Angesichts der in diesem Heft veröffentlichten VDU-Karte haben wir uns gedacht: Es ist sicher eine gute Idee, in diesem Heft auch darauf einzugehen, wie die Zeichen auf dem Bildschirm genau aufgebaut werden, also kurzum: wie es die Video-Karte "fertigbringt", daß ein aus Zeichen aufgebautes Bild entsteht. Das ist sicher auch für die Leser interessant, die diese VDU-Karte nicht nachbauen.

ZEICHEN AUF DEM BILDSCHIRM

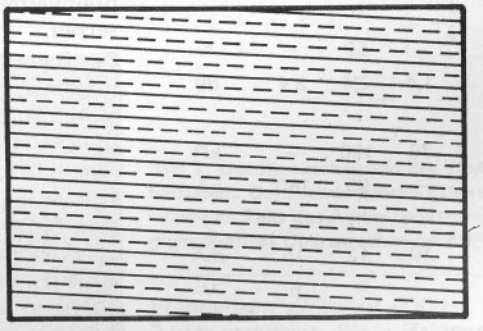
Wie eine "Video Display Unit" funktioniert

Bei einem Video-Display geht es darum, Buchstaben, Ziffern und Zeichen, die der Computer produziert und "aussendet", auf einem Bildschirm sichtbar zu machen. Dafür ist nicht nur eine Art "Fernseher" notwendig, sondern vor allem eine elektronische Umsetzung der gewünschten Zeichen in Videosignale mit der richtigen Reihenfolge. Sehen wir uns zunächst einmal an, wie so ein Monitor (oder Fernseher) sein Bild "aufbaut" und wie die Video-Signale aussehen.

Der Bildaufbau

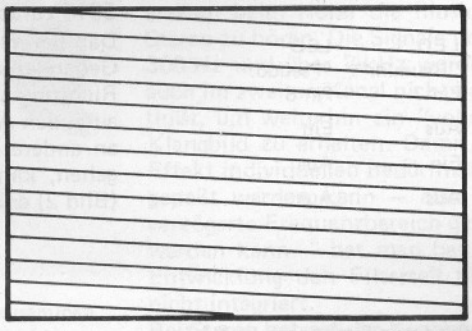
Zunächst eine Worterklärung: Ein Monitor ist an sich nichts anderes als ein Fernseher ohne Tuner. Er verarbeitet also das "reine" Video-Signal. Anders herum: Man kann den Fernseher als einen erweiterten Monitor ansehen.

1a



83082-1a

1b



83082-1b

Bild 1: Beim Aufbau des normalen TV-Bildes verwendet man das Zeilensprungverfahren, bei dem zwei Halbbilder "ineinander"geschrieben werden. In Bild 1a ist dieses Verfahren schematisch dargestellt. Um bei Datenverarbeitungs-Monitoren ein flackerfreies Bild zu erhalten, werden die beiden Halbbilder 50 mal in der Sekunde "übereinander"geschrieben, wie in Bild 1b gezeigt.

Dieser Unterschied ist sozusagen historisch entstanden. Beim Fernsehen muß der Sender das eigentliche Bild-Signal (wie es von der Kamera erzeugt und eventuell auf der MAZ zwischengespeichert wird) auf eine höherfrequente Senderfrequenz modulieren, anders ist die Übertragung durch den Äther nicht möglich. Der Fernseher muß dieses Signal empfangen und demodulieren, um das eigentliche Bildsignal zurückzugewinnen und dann durch seinen "Monitorteil" abzubilden. Verlassen wir die leidige Historie, die uns nur Sprachverwirrung beschert: Hier ist für uns nur der reine Monitor von Interesse, und bezüglich des Fernsehens nur das reine Video-Signal.
Dieses Video-Signal hat beim Fernsehen eine Bandbreite von 5,5 MHz. Ein guter (Datenverarbeitungs-)Monitor hat eine Bandbreite von bis zu 20 MHz. Warum das? Und warum ist der Fernseher ein schlechter Computer-Monitor?
Sehen wir uns zunächst einmal an, wie so ein Fernsehbild aufgebaut ist. Wir setzen dabei voraus, daß die meisten Leser dies zumindest so ungefähr wissen, und beschränken uns auf die wichtigsten Punkte (ausführlicher ist dies im September-Heft 1977 dargestellt, aber auch in jedem guten Fachbuch über Fernsehtechnik).
Ein (einzelnes) Bild wird aufgebaut aus 625 Linien, wobei die Bildwiederholfrequenz 25 Hz beträgt (25 Bilder pro Sekunde). Das menschliche Auge (genauer: der "Bildauswertteil" des Gehirns) kann bei dieser Frequenz jedoch den Bildwechsel eventuell noch als störendes Flackern empfinden. Deshalb wird jedes Bild in zwei Teile (Halbbilder) zerlegt. Das eine Halbbild beinhaltet alle "ungeraden" Linien, das andere alle "geraden". Bei bewegten Bildern wird dem Auge so ein flackerfreies Bild vorgetäuscht. Man nennt diese Methode des Bildaufbaus Zeilensprungverfahren. Bild 1a zeigt das Prinzip. Auffallend ist, daß das eine Halbbild mit einer halben Zeile beginnt und das andere mit einer halben Zeile endet.
Warum gehen wir hierauf überhaupt ein? Die erwähnte Flackerfreiheit gilt – wie gesagt – beim bewegten Bild. Bei stehenden Bildern, wie dies bei Computern der Fall ist, wird nun gerade durch das Zeilensprungverfahren ein zumindest unterbewußt wahrgenom-

2

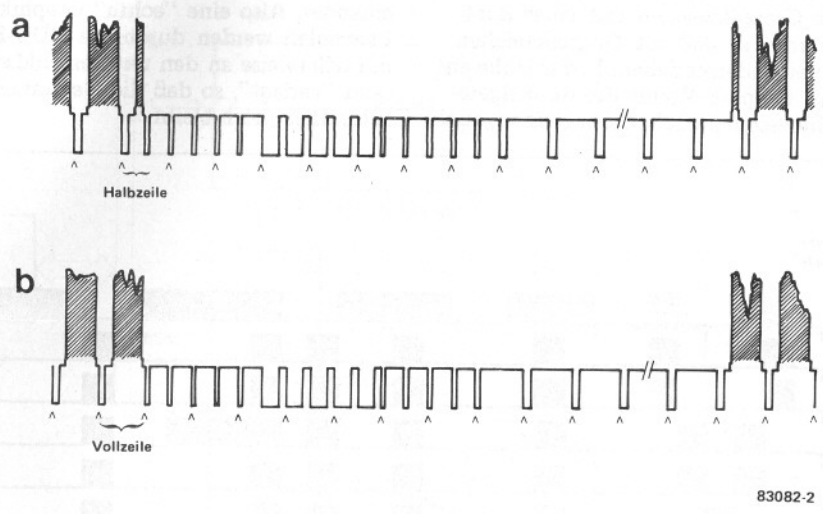


Bild 2: Der Anfangs- und Endteil eines Videosignals (das sogenannte Vertikal-Synchronsignal). Bild 2a zeigt das Signal für das erste Halbbild, Bild 2b das Signal für das zweite Halbbild.

mener Flackereffekt erzeugt.
Was kann man da tun? Da wir an sich genug Zeilen zur Verfügung haben, lassen wir einfach die Hälfte weg und schreiben statt zweier verschiedener Halbbilder zweimal das gleiche. Um dies genau zu erklären, müssen wir das Fernsehbild in einem Punkt nun doch noch genauer erklären. In Bild 2a ist links und rechts eine schmale "Schwarzschulter" zu erkennen, in Bild 2b ist die letzte Schwarzschulter vor dem eigentlichen Bildsignal dagegen breit. Die schmale Schwarzschulter links in Bild 2a ist dafür "verantwortlich", daß die erste Zeile des ersten Halbbildes am linken Bildrand beginnt. Die breite "Schwarzschulter" in Bild 2b sorgt dafür, daß das die erste Zeile des zweiten Halbbildes in der Bildmitte "startet". Wenn man "software-mäßig" dafür sorgt, daß diese Schwarzschulter durch eine schmale wie in Bild 2a – ersetzt wird, werden die beiden Halbbilder übereinander geschrieben. Um ein ruhiges, flackerfreies Schirmbild zu erzeugen, wird meist diese Methode verwendet (siehe Bild 1b).
Nun zum Aufbau der Zeichen. Meist benutzt man dazu eine Matrix von 5 x 7 oder 7 x 9 Punkten. Um eine Reihe mit Buchstaben oder Zahlen auf den Schirm zu schreiben, geht man wie in Bild 3 gezeigt vor. Für eine Reihe Zeichen werden in jeder Zeile bestimmte Punkte geschrieben. Bei einer 5 x 7-Matrix sind 7 Zeilen nötig, um eine Reihe Zeichen zu schreiben. In Bild 3 ist auf diese Weise ein Wort nachgebildet: Jeder Impuls nach dem Zeilensynchron-Impuls bedeutet, daß der Elektronenstrahl "aufgesteuert" wird und dadurch ein Bildpunkt aufleuchtet. Ist kein Impuls vorhanden, bleibt der Elektronenstrahl schwach und damit der zugehörige Bildpunkt dunkel. In Bild 3 ist deutlich das Wort "VIDEO" zu erkennen.
Bei der VDU-Karte wird nicht mit einer 5 x 7-Matrix gearbeitet, sondern mit einer 5 x 8-Matrix. Das hat den Vorteil, daß man auch mit Unterlängen arbeiten und dadurch Kleinbuchstaben wie "g", "p" oder "q" deutlicher darstellen kann. Zwischen zwei Reihen auf dem Schirm wird noch eine Leerzeile geschrieben, um die beiden Reihen voneinander zu trennen. Insgesamt sind also 9 Zeilen pro Reihe notwendig.
Die VDU-Karte zeichnet 24 Reihen mit je 80 Zeichen auf den Schirm. Das heißt nun nicht, daß wir mit 24 x 9 = 216 Zeilen genug haben. Schließlich wollen wir – wie bei einem sauber geschriebenen Brief – rundum einen Rand haben. Das ist schon deshalb nützlich, weil der äußerste Bildschirmrand etwas gebogen ist und deshalb dort geschriebene Zeichen verzerrt würden. Wie die Bildaufteilung bei der VDU-Karte gelöst ist, zeigt Bild 4 (andere Systeme machen dies genauso oder sehr ähnlich). Insgesamt werden 297 Zeilen (= 33 Reihen) geschrieben, und in jeder ist Platz für 128 Zeichen. In der Mitte von Bild 4a sieht man das Feld von 216 Zeilen (= 24 Reihen) x 80 Zeichen. In der Ausschnittvergrößerung ist der vollständige Zeichenaufbau der VDU-Karte zu erkennen. Wir nehmen diese für den Rest des Artikels als konkretes Beispiel. Für das Zeichen haben wir also die 5 x 8-Matrix, zwischen den Zeichen werden in jeder Zeile drei Bildpunkte dunkelgetastet und unter jeder Reihe noch eine Zeile, um die Reihen zu trennen.
Jetzt können wir auch erklären, warum die Bandbreite eines Monitors größer als 5,5 MHz sein muß. Die normale Zeitdauer einer Zeile beträgt beim Fernseher 64 μs. Davon kann man praktisch nicht abweichen, da der elektronische Aufbau des Fernsehers darauf eingestellt ist. Teilt man diese 64 μs durch die 128 x 8 Bildpunkte pro Zeile (die Zeitdauer des Synchron-Impulses ist in den 128 Zeichen enthalten), erhält man 62,5 ns. Die höchste Frequenz ergibt sich bei ständigem Schwarz-Weiß-Schwarz-Weiß-Wechsel mit 1/(2 x 62,5 ns) = 8 MHz. Und dabei ist über die "Schärfe" der Schwarz- beziehungsweise Weiß-Punkte noch nichts gesagt.
Ergebnis: Bei einem Fernseher kann die Qualität der Zeichen bei einer 80 x 24-Matrix nicht die beste sein. Es bleiben drei Möglichkeiten: Entweder man schränkt die Anzahl der Zeichen pro Reihe ein (bei zum Beispiel 40 Zeichen ergibt sich die halbe Bandbreite), oder man verwendet einen Fernseher mit echtem Video-Eingang oder – und das dürfte die beste Lösung sein – man verwendet einen EDV-Monitor (deren Preise sind erheblich gefallen).
Nun noch etwas über die graphischen Mög-

lichkeiten der VDU-Karte: Wir verwenden spezielle Graphikzeichen mit einer 8 x 8-Punktmatrix, so daß die Graphikzeichen direkt aneinanderschließen. In der Höhe entfallen im Graphik-Modus die dunkelgetasteten Bildzeilen zwischen den Reihen, auch hier stoßen die Graphik-Zeichen direkt aneinander. Also eine "echte" Graphik. Die Leerzeilen werden durch die VDU-Karte normalerweise an den unteren Bildschirmrand "verlegt", so daß die Gesamtzahl der Bildzeilen gleich bleibt.

3

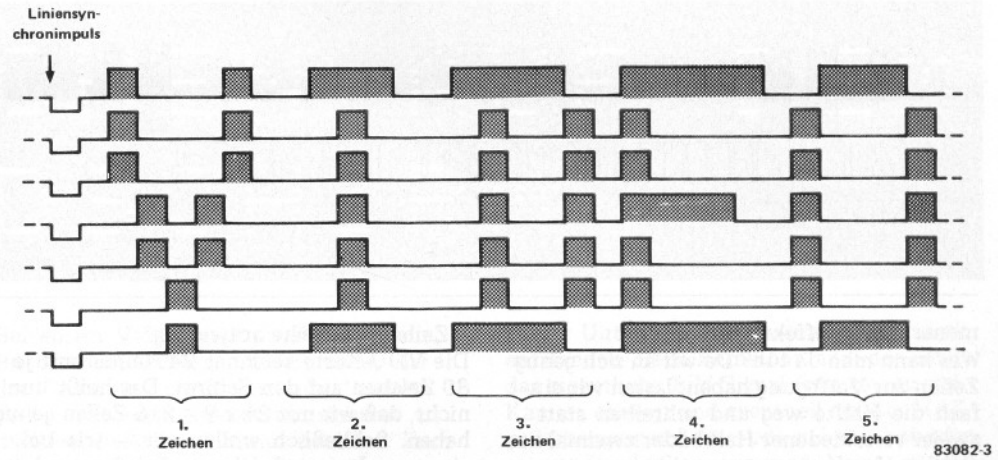


Bild 3: Diese Skizze zeigt, wie die Zeichen auf dem Bildschirm aufgebaut werden. Es sind sieben aufeinanderfolgende Video-Zeilen gezeichnet, und darauf "moduliert" die Bildpunkte, bei denen der Elektronenstrahl "aufgedreht" wird. Da die Linien untereinander gezeichnet sind, können wir erkennen, welches Wort hier ensteht.

4a

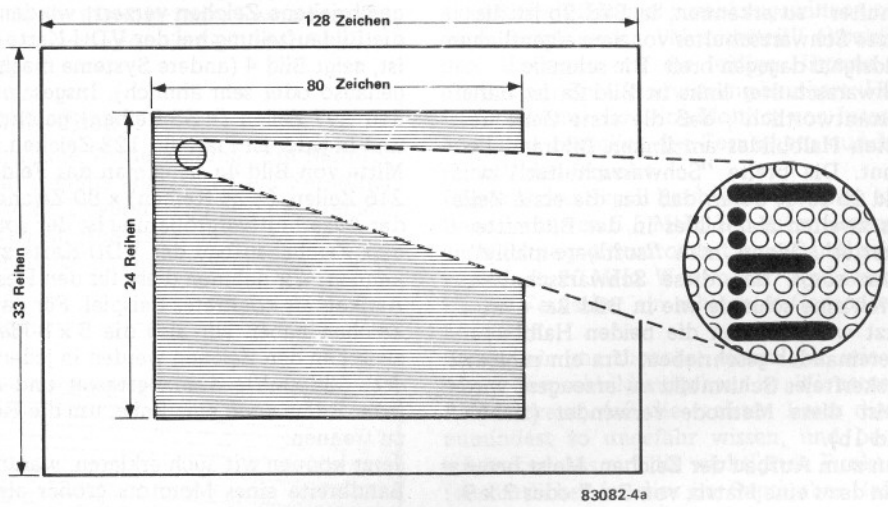


Bild 4a: Der Bild-Aufbau bei der Elektor-VDU-Karte. Es können maximal 24 Reihen mit je 80 Zeichen geschrieben werden. Die Bildränder enthalten keine Information. Die Ausschnittvergrößerung zeigt den Zeichenaufbau: eine 5 x 8-Matrix mit einer Leerzeile zum Trennen der Reihen.

4b

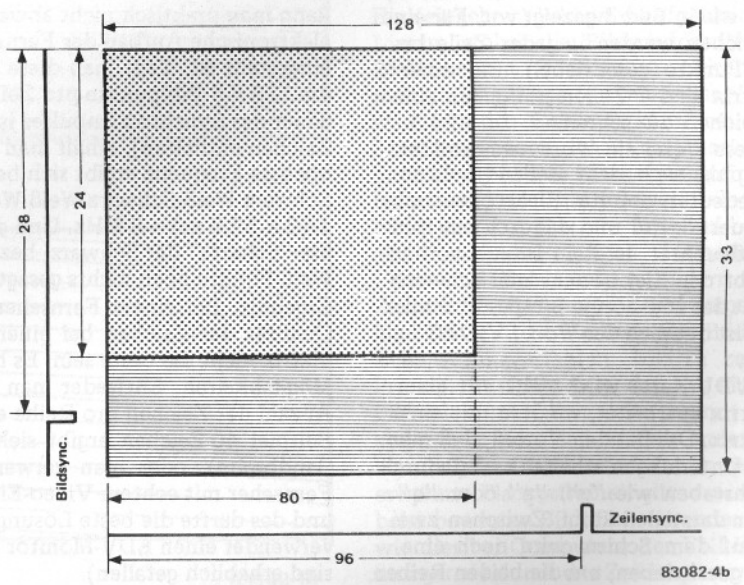


Bild 4b: Hier erkennt man, wie die VDU-Karte den Bildaufbau intern "sieht". Der "beschriebene" Teil steht in der linken oberen Ecke. Dadurch braucht man für das Video-RAM nur soviel Speicherplätze, wie Zeichen auf dem Schirm dargestellt werden sollen. Für 24 x 80 = 1920 Zeichen reicht also ein 2 KByte-RAM.

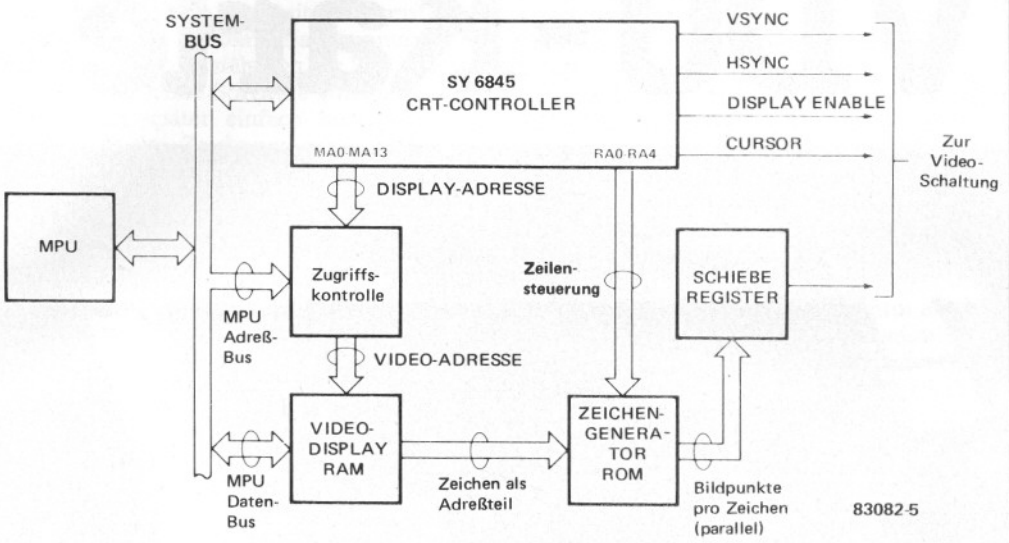


Bild 5: Das Blockschaltbild der VDU-Karte. Die wichtigsten Teile sind der CRTC, das Video-RAM und der Zeichengenerator (EPROM).

Und was macht nun die VDU-Karte?

Nun, eine ganze Menge. In Bild 4a haben wir gezeigt, wie das Bild insgesamt auf dem Schirm erscheint. Im gesamten Speicherbereich der VDU-Karte nehmen die 80 x 24 Zeichen jedoch den in Bild 4b dargestellten Platz ein. Die Verschiebung zur Bildmitte wird dadurch erzeugt, daß die VDU-Karte die horizontalen und vertikalen Bildsynchron-Impulse genau im richtigen Moment (also beim Ansprechen der entsprechenden Speicherplätze) gibt. Dabei ist das Zeichen "oben links" in Bild 4b dasjenige mit der niedrigsten Adresse.

Die "digitale Verkehrsregelung" auf der Karte übernimmt der sogenannte CRTC (cathode ray tube controller, auf Deutsch: Kathodenstrahlröhren-Steuerung). Dieses IC steuert folgende Vorgänge:

- Holen der Adresse des Zeichens, das auf den Schirm geschrieben werden muß.
- Umsetzen dieses Zeichens in die zugehörige Punktmatrix.
- Erzeugung der horizontalen und vertikalen Bildsynchron-Impulse zum richtigen Zeitpunkt.
- Die Hell-Dunkel-Steuerung der Bildpunkte einer Bildzeile am Video-Eingang des Monitors.

Die horizontalen und vertikalen Bildsynchron-Impulse werden auf der VDU-Karte zu einem "Composite video"-Signal verknüpft.

Das IC erledigt noch einiges mehr: Zum Beispiel kann die gewünschte Punktmatrix gewählt werden, ebenso die Anzahl der Zeichen pro Reihe und die Anzahl der Reihen pro Bild. Außerdem kann man wählen, ob mit dem Zeilensprungverfahren gearbeitet wird oder nicht. Ferner hat der CRTC noch einige Sonderfunktionen, wie zum Beispiel die Cursorsteuerung und die Anschlußmöglichkeit für einen Lichtgriffel (auch auf der VDU-Karte vorhanden).

Das Blockschaltbild in Bild 5 zeigt, aus welchen Baugruppen eine VDU-Karte besteht. Neben dem vielseitigen CRTC sind zunächst das Video-RAM und der Zeichengenerator (Character-ROM) zu nennen.

In das Video-RAM werden die Zeichen eingeschrieben, die auf dem Schirm dargestellt werden sollen. Für 80 x 24 Zeichen benötigt man 1920 Speicherplätze, so daß ein 2-KByte-RAM vollauf genügt. Im Zeichengenerator ist der Punktaufbau des gesamtem Zeichenvorrates (Buchstaben in Groß- und in Kleinschreibung, Zahlen, Sonderzeichen) abgelegt und ebenso die Graphikzeichen.

Der CRTC sorgt nun für die "Kommunikation" zwischen der Video-Karte und dem Rest des Computersystems über den Adreß-, Daten- und Steuerbus. Daten, die auf dem Schirm dargestellt werden sollen, werden vom CRTC adressiert und vom Prozessor in das Video-RAM eingeschrieben. Beim Auslesen der Daten durchläuft der CRTC den gesamten Adreßbereich des Video-RAMs so, daß stets die 80 Zeichen einer Reihe nacheinander ausgelesen werden. Diese Daten adressieren den Zeichengenerator (sie liefern aber nicht die gesamte Adresse, siehe unten), der den Punktaufbau der Zeichen enthält. Da eine Zeichenreihe aus 8 Bildzeilen besteht, wiederholt der CRTC die Adressen einer Reihe 8mal und steuert gleichzeitig die noch freien Adreßleitungen des Zeichengenerators so, daß die für die jeweilige Bildzeile "zuständigen" Speicherstellen adressiert werden.

Die aus dem Zeichengenerator ausgelesenen Daten werden in ein Schieberegister gegeben. Dieses wird seriell ausgelesen. Abhängig davon, ob das aktuelle Bit dieser Bitfolge 0 oder 1 ist, ist der entsprechende Bildpunkt hell oder dunkel. Kombiniert mit den vom CRTC erzeugten Synchronisations-Signalen entsteht so das vollständige Video-Signal.

Das war natürlich eine sehr kurze Beschreibung der Funktionen einer VDU-Karte und eines Monitors. Außerdem sind wir von der in diesem Heft besprochenen VDU-Karte ausgegangen. Aber andere Systeme arbeiten nach dem gleichen Prinzip und sind auch im Detail sehr ähnlich. Wir hoffen, daß die Leser, die nicht oder nicht genau wußten, wie Zeichen auf dem Bildschirm zustandekommen, jetzt etwas mehr "durchblicken". ⏮