراپذیری خیلی بیشتری

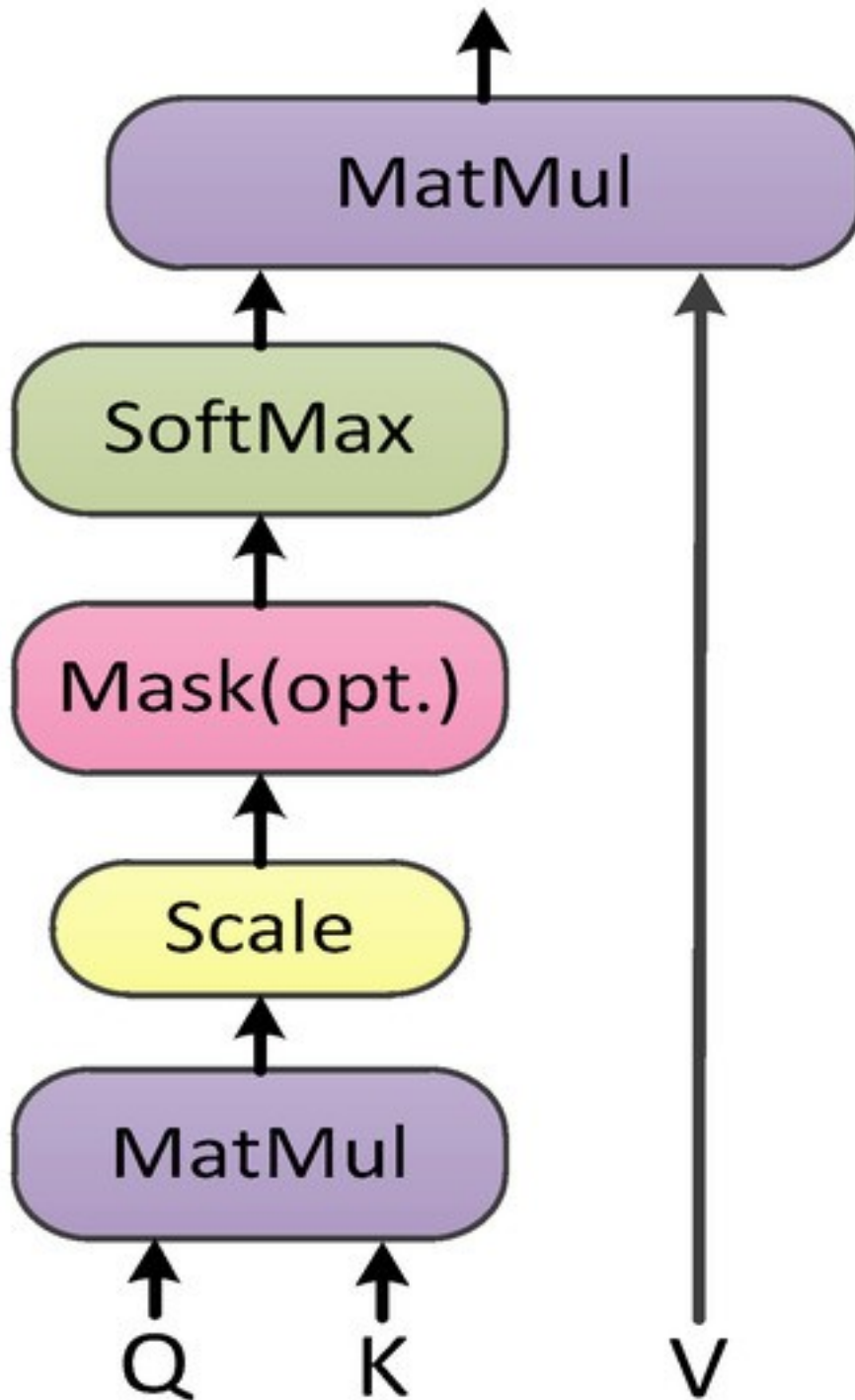
میتوان همین مدل را با توکنایزر کلمه ای یا subword و یک دیتاست بزرگ نوشت

```
# Char-Level Tokenizer
chars = sorted(set(text))
stoi = {ch:i for i,ch in enumerate(chars)}
itos = {i:ch for ch,i in stoi.items()}
encode = lambda s:[stoi[c] for c in s]
decode = lambda I:"".join(itos[i] for i in I)
data = torch.tensor(encode(text),dtype=torch.long)

# Train/Val split
n = int(0.9 * len(data))
train_data , val_data = data[:n],data[n:]

# Model Config
vocab_size = len(chars)
seq_len = 64
n_embd = 128
n_head = 4
n_layer = 6
device = 'cuda' if torch.cuda.is_available() else 'cpu'
```

## 1.Scaled Dot Product Attention



```
# scaled Dot product attention
class Head(nn.Module):
    def __init__(self):
        super().__init__()
```

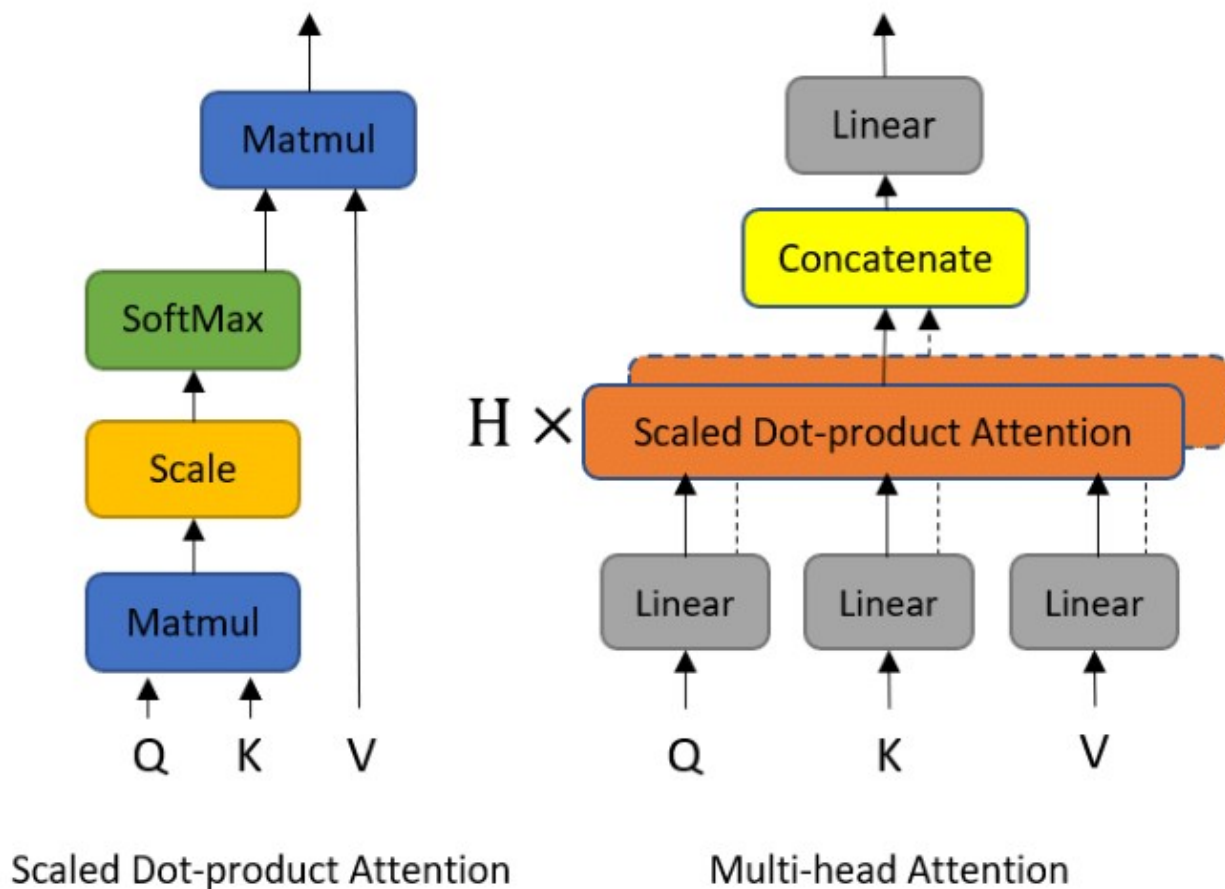
```

self.key = nn.Linear(n_embd , n_embd // n_head , bias = False)
self.query = nn.Linear(n_embd , n_embd // n_head , bias = False)
self.value = nn.Linear(n_embd , n_embd // n_head , bias = False)
self.register_buffer('tril' , torch.tril(torch.ones(seq_len ,
seq_len)))

def forward(self,x):
    B,T,C = x.shape
    k = self.key(x)
    q = self.query(x)
    wei = q @ k.transpose(-2,-1) * (C // n_head) ** 0.5
    wei = wei.masked_fill(self.tril[:T,:T] == 0,float('-inf'))
    wei = F.softmax(wei,dim = -1)
    v = self.value(x)
    out = wei @ v
    return out

```

## 2.Multi Head Attention



```

# MultiHead Attention
class MultiHead(nn.Module):

```

```

def __init__(self):
    super().__init__()
    self.heads = nn.ModuleList([Head() for _ in range(n_head)])
    self.proj = nn.Linear(n_embd, n_embd) # projection

def forward(self,x):
    out = torch.cat([h(x) for h in self.heads],dim=-1)
    return self.proj(out)

```

### 3.Feed Forward

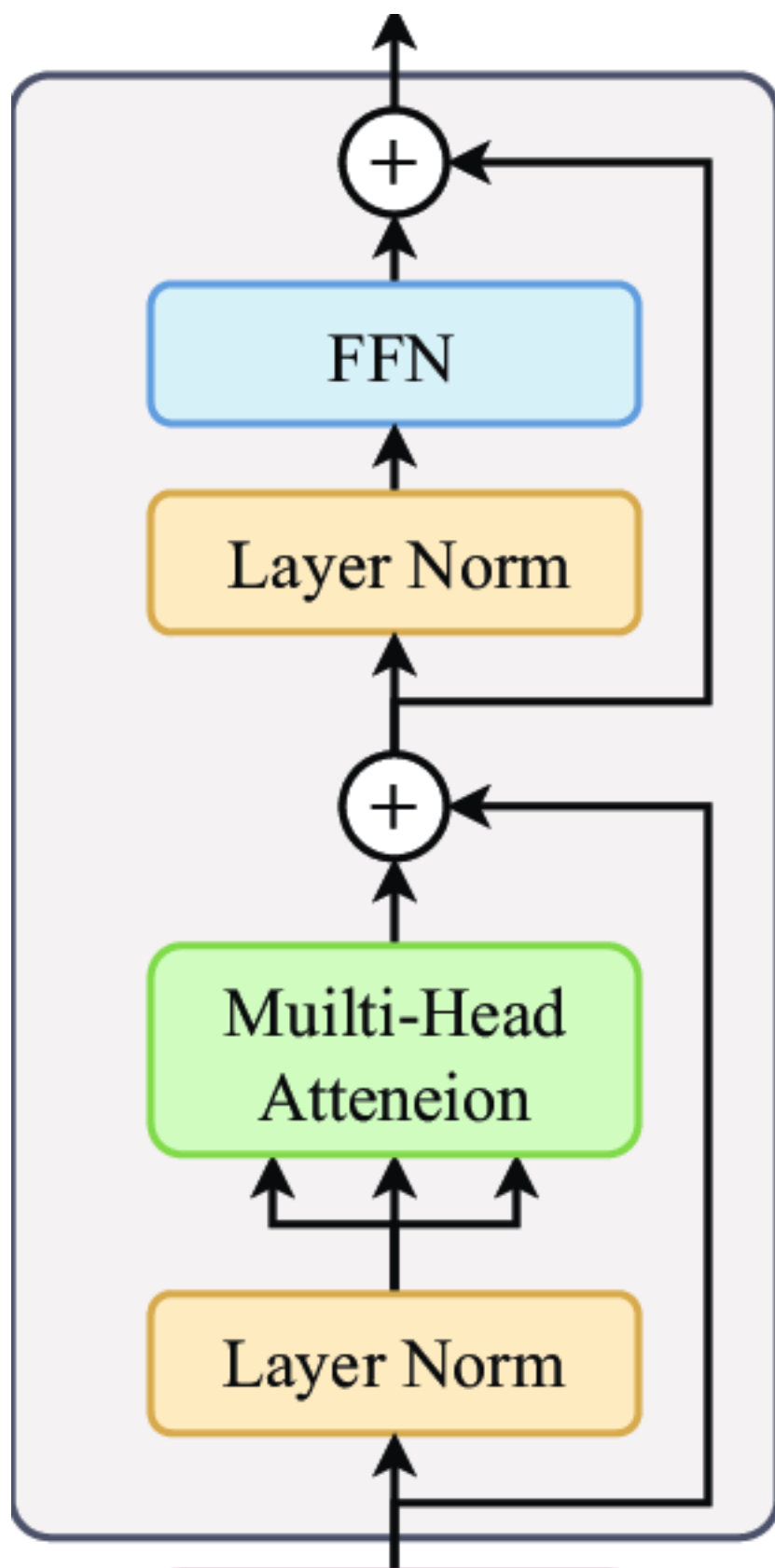
```

# FeedForward
class FeedForward(nn.Module):
    def __init__(self):
        super().__init__()
        self.net = nn.Sequential(
            nn.Linear(n_embd, 4*n_embd),
            nn.ReLU(),
            nn.Linear(4*n_embd, n_embd)
        )

    def forward(self,x):
        return self.net(x)

```

#### 4. Transformer Block (Encoder\_Only)



```
# Transformer Block ( Encoder_Only )
class Block(nn.Module):
    def __init__(self):
        super().__init__()
        self.sa = MultiHead() # sa -> self attention
        self.ff = FeedForward()
        self.ln1 = nn.LayerNorm(n_embd)
        self.ln2 = nn.LayerNorm(n_embd)

    def forward(self,x):
        x = x + self.sa(self.ln1(x))
        x = x + self.ff(self.ln2(x))
        return x
```

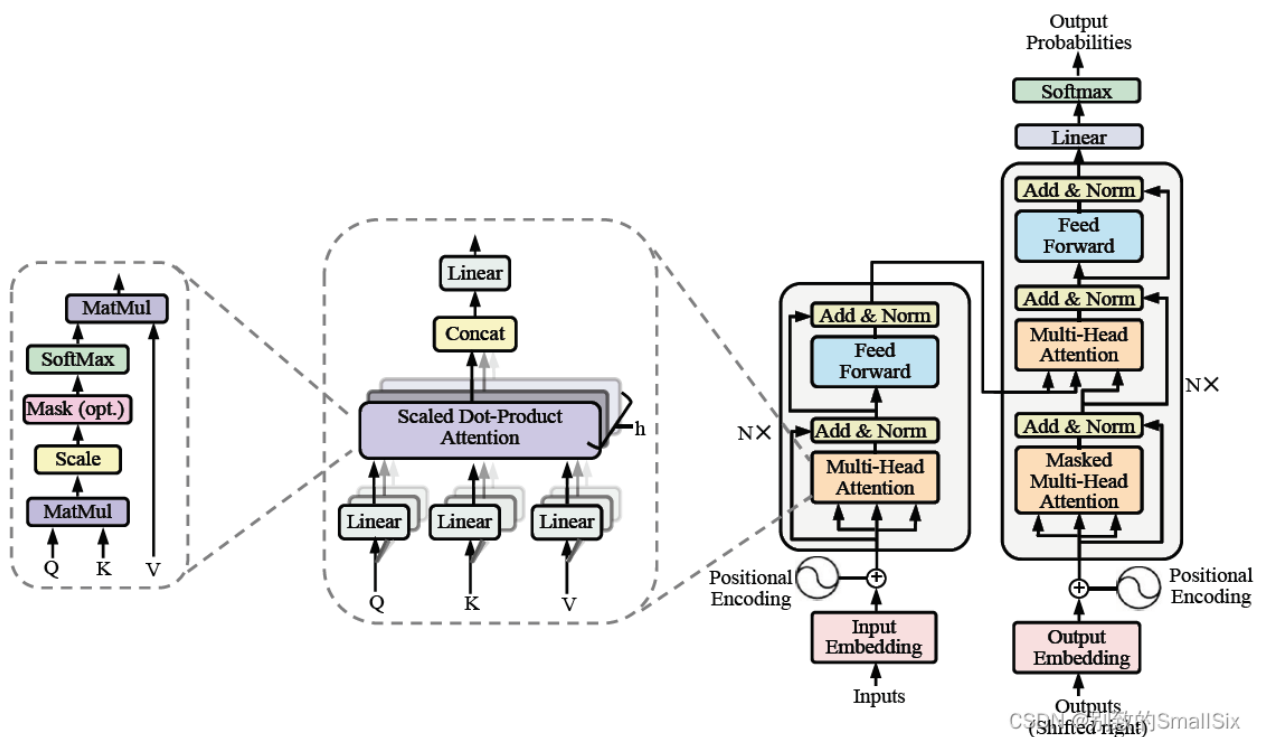
## 5. دید کلی

توجه کنید که ترنسفورمر در حالت کلی دو بلاک دیکودر و انکودر دارد. اما ما تنها بلاک انکودر - سمت چپی در عکس پایین - را برابر با بلاک ترنسفورمر گرفتیم

Transformer Block -> **Encoder Block** + Decoder Block

بسیاری از مدل های تولید متن مثل GPT تنها بلاک انکودر را دارند

اصطلاحاً به این مدل ها Encoder\_Only میگویند



## 6. Full Model

Full Model :



tok\_embd + pos\_embd -> 6\*[Transformer\_Block] -> Normalization -> Linear\_layer

**methods :**

init -> تعریف یک شی از کلاس

forward method -> دادن ورودی به شکل مستقیم به شی تعریف شده از کلاس

generate method -> تولید متن با فراخوانی این متد

```
class MiniGPT(nn.Module):
    def __init__(self):
        super().__init__()
        self.token_emb = nn.Embedding(vocab_size,n_embd)
        self.pos_emb = nn.Embedding(seq_len,n_embd)
        self.blocks = nn.Sequential(*[Block() for _ in range(n_layer)])
        self.ln_f = nn.LayerNorm(n_embd)
        self.head = nn.Linear(n_embd,vocab_size)

    def forward(self,idx,targets=None):
        B,T = idx.shape
        tok = self.token_emb(idx)
        pos = self.pos_emb(torch.arange(T,device=device))
        x = tok + pos
        x = self.blocks(x)
        x = self.ln_f(x)
        logits = self.head(x)
        loss = None
        if targets is not None:
            loss = F.cross_entropy(logits.view(-1,vocab_size),targets.view(-1))
        return logits , loss

    def generate(self,idx,max_new_tokens):
        for _ in range(max_new_tokens):
            idx_cond = idx[:,-seq_len:]
            logits,_ = self(idx_cond)
            probs = F.softmax(logits[:,-1,:],dim=-1)
            idx_next = torch.multinomial(probs,num_samples=1)
            idx = torch.cat((idx,idx_next),dim=-1)
        return idx
```

## 7.Training Loop

```
model = MiniGPT().to(device)
optimizer = torch.optim.AdamW(model.parameters(),lr=3e-4)

def get_batch(split):
    data = train_data if split == 'train' else val_data
    ix = torch.randint(len(data) - seq_len,(32,))
    x = torch.stack([data[i:i+seq_len] for i in ix])
```

```

y = torch.stack([data[i+1:i+seq_len+1] for i in ix])
return x.to(device),y.to(device)

for step in range(500):
    xb,yb = get_batch('train')
    _,loss = model(xb,yb)
    optimizer.zero_grad()
    loss.backward()
    optimizer.step()
    if step % 100 == 0:
        print(f"Step {step} Loss {loss.item():.4f}")

```

```

Step 0 Loss 3.6128
Step 100 Loss 0.8358
Step 200 Loss 0.2529
Step 300 Loss 0.1310
Step 400 Loss 0.1072

```

### Sample Generation

```

# Sample Generation
context = torch.zeros((1,1),dtype=torch.long,device=device)
print(decode(model.generate(context,max_new_tokens=200)[0].tolist()))

```

Alice was beginnig to get very tired of sitting by her sister on the wank.  
 Call be Ishmael.It was wal best of ory t her d ofog onk e thes, d tis  
 time onk.  
 Cashe l.The ofox lll.Thmps wnn It f t Is, t w